

Міністерство освіти і науки України  
Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

**Донець Наталія Василівна**

УДК 581.13: 661.162.66]: 582.46

**ДИСЕРТАЦІЯ**

**ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН *GINKGO BILOBA* L. ЗА  
ВПЛИВУ НА НИХ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН**

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

\_\_\_\_\_ Донець Наталія Василівна

Науковий керівник: **Приплавко Світлана Олександрівна**, кандидат  
сільськогосподарських наук, доцент

Ніжин – 2024

## АНОТАЦІЯ

Донець Н. В. Фізіологічні показники рослин *Ginkgo biloba* L. за впливу на них метаболічно активних речовин. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія. – Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Ніжин, 2024.

В Україні успішно акліматизовано ряд рідкісних декоративних рослин, серед яких особливе місце займає гінкго дволопатеве (*Ginkgo biloba* L.) – унікальна реліктова голонасінна рослина зі Східного Китаю, яка має цінні лікарські та декоративні властивості. Гінкго – єдиний сучасний представник свого роду, який має давню історію.

Зростаючий попит на декоративні рослини серед ландшафтних дизайнерів та спеціалістів зеленого будівництва спричиняє необхідність відібрати найбільш перспективні види, розробити ефективні технології їх розмноження та вирощування, а також забезпечити їхню стійкість до змін навколишнього середовища. Розширення асортименту перспективних декоративних деревних видів рослин, зокрема гінкго, для використання в озелененні міських ландшафтів, а також як лікарської сировини для фармацевтичної промисловості на сьогодні ускладнене поєднанням глобальних кліматичних змін та неоднорідністю якості насіння, зібраного в різних регіонах України.

Успішність розмноження деревних видів залежить від багатьох факторів, а саме від біологічних особливостей рослини, способу розмноження, умов вирощування та догляду, використання додаткових заходів для стимулювання росту і розвитку рослин, тощо. Насамперед, для отримання високоякісного садивного матеріалу необхідно забезпечити наявність свіжого, здорового насіння з високою схожістю. Від даного фактора залежить

приживлюваність, інтенсивність росту саджанців деревних культур, що надалі визначає продуктивність майбутніх деревостанів, їх склад і санітарний стан. Отримання якісних саджанців деревних порід, у тому числі і гінкго, залишається й досі проблемним. Вирішенням даної проблеми може бути запровадження в технологію вирощування садивного матеріалу рістрегулюючих речовин.

Пошук нових, більш ефективних та екологічно чистих регуляторів росту рослин є одним з найактуальніших напрямків сучасних досліджень у фізіології рослин. До перспективних регуляторів росту деревних рослин можна віднести метаболічно активні речовини – сполуки, які відіграють ключову роль у регуляції життєвих процесів у клітинах рослин, впливаючи на ріст, розвиток, обмін речовин та адаптацію рослин до різних умов середовища. Такі препарати безпечні для людей та тварин, високоефективні в малих концентраціях, володіють широким спектром дії, задовольняють екологічні та економічні потреби.

Метаболічно активними речовинами, рістрегулюючу активність яких досліджували, є Вітамін Е, Метіонін, Параоксибензойна кислота (ПОБК), Убіхінон-10 та Магній сульфат ( $MgSO_4$ ), а також їх комбінації.

У дисертаційній роботі з'ясовано особливості впливу метаболічно активних речовин на фізіологічні процеси сіянців гінкго дволопатевого. Встановлено, що передпосівна обробка насіння цими речовинами значно покращує його схожість, стимулює ріст і розвиток молодих рослин, підвищує їхню життєздатність та вміст біологічно активних речовин.

Досліджено, що за передпосівної обробки насіння гінкго комбінаціями метаболічно активних речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  та Вітамін Е + Убіхінон-10 значно покращилася схожість насіння, особливо в роки з оптимальними умовами для його формування. Насіння, зібране в несприятливі роки, демонструвало низьку схожість та тривалий період проростання, однак обробка комбінацією речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК найкраще вплинула на величину досліджуваного показника.

Передпосівна обробка насіння гінкго дволопатевого метаболічно активними речовинами сприяла інтенсивному росту як кореневої, так і надземної частин рослин. Це проявлялося у збільшенні довжини коренів, кількості бічних коренів, висоти стебла та кількості листків. Також спостерігалось збільшення накопичення біомаси рослин та вмісту води в тканинах. Найвище значення показника середньої довжини кореня у сіянців гінкго спостерігали за використання комбінації метаболічно активних речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОВК, а також окремо Метіоніну, ПОВК та  $MgSO_4$ . На величину показника середньої кількості бічних коренів найкраще впливали комбінації речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОВК та Вітамін Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$ , а також Метіонін. Дані речовини та їх комбінації стимулювали утворення більшої кількості бічних коренів, порівняно з контролем та препаратом Стимпо. Зазначені комбінації також мали стимулюючий вплив на висоту стебла сіянців *Ginkgo biloba*, як і окремо  $MgSO_4$ , Вітамін Е та ПОВК. На величини показників середньої кількості листків на сіянцях гінкго позитивний вплив мали всі досліджувані комбінації метаболічно активних речовин, а також Метіонін. Передпосівна обробка насіння гінкго досліджуваними речовинами сприяла накопиченню маси сирої та сухої речовини у сіянцях релікту у період активного росту.

Застосування комбінацій метаболічно активних речовин найефективніше впливало на середню площу листка сіянців. Встановлено, що за їх застосування спостерігалось збільшення площі листків порівняно до контролю в межах 44,5-58,1 %. Подібні ефекти спостерігались також за використання  $MgSO_4$  та Вітаміну Е. Ці сполуки перевершили за своїм впливом контрольні значення на 43,8 % і 42 % відповідно. Аналогічно, за використання досліджуваних нами речовин, відбувалось зростання величини показника середньої маси листка сіянців в усіх варіантах порівняно з контролем. Однак у варіантах з використанням ПОВК та Метіоніну значення перевищували контрольні, але при цьому були близькими до значень у варіанті з використанням Стимпо. Результати досліджень впливу метаболічно активних

речовин та їх комбінацій на величину показника маси сирої речовини у листках сіянців гінкго показують збільшення значень у всіх варіантах як до контролю, так і до варіанту застосування препарату Стимпо. Найбільша маса сирої речовини листка спостерігалась у варіантах із застосуванням комбінацій речовин у складі Вітамін Е + Убіхінон-10 і Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$ . На показник маси сухої речовини листка найкраще впливали комбінації речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК і Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$ , а також Убіхінон-10 та  $MgSO_4$ .

Застосування метаболічно активних речовин та їх комбінацій при обробці насіння перед висівом покращує функціонування фотосинтетичної системи сіянців гінкго. Встановлено, що за використання комбінації у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК відбувалось накопичення хлорофілів *a* та *b*, порівняно до контролю на 32,4 % та 37,7 %. Також з'ясовано, що на величини показників вмісту хлорофілів *a* та *b* у листках гінкго дволопатевого найефективніше впливав Убіхінон-10, за дії якого вміст пігментів був більшим порівняно із значеннями контрольного варіанту на 15,9 % та 24,6 %.

Застосування передпосівної обробки насіння досліджуваними метаболічно активними речовинами сприяє більшому сумарному вмісту хлорофілів *a* і *b* у варіанті з використанням комбінації речовин Вітамін Е + Метіонін + ПОБК, який перевищував контрольні значення на 34,5 %. При цьому у варіантах з використанням Убіхінону-10,  $MgSO_4$  та комбінації речовин Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  також прослідковувалось перевищення значень контролю на 18,4 %, 6,3 % та 6,8 % відповідно.

За передпосівної обробки насіння досліджуваними речовинами спостерігалось збільшення вмісту вторинних продуктів метаболізму в листках молодих рослин гінкго дволопатевого. З'ясовано, що найбільше накопичення каротиноїдів у листках сіянців виявлено за передпосівної обробки Метіоніном,  $MgSO_4$ , ПОБК, а також комбінаціями Вітамін Е + Метіонін + ПОБК та Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$ . Перевищення значень контролю у цих варіантах були у межах від 25,5 % до 36,4 %. З'ясовано, що за використання

для передпосівної обробки насіння гінкго метаболічно активних речовин та їх комбінацій відбувається збільшення вмісту каротиноїдів порівняно з варіантом використання стимулятора росту Стимпо.

Накопичення аскорбінової кислоти (АК) було найбільшим у варіантах, де для обробки насіння перед висівом використовували  $MgSO_4$  та комбінацію речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК. У цих варіантах спостерігалось збільшення вмісту АК на 26,6 % і 26,4 % відповідно порівняно з контролем, та на 9 % і 8,8 % порівняно з варіантом використання препарату Стимпо.

Передпосівна обробка насіння досліджуваними речовинами також сприяла збільшенню вмісту флавоноїдів у листках сіянців гінкго. Виявлено, що застосування усіх препаратів призводило до більшого накопичення флавоноїдів порівняно з контрольним варіантом. Найбільше значення було відмічене у варіантах із застосуванням комбінацій речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  та Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК. Вони перевищували контрольні значення на 125,6 % і 127,2 % відповідно. Величини показників вмісту флавоноїдів у листках сіянців гінкго за обробки насіння розчинами Метіоніну, Убіхінону-10, ПОБК, Вітаміну Е + Убіхінон-10, Вітаміну Е,  $MgSO_4$  перевищують значення контролю на 112 %, 100 %, 62,4 %, 61,6 %, 52 % та 12 % відповідно. У порівнянні із варіантом застосування препарату Стимпо, застосування досліджуваних речовин також має перевагу, окрім варіанту використання  $MgSO_4$ .

Дослідження показало, що передпосівна обробка насіння гінкго дволопатевого комбінаціями метаболічно активних речовин (Вітамін Е + Убіхінон-10, Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК, Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$ ) значно покращує схожість насіння, стимулює ріст кореневої системи та надземної частини сіянців, а також сприяє підвищенню вмісту хлорофілу, каротиноїдів, аскорбінової кислоти та флавоноїдів. Отже, комбінації метаболічно активних речовин, а саме Вітамін Е + Убіхінон-10, Вітамін Е + Метіонін + ПОБК та Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  виявляють значний потенціал, демонструючи здатність стимулювати фізіологічні

процеси і підвищувати життєздатність рослин шляхом синергічної дії, завдяки чому можуть бути рекомендовані як перспективні рістрегулюючі речовини та дозволять розробити ефективні технології вирощування *Ginkgo biloba*.

Таким чином, результати дисертаційної роботи мають важливе значення для розробки нових технологій розмноження, вирощування та поліпшення якості садивного матеріалу декоративних деревних рослин, зокрема гінкго. Передпосівна обробка насіння *G. biloba* метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями може стати додатковим елементом технології вирощування цієї цінної декоративної та лікарської рослини. Експериментальні дані дозволяють розробити ефективні заходи для стимуляції росту молодих рослин та покращення якості продукції.

**Ключові слова:** *Ginkgo biloba* L., передпосівна обробка, вітамін E, убіхінон-10, параоксибензойна кислота, метіонін, MgSO<sub>4</sub>, стимулятор росту рослин, фотосинтетичний апарат, хлорофіл *a* і *b*, вторинні метаболіти, аскорбінова кислота, каротиноїди, флавоноїди, антиоксидантний захист.

## ABSTRACT

Donets N. V. Physiological indicators of *Ginkgo biloba* L. plants under the influence of metabolically active substances. – Qualifying scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 091 – Biology. – Mykola Gogol Nizhyn State University, Nizhyn, 2024.

A number of rare ornamental plants have been successfully acclimatized in Ukraine, among which a special place is occupied by *Ginkgo biloba* L. – a unique relict gymnosperm from Eastern China, which has valuable medicinal and decorative properties. *Ginkgo* is the only modern representative of its genus, which has a long history.

The growing demand for ornamental plants among landscape designers and green building specialists necessitates the selection of the most promising species,

the development of effective technologies for their propagation and cultivation, and the provision of their resistance to environmental changes. The expansion of the range of promising ornamental woody plant species, in particular ginkgo, for use in urban landscaping, as well as medicinal raw materials for the pharmaceutical industry, is currently complicated by a combination of global climate change and the heterogeneity of the quality of seeds collected in different regions of Ukraine.

The success of tree species propagation depends on many factors, namely on the biological characteristics of the plant, the method of propagation, growing and care conditions, the use of additional measures to stimulate plant growth and development, etc. First, to obtain high-quality planting material, it is necessary to ensure the availability of fresh, healthy seeds with high germination. This factor determines the survival rate and growth intensity of tree seedlings, which further determines the productivity of future stands, their composition and sanitary condition. Obtaining high-quality seedlings of tree species, including ginkgo, remains problematic. The solution to this problem may be the introduction of growth regulators into the technology of growing planting material. The search for new, more effective and environmentally friendly plant growth regulators is one of the most relevant areas of modern research in plant physiology. Promising regulators of woody plant growth include metabolically active substances – compounds that play a key role in regulating life processes in plant cells, influencing growth, development, metabolism and adaptation of plants to various environmental conditions. Such drugs are safe for humans and animals, highly effective in low concentrations, have a wide spectrum of action, and meet environmental and economic needs.

Metabolically active substances, the growth-regulating activity of which was studied, are Vitamin E, Methionine, Parahydroxybenzoic acid (PHBA), Ubiquinone-10 and Magnesium sulfate ( $\text{MgSO}_4$ ), as well as their combinations.

The dissertation work elucidates the peculiarities of the influence of metabolically active substances on the physiological processes of *Ginkgo biloba* seedlings. It was found that pre-sowing treatment of seeds with these substances



significantly improves its germination, stimulates the growth and development of young plants, increases their viability and content of biologically active substances.

It was studied that pre-sowing treatment of ginkgo seeds with combinations of metabolically active substances in the composition of Vitamin E + Methionine + PHBA + MgSO<sub>4</sub> and Vitamin E + Ubiquinone-10 significantly improved seed germination, especially in years with optimal conditions for its formation. Seeds collected in unfavorable years demonstrated low germination and a long germination period, however, treatment with a combination of substances from Vitamin E + Methionine + PHBA had the best effect on the studied indicator.

Pre-sowing treatment of *Ginkgo biloba* seeds with metabolically active substances promoted intensive growth of both root and above-ground parts of plants. This was manifested in an increase in root length, number of lateral roots, stem height and number of leaves. An increase in plant biomass accumulation and water content in tissues was also observed. The highest average root length in ginkgo seedlings was observed when using a combination of metabolically active substances in the composition of Vitamin E + Methionine + PHBA, as well as separately Methionine, PHBA and MgSO<sub>4</sub>. The value of the average number of lateral roots was best influenced by combinations of substances in the composition of Vitamin E + Methionine + PHBA and Vitamin E + Methionine + PHBA + MgSO<sub>4</sub>, as well as Methionine. These substances and their combinations stimulated the formation of a greater number of lateral roots, compared with the control and the Stimpo preparation. The indicated combinations also had a stimulating effect on the stem height of *Ginkgo biloba* seedlings, as did MgSO<sub>4</sub>, Vitamin E and PHBA separately. All the studied combinations of metabolically active substances, as well as Methionine, had a positive effect on the values of the average number of leaves on ginkgo seedlings. Pre-sowing treatment of ginkgo seeds with the studied substances contributed to the accumulation of fresh and dry matter mass in relict seedlings during the period of active growth.

Combinations of metabolically active substances had the most effective effect on the average leaf area of seedlings. It was found that they contributed to an increase

in leaf area compared to the control within 44,5-58,1 %. Similar effects were also observed when using  $\text{MgSO}_4$  and Vitamin E. These compounds exceeded the control values by 43,8 % and 42 %, respectively. Similarly, when using the substances we studied, there was an increase in the average leaf mass index of seedlings in all variants compared to the control. However, in the variants using PHBA and Methionine, the values exceeded the control ones, but were close to the values in the variant using Stimpol. The results of studies on the effect of metabolically active substances and their combinations on the value of the crude mass index of fresh and dry matter in the leaves of ginkgo seedlings show an increase in values in all variants both before the control and before the variant using the Stimpol preparation. The highest leaf fresh matter mass was observed in variants using the combinations of substances Vitamin E + Ubiquinone-10 and Vitamin E + Methionine + PHBA +  $\text{MgSO}_4$ . The mass index of dry material of the leaf was best influenced by combinations of substances in the composition Vitamin E + Methionine + PHBA and Vitamin E + Methionine + PHBA +  $\text{MgSO}_4$ , as well as Ubiquinone-10 and  $\text{MgSO}_4$ .

The use of metabolically active substances and their combinations in seed treatment before sowing improves the functioning of the photosynthetic system of ginkgo seedlings. It was found that the use of the combination in the composition of Vitamin E + Methionine + PHBA increased the content of chlorophylls *a* and *b*, compared to the control by 32,4 % and 37,7 %. It was also found that the values of the content of chlorophylls *a* and *b* in the leaves of *Ginkgo biloba* were most effectively influenced by Ubiquinone-10, under the action of which the content of pigments was higher compared to the values of the control variant by 15,9 % and 24,6 %.

The use of pre-sowing treatment of seeds with the studied metabolically active substances contributes to a higher total content of chlorophylls *a* and *b* in the variant using the combination of substances Vitamin E + Methionine + PHBA, which exceeded the control values by 34,5 %. At the same time, in the variants using Ubiquinone-10,  $\text{MgSO}_4$  and the combination of substances Vitamin E + Methionine

+ PHBA + MgSO<sub>4</sub>, an excess of control values by 18,4 %, 6,3 % and 6,8 %, respectively, was also observed.

With pre-sowing treatment of seeds with the studied substances, an increase in the content of secondary metabolic products in the leaves of young *Ginkgo biloba* plants was observed. It was found that the greatest accumulation of carotenoids in the leaves of seedlings was detected with pre-sowing treatment with Methionine, MgSO<sub>4</sub>, PHBA, as well as with the combinations Vitamin E + Methionine + PHBA and Vitamin E + Methionine + PHBA + MgSO<sub>4</sub>. Exceedance of control values in these variants ranged from 25,5 % to 36,4 %. It was found that the use of metabolically active substances and their combinations for pre-sowing treatment of ginkgo seeds increases the content of carotenoids compared to the use of the growth stimulant Stimpö.

The accumulation of ascorbic acid (AA) was greatest in the variants where a solution of MgSO<sub>4</sub> and a combination of substances in the composition of Vitamin E + Methionine + PHBA were used for seed treatment before sowing. Thus, an increase in the AA content was observed by 26,6 % and 26,4 %, respectively, compared to the control, and by 9 % and 8,8 % compared to the variant using the Stimpö preparation.

Pre-sowing treatment of seeds with the studied substances also contributed to an increase in the content of flavonoids in the leaves of ginkgo seedlings. It was found that the use of all preparations led to a greater accumulation of flavonoids compared to the control variant. The greatest value was noted in the variants using the combinations of substances from Vitamin E + Methionine + PHBA + MgSO<sub>4</sub> and Vitamin E + Methionine + PHBA. They exceeded the control values by 125,6 % and 127,2 %, respectively. The values of flavonoid content in the leaves of ginkgo seedlings after seed treatment with solutions of Methionine, Ubiquinone-10, PHBA, Vitamin E + Ubiquinone-10, Vitamin E, MgSO<sub>4</sub> exceed the control values by 112 %, 100 %, 62,4 %, 61,6 %, 52 % and 12 %, respectively. Compared with the Stimpö drug application option, the use of the studied substances also has an advantage, except for the MgSO<sub>4</sub> application option.

