

Міністерство освіти і науки України
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Волгін Денис Геннадійович

УДК 631.811.98:[633.13:631.577]:633.11:577

ДИСЕРТАЦІЯ

ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСТРАКТУ ВІВСА ПОСІВНОГО

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

_____ Волгін Денис Геннадійович

Науковий керівник: **Гавій Валентина Миколаївна** , кандидат біологічних
наук, доцент

Ніжин – 2025

АНОТАЦІЯ

Волгін Д. Г. Фізіолого-біохімічні показники та продуктивність пшениці озимої залежно від застосування екстракту вівса посівного.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія. – Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Ніжин, 2025.

В Україні активно впроваджуються сучасні агротехнології, спрямовані на підвищення продуктивності зернових культур за рахунок застосування регуляторів росту, що виготовлені на основі природної сировини. Одним із перспективних напрямів є використання екстрактів рослинного походження, які впливають на фізіолого-біохімічні процеси та адаптаційні механізми рослин. Екстракт вівса посівного (*Avena sativa* L.) є джерелом біологічно активних сполук, що можуть позитивно впливати на ріст і розвиток пшениці озимої. Проте його вплив на формування кореневої системи, надземної частини рослин, фотосинтетичну активність, антиоксидантний захист і якість зерна пшениці озимої залишаються недостатньо вивченим.

У дисертаційній роботі з'ясовано, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного різних концентрацій (3 %, 6 %, 15 % і 30 %) сприяє покращенню фізіологічних процесів у пшениці озимої. Визначено, що екстракт вівса посівного містить широкий спектр біологічно активних речовин, зокрема фітогормони (ауксини, гібереліни, цитокініни), антиоксиданти (аскорбінову кислоту, каротиноїди, флавоноїди), макроеlementи (магній, кальцій) та незамінні амінокислоти. Так, найбільший вміст індоліл-3-оцтової кислоти – 1,47 мкг/мл, абсцизової кислота – 1,42 мкг/мл та етилену – 3,98 мкг/мл був зафіксований в 30% екстракті вівса. Крім цього, в екстракті вівса було зафіксовано значну кількість антиоксидантів, зокрема саліцилової кислоти та 2-фенілхроману, які сприяють покращенню захисних механізмів рослин від оксидативного стресу, відіграють важливу роль у зміцненні клітинних мембран, зменшенні

впливу абіотичних стресових факторів і покращенні загальної стійкості рослин до несприятливих умов вирощування. Екстракт вівса посівного містить високий вміст фенілаланіну та триптофану.

Передпосівна обробка насіння екстрактом вівса позитивно впливає на формування кореневої системи рослин озимої пшениці. Найефективнішою виявилася обробка 30 % екстрактом, що сприяло збільшенню кількості коренів пшениці озимої сортів Ювіата 60 та Дуняша на 35,6 % та 52,4 % порівняно з показниками контролю у фазі весняного куціння та на 37,6 % і 59,1 % у фазі виходу в трубку. Варіанти обробки насіння перед посівом екстрактом вівса концентраціями 6 %, 15 % та 30 % продемонстрували чітку позитивну динаміку збільшення лінійного росту додаткових коренів рослин пшениці озимої в досліджуваних фазах росту й розвитку.

Передпосівна обробка насіння пшениці сортів Ювіата 60 та Дуняша 30 % екстрактом вівса найефективніше стимулювала формування загальної кількості рослин на одиницю площі, кількості рослин зі стеблом і рослин з колосом на одиницю площі.

З'ясовано, що передпосівна обробка насіння пшениці озимої сортів Ювіата 60 та Дуняша екстрактом вівса посівного суттєво впливає на площу листової пластинки в досліджуваних фазах росту й розвитку. Найбільший ефект спостерігався при застосуванні 30 % концентрації екстракту вівса, де значення площі листової пластинки зазначених сортів перевищило контрольні показники на 64,3 % та 93,3 % у фазі весняного куціння та 94,5 % і 73,3 % у фазі виходу в трубку.

Дослідження вмісту хлорофілів *a* і *b* є важливим етапом оцінки фотосинтетичної активності рослин, що безпосередньо впливає на їхню продуктивність та врожайність. Найвищий вміст суми хлорофілів *a* і *b* спостерігався при обробці 30 % екстрактом вівса посівного: у фазі виходу в трубку в тканинах листків пшениці сорту Ювіата 60 цей показник зріс на 99,1 %, а в тканинах листків пшениці сорту Дуняша – на 112,7 % порівняно з показниками контролю.

Визначено, що передпосівна обробка екстрактом вівса позитивно вплинула на структуру врожаю пшениці озимої. Найбільше зростання продуктивної кущистості (на 35,7 % порівняно з показниками контролю) спостерігалось в пшениці сорту Ювіата 60 при застосуванні 30 % екстракту вівса. У пшениці сорту Дуняша продуктивна кущистість збільшилася на 44,0 % порівняно з контролем за передпосівної обробки насіння зазначеною концентрацією вівса. Довжина колоса, кількість колосків, зерен у колосі та маса 1000 зерен також були найбільшими в рослин, вирощених із насіння, обробленого 30 % екстрактом. Для сорту пшениці Ювіата 60 максимальна врожайність була досягнута при застосуванні для передпосівної обробки насіння 30% екстракту та на 94,1 % перевищила показники контролю. Для пшениці сорту Дуняша біологічна врожайність сягала 65,3 ц/га, що на 114,1 % більше, ніж у контрольному варіанті. Це свідчить про високу ефективність застосування екстракту вівса для підвищення врожайності пшениці.

Передпосівна обробка насіння пшениці екстрактом вівса сприяла покращенню біохімічних показників зерна. У пшениці озимої сорту Ювіата 60 максимальний вміст каротиноїдів у зерні був зафіксований при використанні 30 % екстракту й на 25,4 % перевищив показники контролю. Передпосівна обробка насіння 6 % та 30 % екстрактом вівса забезпечила приріст каротиноїдів у зерні пшениці сорту Дуняша на 21,8 % та 22,7 % порівняно з показниками контролю відповідно. Максимальний вміст білка в зерні пшениці сортів Ювіата 60 та Дуняша був зафіксований при використанні 30 % екстракту вівса. Найбільші прирости крохмалю в зерні пшениці сортів Ювіата 60 та Дуняша зафіксовані при застосуванні 30 % екстракту вівса для передпосівної обробки насіння та перевищували контрольні значення на 10,0 % та 18,7 % відповідно. У зерні пшениці сорту Ювіата 60 максимальний рівень моносахаридів був зафіксований при використанні 15 % екстракту й становив 100,0 мг/г, що на 25,3 % перевищувало показники контролю. Найвищий вміст моносахаридів у зерні

пшениці сорту Дуняша був зафіксований при використанні для передпосівної обробки насіння 6 % екстракту. У зерні пшениці сорту Ювіата 60 максимальний вміст дисахаридів зафіксовано за передпосівної обробки насіння перед посівом 15 % екстрактом вівса, тоді як у зерні пшениці сорту Дуняша найбільше підвищення вмісту дисахаридів було зафіксовано при використанні для передпосівної обробки 30 % екстракту вівса. Збільшення рівня цих сполук свідчить про активізацію ферментативних процесів гідролізу крохмалю.

У ході досліджень також було визначено, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса значно підвищувала активність ферментів антиоксидантної системи, що сприяє підвищенню стійкості рослин до стресових факторів. Найвища активність каталази в зерні пшениці сорту Ювіата 60 була зафіксована при обробці 30% екстрактом вівса та мала кількісне зростання на 276,5 %, а в сорту Дуняша – на 70,4%. У свою чергу, аскорбатпероксидаза, що бере участь у нейтралізації вільних радикалів, продемонструвала підвищення активності на 162,2 % у сорту Ювіата 60 та на 125,0 % у сорту Дуняша після обробки насіння 30 % і 15 % екстрактом відповідно. Це засвідчило про покращення механізмів захисту клітин пшениці від оксидативного стресу.

У ході дисертаційного дослідження з'ясовано, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса сприяла підвищенню активності α - та β -амілази в зерні пшениці сортів Ювіата 60 та Дуняша, що відповідають за мобілізацію вуглеводних запасів у зерні. Це свідчить про покращення якості зерна та підвищенню його технологічних властивостей.

Передпосівна обробка насіння пшениці екстрактом вівса посівного впливала на рівень амінокислот у зерні, сприяючи збільшенню вмісту аланіну, аспарагінової та глютамінової кислот. Найбільші зміни були зафіксовані при застосуванні для передпосівної обробки 30 % екстракту вівса посівного: вміст аланіну зріс на 28,3 %, аспарагінової кислоти – на 22,1 %, глютамінової кислоти – на 14,3 % порівняно з показниками контролю. Це

сприяє покращенню харчової цінності зерна та підвищенню його білкової якості.

Отримані результати дисертаційного дослідження підтверджують ефективність застосування екстракту вівса посівного як природного біостимулятора для покращення росту, продуктивності та якості зерна пшениці озимої. Використання 15 % та 30 % концентрацій екстракту вівса посівного для передпосівної обробки насіння є найбільш доцільним, оскільки це посилює ріст і розвиток кореневої системи, надземної частини рослин, максимально підвищує фотосинтетичну продуктивність, врожайність, покращує біохімічний склад зерна пшениці озимої та стресостійкість рослин. Це відкриває перспективи для впровадження екстракту вівса в технології вирощування пшениці озимої як екологічно безпечного та економічно ефективного стимулятора росту.

Ключові слова: передпосівна обробка, екстракт вівса посівного, врожайність, природні регулятори росту, фотосинтетична активність, площа листової пластинки, лінійний ріст, вміст цукрів, аскорбатпероксидаза, каротиноїди, флавоноїди, антиоксидантні ферменти, каталаза, хлорофіл *a* і *b*.

ABSTRACT

Volhin D. H. Physiological and Biochemical Indicators and Productivity of Winter Wheat Depending on the Treatment of Common Oat Extract.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 091 – Biology. – Mykola Gogol Nizhyn State University, Nizhyn, 2025.

Modern agro-technologies aimed at increasing the productivity of grain crops through the use of growth regulators based on natural raw materials are actively being implemented in Ukraine. One promising approach is the use of plant-derived extracts that influence physiological and biochemical processes as well as plant adaptation mechanisms. Oat (*Avena sativa* L.) extract is a source of biologically active compounds that may positively affect the growth and development of winter wheat. However, its impact on root system formation, above-ground plant parts, photosynthetic activity, antioxidant protection, and grain quality of winter wheat remains insufficiently studied.

The dissertation research established that pre-sowing seed treatment with oat extract at different concentrations (3 %, 6 %, 15 %, and 30 %) improves the physiological processes in winter wheat. It was determined that oat extract contains a wide range of biologically active substances, including phytohormones (auxins, gibberellins, cytokinins), antioxidants (ascorbic acid, carotenoids, flavonoids), macroelements (magnesium, calcium), and essential amino acids. The highest content of indole-3-acetic acid (1.47 µg/mL), abscisic acid (1.42 µg/mL), and ethylene (3.98 µg/mL) was recorded in the 30 % oat extract. Additionally, a significant amount of antioxidants, particularly salicylic acid and 2-phenylchroman, was detected in the extract. These compounds enhance plant defense mechanisms against oxidative stress, strengthen cell membranes, mitigate the effects of abiotic stress factors, and improve overall plant resilience under unfavorable growing conditions. Oat extract also contains high levels of phenylalanine and tryptophan.

Pre-sowing seed treatment with oat extract positively influences the development of the root system in winter wheat plants. The most effective treatment was the 30 % extract, which increased the number of roots in winter wheat cultivars Yuivivata 60 and Duniyasha by 35.6 % and 52.4 %, respectively, compared to the control at the spring tillering stage and by 37.6 % and 59.1 % at the stem elongation stage. Seed treatment with 6 %, 15 %, and 30 % oat extract concentrations demonstrated a clear positive trend in the linear growth of additional roots in winter wheat plants across the studied growth and development phases.

Pre-sowing seed treatment of Yuivivata 60 and Duniyasha wheat cultivars with a 30 % oat extract most effectively stimulated the formation of the total number of plants per unit area, the number of stemmed plants, and the number of plants with ears per unit area.

It was found that pre-sowing seed treatment with oat extract significantly influenced the leaf blade area in the studied growth and development phases. The highest effect was observed with the 30 % oat extract concentration, where the leaf blade area of the studied cultivars exceeded the control values by 64.3 % and 93.3 % at the spring tillering stage and by 94.5 % and 73.3 % at the stem elongation stage.

Chlorophyll a and b content analysis is an important step in assessing plant photosynthetic activity, directly influencing their productivity and yield. The highest total chlorophyll a and b content was observed in plants treated with a 30 % oat extract. At the stem elongation stage, chlorophyll levels in Yuivivata 60 wheat leaf tissues increased by 99.1 %, while in Duniyasha wheat, this indicator rose by 112.7 % compared to the control.

It was determined that pre-sowing oat extract treatment positively affected the yield structure of winter wheat. The most significant increase in productive tillering (by 35.7 % compared to the control) was observed in Yuivivata 60 wheat with a 30 % oat extract treatment. In the Duniyasha cultivar, productive tillering increased by 44.0 % compared to the control when treated with the same extract

concentration. The highest spike length, number of spikelets, number of grains per spike, and 1000-grain weight were recorded in plants grown from seeds treated with a 30 % extract. For Yuivivata 60, the maximum yield was achieved with 30 % oat extract pre-sowing treatment, surpassing the control values by 94.1 %. For Dunyasha, the biological yield reached 65.3 c/ha, which was 114.1 % higher than the control, demonstrating the high efficiency of oat extract application in increasing wheat yield.

Pre-sowing oat extract treatment contributed to improved biochemical grain parameters. In Yuivivata 60 winter wheat, the maximum carotenoid content in grains was recorded with 30 % extract treatment, exceeding control values by 25.4 %. Seed treatment with 6 % and 30 % oat extract increased carotenoid content in Dunyasha wheat grains by 21.8 % and 22.7 %, respectively, compared to the control. The highest protein content in Yuivivata 60 and Dunyasha wheat grains was observed with 30 % oat extract treatment. The highest starch increases in Yuivivata 60 and Dunyasha wheat grains were recorded with 30 % extract pre-sowing treatment, exceeding control values by 10.0 % and 18.7 %, respectively. In Yuivivata 60 wheat grains, the maximum monosaccharide content was recorded with a 15 % extract treatment, reaching 100.0 mg/g, which was 25.3 % higher than the control. The highest monosaccharide content in Dunyasha wheat grains was observed with a 6 % oat extract treatment. The maximum disaccharide content in Yuivivata 60 wheat grains was recorded with 15 % extract treatment, while in Dunyasha wheat, the highest disaccharide increase was observed with a 30 % oat extract treatment. This increase indicates the activation of enzymatic starch hydrolysis processes.

The study also found that pre-sowing seed treatment with oat extract significantly increased the activity of antioxidant system enzymes, contributing to plant stress resistance. The highest catalase activity in Yuivivata 60 wheat was recorded with a 30 % oat extract treatment, increasing by 276.5 %, while in Dunyasha, it increased by 70.4%. Meanwhile, ascorbate peroxidase, which neutralizes free radicals, showed an increase in activity by 162.2 % in Yuivivata 60

and by 125.0 % in Dunyasha following treatment with 30 % and 15 % extracts, respectively. This indicates enhanced cellular protection mechanisms against oxidative stress in wheat.

The dissertation research established that pre-sowing oat extract treatment increased the activity of α - and β -amylases in Yuivata 60 and Dunyasha wheat grains, which are responsible for carbohydrate mobilization in grains. This indicates an improvement in grain quality and technological properties.

Pre-sowing seed treatment with oat extract affected amino acid levels in wheat grains, promoting increased alanine, aspartic, and glutamic acid content. The most significant changes were recorded with 30 % oat extract treatment: alanine increased by 28.3 %, aspartic acid by 22.1 %, and glutamic acid by 14.3 % compared to the control. This contributes to improved nutritional value and protein quality of wheat grains.

The obtained results confirm the effectiveness of oat extract as a natural biostimulant for improving growth, productivity, and grain quality in winter wheat. The use of 15 % and 30 % oat extract concentrations is the most appropriate, as it enhances root system and above-ground plant development, maximizes photosynthetic productivity and yield, improves wheat grain biochemical composition, and increases plant stress resistance. This opens prospects for introducing oat extract into winter wheat cultivation technology as an environmentally friendly and economically efficient growth stimulator.

Key words: presowing treatment, common oat extract, yield, natural growth regulators, photosynthetic activity, leaf blade area, linear growth, sugar content, ascorbate peroxidase, carotenoids, flavonoids, antioxidant enzymes, catalase, chlorophyll a and b.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса на фотосинтетичну активність пшениці озимої у фазах весняного кущіння та виходу в трубку. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*, 2023. № 4 (50). С. 14-20. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень, обробці результатів та написанні статті). URL: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.3>. Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).
2. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на процеси ризогенезу пшениці озимої сорту Ювівата 60 у фазах весняного кущіння та виходу в трубку. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2024. № 1 (55). С. 44-50. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень, обробці результатів та написанні статті). URL: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.1.6> Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).
3. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на продуктивність пшениці озимої. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка. 2024. № 1 (84). С. 51-58. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень, обробці результатів та написанні статті). URL: <https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.1.7> Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Волгін Д. Г., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на процеси ризогенезу пшениці озимої сорту Дуняша. *Бессерівські природознавчі студії: збірник матеріалів II Міжнародної наукової конференції*. Кременець, 2024. С.136–138. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів та написання тез).
5. Калюжна Д.В., Гавій В.М., Волгін Д.Г. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на формування кореневої системи пшениці озимої сорту Ювівата 60 у фазі колосіння. *Бессерівські природознавчі студії: збірник матеріалів II Міжнародної наукової конференції*. Випуск II / за заг. ред. О. В. Кратко. Кременець : КОГПА ім. Тараса Шевченка, 2024. С. 130-132. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).
6. Волгін Д. Г., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного як модулятора фотосинтетичної активності озимої пшениці сорту Ювівата 60 в фазах весняного кушіння та фазі виходу в трубку. *The 13th International scientific and practical conference “Eurasian scientific discussions”*. Biological sciences. Барселона, 2023. С. 39–45. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів, огляд літературних джерел та написання тез).
7. Волгін Д. Г., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного як модулятора фотосинтетичної активності озимої пшениці сорту Дуняша в фазах весняного кушіння та фазі виходу в трубку. *The 3th International scientific and practical conference “Theoretical aspects of education development”*. Biology. Варшава, 2023. С. 64–70. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз

результатів, статистичну обробку результатів, огляд літературних джерел та написання тез).

8. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на біологічну врожайність пшениці сорту Дуняша. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей IX Міжнар. заочна наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 12 квіт. 2023 р.). Ніжин, 2023. С. 13–15. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).

9. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Ефективність впливу передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст фотосинтетичних пігментів у листках пшениці озимої у фазі весняного куціння. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей VIII Міжн. заочної наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 8 черв. 2022 р.). Ніжин, 2022. С. 14–16. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).

10. Калюжна Д.В., Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст хлорофілів у листках та накопичення маси сухої речовини у пагонах пшениці озимої у фазу весняного куціння. *The XXIII International Scientific and Practical Conference «The current state of the organization of scientific activity in the world»*. (м. Мадрид, 10-12 червня, 2024 р.). Мадрид, 2024. С. 48 – 50. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).

11. Волгін Д.Г., Гавій В.М., Назим Я.А. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на біологічну врожайність та структуру врожаю пшениці сорту Ювівата 60. *Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю, присвячена 95-річчю навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя* : зб. статей. (м. Ніжин, 27–28 верес. 2023 р.). Ніжин, 2023.

С. 51–53. (*Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів*).

12. Волгін Д. Г. Ефективність застосування екстракту вівса посівного у технології вирощування пшениці озимої. *Наукові записки молодих учених: збірник наукових праць молодих учених факультету математики, природничих наук та технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка*. 2024. № 13. (*Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження*).

13. Калюжна Д.В., Гавій В. М., Волгін Д.Г. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на формування кореневої системи пшениці озимої у фазу весняного кущення. *III Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І.І.Гордієнка: Збірник статей – Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя*. 2023. С.24-27. (*Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження*).

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	17
ВСТУП	18
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО ВСТУПУ	27
РОЗДІЛ 1. ФІЗІОЛОГІЧНА ДІЯ ПРИРОДНИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН. ЗАСТОСУВАННЯ ПРОДУКТІВ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)	29
1.1. Роль та механізм дії природних регуляторів росту на фізіологічні процеси розвитку рослинних організмів	29
1.2. Застосування продуктів природного походження при вирощуванні сільськогосподарських рослин	44
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1	53
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	68
2.1. Агрокліматичні умови проведення дослідів	68
2.2. Характеристика об'єктів дослідження.....	70
2.3. Методики проведення досліджень	74
2.4. Статистична обробка результатів.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2	83
РОЗДІЛ 3. БІОХІМІЧНИЙ СКЛАД ЕКСТРАКТУ ВІВСА ПОСІВНОГО	87
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3	94
РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЕКСТРАКТОМ ВІВСА ПОСІВНОГО НА ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, АСИМІЛЯЦІЙНІ ПРОЦЕСИ Й ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ.....	96
4.1. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на окремі фізіологічні показники пшениці озимої	96

4.2. Фотосинтетична продуктивність пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного	113
4.3. Продуктивність та урожай пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного	119
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4	127
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4	129
РОЗДІЛ 5. БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЕКСТРАКТОМ ВІВСА ПОСІВНОГО.....	134
5.1. Вміст каротиноїдів та білка в зерні пшениці озимої сортів Дуняша та Ювівата 60 за передпосівної обробки зерна екстрактом вівса посівного .	134
5.2. Вміст крохмалю та цукрів у зерні пшениці озимої сортів Дуняша та Ювівата 60 за передпосівної обробки зерна екстрактом вівса посівного .	140
5.3. Активність ферментів антиоксидантної системи та гідролізу в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного	147
5.4. Амінокислотний склад зерна пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного	156
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5	160
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5	162
РОЗДІЛ 6 УЗАГАЛЬНЕННЯ	165
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 6	170
ВИСНОВКИ.....	172
ДОДАТКИ.....	175

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АБК (АВА) – абсцизова кислота

АК – аскорбінова кислота

ІОК (ІАА) – індоліл-3-оцтова кислота

СК – саліцилова кислота

ЖК – жасмонтанова кислота

БР – брасиностероїди

РНК – рибонуклеїнова кислота

РРР – регулятор росту рослин

УФ-випромінювання – ультрафіолетове випромінювання

CRF – Фактори відповіді на цитокінін

GA (ГК) – гібереліни

ОН- – гідроксильний радикал

H₂O₂ – перекис водню

Mg – магній

ВСТУП

Актуальність дослідження. Сучасне сільське господарство ставить перед собою завдання використовувати екологічно чисті регулятори росту рослин. Одним із перспективних напрямків у цьому контексті є застосування біологічних препаратів або екстрактів, отриманих із природних рослинних джерел. Такі біопрепарати не лише підвищують врожайність культур, але й сприяють стійкому розвитку агровиробництва, зменшуючи потребу в хімічних добривах, покращуючи стан ґрунтів і мінімізуючи негативний вплив на навколишнє середовище. Крім того, використання таких біопрепаратів дозволить не лише збільшити врожайність, але й покращити стійкість рослин до стресових факторів, забезпечуючи таким чином стабільніший та якісніший урожай [8].

Озима пшениця є однією з найважливіших зернових культур у світі. Біохімічний склад її зерна залежить від сорту, умов вирощування та багатьох інших чинників. Основні компоненти зерна озимої пшениці включають крохмаль, білки, жири, а також вітаміни та мінеральні речовини [2]. Тому важливо зосередити увагу на пошуку таких регуляторів росту рослин, які мають комплексний вплив: не лише сприяють значному приросту високоякісної продукції, але й забезпечують надійний захист рослин від негативних впливів довкілля.

Пшениця є основним джерелом калорій у повсякденному раціоні людини. Вона багата на крохмаль, білки, включаючи незамінні амінокислоти, а також інші корисні речовини, що необхідні для збалансованого харчування. Згідно з даними українського агропорталу «Latifundist», в останні роки валовий збір пшениці збільшився й становить 25,01 млн тонн [7]. Серед хлібних злаків пшениця є найбільш поширеною культурою. Останніми роками в Україні суттєво зросли посівні площі озимої пшениці, що обумовлено її вищою врожайністю завдяки вдосконаленню технологій вирощування та обробки. Крім того, упровадження нових сортів і сучасних

агротехнічних прийомів дозволяє забезпечити стабільний розвиток цієї культури й підвищити її економічну ефективність [3].

Продукти переробки зерна відіграють ключову роль у забезпеченні харчування населення, оскільки є основними продуктами щоденного споживання. Серед перспективних джерел місцевої зернової сировини, яка користується високим попитом серед виробників зернопродуктів, особливе місце займає пшениця [6].

Однак, споживання традиційних зернових продуктів не завжди може повністю забезпечити організм необхідними вітамінами, мікроелементами та іншими корисними речовинами. Проблема дисбалансу в харчуванні населення, зокрема дефіцит основних груп вітамінів, мінералів і харчових волокон, залишається актуальною. У цьому контексті важливим завданням стає розробка нових продуктів із цільного зерна пшениці, які мають вищу біологічну цінність і можуть допомогти заповнити дефіцит поживних речовин у раціоні [4].

Одним із пріоритетних напрямків зернопереробної галузі є вдосконалення існуючих технологій вирощування та переробки зерна шляхом впровадження природних методів, що дозволяють підвищити їх біологічну цінність. Використання інноваційних підходів, таких як регулятори росту на основі природної сировини, сприятиме створенню більш корисних і поживних продуктів для споживачів [7].

Загальний середній хімічний склад зерна пшениці зазвичай включає 12% води, 14% білків, 2% жирів, 65% вуглеводів (без клейковини), 2,5% клітковини та 1,8% золи. Як кількісний, так і якісний склад зерна озимої пшениці залежить від сорту, використання регуляторів росту та умов вирощування.

Технологічна, борошномельна та комерційна цінність зерна озимої пшениці визначаються передусім такими показниками якості, як вміст білка і клейковини. Ці два фактори є вирішальними для оцінки якості зерна з погляду його придатності для різних технологічних процесів [6].

Вміст білка та клейковини в зерні є спадковими ознаками, які значною мірою залежать від генетичних характеристик сорту. Однак, ці показники можуть варіюватися й не завжди залишаються стабільними навіть у межах одного сорту. Їх мінливість може бути значною під впливом географічного розташування, зокрема кліматичних умов, якості ґрунтів та агротехнічних прийомів, що застосовуються в процесі вирощування.

Крім того, значний вплив на якість зерна має використання сучасних агротехнологій і добрив, що дозволяє підвищити врожайність та поліпшити показники білковості та клейковини в різних регіонах вирощування.

На основі багаторічних медико-біологічних досліджень Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) визначила критерії для оцінки якості білка, орієнтуючись на еталонний білок, який містить збалансовану кількість незамінних амінокислот, необхідних для задоволення потреб людського організму. Один грам такого «ідеального» білка містить такі амінокислоти (у мг): триптофан – 10, лейцин – 70, ізолейцин – 40, валін – 50, треонін – 40, лізин – 55, метіонін – 35 та фенілаланін – 60.

Всесвітня продовольча організація (FAO) разом із ВООЗ також визначили, що добова потреба людського організму в амінокислотах повинна становити близько 12% від загальної енергетичної потреби, що еквівалентно 90–100 грамам білка на добу [7].

Особливу увагу слід приділяти не загальній кількості амінокислот, а саме незамінним амінокислотам, особливо лімітуючим, таким як лізин, метіонін, ізолейцин і треонін. У білках пшениці, на відміну від інших культур, кількість таких амінокислот, як лейцин і фенілаланін, перевищує потреби людського організму.

За вмістом треоніну зерно озимої пшениці є багатшим порівняно з озимим житом і тритикале на 18 % і 12 % відповідно, за вмістом метіоніну — на 64% і 22,6%, а лізину — на 44 % і 14 %. Проте, триптофану в зерні озимої пшениці міститься мало — лише 0,11–0,13 г/100 г [5].

Таким чином, білковий склад озимої пшениці, особливо її вміст незамінних амінокислот, робить її важливим компонентом раціону.

Висока цінність пшениці також обумовлена вмістом природних антиоксидантів може досягати рівня, який зазвичай характерний для фруктів і ягід. В останні роки в провідних країнах світу активно проводяться дослідження, спрямовані на вивчення антиоксидантів у зерні різних культурних злаків. В Україні ж кількість таких наукових робіт, присвячених дослідженню цих важливих хімічних сполук у зернових культурах, залишається обмеженою. Незважаючи на те, що злаки є основою харчування для більшості людей, досліджень, спрямованих на оцінку їх антиоксидантної здатності, було проведено недостатньо [8].

Серед найсильніших природних антиоксидантів виділяються флавоноїди, а дещо менш активними є вітаміни Е, С та каротиноїди. До потужних антиоксидантів також відносяться фенольні кислоти — похідні бензойної та коричної кислот, які разом із флавоноїдами відіграють важливу роль у захисті організму. Антоціани, що є водорозчинними пігментами рослин і належать до групи поліфенолів-флавоноїдів, мають виражені профілактичні властивості проти розвитку серцево-судинних, онкологічних захворювань, а також деяких неврологічних розладів, таких як хвороба Альцгеймера та Паркінсона. Фіолетове забарвлення зерна пшениці фіолетовозерних сортів зумовлене наявністю ціанідин-3-глюкозиду — основного антоціану пшениці, який локалізується переважно в перикарпії зерна [8].

Ці природні сполуки мають значний потенціал у розробці функціональних харчових продуктів, які сприятимуть поліпшенню здоров'я та профілактиці різних захворювань, що робить їх вивчення важливим напрямком подальших наукових досліджень.

Застосування регуляторів росту на зернових культурах спрямоване на стимулювання життєвих процесів рослин, що дозволяє не лише підвищити їх продуктивність, але й впливати на хімічний склад зерна. Це, у свою чергу,

сприяє покращенню його якості та харчової цінності, що особливо важливо для задоволення потреб у високоякісній сировині для харчової промисловості [10]. Такі регулятори допомагають оптимізувати процеси засвоєння поживних речовин, підвищують стійкість рослин до стресових факторів і сприяють формуванню більшого та якіснішого врожаю.

Крім того, використання регуляторів росту дозволяє адаптувати технологію вирощування до конкретних умов, що є важливим фактором для максимізації результатів у різних регіонах [9].

Перспективними регуляторами росту злакових культур можуть бути рослинні екстракти, що містять велику кількість природніх антиоксидантів, амінокислот, фітогормонів, зокрема екстракт вівса посівного, який є абсолютно не токсичним для людини та тварин [11].

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження було виконане в навчально-науковій лабораторії з біохімічних та медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя у рамках двох комплексних науково-дослідних тем кафедри біології: «Регуляція процесів росту і розвитку рослин» (реєстраційний номер 0119U100677) впродовж 2021-2023 років та «Фізіолого-біохімічні аспекти процесів регуляції росту і розвитку рослин» (реєстраційний номер 0123U100747) впродовж 2024-2025 років.

Полеві досліді проводили на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя впродовж 2021-2024 років.

Об'єкт дослідження – рослини озимої пшениці сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного різних концентрацій.

Предмет дослідження – морфометричні показники росту, фотосинтетична продуктивність посівів, структура врожаю та хімічний склад зерна пшениці озимої за впливу передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного різних концентрацій.

Мета дослідження – з’ясувати вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на фізіолого-біохімічні показники та продуктивність пшениці озимої.

Для досягнення вказаної мети необхідно було вирішити наступні **завдання**:

1. З’ясувати вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на формування кореневої системи пшениці озимої в різні періоди органогенезу.

2. Дослідити вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса на формування надземної частини рослин пшениці озимої в різні фази росту та розвитку.

3. Вивчити вплив передпосівної обробки насіння озимої пшениці на асиміляційні процеси й фотосинтетичну продуктивність дослідних сортів пшениці в різні фази росту та розвитку.

4. Встановити вплив різних концентрацій екстракту вівса посівного на продуктивність та структуру врожаю пшениці озимої.

5. Вивчити вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на хімічний склад зерна пшениці озимої.

6. Визначити найбільш ефективні концентрації екстракту вівса посівного для застосування та обробки насіння пшениці озимої перед посівом з метою покращення процесів росту та підвищення її врожайності.

Методи дослідження: теоретичні (аналіз та систематизація наукових, методичних та інших джерел з досліджуваної теми), лабораторні методи (визначення вмісту фотосинтетичних пігментів, вуглеводів, білків, клітковини, каротиноїдів, активності амілази, амінокислот, макроелементів), методи статистичної обробки результатів дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі експериментальних досліджень та їх теоретичного аналізу було встановлено особливості впливу передпосівної обробки насіння озимої пшениці сортів Ювіата 60 та Дуняша різними концентраціями екстракту вівса посівного на

фізіолого-біохімічні показники росту й розвитку рослин, а також на якість зерна досліджуваних сортів пшениці.

Уперше надано фізіолого-біохімічне обґрунтування використання передпосівної обробки насіння екстрактом вівса сорту Парламентський у технології вирощування озимої пшениці в ґрунтово-кліматичних умовах Чернігівської області. Доведено, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса різних концентрацій значно стимулює ріст рослин пшениці, сприяє процесам ризогенезу та лінійному росту коренів, а також покращенню розвитку надземної частини рослин. Крім того, зазначена обробка, активізує асиміляційні процеси, викликає позитивні зміни в пігментному складі листків озимої пшениці, збільшує біологічну врожайність та покращує показники структури врожаю пшениці озимої.

Уперше продемонстровано можливість поліпшення хімічного складу зерна пшениці озимої (за вмістом білка, вуглеводів, крохмалю, каротиноїдів, антиоксидантів, амінокислот та макроелементів) шляхом передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати цього дослідження мають значну практичну цінність. Вони формують міцну теоретичну основу для вирішення наукового завдання щодо розширення асортименту сучасних регуляторів росту рослин, які демонструють високу ефективність у вирощуванні зернових культур. Передпосівна обробка насіння екстрактом вівса може стати дієвим елементом технології вирощування озимої пшениці.

Отримані результати мають теоретичне значення і впроваджені в навчальний процес при викладанні навчальних курсів «Фізіологія рослин», «Біохімія рослин», «Біологічні основи сільського господарства і ґрунтознавства» для підготовки здобувачів Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, навчальних курсів «Наукові основи вирощування органічної продукції», «Фізіологія рослин», «Екологічне насінництво» в Національному університеті «Чернігівський колегіум» імені

Т.Г. Шевченка, а також при викладанні навчальних курсів «Фізіологія та формування врожаю», «Біохімія та фізіологія рослин», «Екологія рослин», «Еколого-біологічне рослинництво» в Таврійському державному агротехнологічному університеті імені Дмитра Моторного в період 2024-2025 н.р., що підтверджується відповідними Довідками про впровадження.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійним і завершеним науковим дослідженням. Автор самостійно виконав інформаційний пошук, проаналізував та інтерпретував дані наукової літератури, що стосуються тематики дослідження. Спільно з науковим керівником були визначені мета дослідження, сформульовані основні завдання, а також узгоджені методи й методики проведення експериментів. Автор самостійно провів статистичну обробку та аналіз отриманих результатів, написав усі розділи дисертаційної роботи. У співпраці з науковим керівником були узагальнені основні результати дослідження, а також обговорені й скориговані висновки. Окрім того, автор взяв участь у підготовці публікацій на основі отриманих даних та їх презентації на наукових заходах.

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

- *міжнародних*: II Міжнародна наукова конференція. Бессерівські природознавчі студії (Кременець, 2024); XIII Міжнародна науково-практична конференція; The 13th International scientific and practical conference “Eurasian scientific discussions” (Барселона, 2023); III Міжнародна науково-практична конференція "Theoretical aspects of education development" (Варшава, 2023); VIII Міжнародна заочна науково-практична конференція «Актуальні питання біологічної науки» (Ніжин, 2022); IX Міжнародна заочна науково-практична конференція «Актуальні питання біологічної науки» (Ніжин, 2023); XXIII Міжнародна науково-практична конференція «The current state of the organization of scientific activity in the world» (Мадрид, 2024).

- *всеукраїнських*: III Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка (Ніжин, 2023); Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю, присвячена 95-річчю навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя (Ніжин, 2023); Всеукраїнська науково-практична конференція «Математичні, природничі, комп'ютерні науки та науки про управління, технології, навчання: науково-практичні рішення та підходи молодих науковців» (Кропивницький, 2024).

Публікації. Результати дослідження висвітлено в наукових працях, з яких 3 статті у фахових наукових виданнях України та 10 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових Всеукраїнських та Міжнародних конференцій.

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, містить 21 рисунок і 24 таблиці. Повний обсяг дисертації становить 182 сторінок, з них основного тексту – 127 сторінок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО ВСТУПУ

1. Асанішвілі Н. М., Буслаєва Н. Г., Шляхтурова С. П. Вплив агрохімічного навантаження технології вирощування на забезпеченість рослин елементами живлення та врожайність кукурудзи в Лісостепу. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*, 2020, № 32. С. 9-19.
2. Білінська В. Ю. Сучасні інноваційні технології в сільському господарстві: основна характеристика та перспективи впровадження. *Вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Серія: Економіка*, 2015. №7. С.170–172.
3. Бугай С. М. Рослинництво : посібник для с.-г. вузів. Вид. 2-е, перероб. і допов. Київ: *Урожай*, 1968. 412 с.
4. Волгін Д.Г., Гавій В.М., Назим Я.А. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на біологічну врожайність та структуру врожаю пшениці сорту Ювівата 60. *Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю, присвячена 95-річчю навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя: зб. статей. (м. Ніжин, 27–28 верес. 2023 р.). Ніжин, 2023. С. 51–53.*
5. Калюжна Д.В., Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст хлорофілів у листках та накопичення маси сухої речовини у пагонах пшениці озимої у фазу весняного кущення. *The XXIII International Scientific and Practical Conference «The current state of the organization of scientific activity in the world». (м. Мадрид, 10-12 червня, 2024 р.). Мадрид, 2024. С. 48 – 50.*
6. Липчук В. В., Малаховський Д. В. Сортіві ресурси зернових культур в Україні: стан та проблеми розвитку. *Інноваційна економіка*, 2015. № 1. С. 12–17.

7. Мардар М. Р. Наукові основи формування та покращення споживних властивостей нових видів зернових продуктів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.15. Харків. держ. ун-т харчування та торгівлі, [Одес. нац. акад. харч. технологій]. Харків, 2013. С. 37–38.
8. Махинько, В. М. Харчовий білок: фізіологічна потреба і біологічна цінність. *ScientificWorld. NetAkhatAV*, 2024. С. 70–80.
9. Моргун В. В., Рибалка О. І. Стратегія генетичного поліпшення зернових злаків з метою забезпечення продовольчої безпеки, лікувально-профілактичного харчування та потреб переробної промисловості. *Вісник Національної академії наук України*. 2017. № 3. С. 54–64.
10. Романескул С. С. Вплив регуляторів росту рослин на продуктивність сої в Степу України : кваліфікаційна магістерська робота: спец. 201 "Агрономія". наук. кер. Т. П. Шепілова ; Центральнoукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. С. 24–25.
11. Яшин А. Я., Яшин Я. Н., Федіна П. А., Чорноусова Н. І. Визначення природних антиоксидантів у харчових злаках та бобових культурах. *Аналітика*. 2012. № 2 (1). С. 32–36.

РОЗДІЛ 1. ФІЗІОЛОГІЧНА ДІЯ ПРИРОДНИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН. ЗАСТОСУВАННЯ ПРОДУКТІВ ПРИРОДНОГО ПОХОДЖЕННЯ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1. Роль та механізм дії природних регуляторів росту на фізіологічні процеси розвитку рослинних організмів

Регулятори росту рослин (РРР) — це природні або синтетичні низькомолекулярні сполуки, які навіть у дуже малих концентраціях суттєво впливають на процеси життєдіяльності рослин. Вони містять збалансовану суміш фіторегуляторів, біологічно активних речовин і мікроелементів. Регулятори росту допомагають підвищити стійкість рослин до несприятливих умов навколишнього середовища або впливу людської діяльності, таких як різкі зміни температури, нестача вологи, токсична дія пестицидів, хвороби та шкідники. Регулятори використовуються для обробки насіння та для позакореневого підживлення (через листя). Деякі препарати підходять як для обробки насіння, так і для застосування в період вегетації [8; 77].

Механізм стимулюючої дії регуляторів росту на рослини пояснюється їхнім швидким проникненням через клітинні мембрани. При цьому регулятори росту утворюють комплекси з білками, ймовірно, з рецепторами фітогормонів [19]. Ці комплекси непрямо впливають на конформаційний стан хроматину, що підвищує його доступність для синтезу РНК-полімераз. Одночасно з цим, регулятори росту прискорюють процеси трансляції та поділу клітин, що призводить до збільшення синтезу білків та пришвидшення всіх ростових процесів у рослинах [14].

Регулятори росту активують біологічні процеси в організмах рослин і підвищують проникність міжклітинних мембран, що сприяє розкриттю

їхнього потенціалу врожайності. Вони можуть бути рослинними фітогормонами або їхніми аналогами. Для початку або припинення певного процесу в клітині достатньо однієї молекули, оскільки відбувається активація певної ділянки ДНК, синтез амінокислот тощо [4]. Надмірне застосування регуляторів росту може мати зворотну дію, викликаючи пригнічення рослин через перенасичення препаратом [8; 5].

Регулятори росту стимулюють основні життєві процеси рослин, зокрема мембранні процеси, поділ клітин, ферментні системи, фотосинтез, дихання та живлення. Вони сприяють підвищенню біологічної та господарської ефективності рослинництва, знижують вміст нітратів, важких металів і радіонуклідів у рослинній продукції [65].

Також регулятори росту підвищують стійкість рослин до хвороб і шкідників. Їх застосування для передпосівної обробки насіння знижує токсичність протруйників, не зменшуючи їх захисного ефекту. Вони впливають як на мікробні угруповання, так і на кореневу систему рослин, прискорюючи її розвиток на 15-17 %. У зоні росту активізуються мікроорганізми різних екологічних і трофічних груп, а також посилюються процеси утворення гумусу.