The study showed that pre-sowing treatment of *Ginkgo biloba* seeds with combinations of metabolically active substances (Vitamin E + Ubiquinone-10, Vitamin E + Methionine + PHBA, Vitamin E + Methionine + PHBA + MgSO<sub>4</sub>) significantly improves seed germination, stimulates the growth of the root system and the above-ground part of seedlings, and also contributes to an increase in the content of chlorophyll, carotenoids, ascorbic acid and flavonoids. Therefore, combinations of metabolically active substances, namely Vitamin E + Ubiquinone-10, Vitamin E + Methionine + PHBA and Vitamin E + Methionine + PHBA + MgSO<sub>4</sub>, show significant potential, demonstrating the ability to stimulate physiological processes and increase plant viability through synergistic action, due to which they can be recommended as promising growth regulators and will allow the development of effective technologies for growing *Ginkgo biloba*.

Thus, the results of the dissertation work are of great importance for the development of new technologies for the propagation, cultivation and improvement of the quality of planting material of ornamental woody plants, in particular ginkgo. Pre-sowing treatment of *G. biloba* seeds with metabolically active substances and their combinations can become an additional element of the technology for growing this valuable ornamental and medicinal plant. Experimental data allow developing effective measures to stimulate the growth of young plants and improve the quality of products.

**Key words:** *Ginkgo biloba* L., presowing seed treatment, vitamin E, ubiquinone-10, paraoxybenzoic acid, methionine, MgSO<sub>4</sub>, stimulator of plant growth, photosynthetic apparatus, chlorophyll *a* and *b*, secondary metabolites, ascorbic acid, carotenoids, flavonoids, antioxidant defence.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА:

**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

1. Донець Н. В., Приплавко С. О. Варіювання показників схожості насіння та лінійного росту проростків *Ginkgo biloba* L. за дії метаболічно активних речовин. *Нотатки сучасної біології. Серія: Біологічні науки*, 2022. № 2 (4). С. 25–30. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень, обробці результатів та написанні статті). URL: <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2022-2-5>. Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).

2. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин на процес схожості насіння та ріст проростків Гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.) у ненасінний рік. *Acta Carpathica. Серія: Біологія*, 2023. № 2 (40). С. 34–43. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень, обробці результатів та написанні статті). URL: <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2023.2.4>. Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).

3. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на асиміляційні процеси *Ginkgo biloba* L. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2024. Т. 84. № 1. С. 58–66. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень, обробці результатів та написанні статті). URL: <https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.1.8> Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б) та індексується в міжнародній науковій базі даних Index Copernicus.

**Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

4. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно-активних речовин на показники посівної якості насіння *Ginkgo biloba* L. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей VI Міжнар. заочна наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 10 квіт. 2020 р.). Ніжин, 2020. С. 39–42. *(Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів та написання тез).*

5. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно-активних речовин та їх композицій на схожість насіння *Ginkgo biloba* L. *Пріоритетні напрямки дослідження голонасінних у сучасних умовах* : матеріали I Міжнар. наук. конф. (м. Біла Церква, 21–22 жовт. 2020 р.). Біла церква, 2020. С. 155–158. *(Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів, огляд літературних джерел та написання тез).*

6. Донець Н. В., Приплавко С.О. Вплив метаболічно активних речовин та їх композицій на лінійний ріст стебла проростків *Ginkgo biloba* L. *Збереження рослин у зв'язку зі змінами клімату та біологічними інвазіями* : зб. статей Міжнар. наук. конф. (м. Біла Церква, 31 берез. 2021 р.) Біла Церква, 2021. С. 47–50. *(Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів, огляд літературних джерел та написання тез).*

7. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на лінійний ріст та кількісні показники коренів у проростків *Ginkgo biloba* L. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей VII Міжнар. заочна наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 14 квіт. 2021 р.). Ніжин, 2021. С. 25–28. *(Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).*

8. Донець Н. В., Приплавко С. О. Порівняльний аналіз схожості насіння *Ginkgo biloba* L. 2019 та 2020 років збору за впливу на нього метаболічно активних речовин та їх композицій. *I Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка* : зб. статей. (м. Ніжин, 10–11 лист. 2021 р.). Ніжин, 2021. С. 38–41. (Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).

9. Донець Н. В., Приплавко С. О. Досвід вирощування *Ginkgo biloba* L. з насіння в умовах Чернігівської області (м. Ніжин, навчально-дослідна агробіостанція НДУ імені Миколи Гоголя). *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей VIII Міжнар. заочної наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 8 черв. 2022 р.). Ніжин, 2022. С. 29–32. (Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).

10. Донець Н. В., Приплавко С. О. Особливості проростання насіння *Ginkgo biloba* L. у не насінний рік за дії метаболічно активних речовин. *II Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка* : зб. статей. (м. Ніжин, 25–26 жовт. 2022 р.). Ніжин, 2022. С. 22–25. (Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).

11. Чирко К. С., Донець Н. В., Приплавко С. О. Енергія проростання насіння Гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.) за обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей IX Міжнар. заочної наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 12 квіт. 2023 р.). Ніжин, 2023. С. 35–37. (Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів).

12. Чирко К. С., Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на формування кореня проростків Гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.). *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. 64–66. (Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів).

13. Донець Н. В., Приплавко С. О., Дика А., Сіленок Д. Енергія проростання та схожість насіння *Ginkgo biloba* L. залежно від місця його збору. *IV Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка* : зб. статей. (м. Ніжин, 25–26 верес. 2024 р.). Ніжин, 2024. С. 18–20. (Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження).



## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	19
ВСТУП .....	20
Список використаних джерел до вступу .....	26
<b>РОЗДІЛ 1. ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ</b>	
<b>ВИРОЩУВАННЯ <i>GINKGO BILOBA</i> L.</b>	
(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ) .....	28
1.1. Фізіолого-біохімічна характеристика та значення виду <i>Ginkgo biloba</i> .....	28
1.2. Застосування синтетичних і природних регуляторів росту рослин у практиці вирощування <i>Ginkgo biloba</i> L. ....	37
Висновки до розділу 1 .....	45
Список використаних джерел до розділу 1 .....	46
<b>РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ</b>	
<b>МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ТА ЇХ КОМБІНАЦІЙ НА</b>	
<b>ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН ГІНКГО .....</b>	<b>61</b>
2.1. Умови проведення досліджень .....	61
2.2. Характеристика об'єктів дослідження .....	64
2.3. Методики проведення досліджень .....	77
2.4. Статистичний аналіз експериментальних даних .....	82
Список використаних джерел до розділу 2 .....	82
<b>РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ТА ЇХ</b>	
<b>КОМБІНАЦІЙ НА СХОЖІСТЬ НАСІННЯ ТА МОРФОМЕТРИЧНІ</b>	
<b>ПОКАЗНИКИ СІЯНЦІВ <i>GINKGO BILOBA</i> L. ....</b>	<b>90</b>
Висновки до розділу 3 .....	119
Список використаних джерел до розділу 3 .....	121

РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН  
ТА ЇХ КОМБІНАЦІЙ НА ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ АПАРАТ  
ТА ВМІСТ ВТОРИННИХ МЕТАБОЛІТІВ

У ЛИСТКАХ СІЯНЦІВ <i>GINKGO BILOBA</i> L.....	127
4.1. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на фотосинтетичний апарат сіянців <i>Ginkgo biloba</i> L.....	127
4.2. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на вміст вторинних метаболітів у листках сіянців <i>Ginkgo biloba</i> L.....	138
Висновки до розділу .....	149
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4 .....	151
РОЗДІЛ 5. УЗАГАЛЬНЕННЯ .....	158
Список використаних джерел до розділу 5 .....	163
ВИСНОВКИ.....	165
ДОДАТКИ.....	167

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ**

АБК – абсцизова кислота

АК – аскорбінова кислота

АТФ – аденозинтрифосфорна кислота

АФК – активна форма кисню

ДНК – дезоксирибонуклеїнова кислота

ПОБК – параоксibenзойна кислота

ПОЛ – перекисне окиснення ліпідів

РНК – рибонуклеїнова кислота

РРР – регулятор росту рослин

УФ-випромінювання – ультрафіолетове випромінювання

$^1\text{O}_2$  – синглетний кисень

$\text{O}_2^{\cdot-}$  – супер оксидний аніон радикал

ОН $\cdot$  – гідроксильний радикал

$\text{H}_2\text{O}_2$  – перекис водню

$\text{MgSO}_4$  – магній сульфат

Q10 – убіхінон-10

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Вибір представників декоративних видів рослин для широкого практичного використання на сьогодні є актуальним завданням науковців. При цьому не виключенням є застосування у зеленому будівництві цінних декоративних деревних рослин. З цією метою проводяться дослідження у галузях насінної репродукції, розробки та вдосконалення технологій розмноження та вирощування, забезпечення стійкості рослин тощо [7].

В Україні інтродуковано та акліматизовано низку рідкісних декоративних рослин, більшість з яких є реліктовими. Одним з таких представників є декоративна голонасінна деревна листопадна рослина Гінкго дволопатева (*Ginkgo biloba* L.), батьківщиною якої є Східний Китай, де даний вид є ендемічним [8]. *Ginkgo* є цінною декоративною рослиною, яка має гарну резистентність до шкідників та хвороб, атмосферних викидів важких металів і радіоактивного забруднення. Рослина має високу вітростійкість та достатню зимостійкість [2; 3; 13].

Перспективність вирощування даного релікту полягає в створенні стійких до несприятливих умов зелених насаджень у містах та селах, які сприяють очищенню повітря, збереженню біорізноманіття та поліпшенню мікроклімату. Створення спеціалізованих плантацій дозволить організувати ефективне виробництво високоякісної сировини для фармацевтичної та харчової промисловості, а також для промисловості з обробки деревини [1; 11; 12]. Науковий потенціал вирощування гінкго полягає у вивченні адаптаційних механізмів (стійкості до посухи, заморозків та інших несприятливих факторів) цієї рослини та може сприяти розробці нових технологій у декоративному рослинництві та медицині.

На сьогодні потреби у садивному матеріалі релікту постійно збільшуються, але поширення гінкго стримується відсутністю достатньої кількості саджанців [4; 6; 14]. Для успішного вирощування посадкового матеріалу необхідно враховувати біологічні особливості культури та

використовувати насіння належної якості, проводити підготовку насіння відповідно до агротехнічних вимог. Оскільки на посівну якість насіння гінкго можуть негативно впливати абіотичні чинники, такі як посуха, низькі температури або надмірна вологість під час його формування, то доцільним є застосування додаткових заходів обробки насіння, щоб підвищити його посівну якість і забезпечити дружні сходи та ріст молодих рослин [14]. Таким заходом може бути передпосівна обробка насіння гінкго метаболічно активними речовинами природного походження, таких як Вітамін Е, Убіхінон-10, Метіонін, MgSO<sub>4</sub>, Параоксибензойна кислота (ПОБК) та їх комбінаціями [14], які не токсичні для здоров'я людини та тварин, мають високу ефективність у малих концентраціях. Застосування метаболічно активних речовин показало позитивний ефект при вирощуванні ряду сільськогосподарських культур [7; 9]. Вивчення впливу метаболічно активних речовин на фізіологічні показники деревних видів рослин, зокрема *Ginkgo biloba* є актуальною проблемою.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота виконувалась упродовж 2019–2024 рр. у рамках комплексних науково-дослідних тем кафедри біології: «Регуляція процесів росту і розвитку рослин» (реєстраційний номер 0119U100677) – 2019–2022 рр. та «Фізіолого-біохімічні аспекти процесів регуляції росту і розвитку рослин» (реєстраційний номер 0123U100747) – 2023–2024 рр.

Дослідження проводилися в умовах закритого ґрунту на території навчально-дослідної агробіостанції та у навчально-науковій лабораторії з біохімічних та медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

**Об'єкт дослідження** – молоді рослини *Ginkgo biloba* L., отримані з насіння, що оброблялось метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями.

**Предмет дослідження** – схожість насіння *Ginkgo biloba*, морфометричні показники росту, фотосинтетичний апарат та вміст вторинних метаболітів у

молодих рослинах *Ginkgo biloba* за впливу передпосівної обробки насінневого матеріалу метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями.

**Мета роботи:** з'ясувати вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на деякі фізіологічні показники молодих рослин *Ginkgo biloba* L.

Для досягнення мети були поставлені наступні **завдання:**

– з'ясувати вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на схожість насіння гінкго дволопатевого;

– вивчити дію метаболічно активних речовин та їх комбінацій на морфометричні показники підземної частини сіянців *G. biloba*;

– встановити вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на формування надземної частини сіянців *G. biloba*;

– з'ясувати вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на накопичення маси сирої і сухої речовини в молодих рослинах гінкго;

– дослідити вплив обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на фотосинтетичний апарат сіянців *G. biloba*;

– визначити ефективність дії передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на вміст вторинних метаболітів у листках молодих рослин Гінкго дволопатевого.

**Методи дослідження:** теоретичні (аналіз літературних, наукових, методичних джерел з досліджуваної теми), лабораторні (приготування розчинів, визначення маси), морфометричні (визначення висоти стебла, довжини кореня), фізіолого-біохімічні (визначення вмісту фотосинтетичних пігментів, каротиноїдів, аскорбінової кислоти, флавоноїдів), математично-статистичні (обробка експериментальних даних та оцінка достовірності отриманих результатів).

**Наукова новизна одержаних результатів.** На основі експериментальних досліджень та їх теоретичного аналізу з'ясовано особливості впливу передпосівної обробки насіння гінкго дволопатевого

метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на фізіологічні показники сіянців релікту.

**Вперше** експериментально доведено, що використання метаболічно активних речовин та їх комбінацій сприяє підвищенню схожості насіння гінкго як у сприятливі, так і несприятливі роки для його формування.

**Вперше** встановлено стимулюючий вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на ріст і розвиток як кореневої системи, так і надземної частини рослин.

**Вперше** виявлено вплив метаболічно активних речовин на асиміляційні процеси сіянців гінкго. Показано, що досліджувані речовини позитивно впливають на збільшення площі листка, накопиченню маси сирої речовини листка та вміст пігментів.

**Вперше** встановлено, що метаболічно активні речовини та їх комбінації впливають на вміст вторинних продуктів метаболізму в листках сіянців *Ginkgo biloba*, зокрема, сприяють підвищенню концентрації аскорбінової кислоти, каротиноїдів та флавоноїдів, які відіграють важливу роль у антиоксидантному захисті рослин.

**Практичне значення одержаних результатів.** Результати дисертаційного дослідження підтверджують, що передпосівна обробка насіння гінкго дволопатевого метаболічно активними речовинами є перспективним заходом підвищення якості садивного матеріалу. Це відкриває нові можливості для розширення асортименту регуляторів росту, призначених для декоративних деревних культур. Перспективність розмноження та вирощування *Ginkgo biloba* полягає в створенні стійких до несприятливих умов зелених насаджень у промислових містах, які сприятимуть очищенню повітря, збереженню біорізноманіття та поліпшенню мікроклімату. Створення спеціалізованих плантацій рослин цього виду, дозволить організувати виробництво високоякісної сировини для фармацевтичної промисловості, а також для промисловості з обробки деревини.

Отримані результати впроваджені у навчальний процес при викладанні навчальних курсів «Ботаніка з основами фізіології», «Фізіологія рослин» і «Біохімія рослин» для підготовки здобувачів Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя. Крім того, отримані результати наукового дослідження в рамках виконання дисертаційної роботи були використані науковцями відділів ландшафтного будівництва та дендрології Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України в період 2022–2023 рр. Впровадження результатів дослідження підтверджується відповідними довідками про впровадження.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є самостійною завершеною науковою працею. Дисертантка самостійно опрацювала та проаналізувала наукову літературу відповідно до теми роботи, оволоділа методикою проведення досліджень, здійснила статистичну обробку результатів. Спільно із керівником було сформульовано мету, завдання та узгоджені методи і методики проведення дослідження, узагальнено основні результати та обговорено висновки. Автор спільно із керівником розробила концепцію роботи, визначила мету, завдання і об'єкти дослідження, підготувала матеріали до друку. Експериментальні матеріали дисертаційної роботи одержані автором самостійно. Особистий внесок дисертантки в отриманні наукових результатів, які викладені в дослідженні, становить 80%.

**Апробація результатів дисертації.** Основні результати дисертації доповідалися та обговорювалися на фахових семінарах і засіданнях кафедри біології НДУ імені Миколи Гоголя та були висвітлені на науково-практичних конференціях:

– *міжнародних*: VI Міжнародна заочна науково-практична конференція «Актуальні питання біологічної науки» (Ніжин, 2020); I Міжнародна наукова конференція «Пріоритетні напрямки дослідження голонасінних у сучасних умовах» Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України (Біла Церква, 2020); Міжнародна наукова конференція «Збереження рослин у зв'язку зі змінами клімату та біологічними



інвазіями» (Біла Церква, 2021); VII Міжнародна заочна науково-практична конференція “Актуальні питання біологічної науки” (Ніжин, 2021); VIII Міжнародна наукова конференція «Актуальні питання біологічної науки» (Ніжин, 2022); IX Міжнародна заочна науково-практична конференція «Актуальні питання біологічної науки» (Ніжин, 2023);

– *всеукраїнських*: I Всеукраїнські науково-практичні читання пам’яті професора І.І. Гордієнка (Ніжин, 2021); II Всеукраїнські науково-практичні читання пам’яті професора І.І. Гордієнка (Ніжин, 2021); Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю, присвячена 95-річчю навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя (Ніжин, 2023); IV Всеукраїнські науково-практичні читання пам’яті професора І.І. Гордієнка. (Ніжин, 2024).

**Публікації.** Результати дослідження висвітлено у 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, 13 рисунків, 22 таблиці та 5 додатків. Повний обсяг дисертації становить 183 сторінки, з них основного тексту – 109 сторінок. Перелік використаних джерел містить 280 найменувань, з яких кирилицею 139, латиницею – 141.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО ВСТУПУ

1. Біланич М. М. Гінкго дволопатеве як екзот Закарпатської області. *Науковий збірник Комунального закладу «Закарпатський обласний краєзнавчий музей ім. Т. Легоцького» Закарпатської обласної ради*. 2022. Вип. 21. С. 122–136.
2. Бобонич П. Бобонич Х. Гінкго білоба. *Паросток*. 2016. № 3 (91), С. 8–11.
3. Бобонич П. Гінкго білоба в Ужгороді та світі. *Паросток*. 2016. № 2 (90), С. 14–17.
4. Гузь М. М., Гречаник Р. М., Остудімов А. О. Особливості розмноження гінкго дволопатевого *in vitro*. *Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць*. Львів : РВВ НЛТУ України. 2008. Вип. 18.7. С. 7–16.
5. Донець Н. В., Приплавко С. О. Особливості проростання насіння *Ginkgo biloba* L. у не насінний рік за дії метаболічно активних речовин. *II Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка* : зб. статей. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2022. С. 22–25.
6. Іванюк І. В., Завадська М. О. Вплив стимуляторів росту на схожість насіння та укорінення живців гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.) *Лісівництво та декоративне садівництво*. 2013. Вип. 187(2). С. 147–152. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_lis\\_2013\\_187\\_2\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2013_187_2_25). (дата звернення: 24.10.23).
7. Козючко А. Г. Фізіологічно-біохімічне обґрунтування застосування метаболічно активних сполук у технології вирощування сої : дис. ... д-ра філософії: 091. Ніжин, 2022. 150 с.
8. Колесніченко О. В., Слюсар С. І., Якобчук О. М. Особливості насінноношення та результати інтродукційного випробування *Liriodendron tulipifera* L. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2012. № 4. Вип. 33. 13 с. URL: [http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2012\\_4/12svm.pdf](http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/Nd/2012_4/12svm.pdf). (дата звернення: 24.10.23).

9. Куриленко А.О. Фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку озимого жита на різних етапах онтогенезу за дії метаболічно активних сполук: дис. ... д-ра філософії: 091. Ніжин, 2022. 137 с.
10. Кучерява Л. Ф., Войтюк, Ю. О., Нечитайло В. А. Систематика вищих рослин. 1. Архегоніати. Київ : Фітосоціоцентр, 1997. 136 с.
11. Остудімов А. О., Гузь М. М. Вирощування садивного матеріалу гінкго дволопатевого насінним шляхом : практичні рекомендації. Львів : РВВ НЛТУ України, 2011. 43 с.
12. Остудімов А. О., Гузь М. М. Особливості насінного розмноження Гінкго дволопатевого. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2010. Вип. 20.11. С. 8–16.
13. Самородов, В. М. Гінкго дволопатевого на Полтавщині: підсумки. 120-річної інтродукції. *Проблеми відтворення та охорони біорізноманітності України* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Полтава : Астроя, 2015. С. 70–71.
14. Фоменко В. В. Особливості використання гінкго білоба в ландшафтному дизайні України. *Матеріали Всеукраїнської студентської наукової конференції*. (м. Суми, 16–20 листопада 2020 р.) Суми, 2020. С. 82. URL: [https://ur.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/2020\\_11.pdf](https://ur.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/2020_11.pdf). (дата звернення: 12.12.22).

## РОЗДІЛ 1. ФІЗІОЛОГО-БІОХІМІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ *GINKGO BILOBA* L. (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

### 1.1. Фізіолого-біохімічна характеристика та значення виду *Ginkgo biloba*

Гінкго дволопатеве (*Ginkgo biloba* L.) – один з небагатьох представників листопадних голонасінних деревних рослин, які ростуть у природних гірських лісах провінції Чжецзян [117; 123] та у провінціях Гуансі, Гуйчжоу та Сичуань [113], що у тропічних широтах східного та південного Китаю [116]. Даний релікт займає важливе місце в еволюції рослинного світу. Рід *Ginkgo* був поширений у північній півкулі в юрський період приблизно 170 мільйонів років тому [118]. *Ginkgo biloba* вижило у Східній Азії в епохи пліоцену та плейстоцену, про що свідчать скам'янілості, знайдені на південному заході Японії [129]. Його еволюційна історія нещодавно стала об'єктом інтенсивного вивчення [95]. Найбільшого видового різноманіття (близько 11 видів) та географічного поширення представники *Ginkgoopsida* досягли у крейдяному періоді мезозою [32; 104]. Натомість, до четвертинного періоду залишився лише один вид – *Ginkgo biloba*, який у сучасній світовій флорі репрезентує один рід Гінкго (*Ginkgo*), одну родину Гінкові (*Ginkgoaceae*) та один порядок Гінкгоподібні (*Ginkgoales*) класу *Ginkgoopsida* [19; 20; 25].

Даний релікт займає наступне місце у сучасній біологічній класифікації:

**Домен:** Ядерні (*Eukaryota*)

**Царство:** Рослини (*Plantae*)

**Підцарство:** Судинні (*Tracheophyta*)

**Надвідділ:** Насінневі (*Spermatophyta*)

**Відділ:** Гінкгоподібні (*Ginkgophyta*)

**Клас:** Гінкгові (*Ginkgoopsida*)

**Ряд:** Гінкгоподібні (*Ginkgoales*)

**Родина:** Гінкгові (*Ginkgoaceae*)

**Рід:** Гінкго (*Gingko*)

**Вид:** Гінкго дволопатеве (*Ginkgo biloba* L.) [38].

За морфологічними ознаками Гінкго – одне з найбільш архаїчних дерев планети, яке за 150 млн. років не зазнало ні морфологічних, ні генетичних змін. Про це свідчать скам'янілості, виявлені у 1932 році Джорджем Ф. Беком (геологом з Еллесбурга) в заповідному лісі (Державний парк «Скам'янілий ліс гінкго») Вантейджа (США) [4].

Протягом багатьох років вчені вважали, що природні популяції гінкго дволопатевого не існують, а всі відомі дерева були висаджені людиною [102; 76; 103; 115]. Такій думці сприяло декілька факторів, а саме: обмеженість поширення Гінкго дволопатевого, відсутність викопних свідчень, які підтверджували б існування релікту за межами його сучасного ареалу поширення та морфологічна однорідність.

Однак, завдяки дослідженням ДНК, було доведено, що ізольовані популяції гінкго дволопатевого в Китаї дійсно є природними [89]. У результаті досліджень були знайдені викопні свідчення про існування гінкго за межами його сучасного ареалу поширення та виявилось, що існує значна генетична різноманітність серед популяцій гінкго в Китаї (свідчення того, що вони не могли бути створені штучно з одного джерела), а також те, що дана рослина існує в Китаї вже мільйони років [112; 99; 94; 114].

Гіпотезу вимирання також було спростовано рядом доказів, включаючи стійкість як розміру популяції, так і ареалу до кліматичних коливань та адаптивної еволюції генів захисту/відповіді [127].

Важливо зазначити, що незважаючи на свою стійкість та існування природних популяцій, гінкго сьогодні опинилося під загрозою зникнення через: вирубку лісів; фрагментації та деградації середовища існування; надмірного збирання листя та насіння для використання в медицині та харчовій промисловості; забруднення повітря та води, яке негативно впливає на репродуктивну здатність гінкго; зміну клімату, що призводить до посух, повеней та інших екстремальних погодних явищ.

Оскільки, відкриття природних популяцій гінкго дволопатевого має значний вплив на розуміння його еволюційної історії, екології та біологічного різноманіття, то збереження цих цінних популяцій є важливим завданням для науковців та природоохоронців. На сьогодні, створюються заповідники та охоронні зони для захисту диких популяцій гінкго, відновлюються ліси та інші природні середовища існування, відбувається штучне розмноження гінкго в розсадниках та ботанічних садах для подальшого висаджування в дикій природі. Існує ряд міжнародних угод та організацій, які сприяють збереженню гінкго. До них належать:

- **Міжнародний союз охорони природи (МСОП)**, який видає Червону книгу і в якій гінкго класифікується як «вид, що знаходиться під загрозою зникнення».
- **Конвенція про біологічне різноманіття** зобов'язує країни вживати заходів для збереження біологічного різноманіття, включаючи гінкго.
- **Ботанічні сади** відіграють важливу роль у збереженні гінкго по всьому світу, оскільки, вирощуючи цю рослину проводять ряд досліджень з інтродукції та акліматизації релікту.

*Ginkgo biloba* – це унікальне дерево, яке протягом мільйонів років еволюціонувало практично без змін. Його вивчення сягає глибокої давнини. У літературних джерелах описуються ранні згадки стосовно використання релікту в традиційній китайській медицині, які сягають 5000 років до н.е. Його листя та насіння використовували для лікування різних захворювань, включаючи астму, кашель та проблеми з кровообігом. Згодом, у XI столітті гінкго було завезено до Японії, де воно стало популярним декоративним деревом і вважалось священним. Його часто висаджували біля буддійських храмів, оскільки воно символізувало стійкість, зосередженість, довголіття та мудрість [4]. Європейським відкриттям гінкго стало в XVII столітті й викликало великий інтерес ботаніків завдяки німецькому лікарю і натуралісту Енгельберту Кемпферу. На основі досліджень в 1712 році вчений опублікував

свою працю «*Amoenitates Exoticae*», де вперше описав гінкго як новий вид рослини, назвавши його «*Ginkgo biloba*». У 1730 році після його смерті перше дерево гінкго було посаджено в Утрехті, Нідерланди [75]. Пізніше гінкго почали висаджувати по всій Європі: Геетбетс (Бельгія) – 1730 р. (незалежно привезений місіонерами з Китаю), Андузе (Франція) – 1750 р., Падуя (Італія) – 1750 р., Славков (Чехія) – 1758 р., Кью (Великобританія) – 1762 р., Відень (Австрія) – 1770 р., Дарувар (Хорватія) – 1777 р., Харбке (Німеччина) – 1781 р. та Монпельє (Франція) – 1788 р.

Перше зареєстроване жіноче дерево гінкго в Європі було посаджено поблизу Женеви (Швейцарія), а його живці були прищеплені до чоловічого дерева та дали насіння [75]. Опис та ілюстрації гінкго, що зробив Кемпфер, стали важливим джерелом інформації для європейських ботаніків й сприяли популяризації цієї унікальної рослини в усьому світі. Як науковець він заклав основу для подальших досліджень гінкго, які тривають донині.

На сьогодні гінкго зростає у багатьох точках Земної кулі, окрім Антарктиди. Переважна кількість дерев росте у східній Азії – батьківщині релікту, Європі та східній частині Північної Америки. Висаджують його на узбіччях доріг, у парках та скверах, біля храмів і палаців, через його декоративність та здатність очищувати повітря.

Оскільки *Ginkgo biloba* є одним з найдавніших існуючих видів дерев на Землі, значна частина наукових публікацій про нього присвячена палеонтологічним дослідженням [69; 93; 95; 109], які відіграють ключову роль у розумінні його еволюції та адаптації до змін навколишнього середовища. Дослідники з Китаю [111; 122] описують екосистему ранньої крейди в Китаї, де гінкго був домінуючою деревною рослиною, використовують молекулярні дані, щоб показати, що гінкго є більш тісно пов'язаним з саговниками, ніж з хвойними, як вважалося раніше. Інші вчені [70] використовують моделі клімату, щоб показати, як зміни клімату могли вплинути на поширення гінкго протягом його еволюційної історії. Слід зазначити, що вивчення питань інтродукції, ареалу поширення та розробка стратегій збереження і навіть

культурне значення в історії різних народів є важливим аспектом ботаніко-географічних та краєзнавчих досліджень [92; 101] цієї унікальної рослини.

Однак, окрім палеонтології, сучасні дослідження гінкго зосередилися на його потенційних як медичних [107], так і фармацевтичних властивостях [73], дослідженнях в галузі фізіології рослин [108] та біохімії [67], фенологічних [100], генетичних дослідженнях, а саме оцінка генетичного різноманіття популяцій *Ginkgo* [78], можливостях його вирощування в ботанічних садах та зелених зонах населених пунктів.

Дерево гінкго, крім офіційної назви, має багато інших місцевих назв у різних країнах: «дерево дівочого волосся» (Англія), «храмове дерево», «японське горіхове дерево» (Нідерланди), «качині лапки», «срібний горіх», «срібний абрикос», «дерево діда-і-онука» (Китай, Японія), «білий плід» (Японія), «срібне дерево» (Іспанія), «дерево за сорок екю» (Франція) та «дерево Гете» (Німеччина) [4]. Така різноманітність назв відображає різні аспекти гінкго, а саме місце зростання, зовнішні ознаки, історичне та культурне значення.

Як релікт Гінкго дволопатеве має багату культурну історію, яка включає озеленення та використання у фармацевтичній промисловості. Ця рослина була визнана і культивована корінними жителями тисячі років тому. У Китаї та Японії гінкго традиційно висаджували в храмових комплексах та імператорських садах, вважаючи символом довголіття та мудрості. У традиційній китайській медицині насіння та листя використовуються з XXI століття. В Азії насіння цінується за горіховий смак і часто використовується як закуска або додається до різних страв у традиційній азійській кухні.

Не меншого культурного значення набуло і листя гінкго, яке є символом міста Токіо і символізує зростання, процвітання, чарівність і спокій. Листок гінкго використовувався також як символ довголіття і є символом школи японської чайної церемонії Урасенке. Як культурний символ, він також асоціюється з надією та родючістю. У 2017 році лист гінкго був використаний



як логотип XIX Міжнародного ботанічного конгресу, що проходив у Шеньчжені (Китай). Крім того, це логотип Ботанічного товариства Китаю та кількох університетів у Східній Азії, таких як Чжецзянський університет A&F, Токійський університет та Осацький університет.

Листя гінґко також є символом стійкості та витривалості. Під час війни та стихійних лих ці дерева часто виживали, навіть коли гинуло все навколо. Ця стійкість призвела до того, що лист гінґко став емблемою надії та сили, особливо в період Едо (1603–1868 рр.).

На сьогодні листя гінґко залишаються популярним мотивом дизайну не тільки на батьківщині, а й за межами і знайшли своє відображення у картинах, розписах кераміки і посуду для чайної церемонії, принтах дерев'яних дощок та текстилю.

Не менш використовуваною і значущою є і деревина гінґко. Завдяки легкій і м'якій текстурі, багатій еластичності та делікатній структурі деревина цієї рослини широко використовується для виготовлення меблів, в інтер'єрі, гравіруванні, дошках для малювання та предметах мистецтва, таких як шахові фігури та східний лакований посуд. Кору дерев гінґко використовують як заміник корку. Виготовлені із деревини гінґко речі, не пошкоджуються комахами і гризунами [39].

Рослина підходить для всієї помірної та середземноморської зони клімату, оскільки є теплолюбною і надає перевагу вологій погоді, а не надзвичайно низьким температурам або сильним вітрам [81]. Проте завдяки добре розвиненій кореневій системі дерево має високу вітростійкість та зимостійкість четвертої зони [68].

Гінґко дволопатеве демонструє високу адаптивність не тільки до різних кліматичних, але і для ґрунтових умов. Це одна з причин, чому воно з успіхом культивується в багатьох регіонах світу [77], включаючи Україну. Хоча, оптимальними ґрунтами для гінґко є, як правило, глибокі, дренажні, родючі, піщані суглинки з глибиною ґрунтових вод менше 1 м [75], однак він може рости на різних ґрунтах, включаючи пісок, мул і глину.

Він невибагливий і до діапазону кислотності ґрунту від рН 4,5 до 8,5, хоча перевага надається рН 6,0–8,0 [75], посухостійкий та чутливий до заболочування [81], стійкий до газоподібних забруднювачів повітря, за винятком чутливості до симуляції кислотних дощів [84; 98]. Також гінкго демонструє високу стійкість до різних антропогенних стресових факторів, включаючи резистентність до атмосферних викидів важких металів і радіоактивного забруднення. Одним із надзвичайних прикладів є його стійкість до іонізуючої радіації. Гінкго вдалося пережити пожежу, спричинену вибухом атомної бомби у Хіросімі під час Другої світової війни, і незабаром після цього утворило молоді бруньки [82]. Гінкго є вогнестійким [83], демонструючи другу найнижчу загальну займистість порівняно з дев'ятьма видами листяних дерев [121].

Гінкго дволопатеве – це цінна лікарська рослина, яка визнана світовою медичною спільнотою. Гінкго можна знайти у фармакопеях багатьох країн [35]. Включення до різних фармакопей означає, що для сировини цієї рослини встановлені чіткі стандарти якості, чистоти та ефективності, підтверджує та гарантує його безпеку для споживачів, сприяє поширенню застосування гінкго в різних країнах [28].

Цілющі властивості листя і насіння гінкго обумовлені їх специфічним складом. Так, листки гінкго містять флавоноїди, кислоти, віск, крохмаль, маннан, пентозан, олії та інші сполуки. Саркотеста насінини (соковита оболонка) містить масляну, валеріанову, пропіонову і гінкголову кислоти, які у поєднанні ще з деякими токсичними речовинами цієї частини насіння, мають протибактеріальні та фунгіцидні властивості. Власне насінина характеризується значним вмістом білка, крохмалю, сирого жиру, вуглеводів, жирної олії, цукрів, пентозану, аргініну, ситостеролу, фітостеролу, аспарагіну, рафінози, ксилолу, каротину, гінкгетину, білоболу і гінолу [40].

Унікальні властивості Гінкго білоба роблять його незамінним компонентом багатьох косметичних засобів [54; 55].

Сьогодні гінкго дволопатеве все частіше використовується як харчова добавка та інгредієнт для функціональних продуктів харчування для збагачення їжі біологічно активними речовинами [71; 11; 88].

Незважаючи на численні корисні властивості, вживання насіння гінкго має деякі обмеження через вміст токсичних речовин, які можуть спричинити інтоксикацію, що характеризується тоніко-клонічними судомою та блювотою [74; 85; 124]. Було доведено, що причиною цих симптомів є гінкготоксин 4'-О-метилпіридоксин [86; 106; 119; 120; 125].

Гінкго – це цінне джерело для наукових досліджень у медицині, включаючи вивчення клінічних питань безпеки та ефективності екстрактів гінкго для лікування різних захворювань (деменція, когнітивні порушення, серцево-судинні захворювання та інші), а також використання завдяки антибактеріальним та противірусним властивостям його екстрактів [79].

Гінкго дволопатеве містить багато сполук з унікальною структурою, які можна використовувати у фітотерапії. До них відносяться, наприклад, терпенові трилактони (гінкголіди), ацильовані флавонолові глікозиди (гінкгогреліни), біфлавоноли (гінкгетин), гінкготиди та гінкголієві кислоти [72].

Екстракт гінкго містить понад 60 біоактивних інгредієнтів, але найважливішу роль відіграють флавоноїди та терпеноїди. Зазвичай вони складають близько 24 і 6% екстракту відповідно. Крім того, він містить органічні кислоти, проантоціанідини, дубильні речовини, ситостерини, каротиноїди, полісахариди, глюкозу та інші складові (мінерали та вітаміни) [91].

Флавоноїди є основними компонентами екстракту листя гінкго [80]. Вони є важливими природними біологічно активними сполуками, які мають сильний вплив на організм людини. Листя гінкго містить ряд речовин цієї групи, включаючи флавонолові глікозиди, біфлавоноли, проантоціанідини та ізофлавоноїди. Однак більшість з них – це мультиформні глікозиди кверцетину, кемпферолу та ізорамнетину. Вивчення цієї унікальної рослини триває, і нові відкриття з'являються постійно.

Гінкго дволопатеве було інтродуковано в Україну в 1811 році. Кременецький ботанічний сад, що на Волині став першим в Україні, де з'явилося це унікальне дерево [34]. Згодом, у 1818 році, завдяки зусиллям відомого ботаніка Християна Стевена, гінкго почали вирощувати у Нікітському ботанічному саду в місті Ялта, звідки вже і розповсюдилося по багатьох ботанічних садах України. Загалом, гінкго досить невибагливе до умов зростання, проте є певні межі його поширення у нашій країні. Північною межею є місто Ніжин, хоча гінкго може рости й далі на північ, але в більш суворих кліматичних умовах його ріст може бути обмеженим. Місто Одеса – південна межа, в умовах якої релікт добре росте, але в посушливих районах може потребувати додаткового поливу.