До природних регуляторів росту належать:

Ауксини — одні з перших рослинних гормонів, досліджених у рослинах. Найбільш вивченою сполукою серед ауксинів є індоліл-3-оцтова кислота (ІОК), яку вперше виділив і охарактеризував Ф. Кегл у 1934 році. Дія ауксинів пов'язана з їхнім впливом на регуляцію експресії генів [96]. ІОК, зв'язуючись із відповідними рецепторами на плазматичній мембрані, запускає серію клітинних реакцій, активуючи різні сигнальні шляхи [78; 79]. Ці сигнали змінюють транскрипцію певних генів шляхом фосфорилування та дефосфорилування [2; 59]. Крім цього, ауксини можуть швидко ініціювати реакції, які не пов'язані з транскрипцією, зокрема активацію протонних насосів плазматичної мембрани. Окрім ІОК, рослини також

виробляють сполуки з ауксиноподібною активністю, такі як 4-хлориндол-3-оцтова кислота, індол-3-масляна кислота і фенілоцтова кислота [16; 63; 65].

Ауксини активують фактори, що сприяють розслабленню клітинної стінки, такі як екпансини, які розпушують стінку та стимулюють ріст клітин. За наявності гіберелінів цей ефект посилюється [119]. У присутності цитокінінів ауксини також стимулюють процес поділу клітин. Крім того, ауксини запускають накопичення цукрів і мінералів у місці їх дії [116]. Ауксини також сприяють підвищенню проліферації клітин. Було встановлено, що індоліл-3-оцтова кислота необхідна для запуску синтезу ДНК під час переходу клітини з G1-фази в S-фазу мітотичного циклу [10; 50; 67]. Таким чином, ауксини відіграють ключову роль у регуляції клітинного циклу. Відомо, що протеїнкінази, ферменти, які фосфорилують білки-мішені, є центральними регуляторами мітотичного циклу [80]. Ймовірно, ауксини впливають на клітинний цикл опосередковано, активуючи відповідні протеїнкінази. Основними мішенями для дії ауксинів є клітини, що знаходяться поблизу меристем і проходять процес диференціації. Біохімічні механізми впливу ауксинів на ці клітини досліджуються вже тривалий час [13]. Спочатку вважалося, що індоліл-3-оцтова кислота, проникаючи в клітину, зв'язується з певними білковими рецепторами, і утворений комплекс активує експресію конкретних генів. Це, у свою чергу, призводить до синтезу специфічних ферментів, які підсилюють фізіологічну реакцію клітини. Дослідження механізмів поглинання індоліл-3-оцтової кислоти показують, що невелика кількість цієї сполуки може проникати через мембрану у вільному стані. Частина цієї кислоти надходить у клітину через активний транспорт, пов'язаний із протонами водню [12]. Виведення ІОК супроводжується накопиченням позитивних зарядів у клітинній стінці, що призводить до зниження рівня рН. Не виключається можливість наявності цитоплазматичних рецепторів ауксинів, оскільки ІОК легко проникає всередину клітини [14; 15].

Існує ймовірність, що в клітині є кілька місць сприйняття ауксинів, як позаклітинних, так і цитоплазматичних. Полярний транспорт ауксинів відбувається між клітинами за допомогою спеціальних транспортних систем. Ауксини надходять у апікальну частину клітини пасивно разом з іонами H^+ , тоді як у базальній частині вони активно виводяться через клітинну мембрану за допомогою білків-переносників [86]. Вважається, що напрямок транспорту ауксинів визначається полярним розташуванням цих специфічних переносників на плазматичній мембрані клітини [16; 17]. Передбачається, що білок, продукт гена MP (MONOPTEROS), нещодавно ідентифікованого, відповідає за сприйняття полярних сигналів [5; 7].

Ауксини відіграють важливу роль у регуляції цвітіння, росту, дозрівання, а також у процесах опадання зав'язей, плодів і листків. Дослідження підтверджують, що ауксини беруть участь у формуванні плодів і є необхідними для росту пилкових трубок. Хоча подальший розвиток плоду залежить від рівня ауксинів, у цьому процесі також задіяні інші фітогормони [18; 87].

Гібереліни — це регулятори росту, які відіграють важливу роль у процесах проростання насіння, росту та розвитку плодів. Ці природні рослинні гормони, схожі на ауксини, широко поширені серед рослин та відрізняються високою фізіологічною активністю [9; 84]. На сьогодні відомо понад 130 різних сполук, що відносяться до групи гіберелінів, позначених під номерами: GA1, GA2 тощо [44; 42]. Вчені вважають, що лише деякі з гіберелінів, зокрема ГК1, ГК3, ГК4, ГК5, ГК6 та ГК7, мають фізіологічну активність. Інші з них є попередниками в процесах біосинтезу та відносяться до неактивних форм. З хімічної точки зору, гібереліни є похідними дитерпенів, які формуються з чотирьох ізопренових залишків [65]. Найпоширенішою сполукою серед них є гіберелова кислота, а інші варіанти відрізняються переважно структурою своїх бічних ланцюгів [109]. Гібереліни синтезуються в різних частинах стебла рослин, але основним місцем їхнього утворення є листки [90]. Відзначимо, що, на відміну від ауксинів, гібереліни

переміщуються в рослині через ксилему і флоему в результаті пасивного процесу, що не пов'язаний з метаболізмом [35]. Мевалонова кислота виступає попередником як гіберелінів, так і цитокінінів, а також абсцизової кислоти. Гібереліни стимулюють лінійний ріст стебел, пагонів і коренів, сприяють збільшенню листкової поверхні та кількості міжвузлів, індукують цвітіння, визначають стать рослини та контролюють процеси проростання насіння [22; 23]. У більшості морфогенетичних процесів гібереліни діють спільно з ауксинами, будучи антагоністами цитокінінів і абсцизової кислоти. За допомогою протеомного аналізу було виявлено механізми, через які гібереліни регулюють проростання насіння. Установлено, що ці гормони активують синтез ензимів, таких як α -амілаза, протеази та β -глюконаз, які беруть участь у лізисі ендосперму. Ендосперм насінини, що складається з тонкостінних клітин із крохмальними зернами та оточений алеїроновим шаром, слугує джерелом запасних поживних речовин [62]. Під час проростання ці речовини розщеплюються на розчинні цукри, амінокислоти та інші продукти, які транспортуються до зародка. Вважається, що під час проростання гібереліни не синтезуються в алеїроновому шарі. Лізис ендосперму запускається гібереліновим сигналом, при цьому гібереліни виробляються в зародку і транспортуються в алеїроновий шар, де регулюють активність α -амілази через транскрипційні фактори SLN1 і GAMYB [25; 131]. Було також встановлено, що експресія генів, які відповідають за активність оксидаз, залучених до біосинтезу гіберелінів, локалізована в епітелії та тканинах зародка, що проростає. Дія гіберелінів не обмежується лише регуляцією гідролітичних ензимів; ці гормони також запускають процес запрограмованого відмирання клітин. Рецептори гіберелінів GID1a, GID2b і GID2c є специфічними для різних видів рослин. Дослідження показали, що насіння мутантів із дефіцитом гіберелінів проростає тільки після обробки екзогенними формами цих гормонів, тоді як мутанти за GK2 - оксидазами (ензимами, що деактивують гібереліни) демонструють значно швидше проростання [26; 41; 132].

Цитокініни – це сполуки, які сприяють поділу клітин і диференціації тканин. Вони беруть участь у регуляції різноманітних метаболічних та фізіологічних процесів, хоча в сучасних моделі механізмів проростання насіння їм часто відводять вторинну роль [51; 53]. Це пояснюється неоднозначністю та суперечливістю результатів дослідження розподілу та динаміки ендогенних цитокінінів під час набухання насіння, появи первинного корінця та формування проростків [3; 49; 121]. Наприклад, у насінні *Tagetes minuta* спостерігався поступовий ріст вмісту цис-зеатинових та ізопентенільних форм цитокінінів, тоді як концентрація транс-зеатинових форм різко підвищувалася в перші години після набухання, що супроводжувалося активацією цитокініноксидази та збільшенням кількості глюкозидних форм гормону [28; 103]. У насіння салату, люцерни, вівса та кукурудзи перший пік вмісту цитокінінів спостерігався перед проростанням первинного корінця, а другий — вже після його появи [128]. Якісний склад цитокінінів варіювався залежно від виду, але помітно переважали цис-зеатин, ізопентеніладенін та ароматичні форми гормону [40; 30]. Позитивний ефект цитокінінів на проростання насіння пов'язаний із пригніченням транскрипції протеїну AB15, який бере участь у сигналінгу абсцизової кислоти, а також з індукцією його деградації [108; 127]. Подібно до ауксинів, цитокініни активують численні гени, серед яких Cytokinin Response Factors (CRF) [31; 32; 51].

Флавоноїди – це фенольні сполуки, що містять дифенілпропановий фрагмент (C6-C3-C6) і зазвичай є похідними 2-фенілхроману (флавану) або 2-фенілхромону (флавонону). Ці сполуки поділяють на кілька основних груп: катехіни, лейкоантоцианідини, антоцианідини, флаванони, флавонони, флаволи, флавоноли, ізофлавонони, халкони, дигідрохалкони, аурони, флаволігнани та біфлавоноїди [38]. Різноманіття флавоноїдів є надзвичайно великим і налічує близько 8 тисяч видів. Завдяки їхній структурній неоднорідності, ці речовини демонструють різноманітні фізико-хімічні властивості, зокрема щодо розчинності в полярних та неполярних

розчинниках. Аглікони та глікозиди флавоноїдів, що містять 1–2 залишки моносахаридів, добре розчиняються в ефірах, спиртах та ацетоні, але практично не розчиняються у воді [19; 36]. У свою чергу, глікозиди з трьома й більше моносахаридними залишками мають добру розчинність у воді. Незважаючи на існування численних методів виділення флавоноїдів, найбільш раціональним, простим і безпечним є застосування водно-етанольних розчинів для їх вилучення [37; 41].

Флавоноїди можуть виконувати функцію фітоалексинів – речовин, що утворюються у відповідь на інфікування або контакт із метаболітами патогенних мікроорганізмів та накопичуються в рослинах до токсичних концентрацій. У рослинах вони виконують роль детоксикаційних сигнальних агентів, стимулюють проростання насіння, сприяють акліматизації до високих або низьких температур, а також підвищують стійкість до посухи. Завдяки здатності поглинати ультрафіолетове випромінювання, флавоноїди відіграють важливу роль у захисті рослин від негативного впливу УФ-променів. Деякі з них діють як антиоксиданти, зокрема поглинають вільні радикали та хелатують метали [39; 40].

Флавоноїди також забезпечують захист рослин від патогенів і травоядних організмів. Вони виділяють фітоалексини та лігніни, які слугують бар'єрами для обмеження поширення патогенів, а також регулюють експресію генів, відповідальних за синтез захисних метаболітів, таких як флавоноли [46]. Крім цього, флавоноїди надають квітам і плодам забарвлення та аромат, що приваблює запилювачів, які сприяють розмноженню рослин через поширення пилку та насіння. Особливо важливими для процесу запилення є антоціани – основний клас флавоноїдів, що забезпечує яскраві кольори квітів і плодів [28; 45].

Крім того, формування насіння та плодів залежить від рівня антоціанів, а блокування шляху синтезу рутину, який належить до флавонолів, може впливати на ці процеси. Партенокарпія (утворення плодів без запліднення) досягається шляхом пригнічення активності гена

халконсинтази, а зворотний ефект можна спостерігати за участі флавонолів, таких як кверцетин і кемпферол. Таким чином, флавоноїди відіграють ключову роль у регуляції розмноження рослин і захисних механізмів [43].

Абсцизова кислота – це регулятор росту, який відповідає за закриття продихів і припинення росту рослин у несприятливих умовах. Абсцизова кислота (АБК) присутня в усіх органах рослин і відіграє важливу роль у регуляції багатьох фізіологічних процесів [55; 104]. Однією з функцій АБК є контроль за дозріванням і проростанням насіння. Дослідження показали, що вміст цього гормону в насінні варіюється протягом ембріогенезу [43; 44]. На етапах інтенсивного поділу клітин і формування тканин, а також розвитку зародка і ендосперму, рівень АБК зазвичай зменшується [51]. Натомість, після завершення поділу клітин і під час накопичення запасних речовин, рівень гормону зростає, а при досягненні стану спокою знову знижується [6; 45; 46]. АБК є одним з основних чинників, які захищають насіння від осмотичного стресу під час їх набухання. Процес деградації ендосперму в перші 36 годин після набухання переважно здійснюється за участю АБК. На рослинах томату було встановлено, що ендогенна АБК відіграє роль у регуляції росту та розвитку етіольованого гіпокотилі [31; 49; 50]. Цей гормон стримує подовження гіпокотилі арабідопсису завдяки своєму впливу на метаболізм гіберелінів та ауксинів [118]. Екзогенна АБК також стримувала проростання насіння арабідопсису, пшениці та спельти. Дослідження показали, що інгібуючий ефект АБК на процес проростання насіння пояснюється зниженням росту кореня [51; 60; 123]. Важливу роль у регуляції синтезу АБК відіграє фермент 9-цисепоксикаротиноїдна діоксигеназа (NCED). Ген AtNCED3 відповідає за розвиток бічних коренів, формування та дозрівання зародка, а також за спокій і висипання насіння [52; 124]. На ранніх стадіях розвитку зиготи активна материнська АБК, тоді як під час спокою ген AtNCED3 стимулює синтез АБК у базальній частині насіння та у сім'яній [88]. У процесі трансдукції сигналів АБК беруть участь рецептори гормону, до яких належать протеїни родини PYR/PYL/RCAR, а

також рецептори, пов'язані з G-білками, Н субодиниця хлоропластного протеїну Mg-хелатази та регулятори активності фосфатази PP2C [53; 54; 70].

Етилен, на відміну від інших регуляторів росту, має просту хімічну структуру, але здатний впливати на численні фізіологічні й біохімічні процеси. При проростанні насіння різних рослин, таких як пшениця, кукурудза, соя та рис, спостерігається збільшення вмісту етилену [24; 56; 6]. Важливо зазначити, що етилен не транспортується з одного органу рослини в інший; його сигнал передається через попередник – аміноциклопропанкарбонову кислоту [58]. Як і цитокініни, етиленовий сигнал сприймається завдяки двокомпонентному протеїновому рецептору-кіназі, який розташований на мембрані ендоплазматичного ретикулума. Мутації в регуляторах сигналізації етилену можуть призводити до глибокого спокою насіння [18]. Було виявлено, що етилен негативно впливає на біогенез і сигналізацію АБК, а також протидіє її діям, одночасно сприяючи процесу проростання насіння. Проростання насіння багатьох рослин, яке сповільнене через стан спокою або несприятливі умови, може бути значно прискорене після обробки етиленом або препаратами, що сприяють його продукції [60].

Брасиностероїди (БР) – це тип рослинних гормонів, що мають подібність до стероїдних гормонів, які існують у інших організмах. Вони впливають на різні процеси, такі як ріст, розвиток судинної системи, репродукція, а також на формування квітів і плодів. Взаємодіючи з АБК, БР сприяють проростанню насіння [89]. Мутанти, які мають дефіцит БР, демонструють інгібуючий вплив АБК у порівнянні зі звичайними видами. Разом із гіберелінами та етиленом, БР стимулюють ріст зародка та сприяють розщепленню ендосперму [61]. Дослідження показали, що ці гормони активізують проростання насіння через специфічні сигнальні шляхи. Обробка насіння БР та гіберелінами підвищує їх здатність проростати, наприклад, у арабідопсису, тютюну та паразитах родини Orobanchaceae, а також нейтралізує інгібуючий ефект АБК [62]. БР регулюють ріст зародкової осі під

час проростання насіння, хоча процес виходу з спокою відбувається через гіберелін, залежно від його дії. Передпосівна обробка синтетичним БР 2 α ,3 α ,17- β -тригідрокси-5 α -андростаном значно підвищує посухостійкість насіння хвойних і листяних рослин при умовах штучної ґрунтової посухи. При високих температурах (+39 °C) обробка 2 α ,3 α ,17- β -тригідрокси-5 α -андростаном у концентрації 0,004 мг/л стимулює проростання насіння сосни, підвищуючи його термостійкість [63; 64].

Саліцилова кислота (СК), разом з АБК, БР та етиленом, є одними з основних природних регуляторів росту рослин, які залучені в реакції на абіотичні та біотичні стреси. Дослідження показали, що за нормальних умов СК знижує експресію гена α -амілази, що, у свою чергу, гальмує процес проростання насіння. Вплив гормону варіює залежно від його концентрації [33; 70]. Наприклад, концентрація вище 1 мМ привела до затримки проростання насіння арабідопсису, тоді як у ячменю інгібуючий ефект спостерігався при значно нижчій концентрації — 0,25 мМ [32; 34; 9]. Проростання насіння кукурудзи було повністю зупинено при екзогенній обробці СК у концентраціях 3—5 мМ. Водночас, у випадку сольового стресу, СК забезпечила захист насіння від окисного пошкодження: додавання 100—150 мМ NaCl знизило рівень проростання арабідопсису на 50 %. Проте після обробки насіння екзогенною СК у діапазоні 0,05—0,50 мМ, показники проростання підвищилися до 80 %. Отже, використання СК у низьких концентраціях суттєво покращує проростання насіння та розвиток проростків арабідопсису при різних абіотичних стресах [34; 68]. Науковці вважають, що високі дози екзогенної саліцилової кислоти мають негативний вплив на проростання насіння, що обумовлено окислювальним стресом, викликаним цим фітогормоном. СК відіграє важливу роль у формуванні стійкості як проростаючого насіння, так і зрілих рослин до різних біотичних стресів, завдяки чому гормон вважається ефективним засобом захисту.

Жасмонова кислота (ЖК) і її похідні накопичуються в рослинних органах внаслідок активності генів, індукованих жасмонатами. Ці сполуки є

продуктами ліпоксигеназного шляху окислення поліненасичених жирних кислот. Жасмонова кислота має важливе значення в регуляції розвитку генеративних органів, зародків, старіння, статевої детермінації, проростання насіння, росту коренів, формування бульб і адаптації до стресових умов. Як і АБК, екзогенна ЖК також затримує проростання насіння, одночасно пригнічуючи біосинтез і активність АБК, що вказує на антагоністичні взаємозв'язки між цими фітогормонами [17; 70]. Рослини, мутантні за шляхом сигналізації ЖК, виявили підвищену чутливість до дії АБК в процесі проростання. Вплив ЖК на проростання насіння залежить від типу запасних речовин, які були накопичені в насінні [71; 72].

Дослідження показують, що жасмонова кислота здатна пригнічувати проростання зерен жита і пшениці, у яких основною запасною речовиною є крохмаль. Екзогенна ЖК у концентрації 1 мг/л вже затримувала проростання, а при підвищенні до 25 мг/л цей процес повністю інгібувався. У насіння льону, де основними запасними речовинами є ліпіди, після обробки ЖК, проростання розпочиналося через 48 годин, що майже не відрізнялося від контролю, і лише при концентрації 500 мг/л спостерігалися затримки [73]. У разі насіння клена, яке також містить ліпіди як основну запасну речовину, обробка ЖК сприяла виходу з глибокого спокою та запуску процесу проростання. Проте, насіння, оброблене ЖК, проростало пізніше, ніж стратифіковане. Екзогенна ЖК підвищувала схожість насіння *Rugus communis*. Метилжасмонат, у свою чергу, гальмував проростання насіння кукурудзи та подовження коренів завдяки зниженню активності α -амілази та рівня синтезу етилену. Передпосівне праймування насіння ріпаку метилжасмонатом призводило до підвищення вмісту калію, флавоноїдів і брасиностероїдів у дорослих рослин [74; 75; 76].

На сьогодні все частіше в агропрактиках почали використовувати комплекси природних регуляторів росту та біологічно активних речовин, а саме екстрактів, або витяжок з рослинних [30].

Сучасний сільськогосподарський виробник не може забезпечити стабільно високий врожай без використання регуляторів росту рослин. Ці препарати потрібні для ініціювання змін у процесах життєдіяльності рослин, покращення якості рослинного матеріалу, підвищення врожайності, а також для спрощення збору та зберігання продукції [81; 36]. Сьогоднішні реалії диктують нам такі умови, що мало виростити високий урожай сільськогосподарських культур, а ще й потрібно подбати й про його якість. Тому при підживленні сільськогосподарських культур враховують не лише рівень засвоєння поживних елементів, а й намагаються створити цілу систему живлення [83]. Вона повинна ґрунтуватись на збалансованому співвідношенні макро- та мікроелементів, повноцінно забезпечувати рослину поживними речовинами в критичні фази розвитку.

Науковці Уманського ДАУ під керівництвом професора Грицаєнко З.М. протягом 10 років досліджували прискорення проходження фенологічних фаз розвитку рослин під впливом регуляторів росту. Було виявлено збільшення клітин епідермісу листків та інших клітинних фрагментів, що знижує пошкодження рослин шкідниками [27]. Оскільки багато шкідників є переносниками інфекцій, це пояснює захисний ефект регуляторів росту. Дослідження науковців Львівського національного університету під керівництвом професора Терека О.І. довели зміну ендогенного фітогормонального стану рослин під впливом екзогенних регуляторів росту, що призводить до розсинхронізації фаз розвитку рослин і комах, а також до зниження сприйнятливості рослин до патогенів [85; 26].

Учені Інституту фізіології рослин і генетики НАН України вперше довели антимуtagenну дію Емістиму С на кореневі меристеми гороху та пшениці, зменшивши спонтанний мутагенез вдвічі та послабивши мутагенну дію гербіциду Трефлан. Крім цього, нещодавно опубліковані результати досліджень щодо використання Емістиму С показали, що в рослинах ярого ячменю суттєво зменшуються процеси пероксидного окислення ліпідів [91; 92]. Це пов'язано зі зростанням активності антиоксидантних ферментів та

посиленим накопиченням антиоксидантних сполук і аскорбінової кислоти в листках. Також було виявлено підвищення вмісту загальної кількості хлорофілів а і в, а також каротиноїдів у сої та озимій пшениці [11].

У дослідженнях С.А. Шумік та колег було проаналізовано вплив Агростимуліну, Триману і Емістиму С на ферментні системи озимої пшениці під час колосіння. Було встановлено, що ці препарати активують нітратредуктазну систему у прапорцевому листку, що сприяє ефективнішому засвоєнню азоту рослинами [16; 95].

Очікується, що в найближчі роки використання регуляторів росту та біостимуляторів у сільському господарстві зросте завдяки технологічному розвитку і підвищеному попиту на стійкі методи агровиробництва. Це також обґрунтовує доцільність їх застосування у вирощуванні лікарських рослин. Наприклад, використання гумінових кислот, що містять L-аскорбінову кислоту та тіамін, як окремо (біостимулятор ROOTS), так і в поєднанні з добривом (ROOTS PLUS), призвело до збільшення врожайності сировини календули лікарської (*Calendula officinalis* L.) і сприяло більш ранньому цвітінню [115]. Крім того, досліджено вплив біологічних речовин на метаболізм рослин, що призвело до підвищення врожайності календули й збільшення вмісту вторинних метаболітів [96; 97; 100].

В останні роки гумінові речовини стали популярними стимуляторами росту. Відомо, що в таких каустоболітах, як торф та вугілля, гумінові речовини складають значну частину органічної речовини, що робить їх перспективними як сировину для виробництва біологічно активних препаратів та добрив. Природні гумінові кислоти не розчинні у воді, що ускладнює їх засвоєння. Однак, після активізації, вони переходять у фізіологічно активний стан і ефективно виконують роль стимуляторів росту рослин та джерел живлення. Основою для отримання гумінових препаратів є властивість гумінових кислот з каустоболітів формувати водорозчинні солі з одновалентними катіонами, такими як натрій, калій та амоній [98]. Ці солі добре розчинні та легко засвоюються рослинами, оскільки в процесі їх

приготування змінюється конфігурація молекул гумінових кислот. У результаті вивільняються функціональні групи, відбувається частковий розпад великих молекулярних фракцій на менші складові, а також часткове окислення з накопиченням карбонільних та хінонних груп та збільшенням кількості парамагнітних центрів. На відміну від гумінових кислот, їх солі активніше залучаються у фізіологічні процеси розвитку рослин [99].

В Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України було синтезовано та досліджено ряд нових хімічних сполук на основі піридин-N-оксиду, а також їх комплекси з протонодонорами. Значна кількість наукових праць, зокрема робіт С.П. Пономаренка, присвячена вивченню біологічної активності та механізмів дії регуляторів росту рослин (РРР). На прикладі Івіну (2,6-диметилпіридин-N-оксиду) детально розкрито ключові аспекти їх біологічної активності та здатності стимулювати ріст рослин. Ці сполуки виявились ефективними фізіологічно активними агентами [100; 101].

Біологічна активність 2,6-диметилпіридин-N-оксиду та його комплексів з протонодонорами визначається їх фізико-хімічними характеристиками, такими як полярність молекул, нуклеофільність кисню в N-оксидній групі, наявність ароматичної системи, висока мобільність водневих зв'язків та здатність до легкого генерування електронодонорних пар [2; 3]. Метильні похідні піридин-N-оксиду виявляють цитокінінові та ауксинові властивості, що сприяють підвищенню інтенсивності процесів транскрипції та трансляції, активації генетичної експресії, стимулюють синтез РНК і білків, впливають на мембранні процеси, активний транспорт іонів та регуляцію активності H^+ -АТФази у рослинах [53].

Дослідження показали, що механізм дії 2,6-диметилпіридин-N-оксиду на рослини пов'язаний з його унікальною структурою та тепловою динамікою молекул, що дозволяє цим сполукам легко проникати через біологічні мембрани. Зміна ліпідного складу мембран підвищує їх проникність, що сприяє покращенню транспортних процесів через

плазматичні мембрани та кращому надходженню поживних речовин у клітини, що, у свою чергу, стимулює фізіологічні процеси росту й розвитку рослин [105; 106; 112].

Одним із перспективних напрямів пошуку ефективних інгібіторів окиснення в сільському господарстві є розробка синергетичних сумішей на основі рослинних екстрактів. Синергісти сприяють значному посиленню антиоксидантного ефекту, що дозволяє застосовувати їх у менших кількостях [61].

У ході досліджень було підтверджено синергетичний ефект сумішей токоферолів і флавоноїдів у пригніченні окиснювальних процесів в олії. Кількісно оцінено синергетичний вплив токоферолів соняшникової олії та флавоноїдів, отриманих із кори дуба, м'яти, пагонів чорниці й календули. Флавоноїди з різних рослинних джерел мають приблизно однаковий синергетичний ефект із токоферолами (за винятком флавоноїдів м'яти). Окрім того, досліджено антиоксидантну дію раніше невивчених пагонів чорниці [107; 61].

Відомо, що токоферол у безводних ліпідних субстратах не лише перериває ланцюгові реакції, але й бере участь у реакціях продовження ланцюгів і розкладання гідропероксидів, що може знижувати його антиоксидантну активність. У дослідженні встановлено, що повне гальмування окиснення α -токоферолом спостерігається лише при його концентрації від $1 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-4}$ М і прямо пропорційно залежить від концентрації інгібітора. Подальше збільшення концентрації токоферолу призводить до прискорення початкової швидкості окиснення та скорочення періоду повного гальмування, що свідчить про складний механізм його впливу.

У процесі окиснення α -токоферол утворює стабільні радикали, які можуть взаємодіяти з молекулами жирів, сприяючи побічним реакціям продовження ланцюгів. Під час цих реакцій активується фенольна форма

антиоксиданту, яка надалі взаємодіє з пероксидними радикалами, сприяючи розриву ланцюгових реакцій окиснення [23].

Сьогодні агровиробництво активно використовує речовини, такі містяться в лушпинні цибулі, яке містить у 20 разів більше флавоноїдів, зокрема кверцетину та його глікозидів, ніж їстівна частина. Ідентифіковані фенольні сполуки включають кверцетин-4'-О-глюкозид, кверцетин та інші глікозиди, ціанідин-3-О-глюкозид, а також продукти деградації та окиснення. Кверцетин демонструє подвійний антиоксидантний потенціал: на початковій стадії він поглинає активні форми кисню, а після окиснення деякі його прооксидантні метаболіти підсилюють антиоксидантні реакції [66; 110; 111].

1.2. Застосування продуктів природного походження при вирощуванні сільськогосподарських рослин

Зростаюча глобальна потреба в методах сталого ведення сільського господарства підштовхнула дослідження рослинництва до альтернативи традиційним регуляторам росту рослин. Синтетичні регулятори росту, незважаючи на ефективність, можуть становити небезпеку для навколишнього середовища та здоров'я через їхній склад та можливість забруднення навколишнього середовища побічними речовинами. Таким чином, зростає інтерес до використання натуральних рослинних екстрактів, що є екологічно безпечним напрямком. Рослинні екстракти, отримані з різних ботанічних об'єктів, містять широкий спектр біоактивних хімічних речовин, таких як фітогормони, фенольні речовини, флавоноїди, алкалоїди, які можуть впливати на ріст і розвиток рослин [113].

Екстракти з рослин, таких як *морські водорості*, *морінга* та *нім*, наприклад, показали перспективу з точки зору підвищення рівня проростання, покращення кореневої архітектури та підвищення стресостійкості рослин. Ці екстракти діють, імітуючи або замінюючи дію

природних гормонів, зокрема ауксинів, гіберелінів, цитокінів та АБК. Крім того, вони забезпечують додаткові переваги, такі як антибактеріальні властивості, які можуть знизити виникнення захворювань рослин, а також мають вплив на антиоксидантну систему, яка покращує стійкість рослин до стрес факторів навколишнього середовища [94; 113]. Рослинні екстракти мають значні переваги як природні альтернативи синтетичним РРР, пропонуючи безпечне та стає рішення для покращення росту та продуктивності рослин. Поки залишаються проблеми з точки зору стандартизації та широкомасштабного застосування, безперервні дослідження та інновації можуть повністю розкрити їх потенціал, сприяючи більш стійкій сільськогосподарській практиці та покращенню екологічного стану. Посилення обмежень у нормах агрохімічного законодавства призводить до необхідності нових рішень у пошуку добрив та загалом підживленні рослин. У даний час велика увага приділяється біологічно активним сполукам природного походження, зокрема біоактивним речовинам, визначеним як біостимулятори та/або біорегулятори росту рослин. Згідно з літературними даними, сполуки такої активності зазвичай зустрічаються у водоростях, які використовуються при вирощуванні сільськогосподарських культур [117]. Доведено, що біомаса водоростей, як одно-, так і багатоклітинних, містить різноманітні біомолекули, такі як фітогормони та гормоноподібні речовини, амінокислоти, антибіотики, вітаміни, мікро- та макроелементи, що сприяють розвитку рослини в різні фази росту [48; 114]. Існує кілька форм застосування водоростевих компонентів, серед яких найбільш ефективними визнані екстракти в основному з морських водоростей. Корисні ефекти екстрактів макроводоростей були підтверджені в ряді досліджень, і тому широко використовувалися в комерційних продуктах, призначених для сільського господарства та садівництва [69]. Проте, через множинність активних речовин, що містяться в біомасі водоростей, їх спектр і механізм впливу на рослини все ще є предметом численних досліджень. Століттями морські

водорості використовувалися як добрива та вносилися в ґрунт в якості мульчі та дуже ефективних добавок до компостних куп для активізації процесу компостування. Вміст полісахаридів (альгінат, ламінарин) у морських водоростях також несе позитивний вплив на структуру ґрунту. У літературі описано три основних способи виробництва промислових біостимуляторів з водоростей: добування води з фукусів, ламінарії, наприклад, SM 3 (Chase Organics, Великобританія); лужна екстракція: Максікроп (Maxicrop, Великобританія) від *A. nodosum*; Wuxal Ascofol (Aglukon spacialdunger, D) з *A. nodosum*; криогомогенізація: Goëmar BM 86 (Goëmar, F) з *A. nodosum*; високий тиск екстракція: Kelpak (Kelpak Products, Південна Африка) з *E. maxima*. На сьогодні бракує даних про деталі технологічних процесів для технології видобутку, а також процесу попередньої обробки сировини та типу екстрагента [65]. Однак, знаючи тенденції розвитку та екологічні вимоги, необхідно вважати, що процеси екстрагування проводять з використанням водних розчинів, що містять, ймовірно, цільові біологічно активні речовини або екстракцією за допомогою надкритичного діоксиду вуглецю з можливими добавками полярних речовин для швидкого проникнення в рослину чи насіння. Біостимулятори з водоростей застосовують у вигляді рідини або порошку, призначених для позакореневого або ґрунтового внесення. Також проводиться попередня обробка насіння екстрактами, з'ясовано, що це покращує енергію проростання. Досвід використання екстрактів з водоростей *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria digitata* та *Ecklonia maxima* вказують на підвищення стресостійкості та біостимулюючої дії, а різноманітність складів екстракту водоростей безпосередньо корелює з їх комплексною дією на рослини. Дослідники припускають, що механізм, що веде до таких біостимулюючих властивостей, криється в синергічній активності багатьох компонентів у різних концентраціях [1]. Стимулятори росту рослин, які містяться в екстрактах морських водоростей, можна розділити на кілька основних груп: ауксини, цитокініни, гібереліни, бетаїни, поліаміни, а також рослинні

гормони [102]. Біомаса водоростей також містить рослини біомолекули, що стимулюють ріст, такі як мікроелементи, вітаміни, амінокислоти, антибіотики [25]. Не менш цікавими є дослідження впливу екстрактів на основі більш звичних для нас рослин. У цьому дослідженні показано вплив водних екстрактів ашвагандхи, часнику та цибулі як біостимуляторів у трьох концентраціях (5, 10 та 20 %), які розпилювали один або два рази на тиждень на саджанці бананів. Результати показали, що позакореневе обприскування біостимуляторами посилило вегетаційні параметри росту саджанців банана. Реакція росту саджанців банана змінювалася в залежності від типу рослин, що використовуються як екстракти, це може бути пов'язано з тим, що біостимулятори містять різноманітні типи та різні концентрації регуляторів росту [20]. Біоактивні сполуки, такі як ауксин, цитокінін і гібереліни можуть бути визначені в екстрактах ашваганди, часнику та цибулі, як показано у цьому дослідженні. Водний екстракт ашвагандхи стимулює вегетативний ріст більше, ніж екстракти часнику та цибулі, це може бути пов'язано з набором сполук регуляторів росту, що містяться в цих екстрактах. Тоді як посилений лінійний ріст коренів або більша кількість листків фіксувалося при обприскуванні екстрактом ашвагандхи. Це може бути обумовлено більшим вмістом гібереліну (GA3), ауксину (IAA) і цитокініну (зеатину), що міститься в рослині ашваганда (11,078, 0,0312 і 0,0149 мг/100 г відповідно). Також доведено, що введення гібереліну (GA3) може посилити ріст завдяки збільшенню площі листової пластинки та посилення фотосинтезу [8].

Також, практичного значення набули екстракти на основі *Алое вера*, що широко визнана як альтернатива синтетичним регуляторам росту, які застосовують для стимуляції вкорінення рослин. Екстракти на основі алое вера здатні стимулювати ріст коренів у різних видів рослин. Листки алое містить полісахариди, глікопротеїни, фенольні сполуки, саліцилова кислота, лігнін, мікро та макро елементи, у тому числі гормони, амінокислоти, вітаміни, ферменти [60]. Ці компоненти сприяють його широкому спектру властивостей, включаючи антибактеріальні, протигрибкові, антиоксидантні

та імуностимулюючі [129]. Дослідження показують, що екстракт листків алое вера багатий на фітогормони та поживні речовини, включаючи гіберелінову кислоту (GA3), індол-3-оцтова кислота (IAA), абсцизова кислота (ABA), глюкозу та білки [160]. Існують дослідження, що вказують на те, що екстракт алое віра може бути більш ефективний, ніж синтетичний ауксин ІВА у проростанні та розвитку коренів живців *Vitex diversifolia*. Крім того, вчені спостерігають значне покращення вегетативного росту, формування насіння, урожайність та хімічний склад рослин *Carum carvi*, що оброблені спреєм зі 100% екстрактом алое вера [120].

Кокосова вода - це природна скарбниця біологічних стимуляторів росту. Містить ауксини, гібереліни, цитокінін, які можуть впливати на різні аспекти росту рослин. Цікаво, що вона також має природні інгібітори та регулятори, такі як етилен, абсцизова кислота, феноли та флаваноли. Вони діють як балансуєча сила, забезпечуючи належний розвиток рослин. Нещодавно проводились дослідження по впливу екстракту кокосової води на розмноження троянд [58]. Вони виявили, що додавання 10 % кокосової води за об'ємом до стандартного середовища MS суттєво підвищило показники росту та розмноження троянд. Ці висновки свідчать про потенціал використання кокосової води як природної альтернативи синтетичним рістрегуляторам при розмноженні рослин. Також є наукові дані, що живці, оброблені 50% кокосовою водою, мали найвищу виживаність (66,8%), тоді використання комбінації кокосової води з 50% алое вера протягом 12 годин призводило до утворення більшої кількості коренів, збільшення довжини кореня, його діаметра та відсотку укорінення [122].

Екстракт морінги (*Moringa oleifera* Lam) набирає популярності як рентабельний і екологічно чистий біостимулятор. Цей натуральний екстракт містить широкий спектр ефірних речовин, а також гормонів, таких як ауксини, гібереліни, цитокініни, поряд з вітамінами, антиоксидантами та іншими сполуками. Екстракт морінги є ще однією альтернативою для підвищення продуктивності рослин [93]. Він як стимулятор росту, підвищує

проростання насіння, розвиток рослин і збільшує інтенсивність фотосинтезу та мінімізує енергетичні витрати рослини. Крім того, підтримує процеси цвітіння та плодоношення, покращує якість плодів, подовжує вегетаційний період, сповільнює природне старіння. Екстракт морінги також дає рослинам сили боротися з абіотичними стресовими факторами, такими як засолення, посуха, екстремальні температури та стійкість до впливу важких металів. Це досягається за рахунок підвищення активності антиоксидантних ферментів і підвищення рівня сполук таких як феноли, флавоноїди, цукри та осмоліти [22]. Також, екстракт морінги зменшує вироблення активних форми кисню та гальмує перекисне окислення ліпідів, зменшує вірогідність витоку електроліту. Учені порівнювали дію екстракту морінги з кокосовою водою та дійшли висновку, що обидва мають позитивні результати, але екстракт морінги виявився краще за кокосову воду в сприянні розвитку коренів, зокрема щодо загальної кількості коренів, довжини коренів і довжина головного кореня [125].

Екстракти на основі верби (Salix spp.) давно відомі своїми фунгіцидними, інсектицидними та антибактеріальними властивостями. Останні дослідження підкреслюють потенціал екстракту з кори, пагонів і листків верби як природних стимуляторів для вкорінення після зрізання рослин. Дослідження показують, що екстракти верби багаті на різні біоактивні сполуки, у тому числі поліфеноли (проантоціанідини, фенольні кислоти, флавоноїди, дубильні речовини та лігніни), терпеноїди і, особливо, саліцилати [126]. Ці сполуки відіграють вирішальну роль у захисних механізмах та сигнальних шляхи. Концентрація цих біологічно активних сполук може змінюватися в залежності від кількох факторів. До них відноситься вік рослин верби, сезон, тип рослинної тканини, з якої створюють екстракт, конкретний вид або генотип верби і навіть різні умови навколишнього середовища. Так, живці хризантеми та лаванди продемонстрували найкращі результати з концентрацією 1,06 мкм/л екстракту кори верби [57]. Також відомо, що живці яблуні занурені в

екстракт листків верби на 4 години дали найвищий відсоток вкорінення (97,18 %), а при зануренні живців на 8 годин максимальна висота рослини була 20,56 см, максимальна довжина кореня – 14,09 см, максимальний діаметр рослини – 1,37 см. Крім цього, є дані, що найбільший урожай був зафіксований при використанні екстракту з суміші: верби, сіна та додавання мінерального азоту [128].

Кориця – відома лікарська рослина, також не менш цікава в розрізі сільського господарства та біологічних стимуляторів росту. Це обумовлено високою концентрацією активних сполук, таких як коричний альдегід, корична кислота, еugenol та 4% летка олія. Ці сполуки разом із дубильними речовинами сприяють укоріненню та посилюють ріст рослин.

Дослідження показують, що порошок кориці може ефективно стимулювати ріст коренів у різних видів рослин. Пояснюють цей ефект наявністю фенольних сполук у кориці, які, як відомо, впливають на основні ферменти рослин. Цікаво, що речовини кориці, також, можуть працювати синергічно з синтетичними ауксинами. Учені виявили, що комбінація екстракту кориці з ІВА та НАА (гормони укорінення на основі ауксину) перевершує інші методи у продуктивності коренеутворення. Досліди проводились на зрізаних рослинах та була продемонстрована не тільки більша швидкість укорінення, але й посилення процесів росту рослин [64].

Імбир, широко відома рослина, має потенційні переваги і за межами кулінарних світів. Він містить ряд фітонцидів, в тому числі гераніол, нераль і цингіберен, які й визначають його характерний аромат і смак. Крім того, імбир багатий на біоактивні сполуки, такі як гінгероли, що дають пряний смак. Дослідження показують, що екстракт імбиру можна використовувати як природний стимулятор росту рослин. Учені спостерігали значні покращення процесів росту пагонів при обприскуванні рослин екстрактом на основі кореневища імбиру [47]. Також, існують дані про ефективність різних натуральних екстрактів, у тому числі імбиру, що впливали на успішність укорінення живців оливи. Цікаво, що імбирні екстракти (у різних типах

розчинників: вода, оцет і етанол) також показали гарні результати при дослідженні процесів укорінення та росту коренів. Крім цього, учені досліджували вплив екстракту імбиру на ріст і розвиток живців абрикосу сорту Хамаві. Їх дослідження показали, що обробка живців розчином екстракту кореневища імбиру 10 г/л суттєво покращила утворення та членування гілок, сприяла збільшенню площі листової пластинки та інтенсивність поглинання поживних речовин (азоту, фосфору і калію) [47].

Рослинні екстракти, отримані з різних рослин, містять широкий спектр біоактивних хімічних речовин, які можуть ефективно впливати на розвиток рослин, зменшують стрес та збільшують стійкість, а також підвищують загальну продуктивність і якість врожаю. Рослинні екстракти є реальною та стійкою альтернативою синтетичним регуляторам росту та мають ряд переваг для навколишнього середовища, підвищення продуктивності сільськогосподарських культур. Використовуючи природні екстракти, ми можемо прокласти шлях до більш сталого та стійкого сільськогосподарського майбутнього. Цей огляд підкреслює необхідність дослідження способів дії рослинних екстрактів та їх методів виробництва, щоб розкрити повний потенціал рослинних екстрактів як стійкої альтернативи синтетичним регуляторам росту рослин у сільськогосподарських практиках [21].