Західна межа інтродукції гінкго сягає Ужгорода, де рослини успішно ростуть, особливо в Карпатському регіоні. Харків – східна межа, кліматичні умови якої дозволяють успішно культивувати гінкго [51].

В Україні дослідження гінкго дволопатевого проводяться в різних наукових установах, ботанічних садах та медичних університетах. Ключовими напрямками досліджень є перспективи вирощування гінкго в різних кліматичних зонах України, вивчення стійкості до шкідників, хвороб та несприятливих факторів навколишнього середовища [41], розробка методів розмноження та селекції [27], вивчення хімічного складу екстрактів гінкго та їх біологічної активності [20; 47], дослідження морфології, анатомії, фізіології та екології релікту [52; 65], збереження та розширення колекцій гінкго в ботанічних садах, парках, дендраріях [22; 49].

Отже, дослідження гінкго є перспективною галуззю, яка має значний потенціал для розвитку науки, медицини та зеленого будівництва. Вивчення реліктової рослини *Ginkgo biloba*, які базуються на питаннях його морфології, фізіології, екології та біохімії були і залишаються актуальними на сьогоднішній час. Результати таких досліджень дають можливість встановлювати нові можливості використання цієї рослини, яка залишилась на

нашій планеті з давніх часів, але містить у собі нескінченну низку нерозгаданих таємниць про себе.

## **1.2. Застосування синтетичних і природних регуляторів росту рослин у практиці вирощування *Ginkgo biloba* L.**

Розширення асортименту перспективних декоративних деревних видів рослин, зокрема гінкго для використання в озелененні міських ландшафтів, а також як лікарської сировини останнім часом ускладнюється. Це пов'язано із глобальними змінами клімату, а також з тим, що насіння, зібране у різних регіонах України має різну посівну якість. Дослідниками доведено, що кліматичні умови регіону, звідки походить насіння деревних видів, залишають відбиток на його генетичному коді, впливаючи на такі показники, як схожість, енергія проростання та стійкість до несприятливих факторів [18; 37; 105]. Важливо розуміти, що повністю уникнути впливу кліматичних умов на якість насіння неможливо. Однак, дотримуючись рекомендацій при вирощуванні деревних рослин, можна значно знизити ризики невдачі [36].

Успішність розмноження декоративних деревних рослин залежить від багатьох факторів, а саме від біологічних особливостей рослини, способу розмноження, умов вирощування та догляду, використання додаткових заходів для стимулювання росту і розвитку рослин, тощо. Насамперед, для отримання високоякісного садивного матеріалу необхідно забезпечити наявність свіжого, здорового, з високою схожістю насіння. Від даного фактора залежить приживлюваність, інтенсивність росту саджанців деревних культур, що надалі визначає продуктивність майбутніх деревостанів, їх склад і санітарний стан. Але отримання якісних саджанців деревних порід, у тому числі й гінкго, залишається й досі проблемним. Вирішенням даної проблеми може бути запровадження в технологію вирощування садивного матеріалу регуляторів росту рослин. Застосування таких сполук в овочівництві, плодівництві та декоративному садівництві дає результати, яких не можна

досягнути іншими методами, а також дає можливість повніше реалізувати генетичний потенціал рослин, підвищити їхню стійкість до стресових факторів біотичної та абіотичної природи, підвищити біологічну активність ґрунту, знизити його кислотність, підсилити імунітет рослин, активізувати ріст сіянців і, у підсумку, збільшити продуктивність насаджень і поліпшити їхню якість [16]. Інтенсивного розвитку набуває використання регуляторів росту рослин з метою створення сприятливих умов для проростання насіння і підвищення його ґрунтової схожості, активізації росту садивного матеріалу. Регулятори росту підсилюють розвиток асиміляційної поверхні, що позитивно впливає на фотосинтетичну активність рослин, активізують поділ клітин, процеси дихання та живлення, знижують вміст нітратів, іонів важких металів та радіонуклідів [10].

Передпосівна обробка насіння деревних рослин регуляторами росту є сучасним агротехнічним прийомом, який дозволяє оптимізувати фізіологічні процеси в насінні, стимулюючи їх проростання, ріст кореневої системи та розвиток надземної частини. Це, в свою чергу, призводить до отримання більш якісного і конкурентоспроможного садивного матеріалу, який швидше адаптується до нових умов і має вищі показники приживлюваності [14]. Аналіз наукових робіт свідчить про те, що регулятори росту знайшли широке застосування в сільському господарстві з метою підвищення врожайності культур, покращення якості продукції та прискорення термінів дозрівання. Вивчення впливу цих речовин для вирощування деревних видів не набуло широкого розповсюдження. Однак деякі праці про використання рістрегулюючих речовин при вирощуванні деревних форм рослин все ж таки існують. Наприклад, В.А. Вещицький повідомляє, що у працях 70–80 рр. минулого століття було опубліковано результати досліджень, присвячених вивченню біологічно активних речовин, їх впливу на ріст і розвиток рослин, у тому числі лісових порід, з'ясуванню механізму їх дії та застосуванню для інтродукції та акліматизації рослин [83]. Наведено також найновіші на той час дані, які підтверджують перспективність використання РРР.

З часом було одержано додаткові дані щодо позитивної дії РРР на деревні рослини. Під їх впливом інтенсифікуються процеси синтезу білкових речовин і цукрів, зменшується в'язкість протоплазми, покращується її проникність, відновлюваність тканин, збільшується вміст хлорофілу, зростає активність фотосинтезу, підсилюється розвиток кореневої системи, особливо додаткових коренів [8; 9]. Разом з цим багато питань залишається нез'ясованими, особливо стосовно важкоукорінюваних деревних порід. У зв'язку з цим у подальшому значна увага стала приділятися розробці різних видів біостимуляторів як для підсилення росту, так і поліпшення якості садивного матеріалу лісових порід. Так, встановлено [43] позитивний рiстрегулюючий вплив параамінобензойної кислоти (ПАБК) при позакореневій обробці сіянців сосни і ялини розчинами цього препарату. Порівняно з гібереліновою кислотою та гетероауксином ПАБК більшою мірою стимулює ріст кореневої системи та накопичення біомаси рослин.

Відомо, що тривале зберігання насіння призводить до зниження схожості та уповільнених темпів росту проростків. Однак, застосування стимуляторів росту рослин допомагає подолати негативний вплив даного фактора [64]. Деякі автори стверджують, що РРР сприяють підвищенню стійкості рослин до хвороб [10], а також збільшенню виходу стандартних сіянців з одиниці площі [5; 6].

Наукові дослідження в галузі фізіології рослин, сільського господарства та біотехнології демонструють, що використання природних регуляторів росту істотно впливає на фізіологічні процеси. Особливий інтерес представляють дослідження, присвячені вивченню дії біологічно активних речовин на ростові процеси Голонасінних.

У своїх роботах Савченко Ю. М., Тараненко Ю. М. та інші вчені продемонстрували високу ефективність передпосівної обробки насіння і позакореневого підживлення сіянців сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) препаратами, що стимулюють ріст і розвиток, що призводило до збільшення

схожості насіння, покращення росту сіянців та їхньої стійкості до стресових умов [1; 12; 46; 53; 66].

У роботі Синявського Ю. [48] досліджено використання регуляторів росту рослин різної природи – гіберелова та бурштинова кислоти, емістим С, івін, агростимулін, трептолем, вермісол, фульвогумін, циркон, епін. Вони позитивно вплинули на схожість насіння, вміст пігментів фотосинтезу й білка у проростках *Metasequoia glyptostroboides*.

Іншим автором [2] повідомляється про результати дослідження впливу регуляторів росту рослин на якісні показники насіння модрини європейської, за впливу яких суттєво підвищується енергія його проростання, технічна та абсолютна схожості. Найефективнішими препаратами виявились емістим С, вермістим, гумат натрію, байкал, циркон, максим, вимпел, бурштинова кислота, в той час як інші препарати – мікосан, сателіт, епін-екстра виявили інгібуючу дію на проростання насіння модрини.

Аналіз наукової літератури свідчить, що кількість вітчизняних наукових робіт, присвячених вивченню впливу стимуляторів росту на фізіологічні та біохімічні процеси гінкго дволопатевого, є незначною.

Дослідженнями росту та розмноження гінкго в Україні займалася обмежена група науковців, серед яких можна назвати Л. В. Сініцину, А. І. Терещука та А. О. Остудімова [39; 50; 54]. Лише невелика частина наукових робіт, присвячених гінкго білоба, торкається питання використання регуляторів росту, тоді як переважна більшість досліджень зосереджена на вивченні його хімічного складу та фармакологічних властивостей.

Авторами [23] вивчено вплив відомих стимуляторів росту на проростання насіння гінкго у відкритому і закритому ґрунті. Встановлено, що препарат Корневін найкраще впливав на показник схожості як у відкритому (80%), так і закритому (93%) ґрунті. У відкритому ґрунті найкращими були сіянці, насіння яких оброблялось Корневіном. У закритому ґрунті препарати Чаркор і Гетероауксин найкраще впливали на стан молодих рослин.



Федько Р. М. [57] вивчав дію різних за складом речовин, як для обробки насіння перед висівом, так і для позакореневого підживлення проростків гінкго.

Крім розмноження насінням дослідники вивчають можливість розмноження гінкго вегетативним способом. Так, автори [63] використовували для поліпшення вкорінення живців активоване вугілля, яке додавали у воду з живцями. Результат був негативним через утворення бактеріальної плівки на поверхні води.

Також вивчалась дія Корневіну, Гетероауксину та Чаркору для пришвидшення коренеутворення у живців Гінкго [23]. При застосуванні цих препаратів укорінення у відкритому ґрунті відбувалося краще ніж у контролі на 25, 17 та 6 % відповідно. У закритому ґрунті дія досліджуваних препаратів не була виявлена. Крім того, вивчалась дія цих стимуляторів на довжину кореня вкорінених живців. Найкраще корені у живців відкритого ґрунту розвивались за дією Чаркору. Гетероауксин та Корневін теж впливали краще за контроль.

Встановлено, що на пришвидшення схожості насіння гінкго у відкритому ґрунті позитивний вплив мають препарати Вимпел та Гумат натрію (сходи з'являлись через 28 днів). На кількісний показник схожості насіння у цих дослідженнях найкраще впливали Епін екстра (65%), Вимпел (58%), Royal Mix (57%) та Гумат натрію (55%) [57].

При дослідженні впливу відомих препаратів на річний приріст проростків Гінкго в умовах відкритого ґрунту було встановлено, що найкращі показники спостерігались у варіантах із використанням препаратів Вимпел та Гетероауксин супер для кореневого підживлення сіянців [57].

Отримання здорових і міцних проростків гінкго білоба є важливим завданням для декоративного розсадництва. Ця рослина, як відомо, має повільні темпи росту і специфічні вимоги до умов пророщування, що ускладнює процес розмноження.

Механізм дії біостимуляторів полягає у їхній взаємодії з рецепторами клітин рослин. Ця взаємодія запускає ланцюг біохімічних реакцій, що призводять до фізіологічних змін, прискорюючи метаболізм, активізують ферменти та змінюють будову клітин, допомагаючи рослинам адаптуватися до несприятливих умов [26].

Відомо, що під впливом метаболічно активних речовини підвищується морозо- і холодостійкість [3], посухостійкість [7; 13], солестійкість [24] змінюється гормональний статус рослинного організму [30], вуглеводний та азотний обміни [33; 45; 58], а також покращується стійкість рослин до фітопатогенів [113].

Зарубіжними, зокрема китайськими вченими, були проведені дослідження з вивчення впливу біостимуляторів на стійкість проростків гінкго до стресових факторів, а також вплив екзогенних фітогормонів на синтез вторинних метаболітів рослин.

Так, Zhou та ін. дослідили вплив екзогенного мелатоніну на ріст і фізіологічні характеристики *Ginkgo biloba* L. в умовах сольового стресу [128]. Це дослідження теоретично обґрунтувало роль мелатоніну як важливого фітогормону, що регулює стійкість рослин до абіотичних стресів, і запропонувало нові підходи до вирішення проблем, пов'язаних з вирощуванням гінкго білоба в несприятливих умовах.

Відомо, що гінкголід є одним із важливих вторинних метаболітів гінкго білоба, який визначає його лікувальні властивості. Тому багато досліджень показують, що деякі агротехнічні заходи можуть підвищити вміст флавоноїдів у гінкго шляхом регулювання вторинного метаболізму [97; 110].

У дослідженнях, де вивчався вплив екзогенного гібереліну ( $GA_3$ ) на вміст ендогенного гормону та гінкголіду в листі гінкго, показано, що обробка екзогенним  $GA_3$  інгібувала ендогенний  $GA_3$ , змінювала вміст ендогенних індолоцтової кислоти (ІОК) і абсцизової кислоти (АБК) в листі гінкго та впливала на накопичення вторинних метаболітів гінколідів [126].

За даними дослідження Li [87], обробка рослин гінкго білоба селенітом натрію супроводжується змінами в їх фізіологічних процесах, що

проявляється в активації росту, перебудові гормонального балансу та посиленні синтезу терпенових лактонів. Науковець зауважив, що селен не є необхідним поживним елементом для росту рослин, але відповідна кількість селену може не тільки сприяти росту та розвитку рослин, але й покращити якість рослин, стресостійкість і стійкість до хвороб.

Тепер значну увагу приділяють БАР на основі кремнію. Так, у Лісовому коледжі університету Бейхуа (Китай, College of Forestry, Beihua Univ., Jilin) визначали вплив наноструктурованого діоксиду кремнію (TMS) різних концентрацій на інтенсивність розвитку однорічних сіянців модрини ольгінської *Larix jlgensis* [90]. У цій роботі також вивчено вплив речовин на вміст хлорофілу у хвої.

В Україні дослідження впливу нанокремнію на процеси проростання насіння сосни кримської, ялини звичайної та гінкго дволопатевого були проведені ученицею Українського медичного ліцею Національного медичного університету імені О. О. Богомольця. Дослідницею доведено, що нанокремній виявляє антибактеріальну і фітостимулювальну активність на насіння голонасінних. Результати досліджень, доводять, що цей метод є деяким вирішенням питання у швидкому озелененні лісів та парків [60].

Пошук нових, більш ефективних та екологічно чистих регуляторів росту рослин є одним з найактуальніших напрямків сучасних досліджень у фізіології рослин [96]. До перспективних регуляторів росту деревних рослин можна віднести метаболічно активні речовини – сполуки, які відіграють ключову роль у регуляції життєвих процесів у клітинах рослин, впливаючи на ріст, розвиток, обмін речовин та адаптацію рослин до різних умов середовища. Такі препарати безпечні для людей та тварин, високоефективні в малих концентраціях, володіють широким спектром дії, задовольняють екологічні та економічні потреби [59]. Молекулярні дослідження науковців С. Пономаренка та співробітників підтвердили, що біостимулятори змінюють експресію генів, відповідальних за імунітет рослин. Вони активують захисні механізми, допомагаючи рослинам протистояти стресовим умовам [44].

На сьогодні створено чималу кількість новітніх комплексних препаратів, в основу яких входять продукти природного походження, а саме: макро- і мікроелементи, вітаміни, комплекси амінокислот та інші сполуки. Такими ж препарати можуть бути сполуки на основі речовин, що включають Вітамін Е, Метіонін, Параоксибензойну кислоту (ПОБК), Убіхінон-10, MgSO<sub>4</sub>. Дані метаболічно активні речовини більш широкого застосування набули при передпосівній обробці насіння, яка є важливим заходом у вирощуванні сільськогосподарських культур. Було проведено низку досліджень, спрямованих на вивчення впливу сумісного застосування цих речовин на фізіологічні та біохімічні процеси, що відбуваються під час росту і розвитку озимого жита, сої, а також на механізми, які забезпечують стійкість м'якої пшениці до посухи [29; 31; 42]. Результати досліджень доводять ефективність дії метаболічно активних речовин на культури, що вивчались та значно покращують енергію проростання, схожість насіння, стимулюють ростові, асиміляційні процеси, впливають на показник якості зерна та активують антиоксидантну систему рослин. Результати досліджень показали, що ефективність речовин значною мірою визначається особливостями рослин та умовами їх вирощування. Ці дані можуть бути використані для розробки індивідуальних схем застосування метаболічно активних речовин. Саме це стало підґрунтям у виборі метаболічно активних речовин для вивчення показників фізіологічного стану сіянців гінкго дволопатевого, при застосуванні їх для передпосівної обробки насіння.

Таким чином, огляд наукових праць, присвячених використанню регуляторів росту як синтетичних, так і природних, свідчить про те, що застосування цих сполук під час розмноження деревних порід, у тому числі декоративного і реліктового виду *Ginkgo biloba* є перспективним заходом додаткових технологій [17]. Такі дослідження допоможуть у з'ясуванні питань можливостей вирощування гінкго в кліматичних зонах, які не відповідають умовам його природного зростання. Вивчення особливостей проростання та росту молодих сіянців *Ginkgo biloba* за впливу стимулюючих речовин

допомагає розробити ефективні методи вирощування посадкового матеріалу, який можна використовувати для озеленення міських територій або отримання фармацевтичної сировини.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Як реліктова рослина, гінкго пережив багато кліматичних змін і екологічних катастроф, а це в свою чергу, наділило його винятковою стійкістю до різноманітних умов зростання. Гінкго можна зустріти практично по всій території України. Завдяки невибагливості до кліматичних умов, гінкго дволопатеве стало популярним декоративним деревом, яке використовується в озелененні міст і приватних ділянок, залісненні девастрованих ландшафтів, а також у фармацевтичній промисловості завдяки своїм цілющим властивостям [61]. Не зважаючи на більш як 200-річну історію акліматизації та інтродукції, гінкго дволопатеве залишається раритетним та мало розповсюдженим видом в Україні [62].

Гінкго є цінним об'єктом для наукових досліджень, оскільки ця рослина займає важливе місце в еволюції рослинного світу. Вивчення, розмноження і розселення цього релікту дозволить краще зрозуміти механізми адаптації рослин до змін навколишнього середовища. Сучасний стан досліджень гінкго дволопатевого, особливо в контексті стимулювання процесів його розмноження, росту та розвитку, є недостатнім. Тому вивчення впливу рістрегулюючих сполук, а саме метаболічно активних речовин, на ростові процеси даного релікту є актуальним питанням сьогодення.

Використання екологічно безпечних препаратів у малих концентраціях є важливим кроком для удосконалення технологій вирощування гінкго. Це дозволяє отримати високоякісний садивний матеріал, сформувати здорові та стійкі насадження не тільки з метою збереження даного виду, а і можливостей більш ширшого використання цієї рослини в фармацевтичній галузі, ландшафтному дизайні тощо [14].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Базан Т. А., Олексійченко Н. О. Вплив біостимуляторів росту на посівні якості насіння сосни звичайної. *Ліси, парки: технології сьогодення та майбутнє* : матеріали міжнар. наук.-практ. конф. Київ, НУБіП України, 2013. С. 97–98.
2. Белеля С. О. Вплив стимуляторів росту на проростання насіння модрини європейської. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2014. Вип. 12. С. 91–98.
3. Бессонова В. П. Практикум з фізіології рослин. Дніпропетровськ : РВВ ДДАУ, 2006. 316 с.
4. Біланич М. М. Гінкго дволопатеве як екзот Закарпатської області. *Науковий збірник Комунального закладу «Закарпатський обласний краєзнавчий музей ім. Т. Легоцького» Закарпатської обласної ради*. 2022. Вип. 21. С. 122–136.
5. Борисова В. В. Вирощування садивного матеріалу модрини європейської інтенсивними методами в умовах Лівобережного Лісостепу України : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.03.01. Харків, 2005. 294 с.
6. Борисова В. В. Вплив обробки сходів препаратом «атлет» на розвиток сіянців сосни звичайної та подальший їх ріст у культурах. *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2008. Вип. 112. С. 179–184.
7. Веденічева Н. П., Мусатенко Л. І. Вміст цитокінінів в листках квасолі при адаптації до посухи. *Вісник Харків. нац. аграр. ун-ту. Сер. Біологія*. 2006. № 2(9). С. 31–35.
8. Ведмідь М. М. Застосування нових регуляторів росту рослин і водорозчинних полімерів під час створення культур сосни звичайної. *Науковий вісник НАУ* : зб. наук. праць. Київ : Вид-во НАУ. 2001. Вип. 39. С. 209–217.
9. Ведмідь М. М. Стан і перспективи використання регуляторів росту рослин і полімерів в інтенсивних технологіях лісокультурного виробництва. *Науковий вісник НАУ* : зб. наук. праць. Київ : Вид-во НАУ. 2000. Вип. 27. С. 235–237.

10. Вещицький В. А., Дульнєв П. Г., Сірик В. В. Проблеми застосування регуляторів росту рослин при вирощуванні садивного матеріалу деревних порід. *Науковий вісник НАУ* : зб. наук. праць. Київ : Вид-во НАУ. 2006. № 4 (5). С. 1–12.
11. Геліх А. О. Дослідження показників якості січених виробів на основі присноводних гідробіонтів та порошку гінкго білоба. *Науковий вісник ЛНУ ветеринарної медицини та біотехнологій. Серія «Харчові технології»*. 2019. Т. 21. № 92. С. 36–41.
12. Гречаник Р. М., Гула Л. О., Гбур В. О. Вплив регуляторів росту на проростання насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.9. С. 60–64.
13. Григорюк І. П., Жук О. І. Ріст пшениці і кукурудзи в умовах посухи та його регуляція. Київ : Наук. Світ. 2002. 118 с.
14. Григорюк І. П., Яворовський П. П. Біологічні основи оптимізації продукційного процесу деревних рослин у стресових умовах. Київ : Аграр Медіа Груп, 2013. 278 с.
15. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. Київ : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2008. 352 с.
16. Гузь М. М. Сучасний стан та перспективи інтенсифікації вирощування лісового садивного матеріалу. *Науковий вісник НЛТУ України* : зб. наук.-техн. праць. Львів : РВВ НЛТУ України. 2008. Вип. 18. С. 84–92.
17. Гут Р.Т. Зміна морфометричних показників сіянців сосни звичайної під впливом екзогенних стимуляторів. *Науковий вісник НЛТУ України* : зб. наук.-техн. праць. Львів: РВВ НЛТУ України. 2007. Вип. 17.5. 86 с.
18. Дебринюк Ю. М., Калінін М. І., Гузь М. М., Шаблій І. В. Лісове насінництво: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.. Львів : Світ, 1998, 425 с.
19. Дендрофлора України. Дикорослі та культивовані дерева й кущі. Голонасінні: довідник / М. А. Кохно, В. І. Гордієнко, Г. С. Захаренко та ін. Київ: Вид-во «Вища шк.», 2001. 207 с

20. Заячук В. Я., Хомюк П. Г., Хомюк А. П., Погрібний О. О., Юркевич А. О. Структура та санітарний стан деревостану гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.) у дендрарії ВЛНС «Березинка» ДП «Мукачівське лісове господарство». *Науковий вісник НЛТУ України*, 2016. вип. 26.5. С. 41–48, URL: <https://doi.org/10.15421/40260506> (дата звернення: 15.05.2022).
21. Заячук В. Я. Дендрологія : підручник. 2-ге вид., перероб. та доп. Львів : Вид-во «Сполом», 2014. 676 с.
22. Іванюк І. В., Завадська М. О. Вирощування саджанців гінкго дволопатевого в контейнерній культурі. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Лісівництво та декоративне садівництво*. 2014. Вип. 198(2). С. 87–92. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_lis\\_2014\\_198\(2\)\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2014_198(2)_15) (дата звернення: 16.05.2022)
23. Іванюк І. В., Завадська М. О., Іванюк І. В. Вплив стимуляторів росту на схожість насіння та укорінення живців гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.). *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво*. 2013. Вип. 187(2). С. 147–52. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau\\_lis\\_2013\\_187\\_2\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvnau_lis_2013_187_2_25) (дата звернення: 21.04.2023).
24. Калініна Н. О. Адаптація кукурудзи до умов хлоридного засолення на ранніх етапах онтогенезу: вплив регуляторів росту: автореф. дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.12. Київ, 2005. 20 с.
25. Калініченко О. А. Декоративна дендрологія : навч. посібн. Київ : Вид-во «Вища шк.», 2003. 199 с.
26. Карпенко В. П., Павлишин С. В. Активність антиоксидантних ферментів у рослинах пшениці полби звичайної за дії гербіциду Пріма Форте 195 і регулятора росту рослин Вуксал БІО Vita. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2018. Вип. 3. С. 61–65. URL: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3\(99\)-10](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2018-3(99)-10) (дата звернення: 01.02.2023).
27. Коваленко І. М., Клименко Г. О., Ярощук Р. А., Федорчук М. І., Лихолат О. А. Оптимізація технології вирощування гінкго білоба в умовах



відкритого ґрунту. *Регуляторні механізми в біосистемах*. 2018. Вип. 9 (4), С. 535–539. URL: <https://doi.org/10.15421/021880> (дата звернення: 12.04.2022).

28. Ковальов В. М., Павлій О. І., Ісакова Т. І. Фармакогнозія з основами біохімії рослин : підруч. для студ. вищ. навч. закл. Харків : Прапор, 2000. 704 с.

29. Козючко А. Г. Фізіологічно-біохімічне обґрунтування застосування метаболічно активних сполук у технології вирощування сої : дис. ... д-ра філософії: 091. Ніжин, 2022. 150 с.

30. Кур'ята В. Г., Попроцька І. В. Фізіолого-біохімічні основи застосування ретардантів в рослинництві. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2019. 97 с.

31. Куриленко А.О. Фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку озимого жита на різних етапах онтогенезу за дії метаболічно активних сполук: дис. ... д-ра філософії: 091. Ніжин, 2022. 137 с.

32. Кучерява Л. Ф., Войтюк Ю. О., Нечитайло В. А. Систематика вищих рослин. Київ: Фітосоціоцентр, 1997. Т. 1: Археγονіати. 136 с.

33. Кушнір О. В., Кур'ята В. Г. Особливості накопичення і перерозподілу неструктурних вуглеводів за дії синтетичних регуляторів росту та ретарданту фолікуру в онтогенезі рослин перцю солодкого. Актуальні проблеми біології та методики її викладання у закладах вищої освіти. Вінниця, 2017. С. 248–253.

34. Липа О. Л. Про первинний і вторинний ареал гінкго в зв'язку з поширенням його в культурі на Україні. *Доп. АН УССР*. 1946. № 1–2. С. 13–18.

35. Лікарські рослини. Енциклопедичний довідник / за ред. проф. А. М. Гродзінського. Київ : 1991. С. 103–104.

36. Методичні рекомендації з розмноження деревних декоративних рослин Ботанічного саду НУБіП України. Київ: Вид. центр НУБіП України. 2008. 55 с.

37. Михайлов П. П. Динаміка показників якості насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на Північному Сході України : автореф. дис... канд. с.-г. н. : 06.03.01. Харків, 2011. 22 с.

38. Національна база даних РОСЛИН - USDA, NRCS. 2001. База даних РОСЛИНИ, версія 3.1
39. Остудімов А. О. Гінкго білоба в Україні: насіннєвий потенціал, особливості вирощування та використання садивного матеріалу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : спец. 06.03.01. Львів, 2011. 20 с.
40. Остудімов А. О., Гузь М. М. Особливості насінного розмноження гінкго дволопатевого. *Науковий вісник НЛТУ України*: зб. наук.-техн. праць. Львів: РВВ НЛТУ України, 2010. Вип. 20.11. С. 8–15.
41. Остудімов А. О. Особливості інтродукції гінкго дволопатевого в Україні. *Інтродукція, селекція та захист рослин*: матер. другої міжнар. наук. конфер. (м. Донецьк, 6–8 жовт. 2009 р.). Донецьк, 2009. Т. 2. С. 163–166.
42. Паливода Ю. М. Фізіолого-біохімічні механізми формування посухостійкості м'якої пшениці за дії метаболічно активних сполук: дис. ... д-ра філософії: 091. Ніжин, 2023. 130 с.
43. Пономаренко С. П. Українські регулятори росту рослин. Елементи регуляції в рослинництві / під ред. В. П. Кухаря. Київ: ВВП «Компас», 1998. С. 10–17.
44. Пономаренко С. П., Циганкова В. А., Блюм Я. Б., Галкін А. П. Новий напрямок у рослинництві – застосування природних полі компонентних регуляторів росту рослин з біозахисним ефектом. *Наука та інновації*. 2013. Т. 9. № 5. С. 69–77.
45. Рогач В. В., Кравець О. О., Буйна О. І., Кур'ята В. Г. Динаміка накопичення і перерозподілу різних форм вуглеводів та азоту в органах рослин томатів за дії ретардантів. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2016. № 9(2). С. 293–299.
46. Савченко Ю. М. Стабілізація отримання садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) за дії препаратів з фітостимулювальною активністю : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 03.00.12. Київ, 2017. 23 с.
47. Самородов В., Байрак О. Підсумки інтродукції гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.) на Полтавщині. *Автохтонні та інтродуковані рослини*. 2020.

Вип. 12, 225–228. URL: <https://doi.org/10.37555/12.2016.173403> (дата звернення 21.04.2022).

48. Сиявський Ю., М. Гузь, В. Баранов, С. Теглівець, Л. Карпінець Вплив регуляторів росту на посівну якість насіння та біохімічні показники проростків *Metasequoia glyptostroboides* Hu s Cheng. *Вісник Львівського університету. Сер. Біологічна*. 2016. Вип. 74. С. 201–208.

49. Сініцина Л. В. Біоекологічні особливості *Ginkgo biloba* L. в умовах девастрованих ландшафтів : дис. ... канд. біолог. наук : 03.01.02. Київ : 2002. 172 с.

50. Сініцина Л. В. Біологічні особливості *Ginkgo biloba* L. в умовах девастрованих ландшафтів : автореф. дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.05. Київ, 2002. 18 с.

51. Сініцина Л. В. Історія вивчення й поширення *Ginkgo biloba* L. на Україні. *Вісн. Київ. Ун - ту. Біологія*. Вип. 31. 2000. С. 44–47.

52. Сініцина Л. В. Вплив екологічних умов на морфологічну структуру листків *Ginkgo biloba* L. *Вісн. Київ. уні-ту. Біологія*. 2001. Вип. 34. С. 41–44.

53. Тараненко Ю. М. Вплив регуляторів росту рослин на посівну якість насіння сосни звичайної. *Вісник Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України*. 2011. Ч. 3. С. 213–220.

54. Терещук А. І. Гінкго цілитель. Рівне: Вид-во «Волинські береги», 2005. 228 с.

55. Терещук А. І. Гінкго-цілитель. Українські народні звичаї. 2-ге вид. допов. та переробл. Київ : Логос, 2009. 160 с. URL: <http://www.logos.biz.ua/proj/ginkgo/gingko02.pdf> (дата звернення: 12.10.2023).

56. Терещук А. І., Рикунський А. М. Гінкго дволопатево. Рівне : Волинські береги, 2006. 52 с.

57. Федько Р. М. Способи стимулювання розвитку *Ginkgo biloba* L. на початкових етапах онтогенезу. *Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень*: матеріали V Міжнар. наук. конф. (Березоточа, 2 квітня 2021 р.) / ДСЛР ІАП НААН. Лубни: ВКФ «Інтер Парк», 2021. С. 89–91.

58. Ходаніцька О. О., Кур'ята В. Г., Корнійчук О. В. Вплив хлормекватхлориду на накопичення і перерозподіл вуглеводів між органами рослини льону олійного в процесі росту та урожайність культури. *Агробіологія* : зб. наук. праць Білоцерків. нац. аграр. ун-т. Біла церква. 2011. Вип. 6(86). С. 119–123.
59. Хоміна В. Я., Циганкова В. А., Пономаренко С. П., Григорюк І. П. Вплив регуляторів росту «Біолан» та «Івін» на продуктивність лікарських рослин. *Біоресурси і природокористування*. 2013. Т. 5. № 3–4. С. 16–21.
60. Цурпанова М. В. Вплив нанокремнію на ростові процеси насіння деяких видів голонасінних рослин. *Науковий пошук молоді для сталого розвитку лісового комплексу та садово-паркового господарства* : 75-а Всеукраїнська студентська науково-практична конференція (23 березня 2021 року) Київ : Національний університет біоресурсів і природокористування України. 2021. С. 161–162.
61. Шлапак В. П. Інтродуковане *Ginkgo biloba* L. як лікарська рослина в дендропарку «Софіївка» НАН України. *Ресурсознавство, колекціонування та охорона біорізноманіття* : матер. міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 90-річчю від дня народження Д. С. Івашина, ботаніка, флориста, еколога. Полтава, 5–6 листопада 2002 р. Полтава, 2002. С. 238–240.
62. Шляхта І. М., Лисюк Р. М. Гінкго дволопатеве – унікальне цілюще дерево. *Квіти України*. 2016. № 6 (154). С. 18–19.
63. Щирова Ю. В., Дем'яненко В. Г., Бенгус Ю. В., Щирова Ю. В., Дем'яненко В. Г., Бенгус Ю. В. Дослідження вегетативного розмноження гінкго дволопатевого. *Вісник фармації*. № 3 (27). 2001. С. 40.
64. Яворовський П. П. Удосконалення агротехніки вирощування садивного матеріалу декоративних рослин: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ : НАУ, 2004. 20 с.
65. Ярощук Р. А. Перспективи вирощування *Ginkgo biloba* L. в умовах північно-східного Лісостепу України для заготівлі листя у фармацевтичних цілях. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія:

«Агрономія і біологія». 2016. Вип. 9. С. 124–128. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna\\_agro\\_2016\\_9\\_31](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vsna_agro_2016_9_31) (дата звернення: 10.11.2022).

66. Ящук І. В., Шлончак Г. А. Досвід вирощування сіянців сосни звичайної з використанням регуляторів росту рослин у ДП «Клавдіївське лісове господарство». *Лісівництво і агролісомеліорація*. 2019. № 134. С. 43–46.

67. Bağcıoğlu H. I., Ustundağ B., Ozercan I., Baydaş G., Akdere T., Ali D. Protective effect of *Ginkgo biloba* extract on CCl<sub>4</sub>-induced liver damage. *Hepatology Research*. 1999. Vol. 15. P. 215–224.

68. Bannister P., Neuner G. Frost resistance and the distribution of conifers. *Conifer cold hardiness*. / eds. F. J. Bigras, S. J. Colombo. *Conifer cold hardiness*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. P. 3–22. URL: [https://doi.org/10.1007/978-94-015-9650-3\\_2](https://doi.org/10.1007/978-94-015-9650-3_2) (дата звернення: 24.10.23).

69. Bardola T. P. et al. Lenhos de *Ginkgophyta* em florestas petrificadas no Triássico superior Sul-rio-grandense. *Brasil. Rev. bras. paleontol.* 2009. Vol. 12 (2). P. 139–148.

70. Beerling D. J., Taylor L. L., Bradshaw C. D., Lunt D. J., Valdes P. J., Banwart S. A., ... & Leake, J. R. Ecosystem CO<sub>2</sub> starvation and terrestrial silicate weathering: mechanisms and global-scale quantification during the late Miocene. *Journal of Ecology*. 2012. Vol. 100(1). P. 31–41.

71. Biernacka P., Felisiak K., Adamska I. The potential of dried *Ginkgo biloba* leaves as a novel ingredient in fermented beverages of enhanced flavour and antioxidant properties. *Food Chemistry*. 2024. Vol. 461. 141018 URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141018> (дата звернення: 05.10.2023).

72. Boateng, I. D. A critical review of ginkgolic acids in *Ginkgo biloba* leaf extract (EGb): toxicity and removal technologies of ginkgolic acids and their promising bioactivity. *Food Function*. 2022, Vol. 13. P. 9226–9242.

73. Boralle N., Braquet P., Gottlieb O. R. *Ginkgo biloba*: a review of its chemical composition. / ed. P. Braquet. *Ginkgolides-chemistry, biology, pharmacology and clinical perspectives*. Vol. 1. J. R. Prous, Barcelona. 1988. P. 9–25.

74. Cao F. G. A report of 15 cases of ginkgo poisoning in children. *Journal of Bengbu Medical College*. 1999a. Vol. 24(3). P. 3–5.
75. Cao F. L. *Chinese Ginkgo*. China Forestry Publishing House. 2007.
76. Crane P. R. Phylogenetic analysis of *Ginkgo biloba* L.: Including fossil *Ginkgo* and *czekanowskia*. *Taxon*, 1985. Vol. 34(2). P. 317–328.
77. Del Tredici P. Natural regeneration of *Ginkgo biloba* from down ward growing cotyledonary buds (basal chichi). *American Journal of Botany*, 1992. Vol. 79(5). P. 522–530. URL: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1992.tb14588.x> (дата звернення: 10.11.2023).
78. Fan X. X., L. Shen X. Zhang X. Y. Chen & C. X. Fu. Assessing genetic diversity of *Ginkgo biloba* L. (*Ginkgoaceae*) populations from China by RAPD markers. *Biochem. Genet.* 2004. Vol. 42. P. 269–278.
79. Fazal H., Nisar A., Ullah I., Humaira I., Lajber K. Bilal H. A. Antibacterial potential in *Parthenium Hysterophorus*, *Stevia rebaudiana* and *Ginkgo biloba*. *Pak. J. Bot.* Vol. 43(2). 2011. P. 1307–1313
80. Han S., Chio K., Ma T., Kognou ALM, Shrestha S., Chen F., Qin W. Extraction of flavonoids from *Ginkgo biloba* using the lignocellulolytic bacteria *Paenarthrobacter sp.* and optimized by response surface methodology. *Biotechnol. Appl. Microbiol.* 2021. Vol. 15. P. 867–878.
81. He S. A., Yin G., Pang Z. J. Resources and prospects of *Ginkgo biloba* in China. *Ginkgo biloba, a global treasure: From biology to medicine* / eds. T. Hori, R. W. Ridge, W. Tulecke, P. Del Tredici, J. Trémouillaux-Guiller, H. Tobe 1997. P. 373–383.
82. Honda H. *Ginkgo* and insects. *Ginkgo biloba, a global treasure: from biology to medicine* / eds. T. Hori, R. W. Ridge, W. Tulecke, P. Del Tredici, J. Trémouillaux-Guiller, H. Tobe. 1997. P. 243–250.
83. Hori, S., & Hori, T. A cultural history of *Ginkgo biloba* in Japan and the generic name *Ginkgo*. *Ginkgo biloba, a global treasure: from biology to medicine* / eds. T. Hori, R. W. Ridge, W. Tulecke, P. Del Tredici, J. Trémouillaux-Guiller, H. Tobe. 1997. P. 385–411.