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Регулятори росту рослин можуть бути природними або синтетичними низькомолекулярними сполуками, що здатні в досить малих концентраціях впливати на життєдіяльність рослин, активуючи клітинні процеси, фотосинтез, дихання, водний обмін і поділ клітин. Зокрема до природних регуляторів росту належать фітогормони та інші біологічно активні речовини, які утворюються в самих клітинах рослин та можуть як підсилювати так і інгібувати дію інших біологічно активних речовин, що в підсумку або підсилює, чи послаблює той чи інший біохімічний процес [10].

2. Механізм дії регуляторів росту зумовлений їхньою здатністю проникати через клітинні мембрани та взаємодіяти з білками-рецепторами, що призводить до змін у транскрипційній активності ДНК, прискорення синтезу білків і активації ростових процесів. Показано, що регулятори росту позитивно впливають на розвиток кореневої системи, підвищують стійкість рослин до абіотичних та біотичних стресів, а також зменшують токсичність пестицидів під час передпосівної обробки [4].

3. Використання рослинних екстрактів, які містять в своєму складі природні регулятори росту є важливим кроком в розвитку ефективних засобів удосконалення агротехнологій у рослинництві. Рослинні екстракти становлять перспективну та екологічно безпечну альтернативу синтетичним регуляторам росту рослин, забезпечуючи підвищення врожайності сільськогосподарських культур і зменшення негативного впливу на довкілля. Використання рослинних екстрактів відкриває можливості для формування більш сталих та безпечних підходів у сільському господарстві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Abbasifar A., Valizadehkaji B., Karimi M., Bagheri H. The first report: The effect of garlic extracts on rooting of cuttings of some ornamental plants and fruit trees. *Advances in Horticultural Science*, 2020. №34(2). P. 191.
2. Adamowski M., Friml J. PIN-Dependent Auxin Transport: Action, Regulation, and Evolution. *Plant Cell*, 2015. №27. P. 20–32.
3. Argueso C.T., Raines T., Kieber J.J. Cytokinin signaling and transcriptional networks. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 2010. №13. P. 533–539.
4. Bassel G.W., Lan H., Glaab E. et al. Genome-wide network model capturing seed germination reveals coordinated regulation of plant cellular phase transitions. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2011. №108(23). P. 9709–9714. <https://doi.org/10.1073/pnas.1100958108>.
5. Behnam B., Iuchi S., Fujita M. et al. Characterization of the promoter region of an arabidopsis gene for 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase involved in dehydration-inducible transcription. *DNA Res.*, 2013. №20. P. 315–324. <https://doi.org/10.1093/dnares/dst012>.
6. Belin C., Megies C., Hauserova E., Lopez-Molina L. Absciscic acid represses growth of the Arabidopsis embryonic axis after germination by enhancing auxin signaling. *Plant Cell*, 2009. №21(8). P. 2253–2268. <https://doi.org/10.1105/tpc.109.067702>.
7. Bennett T. PIN proteins and the evolution of plant development. *Trends Plant Sci.*, 2015. №20. P. 498–507.
8. Bewley J., Black M. Seeds. *Physiology of Development and Germination*, 1994. №57. P. 1677–1684. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1002-8>.
9. Bicalho E.M., Pinto-Marijuan M., Muller M. et al. Control of macaw palm seed germination by gibberellin/absciscic acid balance. *Plant Biol.*, 2015. №17. P. 990–996. <https://doi.org/10.1111/plb.12332>.

10. Biological nitrogen fixation, 2 Volume Set / Ed. F.J. de Bruijn. John Wiley & Sons, 2015. 1260 p.
11. Chandler J.W., Werr W. Cytokinin–auxin crosstalk in cell type specification. *Trends Plant Sci.*, 2015. №20. P. 291–300.
12. Chandrasekaran U., Liu A. Endogenous abscisic acid signaling towards storage reserve filling in developing seed tissues of castor bean (*Ricinus communis* L.). *Plant Growth Regul.*, 2014. №72. P. 203–207.
13. Chauhan U., Singh A.K., Godani D., Handa S., Gupta P.S., Patel S., et al. Some natural extracts from plants as low-cost alternatives for synthetic PGRs in rose micropropagation. *Journal of Applied Horticulture*, 2018. №20(2). P. 103–111.
14. Chitnis V., Gao F., Yao Z., Jordan C. et al. After ripening induced transcriptional changes of hormonal genes in wheat seeds: the cases of brassinosteroids, ethylene, cytokinin and salicylic acid. *PLoS One*, 2014. №9. P. 875–880. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087543>.
15. Daviere J.M., Achard P. Gibberellin signaling in plants. *Development*, 2013. №140(6). P. 1147–1151. <https://doi.org/10.1242/dev.087650>.
16. Del Bianco M., Giustini L., Sabatini S. Spatiotemporal changes in the role of cytokinin during root development. *New Phytol.*, 2013. №199. P. 324–338.
17. Dhonukshe P., Tanaka H., Goh T. et al. Generation of cell polarity in plants links endocytosis, auxin distribution and cell fate decisions. *Nature*, 2008. №456(7224). P. 962–966. <https://doi.org/10.1038/nature07409>.
18. Dias L.L.C., Santa-Catarina C., Silveira V. et al. Polyamines, amino acids, IAA and ABA contents during *Ocotea catharinensis* seed germination. *Seed Science and Technology*, 2009. №37(1). P. 42–51. <https://doi.org/10.15258/sst.2009.37.1.06>.

19. Dixon R.A., Pasinetti G.M. Flavonoids and isoflavonoids: from plant biology to agriculture and neuroscience. *Plant Physiol.*, 2010. №154(2). P. 453–457. <https://doi.org/10.1104/pp.110.161430>.
20. Dutta S.K., Layek J., Yadav A., Das S.K., Rymbai H., Mandal S., et al. Improvement of rooting and growth in kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) cuttings with organic bio stimulants. *Heliyon*, 2023. №9(7).
21. El Botaty E.M., Saleh M.M.S. Effect of some natural substances on grape cuttings rooting. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 2018. №7(4). P. 1702–1719.
22. El-Enien M.A., El-Azazy A.M., El-Sayed F.S. Effect of moringa leaves extract as a natural product compared with other synthetic compounds on yield production and fruit quality of navel orange trees. *Egyptian Journal of Horticulture*, 2015. №42(2). P. 899–911.
23. El-Showk S., Ruonala R., Helariutta Y. Crossing paths: Cytokinin signalling and crosstalk. *Development*, 2013. №140. P. 1373–1383.
24. Enders T.A., Strader L.C. Auxin activity: past, present, and future. *Amer. J. Botany*, 2015. №102(2). P. 180–196.
25. Eroğul D., Karabıyık H., Çantal D. Effect of foliar treatments of seaweed on fruit quality and yield in almond cultivation. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2022. №59(4). P. 591–600.
26. Falcone Ferreyra M.L., Casati P. Flavonoids: biosynthesis, biological functions, and biotechnological applications. *Front Plant Sci.*, 2012. №3, art. 222. <https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00222>.
27. Ferguson B.J., Mathesius U. Phytohormone regulation of legume-rhizobia interactions. *J. Chem. Ecol.*, 2014. №40(7). P. 770–790.
28. Fincher G.B. Molecular and cellular biology associated with endosperm mobilization in germinating cereal grains. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 1989. №40. P. 305–346. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.40.060189.001513>.

29. Finch-Savage W.E., Footitt S. Seed dormancy cycling and the regulation of dormancy mechanisms to time germination in variable field environments. *J. Exp. Bot.*, 2017. №68. P. 843–856. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw47>.
30. Finkelstein R., Reeves W., Ariizumi T. Molecular aspects of seed dormancy. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 2008. №59. P. 387–415. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092740>.
31. Finkelstein R.R., Rock C.D. Absciscic acid biosynthesis and response. The Arabidopsis Book/Eds. C.R. Somerville, E.M. Meyerowitz. Amer. Soc. Plant Biologists, 2002. P. 137–155.
32. Friml J., Vieten A., Sauer M. et al. Efflux-dependent auxin gradients establish the apical-basal axis of Arabidopsis. *Nature*, 2003. №426(6363). P. 147–153. <https://doi.org/10.1038/nature02085>.
33. Friml J., Wisniewska J., Benkova E. et al. Lateral relocation of auxin efflux regulator PIN3 mediates tropism in Arabidopsis. *Nature*, 2002. №415. P. 806–809. <https://doi.org/10.1038/415806a>.
34. Friml J., Yang X., Michniewicz M. et al. A PINOID-dependent binary switch in apical-basal PIN polar targeting directs auxin efflux. *Science*, 2004. №306(5697). P. 862–865. <https://doi.org/10.1126/science.1100618>.
35. Fujii H., Chinnusamy V., Rodrigues A. et al. In vitro reconstitution of an abscisic acid signalling pathway. *Nature*, 2009. №462. P. 660–664. <https://doi.org/10.1038/nature08599>.
36. Fukaki H., Tasaka M. Hormone interactions during lateral root formation. *Plant Mol. Biol.*, 2009. №69(4). P. 437–449.
37. Gallardo K., Job C., Groot P.C. et al. Proteomics of Arabidopsis seed germination. A comparative study of wild-type and gibberellin deficient seeds. *Plant Physiol.*, 2002. №129. P. 823–837. <https://doi.org/10.1104/pp.002816>.
38. Graeber K., Linkies A., Muller K. et al. Cross-species approaches to seed dormancy and germination: conservation and biodiversity of ABA-regulated

- mechanisms and the Brassicaceae DOG1 genes. *Plant Mol. Biol.*, 2010. №73. P. 67–87. <https://doi.org/10.1007/s11103-009-9583-x>.
39. Graeber K., Nakabayashi K., Miatton E. et al. Molecular mechanisms of seed dormancy. *Plant Cell Environ.*, 2012. №35. P. 1769–1786. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02542.x>.
40. Guan C., Wang X., Feng J. et al. Cytokinin antagonizes abscisic acid-mediated inhibition of cotyledon greening by promoting the degradation of abscisic acid insensitive 5 protein in Arabidopsis. *Plant Physiol.*, 2014. №164. P. 1515–1526. <https://doi.org/10.1104/pp.113.234740>.
41. Gubler F., Chandler P.M., White R.G. et al. Gibberellin signaling in barley aleurone cells. Control of SLN1 and GAMYB expression. *Plant Physiol.*, 2002. №129. P. 191–200. <https://doi.org/10.1104/pp.010918>.
42. Gubler F., Hughes T., Waterhouse P., Jacobsen J. Regulation of dormancy in barley by blue light and after-ripening: effects on abscisic acid and gibberellin metabolism. *Plant Physiol.*, 2008. №147. P. 886–896. <https://doi.org/10.1104/pp.107.115469>.
43. Gubler F., Kalla R., Roberts J.K., Jacobsen J.V. Gibberellin-regulated expression of a myb gene in barley aleurone cells: evidence for Myb transactivation of a high-pI alpha-amylase gene promoter. *Plant Cell*, 1995. №7(11). P. 1879–1891.
44. Gupta R., Chakrabarty S. Gibberellic acid in plant. *Plant Signal Behav.*, 2013. №8(9): e25504. <https://doi.org/10.4161/psb.25504>.
45. Hameed R.L., Adil A.M. Effect of wounding, auxins and cinnamon extract on the rooting and vegetative growth characteristics of bottlebrush plant (*Melaleuca viminalis* L.) cuttings. *Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants*, 2019. №6(2). P. 105–111.
46. Harborne J.B., Williams C.A. Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochem.*, 2000. №55. P. 481–504.

47. Hardan M.E., Al-Dulaimy A.F.Z. Effect of humic acid addition and spraying with ginger rhizome extract on the growth and some chemical contents of apricot seedlings *Prunus armeniaca* L. cv. *Revis Bionatura*, 2022. №7(4). P. 26. In: AIP Conference Proceedings, 2018. №209. P. 1–8.
48. Hawezzy M.N. Rooting of hardwood cuttings of grape (*Vitis vinifera* L.) response to pre-treatments and rooting media. *Kirkuk University Journal for Agricultural Sciences*, 2022. №13(1). P. 27–47.
49. Held M., Hou H., Miri M. et al. Lotus japonicus cytokinin receptors work partially redundantly to mediate nodule formation. *Plant Cell*, 2014. №26(2). P. 678–694.
50. Hentrich M., Boettcher C., Duchting P. The jasmonic acid signaling pathway is linked to auxin homeostasis through the modulation of YUCCA8 and YUCCA9 gene expression. *Plant J.*, 2013. №74. P. 626–637. <https://doi.org/10.1111/tpj.12152>.
51. Heyl A., Riefler M., Romanov G., Schmulling T. Properties, functions and evolution of cytokinin receptors. *Eur. J. Cell Biol.*, 2012. №91. P. 246–256. <https://doi.org/10.1016/j.ejcb.2011.02.009>.
52. Humplik J.F., Bergougnoux V., Van Volkenburgh E. To Stimulate or Inhibit? That Is the Question for the Function of Abscissic Acid. *Trends in Plant Science*, 2017. №22(10). P. 830–841. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.07.009>.
53. Hwang I., Sheen J., Müller B. Cytokinin Signaling Networks. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 2012. №63. P. 353–380.
54. Ishibashi Y., Kasa S., Sakamoto M. et al. A role for reactive oxygen species produced by NADPH oxidases in the embryo and aleurone cells in barley seed germination. *PLoS One*, 2015. №10: e0143173. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143173>.
55. Izydorczyk C., Nguyen T.-N., Jo S. et al. Spatiotemporal modulation of abscissic acid and gibberellin metabolism and signaling mediates the effects of suboptimal and supraoptimal temperatures on seed germination in wheat (*Triticum*

- aestivum L.). *Plant Cell Environ.*, 2017. №41. P. 1022–1037. <https://doi.org/10.1111/pce.12949>.
56. Kaneko M., Itoh H., Inukai Y. et al. Where do gibberellin biosynthesis and gibberellin signaling occur in rice plants? *Plant J.*, 2003. №35. P. 104–115. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.2003.01780.x>.
57. Karimi V., Zarghani E. The effect of willow (*Salix alba* L.) and garlic (*Allium sativum* L.) extracts on rooting of cuttings and nematode density in some Rosaceae species of Hyrcanian forests, Iran. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 2023. №31(3).
58. Karunarathna B. B., Kumuthini D. H. Effect of Coconut Water on the Cutting Establishment of *Ixora* (*Ixora coccinea* International Journal of L.), *Advanced Research and Review*, 2016. №1(11). P. 27–33
59. Kasahara H. Current aspects of auxin biosynthesis in plants. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 2016. №80. P. 34–42.
60. Khater R.M., Abd-Allah W.H., El Shafay R.M. Effect of organic fertilization and spraying Aloe vera extract on the growth and productivity of *Carum carvi* L. plant under Shalateen conditions in Egypt. *Plant Archives*, 2020. №20(2). P. 4959–4971.
61. Kieber J.J., Schaller G.E. Cytokinins. *Arabidopsis Book* Am. Soc. Plant Biol., 2014. №12: e0168.
62. Kosakivska I.V., Vasyuk V.A., Voytenko L.V. Effects of exogenous abscisic acid on seed germination and morphological characteristics of two related wheats *Triticum aestivum* L. and *Triticum spelta* L. *Fiziol. rast. genet.*, 2019. №51(1). P. 55–66. <https://doi.org/10.15407/frg2019.01.055>.
63. Kucera B., Cohn M., Leubner-Metzger G. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Sci Res.*, 2005. №15. P. 281–307.
64. Lee S., Cheng H., King K.E. et al. Gibberellin regulates Arabidopsis seed germination via RGL2, a GAI/RGA-like gene whose expression is up-regulated

- following imbibition. *Genes Dev.*, 2002. №16. P. 646–658. <https://doi.org/10.1101/gad.969002>.
65. Lee Y.-I., Chung M.-C., Yeung E.C., Lee N. Dynamic distribution and the role of abscisic acid during seed development of a lady's slipper orchid, *Cypripedium formosanum*. *Annals of Botany*, 2015. №116(3). P. 403–411. <https://doi.org/10.1093/aob/mcv079>.
66. Liu A., Gao F., Kanno Y., Ayele B. Regulation of wheat seed dormancy by after-ripening is mediated by specific transcriptional switches that induce changes in seed hormone metabolism and signaling. *PloS One*, 2013. №8. P. 1344–1345. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056570>.
67. Liu X., Yue Y., Li B. et al. A G protein-coupled receptor is a plasma membrane receptor for the plant hormone abscisic acid. *Science*, 2007. №315. P. 1712–1716. <https://doi.org/10.1126/science.1135882>.
68. Liu X., Zhang H., Zhao Y. et al. Auxin controls seed dormancy through stimulation of abscisic acid signaling by inducing ARF-mediated ABI3 activation in *Arabidopsis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2013. №110. P. 15485–15490. <https://doi.org/10.1073/pnas.1304651110>.
69. Liu Y.Y., Zang D.K. Effects of hormone balance on Korean Hackberry seed germination. *African Journal of Agricultural Research*, 2016. №11(29). P. 2650–2657. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11170>.
70. Lopes P.S., Munne-Bosch S., Garcia Q.S. Hormonal profile and the role of cell expansion in the germination control of Cerrado biome palm seeds. *Plant Physiol. and Biochem.*, 2017. №118. P. 168–177. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.06.015>.
71. Lorrai R., Boccaccini A., Ruta V. et al. Abscisic acid inhibits hypocotyl elongation acting on gibberellins, DELLA proteins and auxin. *AoB Plants*, 2017. №10: ply061. <https://doi.org/10.1093/aobpla/ply061>.
72. Ma Y., Szostkiewicz I., Korte A. et al. Regulators of PP2C phosphatase activity function as abscisic acid sensors. *Science*, 2009. №324. P. 1064–1068. <https://doi.org/10.1126/science.1172408>.

73. Martinez-Andujar C., Ordiz M.I., Huang Z. et al. Induction of 9-cis-epoxycarotenoid dioxygenase in *Arabidopsis thaliana* seeds enhances seed dormancy. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 2011. №108. P. 17225–17229.
74. Massoud H.Y., El-Baset A., Ghoszy A.A. Effect of some natural products as an alternative chemical growth regulator on rooting response, growth and chemical composition of rosemary cutting. *Journal of Plant Production*, 2017. №8(8). P. 797–803.
75. Michniewicz M., Zago M.K., Abas L. et al. Antagonistic regulation of PIN phosphorylation by PP2A and PINOID directs auxin flux. *Cell*, 2007. №130. P. 1044–1056. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2007.07.033>.
76. Mierziak J., Kostyn K., Kulma A. Flavonoids as important molecules of plant interactions with the environment. *Molecules*, 2014. №19. P. 16240–16265. <https://doi.org/10.3390/molecules191016240>.
77. Miransari M., Smith D. Plant hormones and seed germination. *Environ. Exp. Bot.*, 2014. №99. P. 11–12. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.05>.
78. Mitra G.C., Bose N. Rooting and histological responses of detached leaves to B-Indole butyric acid with special reference to Linn. *Boerhavia dif usaf Phyto morphology*, 1954. P. 7–370.
79. Muller D., Leyser O. Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. *Ann. Bot.*, 2011. №107. P. 1203–1212.
80. Muller K., Tintelnot S., Leubner-Metzger G. Endosperm limited Brassicaceae seed germination: abscisic acid inhibits embryo-induced endosperm weakening of *Lepidium sativum* (cress) and endosperm rupture of cress and *Arabidopsis thaliana*. *Plant Cell Physiol.*, 2006. №47. P. 864–877. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcj059>.
81. Nambara E., Marion-Poll A. Absciscic acid biosynthesis and catabolism. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 2005. №56. P. 165–185. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144046>.

82. Nonogaki H. Seed germination and dormancy — the classic story, new puzzles, and evolution. *J. Integr. Plant Biol.*, 2018. №40. P. 1–23. <https://doi.org/10.1111/jipb.12762>.
83. Ogawa M., Hanada A., Yamauchi Y. et al. Gibberellin biosynthesis and response during Arabidopsis seed germination. *Plant Cell*, 2003. №15. P. 1591–1604.
84. Olds C.L., Glennon E.K.K., Luckhart S. Absciscic acid: new perspectives on an ancient universal stress signaling molecule. *Microbes Infection*, 2018. №20 (9–10). P. 484–492. <https://doi.org/10.1016/j.micinf.2018.01.009>.
85. Pan X., Chen J., Yang Z. Auxin regulation of cell polarity in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 2015. №28. P. 144–153.
86. Pandey S., Nelson D., Assmann S. Two novel GPCR-type G proteins are abscisic acid receptors in Arabidopsis. *Cell*, 2009. №136(1). P. 136–148. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2008.12.026>.
87. Park J., Kim Y.S., Kim S.G. et al. Integration of auxin and salt signals by the NAC transcription factor NTM2 during seed germination in Arabidopsis. *Plant Physiol.*, 2011. №156. P. 537–549. <https://doi.org/10.1104/pp.111.177071>.
88. Park S., Fung P., Nishimura N. et al. Absciscic acid inhibits type 2C protein phosphatases via the PYR/PYL family of START proteins. *Science*, 2009. №324. P. 1068–1071.
89. Pieruzzi F.P., Dias L.L.C., Balbuena T.S. et al. Polyamines, IAA and ABA during germination in two recalcitrant seeds: *Araucaria angustifolia* (Gymnosperm) and *Ocotea odorifera* (Angiosperm). *Ann. Bot.*, 2011. №108. P. 337–345. <https://doi.org/10.1093/aob/mcr133>.
90. Piskurewicz U., Jikumaru Y., Kinoshita N. et al. The gibberellic acid signaling repressor RGL2 inhibits Arabidopsis seed germination by stimulating abscisic acid synthesis and ABI5 activity. *Plant Cell*, 2008. №20. P. 2729–2745. <https://doi.org/10.1105/tpc.108.061515>.

91. Rajan R.P., Singh G. A review on the use of organic rooting substances for propagation of horticulture crops. *Plant Archives*, 2021. №21(1). P. 685–692.
92. Rajan R.P., Singh G. A review on the use of organic rooting substances for propagation of horticulture crops. *Plant Archives*, 2021. №21(1). P. 685–692.
93. Rajbhar Y.P., Rajbhar G., Rawat P.L., Shardulya S., Kumar M. Grow moringa (*Moringa oleifera*), the miracle tree on the earth. *Horticulture International Journal*, 2018. №2(4). P. 166–172.
94. Ramaih S., Guedira M., Paulsen G.M. Relationship of indoleacetic acid and tryptophan to dormancy and preharvest sprouting of wheat. *Funct. Plant Biol.*, 2003. №30. P. 939–945.
95. Ren C., Bewley J.D. Developmental and Germinative Events can Occur Concurrently in Precociously Germinating Chinese Cabbage (*Brassica rapa* ssp. *Pekinensis*) Seeds. *J. Exp. Bot.*, 1999. №50(341). P. 1751–1761.
96. Robert H.S., Crhak Khaitova L., Mroue S., Benková E. The importance of localized auxin production for morphogenesis of reproductive organs and embryos in *Arabidopsis*. *J. Exp. Bot.*, 2015. №66. P. 5029–5042.
97. Saini S., Sharma I., Kaur N., Pati P.K. Auxin: A master regulator in plant root development. *Plant Cell Rep.*, 2013. №32. P. 741–757.
98. Salih K.O., Mohammed A.A., Noori I.M. Rooting of thornless blackberry cuttings as induced by the extract of white willow (*Salix alba* L.) shoots collected in different times. arXiv preprint arXiv:2405.08849, 2024.
99. Santa-Catarina C., Silveira V., Balbuena T.S. et al. IAA, ABA, polyamines and free amino acids associated with zygotic embryo development of *Ocotea catharinensis*. *Plant Growth Regul.*, 2006. №49. P. 237–247. <https://doi.org/10.1007/s10725-006-9129-z>.
100. Santner A., Calderon-Villalobos L., Estelle M. Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nature Chem. Biol.*, 2009. №5. P. 301–307.

101. Satish L., Rameshkumar R., Rathinapriya P., Pandian S., Rency A.S., Sunitha T., et al. Effect of seaweed liquid extracts and plant growth regulators on in vitro mass propagation of brinjal (*Solanum melongena* L.) through hypocotyl and leaf disc explants. *Journal of Applied Phycology*, 2015. №27. P. 993–1002.
102. Schaller G.E., Bishopp A., Kieber J.J. The yin-yang of hormones: Cytokinin and auxin interactions in plant development. *Plant Cell*, 2015. №27. P. 44–63.
103. Sehra B., Franks R.G. Auxin and cytokinin act during gynoecial patterning and the development of ovules from the meristematic medial domain. *Wiley Interdiscip. Rev. Dev. Biol.*, 2015. №4. P. 555–571.
104. Seo M., Hanada A., Kuwahara A. et al. Regulation of hormone metabolism in *Arabidopsis* seeds: phytochrome regulation of abscisic acid metabolism and abscisic acid regulation of gibberellin metabolism. *Plant J.*, 2006. №48. P. 354–366. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113X.2006.02881.x>.
105. Shen Y.Y., Wang X.F., Wu F.Q. et al. The Mg-chelatase H subunit is an abscisic acid receptor. *Nature*, 2006. №443. P. 823–826.
106. Shu K., Liu X., Xie Q. et al. Two Faces of One Seed: Hormonal Regulation of Dormancy and Germination. *Mol. Plant*, 2016. №69. P. 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2015.08.010>.
107. Shu K., Zhang H., Wang S. et al. ABI4 regulates primary seed dormancy by regulating the biogenesis of abscisic acid and gibberellins in *Arabidopsis*. *PLoS Genet.*, 2013. №9(6): e1003577. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1003577>.
108. Skylar A., Wu X. Regulation of Meristem Size by Cytokinin Signaling. *J. Integr. Plant Biol.*, 2011. №53. P. 446–454.
109. Sponsel V.M., Hedden P. Gibberellin Biosynthesis and Inactivation. Plant Hormones. Biosynthesis, Signal Transduction, Action/Ed. Davies P.J. *Dordrecht: Springer*, 2010. P. 63–94.
110. Stirk W.A., Novak O., Zizkova E. et al. Comparison of endogenous cytokinins and cytokinin oxidase/dehydrogenase activity in germinating and

- thermoinhibited *Tagetes minuta* achenes. *J. Plant Physiol.*, 2012. №169(7). P. 696–703. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2012.01.013>.
111. Stirks W.A., Vaclavikova K., Novak O., Gajdosova S. Involvement of cis-zeatin, dihydrozeatin, and aromatic cytokinins in germination and seedling establishment of maize, oats, and lucerne. *J. Plant Growth Regul.*, 2012. №31. P. 392–405. <https://doi.org/10.1007/s00344-011-9249-1>.
 112. Su Y.-H., Liu Y.-B., Zhang X.-S. Auxin-cytokinin interaction regulates meristem development. *Mol. Plant*, 2011. №4. P. 616–625.
 113. Subbiah V., Reddy K.J. Interactions between ethylene, abscisic acid and cytokinin during germination and seedling establishment in *Arabidopsis*. *J. Biosci.*, 2010. №35. P. 451–458.
 114. Sugiyama A., Shitan N., Yazaki K. Involvement of a soybean ATP-binding cassette-type transporter in the secretion of genistein, a signal flavonoid in legume-*Rhizobium* symbiosis. *Plant Physiol.*, 2007. №144(4). P. 2000–2008.
 115. Suzaki T., Kawaguchi M. Root nodulation: a developmental program involving cell fate conversion triggered by symbiotic bacterial infection. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 2014. №21(10). P. 16–22.
 116. Taylor-Teeple M., Lanctot A., Nemhauser J.L. As above, so below: Auxin's role in lateral organ development. *Dev. Biol.*, 2016. №419. P. 156–164.
 117. Theunis M., Kobayashi H., Broughton W.J., Prinsen E. Flavonoids, NodD1, NodD2, and Nod-Box NB15 modulate expression of the y4wEFG locus that is required for indole-3-acetic acid synthesis in *Rhizobium* sp. strain NGR234. *MPMI*, 2004. №17(10). P. 1153–1161.
 118. Tooro P.E., Van Aelst A.C., Hilhorts H.W.M. The Second Step of the Biphasic Endosperm Cap Weakening that Mediates Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Seed Germination is Under Control of ABA. *J. Exp. Bot.*, 2000. №51(349). P. 1371–1379.
 119. Tuan P.A., Kumar R., Rehal P.K. et al. Molecular Mechanisms Underlying Abscisic Acid/Gibberellin Balance in the Control of Seed Dormancy and

- Germination in Cereals. *Frontiers in Plant Science*, 2018. №9. P. 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00668>.
120. Vanstraelen M., Benková E. Hormonal Interactions in the Regulation of Plant Development. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.*, 2012. №28. P. 463–487.
 121. Vedenicheva N.P., Kosakivska I.V. Cytokinins as regulators of plant ontogenesis under different growth conditions. Kyiv: Nash Format, 2017.
 122. Vishal B., Kumar P.P. Regulation of Seed Germination and Abiotic Stresses by Gibberellins and Abscissic Acid. *Frontiers in Plant Science*, 2018. №9. P. 1–15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00838>.
 123. Vishwakarma K., Upadhyay N., Kumar N. et al. Abscissic acid signaling and abiotic stress tolerance in plants: a review on current knowledge and future prospects. *Frontiers in Plant Science*, 2017. №8. P. 161–173. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.0016>.
 124. Voegelé A., Linkies A., Müller K., Leubner-Metzger G. Members of the gibberellin receptor gene family GID1 (GIBBERELLIN INSENSITIVE DWARF1) play distinct roles during *Lepidium sativum* and *Arabidopsis thaliana* seed germination. *J. Exp. Bot.*, 2011. №62(14). P. 5131–5147. <https://doi.org/10.1093/jxb/err214>.
 125. Wang D., Yang S., Tang F., Zhu H. Symbiosis specificity in the legume-rhizobial mutualism. *Cell Microbiol.*, 2012. №14(3). P. 334–342.
 126. Wang L., Hua D., He J. et al. Auxin Response Factor 2 (ARF2) and its regulated homeodomain gene HB33 mediate abscissic acid response in *Arabidopsis*. *PLoS Genet.*, 2011. №7(7): e1002172. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1002172>.
 127. Wang Y., Li L., Ye T. et al. Cytokinin antagonizes ABA suppression to seed germination of *Arabidopsis* by downregulating ABI5 expression. *Plant J.*, 2011. №68(2). P. 249–261. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2011.04683.x>.

128. Werner T., Schmülling T. Cytokinin action in plant development. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 2009. №12. P. 527–538.
129. Wise K., Selby-Pham J., Simovich T., Gill H. A biostimulant complex comprising molasses, Aloe vera extract, and fish hydrolysate enhances yield, aroma, and functional food value of strawberry fruit. *Advances in Horticultural Science*, 2024. №38(1). P. 47–62.
130. Xiong L., Zhu J.-K. Regulation of Absciscic acid Biosynthesis. *Plant Physiol.*, 2003. №133(1). P. 29–36. <https://doi.org/10.1104/pp.103.025395>.
131. Yamaguchi S. Gibberellin metabolism and its regulation. *Ann Rev Plant Biol.*, 2008. №59. P. 225–251.
<https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092804>.
132. Yamauchi Y., Takeda-Kamiya N., Hanada A. et al. Contribution of gibberellin deactivation by AtGA2ox2 to the suppression of germination of dark-imbibed *Arabidopsis thaliana* seeds. *Plant Cell Physiol.*, 2007. №48. P. 555–561.
<https://doi.org/10.1093/pcp/pcm023>.

РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Агрокліматичні умови проведення дослідів

Дослідження, пов'язані з виконанням дисертаційної роботи, проводилися протягом 2021–2024 років на базі агробіостанції (польові досліді) та навчально-наукової лабораторії біохімічних і медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

Згідно з природно-географічним районуванням України, дослідна ділянка розташована в межах міста Ніжина, що належить до лісостепової зони Дніпровської терасової рівнини. Ґрунтовий покрив представлений опідзоленим малогумусним чорноземом. Цей тип ґрунту сформований на добре дренованих вододілах та їхніх схилах, розташованих між ареалами темно-сірих ґрунтів і типових чорноземів. У профілі чорнозему опідзоленого проявляються ознаки як чорноземних, так і опідзолених ґрунтів, зокрема переміщення колоїдних частинок [11].

Характеристика ґрунтового профілю:

1. **Гумусовий горизонт (Н):** темно-сірий, із включеннями кремнезему (SiO_2) у вигляді світлих плям («сивини»), має зернисту структуру та поступовий перехід до наступного горизонту.
2. **Верхній перехідний горизонт (H_{pk}):** слабоілювіюваний, завтовшки 30–40 см, темно-бурий, ущільнений.
3. **Нижній перехідний горизонт (Phk):** слабоілювіюваний, завтовшки 35–45 см, темно-бурий, із наявністю язиків натічного гумусу; поступово переходить у материнську породу на рівні залягання карбонатів.
4. **Материнська порода (Pk):** залягає на глибині від 120 см, представлена карбонатним лесом.

Ґрунтовий покрив дослідного поля має відносно однорідний гранулометричний склад та хімічний склад, зокрема високий вміст елементів живлення в гумусовому горизонті. У верхньому орному шарі ґрунту вміст гумусу становить 3,5 %. Ступінь насиченості ґрунту основами коливається в межах 90,8–91,1 %, реакція ґрунтового розчину слабокисла (рН 6,0–6,3). Гідролітична кислотність ґрунту становить 2,42 мг-екв./100 г ґрунту. Вміст рухомих сполук фосфору дорівнює 118 мг/кг, обмінного калію – 99 мг/кг (підвищений рівень забезпеченості за Чириковим), а нітрогену – 64 мг/кг (середня забезпеченість за Корнфілдом). З огляду на ці показники, необхідності у внесенні мінеральних добрив не виникало [10; 12].

Клімат району досліджень є помірно-континентальним, характеризується теплим літом, відносно м'якою зимою та достатнім рівнем зволоження. Середня температура січня становить -5°C , липня – $+20^{\circ}\text{C}$. Абсолютний максимум температур сягає $+39^{\circ}\text{C}$, а мінімум – -34°C . Сумарна сонячна радіація складає близько 98–100 ккал/см², радіаційний баланс варіюється у межах 44–46 ккал/см². Річна тривалість сонячного освітлення становить приблизно 1600 годин. Безморозний період триває 155–170 днів, а вегетаційний період (дні з температурою понад $+15^{\circ}\text{C}$) становить 105–110 днів.

Переважають західні вітри, які приносять 550–600 мм опадів на рік. Найменша кількість опадів припадає на зимові місяці (січень-лютий), тоді як максимальна – на літні місяці (червень-серпень). Випаровуваність у районі становить близько 450 мм, що забезпечує коефіцієнт зволоження 1,3. Узимку формується сніговий покрив завтовшки до 40 см, що зберігається 95–105 днів.

Урожайність сільськогосподарських культур у регіоні залежить переважно від погодних умов, зокрема температурного режиму та рівня зволоження в період вегетації. При проведенні досліджень потреби у внесенні мінеральних добрив не спостерігалось.

2.2. Характеристика об'єктів дослідження

Для отримання екстракту вівса посівного була взята надземна частина цієї рослини (вівса посівного – *Avena sativa* L.) на фазі воскової стиглості, і в подальшому матеріал був висушений.

Процес отримання екстракту вівса посівного включав наступні кроки: було взято відношення рослинної сировини до екстрагенту в співвідношенні 300 г вівса та 700 г води. Екстракція відбувалася протягом 40 хвилин на водяній бані при температурі 95°C.

Овес посівний (*Avena sativa* L.) представляє собою однорічну трав'янисту рослину. Він належить до родини Злакових (Poaceae). Овес посівний відомий перш за все, як одна з найбільш важливих зернових культур та як корм для тварин і використовується в різних галузях промисловості, включаючи виробництво паперу та текстилю, фармакології [13; 12].

Хімічний склад рослин вівса посівного (*Avena sativa* L.) включає різноманітні компоненти, які надають цій культурі її харчову та агрономічну цінність. Овес містить вітаміни групи В (зокрема, вітамін В₁, В₂, В₃, В₅, В₆), вітамін Е, вітамін К та інші, які грають важливу роль в метаболічних процесах та здоровому функціонуванні організмів. Зерна рослин містять приблизно 60% крохмалю, 15% білку та ряд інших корисних компонентів, таких як холін, холестерин, авенакозид А, також різні кислоти, включаючи щавлеву, малонову та ерукову кислоти. У складі зерен до того ж знаходяться глюкозид, β-глюкан, кумарин, скополетин, а ще значні кількості кальцію та фосфорних солей [31].

Крім вище зазначених складових, рослини включають у себе інші корисні речовини, такі як антиоксиданти, ліпіди, флавоноїди, стерини й сапоніни. Ці компоненти можуть відігравати важливу роль у захисті клітин від вільних радикалів та інших шкідливих факторів, а також мати позитивний вплив на здоров'я людини.

Антиоксиданти, які містяться в рослинах вівса посівного, відіграють важливу роль у захисті клітин від окислювального стресу й шкідливих впливів вільних радикалів [5].

Антиоксидантна дія вівса посівного полягає:

- *захист від вільних радикалів*: вільні радикали є нестабільними молекулами, які можуть завдати шкоди клітинам та біологічним молекулам, включаючи ДНК. Антиоксиданти нейтралізують ці радикали, запобігаючи їхній шкідливій дії.
- *запобігання окисленню*: Антиоксиданти можуть запобігати окисленню жирів та інших молекул. Це особливо важливо для збереження структури й функцій клітинних мембран.
- *підтримка імунної системи*: деякі антиоксиданти, такі як вітамін С та вітамін Е, допомагають підтримувати імунну систему та захищають організм від інфекцій.
- *захист від захворювань*: дослідження показують, що висока споживаність антиоксидантів може бути пов'язана з зменшенням ризику розвитку захворювань, таких як серцево-судинні захворювання, рак та захворювання пов'язані зі старінням.
- *захист від запалення*: деякі антиоксиданти можуть пом'якшувати запалення в організмі, що важливо для боротьби з локальними патогенами та хронічними захворюваннями.

Антиоксиданти рослинного походження, такі як флавоноїди, поліфеноли та каротиноїди, мають широкий спектр дії й можуть бути важливими для підтримки загального здоров'я, профілактики різних захворювань, та збільшення врожайності [7].

Біологічно активні речовини, виділені з рослин, можуть бути використані як природна сировина для створення нових препаратів, які виготовляють хімічними методами, або послужити основою для синтезу нових біологічно активних сполук, комплексних біопрепаратів.

Зростаючий інтерес до рослинних антибіотичних речовин можна пояснити необхідністю знаходження екологічно безпечних альтернатив традиційним пестицидам, які використовуються для боротьби з патогенами.

Наприклад, речовина авенацин — природний антимікробний пептид, який виділяється із зерна вівса (*Avena sativa* L.). Цей пептид виявляє антимікробну активність проти різних патогенних мікроорганізмів і може мати застосування у фармації й харчовій промисловості як консервант або антимікробний агент. Авенацин є лише однією з багатьох корисних біологічно активних речовин, які можна виділити з рослинного матеріалу й використовувати в різних сферах науки й промисловості [8].

З цього погляду передбачається, що на основі метаболітів рослин можуть бути розроблені як препарати, що відзначаються вибірковою дією на біологічні об'єкти, так і засоби захисту рослин на основі хімічних речовин, які мають широкий спектр дії й об'єднують у собі багатофункціональну біологічну активність [9].

«Дуняша» — це високопродуктивний сорт пшениці озимої, виведений Носівською селекційно-дослідною станцією Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла. Сорт внесений до Державного реєстру сортів рослин України в 2013 році. Висотою рослини досягають 80-90 см. Колос циліндричний, середньої щільності, довжиною 10-11 см, шириною 1,8-2 см. Кількість зерен у колосі — 28-32 штуки. Зерно велике, округлої форми, масою 45-50 г. Маса 1000 зерен — 42-45 г. Вміст клейковини — 25-30 % [16]. Сорт Дуняша характеризується високою врожайністю, стійкістю до вилягання, полягання, осипання, посухи, а також до хвороб, зокрема до іржі та фузаріозу. За оптимальних умов вирощування сорт Дуняша може дати урожай зерна до 10 т/га. Сорт рекомендований для вирощування в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України. Особливості вирощування сорту Дуняша: сорт середньостиглий, тому оптимальний термін сівби — 20-25 вересня. Норма висіву насіння — 4-4,5 млн. штук на гектар. Догляд за посівами полягає в міжрядному обробітку, підживленні та захисті від

шкідників і хвороб. Сорт Дуняша є перспективним для вирощування в Україні, оскільки має високу врожайність і стійкість до несприятливих факторів середовища це відносно новий сорт твердої, озимої пшениці, внесений у державний реєстр в 2018 році. Найбільші показники урожайності були зафіксовані в зоні лісостепу. Загалом урожайність сорту зазначають як 44,2 - 58,7 ц/га. Це середньостиглий сорт, який має інтенсивний ріст і чутливий до рівня сільськогосподарської техніки.

Вегетаційний період триває 261 - 266 діб, висота рослини - 73,0 - 78,9 см, що дозволяє його віднести до стійких сортів до вилягання. Дуняша починає проростати при температурі $+1+2^{\circ}\text{C}$. Щоб отримати однорідні сходи під час посіву, температура повинна бути в діапазоні від $+14^{\circ}\text{C}$ до $+16^{\circ}\text{C}$. Однак, якщо температура під час проростання перевищує $+25^{\circ}\text{C}$, то рослини можуть сформувати слабкі проростки з тонкими коренями, які стають дуже вразливими до хвороб. Добре закалені рослини можуть витримувати зимові температурні зниження в області вузла кущення до -17°C або -18°C , в то час як сорти з високою стійкістю до морозів можуть витримувати температури до -19°C або -20°C . Стійкість до обсіпання 8,9 - 9,0 балів. Стійкість до посухи 8,2 - 8,5 балів. Стійкість проти борошнистої роси 8,8 - 8,9 балів. Стійкість проти бурої іржі 8,5 - 9,0 балів. Стійкість проти фузаріозу колоса 9,0 балів. Вміст білка - 13,5 - 13,7% [16].

Ювівата 60 - це новий сорт озимої пшениці м'якої озимої, який був відібраний шляхом багаторазового схрещування F_3 гібридної комбінації (Поліська 90 $\times$ Мирлебен) $\times$ Holger 0 $\times$ ППГ 296). Виведений, також, Носівською селекційно-дослідною станцією Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла. Він відноситься до лісостепової та поліської різновидності еритроспермума. Сорт середньорослий і розвивається інтенсивно, добре реагує на високий рівень землеробства. Вегетаційний період триває 281–289 днів. Він відзначається стійкістю до вилягання. Ювівата 60 також відрізняється високою стійкістю до негоди (оцінка 8-9 балів), стійкістю до ураження хворобами, такими як борошниста роса, бурої

листяної іржі пшениці. Крім того, сорт відрізняється стійкістю до осипання [17]. Складний колос у цьому сорті пшениці має наступні особливості: він рихлий, пониклий, пірамідальної форми, із остистим зовнішнім покриттям, яке має білий колір. Остюки рослин цього сорту є розгалудженими, мають продовгувату форму та білий колір. Щодо колоскових лусок, вони мають овально-яйцеподібну форму, покриті слабкою опушеністю, і зубець на колосковій лусці росте прямо вгору. Зернівки цього сорту пшениці мають червоний колір, є гладкими, повними, мають овальну форму й великі розміри. Важливою рисою зернівки є наявність неглибокої борозеньки, яка не лише запобігає пошкодженню зерен під час обмолочування, але також запобігає їх випаданню з колоса та захищає від пошкоджень комахами-шкідниками з колючо-сисним ротовим апаратом і від різних захворювань [28].

2.3. Методики проведення досліджень

Методики проведення морфометричних досліджень.

Морфометричні показники – висоту та масу стебла, довжину, масу та кількість коренів визначали за загальновизнаними підходами [3; 6]. Вміст сухої речовини в рослинному матеріалі обчислювали ваговим методом. Площу окремого листка визначали за допомогою визначення його довжини й ширини з використанням перевідного коефіцієнта [11]. Визначення продуктивної кущистості проводили за методикою [5]. Для аналізу зазначених показників брали 20 рослин у трьохкратній повторності.

Визначення вмісту хлорофілів у листках рослин пшениці озимої.

Дослідження проводилися в десятикратній повторності. Екстракцію хлорофілів проводили за допомогою 96% етанолу. 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 [2; 29]. 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, % [32]. Повторність досліджень — десятикратна.

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. Для визначення структури врожаю у снопі підраховували кількість усіх рослин, кількість усіх стебел і стебел з продуктивним колосом. За допомогою цих показників визначали загальну й продуктивну кущистість.

Загальна кущистість – це середня кількість стебел на одній рослині, незалежно від ступеню їх розвитку.

Кущистість загальна = кількість стебел в снопі поділене на кількість рослин в снопі.

Продуктивна кущистість – це середня кількість продуктивних стебел на одній рослині.

Кущистість продуктивна = кількість продуктивних стебел в снопі поділяють на кількість рослин в снопі.

Для подальшого аналізу сніп зважували, підряд відраховували 20 продуктивних пагонів. У них вимірювали висоту стебла, визначали довжину колоса або волоті, кількість колосків у кожному колосі (волоті) та масу зерна з колоса (волоті) і виводили середні дані по цих показниках.

Кількість колосків у колосі (волоті) визначали, підраховуючи кількість усіх колосків, у тому числі й недорозвинених [11].

Визначення біологічної врожайності.

Біологічну врожайність розраховували за такою формулою:

$$Y_{\text{біол}} = A \cdot B \cdot V \cdot \Gamma / 10^8, \text{ ц/га,}$$

де А – це кількість рослин на одиниці площі (рослин/га),

В – продуктивна кущистість,

В – число зерен в колосі,

Г – маса 1000 зерен, г.

Для аналізу зазначених показників брали 20 рослин у трьохкратній повторності.

Визначення амілазної активності в зерні пшениці озимої. 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 °С, 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 г зерна розтирали з невеликою кількістю 1%-

ного розчину NaCl. Співвідношення між наважкою та розчином NaCl 1:10. Проби перемішували й залишали стояти при кімнатній температурі протягом 30 хв, періодично струшуючи [20; 30]. Потім фільтрували та отримували ферментний препарат. Для визначення активності α - та β -амілази брали 4 пробірки (2 дослідні та 2 контрольні) і вносили в 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 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 н HCl, 5 крапель 0,3 % розчину йоду (в 3 % розчину йодистого калію) і вносили із кожної пробірки по 0,5 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 [30; 22]. 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 в 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 [20; 21]. Повторність досліджень – восьмикратна.

Визначення вмісту вуглеводів в зерні пшениці озимої. 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 й 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 й 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 визначали вміст цукрів за калібрувальним графіком [20]. Повторність досліджень – восьмикратна.

Визначення вмісту крохмалю в зерні пшениці озимої. Вміст крохмалю визначали за методом, 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 й промивання осад йодного крохмалю розчиняли у гідроокису натрію, розбавляли дистильованою водою та проводять реакцію з йодом у кислому середовищі. Наважку зерна (1 г) розтирали в 5 мл 80% азотнокислого кальцію. Отриманий гомогенат переносили в 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 й 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 водяній 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 вимірювали колориметрично при 590 нм, потім визначали вміст крохмалю за калібрувальним графіком [19]. Повторність досліджень – восьмикратна.

Визначення вмісту білка в зерні пшениці озимої. Вміст білка визначали за Лоурі шляхом колориметрування синього забарвлення, що виникає при взаємодії білків із сумішшю, яка складається із лужного розчину міді та реактива Фоліна [26]. Для приготування витяжки подрібнену наважку (200 мг) зерен центрифугували з 5 мл 0,1 н розчину 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 CuSO₄ (суміш 1 і 2 реагентів у співвідношенні 50:1) та витримували 10 хв [14]. Потім до суміші додавали 0,5 мл робочого розчину Фоліна й витримували 30 хв. Інтенсивність забарвлення визначали спектрофотометрично при довжині хвилі 750 нм. Кількість білка в розчині

визначали за калібрувальним графіком [28]. Повторність досліджень – восьмикратна.

Екстракцію вільних амінокислот із зерна пшениці озимої проводять за наступною методикою [32]. Зразок гомогенат зерна масою 5 г заливали 100 мл води, додавали по 2 краплі толуолу і струшують протягом 1 год. Суміш витримували в холодильнику протягом 17-20 год при температурі 4-5 °С. Потім суміш центрифугували протягом 5-10 хв при 4 тис. об/хв, рідину над осадом зливали, а осад екстрагували ще 5-6 разів із наступним центрифугуванням [27]. При такій екстракції у розчин переходять всі вільні амінокислоти. Екстракти змішували та випаровували у вакуумі до 50 мл. Температура екстракту при випаровуванні не повинна перевищувати 50 °С. Екстракт охолоджували. Потім проводили очистку екстракту. Екстракт, у якому містяться амінокислоти, переносили у ділительну воронку. Туди ж для осаду білків додавали трьохкратну кількість хлороформу. Суміш струшували протягом 5 хв. Потім воронку із сумішшю витримували у прохолодному приміщенні протягом 16-20 год. При такій обробці білки випадають в осад; верхній воднево-спиртовий шар, який містить очищені амінокислоти, відділяли, випаровували та використовували для аналізу. Екстракт амінокислот розводили водою до 50 мл і пропускали через приготовлену хроматографічну колонку із швидкістю 1 мл/хв. При пропусканні розчину електронейтральні молекули й аніони в колонці не затримуються, а амінокислоти та катіони адсорбуються іонообмінником, обмінюючись на H^+ -іони. Аспарагінова та глутамінова кислоти будуть проходити через колонку з найбільшою швидкістю, а гістидин, аргінін і лізін – з найменшою [23]. Процеси розділення амінокислот в іонообмінній хроматографії не можна звести тільки до іонного механізму. Наприклад, молекули тирозину та фенілаланіну, які мають бензольні кільця, виходять майже останніми (перед ІV групою) не тому, що мають найбільше значення pI , а тому, що бензольні ядра амінокислот зв'язуються з бензольними кільцями смоли за рахунок Ван-дер-Ваальсових сил. Розчин, який виходив з колонки, поступав в проточний

реактор, де до розчину певної амінокислоти додавали нінгідрин, отримували синьо-фіолетове забарвлення й вимірювали кількість кожної амінокислоти фотометричним способом. Порядок виходу амінокислот: Асп, Тре, Сер, Глу, Про, Глі, Ала, Цис, Вал, Мет, Іле, Лей, Тір, Фен, Ліз, Гіс, аміак, Арг. Обговорені принципи лежать в основі сучасних автоматичних амінокислотних аналізаторів [24]. Після проходження через колонку амінокислоти поступали у змійовиковий реактор, де при кип'ятінні реагували з нінгідрином. Інтенсивно забарвлений продукт реакції поступав в колориметр, де при 540 нм та 440 нм вимірюється інтенсивність забарвлення. Сигнал з фотоколориметра поступає на реєстраційний прилад (самописець, обчислювальний інтегратор) [27]. Повторність досліджень – восьмикратна.

Визначення вмісту продуктів окислення ліпідів в зерні пшениці озимої. 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 й розтирали до утворення гомогенату. Після цього проби інкубували протягом 30 хв в киплячій водяній бані, охолоджували й центрифугували 15 хв при 8000g. Супернатант спектрофотометрували при 532 нм. Концентрацію ТБК-позитивних продуктів розраховували з урахуванням коефіцієнта екстинції $156 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ [18]. Повторність досліджень – восьмикратна.

Визначення вмісту аскорбінової кислоти в зерні пшениці озимої. За основу взято метод Hewitt E.J. та Dickes G.J. спектрофотометричного визначення аскорбінової кислоти. Наважка зерен (1 г) гомогенізували з 10 мл 2% метафосфornoї кислоти. Гомогенат переносили в мірну колбу на 50 мл та об'єм доводили до мітки 2% HPO_3 і 0,21 М Na_3PO_4 , взятими в 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 $1,655 \cdot 10^4 \text{ M}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ [25]. Повторність досліджень – восьмикратна.

Визначення вмісту каротиноїдів в зерні пшениці озимої. Для визначення вмісту загальних каротиноїдів наважку зерна (0,05 г) поміщали в колбу об'ємом 0,1 л та проводили їх екстракцію 95% етанолом, який попередньо підігрівали до 40°C . Потім охолоджували вміст колби до 20°C та доводили спиртом до мітки. Потім проводили спектрофотометричне вимірювання при довжині хвилі 450 нм [31]. Повторність досліджень – восьмикратна.

Визначення активності аскорбатпероксидази (ЕС 1.11.1.11) в зерні пшениці озимої. Наважку (0,5 г) зерен розтирали 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 . У 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 й вимірювали на спектрофотометрі зміну оптичної густини за 290 нм кожні 10 с протягом 2-3 хв. Активність ферменту розраховували з урахуванням коефіцієнта молярної екстинції $2,8 \text{ mM}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$ та виражали в мкмоль аскорбата на 1 г сирової маси за 1 хвилину [31]. Повторність досліджень – восьмикратна.

Визначення активності каталази в зерні пшениці озимої. Наважку (0,2 г) зерен розтирали на льоду з невеликою кількістю (2 мл) 0,1 М трис-НСІ 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 37°C . Після цього додавали 1 мл 4 % молібдату амонію. У контрольну пробу, замість супернатанту, вносили 0,2 мл

дистильованої води. Активність каталази визначали спектрофотометрично (довжина хвилі 410 нм) за здатністю H_2O_2 утворювати стійкий забарвлений комплекс з солями молібдену. Активність каталази розраховували з урахуванням коефіцієнта молярної екстинції $22200 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ та виражали в мккат на 1 г сирової маси [15]. Повторність досліджень – восьмикратна.

2.4. Статистична обробка результатів

Статистична обробка результатів здійснювалась за допомогою програми Excel 16.0 для Windows. Для кількісних показників розраховували середнє арифметичне (M) і стандартну помилку середнього (m), середнє квадратичне відхилення, для якісних ознак – відносні (в %) частоти. Статистична оцінка проводилась за t – критерієм Стюдента при рівні значимості $p \leq 0,05$.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Біохімія: підручник./ за загальною редакцією проф. Зайгайка А. Л. та проф. Александрової К. В. – Харків: Форт, 2014. – 728 с.
2. Горяча Л. М. Визначення кількісного вмісту хлорофілів у траві амброзії полинолистій / Л. М. Горяча, І. О. Журавель. *Технологічні та біофармацевтичні аспекти створення лікарських препаратів різної направленості дії: матеріали II міжнар. наук.–практ. інтернет — конф., м. Харків, 12–13 листоп. 2015 р.* Харків: Вид-во НФаУ, 2015. С. 92.
3. Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. Методи біологічних та агрономічних досліджень рослин і ґрунтів. Київ: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. 320 с.

4. Губський Ю.І. Біологічна хімія. - Київ-Тернопіль: Укрмед- книга, 2000. - 508 с.
5. Дідора В. Г., Смаглій О. Ф., Ермантраут Е. Р. та ін. Методика наукових досліджень в агрономії: навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2013. 264 с.
6. Єщенко В. О. Основи наукових досліджень в агрономії / В. О. Єщенко, П. Г. Копитко, В. П. Опришко, П. В. Костогриз. Київ: Дія, 2005. 288 с.
7. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво. - Київ: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
8. Лещенко А. К. Соя / А. К. Лещенко В. И. Сичкаръ, В. Г. Михайлов, В. Ф. Марьюшкин. Київ: Наукова думка, 1987. 256 с.
9. Мазур В. А., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Паламарчук О. Д. Новітні агротехнології у рослинництві. Вінниця, 2017. 588 с.
10. Практикум з ґрунтознавства: навч. посіб. / За ред. Д. Г. Тихоненка, В. В. Дегтярьова. Вільниця: Нова книга, 2008. 448 с.
11. Рослинництво: лаб.-практ. заняття: навч. посіб. для вищ. агр. закл. освіти II–IV рівнів акредитації з напрямку «Агрономія» / Д. М. Алімов, М. А. Білоножко, М. А. Бобро та ін.; під ред. М. А. Бобро. Київ: Урожай, 2001. 392 с.
12. Рослинництво: лабораторно-практичні заняття (Зернові культури): навчальний посібник / Г. К. Фурсова, Д. І. Фурсов, В. В. Сергєєв ; під ред. Г. К. Фурсової. Харків: ТО Ексклюзив, 2004. 380 с.
13. Скорик В. В., Скорик В. В., Симоненко Н. В., Скорик О. П. Синтетик озимого жита (*Secale cereale* L.) Забава. Сортівивчення та охорона прав на сорти рослин. 2009. №1(9). С. 79–86.
14. Abid M. et al. Effect of magnesium sulphate on the first stage of development of Lucerne. Options Méditerranéennes, Series A. №79. CIHEAM, FAO.

15. Aebi H. Catalase in Vitro. *Methods Enzymol.* 1984. №105. P. 121–126.
16. Agrarii Razom. Сорт Дуняша (пшениця озима, пшениця тверда). Інформаційно-аналітична система "Аграрії разом". 2023. Доступно за посиланням: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/dunyasha>.
17. Agrarii Razom. Сорт Ювівата 60 (пшениця озима, пшениця м'яка). Інформаційно-аналітична система "Аграрії разом". 2023. Доступно за посиланням: <https://agrarii-razom.com.ua/culture-variety/yuvivata-60>.
18. 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.
19. Amir R., Hacham Y., Galili G. Cystathionine γ -synthase and threonine synthase operate in concert to regulate carbon flow towards methionine in plants. *Trends in Plant Science*, 2002. №7. P. 153–156.
20. 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.
21. 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. №22. P. 530–545.
22. Gira B. P, Nelson J. E, Souza E., Huber K. C. Composition and properties of A-and B-type starch granules of wild, partially waxy and waxy soft wheat. *Cereal Chemistry*. 2006. 83(5), C. 551–557 .
23. 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.

24. Henneberg W., Stohmann F. Beitrage zur Begrundung einer Rationellen Futterung der Wiederkauer. 1860, Vol. I, II, Schwetschke u. Sohn, Brunswick.
25. Hewitt E.J., Dicks G.J. Spectrophotometric measurements on ascorbic acid and their use for the estimation of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in plant tissue. *The Biochemical J.* 1961. Vol. 78. No. 2. P. 384–391.
26. Lowry O. H., Rosebrough N. J., Farr A. L., Randall R. J. "Protein measurement with the Folin phenol reagent". *Journal of Biological Chemistry*, 1951. №193(1) doi:10.1016/S0021-9258(19)52451-6.
27. Matthews B. F. Lysine, Threonine, and Methionine Biosynthesis / In: Singh B. K., Ed., *Plant Amino Acids: Biochemistry and Biotechnology*, Marcel Dekker Inc New York, 1999. P. 205-225.
28. Mirza H., Kamrun N., Masayuki F., Role of Tocopherol (Vitamin E) in Plants: Abiotic Stress Tolerance and Beyond. A Sustainable Approach, 2014. Vol. 2. p. 267-289.
29. Nakano Y., Asada K. Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts. *Plant Cell Physiol.* 1981. №22. P. 867–880.
30. Prakash O., Jaiswal N. α -Amylase: an ideal representative of thermostable enzymes. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2009. Vol. 160, N 8. P. 2401-2414.
31. 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. No. 4. P. 63–69.
32. Zheng N., Xiao H. Rapid and sensitive method for determining free amino acids in plant tissue by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Acta Geochimica.* 2017. №36. P. 680–696.

РОЗДІЛ 3. БІОХІМІЧНИЙ СКЛАД ЕКСТРАКТУ ВІВСА ПОСІВНОГО

Природні регулятори росту рослин відіграють ключову роль у стимуляції фізіологічних процесів, що забезпечують оптимальний розвиток рослинних організмів. Водний екстракт вівса посівного містить комплекс біологічно активних речовин, зокрема фітогормони, антиоксиданти, вітаміни та амінокислоти, які можуть значно впливати на ріст, розвиток та стійкість рослин до стресових факторів. Наші дослідження біохімічного складу екстракту дозволили оцінити його потенційне застосування в сільському господарстві як натурального стимулятора росту рослин. У цьому розділі розглянуто біохімічний склад екстракту вівса посівного та його вплив на рослинні процеси [1; 2].

Відомо, що ауксини відіграють важливу роль у регуляції клітинного росту, впливаючи на експресію генів, що контролюють поділ клітин та подовження стебел. Тоді як гібереліни беруть участь у мобілізації запасних речовин під час проростання насіння, стимулюючи вироблення гідролітичних ферментів. Брасиностероїди відомі своєю участю в посиленні стійкості до стресових факторів, зокрема посухи та солонцеватості ґрунтів. Саліцилова кислота є потужним модулятором реакцій на біотичний та абіотичний стрес. Флавоноїди відіграють ключову роль у захисті клітин від оксидативного стресу, що є важливим у відповідь на несприятливі екологічні умови [3].

Дослідження показало, що 30 % водний екстракт вівса посівного містить широкий спектр біологічно активних речовин, серед яких індоліл-3-оцтова кислота в кількості 1,47 мкг/мл, абсцизова кислота – 1,42 мкг/мл, етилен – 3,98 мкг/мл, саліцилова кислота – 1,2 мкг/мл, 2-фенілхроман (флавоноїди) – 3,35 мкг/мл (табл. 3.1; рис. 3.1). Найбільший вміст цих сполук спостерігався в 30% екстракті, що підтверджує його високу концентрацію активних компонентів. Зменшення концентрації екстракту до 15%, 6% та 3%

супроводжувалося поступовим зниженням рівня біологічно активних сполук, що може бути пов'язано з розведенням екстракту.

Таблиця 3.1.

Вміст біологічно активних речовин у водному екстракті вівса посівного, мкг/мл екстракту

Біологічно активна речовина, мкг/мл	Концентрація екстракту вівса посівного			
	30%	15%	6%	3%
Індоліл-3-оцтова кислота (ауксини)	1,47 ± 0,07	1,25 ± 0,05	0,88 ± 0,05	0,44 ± 0,08
Абсцизова кислота (гібереліни)	1,42 ± 0,08	1,21 ± 0,06	0,85 ± 0,05	0,43 ± 0,05
Етилен	3,98 ± 0,06	3,38 ± 0,09	2,39 ± 0,07	1,19 ± 0,07
Саліцилова кислота	1,20 ± 0,08	1,02 ± 0,05	0,72 ± 0,05	0,36 ± 0,03
2-фенілхроман (флавоноїди)	3,35 ± 0,1	2,85 ± 0,05	2,01 ± 0,1	1,00 ± 0,08

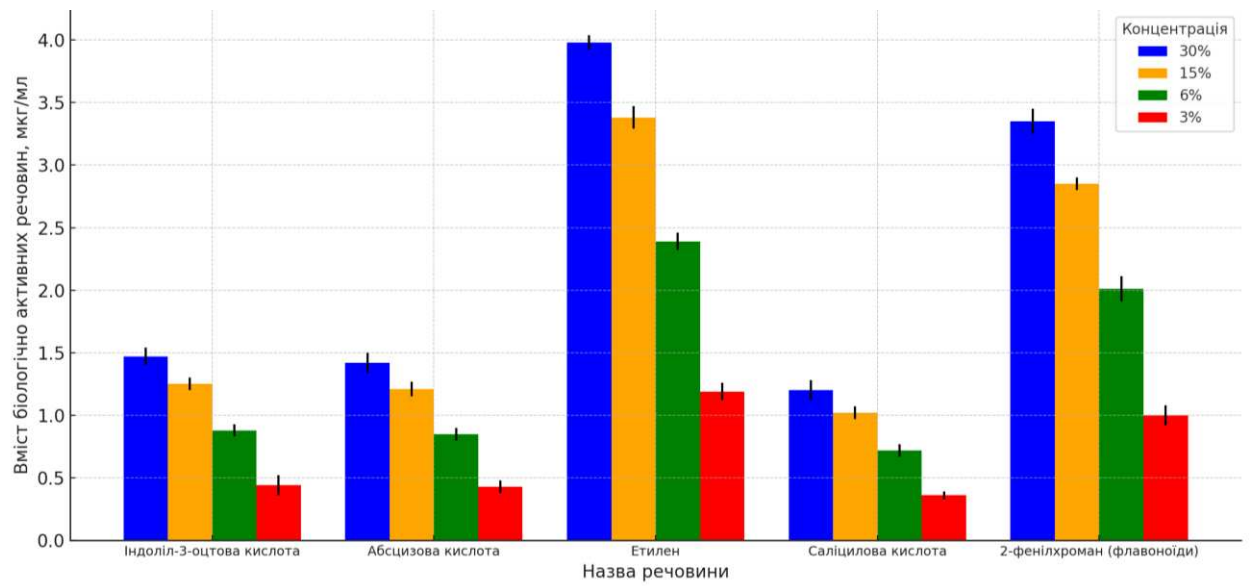


Рис. 3.1. Вміст біологічно активних речовин у водному екстракті вівса посівного, мкг/мл екстракту

Для порівняння, в екстрактах інших рослин спостерігаються такі концентрації цих сполук: ауксини в екстракті кукурудзи – 1,05 мкг/мл, гібереліни в екстракті рису – 0,72 мкг/мл, брасиностероїди в екстракті

ріпаку – 0,18 мкг/мл, саліцилова кислота в екстракті тютюну 1,03 мкг/мл, флавоноїди в екстракті гречки – 3,02 мкг/мл [4; 5]. Це свідчить про те, що екстракт вівса містить більш високі рівні цих речовин, що потенційно робить його ефективнішим біостимулятором у порівнянні з іншими рослинними екстрактами.

Екстракт вівса посівного містить у своєму складі високий вміст вітамінів, їх попередників та макроелементів (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Вміст вітамінів, каротиноїдів та макроелементів у водному екстракті вівса посівного, мкг/мл екстракту

Біологічно активна речовина, мкг/мл	Концентрація екстракту вівса посівного			
	30%	15%	6%	3%
Аскорбінова кислота (вітамін С)	6,89 ± 0,22	7,75 ± 0,11	3,88 ± 0,21	2,12 ± 0,05
Вітамін Е	3,61 ± 0,19	3,49 ± 0,38	3,65 ± 0,18	1,48 ± 0,08
Каротиноїди	4,11 ± 0,13	6,42 ± 0,26	4,91 ± 0,11	2,23 ± 0,17
Кальцій (Са)	5,82 ± 0,26	10,31 ± 0,43	6,99 ± 0,23	2,86 ± 0,09
Магній (Mg)	13,02 ± 0,37	4,8 ± 0,41	5,86 ± 0,40	4,8 ± 0,09

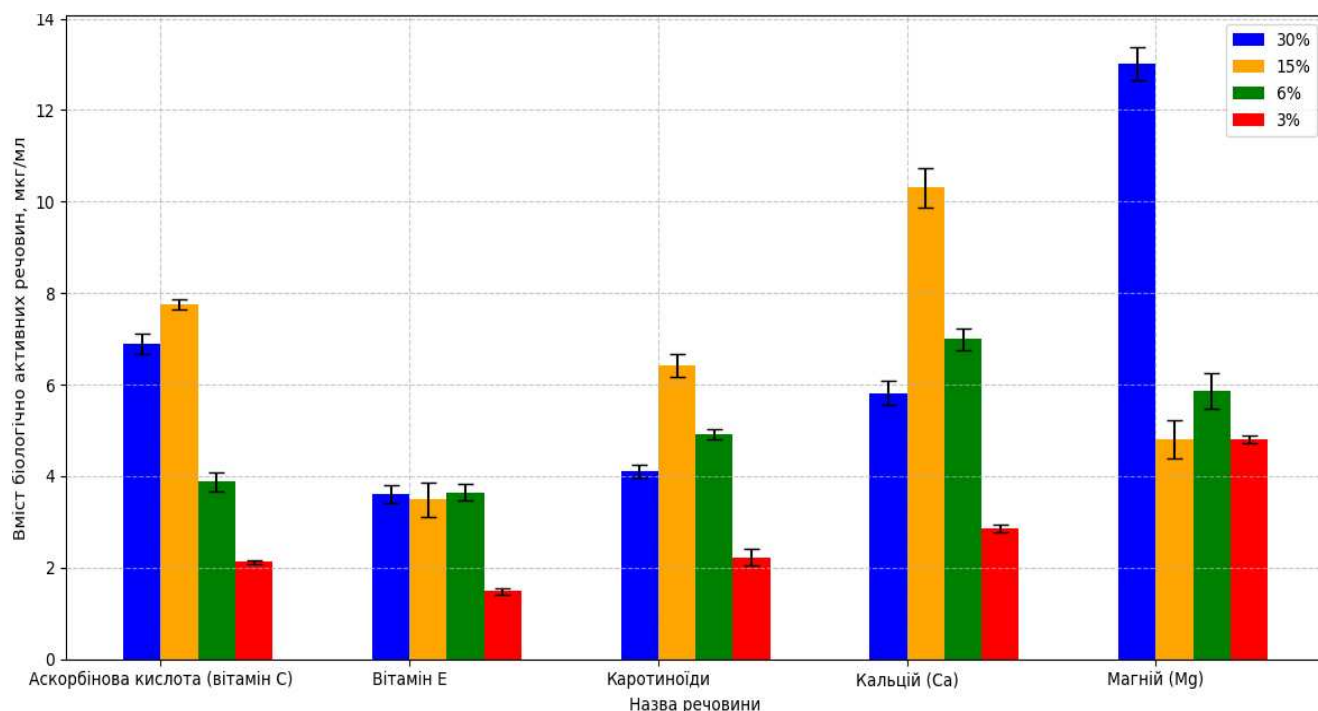


Рис. 3.2. Вміст біологічно активних речовин у водному екстракті вівса посівного, мкг/мл екстракту

Дані показали, що 30 % екстракт вівса є багатим джерелом аскорбінової кислоти – 6,89 мкг/мл, вітаміну Е міститься 3,61 мкг/мл, каротиноїдів – 4,11 мкг/мл, кальцію – 5,82 мкг/мл та магнію – 13,02 мкг/мл (табл. 3.2; рис. 3.2). Наявність у екстракті вівса вітаміну Е та аскорбінової кислоти, які є антиоксидантами й можуть сприяти підвищенню стійкості рослин до окиснювального стресу. Каротиноїди відіграють важливу роль у фотосинтетичних процесах, а магній є центральним елементом у молекулі хлорофілу, що пояснює його високу концентрацію в екстракті вівса.

Аналіз екстракту посівного з іншими рослинними екстрактами показав, що вміст аскорбінової кислоти в екстракті шпинату складає 2,01 мкг/мл, вітамін Е у сої – 1,54 мкг/мл, каротиноїдів у моркві – 1,98 мкг/мл, кальцію у капусті – 1,27 мкг/мл, магній у буряку – 0,81 мкг/мл [6; 7]. Це вказує на те, що екстракт вівса має більш високу антиоксидантну та макроелементну цінність.

Дослідження вмісту ароматичних амінокислот у складі екстракту вівса посівного показало, що зазначений екстракт містить такі амінокислоти, як фенілаланін, тирозин і триптофан, що мають особливу роль у рослинному метаболізмі (табл. 3.3). Фенілаланін є ключовим попередником для біосинтезу флавоноїдів, лігніну та алкалоїдів, що відіграють важливу роль у механічній стійкості рослин і захисті від патогенів. Тирозин необхідний для синтезу алкалоїдів та сигнальних молекул, що регулюють стресові реакції. Триптофан є попередником ауксинів, які контролюють ріст і розвиток рослин, включаючи подовження клітин та кореневу морфогенезу.

Таблиця 3.3.

Вміст ароматичних амінокислот в складі екстракту вівса посівного, мкг/мл екстракту

Амінокислота, мкг/мл	Концентрація екстракту вівса посівного			
	30%	15%	6%	3%
Фенілаланін	6,11 ± 0,46	5,83 ± 0,12	2,95 ± 0,05	0,89 ± 0,17
Тирозин	2,32 ± 0,43	2,54 ± 0,40	3,59 ± 0,19	0,86 ± 0,13
Триптофан	2,95 ± 0,39	3,72 ± 0,36	2,37 ± 0,09	1,25 ± 0,15

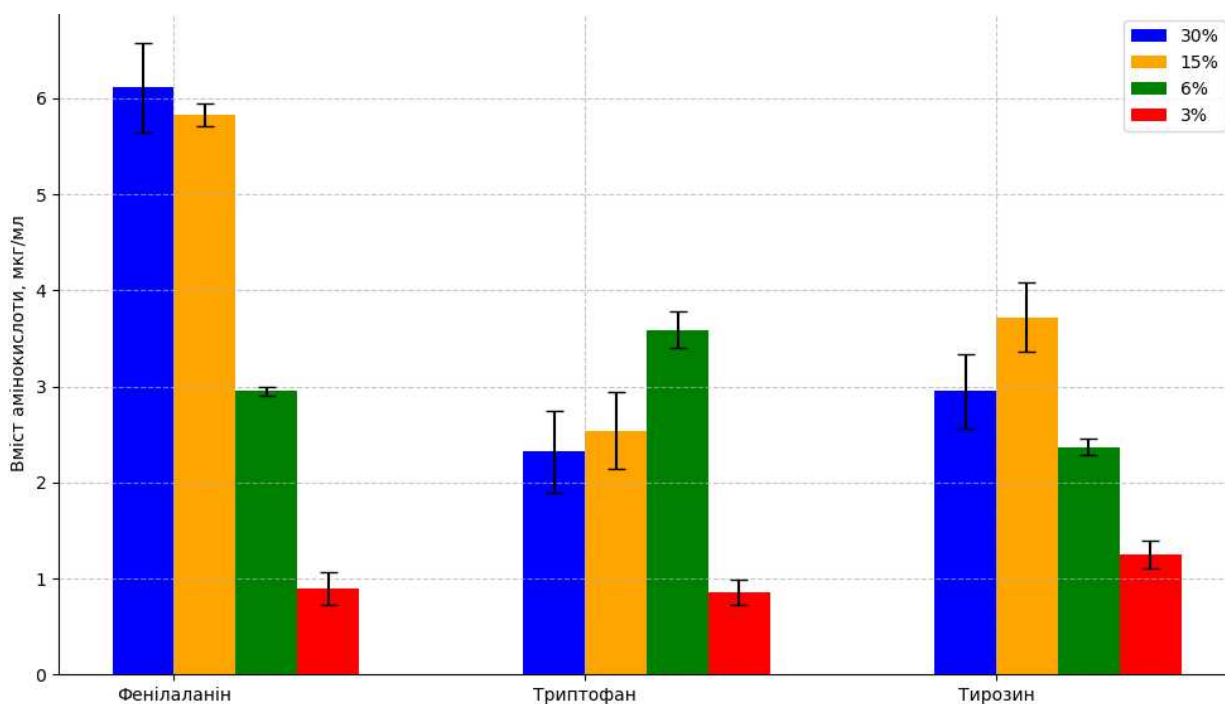


Рис. 3.3. Вміст ароматичних амінокислот у складі екстракту вівса посівного, мкг/мл екстракту

Аналіз вмісту ароматичних амінокислот у складі екстракту посівному показав, що вміст фенілаланіну – 6,11 мкг/мл, тирозину – 2,32 мкг/мл і триптофану – 2,95 мкг/мл є досить високими, і їх концентрація є вищою порівняно з екстрактами інших рослин (табл. 3.3; рис. 3.3). Для порівняння: фенілаланін у сої – 0,39 мкг/мл, тирозин у пшениці – 0,32 мкг/мл, триптофан у ячмені – 0,25 мкг/мл [8; 5]. Високий рівень цих амінокислот у екстракті вівса може позитивно впливати на фізіологічні процеси, такі як ріст кореневої системи, синтез вторинних метаболітів та адаптацію до стресових умов.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Водний екстракт вівса містить широкий спектр фітогормонів. Максимальний рівень цих сполук спостерігався в 30 % екстракті вівса посівного, зокрема вміст індоліл-3-оцтової кислоти – 1,47 мкг/мл, абсцизової кислота – 1,42 мкг/мл та етилену – 3,98 мкг/мл. Зменшення концентрації екстракту до 15 %, 6 % та 3 % супроводжувалося поступовим зниженням рівня біологічно активних речовин. Наявність ауксинів та гіберелінів пояснює здатність екстракту стимулювати ріст кореневої системи, проростання насіння та наростання надземної біомаси.

2. Екстракт вівса посівного містить значну кількість антиоксидантів, зокрема саліцилової кислоти та 2-фенілхроману (флавоноїди). Високий рівень цих сполук сприяє покращенню захисних механізмів рослин від оксидативного стресу. Антиоксиданти, що входять до складу екстракту, відіграють важливу роль у зміцненні клітинних мембран, зменшенні впливу абіотичних стресових факторів і покращенні загальної стійкості рослин до несприятливих умов вирощування.

3. У 30 % екстракті вівса посівного визначено високий рівень аскорбінової кислоти – 6,89 мкг/мл, вітаміну Е – 3,61 мкг/мл, каротиноїдів – 4,11 мкг/мл, кальцію – 5,82 мкг/мл та магнію – 13,02 мкг/мл. Відомо, що магній є центральним елементом молекули хлорофілу, що пояснює його високу концентрацію, а каротиноїди відіграють ключову роль у процесах фотосинтезу, захищаючи хлоропласти від фотодеструкції, тоді як наявність кальцію забезпечує зміцнення клітинних стінок та підвищення адаптивних можливостей рослин.

4. Дослідження показало, що 30 % водний екстракт вівса містить значну кількість ароматичних амінокислот: фенілаланін – 6,11 мкг/мл, тирозин – 2,32 мкг/мл та триптофан – 2,95 мкг/мл, що регулюють процеси росту та розвитку рослин пшениці. Зокрема, фенілаланін є попередником флавоноїдів та

лігніну, що важливо для механічної стійкості рослин. Триптофан бере участь у біосинтезі ауксинів, а тирозин відіграє ключову роль у синтезі сигнальних молекул та алкалоїдів, що покращують адаптацію рослин до стресових умов.

5. Аналіз біохімічного складу екстракту вівса показав, що вміст фітогормонів, антиоксидантів, амінокислот, саліцилової кислоти, флавоноїдів та вітамінів у ньому є вищим порівняно з іншими рослинними екстрактами (кукурудзи, рису, сої, гречки). Це підтверджує високий біостимулюючий потенціал екстракту вівса.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Bewley J., Black M. Seeds. Physiology of Development and Germination, 1994. №57. P. 1677–1684.
2. Chitnis V., Gao F., Yao Z., Jordan C. et al. After ripening induced transcriptional changes of hormonal genes in wheat seeds: the cases of brassinosteroids, ethylene, cytokinin and salicylic acid. *PLoS One*, 2014. №9. P. 875–880.
3. Finkelstein R., Reeves W., Ariizumi T. Molecular aspects of seed dormancy. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 2008. №59. P. 387–415.
4. Graeber K., Nakabayashi K., Miatton E. et al. Molecular mechanisms of seed dormancy. *Plant Cell Environ.*, 2012. №35. P. 1769–1786.
5. Kucera B., Cohn M., Leubner-Metzger G. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Sci Res.*, 2005. №15. P. 281–307.
6. Liu A., Gao F., Kanno Y., Ayele B. Regulation of wheat seed dormancy by after-ripening is mediated by specific transcriptional switches that induce changes in seed hormone metabolism and signaling. *PloS One*, 2013. №8. P. 1344–1345.
7. Miransari M., Smith D. Plant hormones and seed germination. *Environ. Exp. Bot.*, 2014. №99. P. 111–123.

8. Santner A., Calderon-Villalobos L., Estelle M. Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nature Chem. Biol.*, 2009. №5. P. 301–307.

РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЕКСТРАКТОМ ВІВСА ПОСІВНОГО НА ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ, АСИМІЛЯЦІЙНІ ПРОЦЕСИ Й ПРОДУКТИВНІСТЬ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

4.1. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на окремі фізіологічні показники пшениці озимої

Формування врожайності озимих зернових культур визначається сукупністю взаємопов'язаних факторів. Ріст та розвиток рослин значною мірою залежать від стану та функціонування їхньої кореневої системи, яка відіграє важливу роль у забезпеченні рослин вологою та накопиченні сировини та сухої маси. Корені рослин поглинають із ґрунту елементи живлення та вологу, які необхідні для їх життєдіяльності. Проникаючи в глибші горизонти ґрунту, вони сприяють його розпушенню та утворенню дрібногрудкуватої структури, що є оптимальною для більшості культур [1; 3; 20].

У результаті досліджень було встановлено: передпосівна обробка насіння пшениці озимої сорту Ювіата 60 екстрактом вівса посівного позитивно впливає на формування вторинної кореневої системи рослин. Найбільший ефект спостерігався при застосуванні 30% екстракту вівса, що забезпечило достовірне збільшення як кількості вторинних коренів, так і їх довжини у фазах весняного куціння та виходу в трубку (табл. 4.1, рис. 4.1).

У фазі весняного куціння кількість коренів при обробці 30 % екстрактом вівса зросла на 35 %, порівнюючи з контролем, і становила 29,3 шт., тоді як у контрольному варіанті цей показник складав 21,6 шт. (табл. 4.1). Подібна тенденція спостерігалась і у фазі виходу в трубку, де кількість коренів збільшилася на 37 % і склала 36,6 шт. проти 26,6 шт. у контролі.

Таблиця 4.1.

Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на кількість вторинних коренів рослин пшениці озимої сорту Ювівата 60 за 2022-2024 рр.

Фази росту та розвитку пшениці озимої	Роки проведення дослідів		Варіанти дослідів				
			Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2		3	4	5	6	7
Весняного куціння	2022 р.		20,0 ± 0,5	21,0 ± 0,5*	23,0 ± 0,7*	23,0 ± 0,7*	27,0 ± 0,6*
	2023 р.		24,0 ± 0,6	27,0 ± 1,00*	27,0 ± 0,6*	31,0 ± 0,7*	33,0 ± 0,6*
	2024 р.		21,0 ± 0,5	23,0 ± 0,5*	23,0 ± 0,6*	25,0 ± 0,7*	28,0 ± 0,6*
	середнє	шт	21,6 ± 0,5	23,6 ± 0,6*	24,3 ± 0,6*	26,3 ± 0,7*	29,3 ± 0,6*
		% до контролю	100,0	109,3	112,5	121,8	135,6
Виходу в трубку	2022 р.		31,0 ± 0,5	35,0 ± 0,6*	40,0 ± 0,5*	32,0 ± 0,55*	41,0 ± 0,7*
	2023 р.		25,0 ± 0,6	21,0 ± 0,6	28,0 ± 0,7*	27,0 ± 0,6*	32,0 ± 0,6*
	2024 р.		24,0 ± 0,6	27,0 ± 0,5*	30,0 ± 0,5*	31,0 ± 0,6*	37,0 ± 0,5*
	середнє	шт	26,6 ± 0,6	27,6 ± 0,6	32,6 ± 0,6*	30,0 ± 0,6*	36,6 ± 0,6*
		% до контролю	100,0	104,0	122,6	112,8	137,6

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем (р <0,05)

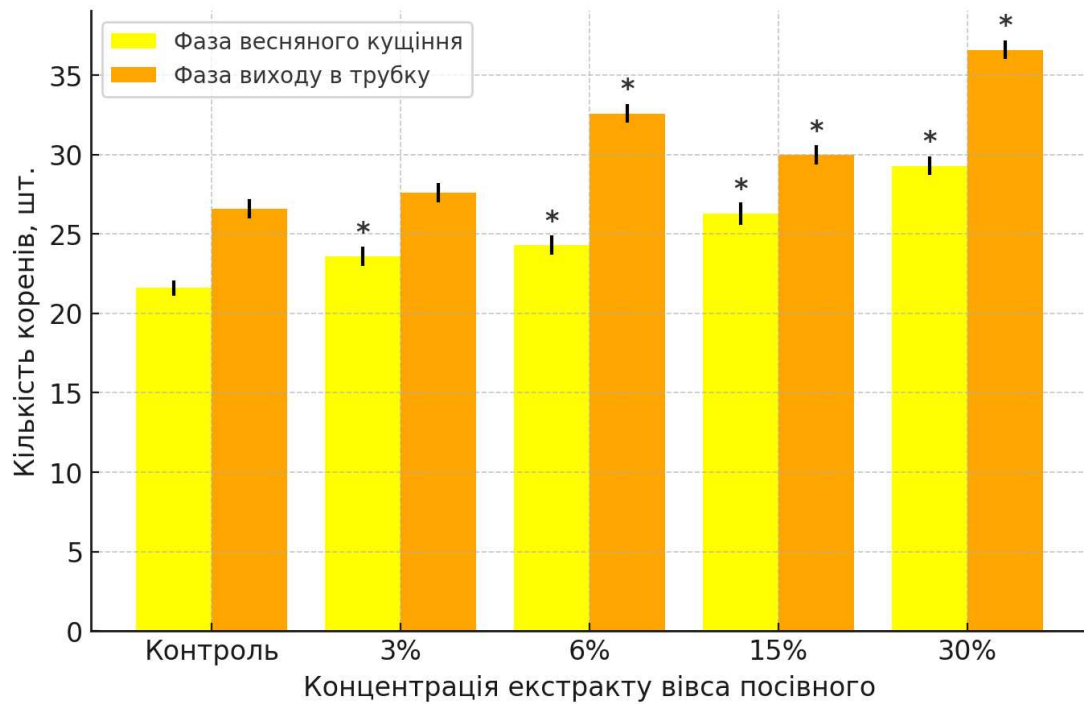


Рис. 4.1. Вплив екстракту вівса посівного різних концентрацій на формування вторинної кореневої системи пшениці озимої сорту Ювівата 60 у фазі весняного кущіння та фазі виходу в трубку за 2022-2024 рр.