84. Kim G. Effects of simulated acid rain on growth and physiological characteristics of *Ginkgo biloba* L. seedlings and on chemical properties of the tested soil. I. Seed germination and growth. II. Leaf surface area, visible leaf injury, leaf chlorophyll content and photosynthetic ability of the leaf tissue. *Journal of Korean Forestry Society*. 1987. Vol. 76. P. 99–108, 230–240.

85. Kobayashi D. Food poisoning by ginkgo seeds through vitamin B-6 depletion. *Yakugaku Zasshi: Journal of the Pharmaceutical Society of Japan*, 2019. Vol. 139(1). P. 1–6. URL: <https://doi.org/10.1248/yakus hi.18-00136> (дата звернення: 05.11.2022).

86. Leistner E., Drewke, C. *Ginkgo biloba* and ginkgotoxin. *Journal of Natural Products*. 2010. Vol. 73(1). P. 86–92. URL: <https://doi.org/10.1021/np9005019> (дата звернення: 09.12.2022).

87. Li L., Yu J., Li L., Rao S., Wu S., Wang S., Cheng S., Cheng H. Treatment of *Ginkgo biloba* with Exogenous Sodium Selenite Affects Its Physiological Growth, Changes Its Phytohormones, and Synthesizes Its Terpene Lactones. *Molecules*. 2022. Nov, 3. Vol. 27(21). 7548. DOI: 10.3390/molecules27217548. PMID: 36364373; PMCID: PMC9655945.

88. Li L., Zhou W., Wu A., Qian X., Xie L., Zhou X., Zhang L. Effect of *Ginkgo biloba* powder on the physicochemical properties and quality characteristics of wheat dough and fresh wet noodles. *Food Products*. 2022. Vol. 11(5). P. 698. URL: <https://doi.org/10.3390/foods11050698> (дата звернення: 10.11.2023).

89. Li Q., Wang Z.-Y., Sun W.-B. Molecular phylogeny and biogeography of *Ginkgo biloba*. *Molecular Plant Biology*. 2006. Vol. 3(5), P. 412–424.

90. Lin Bao-shan, Diao Shao-qi, Li Chun-hui, Fang Li-jun, Qiao Shu-chun, Yu Min/The influence of TMS (fine-structured silicon dioxide) on the growth of seedlings olginskaya larch Effect of TMS (nanostructured silicon dioxide) on growth of Changbai larch seedlings. *J. Forest Res.* 2004. 15, № 2. P. 138–140. Cit. according to RJB 05.04–04B7.

91. Liu L., Wang Y., Zhang J., Wang S. Advances in chemical constituents and chemical analysis of *Ginkgo biloba* leaves, extract and phytopharmaceuticals.

*J. Pharm. Biomed. Anal.* 2021. Vol. 193. 113704. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0731708520315909> (дата звернення: 15.11.2023).

92. McLoughlin S., Vajda V. Ginkgo forests and tsunamis in the Swedish countryside. *Deposits Magazine*. 2013. Vol. 33. P. 20–22.

93. Meller B., Bouchal J., Grimmson F., Hassler A. *Ginkgo*, Palme, Götterbaum aus dem Mittelmiozän des Lavanttaler Beckens. Österreichische Paläontologische Gesellschaft: 20. *Jahrestagung in Wolfsberg*. 10–12 October, 2014. P. 13.

94. Momohara A. Plant biostratigraphy in the Late Pliocene of the lowermost part of the Osaka Group, southwestern Japan. *The Quaternary Research (Daiyonki-Kenkyu)*. 1992. Vol. 31 (2), P. 77–89.

95. Mustoe G. E. Eocene *Ginkgo* leaf fossils from the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Botany*; Oct. 2002. Vol. 80. P. 1078–1087. DOI:10.1139/b02-097

96. Nardi S., Pizzeghello D., Schiavon M., Ertani A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*. 2016. Vol. 73. № 1. Jan-Feb. P. 18–23.

97. Ni J., Dong L., Jiang Z., Yang X., Sun Z., Li J., ... & Xu M. Salicylic acid-induced flavonoid accumulation in *Ginkgo biloba* leaves is dependent on red and far-red light. *Industrial Crops and Products*. 2018. Vol. 118. P. 102–110.

98. Oh J. W., Chae J. S., & Yi C. K. Effects of atmospheric sulfur dioxide concentration on the growth of some tree species. *Bulletin of Korea Forest Research Institute*. 1983. Vol. 30. P. 243–258.

99. Ohsawa M. Differentiation of vegetation zones and species strategies in the subalpine region of Mount Fuji. *Plant Ecology*. Vol. 57(1). 1984. P. 15–52.

100. Peter Del Tredici. The phenology of sexual reproduction in *Ginkgo biloba*: Ecological and evolutionary implications. *The Botanical Review*. 2007. Vol. 73. P. 267–278.



101. Peter Del Tredici. The *Ginkgo* in America. URL: [https://www.academia.edu/7132689/The Ginkgo in America](https://www.academia.edu/7132689/The_Ginkgo_in_America) (дата звернення: 10.03.2022).
102. Preston P. H. *Ginkgo biloba*: A living fossil. *Journal of the Arnold Arboretum*. 1962. Vol. 43(3). P. 148–159.
103. Roy S., Hickey M. Early Cretaceous *Ginkgo* from Argentina: Morphological comparisons with extant *Ginkgo* and implications for *Ginkgo* evolution. *Journal of the Arnold Arboretum*. 1985. Vol. 66(3), P. 417–444.
104. Rui Guan, Yunpeng Zhao, He Zhang et al. Draft genome of the living fossil *Ginkgo biloba*. *GigaScience*. 2016. Nov. 21. Vol. 5(1). 49 p. DOI:10.1186/s13742-016-0154-1
105. Scopmeyer C. S. Seeds of woody plants in the United States Forest Service; U.S. Department of Agriculture. *Agriculture Handbook*. Washington, D.C., 1974. № 450. 883 p.
106. Scott P. M., Lau B. P., Lawrence G. A., Lewis D. A. Analysis of *Ginkgo biloba* for the presence of ginkgotoxin and ginkgotoxin 5'-glucoside. *Journal of AOAC International*. 2000. Vol. 83(6). 1313–1320. URL: <https://doi.org/10.1093/jaoac/83.6.1313> (дата звернення: 13.12.2022).
107. Sierpina V. S., Wollschlaeger B., Blumenthal M. *Ginkgo Biloba*: Clinical issues American family physician. 2003. Vol. 68. № 5. P. 923–926.
108. Skribanek A., Solymosi K., Hideg E., Böddi B. Light and temperature regulation of greening in dark-grown ginkgo (*Ginkgo biloba*). *Physiologia Plantarum*. 2008. Vol. 134. P. 649–659.
109. Stephen McLoughlin. *Ginkgo* in Australia. *Australian Age of Dinosaurs*. 2010. Iss. 8. P. 43–47.
110. Sun M., Gu X., Fu H., Zhang L., Chen R., Cui L., ... & Tian, J. Change of secondary metabolites in leaves of *Ginkgo biloba* L. in response to UV-B induction. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2010. Vol. 11(4), P. 672–676.

111. Sun T., Qing G., Su B., Jiang, L. Functional biointerface materials inspired from nature. *Chemical Society Reviews*. 2011. Vol. 40(5), P. 2909–2921.
112. Tang C. Q., Ohsawa M. Tertiary relic deciduous forests on a humid subtropical mountain, Mt. Emei, Sichuan, China. *Folia Geobotanica*. 2002. Vol. 37. P. 93–106.
113. Tang C. Q., Yang Y., Ohsawa M., Yi, S., Momohara A., Su, W. ... & Wu Z. Evidence for the persistence of wild *ginkgo biloba* (*ginkgoaceae*) populations in the dalou mountains, southwestern china. *American Journal of Botany*. 2012. 99(8). P. 1408–1414. URL: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.09.003> (дата звернення: 11.10.2023).
114. Tang C. Q., Yang Y., Ohsawa M., Yi S-R., Momohara A., Su W. H., Wang H. C., Zhang Z. Y., Peng M. C., Wu Z-L. Evidence for the persistence of wild *Ginkgo biloba* (*Ginkgoaceae*) populations in the Dalou Mountains, southwestern China. *Am J Bot*. 2012 Aug. 99(8). C. 1408–1414. DOI: 10.3732/ajb.1200168.
115. Taylor D. W., Hickey M., Hootman G. W. The Cretaceous Flora of La Angostura, Neuquén, Argentina: *Ginkgo biloba* (L.) Leaves. *American Journal of Botany*. 1991. Vol. 78(5), P. 686–694.
116. Tralau H., Evolutionary trends in the genus *Ginkgo*. *Lethaia*. 1968. Vol. 1 (1). P. 63–101. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1502-3931.1968.tb01728.x> <https://www.idunn.no/doi/10.1111/j.1502-3931.1968.tb01728.x> (дата звернення: 14.05.2023).
117. Tredici P. D., Ling H., & Yang, G. *Ginkgos* Tian Mu Shan. *Conservation Biology*. 1992. Vol. 6(2). P. 202–209. URL: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1992.620202.x> (дата звернення: 14.03.2023).
118. Uemura K. Cenozoic history of *Ginkgo* in East Asia. In *Ginkgo Biloba – A Global Treasure: From Biology to Medicine*. 1997. P. 207–221. Tokyo: Springer Japan. DOI: [10.1007/978-4-431-68416-9\\_16](https://doi.org/10.1007/978-4-431-68416-9_16) (дата звернення: 14.05.2023).
119. Wada K., Ishigaki S., Ueda K., Sakata M., Haga M. An antivitamin B6, 4'-methoxypyridoxine, from the seed of *Ginkgo biloba* L. *Chemical and*

*Pharmaceutical Bulletin*. 1985. Vol. 33(8). P. 3555–3557. URL: <https://doi.org/10.1248/cpb.33.3555> (дата звернення: 12.11.2023).

120. Wada K., Ishigaki S., Ueda K., Take Y., Sasaki K., Sakata M., Haga M. Studies on the constitution of edible and medicinal plants. I.: Isolation and identification of 4-O-Methylpyridoxine, toxic principle from the seed of *Ginkgo biloba* L. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 1988. Vol. 36(5). P. 1779–1782. URL: <https://doi.org/10.1248/cpb.36.1779> (дата звернення: 02.08.2023).

121. Wang G., Cao F., Wang G. and El-Kassabi, Y. Role of temperature and soil moisture conditions on flavonoid production and biosynthesis-related genes in ginkgo (*Ginkgo biloba* L.) leaves. *Natural Products Chemistry & Research*. 2015. Vol. 3 Iss. 11. 1000162. URL: <https://doi.org/10.4172/2329-6836.1000162> (дата звернення: 10.11.2023).

122. Wang T., Wei X. L., Ding A. J., Poon C. N., Lam K. S., Li, Y. S., ... & Anson M. Increasing surface ozone concentrations in the background atmosphere of Southern China, 1994–2007. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2009. Vol. 9(16). P. 6217–6227.

123. Xiang Y. H., Xiang B. X. Primary report on an ancient *Ginkgo biloba* delete [sic] community in Wuchuan County, Guizhou Province. *Guizhou Science*. 1997. Vol. 15(4). P. 239–244.

124. Yagi M., Wada K., Sakata M., Kokubo M., Haga M. Studies on the constituents of edible and medicinal plants. IV. Determination of 4-O-methylpyridoxine in serum of the patient with gin-nan food poisoning. *Yakugaku Zasshi Journal of the Pharmaceutical Society of Japan*. 1993. Vol. 113(8). P. 596–599. URL: [https://doi.org/10.1248/yakushi1947.113.8\\_596](https://doi.org/10.1248/yakushi1947.113.8_596) (дата звернення: 10.11.2023).

125. Yoshimura T., Uda N., Morita J., Jinyu Z., Sasaki K., Kobayashi D., Wada K., Hori Y. High performance liquid chromatographic determination of ginkgotoxin and ginkgotoxin-5'-glucoside in *Ginkgo biloba* seeds. *Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies*. 2006. Vol. 29(4). P. 605–616. URL: <https://doi.org/10.1080/10826070500531466> (дата звернення: 10.11.2023).

126. Zhang X., Zhu J., Cheng S., Zhang W. W., Xu F., Liao Y. Effect of exogenous gibberellin on the content of endogenous hormone and ginkgolide in *Ginkgo* leaves. no Bot. *Horti Agrobot.* 2020. Vol. 48. P. 140–149. DOI: 10.15835/nbha48111840.

127. Zhao Yun-Peng, Fan Guangyi, Yin Ping-Ping at al. Resequencing 545 ginkgo genomes across the world reveals the evolutionary history of the living fossil. *Nat Commun* 2019. Vol. 10. 4201. URL: <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12133-5> (дата звернення: 06.12.2023).

128. Zhou D., Li M., Wang, X., Li H., Li Z., & Li Q. Effects of exogenous melatonin on growth and physiological characteristics of *Ginkgo biloba* L. under salt stress. *Horticulturae.* 2024. Vol. 10(1). P. 89. URL: <https://doi.org/10.3390/horticulturae10010089> (дата звернення: 06.12.2023).

129. Zhou Z., Zheng S. The missing link in *Ginkgo* evolution. *Nature.* 2003. Vol. 423 (6942). P. 821–822. URL: <https://doi.org/10.1038/423821a> (дата звернення: 06.12.2023).

## РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ТА ЇХ КОМБІНАЦІЙ НА ФІЗІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОСЛИН ГІНКГО

### 2.1. Умови проведення досліджень

Дослідження проводили в умовах закритого ґрунту опалювальної стаціонарної скляної теплиці на території навчально-дослідної агробіостанції та у навчально-науковій лабораторії з біохімічних та медико-валеологічних досліджень Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя. У лабораторії нами готувались розчини метаболічно активних речовин та їх комбінацій, проводилось зважування дослідних зразків для визначення маси сирої та сухої речовини в тканинах сіянців гінкго, а також визначення вмісту фотосинтетичних пігментів (хлорофілу *a* і *b*) та вмісту вторинних метаболітів (каротиноїдів, аскорбінової кислоти, флавоноїдів). Теплиця навчально-дослідної агробіостанції була задіяна для посіву обробленого насіння досліджуваними речовинами та проведення досліджень впливу цих речовин на проростання насіння з подальшою оцінкою морфометричних показників сіянців.

Для дослідження використовували посівний матеріал, який формувався в кліматичних умовах м. Київ. Клімат району – помірно континентальний, м'який, з достатнім зволоженням. Зима тривала, порівняно тепла; літо – достатньо тепле й вологе.

Середньорічна температура січня –  $-6,5^{\circ}\text{C}$ , липня –  $+19,5^{\circ}\text{C}$ . Тривалість вегетаційного періоду 198-204 дні. Абсолютний температурний максимум –  $+38^{\circ}\text{C}$ , а мінімум –  $-34^{\circ}\text{C}$ . Сумарна сонячна радіація становить приблизно  $98\text{--}100$  ккал/см<sup>2</sup>, радіаційний баланс коливається в межах  $44\text{--}46$  ккал/см<sup>2</sup>. Тривалість сонячного світла становить 1600 годин/рік. Тривалість безморозного періоду 160–165 днів/рік. Період вегетації (кількість днів з температурою понад  $15^{\circ}\text{C}$ ) становить 105–110 днів. Період з

температурою понад  $+10^{\circ}\text{C}$  становить від 160 до 165 днів, сума активних температур 2480–2700 $^{\circ}\text{C}$ .

У районі дослідження переважають західні вітри, що приносять 500–600 мм опадів за рік. Найменше опадів буває зимою (січень – лютий), найбільше їх припадає на червень – серпень (близько 40%). Випаровуваність становить приблизно 450 мм, тому зволоження надмірне і дорівнює 1,3. Взимку встановлюється сніговий покрив (іноді до 40 см).

Серед несприятливих кліматичних явищ – інтенсивні зливові дощі з грозами, град, бездощові періоди, суховії (до 5–10 днів), пилові бурі влітку, льодова кірка, ожеледь тощо.

Погодні умови за період проведення досліджень формувалися у відповідності до зазначеного агрокліматичного району й особливих погодних аномалій не спостерігали, але кожен рік мав певні особливості з формування температурного режиму та вологозабезпеченості (табл. 2.1 та 2.2).

*Таблиця 2.1*

**Середньодобова температури повітря  
за роки проведення досліджень у м. Київ,  $^{\circ}\text{C}$**

Рік	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2019	-4,5	0,6	5,1	10,6	17,0	23,6	19,8	20,7	15,9	11,1	4,6	2,7
2020	0,8	2,5	6,5	9,9	12,4	21,7	21,9	21,4	18,4	12,5	3,8	-0,5
2021	-2,5	-4,5	2,7	8,0	14,3	21,3	24,6	21,1	13,5	8,4	4,8	-1,5
2022	-1,3	1,8	2,6	8,1	14,6	21,7	20,8	22,3	12,7	10,6	3,1	-0,7
2023	-0,3	-0,2	4,8	9,6	16,0	19,6	21,5	23,8	18,8	11,4	4,1	0,7

Погодні умови мають значний вплив на формування та якість насіння гінкго дволопатевого. Різні кліматичні фактори, такі як температура, вологість повітря та ґрунту, освітленість та кількість опадів, можуть як позитивно, так і негативно впливати на посівну якість насіння.

Загалом, середньодобова температура повітря за вегетаційний період (квітень-жовтень) відрізнялася по роках та була вищою від середніх багаторічних показників. У 2019, 2020 та 2023 роках погодні умови як навесні, так і восени мали помірні середньодобові температури, без істотних заморозків та аномальних злив. Натомість, погодні умови 2021 та 2022 років відрізнялися за кількістю опадів. Найбільше опадів у період вегетації випало у 2022 році. Так, за цей період випало 467 мм опадів, що склало 109 % від багаторічної норми, але температура була вищою на 2,3°C. 2021 р. характеризувався значним відхиленням за температурою повітря та кількістю опадів від середньобагаторічної норми та відзначався частими проявами аномальної погоди. Весна 2022 року видалася нетипово прохолодною з середньомісячними температурами: березня – +7,5°C, квітня – +10,7°C і травня – +16,1°C, що відповідно на 0,5; 1,1 та 0,9°C менше багаторічних значень. Тривалість метеорологічної весни (період із середньодобовою температурою від 0 до +15°C) становила 95 діб, що на три тижні довше звичайного. Її особливістю були: затяжні похолодання, короткочасне формування снігового покриву в першій декаді березня, значні перепади температури від тепла до холоду та промерзання ґрунту на 2 см у другій декаді березня. Вересень 2022 року був холодним та надмірно дощовим.