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

Щодо довжини коренів, найбільші показники також були зафіксовані при застосуванні 30 % екстракту вівса. У фазі весняного кущіння середня довжина коренів становила 14,5 см, що на 51% більше від контрольного значення (табл. 4.2, рис. 4.2). У фазі виходу в трубку за обробки насіння пшениці 15% екстрактом вівса перед посівом, цей показник дорівнював 17 см, що перевищує показники контролю на 40%.

Варіанти обробки насіння перед посівом екстрактом вівса концентраціями 6 %, 15 % і 30 % демонстрували чітку позитивну динаміку збільшення біометричних показників формування кореневої системи рослин пшениці озимої. Наприклад, за передпосівної обробки насіння 15 % екстрактом вівса перед посівом середня кількість коренів у фазі весняного кущіння склала 26,3 шт., що на 21,7 % більше від контролю, а середня

довжина коренів досягла 12,8 см, що на 33,3 % більше за показники контрольного варіанту.

Таблиця 4.2.

Вплив передпосівної обробки насіння різними концентраціями екстракту вівса посівного на лінійний ріст коренів рослин пшениці озимої сорту Ювівата 60 за 2022-2024 рр.

Фази росту та розвитку пшениці озимої	Роки проведення дослідів		Варіанти дослідів				
			Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2		3	4	5	6	7
Весняного кущіння	2022 р.		10,0 ± 0,4	11,5 ± 0,5*	13,5 ± 0,5*	13,5 ± 0,45*	15 ± 0,5*
	2023 р.		9,0 ± 0,5	12,5 ± 0,4*	13,0 ± 0,5*	13,0 ± 0,4*	14,5 ± 0,6*
	2024 р.		10,0 ± 0,5	11,0 ± 0,4*	12,0 ± 0,5*	12,0 ± 0,4*	14,0 ± 0,6*
	середнє	см.	9,6 ± 0,5	11,6 ± 0,4*	12,8 ± 0,5*	12,8 ± 0,4*	14,5 ± 0,5*
		% до контролю	100,0	120,8	133,3	133,3	151,0
Виходу в трубку	2022 р.		13,0 ± 0,3	14,0 ± 0,6*	14,0 ± 0,5*	15,0 ± 0,6*	17,0 ± 0,5*
	2023 р.		12,5 ± 0,5	13,0 ± 0,6	15,0 ± 0,5*	15,5 ± 0,6*	18,0 ± 0,6*
	2024 р.		11,0 ± 0,6	15,0 ± 0,5*	14,5 ± 0,5*	16,0 ± 0,6*	16,0 ± 0,5*
	середнє	см.	12,1 ± 0,4	14,0 ± 0,6*	14,5 ± 0,5*	15,5 ± 0,6*	17,0 ± 0,5*
		% до контролю	100,0	115,7	119,8	128,0	140,5

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем (р < 0,05)

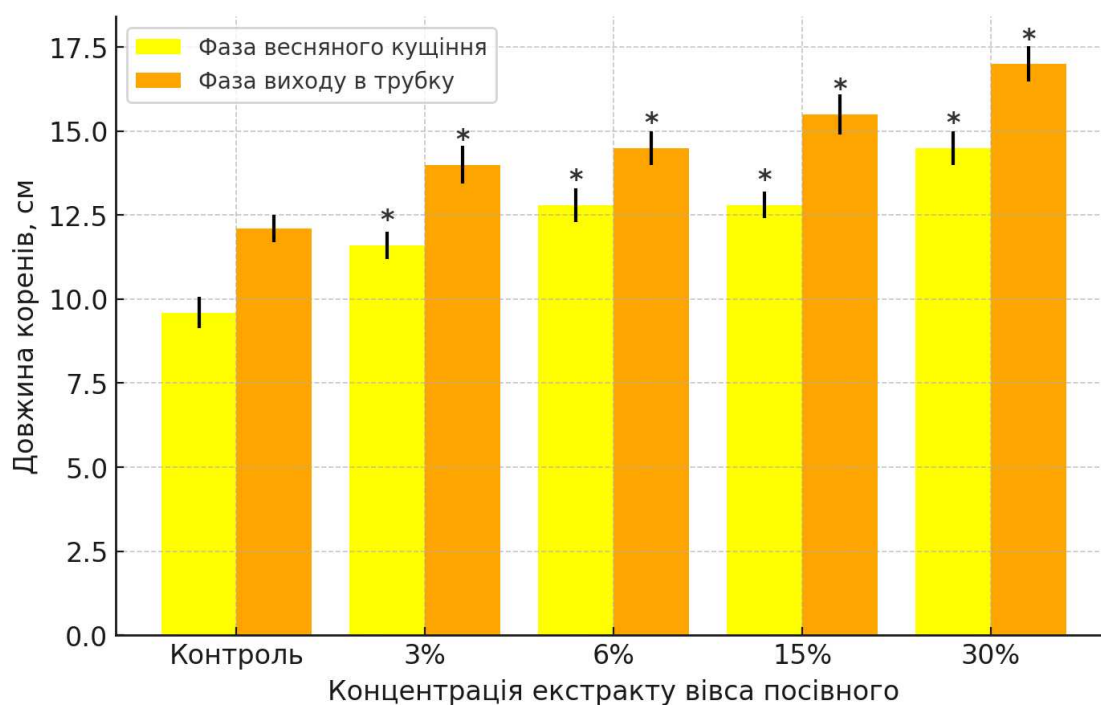


Рис. 4.2. Вплив екстракту вівса посівного різних концентрацій на середню довжину коренів пшениці озимої сорту Ювіата 60 у фазі весняного кушіння та фазі виходу в трубку за 2022-2024 рр.

** Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)*

Отримані результати свідчать про те, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного сприяє активізації процесів ризогенезу, що проявляється у збільшенні кількості та довжини коренів (табл. 4.1, 4.2; рис. 4.1, 4.2). Найефективнішою виявилась обробка 30 % екстрактом, що забезпечує оптимальні умови для розвитку кореневої системи озимої пшениці.

Результати досліджень, наведені в (табл. 4.3; рис. 4.3), свідчать, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного позитивно впливає і на формування кореневої системи сорту озимої пшениці Дуняша. У фазі весняного кушіння найбільша кількість коренів зафіксована за передпосівної обробки насіння 30 % екстрактом, що забезпечило збільшення кількості вторинних коренів пшениці на 52,4 %, порівнюючи з показниками контрольного варіанту. У фазі виходу в трубку максимальна кількість

коренів пшениці озимої сформувалася при цій же концентрації та перевищила показники контролю на 59,1 %.

Таблиця 4.3.

**Вплив передпосівної обробки насіння різними концентраціями
екстракту вівса посівного на кількість коренів рослин пшениці озимої
сорту Дуняша за 2022-2024 рр.**

Фази росту та розвитку пшениці озимої	Роки проведення дослідів		Варіанти дослідів				
			Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2		3	4	5	6	7
Весняного куціння	2022 р.		12,0 ± 0,4	16,0 ± 0,5*	15,0 ± 0,6*	17,0 ± 0,6*	16,0 ± 0,4*
	2023 р.		9,0 ± 0,5	13,0 ± 0,5*	13,0 ± 0,5*	15,0 ± 0,7*	18,0 ± 0,5*
	2024 р.		10,5 ± 0,4	15,0 ± 0,6*	12,0 ± 0,3*	11,0 ± 0,5	14,0 ± 0,5*
	середнє	шт	10,5 ± 0,4	14,6 ± 0,5*	13,3 ± 0,46*	14,3 ± 0,6*	16,0 ± 0,46*
		% до контролю	100	139,0	126,6	136,2	152,4
Виходу в трубку	2022 р.		15,0 ± 0,3	17,0 ± 0,5*	20,0 ± 0,5*	20,0 ± 0,5*	21,0 ± 0,5*
	2023 р.		10,0 ± 0,5	14,0 ± 0,7*	14,5 ± 0,5*	17,0 ± 0,7*	18,0 ± 0,7*
	2024 р.		9,5 ± 0,5	14,5 ± 0,5*	11,0 ± 0,6*	13,5 ± 0,4*	16,0 ± 0,8*
	середнє	шт	11,5 ± 0,43	15,1 ± 0,6*	15,1 ± 0,5*	16,8 ± 0,5*	18,3 ± 0,6*
		% до контролю	100	133,6	133,6	146,0	159,1

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

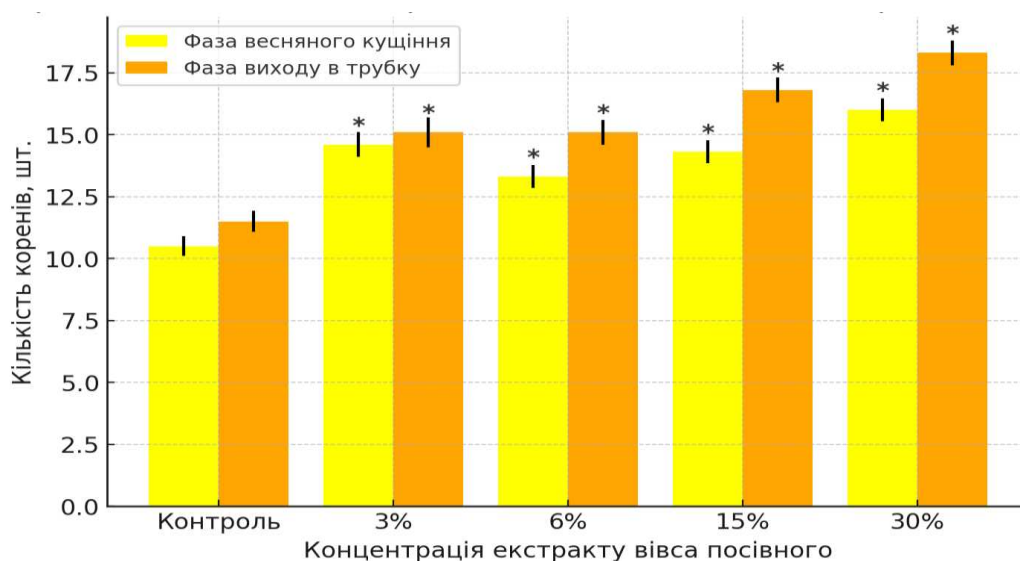


Рис. 4.3. Вплив екстракту вівса посівного різних концентрацій на утворення коренів пшениці озимої сорту Дуняша у фазі весняного кушіння та фазі виходу в трубку (середнє за 2022-2024 рр.)

** Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)*

Значення показника середньої кількості коренів за передпосівної обробки насіння пшениці 15 % екстрактом вівса також перевищили показники контролю у фазі весняного кушіння на 36,2 %, а у фазі виходу в трубку — на 46,0 %. Передпосівна обробка насіння пшениці 6 % та 3 % концентрацією екстракту вівса забезпечувала збільшення кількості коренів на 26,6 % та 39,0 %, порівнюючи з контролем відповідно у фазі весняного кушіння, а також на 33,6 % у фазі виходу в трубку. Усі зазначені відмінності були достовірними.

У фазі весняного кушіння максимальна довжина коренів пшениці сорту Дуняша була зафіксована за обробки насіння перед посівом 30% екстрактом вівса (табл. 4.4; рис. 4.4) та перевищила контрольні показники на 51,6 % відповідно. Використання 15 % екстракту для обробки насіння перед посівом забезпечило зростання цього показника на 34,4 %, а 6% — на 16,4 %, порівнюючи з показниками контролю. При застосуванні 3% концентрації

екстракту вівса для обробки насіння перед посівом довжина коренів пшениці збільшилася на 21,5 %, порівнюючи з контролем.

Таблиця 4.4.

Вплив передпосівної обробки насіння різними концентраціями екстракту вівса посівного на лінійний ріст коренів рослин пшениці озимої сорту Дуняша за 2022-2024 рр.

Фази росту та розвитку пшениці озимої	Роки проведення дослідів		Варіанти дослідів				
			Контр оль	3% екстра кт вівса	6% екстра кт вівса	15% екстра кт вівса	30% екстра кт вівса
1	2		3	4	5	6	7
Весняного кущіння	2022 р.		8,0 ± 0,4	10,5 ± 0,4*	10,5 ± 0,4*	13,0 ± 0,6*	14,0 ± 0,5*
	2023 р.		9,5 ± 0,3	12,0 ± 0,3*	11,0 ± 0,4*	12,5 ± 0,7*	15,5 ± 0,5*
	2024 р.		10,5 ± 0,4	11,5 ± 0,4*	11,0 ± 0,4	12,0 ± 0,5*	13,0 ± 0,6*
	середнє	см.	9,3 ± 0,4	11,3 ± 0,4*	10,8 ± 0,4*	12,5 ± 0,6*	14,1 ± 0,5*
		% до контро лю	100	121,5	116,4	134,4	151,6
Виходу в трубку	2022 р.		11,0 ± 0,4	14,0 ± 0,4*	14,0 ± 0,5*	13,5 ± 0,4*	15,5 ± 0,5*
	2023 р.		11,0 ± 0,3	12,5 ± 0,5*	12,5 ± 0,3*	15,0 ± 0,4*	16,0 ± 0,7*
	2024 р.		10,8 ± 0,4	11,3 ± 0,5	14,0 ± 0,5*	13,0 ± 0,4*	16,0 ± 0,6*
	середнє	см.	10,6 ± 0,4	12,6 ± 0,5*	13,5 ± 0,4*	13,8 ± 0,4*	15,8 ± 0,6*
		% до контрол ю	100	118,4	126,6	129,7	148,5

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

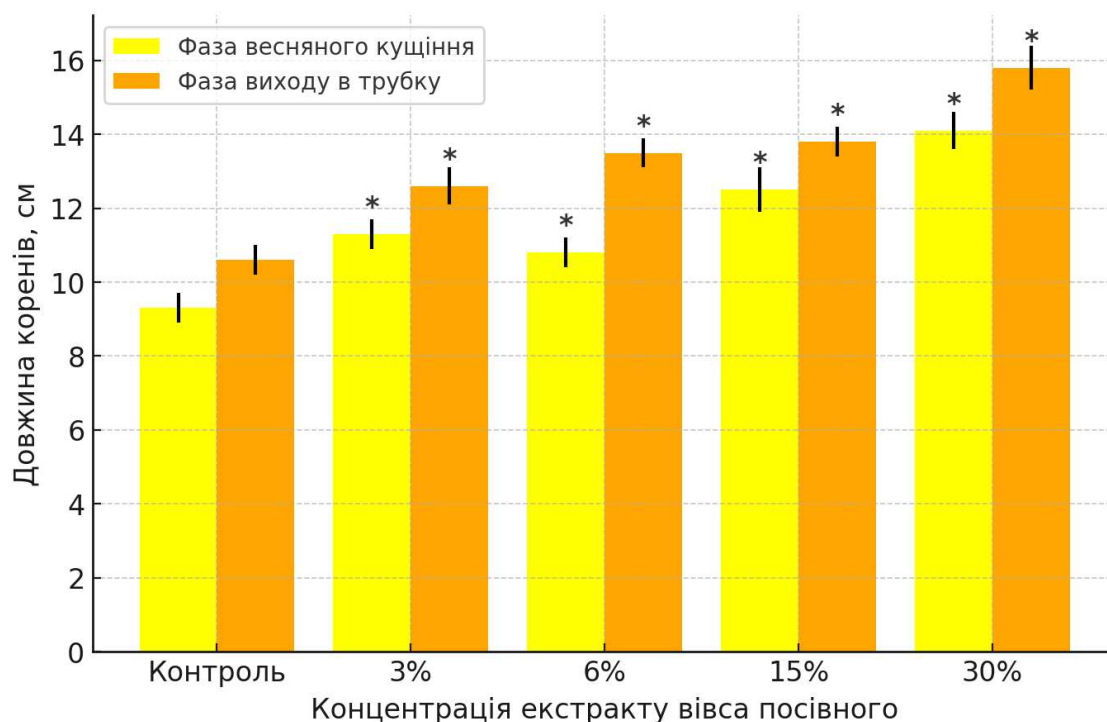


Рис. 3.4. Вплив екстракту вівса посівного різних концентрацій на середню довжину коренів пшениці озимої сорту Дуняша у фазі весняного кушіння та фазі виходу в трубку за 2022-2024 рр.

У фазі виходу в трубку подібна тенденція була збережена. Довжина коренів за передпосівної обробки насіння пшениці 30 % екстрактом вівса була на 48,5 % більшою, порівнюючи з контролем, а при концентраціях 15 % та 6% — на 29,7 % та 26,6 % відповідно. Застосування 3 % екстракту вівса для обробки насіння перед посівом забезпечило збільшення довжини коренів пшениці на 18,4 %, порівнюючи з показниками контролю (табл. 4.4; рис. 4.4).

Отримані результати підтверджують ефективність передпосівної обробки насіння екстрактом вівса, особливо при використанні 30 % концентрації для оптимізації ризогенезу сортів озимої пшениці Ювівата 60 та Дуняша.

Передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного позитивно впливає на процеси росту та розвитку кореневої системи пшениці озимої зазначених сортів завдяки наявності в екстракті ауксинів, зокрема індоліл-3-оцтова кислоти, яка стимулює поділ і диференціацію клітин кореневої системи [30]. Це призводить до збільшення кількості та довжини коренів, що покращує водопостачання та засвоєння поживних речовин [6; 14]. Крім того, етилен може сприяти розвитку вторинної кореневої системи, підвищуючи стійкість рослин до стресових факторів, а фенілаланін бере участь у синтезі лігніну, що сприяє зміцненню коренів [8; 11; 9; 13].

Також у дослідженні оцінювався вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на кількість сформованих рослин пшениці озимої на одиницю площі. Основна увага була приділена таким показникам, як загальна кількість рослин, рослини зі стеблом та рослини з колосом (рис. 4.5; рис. 4.6).

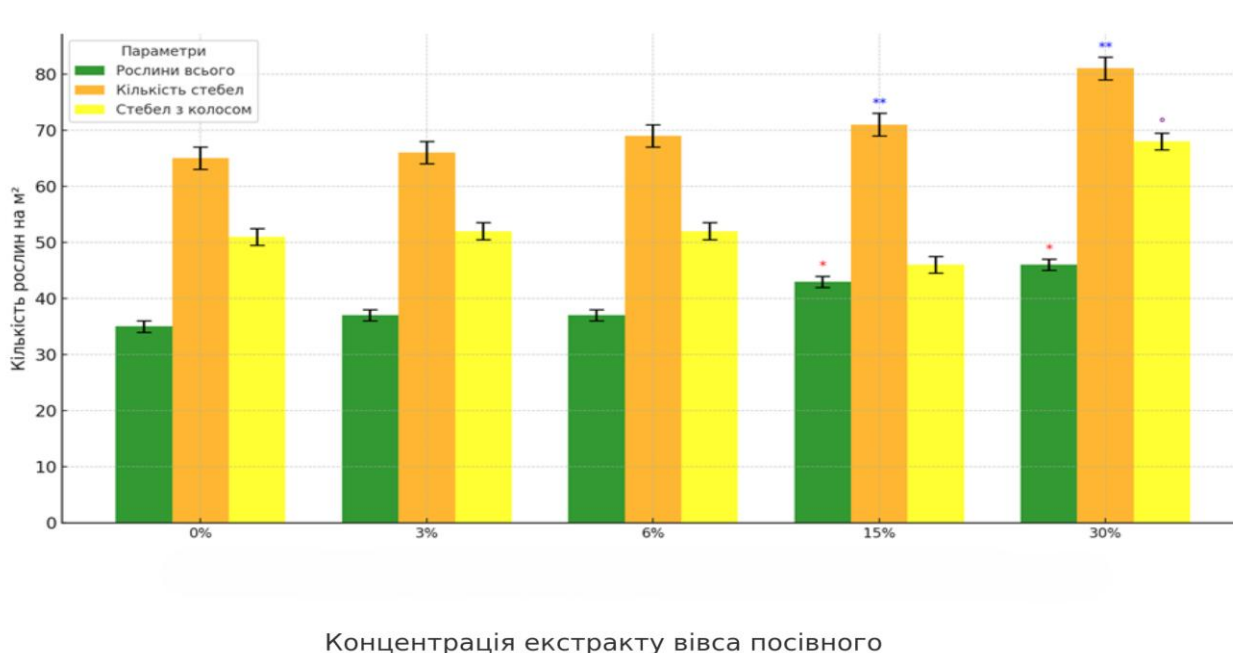


Рис. 4.5. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці озимої сорту Ювівата 60 екстрактом вівса посівного на кількість сформованих рослин на одиницю площі (середнє за 2022-2024 рр.)

** Різниця достовірна, порівнюючи з контролем, параметр - Рослин усього ($p < 0,05$); ** Різниця достовірна, порівнюючи з контролем, параметр – Кількість стебел ($p < 0,05$); ° Різниця достовірна, порівнюючи з контролем, параметр - Стебел з колосом ($p < 0,05$).*

Передпосівна обробка насіння пшениці сорту Ювівата 60 екстрактом вівса показала, що найбільшу кількість рослин на одиницю площі було досягнуто при концентрації 30%. Загальна кількість рослин на одиницю площі за передпосівної обробки зазначеною концентрацією зросла на 33%, порівнюючи з контролем (рис. 4.5). Кількість рослин на одиницю площі за передпосівної обробки насіння 30 % екстрактом вівса також досягла максимуму, перевищуючи показники контролю на 20 %, тоді як кількість рослин з колосом на одиницю площі перевищила показники контролю на 25%.

За обробки насіння пшениці перед посівом 15 % та 6 % екстрактом вівса спостерігалася стабільна позитивна динаміка, зокрема кількість рослин зі стеблом і рослин з колосом достовірно перевищувала контрольні показники ($p < 0,05$). У випадку використання 3 % концентрації екстракту вівса результати були менш вираженими, проте також продемонстрували позитивну тенденцію до збільшення.

При дослідженні впливу передпосівної обробки насіння пшениці озимої сорту Дуняша екстрактом вівса посівного на кількість сформованих рослин на одиницю площі з'ясовано, що найбільша кількість сформованих рослин спостерігалася за обробки насіння перед посівом 30 % концентрацією екстракту вівса, що забезпечило 35 % приросту загальної кількості рослин, порівнюючи з контролем (рис. 4.6). Кількість рослин зі стеблом та із колосом також перевищували контрольні показники на 25 % та 30 % відповідно.

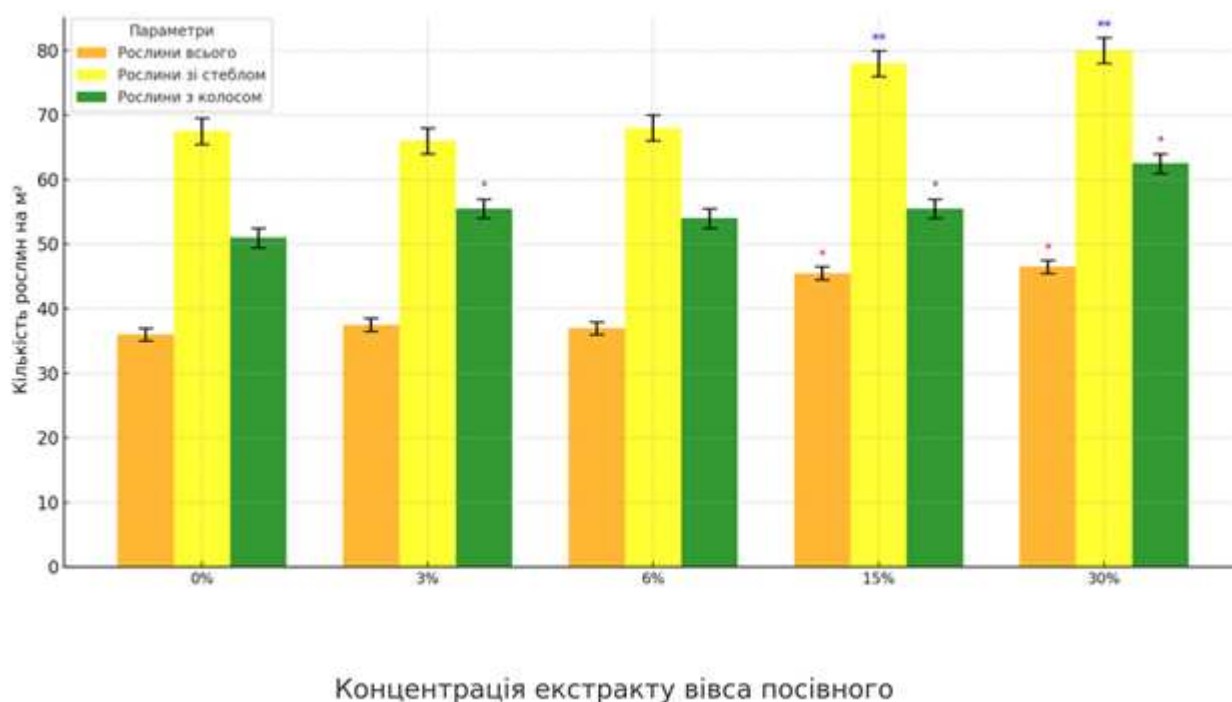


Рис. 4.6. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці озимої сорту Дуняша екстрактом вівса посівного на кількість сформованих рослин на одиницю площі (середнє за 2022-2024 рр.)

* Різниця достовірна, порівнюючи з контролем, параметр - Рослин усього ($p < 0,05$); ** Різниця достовірна, порівнюючи з контролем, параметр – Кількість стебел ($p < 0,05$); ° Різниця достовірна, порівнюючи з контролем, параметр - Стебел з колосом ($p < 0,05$).

Достовірні результати по зазначеним показникам також спостерігалися за передпосівної обробки насіння пшениці 15 % та 6 % екстрактом вівса, де збільшення кількості рослин зі стеблом перевищувало контрольні показники на 15 %, а по кількості рослин з колосом – на 20 %. Застосування 3 % концентрації екстракту вівса для передпосівної обробки насіння пшениці показало позитивні результати, проте зміни не досягли достовірного рівня, порівнюючи з контролем (рис. 4.6).

Передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного суттєво впливає на кількість сформованих рослин пшениці озимої на одиницю площі завдяки комплексному біохімічному впливу на процеси проростання та

початкового розвитку рослин. Основним механізмом цього ефекту є регуляція фітогормонального балансу, покращення енергетичного обміну, активізація ферментативної активності, посилення антиоксидантного захисту та зміцнення клітинних мембран [5; 3].

При проведенні досліджень з'ясовано, що передпосівна обробка насіння пшениці озимої сорту Ювіата 60 екстрактом вівса посівного суттєво впливає на площу листової пластинки (табл. 4.5; рис. 4.7). Найбільший ефект спостерігався при застосуванні 30 % концентрації екстракту, де значення площі листової пластинки досягло 24,46 см² у фазі весняного кушіння та перевищило контрольні показники на 64,3 %. У фазі виходу в трубку при цій концентрації площа листової пластинки складала 36,01 см², що також є максимальним показником і перевищило показники контролю на 94,5 % відповідно.

Таблиця 4.5.

Вплив передпосівної обробки насіння різними концентраціями екстракту вівса посівного на площу листової пластинки пшениці озимої сорту Ювіата 60 за 2022-2024 рр.

Фази росту та розвитку пшениці озимої	Роки проведення дослідів	Варіанти дослідів				
		Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2	3	4	5	6	7
Весняного кушіння	2022 р.	18,23 ± 0,40	26,29 ± 0,60*	18,37 ± 0,30	23,51 ± 0,75*	35,27 ± 1,50*
	2023 р.	11,89 ± 0,50	12,96 ± 0,65	12,41 ± 0,60	11,94 ± 0,70	13,19± 1,00*

Продовження табл. 4.5

1	2		3	4	5	6	7
	2024 р.		14,56 ± 0,70	19,42 ± 0,75*	15,99 ± 0,40	17,33 ± 0,85*	24,93 ± 1,10*
	середнє	см ²	14,89 ± 0,60	19,55 0,70*	15,59 ± 0,50	17,59 ± 0,80*	24,46 ± 1.20*
		% до контролю	100	134,3	104,7	118,1	164,3
Виходу в трубку	2022 р.		18,84 ± 0,50	24,50 ± 0,65*	23,59 ± 0,50*	24,78 ± 0,70*	37,33 ± 1,70*
	2023 р.		17,99 ± 0,60	24,50 ± 0,60*	19,09 ± 0,40*	24,12± 0,80*	35,24 ± 1,00*
	2024 р.		18,72 ± 0,80	24,90 ± 0,75*	21,04 ± 0,70*	24,95 ± 1,05*	35,48± 1,20*
	середнє	см ²	18,51 ± 0,65	24,63 ± 0,70*	21,24 ± 0,60*	24,61 ± 0,85*	36,01 ± 1,30*
		% до контролю	100	133,0	114,7	132,9	194,5

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

Обробка насіння сорту Ювіата 60 перед посівом 15%-м екстрактом також мала значний позитивний ефект, забезпечуючи зростання площі листової пластинки на 18,1 % у фазі весняного куціння та на 32,9% у фазі виходу в трубку, порівняно з контролем відповідно (табл. 4.5; рис. 4.7).

При застосуванні 3 % концентрації екстракту вівса для передпосівної обробки насіння пшениці було зафіксовано збільшення площі листової пластинки на 34,3 % у фазу весняного куціння та на 33,0 % у фазі виходу в трубку, порівнюючи з показниками контролю.

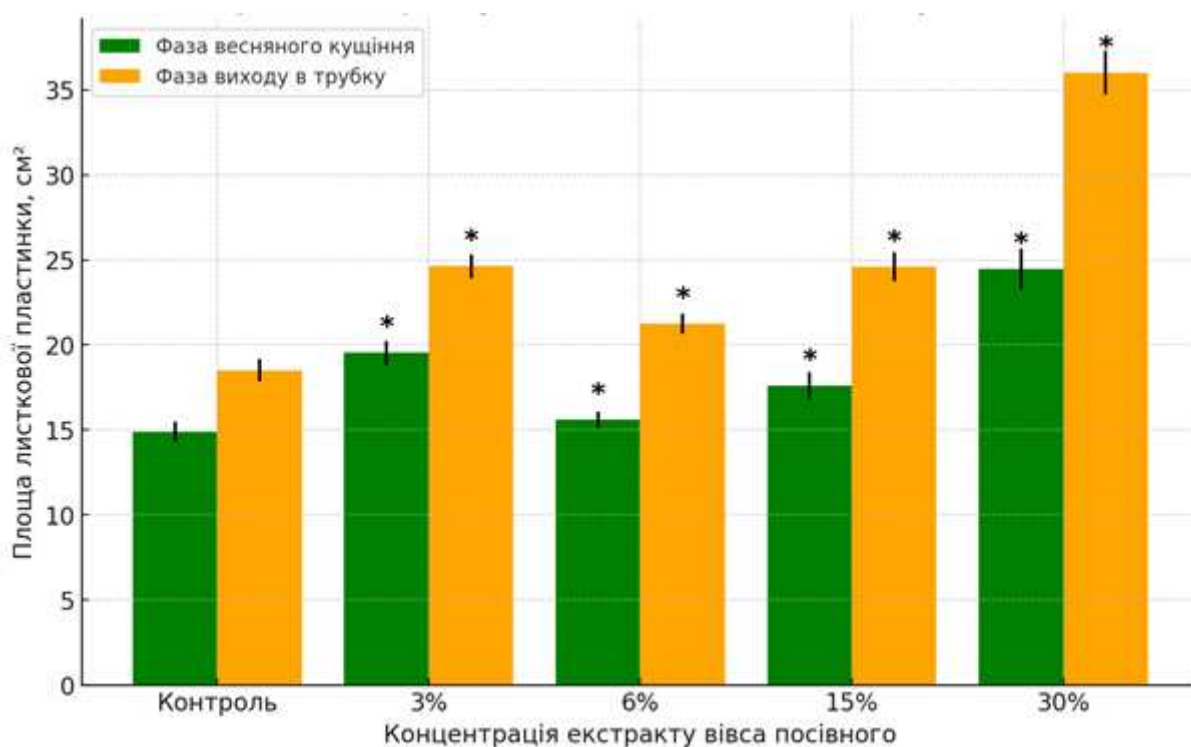


Рис. 4.7. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на площу листової пластинки пшениці озимої сорту Ювіата 60 (середнє за 2022-2024 рр.)

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

Отримані дані свідчать, що передпосівна обробка насіння 30 % екстрактом вівса найбільш ефективно стимулює збільшення площі листової пластинки пшениці сорту Ювіата 60 (табл. 4.5; рис. 4.7).

Передпосівна обробка насіння пшениці озимої сорту Дуняша екстрактом вівса також мала позитивний вплив на площу листової пластинки (табл. 4.6; рис. 4.8). Найбільшу площу листової пластинки мали рослини пшениці, що вирости з насіння, обробленого перед посівом 30% концентрацією екстракту. У фазі весняного кушіння середнє значення площі листової пластинки досягло 21,57 см² та перевищило показники контролю на 93,3 %, а у фазі виходу в трубку — 25,68 см², перевищуючи показники контролю на 73,3 %.

Таблиця 4.6.

**Вплив передпосівної обробки насіння різними концентраціями
екстракту вівса посівного на площу листової пластинки рослин
пшениці озимої сорту Дуняша за 2022-2024 рр.**

Фази росту та розвитку пшениці озимої	Роки проведення дослідів		Варіанти дослідів				
			Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2		3	4	5	6	7
Весняного куціння	2022 р.		10,89 ± 1,03	11,33 ± 0,50	12,05 ± 0,88	12,97 ± 0,30*	14,09 ± 0,60*
	2023 р.		12,34 ± 1,03	14,33 ± 0,40*	20,47 ± 0,50*	15,15 ± 0,70*	25,09 ± 0,50*
	2024 р.		10,24 ± 0,83	10,11 ± 0,50	12,80 ± 0,68*	17,30 ± 0,60*	25,54 ± 0,72*
	середнє	см ²	11,16 ± 0,96	11,92 ± 0,47	15,11 ± 0,69*	15,14 ± 0,53*	21,57 ± 0,61*
		% до контролю	100,0	106,8	135,4	135,7	193,3
Виходу в трубку	2022 р.		15,11 ± 0,37	16,43 ± 0,50*	27,66 ± 1,10*	21,67 ± 1,00*	18,18 ± 0,40*
	2023 р.		15,08 ± 0,30	20,53 ± 0,40*	22,66 ± 1,10*	22,41 ± 0,70*	30,33 ± 0,40*
	2024 р.		14,28 ± 0,40	24,75 ± 0,85*	18,43 ± 0,70*	23,51 ± 1,50*	28,53 ± 1,30*
	середнє	см ²	14,82 ± 0,36	20,57 ± 0,58*	22,92 ± 0,97*	22,53 ± 1,07*	25,68 ± 0,70*
		% до контролю	100,0	138,8	154,7	152,0	173,3

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем (p < 0,05)

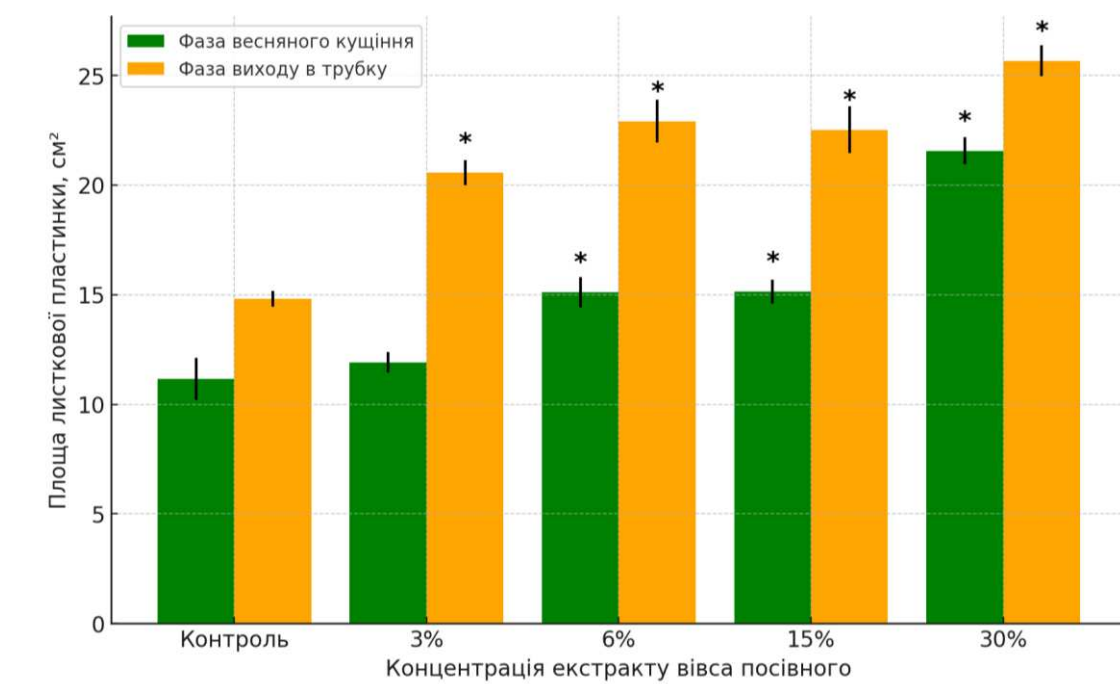


Рис. 4.7. Вплив передпосівної обробки насіння пшениці озимої сорту Дуняша екстрактом вівса посівного на площу листової пластинки (середнє за 2022-2024 рр.)

** Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)*

Передпосівна обробка насіння 15% екстрактом вівса забезпечила зростання площі листової пластинки озимої пшениці сорту Дуняша на 35,7 % у фазі весняного кушіння та на 52,0 % у фазі виходу в трубку, порівнюючи з показниками контролю. Високу ефективність також проявила передпосівна обробка 6% екстрактом вівса, збільшуючи площу листової пластинки у фазі весняного кушіння склав на 35,4 %, а у фазі виходу в трубку — на 54,7 %, порівнюючи з показниками контролю.

За передпосівної обробки насіння пшениці 3% екстрактом показники площі листової пластинки пшениці зросли на 6,8 % у фазі весняного кушіння та на 38,8 % у фазі виходу в трубку, порівнюючи з контролем.

Отримані результати демонструють, що максимальні показники площі листової пластинки для сорту Дуняша впродовж обох фаз росту та розвитку

мали рослини, що вирости з насіння, яке перед посівом обробили 30% концентрацією екстракту вівса. Ауксини, гібереліни та цитокініни, що містяться в екстракті вівса, координують процеси клітинного поділу та видовження, що безпосередньо впливає на площу листків. Ауксини стимулюють проліферацію клітин, забезпечуючи швидке збільшення листової поверхні [12]. Гібереліни активують видовження клітин, що сприяє утворенню більших листків. Цитокініни відіграють важливу роль у підтримці функціональної активності хлоропластів і забезпечують рівномірний ріст мезофільної тканини, що підвищує ефективність фотосинтезу [21].

4.2. Фотосинтетична продуктивність пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного

Дослідження вмісту хлорофілів *a* і *b* є важливим етапом оцінки фотосинтетичної активності рослин, що безпосередньо впливає на їхню продуктивність та врожайність. Хлорофіли відіграють ключову роль у процесі фотосинтезу, забезпечуючи накопичення органічної маси та формування зернового урожаю. Тому оцінка вмісту цих пігментів у листках пшениці озимої, вирощеної після передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного, дає змогу визначити ефективність цього агроприйому [4].

Аналіз результатів (табл. 4.7), показав, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного сприяє підвищенню вмісту хлорофілів у тканинах листків пшениці озимої сорту Ювівата 60 у фазі весняного куціння. Найвищий рівень суми хлорофілів *a* і *b* був зафіксований при застосуванні 30% екстракту, що забезпечило приріст зелених фотосинтетичних пігментів на 32,3%, порівнюючи з контролем. Використання 15% екстракту для передпосівної обробки насіння пшениці призвело до збільшення цього показника на 14,5%, порівнюючи з показниками контролю, тоді як при застосуванні для обробки насіння пшениці перед посівом 6% екстракту вівса

приріст суми хлорофілів *a* і *b* складав 10,4% відповідно. При аналізі окремих фракцій хлорофілів у фазі весняного куціння виявлено, що вміст хлорофілу *a* зріс на 31,7% при застосуванні 30% концентрації екстракту для передпосівної обробки насіння зазначеної культури. Вміст хлорофілу *b* був найменшим у контрольному варіанті, тоді як при 30% концентрації приріст досягав 32,3%. (табл. 4.7).

Таблиця 4.7.

Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків пшениці озимої сорту Ювівата 60 у фазі весняного куціння та фазі виходу в трубку за 2022-2024 рр., мг/г сирої маси

Варіант	Вміст суми хлорофілів <i>a</i> і <i>b</i>		Вміст хлорофілу <i>a</i>		Вміст хлорофілу <i>b</i>	
	мг/г	% до контролю	мг/г	% до контролю	мг/г	% до контролю
1	2	3	4	5	6	7
Фаза весняного куціння						
Контроль	2,88 ± 0,05	100,0	1,92 ± 0,06	100,0	0,96 ± 0,06	100,0
3% екстракт вівса	2,95 ± 0,06	102,4	1,96 ± 0,09	102,0	0,99 ± 0,08	103,1
6% екстракт вівса	3,18 ± 0,08*	110,4	2,12 ± 0,10*	110,4	1,06 ± 0,06	110,4
15% екстракт вівса	3,40 ± 0,16*	114,5	2,26 ± 0,11*	117,7	1,14 ± 0,03*	118,7
30% екстракт вівса	3,81 ± 0,10*	132,30	2,53 ± 0,13*	131,7	1,27 ± 0,11*	132,3

Продовження табл. 4.7

1	2	3	4	5	6	7
Фаза виходу у трубку						
Контроль	3,53 ± 0,10	100,0	2,36 ± 0,08	100,0	1,17 ± 0,07	100,0
3% екстракт вівса	5,29 ± 0,10*	149,8	3,54 ± 0,10*	150,0	1,75 ± 0,09*	149,6
6% екстракт вівса	5,87 ± 0,11*	166,6	3,92 ± 0,10*	166,1	1,95 ± 0,08*	166,7
15% екстракт вівса	6,45 ± 0,10*	182,8	4,31 ± 0,10*	182,6	2,14 ± 0,09*	182,9
30% екстракт вівса	7,03 ± 0,12*	199,1	4,69 ± 0,11*	198,7	2,34 ± 0,10*	200,0
Контроль	3,53 ± 0,10	100,0	2,36 ± 0,08	100,0	1,17 ± 0,07	100,0

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

Результати досліджень у фазі виходу в трубку свідчать про ще більш значне підвищення рівня хлорофілів у тканинах листків рослин, оброблених екстрактом вівса (табл. 4.7). Найвищі показники суми хлорофілів *a* і *b* були зафіксовані при застосуванні 30% екстракту для обробки насіння пшениці перед посівом, що перевищувало контрольні значення на 99,1%. Вміст хлорофілу *a* у цьому випадку зріс на 98,7%, а при застосуванні 15% екстракту вівса цей показник збільшився на 82,6% порівняно з показниками контролю. Використання 6% та 3% екстракту забезпечувало приріст хлорофілу *a* на 66,1% та 50,0%, порівняно з показниками контролю. Вміст хлорофілу *b* також демонстрував найбільше зростання при застосуванні 30% екстракту, перевищуючи контроль на 100,0%. Застосування 15% екстракту сприяло

підвищенню вмісту хлорофілу *b* на 82,9%, а застосування 6% та 3% екстрактів вівса збільшували цей показник на 66,7% та 49,6%, порівняно з показниками контролю відповідно (табл. 4.7).

Результати проведених досліджень демонструють подібну тенденцію до підвищення вмісту хлорофілів після передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного сорту Дуняша у фазі весняного куціння. Висока ефективність передпосівної обробки насіння пшениці виявилася при застосуванні 30% екстракту, де сумарний вміст хлорофілів *a* і *b* перевищував контроль на 47,2%. За цієї ж концентрації вміст хлорофілу *a* збільшився на 69,4%. Застосування 15% екстракту забезпечувало приріст суми хлорофілів *a* і *b* на 43 %, порівнюючи з показниками контролю.

У фазі виходу в трубку (табл. 4.8) передпосівна обробка насіння 30% екстрактом вівса призвела до максимального приросту сумарного вмісту хлорофілів у фазі виходу в трубку – на 112,7% порівняно з контролем. Вміст хлорофілу *a* у цьому варіанті перевищував контрольний рівень у більше ніж 2 рази, що свідчить про значне покращення фотосинтетичного потенціалу рослин. Використання 15% екстракту забезпечувало приріст хлорофілу *a* на 97,8%, порівняно з показниками контролю, а у варіантах, що були оброблені 6% та 3% екстрактом вівса вміст хлорофілу *a* був вищим за контроль на 74,2% та 55,9%. Отримані результати свідчать про те, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного позитивно впливає на вміст хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків пшениці озимої, що сприяє підвищенню фотосинтетичної продуктивності рослин.

Найбільш ефективним варіантом для передпосівної обробки насіння пшениці сорту Ювівата 60 та Дуняша було використання 30% екстракту. Ці результати підтверджують доцільність застосування екстракту вівса посівного як біостимулятора для покращення фізіологічних процесів пшениці озимої та формування високого рівня продуктивності рослин.

Таблиця 4.8.

**Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного
на вміст хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків пшениці озимої сорту
Дуняша у фазі виходу в трубку за 2022-2024 рр., мг/г сирої маси**

Варіант	Вміст суми хлорофілів <i>a</i> і <i>b</i>		Вміст хлорофілу <i>a</i>		Вміст хлорофілу <i>b</i>	
	мг/г	% до контро лю	мг/г	% до контро лю	мг/г	% до контро лю
Фаза весняного кущення						
Контроль	2,65 ± 0,09	100,0	1,73 ± 0,06	100,0	0,91 ± 0,05	100,0
3% екстракт вівса	3,00 ± 0,14*	113,2	2,04 ± 0,06*	118,5	0,9 5 ± 0,11	104,4
6% екстракт вівса	3,32 ± 0,16*	125,3	2,27 ± 0,08*	131,2	1,0 4 ± 0,09	114,3
15% екстракт вівса	3,79 ± 0,14*	143,0	2,58 ± 0,13*	149,1	1,2 0 ± 0,16*	131,8
30% екстракт вівса	3,90 ± 0,18*	147,2	2,93 ± 0,11*	169,4	1,30 ± 0,10*	143,0
Фаза виходу у трубку						
Контроль	3,54 ± 0,16	100,0	2,36 ± 0,10	100,0	1,18 ± 0,12	100,0
3% екстракт вівса	5,51 ± 0,14*	155,5	3,68 ± 0,18*	155,9	1,83 ± 0,16*	155,1
6% екстракт вівса	6,14 ± 0,21*	173,5	4,11 ± 0,24*	174,2	2,02 ± 0,20*	171,2
15% екстракт вівса	6,99 ± 0,25*	197,5	4,67 ± 0,20*	197,8	2,32 ± 0,15*	196,6
30% екстракт вівса	7,53 ± 0,21*	212,7	5,01 ± 0,21*	212,3	2,52 ± 0,31*	213,6

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

Передпосівна обробка насіння пшениці озимої екстрактом вівса посівного призводить до підвищення вмісту хлорофілів *a* і *b* у листках рослин, що може бути зумовлено низкою біохімічних та фізіологічних процесів. Екстракт вівса містить біологічно активні сполуки, такі як фенольні речовини, флавоноїди та фітогормони, які можуть стимулювати синтез хлорофілів шляхом активації ферментів, що беруть участь у їхньому утворенні [15; 11]. Крім того, азотний обмін у рослинах значною мірою впливає на синтез хлорофілів, а присутність азотовмісних сполук у екстракті може сприяти кращому засвоєнню цього елемента, що стимулює утворення хлорофілів та підвищує інтенсивність фотосинтезу [14; 28; 14].

Вплив екстракту вівса на вміст хлорофілів пояснюється високим вмістом магнію, який є центральним елементом молекули хлорофілу, а також каротиноїдів, які захищають хлоропласти від окислювального стресу [2; 17]. Вітамін С і флавоноїди відіграють важливу роль у регуляції антиоксидантного захисту, що сприяє збереженню хлорофілів *a* і *b* та підвищенню ефективності фотосинтезу. Передпосівна обробка також може активізувати вироблення гіберелінів, що стимулюють ріст листової поверхні, підвищуючи асиміляційний потенціал рослин [7; 16; 6].

Також, важливим фактором є антиоксидантний захист клітин, оскільки екстракт вівса може посилювати стійкість рослин до окислювального стресу, зменшуючи деградацію хлорофілів та забезпечуючи їх стабільний рівень. Поряд із цим, зміцнення клітинних мембран і покращення транспорту магнію, який є центральним атомом у структурі хлорофілу, створює сприятливі умови для його синтезу та функціонування. Крім того, передпосівна обробка стимулює ріст і розвиток рослин, що сприяє формуванню більш розвиненого фотосинтетичного апарату. Таким чином, позитивний вплив екстракту вівса посівного на вміст хлорофілів у листках пшениці озимої можна пояснити його комплексною біологічною дією, яка сприяє покращенню фотосинтетичної активності рослин та в кінцевому підсумку підвищенню їх продуктивності [10; 26; 32].

4.3. Продуктивність та урожай пшениці озимої залежно від передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного

Вивчення структури врожаю є важливим завданням при дослідженні загальної врожайності культур, тому для точного визначення результируючої врожайності озимої пшениці сортів Дуняша та Ювівата 60, потрібно розуміти конкретні кількісні характеристики рослин на одиницю площі дослідної ділянки. Також варто відзначити, що використання зазначених концентрацій екстракту вівса посівного мало позитивний вплив на деякі аспекти структури урожаю озимої пшениці дослідних сортів. Це стосується збільшення кількості колосків, зерен у кожному колосі, маси зерен у складному колосі та маси 1000 зерен, а також довжини колоса. Розрахунок основних показників структури врожаю відбувався на 1м² кожного повтору дослідного сорту.

Аналіз структури врожаю сорту Ювівата 60 показав, що передпосівна обробка насіння пшениці екстрактом вівса сприяла збільшенню загальної та продуктивної кущистості. Продуктивна кущистість пшениці за передпосівної обробки насіння 15 % і 30 % розчином екстракту вівса перевищувала контрольні показники на 10,7 % і 35,7 % відповідно (табл. 4.9). Дослідження також охоплювало оцінку кількісних характеристик складного колоса, зерен у складному колосі та загальної маси зерна в дослідних повтореннях.

Таблиця 4.9.

Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на структуру врожаю пшениці озимої сорту Ювівата 60 (середнє за 2022-2024 рр.)

Варіант	Кущистість		Складний колос				Маса 1000 зерен, г
	Загальна	Продуктивна	Довжина, см	Кількість колосків, шт	Кількість зерен, шт	Маса зерен з 1 колоса, г	
Контроль	11,8 ± 0,33	9,5 ± 0,25	5,3 ± 0,25	14,9 ± 0,5	10,2 ± 1,1	0,43 ± 0,0002	38,1 ± 1,3
3% розчин екстракту вівса	11,5 ± 0,4	10,4 ± 0,31*	5,05 ± 0,21	16,4 ± 0,43*	12,7 ± 1,1*	0,59 ± 0,0004*	39,7 ± 3,8
6% розчин екстракту вівса	11,6 ± 0,2	9,7 ± 0,35	4,9 ± 0,22	16,3 ± 0,31*	12,2 ± 1,0	0,56 ± 0,0002*	39,8 ± 1,1
15% розчин екстракту вівса	13,0 ± 0,21*	10,2 ± 0,52	5,65 ± 0,05*	16,2 ± 0,2*	11,8 ± 1,61	0,55 ± 0,0001*	39,6 ± 0,1*
30% розчин екстракту вівса	15,4 ± 0,4*	12,9 ± 0,31*	6,25 ± 0,31*	17,3 ± 0,5*	13,4 ± 1,8*	0,7 ± 0,0001*	40,1 ± 0,1*

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем (p < 0,05)

Максимальна довжина складного колоса була зафіксована у зразків пшениці, насіння яких перед посівом було оброблене 30%-м розчином екстракту вівса. Використання розчину зазначеної концентрації забезпечило утворення найбільшої кількості колосків у складному колосі та зерен у ньому, які перевищували контрольні значення на 16,1 % і 31,3 % відповідно. Найвища маса зерен була також отримана за передпосівної обробки насіння

пшениці 30 %-м та 15 %-м розчином екстракту як у межах одного колоса, так і в загальній масі 1000 насінин (табл. 4.9).

Крім того, максимальна кількість рослин з колосом пшениці сорту Ювівата 60 спостерігалася за передпосівної обробки насіння 30 %-м розчином екстракту (табл. 4.9). Найвищі показники продуктивної кущистості пшениці були досягнуті за обробки насіння перед посівом 15 % та 30 % екстрактом вівса. Маса 1000 зерен та маса зерен в одному колосі також були максимальними при використанні 30 % і 15 % розчинів екстракту вівса.

У ході аналізу структури врожаю дослідного сорту Дуняша можна зазначити, що зі збільшенням концентрації екстракту вівса посівного спостерігалася збільшення загальної кущистості. Продуктивна кущистість пшениці за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса у концентраціях 15 % та 30 % була вищою за контрольні значення на 29,3 % та 44,0 % відповідно (табл. 4.10).

Важливим етапом дослідження структури врожаю було визначення кількісних параметрів складного колоса, зерна в колосі та загальної маси зерна в дослідному повторі [7]. Найбільша довжина колоса була зафіксована в рослин пшениці озимої сорту Дуняша, насіння якої перед посівом обробляли 30% розчином екстракту вівса посівного (табл. 4.10). Найбільша кількість колосків у складному колосі та зерен у колосі була за передпосівної обробки насіння 6 % розчином екстракту та перевищували контрольні значення на 27,2 % та 46,0 % відповідно. Важливо відзначити, що найважчі зерна мали рослини, що вирости з насіння, яке було оброблене перед посівом 30 % екстрактом вівса. Але якщо розглядати масу насінин в одному колосі, то при обробці 6 % розчином екстракту вівса посівного ці показники були помітно більші за контрольні та за значення при обробці 30 % розчином.

Одним з ключових механізмів впливу екстракту вівса є посилення продуктивної кущистості, що пов'язано з дією ауксинів та цитокінінів. Ауксини, зокрема індоліл-3-оцтова кислота (IAA), стимулюють інтенсивне

розгалуження пагонів, що сприяє збільшенню кількості продуктивних стебел. Цитокиніни активують клітинний поділ у меристемах, забезпечуючи рівномірний розвиток вторинних пагонів та їхню стійкість до стресових умов. Завдяки цьому при використанні 30 % екстракту вівса формується максимальна кількість продуктивних стебел, що безпосередньо впливає на потенційну врожайність культури [4; 24].

Таблиця 4.10

**Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного
на показники структури врожаю пшениці озимої сорту Дуняша
(середнє за 2022-2024 рр.)**

Варіант	Кущистість		Складний колос				Маса 1000 зерен, г
	Загальна	Продуктивна	Довжина, см	Кількість колосків, шт	Кількість зерен, шт	Маса зерен з 1 колоса, г	
Контроль	11,0 ± 0,31	7,5 ± 0,4	5,65 ± 0,3	19,1 ± 0,5	12,6 ± 1,05	0,50 ± 0,0003	46,7±0,2
3% розчин екстракту вівса	12,0 ± 0,3*	8,2 ± 0,28*	5,89 ± 0,41	22,8 ± 0,52*	17,5 ± 2,10*	0,82 ± 0,0003*	46,9±0,1
6% розчин екстракту вівса	12,7 ± 0,21*	8,2 ± 0,33*	5,93 ± 0,43	24,3 ± 0,4*	18,4 ± 2,5*	0,88 ± 0,0002*	47,0±0,09*
15% розчин екстракту вівса	12,9 ± 0,2*	9,7 ± 0,5*	6,52 ± 0,32*	21,1 ± 0,21*	14,8 ± 1,94	0,7 ± 0,0002*	46,4±0,3
30% розчин екстракту вівса	13,6 ± 0,35*	10,8 ± 0,23*	7,15 ± 0,3*	23,7 ± 0,41*	16,9 ± 1,5*	0,82 ± 0,0002*	47,7±0,12*

* *Примітка.* Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

Ще одним важливим фактором покращення структури врожаю є збільшення довжини колоса та кількості колосків. Під впливом гіберелінів (GA3, GA4) відбувається активне видовження клітин у колосових пагонах, що сприяє формуванню довших колосів. Одночасно з цим, фенольні сполуки та флавоноїди, що містяться в екстракті вівса, підвищують активність генів, відповідальних за закладку колосків, що веде до збільшення їхньої кількості [20; 35].

Рівень біологічної врожайності пшениці озимої залежить від кількості продуктивних стебел (рис. 4.5; рис. 4.6), кількості зерна та його маси з колоса. Результати біологічної врожайності були обчислені на основі даних про структуру отриманого врожаю, зібраних в період 2022 -2024 років (рис. 4.8; рис. 4.9). Визначення біологічної врожайності на гектар було зроблене після завершення всіх етапів росту та розвитку колоса, а також дозрівання зерна.

Найвищі значення біологічної врожайності пшениці озимої сорту Дуняша були досягнуті після передпосівної обробки насіння розчином екстракту вівса посівного з концентраціями 30 % та 15 %, досягаючи відповідно 65,3 ц/га та 51,4 ц/га на гектар проти контрольного значення, яке було на рівні 30,5 ц/га (рис. 4.8). При застосуванні менших концентрацій екстракту вівса посівного для передпосівної обробки також спостерігалось збільшення показників біологічної врожайності.

Таким чином, результати наших досліджень підтверджують, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного концентраціями 15 % та 30 % сприяє максимальній продуктивності озимої пшениці сорту Дуняша.

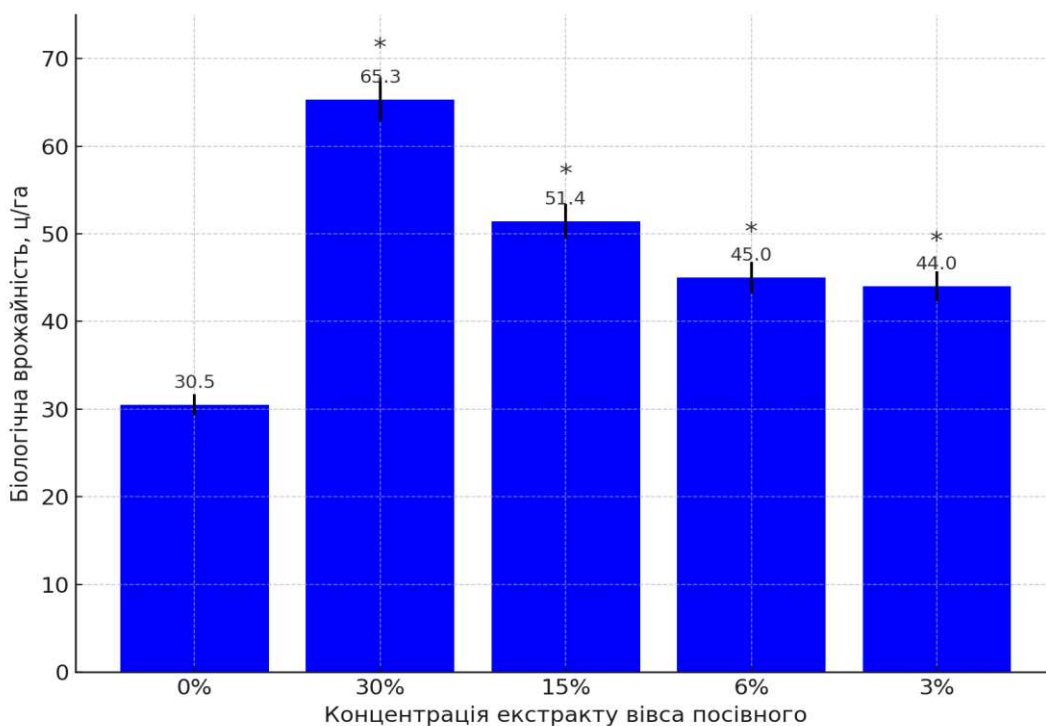


Рис. 4.8. Біологічна врожайність пшениці озимої сорту Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного (середнє за 2022-2024 рр.)

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

Біологічна врожайність пшениці озимої сорту Ювівата 60 за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного демонструє значне підвищення продуктивності рослин, порівнюючи з контрольним варіантом (рис. 4.9). Найвищі показники врожайності зафіксовані при застосуванні для обробки насіння перед посівом 30 % екстракту, де врожайність досягала 56,1 ц/га, що перевищувало показники контролю на 94,1 %.

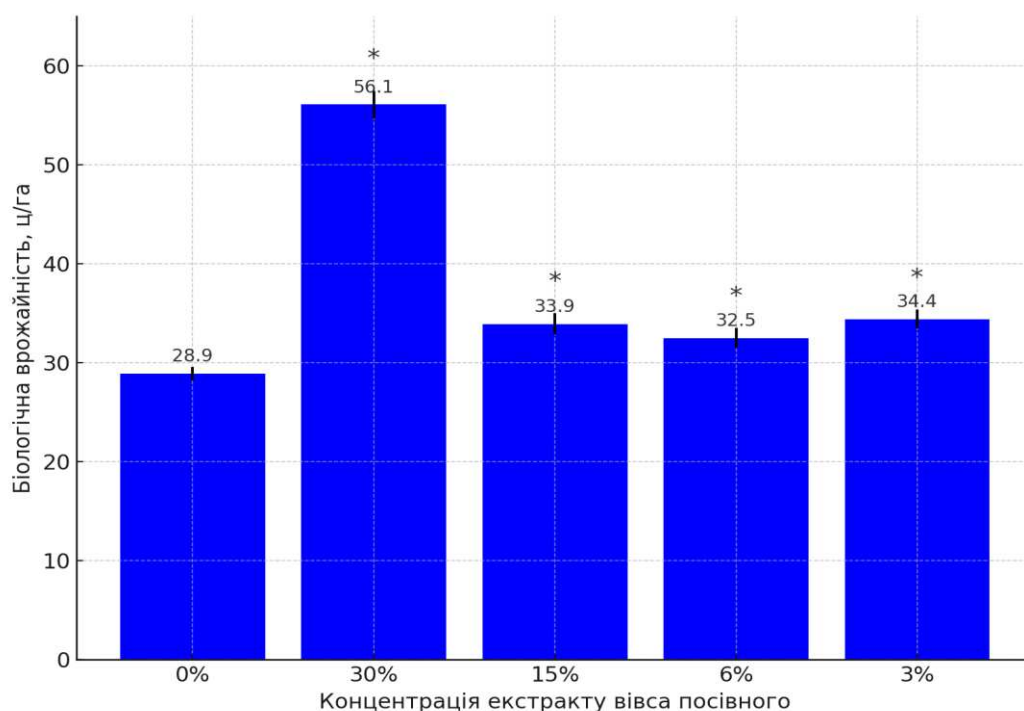


Рис. 4.9. Біологічна врожайність пшениці озимої сорту Ювівата 60 за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного (середнє за 2022-2024 рр.) * Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

Також висока врожайність спостерігалася за використання 15 % концентрації екстракту вівса для обробки насіння перед посівом і складала 33,9 ц/га, що на 17,3 % більше від контрольного значення. Передпосівна обробка насіння 6 % та 3 % екстрактом вівса також сприяли зростанню врожайності пшениці, яка складала 32,5 ц/га та 34,4 ц/га відповідно (рис. 4.9).

Покращення структури врожаю пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша після передпосівної обробки екстрактом вівса може бути зумовлене комплексним впливом біологічно активних речовин, що містить зазначений екстракт. Зокрема, фенілаланін і тирозин, які є складовими екстракту, беруть участь у синтезі лігніну та зміцненні механічних тканин, що сприяє формуванню більш стійких стебел і збільшенню кількості продуктивних стебел [12; 15; 30]. Каротиноїди та антиоксиданти, які присутні в екстракті, стимулюють фотосинтетичну активність, що сприяє збільшенню кількості та

маси зерен у колосі [30; 33; 8; 7]. Крім того, високий вміст азотвмісних сполук в екстракті вівса забезпечує активніший синтез білка в зернах, що покращує їх харчову якість і масу.

Таким чином, отримані результати підтверджують ефективність передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного в підвищенні біологічної врожайності пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного ефективно сприяла формуванню кореневої системи пшениці озимої. Найбільша кількість додаткових коренів у пшениці озимої сорту Ювівата 60 сформувалася при застосуванні 30 % екстракту, перевищуючи показники контролю на 35,6 % у фазі весняного кущіння та на 37,6 % у фазі виходу в трубку. Передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного позитивно впливає й на формування кореневої системи озимої пшениці сорту Дуняша. У фазі весняного кущіння найбільша кількість коренів зафіксована за передпосівної обробки насіння 30 % екстрактом, що забезпечило збільшення кількості коренів пшениці на 52,4 %, порівнюючи з показниками контрольного варіанту. У фазі виходу в трубку максимальна кількість коренів пшениці озимої сформувалася при цій же концентрації та перевищила показники контролю на 59,1 %.

2. Передпосівна обробка сприяє підвищенню кількості сформованих рослин на одиницю площі. Найбільший ефект зафіксовано при обробці насіння 30% екстрактом, що збільшило кількість сформованих рослин на одиницю площі пшениці сорту Ювівата 60 на 33 % та на 35 % для сорту Дуняша, порівнюючи з показниками контролю. Кількість рослин пшениці зі стеблом та колосом сортів Ювівата 60 та Дуняша за обробки насіння перед посівом екстрактом вівса перевищувала контрольні показники на 20-30 %, що свідчить про посилення дії гіберелінів, які входять до складу екстракту та сприяють регуляції клітинного поділу, затримують старіння клітин та забезпечують збалансований розвиток кореневої системи та надземної частини.

3. Найбільший приріст площі листової пластинки у фазі виходу в трубку спостерігався за обробки насіння 30 % екстрактом вівса. У рослин пшениці

сорту Ювіата 60 у зазначену фазу площа листкової пластинки зросла на 94,5 %, а в рослин пшениці сорту Дуняша – на 73,3 %, порівняно з показниками контролю. Це пов'язано з стимулюючим впливом цитокінінів у складі екстракту, що регулюють розподіл хлоропластів та стимулюють проліферацію клітин фотосинтетичних тканин.

4. Передпосівна обробка екстрактом вівса сприяє підвищенню фотосинтетичної продуктивності рослин. Найвищий вміст суми хлорофілів *a* і *b* спостерігався при обробці 30 % екстрактом: у фазі виходу в трубку в тканинах листків пшениці сорту Ювіата 60 цей показник зріс на 99,1 %, а в тканинах листків пшениці сорту Дуняша – на 112,7 %, порівнюючи з показниками контролю.

5. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на структуру врожаю пшениці озимої є суттєвим. Найбільше зростання продуктивної кущистості (на 35,7 %), порівнюючи з показниками контролю, спостерігалось у пшениці сорту Ювіата 60 при застосуванні 30 % екстракту. У сорту Дуняша продуктивна кущистість збільшилася на 44,0 %, порівнюючи з контролем за передпосівної обробки насіння пшениці зазначеною концентрацією вівса. Довжина колоса, кількість колосків, зерен у колосі та маса 1000 зерен також були найбільшими в рослин, вирощених із насіння, обробленого 30 % екстрактом. Цей ефект зумовлений впливом фенольних сполук та флаваноїдів екстракту вівса, які підвищують активність генів, відповідальних за закладку колосків, що веде до збільшення їхньої кількості.

6. Передпосівна обробка екстрактом вівса підвищує біологічну врожайність пшениці озимої. Для сорту Ювіата 60 максимальна врожайність була досягнута при застосуванні для передпосівної обробки насіння 30 % екстракту та на 94,1 % перевищує показники контролю. Для сорту Дуняша біологічна врожайність сягала 65,3 ц/га, що на 114,1 % більше, ніж у контрольному варіанті. Це свідчить про ефективність застосування екстракту вівса для стимуляції продуктивності пшениці озимої.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Авраменко Р.А., Кірсанова Г.В. Визначення біологічного врожаю основних сільськогосподарських культур. Дніпропетровськ, 2004. С. 83–85.
2. Бугай С.М. Озима пшениця на Україні. Київ: Урожай, 1995. С. 146–147.
3. Булигін С.Ю., Демішев Л.Ф., Доронін В.А. *Мікроелементи в сільському господарстві*. Дніпропетровськ, 2007. С. 98–100.
4. Бурцева О.В. Кількісне визначення фенольних сполук *Avena sativa*. *Український журнал клінічної та лабораторної медицини*, 2013. Т. 8. №4. С. 225–228.
5. Веденичова Н.П., Косаківська І.В. Цитокініни як регулятори онтогенезу рослин за різних умов зростання. Київ: *Наш формат*, 2017. С. 197–200.
6. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Ефективність впливу передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст фотосинтетичних пігментів у листках пшениці озимої у фазі весняного кущіння. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей VIII Міжнар. заочної наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 8 черв. 2022 р.). Ніжин, 2022. С. 14–16.
7. Волгін Д.Г. Ефективність застосування екстракту вівса посівного у технології вирощування пшениці озимої. *«Наукові записки молодих учених» збірник наукових праць молодих учених факультету математики, природничих наук та технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка*, 2024. №13.
8. Волгін Д.Г., Гавій В.М., Назим Я.А. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на біологічну врожайність та структуру врожаю пшениці сорту Ювівата 60. *Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю, присвячена 95-річчю навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя* : зб. статей. (м. Ніжин, 27–28 верес. 2023 р.). Ніжин, 2023. С. 51–53.

9. Волгін Д.Г., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на процеси ризогенезу пшениці озимої сорту Дуняша. *Бессерівські природознавчі студії: збірник матеріалів II Міжнародної наукової конференції*. Кременець, 2024. С.136–138.

10. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного як модулятора фотосинтетичної активності озимої пшениці сорту Ювівата 60 в фазах весняного кущіння та фазі виходу в трубку. *The 13th International scientific and practical conference “Eurasian scientific discussions”*. Biological sciences. Барселона, 2023. С. 39–45

11. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса на фотосинтетичну активність пшениці озимої у фазах весняного кущіння та виходу в трубку. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*, 2023. № 4 (50). С. 14–20.

12. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на продуктивність пшениці озимої. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка*. 2024. № 1 (84). С. 51–58.

13. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на процеси ризогенезу пшениці озимої сорту Ювівата 60 у фазах весняного кущіння та виходу в трубку. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2024. № 1 (55). С. 44–50.

14. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного як модулятора фотосинтетичної активності озимої пшениці сорту Дуняша в фазах весняного кущіння та фазі виходу в трубку. *The 3th International scientific and practical conference “Theoretical aspects of education development”*. Biology. Варшава, 2023. С. 64–70.

15. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на біологічну врожайність пшениці сорту

Дуняша. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей IX Міжнар. заочна наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 12 квіт. 2023 р.). Ніжин, 2021. С. 13–15.

16.Гіль Л.С., Пашковський А.І., Суліма Л.Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Вінниця: *Нова книга*, 2008. Т. 1. С. 366–368.

17.Гуляєв Б.І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліття*. Збірник наукових праць. Київ, 2001. Т.1. С. 60–74.

18.Данченко О.О., Здоровцева Л.М., Данченко М.М., Майборода Д.О., Федорко А.С., Якубовська В.В. Екстракт *Avena Sativa* як інгібітор псування гарбуза під час його тривалого зберігання. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції*: матеріали міжнародного науково-практичного форуму ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019.

19.Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних дослідних даних у пакеті Statistica 6.0. Київ: *ПоліграфКонсалтинг*, 2007. С. 54–55.

20.Калюжна Д.В., Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст хлорофілів у листках та накопичення маси сухої речовини у пагонах пшениці озимої у фазу весняного кущення. *The XXIII International Scientific and Practical Conference «The current state of the organization of scientific activity in the world»*. (м. Мадрид, 10-12 червня, 2024 р.). Мадрид, 2024. С. 48 – 50.

21.Чорнобров О.В. Дія регуляторів росту на регенераційну здатність експлантатів рослин *Quercus Robur L. in vitro*. *Біоресурси і природокористування*, 2017. №3–4. С. 13–19.

22.Ahmed K., Lewis D. Enhancing seed germination with bioactive compounds. *Journal of Plant Growth Regulation*, 2021. №50. P. 278–293.

23.Andrews T., Wells B. Growth regulators and their role in plant development. *Botanical Studies*, 2016. №27. P. 212–229.

24. Choi H., Kim J. Effects of biostimulants on wheat germination and early growth. *Crop Research*, 2022. №48. P. 98–112.
25. Garcia L., Huber M. The role of phytohormones in plant stress responses. *Journal of Plant Physiology*, 2021. №52. P. 301–317.
26. Hossain M., Palani K. Effect of Pre-Sowing Treatment on Seed Germination and Seedling Early Growth. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2019. №8(7). P. 2826–2833.
27. Li X., Sun J. Chlorophyll biosynthesis under different environmental conditions. *Photosynthesis Research*, 2021. №54. P. 88–102.
28. Nanda G., Bhattacharya P. Seed priming effects on crop productivity. *International Journal of Agriculture*, 2019. №41. P. 187–203.
29. Park J., Kang H. The interaction of hormones in root elongation. *Plant Hormone Research*, 2020. №47. P. 199–213.
30. Patel R.S., Kumar S. Seed coating technologies and their impact on plant vigor. *Agronomy Review*, 2018. №35. P. 45–59.
31. Pooja GK, Honnabyraiah MK. Impact of pre-sowing seed treatments on germination and seedling growth of different fruit crops: A review. *The Pharma Innovation Journal*, 2022. №11(4). P. 470–478.
32. Robinson H., Patel M. Effects of environmental factors on wheat yield. *Agronomy Journal*, 2019. №40. P. 90–105.
33. Singh R.K., Mehta A. The significance of carbohydrate metabolism during seed germination. *Plant Biochemistry Journal*, 2017. №33. P. 154–170.
34. Smith J.A., Johnson L.M. Advances in seed treatment technologies for crop yield improvement. *Plant Science Journal*, 2020. №45. P. 112–130.
35. Thomas D.W., White C. Pre-sowing treatments for stress tolerance in wheat. *Agricultural Biotechnology*, 2020. №46. P. 67–82.
36. Wang F., Li Y. Analysis of root architecture in response to seed treatments. *Journal of Crop Science*, 2022. №49. P. 321–338.
37. Williams P.R., Brown D.T. Root system development in response to pre-sowing treatments. *Journal of Agronomy*, 2019. №38. P. 223–237.

38.Yaswanth Krishna R., Rai P.K., Marker S., Chandra R. Effect of Different Pre-sowing Seed Treatments on Growth and Seed Quality Parameters of Maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 2019. №8(7). P. 2826–2833.

39.Zhang W., Zhao Y. Role of antioxidants in improving seedling establishment. *Journal of Plant Biotechnology*, 2023. №60. P. 411–425.

РОЗДІЛ 5. БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ ЕКСТРАКТОМ ВІВСА ПОСІВНОГО

Біохімічний склад зерна є важливим показником його поживної цінності, що визначає якість врожаю та його придатність для різних видів переробки. Відомо, що основними компонентами зерна пшениці є білки, вуглеводи, зокрема крохмаль, моносахариди та дисахариди, а також антиоксидантні ферменти та амінокислоти, які впливають на технологічні властивості зерна. Вміст цих біохімічних речовин визначається генетичними особливостями сорту, умовами вирощування та впливом агротехнічних заходів, таких як передпосівна обробка насіння біологічно активними речовинами [1; 3].

Передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного сприяє покращенню біохімічного складу зерна завдяки вмісту у цьому екстракті широкого спектру фітогормонів, амінокислот, антиоксидантів та вітамінів. Відомо, що такі речовини, як ауксини та гібереліни, можуть активізувати метаболічні процеси рослин, зокрема підвищувати рівень білків, а вітаміни та флавоноїди сприяти накопиченню каротиноїдів та активізації ферментних систем [9; 11].

5.1. Вміст каротиноїдів та білка в зерні пшениці озимої сортів Дуняша та Ювівата 60 за передпосівної обробки зерна екстрактом вівса посівного

Каротиноїди відіграють важливу роль у захисті клітин від окислювального стресу, покращують адаптацію рослин до несприятливих умов середовища, а також впливають на якість зерна, забезпечуючи його колір та харчову цінність [2; 6; 9].

Трьохрічні дослідження показали, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного суттєво впливала на вміст каротиноїдів у зерні пшениці озимої (табл. 5.1, рис. 5.1). Наприклад, у пшениці сорту озимої Ювівата 60 максимальний рівень каротиноїдів у зерні був зафіксований при використанні 30 % екстракту й становив 40,0 мг/г, що на 25,4 % перевищувало показники контролю. Використання 15 % екстракту для передпосівної обробки насіння сприяло збільшенню вмісту каротиноїдів у зерні на 6,6 %, тоді як 6 % екстракт не мав значного впливу на цей показник. При обробці насіння пшениці 3 % екстрактом вівса рівень каротиноїдів у зерні підвищився на 21,9 %, порівнюючи з контролем.

Дослідження біохімічного складу зерна пшениці сорту Дуняша показали, що передпосівна обробка 6 % та 30 % екстракту вівса забезпечила приріст каротиноїдів у зерні на 21,8 % та 22,7 %, порівняно з показниками контролю відповідно (табл. 5.1, рис. 5.1). Застосування 15 % екстракту вівса для обробки насіння пшениці перед посівом сприяло підвищенню цього показника на 15,1 %, а 3 % екстракту – на 10,0 %, порівнюючи з контролем. Отримані результати свідчать про те, що оптимальна концентрація екстракту вівса для обробки насіння пшениці перед посівом для підвищення вмісту каротиноїдів залежить від сорту: для пшениці сорту Ювівата 60 найефективнішою була 30 % концентрація екстракту, тоді як у зерні пшениці сорту Дуняша високий вміст каротиноїдів спостерігався за передпосівної обробки насіння 6 % та 30 % екстрактом вівса.

Таблиця 5.1.

Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст каротиноїдів у пшениці озимій сортів Ювіата 60 та Дуняша, мг/г сирової маси (середнє за 2022-2024 рр.)

Дослідні сорти пшениці озимі	Роки проведення дослідів		Варіанти дослідів				
			Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2		3	4	5	6	7
Ювіата 60	2022 р.		31,5 ± 1,2	39,2 ± 1,5*	30,8 ± 1,1	34,1 ± 1,4	40,0 ± 1,6*
	2023 р.		32,1 ± 1,3	38,5 ± 1,6*	30,5 ± 1,2	33,9 ± 1,3	39,8 ± 1,5*
	2024 р.		32,0 ± 1,2	39,0 ± 1,4*	30,6 ± 1,1	34,0 ± 1,3	40,2 ± 1,5*
	середнє	мг/г	31,9 ± 1,2	38,9 ± 1,5*	30,6 ± 1,1	34,0 ± 1,3	40,0 ± 1,5*
		% до контролю	100,0	121,9	95,9	106,6	125,4
Дуняша	2022 р.		33,0 ± 1,1	36,1 ± 1,3*	40,2 ± 1,4*	38,0 ± 1,2*	40,5 ± 1,5*
	2023 р.		32,8 ± 1,2	36,3 ± 1,2*	40,1 ± 1,5*	37,9 ± 1,3*	40,4 ± 1,4*
	2024 р.		33,2 ± 1,3	36,5 ± 1,3*	40,3 ± 1,4*	38,2 ± 1,2*	40,6 ± 1,5*
	середнє	мг/г	33,0 ± 1,2	36,3 ± 1,3*	40,2 ± 1,4*	38,0 ± 1,2*	40,5 ± 1,5*
		% до контролю	100,0	110,0	121,8	115,1	122,7

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем (p < 0,05)

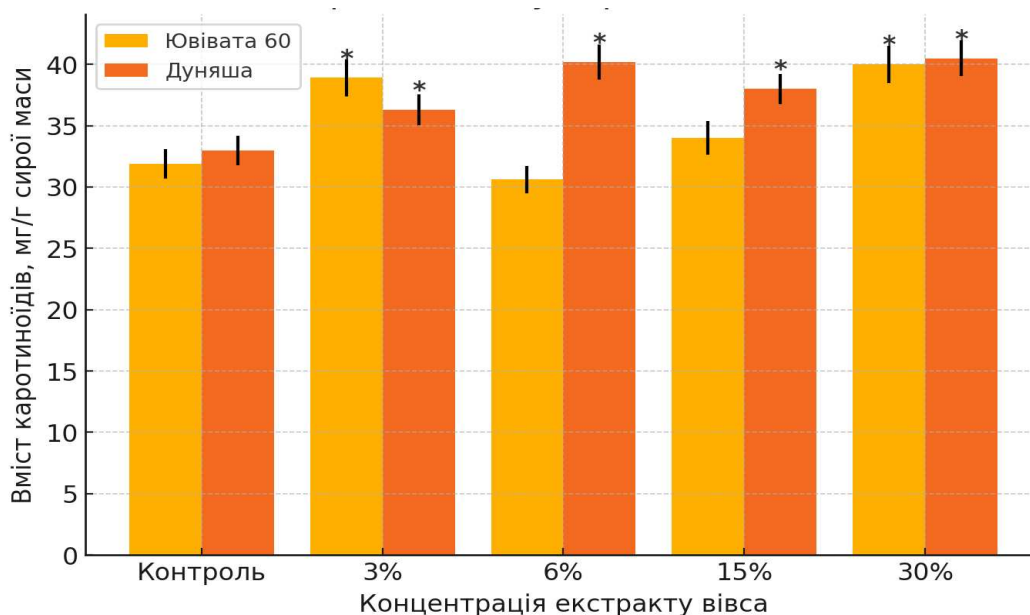


Рис. 5.1. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст каротиноїдів в пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша, мг/г сирогої маси (середнє за 2022-2024 рр.)

Слід зазначити, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса також позитивно впливала на вміст білка в зерні пшениці озимої (табл. 5.2, рис. 5.2). Максимальний вміст білка в зерні пшениці сорту Ювівата 60 був зафіксований при використанні 30 % екстракту та становив 4,27 мг/г, що на 17,6 % перевищувало контрольне значення. Застосування 15 % екстракту вівса для обробки насіння перед посівом сприяло підвищенню вмісту білка в зерні пшениці зазначеного сорту на 14,8 %, тоді як застосування 6 % екстракту вівса для передпосівної обробки насіння підвищило цей показник на 16,5 %, порівнюючи з показниками контролю. У зерні пшениці озимої сорту Дуняша вміст білка також зростав під впливом передпосівної обробки насіння екстрактом вівса. Максимальний вміст білка в зерні пшениці зазначеного сорту зафіксовано при застосуванні 30 % екстракту – 4,43 мг/г, що на 18,7 % перевищувало контроль (табл. 5.2, рис. 5.2). Використання 15 % екстракту для передпосівної обробки насіння пшениці забезпечило приріст

білка в зерні на 16,0 %, а 6 % – на 16,0 %, порівнюючи з показниками контролю.

Таблиця 5.2.

Вміст білка в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки екстрактом вівса посівного, мг/г сирої маси (середнє за 2022-2024 рр.)