Таблиця 2.2

**Кількість опадів за роки проведення  
досліджень у м. Київ, мм**

Рік	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2019	21,2	29,0	25,1	39,5	28,7	54,2	50,2	9,7	12,0	7,0	17,3	35,9
2020	20,3	39,7	14,9	47,3	91,6	57,1	21,4	7,8	21,3	21,9	27,5	38,3
2021	56,6	49,3	23,3	43,7	87,0	81,9	100,4	88,1	18,7	17,8	25,5	63,3
2022	22,8	9,2	10,1	86,0	98,5	58,0	74,0	81,0	75,0	106,0	95,0	73,0
2023	19,0	30,0	42,0	102,0	1,0	87,0	136,0	19,0	8,0	66,0	98,0	65,0

Таким чином, переважання холодних температур та надмірної вологості могли бути негативними факторами, що вплинули на формування насіння гінкго.

Отже, погодні умови в роки проведення досліджень відзначались певними коливаннями за температурним режимом і кількістю опадів. Значні коливання температури та опадів протягом вегетаційного періоду 2021–2022 років негативно вплинули на формування насіння, що могло бути причиною низької схожості.

## 2.2. Характеристика об'єктів дослідження

Гінкго дволопатеве (*Ginkgo biloba* L.) – єдиний живий попередник сучасних хвойних рослин [15].

*Ginkgo biloba*, стародавній вид дерев, що походить з Китаю, є єдиним збереженим представником родини *Ginkgoales* серед голонасінних [45].

Дерево світлолюбне, довговічне (окремі екземпляри досягають віку 2000 років (Китай)), вітростійке, невибагливе до ґрунтів, димо- та пилостійке, стійке до абіотичних та біотичних факторів, відноситься до 4 зони зимостійкості (витримує морози до  $- +25^{\circ}\text{C}$ ), пластичне в умовах промислової загазованості та формуванні крони [10]. Зазвичай гінкго може виростати до 35–40 м у висоту і 3 м у діаметрі, але у виняткових випадках до 70 м, маючи діаметр більше 5 м [26; 38; 61].

У молодому віці рослинам притаманна конічна форма крони, яка в подальшому стає більш округлою або широкояйцеподібною (рис. 2.1). Дорослі дерева гінкго мають стрункий стовбур, кора якого коричнево-сірого кольору з глибокими борознами та ребрами; має коркову структуру. Гілки рослин гінкго довгі вигнуті, розміщуються під кутом  $45^{\circ}$  від стовбура [60]. Пагони гінкго діляться на два види: видовжені і вкорочені. На видовжених пагонах листки розміщуються по одному по спіралі, а на вкорочених – на верхівці, зібрані



пучками по 5–7 шт. Стовбур складається переважно з деревини, серцевина розвинена слабо.



Рис. 2.1. Дерево гінкго у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України (м. Київ)

На відміну від більшості хвойних, у деревині гінкго немає смоляних ходів. Річні кільця чітко виражені. Гінкго – фанерофіт (за класифікацією Раункієра), оскільки зимуючі бруньки відновлення розміщуються високо над

землею. Така адаптація дозволяє йому успішно виживати в різних кліматичних умовах і переживати несприятливі періоди.

Гінкго має стрижневий сильно розгалужений корінь, який глибоко проникає в ґрунт. Анатомічна будова кореня схожа на анатомічну будову стебла. Коріння більшості рослин гінкго заражені везикулярно-арбускулярною мікоризою (VAM), яка відіграє важливу роль у поглинанні фосфору.

Листки гінкго мають унікальну віялоподібну форму, яка властива тільки даному релікту (рис. 2.2). Вони складаються з черешка та листкової пластинки, що розділяється на дві симетричні половини. Жилкування дихотомічне. Листя має ширину 5–8 см та вкрите восковим шаром з обох боків. Колір листя залежить від сезону: від світло-зеленого навесні, тьмяно-сіро-зеленого влітку до жовто-зеленого і, навіть золотисто-жовтого (у сприятливі роки) восени.



Рис. 2.2. Листя гінкго дволопатевого

Гінкго – рослина роздільностатева, у репродуктивну фазу вступає у віці 25–30 років. Основний спосіб розмноження – насінневий, хоча рослині характерне, і вегетативне розмноження за допомогою живців, відводок і, навіть, метод культури тканин. Даному релікту характерний диплоїдний набір хромосом, а саме  $2n = 24$  [35; 39; 50; 52].

Спосіб розмноження цього дерева унікальний, оскільки, як і у папоротей, у життєвому циклі гінкго відбувається чергування нестатевого (спорофіт) і статевого (гаметофіт) поколінь. Однак, на відміну від папоротей, у гінкго спорофіт більш розвинений і домінує в життєвому циклі. Ще однією унікальною особливістю гінкго є наявність рухливих сперматозоїдів (така примітивна ознака збереглася у небагатьох сучасних насінних рослин).

Оскільки гінкго є дводомною рослиною, тобто існують окремі чоловічі та жіночі особини, процес запилення передбачає перенесення пилку з чоловічих рослин на жіночі. Формування чоловічих і жіночих органів відбувається навесні, у квітні-червні (залежно від кліматичних умов) на вкорочених пагонах (рис. 2.3).

Мікроспорофіл формується на чоловічих рослинах, складається з ніжки та двох спорангіїв, що містять мікроспори (пилки). Сукупність мікроспорофілів утворює сережкоподібні стробіли, функція яких полягає у продукуванні достатньої кількості пилку, його захисті від механічних пошкоджень і несприятливих умов середовища та сприяє ефективному розповсюдженню. Проростання спор відбувається у середині мікроспорангія.

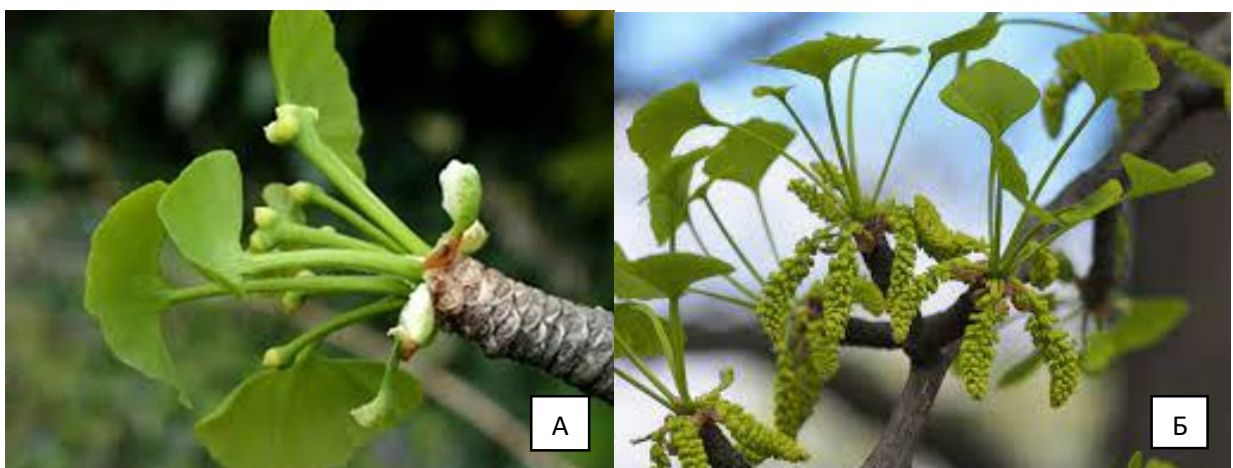


Рис. 2.3. Жіночий пагін з мегастробілами (А) та чоловічий пагін з мікроспорангіями (Б)

На жіночих рослинах формуються мегастробіли, кожний з яких складається з довгого черешка, на кінці якого є два насінних зачатки (мегаспорангії).

Гінкго є типово анемофільною рослиною, яка запилюється вітром, як і більшість голонасінних [51]. Вітер підхоплює легкі пилкові зерна і переносить їх на великі відстані. Пилкове зерно потрапляє на насінний зачаток жіночої рослини проростає, утворюючи пилкову трубку з двома сперматозоїдами. Після досягнення яйцеклітини, один зі сперматозоїдів зливається з нею, і відбувається запліднення, у результаті якого утворюється насінина. Дозріває насіння у жовтні-листопаді (рис. 2.4).



Рис. 2.4. Жіночий екземпляр гінкго дволопатевого із зрілим насінням

Зріле насіння гінкго дволопатевого велике (25–35 мм × 16–22 мм), еліптичне, вузько оберненояйцеподібне або яйцевидне [26], складається з п'яти основних частин: саркотеста, склеротеста, ендотеста, ендосперм і

зародок насіння (рис. 2.5). Серед них ендосперм і зародок насіння часто разом називають ядром насіння [24; 29; 30; 58].

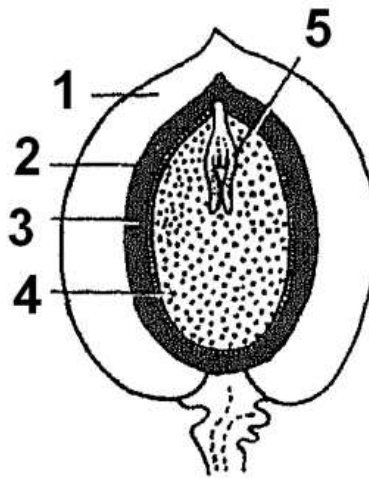


Рис. 2.5. Будова насінини Гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.):

1 – саркотеста, 2 – склеротеста, 3 – ендотеста, 4 – ендосперм, 5 – зародок

Зовні насінина вкрита саркотестою – м'яккою оболонкою жовто-оранжевого кольору, під нею розміщена тверда кам'яниста оболонка – склеротеста (рис. 2.6), а внутрішній шар має вигляд тонкої плівки – ендотеста.



Рис. 2.6. Зібране насіння гінкго дволопатевого:

А – свіжозібране, Б – очищене від саркотести

Саркотеста містить у своєму складі олію та ароматичні речовини, що мають неприємний запах згірклої олії [12].

Всередині насінини знаходиться великий зародок із двома сім'ядолями, оточений масивним ендоспермом, клітини якого заповнені крохмалем [12].

Процес запліднення у гінкго довготривалий, відбувається навіть в опалому насінні. Така здатність є важливою адаптацією, яка дозволила гінкго вижити і процвітати протягом мільйонів років.

Для фізіологічного дозрівання зародка насінини гінкго потрібно 40-50 днів після опадання з дерева [25]. Передумовою для проростання насіння може бути холодна стратифікація, яка прискорює процес проростання та може підвищити загальний відсоток пророслого насіння [36; 40; 56; 59]. Крім того, належна передпосівна обробка може посилити силу росту стратифікованого насіння гінкго [53]. Проростання насіння у гінкго гіпогеальне, при якому сім'ядолі не виносяться на поверхню субстрату і зазвичай завершується через 4–5 тижнів після появи першого справжнього листка (рис. 2.7) [54].

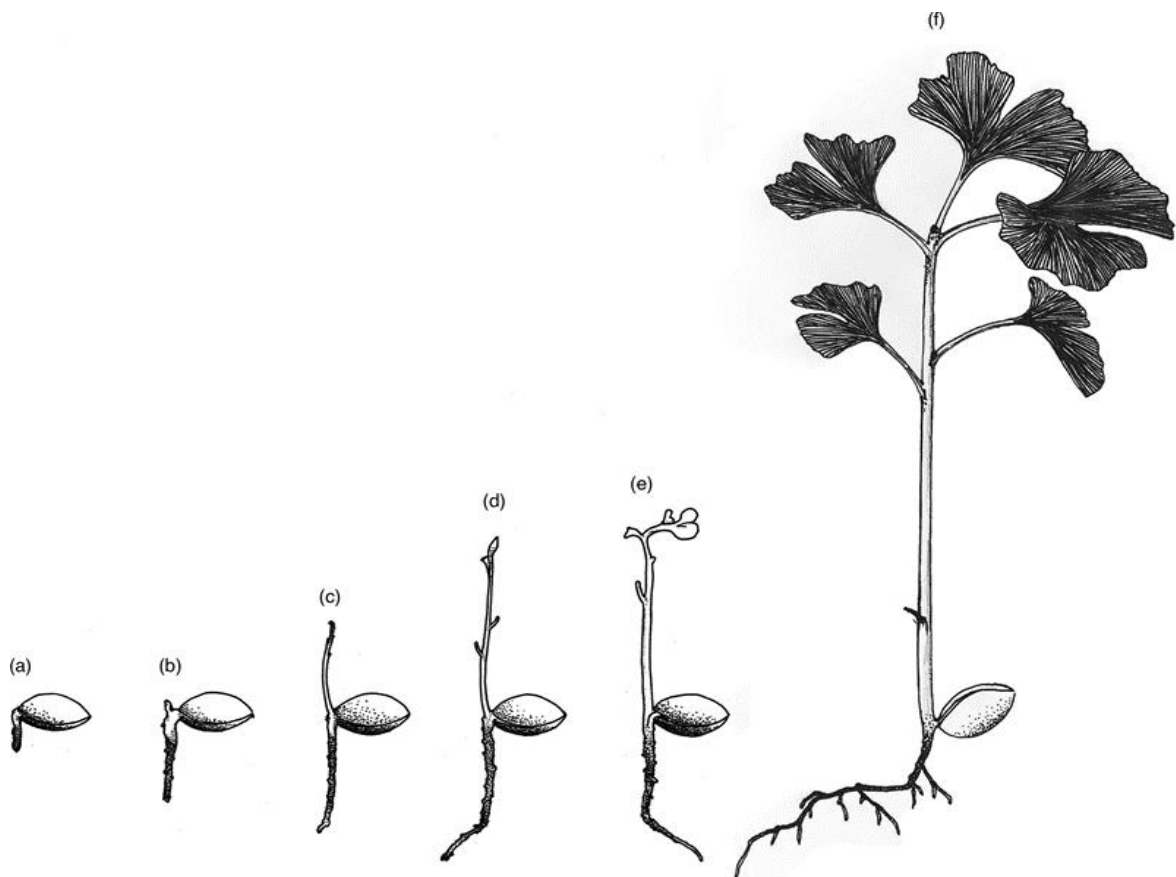


Рис. 2.7. Сіянци гінкго дволопатевого через (a) – 1 тиждень, (b) – 2 тижні, (c) – 3 тижні, (d) – 4 тижні, (e) – 5 тижнів і (f) – 9 тижнів після проростання.

(Ілюстрацію намалював Ruo-Yu Xu)



Рис. 2.8. Проросле насіння Гінкго дволопатевого

Вирощування гінкго як декоративної та реліктової рослини у культурі відоме з прадавніх часів. Завдяки невибагливості до умов зростання його вирощують по всьому світу в ботанічних садах і парках. Дерево резистентне до полютантів, що дозволяє висаджувати рослини вздовж доріг.

Матеріалом дослідження слугувало насіння та молоді рослини *Ginkgo biloba*. Для обробки насіння використовували метаболічно активні речовини: Вітамін Е, Убіхінон-10, Параоксибензойну кислоту (ПОБК), Магній сульфат ( $MgSO_4$ ), Метіонін, а також їх комбінації у такому складі: Вітамін Е + Убіхінон-10, Вітамін Е + Метіонін + ПОБК, Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$ . Для порівняння дії досліджуваних речовин використовували біостимулятор росту Стимпо.

Насіння гінкго збирали впродовж 2019–2023 років з екземплярів, що зростають у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України (м. Київ) в жовтні–листопаді.

Перед обробкою досліджуваними речовинами, насіння пройшло підготовку відповідно до загальноприйнятих методик (рис. 2.9) [13; 14].



Рис. 2.9. Насіння гінкго підготоване до передпосівної обробки метаболічно активними речовинами

Після цього насіннєвий матеріал витримували у розчинах метаболічно активних речовин протягом однієї доби (рис. 2.10 А). У контрольному варіанті застосовували дистильовану воду. Вивчення впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на фізіологічні показники рослин гінкго передбачало використання таких варіантів:

1. Контроль (дистильована вода).
2. Стимпо (0,2 мл/200 мл води).
3. Вітамін Е ( $10^{-8}$  М).
4. Параоксибензойна кислота (ПОБК) (0,001%).



5. Метіонін (0,001%).
6. Убіхінон-10 ( $10^{-8}$  М).
7.  $MgSO_4$  (0,001%).
8. Вітамін Е ( $10^{-8}$  М) + Убіхінон-10 ( $10^{-8}$  М).
9. Вітамін Е ( $10^{-8}$  М) + Метіонін + Параоксибензойна кислота (0,001%).
10. Вітамін Е ( $10^{-8}$  М) + Метіонін + Параоксибензойна кислота (0,001%) +  $MgSO_4$  (0,001%).

Висів здійснювали у ємкості із підготовленим субстратом, який складався з дернового ґрунту, торфу та листового перегною у співвідношенні 1:1:3 в однакові терміни (з 21 по 30 грудня) (рис. 2.10 Б).



Рис. 2.10. Обробка насіння метаболічно активними речовинами (А) та посів (Б)

Кількість насінин складала 100 штук для кожного варіанту. Дослідження проводили з 2019 по 2024 роки. Середня температура повітря в теплиці під час

висіву була на рівні  $+16^{\circ}\text{C}$ , а відносна вологість повітря – 75–90%. За таких умов насіння проходило стратифікацію близько одного місяця. Після появи сходів (рис. 2.11) визначали енергію проростання насіння та схожість.



Рис. 2.11. Поява перших сходів



Рис. 2.12. Сіянци гінґо дволопатевого

## Характеристика досліджуваних метаболічно активних речовин:

1. *Вітамін Е* об'єднує групу молекул природного походження – токоферолів і токотрієнолів, які синтезуються виключно фотосинтезуючими організмами та відіграють фундаментальну роль у метаболізмі рослин. Дана сполука вважається ліпофільною та біоактивною. Вітамін Е – незамінний жиророзчинний антиоксидант, який дезактивує реактивні види кисню, утвореного у процесі фотосинтезу. Накопичується Вітамін Е в основному в хлоропластах зелених тканин, але може бути присутнім в насінні, плодах, коренях і бульбах. Найвищу концентрацію токоферолу серед усіх органів має насіння, завдяки чому воно може довгий час залишатися життєздатним і знаходитись у стані спокою при несприятливих умовах навколишнього середовища. Токофероли необхідні для контролю неферментативного перекисного окислення ліпідів під час спокою насіння та проростання проростків [48].

Вітамін Е допомагає запобігти перекисному окисленню ліпідів, підтримуючи цілісність фотосинтетичної мембрани [31]. А також допомагає витримувати стрес разом з іншими антиоксидантами, такими як аскорбат і глутатіон, злагоджено поглинаючи кисневі радикали [47].