Дослідні сорти пшениці озимої	Роки проведення дослідів		Варіанти дослідів				
			Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2		3	4	5	6	7
Ювівата 60	2022 р.		3,60 ± 0,06	3,90 ± 0,13*	4,20 ± 0,14*	4,10 ± 0,13*	4,20 ± 0,18*
	2023 р.		3,70 ± 0,14	3,90 ± 0,06	4,30 ± 0,08*	4,20 ± 0,06*	4,30 ± 0,06*
	2024 р.		3,60 ± 0,08	3,80 ± 0,07*	4,20 ± 0,17*	4,20 ± 0,14*	4,30 ± 0,16*
	середнє	мг/г	3,63 ± 0,09	3,87 ± 0,08*	4,23 ± 0,13*	4,17 ± 0,11*	4,27 ± 0,13*
		% до конт. ролю	100,0	106,6	116,5	114,8	117,6
Дуняша	2022 р.		3,70 ± 0,05	4,00 ± 0,12*	4,40 ± 0,05*	4,30 ± 0,11*	4,40 ± 0,07*
	2023 р.		3,70 ± 0,05	4,00 ± 0,18*	4,30 ± 0,13*	4,40 ± 0,14*	4,50 ± 0,2*
	2024 р.		3,80 ± 0,19	4,10 ± 0,16	4,30 ± 0,14*	4,30 ± 0,16*	4,40 ± 0,18*
	середнє	мг/г	3,73 ± 0,09	4,03 ± 0,14*	4,33 ± 0,10*	4,33 ± 0,13*	4,43 ± 0,15*
		% до конт. ролю	100,0	108,0	116,0	116,0	118,7

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

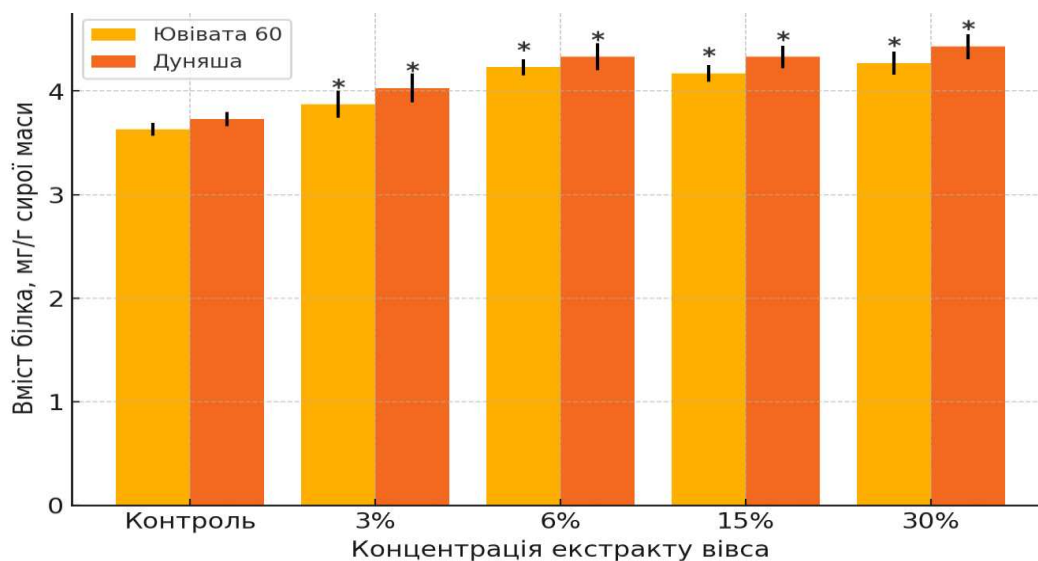


Рис. 5.2. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст білка в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша, мг/г сирі маси (середнє за 2022-2024 рр.)

* *Примітка.* Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

Підсумовуючи результати (табл. 5.2, табл. 5.3), можна констатувати, що підвищення рівня каротиноїдів у зерні пшениці озимої може бути пов'язане з активізацією синтезу цих сполук під впливом антиоксидантів та фітогормонів, що містяться в екстракті вівса. Відомо, що аскорбінова кислота та флавоноїди, які входять до складу екстракту вівса, сприяють зниженню рівня окислювального стресу, що створює сприятливі умови для накопичення каротиноїдів у зерні. Крім того, наявність гіберелінів та ауксинів в екстракті може впливати на експресію генів, які беруть участь у біосинтезі каротиноїдів, що сприяє покращенню фотозахисних властивостей зерна [12; 14; 17]. Також очевидне збільшення вмісту білка в зерні може бути наслідком стимуляції азотного метаболізму, оскільки екстракт вівса містить значну кількість амінокислот, зокрема фенілаланіну та триптофану, які є попередниками білкових молекул. Окрім цього, присутність фітогормонів,

таких як етилен, може сприяти збільшенню активності ферментних систем, що відповідають за синтез білків у зерні [9; 10].

5.2. Вміст крохмалю та цукрів у зерні пшениці озимої сортів Дуняша та Ювівата 60 за передпосівної обробки зерна екстрактом вівса посівного

Основними компонентами зерна пшениці озимої є крохмаль, дисахариди та моносахариди, які формують енергетичну основу продукту та впливають на його смакові характеристики, хлібопекарські властивості та придатність до різних технологічних процесів. А крохмаль є основним запасним вуглеводом зерна, його розщеплення під час проростання насіння забезпечує енергію для розвитку рослин, а цукри (моносахариди та дисахариди) відіграють ключову роль у регуляції обміну речовин і впливають на швидкість проростання, синтез вторинних метаболітів та адаптацію рослин до умов середовища [8; 11].

Передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного може впливати на вуглеводний склад зерна завдяки активізації ферментативних систем, пов'язаних з метаболізмом крохмалю та цукрів. Антиоксиданти, флавоноїди та фітогормони, що містяться у екстракті, можуть регулювати процеси розщеплення крохмалю, синтезу дисахаридів та накопичення моносахаридів, що сприяє покращенню технологічних характеристик зерна.

Дослідження показали, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного сприяє підвищенню вмісту крохмалю в зерні пшениці озимої (табл. 5.3, рис. 5.3). Максимальний вміст крохмалю в зерні пшениці сорту Ювівата 60 був зафіксований при використанні 30 % екстракту вівса для передпосівної обробки насіння й становив 329,0 мг/г, що на 10,0 % перевищувало показники контролю. Використання 15 % екстракту вівса для обробки насіння перед посівом сприяло збільшенню вмісту крохмалю в зерні

пшениці сорту Ювівата 60 на 9,0 %, тоді як застосування 6 % екстракту забезпечило приріст на 10,7 %, порівнюючи з показниками контролю.

Таблиця 5.3.

Вміст крохмалю в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки екстрактом вівса посівного, мг/г сирої маси (середнє за 2022-2024 рр.)

Дослідні сорти пшениці озимої	Роки проведенн я дослідів		Варіанти досліду				
			Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2	3	4	5	6	7	
Ювівата 60	2022 р.		300,0 ± 7,0	310,0 ± 3,7	330,0 ± 7,4*	325,0 ± 3,0*	328,0 ± 3,6*
	2023 р.		298,1 ± 4,0	312,2 ± 7,5*	332,0 ± 5,6*	327,0 ± 7,4*	330,0 ± 4,4*
	2024 р.		299,1 ± 5,7	311,1 ± 6,0*	331,0 ± 7,0*	326,0 ± 6,5*	329,0 ± 5,0*
	середнє	мг/г	299,1 ± 5,5	311,1 ± 5,7*	331,0 ± 6,6*	326,0 ± 5,6*	329,0 ± 4,3*
		% до конт ролю	100,0	104,0	110,7	109,0	110,0
Дуняша	2022 р.		295,0 ± 7,1	305,1 ± 7,0	320,0 ± 4,3*	318,0 ± 7,2*	323,0 ± 7,2
	2023 р.		296,3 ± 7,3	307,3 ± 7,8	322,1 ± 4,5*	319,0 ± 6,6*	325,0 ± 7,7
	2024 р.		297,0 ± 4,6	306,0 ± 7,4	321,1 ± 4,8*	318,0 ± 8,0*	324,0 ± 3,6
	середнє	мг/г	296,1 ± 6,3	306,1 ± 7,4	321,1 ± 4,5*	318,3 ± 7,2*	324,0 ± 6,1*
		% до конт ролю	100,0	108,0	116,0	116,0	118,7

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем (p < 0,05)

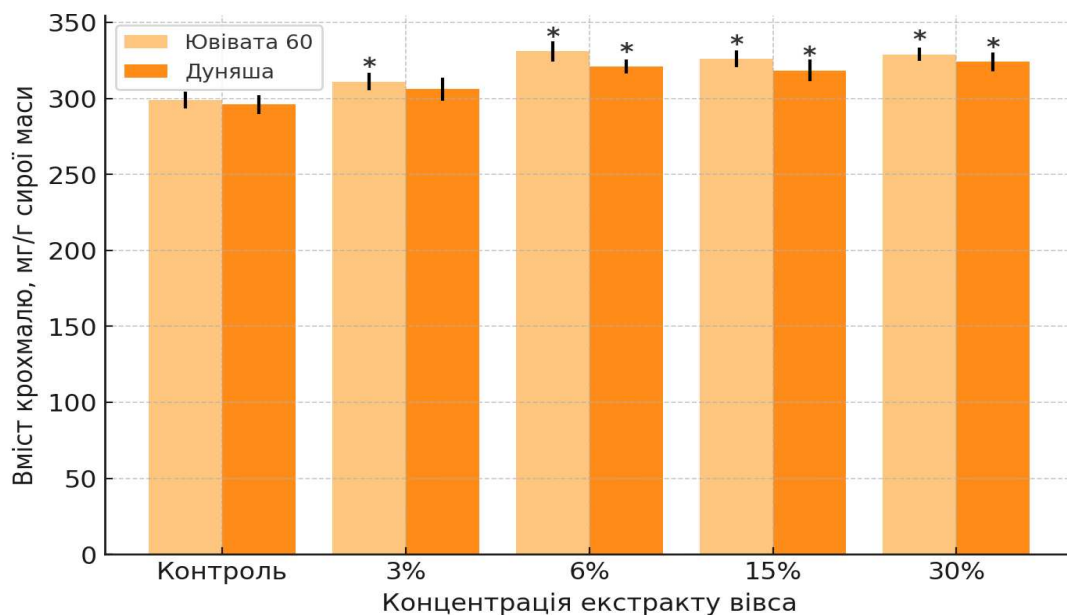


Рис. 5.3. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст крохмалю в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша, мг/г сирової маси (середнє за 2022-2024 рр.)

* *Примітка.* Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

Найвищий вміст крохмалю в зерні пшениці сорту Дуняша зафіксовано при застосуванні 30 % екстракту – 324,0 мг/г, що на 9,6 % перевищувало показники контролю. Застосування 15 % екстракту вівса для передпосівної обробки насіння пшениці забезпечило приріст крохмалю в зерні на 8,0 %, а 6 % екстракту – на 8,5 %, порівнюючи з показниками контролю (табл. 5.3, рис. 5.3).

Передпосівна обробка насіння екстрактом вівса також впливала на вміст моносахаридів (табл. 5.4, рис. 5.4). Використання 30 % екстракту вівса для передпосівної обробки насіння забезпечило значний приріст вмісту моносахаридів, перевищуючи показники контролю на 12,6 %. При застосуванні 6 % та 3 % екстракту вівса для передпосівної обробки вміст моносахаридів у зерні пшениці сорту Ювівата 60 підвищився на 22,6% та 12,1 %, порівнюючи з показниками контролю відповідно.

Таблиця 5.4.

Вміст моносахаридів у зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки екстрактом вівса посівного, мг/г сирої маси (середнє за 2022-2024 рр.)

Дослідні сорти пшениці озимої	Роки проведенн я дослідів		Варіанти дослідів				
			Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2		3	4	5	6	7
Ювівата 60	2022 р.		79,4 ± 0,5	84,6 ± 1,2*	97,4 ± 1,7*	100,3 ± 0,6*	90,1 ± 1,0*
	2023 р.		79,5 ± 1,7	86,3 ± 1,1*	98,8 ± 1,0*	101,5 ± 1,8*	90,7 ± 1,3*
	2024 р.		80,6 ± 1,8	86,7 ± 0,8*	97,6 ± 0,7*	98,3 ± 0,9*	89,0 ± 0,7*
	середнє	мг/г	79,8 ± 1,3	85,9 ± 1,0*	97,9 ± 1,1*	100,0 ± 1,1*	89,9 ± 1,0*
		% до конт ролю	100,0	112,1	122,6	125,3	112,6
Дуняша	2022 р.		69,5 ± 0,9	79,8 ± 1,1*	94,2 ± 0,8*	83,5 ± 1,4*	84,6 ± 1,1*
	2023 р.		72,5 ± 0,9	80,7 ± 1,9*	94,5 ± 1,9*	83,8 ± 0,9*	85,3 ± 1,4*
	2024 р.		71,5 ± 2,0	81,3 ± 0,7*	93,4 ± 0,7*	82,8 ± 0,8*	83,6 ± 0,5*
	середнє	мг/г	71,2 ± 1,3	80,6 ± 1,2*	94,0 ± 1,1*	83,4 ± 1,0*	84,5 ± 1,0*
		% до конт ролю	100,0	113,2	132,0	117,1	118,6

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем (p < 0,05)

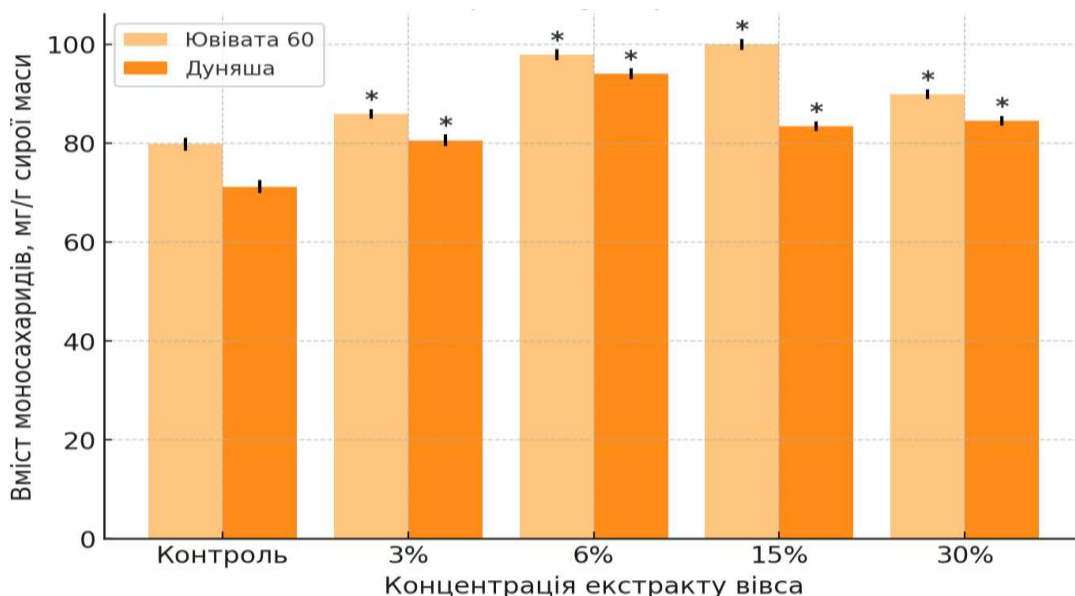


Рис. 5.4. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст моносахаридів у зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша, мг/г сирової маси (середнє за 2022-2024 рр.)

* *Примітка.* Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

Найвищий вміст моносахаридів у зерні пшениці сорту Дуняша був зафіксований при використанні для передпосівної обробки насіння 6% екстракту та становив 94,0 мг/г, що на 32,0 % перевищувало показники контролю (табл. 5.4, рис. 5.4). Використання 30 % та 15 % екстракту для обробки насіння перед посівом сприяло підвищенню цього показника на 18,6 % та 17,1 %, порівняно з показниками контролю відповідно.

Аналіз вмісту дисахаридів у зерні пшениці озимої показав, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса значно впливала на цей показник (табл. 5.5, рис. 5.5). У зерні пшениці сорту Ювівата 60 максимальний вміст дисахаридів зафіксовано за передпосівної обробки насіння перед посівом 15 % екстрактом вівса, який складав 186,6 мг/г, що на 23,3 % більше, ніж у контрольному варіанті. При застосуванні 30 % екстракту вівса для передпосівної обробки насіння вміст дисахаридів у зерні пшениці підвищився на 9,3 %, а передпосівна обробка насіння 6 %

екстрактом вівса сприяла приросту дисахаридів на 13,4 %, порівняно з показниками контролю.

Таблиця 5.5.

Вміст дисахаридів у зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки екстрактом вівса посівного, мг/г сирої маси (середнє за 2022-2024 рр.)

Дослідні сорти пшениці	Роки проведення дослідів		Варіанти дослідів				
			Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2		3	4	5	6	7
Ювівата 60	2022 р.		150,4 ± 5,3	160,7 ± 6,1	170,5 ± 7,0*	185,2 ± 4,1*	165,0 ± 5,0*
	2023 р.		152,1 ± 4,9	162,3 ± 6,5	172,8 ± 6,8*	188,0 ± 5,0*	166,5 ± 4,0*
	2024 р.		151,3 ± 5,0	161,8 ± 6,3*	171,9 ± 7,2*	186,5 ± 5,0*	164,8 ± 4,5*
	середнє	мг/г	151,3 ± 5,1	161,6 ± 6,3	171,7 ± 7,0*	186,6 ± 4,7*	165,4 ± 4,5*
		% до конт.ролю	100,0	106,8	113,4	123,3	109,3
Дуняша	2022 р.		165,5 ± 6,2	180,6 ± 7,4*	195,2 ± 7,8*	190,1 ± 5,1*	198,3 ± 5,3*
	2023 р.		167,0 ± 5,8	182,2 ± 7,0*	197,5 ± 7,9*	192,0 ± 4,5*	200,5 ± 5,0*
	2024 р.		166,8 ± 6,0	181,9 ± 7,2*	196,8 ± 8,0*	191,5 ± 5,0*	199,8 ± 4,3*
	середнє	мг/г	166,4 ± 6,0	181,6 ± 7,2*	196,5 ± 7,9*	191,2 ± 4,8*	199,5 ± 4,8*
		% до конт.ролю	100,0	109,1	118,1	114,9	119,8

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем (р < 0,05)

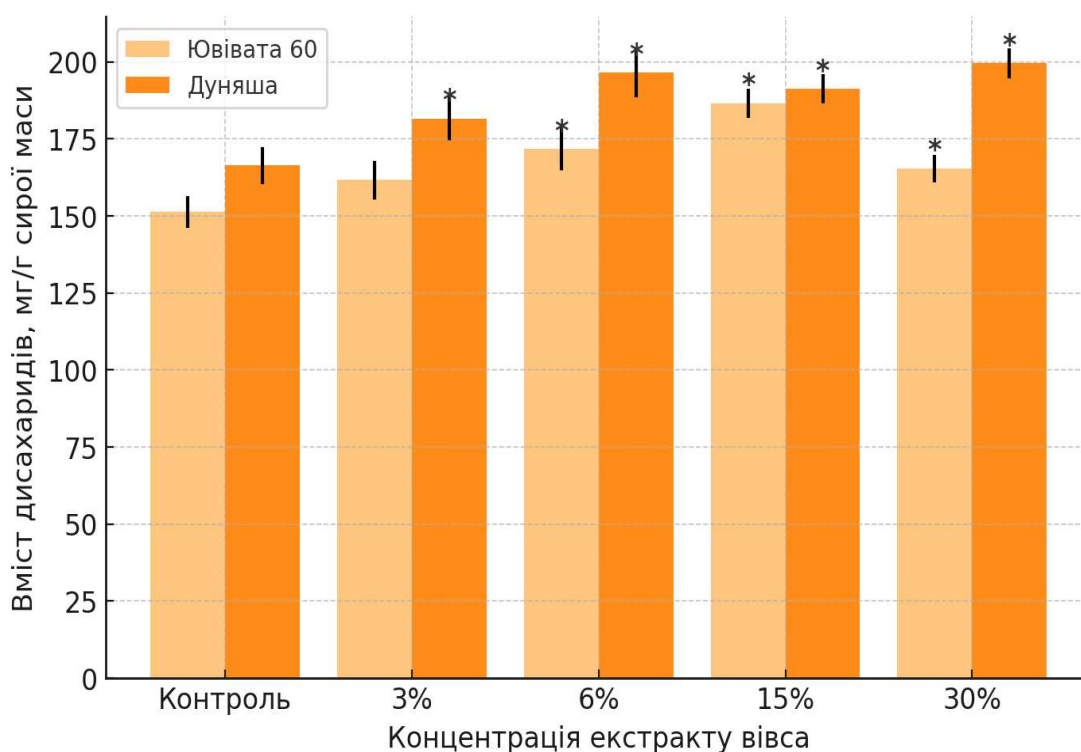


Рис. 5.5. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст дисахаридів в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша, мг/г сирової маси (середнє за 2022-2024 рр.)

* *Примітка.* Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

У зерні пшениці сорту Дуняша найбільше підвищення вмісту дисахаридів було зафіксовано при використанні для передпосівної обробки 30 % екстракту вівса та на 19,8 % перевищувало показники контролю (табл. 5.5, рис. 5.5). Використання 6 % та 15% екстракту вівса для обробки насіння пшениці перед посівом забезпечувало приріст дисахаридів у зерні на 18,1 % та 14,9 %, порівняно з показниками контролю відповідно. Найменше зростання дисахаридів у зерні пшениці сорту Дуняша спостерігалось за передпосівної обробки насіння 3 % екстрактом вівса та на 9,1 % перевищувало показники контролю.

Отже, передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного позитивно впливає на вуглеводний склад зерна пшениці озимої, що може бути зумовлено стимуляцією метаболізму під впливом фітогормонів та

біологічно активних речовин. Відомо, що ауксини та гібереліни впливають на обмін вуглеводів, сприяючи накопиченню крохмалю, тоді як активізація ферментних систем (амілаз) під впливом флавоноїдів сприяє розщепленню крохмалю до простих цукрів [16].

Отже, збільшення вмісту дисахаридів та моносахаридів у зерні пшениці озимої може бути зумовлене посиленням ферментативного гідролізу крохмалю та активацією транспортних механізмів, що регулюють розподіл цукрів у тканинах рослин [7; 8; 11]. Таким чином, отримані результати підтверджують, що передпосівна обробка 15 % та 30 % екстрактом вівса є найефективнішою для покращення вуглеводного складу зерна, що може мати важливе значення для підвищення його технологічних та харчових властивостей.

5.3. Активність ферментів антиоксидантної системи та гідролізу в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного

Антиоксидантна система рослин відіграє важливу роль у забезпеченні захисту клітин від оксидативного стресу, що може виникати під впливом різних стресових факторів, включаючи абіотичні та біотичні умови навколишнього середовища. Важливо пам'ятати, що основними ферментами антиоксидантної системи є каталаза, супероксиддисмутаза та аскорбатпероксидаза, які нейтралізують активні форми кисню та запобігають окислювальному пошкодженню клітинних структур [14; 15].

На основі наших досліджень, передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного стимулює активність цих ферментів завдяки наявності в його складі антиоксидантів, таких як флавоноїди, аскорбінова кислота та фенольні сполуки, які беруть участь у регуляції окисно-відновних процесів у клітинах рослин.

Каталаза є одним із ключових ферментів антиоксидантної системи, що каталізує розкладання перекису водню до води та молекулярного кисню, запобігаючи пошкодженню клітинних структур. Результати досліджень (табл. 5.6, рис. 5.6) показали, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса сприяє підвищенню активності каталази в зерні пшениці озимої.

Максимальна активність каталази в зерні пшениці сорту Ювівата 60 зафіксована при використанні для передпосівної обробки 30 % екстракту вівса та складала 3,05 од/мг білка, що на 276,5 % перевищувало показники контролю. Використання 15% екстракту вівса для передпосівної обробки насіння пшениці забезпечило приріст активності каталази в зерні на 127,2 %, а 6 % екстракту – на 144,4 %, порівняно з показниками контролю. Найменші зміни активності каталази були зафіксовані при використанні для обробки насіння перед посівом 3 % екстракту вівса, який збільшив активність ферменту на 46,9 %, порівняно з контролем.

Каталаза є одним із ключових ферментів антиоксидантної системи, що каталізує розкладання перекису водню до води та молекулярного кисню, запобігаючи пошкодженню клітинних структур. Результати досліджень (табл. 5.6, рис. 5.6) показали, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса сприяє підвищенню активності каталази в зерні пшениці озимої.

Таблиця 5.6.

Визначення активності каталази в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного, активних одиниць на мг білка (середнє за 2022-2024 рр.)

Дослідні сорти пшениці озимої	Роки проведення дослідів		Варіанти дослідів				
			Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2		3	4	5	6	7
Ювівата 60	2022 р.		0,80 ± 0,10	1,23 ± 0,15*	2,00 ± 0,20*	1,00 ± 0,10*	3,10 ± 0,25*
	2023 р.		0,82 ± 0,12	1,15 ± 0,14*	1,95 ± 0,22*	1,05 ± 0,10*	3,00 ± 0,30*
	2024 р.		0,81 ± 0,10	1,18 ± 0,13*	1,97 ± 0,20*	1,04 ± 0,12*	3,05 ± 0,27*
	середнє	од/мг	0,81 ± 0,11	1,19 ± 0,14*	1,97 ± 0,21*	1,03 ± 0,11*	3,05 ± 0,27*
		% до конт ролю	100,0	146,9	244,4	127,2	376,5
Дуняша	2022 р.		0.70 ± 0.10	0.85 ± 0.12	0.90 ± 0.13	1.20 ± 0.15*	1.10 ± 0.14*
	2023 р.		0.72 ± 0.12	0.87 ± 0.14	0.92 ± 0.15	1.23 ± 0.18*	1.12 ± 0.13*
	2024 р.		0.71 ± 0.10	0.86 ± 0.13	0.90 ± 0.14	1.21 ± 0.17*	1.23 ± 0.12*
	середнє	од/мг	0.71 ± 0.11	0.86 ± 0.13	0.91 ± 0.14	1.21 ± 0.16*	1.15 ± 0.13*
		% до конт ролю	100,0	121,1	128,1	170,4	161,9

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

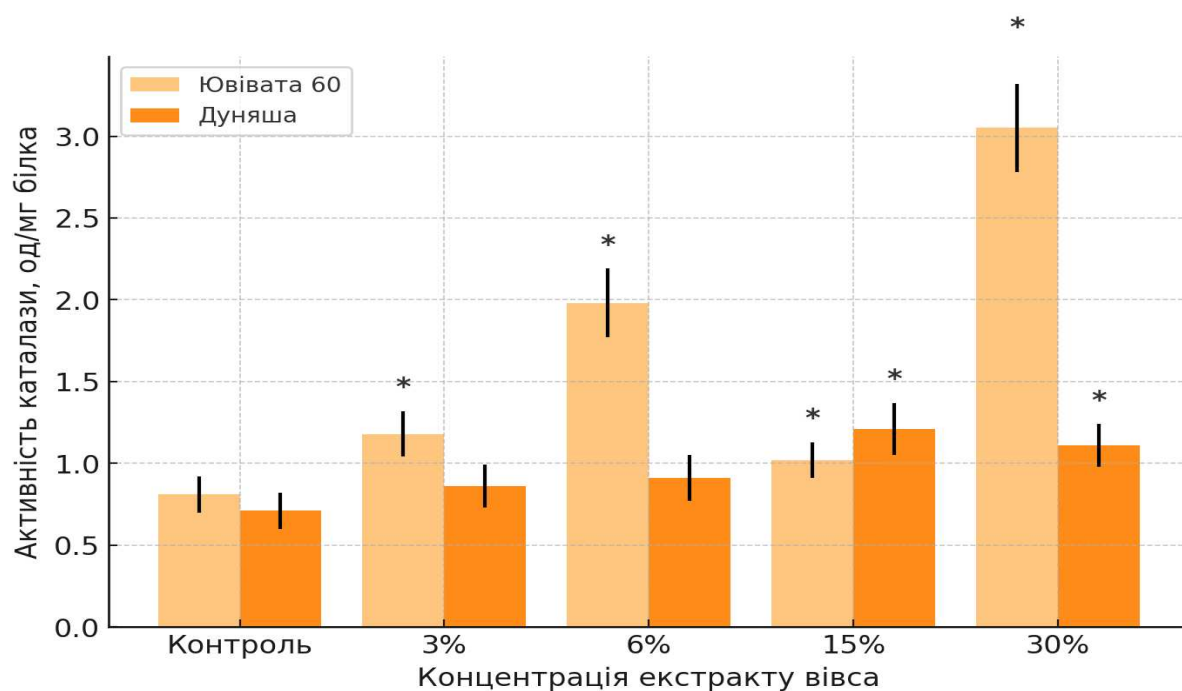


Рис. 5.6. Визначення активності каталази в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного, од/мг білка (середнє за 2022-2024 рр.)

* *Примітка.* Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

У зерні пшениці сорту Дуняша також спостерігалось підвищення активності каталази, однак максимальний рівень був зафіксований за передпосівної обробки 15 % екстрактом вівса та складав 1,21 од/мг білка, що на 70,4 % перевищувало контроль (табл. 5.6, рис. 5.6). Використання 30 % екстракту для обробки насіння пшениці перед посівом сприяло зростанню активності каталази в зерні на 61,9 %, а 6 % екстракту – на 28,1 %, порівняно з показниками контролю.

Ферменти α - та β -амілаза відіграють ключову роль у процесах гідролізу крохмалю та забезпечують мобілізацію вуглеводних запасів під час проростання зерна. Дослідження (табл. 5.7, рис. 5.7) показали, що передпосівна обробка екстрактом вівса посівного суттєво впливає на активність цих ферментів.

Так, у зерні пшениці озимої сорту Ювівата 60 максимальна активність α - та β -амілази була зафіксована при використанні для передпосівної обробки

15 % екстракту вівса та складала 0,95 од/мг білка, що на 120,9 % перевищувало показники контролю. Використання 30 % екстракту вівса для обробки насіння перед посівом також сприяло підвищенню активності амілаз на 95,3 %, а 6 % екстракт забезпечив збільшення активності зазначених ферментів на 79,1 %, порівняно з показниками контролю.

Таблиця 5.7.

Визначення активності α та β - амілази в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного, активних одиниць на мг білка (середнє за 2022-2024 рр.)

Дослідні сорти пшениці озимої	Роки проведення дослідів		Варіанти дослідів				
			Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2		3	4	5	6	7
Ювівата 60	2022 р.		0,40 $\pm$ 0,05	0,65 $\pm$ 0,07*	0,77 $\pm$ 0,08*	0,98 $\pm$ 0,09*	0,84 $\pm$ 0,07*
	2023 р.		0,42 $\pm$ 0,06	0,62 $\pm$ 0,08*	0,80 $\pm$ 0,09*	0,93 $\pm$ 0,10*	0,82 $\pm$ 0,08*
	2024 р.		0,47 $\pm$ 0,05	0,61 $\pm$ 0,07*	0,76 $\pm$ 0,08*	0,94 $\pm$ 0,09*	0,88 $\pm$ 0,07*
	середнє	од/мг	0,43 $\pm$ 0,05	0,62 $\pm$ 0,07*	0,77 $\pm$ 0,08*	0,95 $\pm$ 0,09*	0,84 $\pm$ 0,07*
		% до конт.ролю	100,0	144,2	179,1	220,9	195,3
Дуняша	2022 р.		0,51 $\pm$ 0,06	0,68 $\pm$ 0,12	0,75 $\pm$ 0,09*	0,85 $\pm$ 0,10*	0,83 $\pm$ 0,09*
	2023 р.		0,52 $\pm$ 0,07	0,60 $\pm$ 0,09	0,72 $\pm$ 0,10*	0,87 $\pm$ 0,11*	0,95 $\pm$ 0,10*
	2024 р.		0,54 $\pm$ 0,06	0,69 $\pm$ 0,08*	0,73 $\pm$ 0,09*	0,90 $\pm$ 0,10*	0,91 $\pm$ 0,09*

Продовження таблиці 5.7.

1	2		3	4	5	6	7
	Середнє	од/мгг	0,52 ± 0,06	0,65 ± 0,10	0,73 ± 0,09*	0,87 ± 0,10*	0,89 ± 0,09*
		% до конт ролю	100,0	125,0	140,3	167,3	171,1

* Примітка. Різниця достовірна, порівняно з контролем (р <0,05)

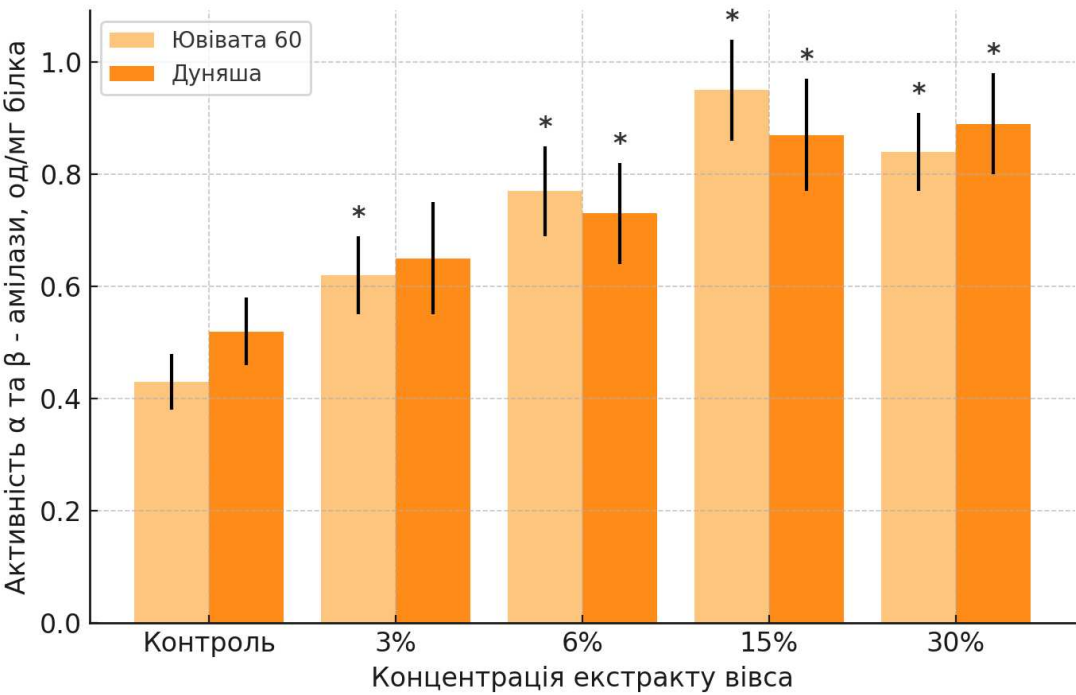


Рис. 5.7. Визначення активності α та β - амілази в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного, од/мг білка (середнє за 2022-2024 рр.)

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем (р <0,05)

При застосуванні 3 % екстракту вівса для передпосівної обробки насіння пшениці активність ферментів у зерні зросла на 44,2 %. У зерні пшениці сорту Дуняша максимальний вміст активності амілаз був відзначений при застосуванні 30 % екстракту для передпосівної обробки і

складав 0,89 од/мг білка, що на 71,1 % перевищував показники контролю. Використання 15 % екстракту вівса для передпосівної обробки сприяло підвищенню активності ферментів у зерні сорту Дуняша на 67,3 %, а 6 % екстракту – на 40,3 % (табл. 5.7, рис. 5.7).

Аскорбатпероксидаза є одним головних ферментів антиоксидантної системи, що бере участь у системі антиоксидантного захисту рослин. Вона каталізує розкладання перекису водню, використовуючи аскорбінову кислоту як електронний донор. Дослідження (табл. 5.8, рис. 5.8) продемонстрували, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса суттєво впливає на активність цього ферменту в зерні пшениці озимої.

У зерні пшениці сорту Ювівата 60 максимальна активність аскорбатпероксидази була зафіксована при використанні 30 % екстракту й складала 1,60 од/мг білка, що на 162,2 % перевищувало показники контролю. Використання 15 % екстракту віса для обробки насіння пшениці перед посівом забезпечило збільшення активності цього ферменту на 142,6 %, а 6 % – на 106,5 %, порівняно з показниками контролю.

У зерні пшениці сорту Дуняша (табл. 5.8, рис. 5.8), активність аскорбатпероксидази також зростала, досягаючи максимуму при застосуванні 15 % екстракту вівса для передпосівної обробки насіння і складала 1,62 од/мг білка, що на 125,0 % перевищувало контрольні показники. Використання 30 % екстракту вівса для обробки насіння перед посівом сприяло збільшенню активності аскорбатпероксидази в зерні на 111,0 %, а 6 % – на 75,0 %, порівняно з показниками контролю.

Отже, передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного сприяє підвищенню активності антиоксидантних ферментів у зерні пшениці озимої. Це може бути зумовлено присутністю в екстракті антиоксидантів (флавоноїдів, вітаміну С) та фітогормонів, які регулюють окисно-відновні процеси в рослинах. Збільшення активності каталази можна пояснити підвищеним синтезом ферменту у відповідь на дію ауксинів та етилену, які містяться в екстракті вівса [16; 19].

Таблиця 5.8.

Активність аскорбатпероксидази в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного, активних одиниць на мг білка (середнє за 2022-2024 рр.)

Дослідні сорти пшениці озимої	Роки проведенн я дослідів		Варіанти дослідів				
			Контроль	3% екстракт вівса	6% екстракт вівса	15% екстракт вівса	30% екстракт вівса
1	2		3	4	5	6	7
Ювівата 60	2022 р.		0,62 ± 0,08	1,00 ± 0,12*	1,22 ± 0,15*	1,40 ± 0,13*	1,67 ± 0,14*
	2023 р.		0,62 ± 0,09	1,10 ± 0,13*	1,31 ± 0,16*	1,59 ± 0,14*	1,60 ± 0,12*
	2024 р.		0,60 ± 0,08	1,15 ± 0,10*	1,25 ± 0,15*	1,45 ± 0,10*	1,55 ± 0,15*
	середнє	од/мг	0,61 ± 0,08	1,08 ± 0,11*	1,26 ± 0,15*	1,48 ± 0,12*	1,60 ± 0,14*
		% до конт ролю	100,0	177,0	206,5	242,6	262,2
Дуняша	2022 р.		0,75 ± 0,10	1,11 ± 0,15*	1,41 ± 0,12*	1,60 ± 0,21*	1,17 ± 0,17*
	2023 р.		0,72 ± 0,09	0,92 ± 0,13*	1,02 ± 0,10*	1,65 ± 0,15*	1,71 ± 0,15*
	2024 р.		0,71 ± 0,08	0,94 ± 0,15*	1,05 ± 0,12*	1,62 ± 0,15*	1,68 ± 0,09*
	середнє	од/мг	0,72 ± 0,09	0,99 ± 0,14*	1,26 ± 0,11*	1,62 ± 0,17*	1,52 ± 0,14*
		% до конт ролю	100,0	137,5	175,0	225,0	211,0

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем (p < 0,05)

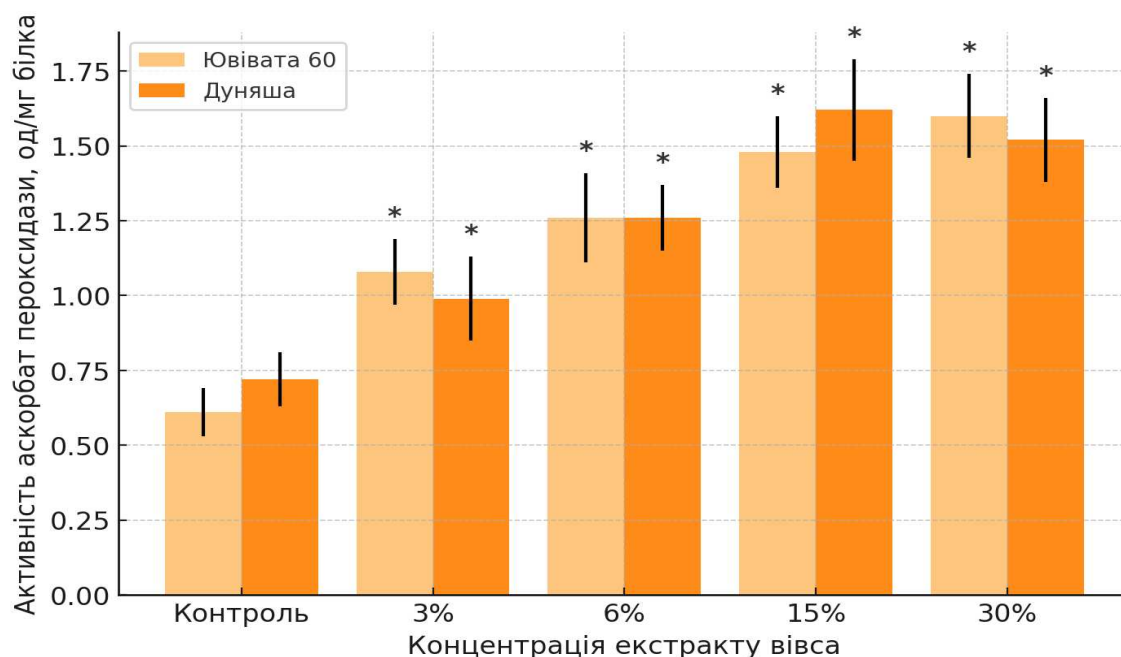


Рис. 5.8. Визначення активності аскорбатпероксидази в зерні пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного, од/мг білка (середнє за 2022-2024 рр.)

* *Примітка.* Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

Високий рівень активності амілаз може бути пов'язаний із покращенням регуляції вуглеводного обміну під впливом гіберелінів, які стимулюють мобілізацію запасних речовин. Посилення активності аскорбатпероксидази вказує на активацію антиоксидантного захисту рослин, що сприяє їх стійкості до стресових умов [13; 14]. Дослідження свідчать, що зерно з високим вмістом білка та збалансованим рівнем амілаз має покращену якість клейковини, яка відповідає стандартам хлібопекарської промисловості. Наприклад, після оптимальної передпосівної підготовки та регуляції росту вміст білка в зерні може досягати 12,8–14,5%, а клейковини – 25–32%, що забезпечує високу якість кінцевої продукції. Таким чином, контроль активності амілаз є важливим фактором у формуванні якісного зерна та борошна. Вплив гіберелінів на активність цих ферментів може бути

використаний як агротехнічний прийом для регулювання якісних характеристик зерна, що дозволяє отримувати високоякісний хлібопекарський продукт [18].

5.4. Амінокислотний склад зерна пшениці озимої сортів Ювіата 60 та Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного

Дослідження амінокислотного складу білка є важливим з точки зору підвищення харчової цінності, оскільки амінокислоти відіграють ключову роль у синтезі білків, формуванні функціональних та структурних компонентів клітин, а також у метаболізмі рослин. Наявність незамінних амінокислот, таких як триптофан, лізин, фенілаланін та аргінін, визначає поживну цінність зерна, а їхній вміст може змінюватися під впливом агротехнічних заходів, зокрема передпосівної обробки насіння біологічно активними сполуками [20; 21].

У ході досліджень стало зрозуміло, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного може впливати на вміст амінокислот у зерні шляхом регуляції процесів білкового синтезу та метаболізму азоту. Фітогормони, амінокислоти та антиоксиданти, що містяться у екстракті, можуть стимулювати або пригнічувати синтез певних амінокислот залежно від концентрації застосованого екстракту та фізіологічного стану рослин.

За результатами досліджень кількісного амінокислотного складу (табл. 5.9) маємо, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса впливала на вміст амінокислот у зерні пшениці сорту Ювіата 60. Найбільше зростання спостерігалось за вмістом аланіну (на 28,3 % при застосуванні 30 % екстракту вівса) та аспарагінової кислоти (на 22,1 % при застосуванні 30 % екстракту вівса), що може бути пов'язано з активізацією синтезу білків та амінокислотного обміну. Також значне зростання відзначалося фенілаланіну (на 11,6 %) та ізолейцину (на 12,2 %), порівнюючи з показниками контролю в

зерні пшениці сорту Ювіата 60 за передпосівної обробки насіння вище зазначеною концентрацією вівса. Однак, вміст деяких амінокислот, таких як триптофан, таурин мали тенденцію до зниження або наближалися до контрольних значень вмісту при застосуванні 3 % та 6 %-го екстракту вівса для передпосівної обробки насіння, що може бути пов'язано з перерозподілом азотних ресурсів у бік синтезу інших незамінних амінокислот, необхідних для швидкого росту та розвитку рослин.

Таблиця 5.9.

**Кількісне визначення амінокислот в зерні пшениці озимої сорту
Ювіата 60 за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса
посівного, мг/г білка (середнє за 2022-2024 рр.)**

Амінокислота	Концентрація екстракту вівса				
	Контроль	3%	6%	15%	30%
Аланін	3,21 ± 0,12	3,45 ± 0,12	3,56 ± 0,10*	3,78 ± 0,13*	4,12 ± 0,15*
Аргінін	3,88 ± 0,11	3,82 ± 0,14	3,67 ± 0,13	4,05 ± 0,05*	4,33 ± 0,16*
Аспарагінова кислота	3,75 ± 0,13	4,23 ± 0,15*	4,10 ± 0,14*	4,42 ± 0,16*	4,58 ± 0,17*
Гістидин	2,76 ± 0,10	2,89 ± 0,10	2,77 ± 0,09	3,00 ± 0,11*	3,12 ± 0,12*
Гліцин	3,44 ± 0,12	3,55 ± 0,13	3,48 ± 0,12	3,71 ± 0,14*	3,85 ± 0,15*
Ізолейцин	2,45 ± 0,09	2,89 ± 0,11*	2,77 ± 0,10*	3,00 ± 0,12*	3,12 ± 0,13*
Триптофан	1,92 ± 0,07	2,10 ± 0,09*	2,00 ± 0,08	2,18 ± 0,10*	2,31 ± 0,11*
Орнітин	2,37 ± 0,09	2,61 ± 0,10*	2,53 ± 0,09*	2,75 ± 0,11*	2,88 ± 0,12*
Таурин	1,75 ± 0,06	1,78 ± 0,07	1,70 ± 0,06	1,88 ± 0,08	2,00 ± 0,09*
Глутамінова кислота	4,89 ± 0,05	4,93 ± 0,04	5,20 ± 0,05*	5,18 ± 0,06*	5,28 ± 0,11*

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

Аналогічні тенденції щодо вмісту амінокислот спостерігалися в зерні пшениці сорту Дуняша (табл. 5.10). Найбільший вміст глютамінової кислоти був у зерні пшениці за передпосівної обробки 30 % екстрактом вівса посівного, що на 14,3 % перевищив показники контролю. Ця амінокислота відіграє центральну роль у метаболізмі азоту та є попередником для синтезу інших амінокислот. Вміст аланіну та аспарагінової кислоти в зерні пшениці сорту Дуняша також зростав, досягаючи максимуму за передпосівної обробки насіння 30 % екстрактом вівса.

Водночас рівень орнітину за передпосівної обробки насіння пшениці 6 % розчином екстракту вівса був на рівні контрольних значень, що може бути пов'язано з інгібуванням його синтезу через перерозподіл азотних сполук на користь інших метаболічних шляхів. Подібна тенденція спостерігалася й для таурину, який відіграє важливу роль у регуляції осмотичного тиску клітин, але його вміст збільшувався на 9,1 %, порівнюючи з контролем за передпосівної обробки 30 % екстракту вівса посівного.

Отже, передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного суттєво впливає на амінокислотний склад зерна пшениці озимої, сприяючи підвищенню рівня більшості незамінних амінокислот, необхідних для білкового обміну. Найбільш значні зміни були відзначені у вмісті аланіну, аспарагінової та глютамінової кислот, що свідчить про активацію метаболічних процесів, пов'язаних із засвоєнням азоту [23].

Вибіркове зменшення вмісту або приблизна кількісна рівність порівняно з контрольними значеннями триптофану, орнітину та таурину при високих концентраціях екстракту може бути зумовлене перерозподілом ресурсів у бік синтезу інших амінокислот або пригніченням їхнього біосинтезу через надлишок стимуляторів росту.

Таблиця 5.10.

Кількісне визначення амінокислот в зерні пшениці озимої сорту Дуняша за передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного, мг/г білка (середнє за 2022-2024 рр.)

Амінокислота	Концентрація екстракту вівса				
	Контроль	3%	6%	15%	30%
Аланін	3,11 ± 0,10	3,39 ± 0,11*	3,42 ± 0,12*	3,65 ± 0,13*	3,98 ± 0,14*
Аргінін	3,72 ± 0,13	3,69 ± 0,12	3,78 ± 0,11	3,77 ± 0,07	4,02 ± 0,05*
Аспарагінова кислота	3,64 ± 0,11	4,05 ± 0,14*	3,99 ± 0,13*	4,22 ± 0,15*	4,45 ± 0,16*
Гістидин	2,63 ± 0,09	2,79 ± 0,09	2,69 ± 0,08	2,95 ± 0,10*	3,05 ± 0,12*
Гліцин	3,32 ± 0,11	3,47 ± 0,12	3,41 ± 0,11	3,62 ± 0,13*	3,78 ± 0,14*
Ізолейцин	2,38 ± 0,08	2,75 ± 0,10*	2,68 ± 0,09*	2,91 ± 0,11*	3,05 ± 0,13*
Триптофан	1,85 ± 0,06	2,05 ± 0,08*	1,97 ± 0,07	2,12 ± 0,09*	2,26 ± 0,10*
Орнітин	2,30 ± 0,08	2,50 ± 0,09*	2,45 ± 0,08	2,67 ± 0,10*	2,81 ± 0,11*
Таурин	1,68 ± 0,05	1,75 ± 0,06	1,68 ± 0,05	1,85 ± 0,07*	1,98 ± 0,08*
Глутамінова кислота	4,75 ± 0,05	4,78 ± 0,11	4,93 ± 0,13	4,91 ± 0,06*	5,03 ± 0,03*

* Примітка. Різниця достовірна, порівнюючи з контролем ($p < 0,05$)

Відомо, що баланс амінокислот залежить від активності ферментних систем, що регулюють обмін азотистих сполук, а фітогормони, такі як ауксини та гібереліни, можуть змінювати пріоритети синтезу певних амінокислот у зерні [18].

Таким чином, передпосівна обробка 15% та 30% екстрактом вівса є найбільш ефективною для підвищення вмісту незамінних амінокислот у зерні, що може мати важливе значення для покращення поживної цінності та біологічної повноцінності продукції.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Передпосівна обробка насіння екстрактом вівса сприяє підвищенню вмісту каротиноїдів і білка в зерні пшениці озимої. У пшениці сорту озимої Ювівата 60 максимальний рівень каротиноїдів у зерні був зафіксований при використанні 30% екстракту і становив 40,0 мг/г, що на 25,4% перевищувало показники контролю. Передпосівна обробка 6% та 30% екстрактом вівса забезпечила приріст каротиноїдів у зерні пшениці сорту Дуняша на 21,8% та 22,7% порівняно з показниками контролю відповідно. Максимальний вміст білка в зерні пшениці сортів Ювівата 60 та Дуняша був зафіксований при використанні 30% екстракту. Підвищення вмісту білка та каротиноїдів у зерні зазначених сортів пов'язане з активізацією метаболічних процесів, регульованих фітогормонами та антиоксидантами, присутніми в екстракті.

2. Передпосівна обробка насіння сприяла підвищенню вмісту крохмалю в зерні пшениці, що пояснюється активацією процесів накопичення запасних речовин у зернівках. Найбільші прирости крохмалю в зерні пшениці сортів Ювівата 60 та Дуняша зафіксовані при застосуванні 30 % екстракту вівса для передпосівної обробки насіння та перевищували контрольні значення на 10,0 % та 9,6 % відповідно. У зерні пшениці сорту Ювівата 60 максимальний рівень моносахаридів був зафіксований при використанні 15 % екстракту і становив 100,0 мг/г, що на 25,3 % перевищувало показники контролю. Найвищий вміст моносахаридів у зерні пшениці сорту Дуняша був зафіксований при використанні для передпосівної обробки насіння 6 % екстракту. У зерні пшениці сорту Ювівата 60 максимальний вміст

дисахаридів зафіксовано за передпосівної обробки насіння перед посівом 15% екстрактом вівса, тоді як у зерні пшениці сорту Дуняша найбільше підвищення вмісту дисахаридів було зафіксовано при використанні для передпосівної обробки 30 % екстракту вівса. Збільшення рівня цих сполук свідчить про активізацію ферментативних процесів гідролізу крохмалю.

3. Обробка насіння екстрактом вівса значно підвищувала активність каталази, аскорбатпероксидази. Максимальна активність каталази в зерні пшениці сорту Ювівата 60 зафіксована при використанні для передпосівної обробки 30% екстракту вівса і складала 3,05 од/мг білка, що на 276,5 % перевищувало показники контролю. У зерні пшениці сорту Дуняша максимальна активність каталази була зафіксована за передпосівної обробки 15% екстрактом вівса і складала 1,21 од/мг білка, що на 70,4% перевищувало контроль. У зерні пшениці сорту Ювівата 60 максимальна активність аскорбатпероксидази була зафіксована при використанні 30% екстракту для обробки насіння перед посівом. У зерні пшениці сорту Дуняша активність аскорбатпероксидази також зростала, досягаючи максимуму при застосуванні 15% екстракту вівса для передпосівної обробки насіння. Збільшення активності ферментів антиоксидантної системи свідчить про покращення захисних механізмів рослин під впливом антиоксидантів і фенольних сполук.

4. Передпосівна обробка насіння екстрактом вівса суттєво впливала на активність α - та β -амілази, що відіграють ключову роль у процесах мобілізації запасних вуглеводів. Так, у зерні пшениці озимої сорту Ювівата 60 максимальна активність α - та β -амілази була зафіксована при використанні для передпосівної обробки 15% екстракту вівса, що на 120,9% перевищувало показники контролю. У зерні пшениці сорту Дуняша максимальна активність амілаз був відзначена при застосуванні 30% екстракту для передпосівної обробки і на 71,1% перевищила показники контролю. Посилення активності амілази пояснюється стимуляцією

ферментативного гідролізу крохмалю та покращенням доступності енергетичних ресурсів для розвитку рослин.

5. Також передпосівна обробка насіння впливала на рівень амінокислот у зерні, сприяючи збільшенню вмісту аланіну, аспарагінової та глютамінової кислот. Найбільші зміни були зафіксовані при застосуванні для передпосівної обробки 30% екстракту вівса посівного: аланін зріс на 28,3%, аспарагінова кислота – на 22,1%, глютамінова кислота – на 14,3%, порівнюючи з показниками контролю. Водночас рівень триптофану, орнітину та таурину в деяких варіантах обробки знижувався, що може бути пов'язано з перерозподілом азотних ресурсів та пригніченням їхнього синтезу у відповідь на надмірну стимуляцію інших метаболічних шляхів.

6. Таким чином, результати дослідження підтверджують ефективність передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного для покращення біохімічних характеристик зерна пшениці озимої.

7. 15% та 30% концентрації екстракту вівса посівного є оптимальними концентраціями для обробки насіння пшениці озимої перед посівом для підвищення якості зерна, зокрема покращення білкового та амінокислотного складу, накопичення каротиноїдів і вуглеводів, а також активацію ферментативної системи захисту рослин.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Amir R., Galili G. Metabolic regulation of proline and branched-chain amino acid synthesis. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 2012. №63. P. 499–517.
2. Apel K., Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 2004. №55. P. 373–399.
3. Bewley J., Black M. *Seeds. Physiology of Development and Germination*, 1994. №57. P. 1677–1684.

4. Chitnis V., Gao F., Yao Z., Jordan C. et al. After ripening induced transcriptional changes of hormonal genes in wheat seeds: the cases of brassinosteroids, ethylene, cytokinin and salicylic acid. *PLoS One*, 2014. №9. P. 875–880.
5. Finch-Savage W.E., Footitt S. Seed dormancy cycling and the regulation of dormancy mechanisms to time germination in variable field environments. *J. Exp. Bot.*, 2017. №68. P. 843–856.
6. Finkelstein R., Reeves W., Ariizumi T. Molecular aspects of seed dormancy. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 2008. №59. P. 387–415.
7. Galili G., Amir R. Amino acid metabolism in plants. *Plant Biol.*, 2013. №15. P. 1–7.
8. Galili G., Amir R. Amino acid metabolism in plants. *Plant Biol.*, 2013. №15. P. 1–7.
9. Gill S.S., Tuteja N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiol. Biochem.*, 2010. №48. P. 909–930.
10. Graeber K., Nakabayashi K., Miatton E. et al. Molecular mechanisms of seed dormancy. *Plant Cell Environ.*, 2012. №35. P. 1769–1786.
11. Hildebrandt T.M., Nunes Nesi A., Araujo W.L., Braun H.P. Amino acid catabolism in plants. *Mol. Plant*, 2015. №8. P. 1563–1579.
12. Hildebrandt T.M., Nunes Nesi A., Araujo W.L., Braun H.P. Amino acid catabolism in plants. *Mol. Plant*, 2015. №8. P. 1563–1579.
13. Jander G., Joshi V. Aspartate-derived amino acid biosynthesis in higher plants. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 2010. №61. P. 89–112.
14. Jander G., Joshi V. Aspartate-derived amino acid biosynthesis in higher plants. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 2010. №61. P. 89–112.
15. Joshi V., Joung J.G., Fei Z., Jander G. Interdependence of threonine, methionine and isoleucine biosynthesis in plants. *Front. Plant Sci.*, 2010. №1. P. 29.
- Amir R., Galili G. Metabolic regulation of proline and branched-chain amino acid synthesis. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 2012. №63. P. 499–517.

16. Joshi V., Joung J.G., Fei Z., Jander G. Interdependence of threonine, methionine and isoleucine biosynthesis in plants. *Front. Plant Sci.*, 2010. №1. P. 29.
17. Kucera B., Cohn M., Leubner-Metzger G. Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Sci Res.*, 2005. №15. P. 281–307.
18. Liu A., Gao F., Kanno Y., Ayele B. Regulation of wheat seed dormancy by after-ripening is mediated by specific transcriptional switches that induce changes in seed hormone metabolism and signaling. *PloS One*, 2013. №8. P. 1344–1345.
19. Miransari M., Smith D. Plant hormones and seed germination. *Environ. Exp. Bot.*, 2014. №99. P. 111–123.
20. Mittler R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci.*, 2002. №7. P. 405–410.
21. Noctor G., Foyer C.H. Ascorbate and Glutathione: Keeping Active Oxygen Under Control. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 1998. №49. P. 249–279.
22. Santner A., Calderon-Villalobos L., Estelle M. Plant hormones are versatile chemical regulators of plant growth. *Nature Chem. Biol.*, 2009. №5. P. 301–307.
23. Sharma P., Jha A.B., Dubey R.S., Pessarakli M. Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. *J. Bot.*, 2012. №2012. P. 1–26.
24. Shu K., Liu X., Xie Q. et al. Two Faces of One Seed: Hormonal Regulation of Dormancy and Germination. *Mol. Plant*, 2016. №69. P. 34–45.

РОЗДІЛ 6 УЗАГАЛЬНЕННЯ

Сучасне сільське господарство вимагає розробки та впровадження інноваційних методів підвищення врожайності сільськогосподарських культур, що дозволяє забезпечити стабільне виробництво зернових у контексті глобальних змін клімату, зменшення родючості ґрунтів та зростання попиту на якісну продовольчу продукцію. Одним із ефективних методів є застосування природних біостимуляторів, що сприяють активації фізіолого-біохімічних процесів у рослинах, посиленню стійкості до стресових факторів та підвищенню якісних показників зерна. Використання екстрактів рослинного походження, зокрема екстракту вівса посівного, відкриває широкі можливості для оптимізації технологій вирощування озимої пшениці, зменшення залежності від синтетичних регуляторів росту та забезпечення екологічно чистого виробництва [10].

У дисертаційній роботі вперше досліджено кількісний та якісний склад екстракту вівса посівного. Установлено, що він містить широкий спектр біологічно активних речовин, включаючи ауксини, гібереліни, абсцизову кислоту, етилен, флавоноїди, каротиноїди, а також амінокислоти та макроелементи. Наявність цих компонентів пояснює його біостимулюючий вплив на ріст і розвиток рослин.

У дисертаційній роботі вперше з'ясовано особливості впливу передпосівної обробки насіння пшениці озимої сортів Ювівата 60 та Дуняша екстрактом вівса посівного на фізіолого-біохімічні показники росту й розвитку рослин, фотосинтетичний апарат, структуру врожаю та якість зерна.

З'ясовано, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного сприяє активізації процесів ризогенезу, що проявляється в збільшенні кількості коренів та їх лінійному росту. Так, найефективнішою виявилася обробка 30% екстрактом вівса насіння пшениці перед посівом, що забезпечувала збільшення кількості коренів у пшениці озимої сорту Ювівата 60 на 35,6% порівняно з показниками контролю у фазі весняного куціння та

на 37,6% у фазі виходу в трубку. У фазі весняного кущення та виходу в трубку максимальна кількість коренів пшениці озимої сорту Дуняша сформувалася за передпосівної обробки цією ж концентрацією вівса та перевищила показники контролю на 52,4% та 59,1% відповідно. Це підтверджує дію ауксинів, а зокрема індоліл-3-оцтової кислоти, яка містяться в екстракті вівса та стимулює поділ і диференціацію клітин кореневої системи [4; 5; 6].

У ході проведених досліджень встановлено, що передпосівна обробка насіння пшениці екстрактом вівса посівного сприяє підвищенню кількості сформованих рослин на одиницю площі. Найбільший ефект зафіксовано за передпосівної обробки насіння 30% екстрактом, що збільшило кількість сформованих рослин на одиницю площі пшениці сорту Ювівата 60 на 33% та на 35% для сорту Дуняша, порівнюючи з показниками контролю. Цей ефект екстракту вівса зумовлений наявністю в ньому біологічно активних речовин, які регулюють фітогормональний баланс, оптимізацію енергетичного обміну, стимуляцію ферментативної активності, посилення антиоксидантного захисту та укріплення клітинних мембран рослин [11].

На основі експериментальних досліджень та їх теоретичного аналізу нами встановлено, що застосування передпосівної обробки насіння 30% екстрактом вівса сприяло збільшенню площі листкової пластинки у фазі виходу в трубку на 94,5%, порівнюючи з показниками контролю для сорту Ювівата 60 та на 73,3% для сорту Дуняша. Збільшення площі листкової пластинки зазвичай прямо корелює зі збільшенням вмісту зелених фотосинтетичних пігментів. Найвищий вміст суми хлорофілів *a* і *b* спостерігався за передпосівної обробки насіння пшениці 30% екстрактом: у фазі виходу в трубку у тканинах листків пшениці сорту Ювівата 60 цей показник зріс на 99,1%, а у тканинах листків пшениці сорту Дуняша – на 112,7%, порівнюючи з показниками контролю. Це пов'язано з високим вмістом у складі екстракту вівса магнію, як одного з ключових елементів молекули хлорофілу та каротиноїдів, які в синергії допомагають активно

формувати молекули хлорофілу та захищати ці молекули від активних форм кисню [3].

Нами вперше встановлено, що передпосівна обробка насіння 30% екстрактом вівса підвищувала продуктивну кущистість пшениці сорту Ювівата 60 на 35,7%, порівнюючи з показниками контролю та на 44,0% – у сорту Дуняша. Більшість показників структури врожаю, таких як довжина колоса, кількість колосків, зерен у колосі та маса 1000 зерен також були найбільшими при застосуванні для передпосівної обробки насіння екстракту вівса цієї ж концентрації. Передпосівна обробка екстрактом вівса підвищує біологічну врожайність пшениці озимої. Для сорту Ювівата 60 максимальна врожайність була досягнута при застосуванні для передпосівної обробки насіння 30% екстракту та на 94,1% перевищила показники контролю. Для сорту Дуняша біологічна врожайність сягала 65,3 ц/га, що на 114,1% більше, ніж у контрольному варіанті [1; 2; 7; 9].

У дисертаційній роботі з'ясовано, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного суттєво впливала на вміст каротиноїдів у зерні пшениці озимої. Оптимальна концентрація екстракту вівса для обробки насіння пшениці перед посівом для підвищення вмісту каротиноїдів залежить від сорту: для пшениці сорту Ювівата 60 найефективнішою була 30% концентрація екстракту, тоді як у зерні пшениці сорту Дуняша високий вміст каротиноїдів спостерігався за передпосівної обробки насіння 6% та 30% екстрактом вівса [14]. Максимальний вміст білка в зерні пшениці сортів Ювівата 60 та Дуняша був зафіксований при використанні 30% екстракту вівса для передпосівної обробки насіння. Збільшення вмісту білка зумовлене активацією азотного метаболізму, оскільки екстракт вівса багатий на амінокислоти, зокрема фенілаланін і триптофан, які є попередниками білкових молекул [13]. Додатково фітогормони, такі як етилен, можуть стимулювати ферментативні системи, відповідальні за синтез білків у зерні [15].

Нами вперше встановлено, що передпосівна обробка насіння сприяла підвищенню вмісту крохмалю в зерні пшениці, що пояснюється активацією процесів накопичення запасних речовин у зернівках. Найбільші прирости крохмалю в зерні пшениці сортів Ювіата 60 та Дуняша зафіксовані при застосуванні 30% екстракту вівса для передпосівної обробки насіння. У зерні пшениці сорту Ювіата 60 максимальний рівень моносахаридів був зафіксований при використанні 15% екстракту, а в зерні пшениці сорту Дуняша – при використанні для передпосівної обробки насіння 6% екстракту вівса. У зерні пшениці сорту Ювіата 60 максимальний вміст дисахаридів зафіксовано за передпосівної обробки насіння перед посівом 15% екстрактом вівса, тоді як у зерні пшениці сорту Дуняша найбільше підвищення вмісту дисахаридів було зафіксовано при використанні для передпосівної обробки 30% екстракту вівса. Збільшення рівня цих сполук свідчить про активізацію ферментативних процесів гідролізу крохмалю [16; 17; 18].

У дисертаційній роботі з'ясовано, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса значно підвищувала активність каталази та аскорбатпероксидази в зерні пшениці озимої. Збільшення активності аскорбатпероксидази в зерні пшениці можна пояснити наявністю в складі екстракту вівса флавоноїдів, вітаміну С та фітогормонів, які регулюють окисно-відновні процеси в рослинах [20]. Збільшення активності каталази пов'язано з підвищеним синтезом ферменту у відповідь на дію ауксинів та етилену, які містяться в екстракті вівса [19].

У ході дисертаційного дослідження виявили, що передпосівна обробка насіння впливала на амінокислотний склад зерна, сприяючи підвищенню концентрації аланіну, аспарагінової та глютамінової кислот. Найбільш значні зміни спостерігалися при застосуванні 30% екстракту: рівень аланіну зріс на 28,3%, аспарагінової кислоти – на 22,1%, а глютамінової кислоти – на 14,3%, порівнюючи з показниками контролю. Водночас у деяких варіантах обробки відзначалося зниження вмісту триптофану, орнітину та таурину, що може

бути зумовлено перерозподілом азотних ресурсів і пригніченням їхнього синтезу через посилену активність інших метаболічних шляхів [12].

Отримані результати свідчать про високу ефективність використання екстракту вівса посівного як біостимулятора для пшениці озимої, що дозволяє підвищити її продуктивність, покращити якість зерна та посилити стійкість рослин до стресових факторів. Для підвищення врожайності та біохімічного складу зерна найбільш ефективною виявилася передпосівна обробка 30% екстрактом вівса, а для покращення вуглеводного обміну та амінокислотного складу – обробка насіння перед посівом 15% концентрацією екстракту вівса.

Отримані результати мають теоретичне значення і впроваджені в навчальний процес при викладанні навчальних курсів «Фізіологія рослин», «Біохімія рослин», «Біологічні основи сільського господарства і ґрунтознавства» для підготовки здобувачів Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, навчальних курсів «Наукові основи вирощування органічної продукції», «Фізіологія рослин», «Екологічне насінництво» в Національному університеті «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, а також при викладанні навчальних курсів «Фізіологія та формування врожаю», «Біохімія та фізіологія рослин», «Екологія рослин», «Еколого-біологічне рослинництво» у Таврійському державному агротехнологічному університеті імені Дмитра Моторного в період 2024-2025 н.р.

Отримані результати підтверджують доцільність використання екстракту вівса посівного як природного біостимулятора в технології вирощування озимої пшениці та відкривають перспективи для подальших досліджень у напрямку вдосконалення агротехнологічних заходів підвищення продуктивності сільськогосподарських культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 6

1. Авраменко Р.А., Кірсанова Г.В. Визначення біологічного врожаю основних сільськогосподарських культур. Дніпропетровськ, 2004. С. 83–85.
2. Бугай С.М. Озима пшениця на Україні. Київ: Урожай, 1995. С. 146–147.
3. Булигін С.Ю., Демішев Л.Ф., Доронін В.А. Мікроелементи в сільському господарстві. Дніпропетровськ, 2007. С. 98–100.
4. Бурцева О.В. Кількісне визначення фенольних сполук *Avena sativa*. Український журнал клінічної та лабораторної медицини, 2013. Т. 8. №4. С. 225-228.
5. Веденичова Н.П., Косаківська І.В. Цитокініни як регулятори онтогенезу рослин за різних умов зростання. Київ: Наш формат, 2017. С. 197–200.
6. Волгін Д.Г. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на морфо-фізіологічні зміни у рослин пшениці озимої. Наукові записки молодих учених, 2023. №12. С. 83-85.
7. Волгін Д.Г. Ефективність застосування екстракту вівса посівного у технології вирощування пшениці озимої. «Наукові записки молодих учених» збірник наукових праць молодих учених факультету математики, природничих наук та технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка, 2024. №13. С. 83–85.
8. Волгін Д.Г., Гавій В.М. “Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса на фотосинтетичну активність пшениці озимої у фазах весняного кушіння та виходу в трубку” Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія, 50(4), С. 14-20.
9. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на продуктивність пшениці озимої. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія Біологія, 2024. Т. 84, №1. С. 51-57.

10. Гіль Л.С., Пашковський А.І., Суліма Л.Т. Сучасні технології овочівництва закритого і відкритого ґрунту. Вінниця: Нова книга, 2008. Т. 1. С. 366–368.
11. Гуляєв Б.І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліття. Збірник наукових праць. Київ, 2001. Т.1. С. 60–74.
12. Amir R., Galili G. Metabolic regulation of proline and branched-chain amino acid synthesis. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 2012. №63. P. 499–517.
13. Apel K., Hirt H. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 2004. №55. P. 373–399.
14. Bewley J., Black M. *Seeds. Physiology of Development and Germination*, 1994. №57. P. 1677–1684.
15. Chitnis V., Gao F., Yao Z., Jordan C. et al. After ripening induced transcriptional changes of hormonal genes in wheat seeds: the cases of brassinosteroids, ethylene, cytokinin and salicylic acid. *PLoS One*, 2014. №9. P. 875–880.
16. Chitnis V., Gao F., Yao Z., Jordan C. et al. After ripening induced transcriptional changes of hormonal genes in wheat seeds: the cases of brassinosteroids, ethylene, cytokinin and salicylic acid. *PLoS One*, 2014. №9. P. 875–880.
17. Finch-Savage W.E., Footitt S. Seed dormancy cycling and the regulation of dormancy mechanisms to time germination in variable field environments. *J. Exp. Bot.*, 2017. №68. P. 843–856.
18. Finkelstein R., Reeves W., Ariizumi T. Molecular aspects of seed dormancy. *Ann. Rev. Plant Biol.*, 2008. №59. P. 387–415.
19. Liu A., Gao F., Kanno Y., Ayele B. Regulation of wheat seed dormancy by after-ripening is mediated by specific transcriptional switches that induce changes in seed hormone metabolism and signaling. *PloS One*, 2013. №8. P. 1344–1345.
20. Shu K., Liu X., Xie Q. et al. Two Faces of One Seed: Hormonal Regulation of Dormancy and Germination. *Mol. Plant*, 2016. №69. P. 34–45.

ВИСНОВКИ

1. З'ясовано, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного позитивно впливає на формування кореневої системи пшениці озимої в різні періоди органогенезу. Найефективнішою виявилася обробка 30% екстрактом вівса, що сприяло збільшенню кількості коренів пшениці озимої сортів Ювіата 60 та Дуняша на 35,6% та 52,4%, порівнюючи з показниками контролю у фазі весняного кушіння та на 37,6% і 59,1% у фазі виходу в трубку. Варіанти обробки насіння перед посівом екстрактом вівса концентраціями 6%, 15% та 30% продемонстрували чітку позитивну динаміку збільшення лінійного росту додаткових коренів рослин пшениці озимої в досліджуваних фазах росту та розвитку.
2. Досліджено, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного впливає на формування надземної частини рослин пшениці озимої в різні фази росту та розвитку. Так, найбільший ефект відзначено при застосуванні 30% екстракту вівса, що збільшило площу листкової пластинки у фазі виходу в трубку на 94,5%, порівнюючи з показниками контролю в рослин пшениці сорту Ювіата 60 та на 73,3% у рослин пшениці сорту Дуняша. Також передпосівна обробка насіння 30 % екстрактом вівса посилила продуктивну кущистість пшениці, що зросла на 35,7% у сорту Ювіата 60 та на 44,0% у сорту Дуняша, порівнюючи з показниками контролю.
3. Найвищий вміст хлорофілів *a* і *b* спостерігався після передпосівної обробки 30% екстрактом: у фазі виходу в трубку в тканинах листків пшениці сорту Ювіата 60 цей показник зріс на 99,1%, а в сорту Дуняша – на 112,7%, порівнюючи з показниками контролю. Це пояснюється високим вмістом у складі екстракту вівса магнію, що є основним елементом у молекулі хлорофілу, та каротиноїдів, які захищають хлоропласти від окисного стресу.
4. Передпосівна обробка насіння 30% екстрактом вівса сприяла збільшенню довжини колоса, кількості колосків та зерен у колосі пшениці

озимої. Біологічна врожайність пшениці озимої сорту Ювівата 60 зросла на 94,1%, а сорту Дуняша – на 114,1% у порівнянні з контрольними значеннями. Це підтверджує ефективність екстракту вівса для підвищення врожайності.

5. У пшениці озимої сорту Ювівата 60 максимальний вміст каротиноїдів у зерні був зафіксований при використанні 30% екстракту й на 25,4% перевищив показники контролю. Передпосівна обробка 6% та 30% екстрактом вівса забезпечила приріст каротиноїдів у зерні пшениці сорту Дуняша на 21,8% та 22,7%, порівнюючи з показниками контролю відповідно. Максимальний вміст білка та крохмалю в зерні пшениці сортів Ювівата 60 та Дуняша був зафіксований при використанні 30% екстракту вівса. У зерні пшениці сорту Ювівата 60 максимальний рівень моносахаридів був зафіксований при використанні 15% екстракту, а найвищий вміст моносахаридів у зерні пшениці сорту Дуняша був зафіксований при використанні для передпосівної обробки насіння 6% екстракту. У зерні пшениці сорту Ювівата 60 максимальний вміст дисахаридів зафіксовано за передпосівної обробки насіння перед посівом 15% екстрактом вівса, тоді як у зерні пшениці сорту Дуняша найбільше підвищення вмісту дисахаридів було зафіксовано при використанні для передпосівної обробки 30% екстракту вівса. Збільшення рівня цих сполук свідчить про активізацію ферментативних процесів гідролізу крохмалю.

6. Передпосівна обробка насіння екстрактом вівса значно підвищувала активність ферментів антиоксидантної системи, зокрема каталази та аскорбатпероксидази та ферментів, що відповідають за мобілізацію вуглеводних запасів у зерні. Це впливає на покращення якості зерна та підвищенню його технологічних властивостей.

7. Передпосівна обробка насіння пшениці екстрактом вівса посівного впливала на вміст амінокислот у зерні, сприяючи збільшенню вмісту аланіну, аспарагінової та глютамінової кислот, що сприяє покращенню харчової цінності зерна та підвищенню його білкової якості.

8. Оптимальними концентраціями екстракту вівса для передпосівної обробки насіння є 15% та 30%, оскільки обробка насіння перед посівом зазначеними концентраціям посилює ріст і розвиток кореневої системи, надземної частини рослин, максимально підвищує фотосинтетичну продуктивність, врожайність, покращує біохімічний склад зерна пшениці озимої та стресостійкість рослин. Це відкриває перспективи для впровадження екстракту вівса в технології вирощування пшениці озимої як екологічно безпечного та економічно ефективного стимулятора росту.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А



Міністерство освіти і науки України
НІЖИНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ МИКОЛИ ГОГОЛЯ
вул. Графська, 2, м. Ніжин, Чернігівська обл., 16608
тел.: (04631) 7-19-67, (04631) 2-53-09
e-mail: ndu@ndu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02125668

12.02.2015 № 01-13/159

На № _____ від _____

Акт про впровадження в навчальний процес кафедри біології
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя результатів
дисертаційного дослідження Волгіна Дениса Геннадійовича

Результати наукового дослідження в рамках виконання дисертаційної роботи за темою «Фізіолого-біохімічні показники та продуктивність пшениці озимої залежно від застосування екстракту вівса посівного» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія були використані під час викладання навчальних курсів «Фізіологія рослин», «Біохімія рослин», «Біологічні основи сільського господарства і ґрунтознавства» у Ніжинському державному університеті імені Миколи Гоголя в період 2024-2025 н.р.

Використання отриманих результатів дозволяє поглибити уявлення студентів про вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на асиміляційні процеси та процеси ризогенезу пшениці озимої, що є ключовим фактором підвищення продуктивності рослин.

Ректор університету



Олександр САМОЙЛЕНКО



УКРАЇНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ДМИТРА МОТОРНОГО

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

14.02.2025 № 01/63 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
Волгіна Дениса Геннадійовича

Результати наукового дослідження в рамках виконання дисертаційної роботи за темою «Фізіолого-біохімічні показники та продуктивність пшениці озимої залежно від застосування екстракту вівса посівного» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія були використані під час викладання навчальних курсів «Фізіологія рослин та формування врожаю», «Біохімія та фізіологія рослин», «Екологія рослин», «Еколого-біологічне рослинництво» у Таврійському державному агротехнологічному університеті імені Дмитра Моторного в період 2024-2025 н.р.

Використання результатів дисертаційного дослідження допоможе сформувати практичне розуміння застосування рослинних екстрактів в агронаукових та агропрактичних технологіях для підвищення врожайності зернових культур.

Ректор



Сергій КЮРЧЕВ

ДОДАТОК В



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка

вул. Гетьмана Полуботка, 53, м. Чернігів, 14013, Тел. 3-36-10
E-mail chnpu @ chnpu.edu.ua Код ЄДРПОУ 02125674

21.02.2025 № 5

На № _____ від _____

Акт

про впровадження в навчальний процес кафедри лісового господарства
та агротехнологій Національного університету "Чернігівський колегіум"
імені Т.Г. Шевченка результатів дисертаційного дослідження
Волгіна Дениса Геннадійовича

Результати наукового дослідження в рамках виконання дисертаційної роботи за темою «Фізіолого-біохімічні показники та продуктивність пшениці озимої залежно від застосування екстракту вівса посівного» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія були використані під час викладання навчальних курсів «Наукові основи вирощування органічної продукції», «Фізіологія рослин», «Екологічне насінництво» у Національного університету "Чернігівський колегіум" імені Т.Г. Шевченка в період 2024-2025 н.р.

Використання результатів дослідження допоможе сформувати практичне розуміння застосування рослинних екстрактів в агронаукових технологіях. Наявні результати свідчать, що передпосівна обробка насіння екстрактом вівса посівного сприяє оптимізації фізіологічних процесів у рослинах пшениці озимої. Це проявляється не лише у покращенні ростових показників, а й у збільшенні біомаси, що має безпосередній вплив на продуктивність культури. Особливо ефективним виявилось застосування 30% екстракту вівса посівного для передпосівної обробки насіння, яке забезпечило максимальні показники кількості утворених коренів, збільшення площі листової пластинки, зростання вмісту хлорофілів, покращення продуктивності, хімічного складу зерна пшениці озимої. Отримані результати можуть бути використані для розробки технологічних рішень щодо підвищення врожайності пшениці озимої шляхом використання біологічно активних рослинних екстрактів.

Ректор

Григорій МАЧУЛЬСЬКИЙ
0634686851



Олег ШЕРЕМЕТ

ДОДАТОК Г

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

Наукові праці, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса на фотосинтетичну активність пшениці озимої у фазах весняного кущіння та виходу в трубку. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*, 2023. № 4 (50). С. 14-20. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень, обробці результатів та написанні статті). URL: <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.4.3>. Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).

2. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на процеси ризогенезу пшениці озимої сорту Ювівата 60 у фазах весняного кущіння та виходу в трубку. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Агрономія і біологія*. 2024. № 1 (55). С. 44-50. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень, обробці результатів та написанні статті). URL: <https://doi.org/10.32782/agrobio.2024.1.6> Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).

3. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на продуктивність пшениці озимої. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія. Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка*. 2024. № 1 (84). С. 51-58. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень, обробці результатів та написанні статті). URL:

<https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.1.7> Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

4. Волгін Д. Г., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на процеси ризогенезу пшениці озимої сорту Дуняша. *Бессерівські природознавчі студії: збірник матеріалів II Міжнародної наукової конференції*. Кременець, 2024. С.136–138. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів та написання тез).
5. Калюжна Д.В., Гавій В.М., Волгін Д.Г. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на формування кореневої системи пшениці озимої сорту Ювівата 60 у фазі колосіння. *Бессерівські природознавчі студії: збірник матеріалів II Міжнародної наукової конференції*. Випуск II / за заг. ред. О. В. Кратко. Кременець : КОГПА ім. Тараса Шевченка, 2024. С. 130-132. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).
6. Волгін Д. Г., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного як модулятора фотосинтетичної активності озимої пшениці сорту Ювівата 60 в фазах весняного кущіння та фазі виходу в трубку. *The 13th International scientific and practical conference “Eurasian scientific discussions”*. Biological sciences. Барселона, 2023. С. 39–45. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів, огляд літературних джерел та написання тез).
7. Волгін Д. Г., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного як модулятора фотосинтетичної активності озимої пшениці сорту Дуняша в фазах весняного кущіння та фазі виходу в трубку. *The 3th International scientific and practical conference “Theoretical*

aspects of education development". Biology. Варшава, 2023. С. 64–70. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів, огляд літературних джерел та написання тез).

8. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на біологічну врожайність пшениці сорту Дуняша. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей IX Міжнар. заочна наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 12 квіт. 2023 р.). Ніжин, 2023. С. 13–15. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).

9. Волгін Д.Г., Гавій В.М. Ефективність впливу передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст фотосинтетичних пігментів у листках пшениці озимої у фазі весняного куціння. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей VIII Міжн. заочної наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 8 черв. 2022 р.). Ніжин, 2022. С. 14–16. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).

10. Калюжна Д.В., Волгін Д.Г., Гавій В.М. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на вміст хлорофілів у листках та накопичення маси сухої речовини у пагонах пшениці озимої у фазу весняного куціння. *The XXIII International Scientific and Practical Conference «The current state of the organization of scientific activity in the world»*. (м. Мадрид, 10-12 червня, 2024 р.). Мадрид, 2024. С. 48 – 50. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).

11. Волгін Д.Г., Гавій В.М., Назим Я.А. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на біологічну врожайність та структуру врожаю пшениці сорту Ювівата 60. *Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю, присвячена 95-річчю навчально-*

дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя : зб. статей. (м. Ніжин, 27–28 верес. 2023 р.). Ніжин, 2023. С. 51–53. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів).

12. Волгін Д. Г. Ефективність застосування екстракту вівса посівного у технології вирощування пшениці озимої. *Наукові записки молодих учених: збірник наукових праць молодих учених факультету математики, природничих наук та технологій Центральноукраїнського державного університету імені Володимира Винниченка*. 2024. № 13. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження).

13. Калюжна Д.В., Гавій В. М., Волгін Д.Г. Вплив передпосівної обробки насіння екстрактом вівса посівного на формування кореневої системи пшениці озимої у фазу весняного кущення. *III Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І.І.Гордієнка: Збірник статей – Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя*. 2023. С.24-27. (Особистий внесок: проводив експериментальні дослідження).

Основні положення дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на:

1. VIII, IX Міжнародних заочних науково-практичних конференціях «Актуальні питання біологічної науки» (Ніжин, 2022, 2023 рр., форма участі – публікація тез);

2. Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю, присвячена 95-річчю навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя (Ніжин, 2023 р., форма участі – публікація тез).

3. Всеукраїнська науково-практична конференція «Математичні, природничі, комп'ютерні науки та науки про управління, технології, навчання: науково-практичні рішення та підходи молодих науковців» (Кропивницький, 2024., форма участі – очна, доповідь та публікація тез).

4. III Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка (Ніжин, 2023 р., форма участі – публікація тез)