2. *Параоксибензойна кислота* (ПОБК) – органічна ароматична кислота, є однією з найпоширеніших фенольних сполук. Присутня в рослинних організмах у невеликих кількостях та бере участь у активації ферментативного та неферментативного (фенольні сполуки, флавоноїди та каротиноїди) механізму антиоксидантного захисту для підтримки гомеостазу активних форм кисню (АФК). Відомо, що ПОБК має потенційну антибактеріальну та протигрибкову дію [43] та захищає рослинний організм від згубної дії екологічних стресів [49]. Також встановлено, що параоксибензойна кислота приймає участь у біосинтезі багатьох вторинних метаболітів та здатна стимулювати ростові процеси у рослинних організмах за попередньої обробки насіння, використовуючи мінімальні концентрації [27].

3. *Убіхінон-10 (коензим Q-10)* – жиророзчинна сполука, яка є життєво важливим кофактором. Попередником даної сполуки є параоксибензойна кислота (ПОБК). Коензим Q-10 бере участь у транспорті електронів і протонів через ліпідні мембрани у ланцюгу дихання мітохондрій та виступає потужним антиоксидантом, захищаючи мембранні ліпіди від перекисного окиснення. Він розташовується у тилакоїдах хлоропластів на внутрішніх мембранах мітохондрій і приймає участь у хімічних реакціях фотофосфорилування та окиснювального фосфорилування [55].

Оскільки убіхінон приймає участь у біосинтезі та обміні важливих хімічних сполук, які виконують роль антиоксидантів, він виконує важливу роль у фізіологічних процесах росту та розвитку рослин.

Коензим Q-10 може пригнічувати перекисне окислення мітохондрій, захищати структурну цілісність біологічної мембрани та певною мірою підвищувати імунітет [33; 44].

4. *Метіонін* відноситься до незамінних сірковмісних амінокислот та приймає участь у синтезі білка та трансляції мРНК, а також у опосередкованому регулюванні клітинних процесів завдяки своєму основному катаболічному продукту S-аденозилметіонін (SAM). SAM залучається у процеси метилювання багатьох первинних і вторинних метаболітів, таких як нуклеїнові кислоти, білки, ліпіди, хлорофіл, алкалоїди, пектини і ароматичні сполуки [41] та є джерелом сірки, утворюючи диметилсульфід [46]. Метіонін бере участь у процесі проростання насіння [32] стимулює коренеутворення, підтримує ріст рослинних фітогормонів та регулює процеси росту і розвитку рослин в умовах стресу. Також він регулює відкривання-закривання продихів, оптимізує водообмін і регулює утворення етилену [62]. Метіонін має здатність утворювати хелати – металоорганічні комплекси амінокислоти з іонами металів. Завдяки своїй біодоступності, хелатні сполуки засвоюються рослиною ефективніше [42].

5. *Магній сульфат ( $MgSO_4$ )* – використовується як мінеральне добриво, цінне джерело магнію та сірки, які є життєвонеобхідними елементами

фізіолого-біохімічних процесів у рослинах. Магній є важливим макроелементом для росту рослин, оскільки приймає участь у синтезі хлорофілу та білка, поглинанні поживних речовин, експресії генів. Крім того, як кофактор для ряду ферментів,  $Mg^{2+}$  контролює детоксикацію АФК та захисних сполук, які беруть участь у захисті рослини від біотичних стресових факторів [28]. Іншим важливим аспектом  $Mg^{2+}$  є його роль у зміцненні стресостійкості, стійкості до хвороб і механізмів захисту рослин від шкідників. Ці фактори можуть значно вплинути на стійкість і загальний стан садових культур, тим самим впливаючи на їх продуктивність і прибутковість.

Наявність  $Mg^{2+}$  може впливати на склад мікробіома ризосфери, що, у свою чергу, може підтримувати здоровий стан рослин і забезпечувати отримання поживних речовин.  $Mg^{2+}$  може підвищити урожайність, якість врожаю, стресостійкість і стійкість до хвороб [22]. Крім того, як кофактор для ряду ферментів,  $Mg^{2+}$  контролює детоксикацію активних форм кисню та синтез захисних сполук, утворюючи безпосередній захист від біотичних стресових факторів [28].

6. *Стимпо* – новітній стимулятор росту рослин із серії полікомпонентних препаратів, в основу дії якого покладено синергічний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів з кореневої системи женьшеню і авермектинів. Препарат успішно застосовується для передпосівної обробки насіння сільськогосподарських, плодово-ягідних культур, декоративних та лісових дерев. Він створений компанією ДП МНТЦ «Агробіотех» НАН та МОН України, займає одну з лідируючих позицій в Україні в галузі створення, виробництва і впровадження в аграрний комплекс і лісове господарство високих технологій з використанням біостимуляторів [18].

Стимпо підвищує врожай на 15–25%, посилює стійкість рослин до несприятливих кліматичних умов (посуха, заморозки), позитивно впливає на польову схожість і енергію проростання насіння, сприяє розвитку симбіотичної мікрофлори в зоні кореневої системи, і, як наслідок, посилює

розвиток первинної і вторинної кореневої системи, підсилює фотосинтетичну активність і розвиток листової поверхні, має біозахисний та антипаразитарний ефекти, на 50–65% зменшує розвиток хвороб і шкідників.

### 2.3. Методики проведення досліджень

#### *Визначення морфометричних показників сіянців гінкго дволопатевого за впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій*

У дослідженнях нами було визначено один з показників посівної якості насіння гінкго дволопатевого, а саме:

- *Схожість насіння* (отримані результати виражали у процентах до загальної кількості насінин, взятих для пророщування) [3];

Також визначали морфометричні показники сіянців гінкго дволопатевого:

- лінійний ріст стебла (визначали з допомогою мірної лінійки, аналізуючи по 10 рослин у трикратній повторності) [9];

- кількість листків на стеблі (підраховували кількість листків на стеблі у 10 рослин, взятих у трикратній повторності) [9];

- лінійний ріст кореня (визначали з допомогою мірної лінійки, аналізуючи по 10 рослин у трикратній повторності) [9];

- кількість бічних коренів на головному корені (кількість бічних коренів на головному корені у 10 рослин, взятих у трикратній повторності) [9];

- масу сирої та сухої речовини сіянців (використовували ваговий метод, аналізуючи по 10 випадково відібраних рослин у чотирьохкратній повторності) [8];

- вміст води і процентний вміст сухої речовини у молодих рослинах гінкго (використовували ваговий метод, порівнюючи маси свіжого зразка і маси того ж зразка після видалення вологи) [20].

Для визначення процентного вмісту сухої речовини використовували формулу (2.1):

$$\% \text{ сухої речовини} = \frac{\text{маса сухого залишку}}{\text{маса початкового зразка}} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де маса сухого залишку – маса зразка після висушування до постійної маси (тобто коли маса перестає змінюватися при подальшому висушуванні), г;  
маса початкового зразка – маса зразка перед висушуванням, г.

***Визначення впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на фотосинтетичний апарат сіянців гінкго дволопатевого***

Для оцінки стану фотосинтетичного апарату сіянців гінкго були досліджені показники середньої площі листка, його маси, визначений вміст хлорофілів  $a$ ,  $b$  і суми хлорофілів  $a$  і  $b$  у десятикратній повторності. Дослідження проводили у першій декаді червня, на 60-денних сіянцях.

*Визначення площі ( $S$ ) листка сіянців гінкго проводили ваговим методом [1] за пропорцією (2.2):*

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{S}, \quad (2.2)$$

де  $a$  – маса квадрата міліметрового паперу  $10 \times 10$  см, г;

$b$  – маса контуру листка з міліметрового паперу, г;

$c$  – площа квадрата міліметрового паперу,  $\text{см}^2$  ;

$S$  – площа листка,  $\text{см}^2$ .

*Визначення вмісту хлорофілу  $a$ , хлорофілу  $b$  та вміст суми хлорофілів  $a$  і  $b$  у листках сіянців гінкго проводили спектрофотометрично (СФ-26) за довжин хвиль 665, 654, 649 нм. Для екстракції сировини використовували 96% етиловий спирт. Для кількісного визначення пігментів користувались наступною методикою: точну наважку (0,1 г) подрібнювали та переносили*

у ступку, додаючи невелику кількість магній карбонату ( $MgCO_3$ ), кварцевого піску та 5 мл етанолу. Отриману однорідну масу відфільтрували та довели до позначки 30 мл тим же екстрагентом. Розчином порівняння був 96% етанол.

Концентрацію хлорофілів  $a$  та  $b$  розраховували за формулами (2.3) і (2.4):

$$C_{\text{хл.}a} = 13,70 A_{665} - 5,76 A_{649} \quad (2.3)$$

$$C_{\text{хл.}b} = 25,80 A_{649} - 7,60 A_{665}, \quad (2.4)$$

де  $A_{649}$  – оптична густина розчину за довжини хвилі 649 нм;

$A_{665}$  – оптична густина розчину за довжини хвилі 665 нм.

Загальний вміст хлорофілів ( $C_{\text{хл.}a} + C_{\text{хл.}b}$ ) у листках гінкго обраховували за формулою:

$$C_{\text{хл.}a} + C_{\text{хл.}b} = 25,1 A_{654}, \quad (2.5)$$

де  $C_{\text{хл.}a} + C_{\text{хл.}b}$  – концентрація хлорофілів  $a$  та  $b$ ;

$A_{654}$  – оптична густина екстракту за довжини хвилі 654 нм.

Кількісний вміст хлорофілів  $a$  і  $b$  ( $X$ , мг/г) розраховували за формулою:

$$V_{\text{ек}} = \frac{C_{\text{хл}}}{1000} \cdot m_{\text{нав}}, \quad (2.6)$$

де  $V_{\text{ек}}$  – об'єм спиртової витяжки, мл;

$C_{\text{хл}}$  – концентрація хлорофілу у спиртовій витяжці, мг/л;

$m_{\text{нав}}$  – маса наважки сировини, г [16; 57].

***Визначення впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на вміст вторинних метаболітів у листках сіянців Гінкго дволопатевого***

*Визначення вмісту каротиноїдів у листках сіянців гінкго визначали методом спектрофотометрії у десятикратній повторності, використовуючи спектрофотометр СФ-26 та довжину хвилі 450 нм. Для екстракції пігментів з*



листя гінкго дволопатевого та як розчину порівняння використовували 96% етанол [4; 5; 7; 11]. Для визначення вмісту загальних каротиноїдів до наважки подрібненого листа (0,2 г) додавали 10 мл 96 % етанолу, перемішували та витримували на водяній бані 60 хв, періодично струшуючи. Потім пробу охолодили та профільтрували, довели до мітки 10 мл. Провели спектрофотометричне вимірювання, використовуючи 1 мл екстракту з додаванням 4 мл 96 % етанолу. Дослідження проводили у другій декаді червня, на 70-денних сіянцях гінкго.

Визначення *вмісту аскорбінової кислоти* у листках 75-денних сіянців гінкго здійснювали згідно методу Hewitt E. J. та Dickes G. J. [34].

Наважку сировини (0,25 г) розтирали у ступці з 2% метафосфорною кислотою (2,5 мл). Гомогенат переносили у мірну колбу та доводили об'єм до мітки 12,5 мл сумішшю 2%  $\text{HPO}_3$  і 0,21 М  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  (співвідношення 3:2, рН 7,3–7,4) та центрифугували 15 хв при 3000 об/хв. Кількісний вміст аскорбінової кислоти визначали спектрофотометричним методом, за довжини хвилі 265 нм. Контрольним розчином була суміш  $\text{HPO}_3:\text{Na}_3\text{PO}_4$ . Вміст аскорбінової кислоти виражали в ммоль/г маси сирової речовини [23].

Визначення *вмісту суми флавоноїдів* проводили спектрофотометрично, у перерахунку на рутин [37]. Дослідження проводили у третій декаді червня, на 80-денних сіянцях гінкго.

Методика приготування розчину стандартного зразка рутину: близько  $(0,05 \pm 0,0002)$  г рутину (ФС 42-2508-87), попередньо висушеного при температурі 130–135°C протягом 3 год., розчинили у 85 мл 96 % етанолу в мірній колбі на 100 мл при нагріванні на киплячій водяній бані, охолодили і довели об'єм розчину до мітки тим же етанолом.

Методика приготування 2 % розчину алюмінію хлориду в 96 % етанолі:  $(2,00 \pm 0,01)$  г алюмінію хлориду розчинили у 50 мл 96 % етанолу в мірній колбі ємністю 100 мл, довели об'єм розчину тим же розчинником до мітки і перемішали.

Для кількісного визначення суми флавоноїдів використовували 1,0 г (точна наважка) листків гінкго, які подрібнювали та поміщали в колбу зі шліфом місткістю 150 мл при цьому додаючи 30 мл 50 %-го спирту. Отриману суміш нагрівали на киплячій водяній бані протягом 30 хв. й періодично струшували для змивання частинок сировини зі стінок. Отриманий екстракт фільтрували через вату в мірну колбу місткістю 100 мл так, щоб частинки сировини не потрапляли на фільтр. Екстракцію проводили ще двічі в описаних вище умовах і фільтрували масу в ту ж мірну колбу. Отриманий екстракт охолоджували, доводили 50% етанолом до мітки й перемішували (розчин А).

У мірну колбу місткістю 25 мл вносили 1 мл розчину А, 2 мл 2% розчину алюміній хлориду в 96% етанолі і доводили об'єм до мітки етанолом тієї ж концентрації. Оптичну щільність розчину вимірювали через 40 хв. на спектрофотометрі СФ-26 за довжини хвилі 415 нм у кюветі з товщиною світлопоглинаючого шару 10 мм. Як розчин порівняння використовували розчин, що складається з 1 мл вилучення (розчин А) і 1 краплі розведеної оцтової кислоти, доведений 96 % етанолом до мітки в мірній колбі місткістю 25 мл [17].

Паралельно, в тих же умовах, вимірювали оптичну щільність розчину стандартного зразку рутину, який готували шляхом додавання 1 мл розчину стандартного зразка рутину та 2 мл 2 % розчину алюміній хлориду в 96 % етанолі у колбу місткістю 25 мл та доведеного до мітки. Вміст суми флавоноїдів у перерахунку на рутин та абсолютно суху речовину (%) розраховували за формулою:

$$X = \frac{D \cdot m_0 \cdot 100 \cdot 100 \cdot 100}{D_0 \cdot m \cdot 100 \cdot (100 - W)}, \quad (2.7)$$

де  $D$  – оптична щільність досліджуваного розчину;

$D_0$  – оптична щільність розчину рутину;

$m$  – маса сировини, г;

$m_0$  – маса рутину, г;

$W$  – втрата в масі при висушуванні сировини, % [2; 6; 17; 21].

## 2.4. Статистичний аналіз експериментальних даних

Статистична обробка результатів здійснювалась за допомогою методів математичної статистики, використовуючи стандартні вбудовані функції пакету спеціалізованого програмного забезпечення *MS Office Excel – 2010* (пакет «Аналіз даних») [19]. Для кількісних показників розраховували середнє арифметичне ( $M$ ) і стандартну похибку середнього ( $m$ ), середнє квадратичне відхилення, для якісних ознак відносні (в %) частоти. Статистична оцінка проводилась за  $t$  – критерієм Стьюдента при рівні значимості  $p \leq 0,05$ .

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Векірчик К. М. Фізіологія рослин. Практикум. Київ : Вища школа, 1984. 240 с.
2. Глущенко А. В. Методика визначення кількості вмісту флавоноїдів в екстрактах кураю пагорбкового (*Salsola Collina L.*). *Український біофармацевтичний журнал*. 2014. № 2. С. 46–49.
3. Гордієнко М. І., Гузь М. М., Дебринюк Ю. М., Маурер В. М. Лісові культури : підручник. Львів : Камула, 2005. 608 с.
4. Горяча Л. М., Журавель І. О. Визначення кількісного вмісту хлорофілів у траві амброзії полинолистої. *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.
5. Господаренко Г. М. Агрохімія : підручник. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2019. 560 с.
6. Гриненко У. В., Журавель І. О. Визначення вмісту флавоноїдів в листі шпинату городнього. *Промислова фармація : етапи становлення та майбутнє* : зб. наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 25-річчю з дня відкриття спец. «Промислова фармація» в Україні, м. Харків, 29–30 верес. 2017 р. Харків, 2017. С. 35–37.

7. Гриненко У. В., Журавель І. О. Визначення вмісту хлорофілів та каротиноїдів в листі шпинату городнього (*Spinacia oleracea* L.) : зб. наук. праць співробітників НМАПО імені П. Л. Шупика. 2018. Вип. 28. С. 29–33.
8. ДСТУ 7804:2015. Продукти переробляння фруктів та овочів. Методи визначання сухих речовин або вологи. [Чинний від 2015-06-22]. Київ : Держспоживстандарт України, 2015. 19 с.
9. Єщенко В. О. Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. Київ : Дія, 2005. 288 с.
10. Заячук В. Я. Дендрологія : підруч. для студ. вищ. навч. закл. Львів : Апріорі, 2008. С. 209–213.
11. Колісник Ю. С., Кисличенко В. С., Кузнецова В. Ю. Пігменти трави грициків звичайних (*Capsellabursa-pastoris*). *Фармацевтичний журнал*. 2013. № 1. С. 75–77.
12. Кучерява Л. Ф., Войтюк, Ю. О., Нечитайло В. А. Систематика вищих рослин. 1. Археγονіати. Київ : Фітосоціоцентр, 1997. 136 с.
13. Методичні рекомендації з розмноження деревних декоративних рослин Ботанічного саду НУБіП України / уклад.: О. В. Колесніченко, С. І. Слюсар, О. М. Якобчук. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2008. 55 с.
14. Методичні рекомендації з розмноження деревних та кущових рослин Ч. 1: Голонасінні / за ред. М. А. Кохна, С. І. Кузнецова. Київ, 1998. 48 с.
15. Остудімов А. О. Гінкго дволопатеве в Україні: насінний потенціал, особливості вирощування та використання садивного матеріалу : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: спец. 06.03.01 «Лісові культури та фітомеліорація». Львів. 2011. 23 с.
16. Починок Х. Н. Методи біохімічного аналізу рослин. Київ : Наукова думка, 1976. 334 с.
17. Практикум з фармакогнозії : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. М. Ковальов, Н. В. Попова, В. С. Кисличенко та ін.; за заг. ред. В. М. Ковальова. Харків : Золоті сторінки, 2003. 512 с.

18. Стимпо URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/stimpo> (дата звернення: 21.10.23).
19. Томашевський О. В., Рисіков В. П. Комп'ютерні технології статистичної обробки даних : навч. посіб. Запоріжжя : Запорізький національний технічний університет, 2015. 175 с.
20. Фізіологія рослин. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами першого (бакалаврського) освітнього рівня за напрямом підготовки 206 – «Садово-паркове господарство», 206 «Лісове господарство» / уклад. Л. В. Розборська, О. І. Заболотний, А. А. Даценко. Умань, 2020. 65 с.
21. Adamczak A., Buchwald W., Zieliński J., Mielcarek S. Flavonoid and organic acid content in rose hips (*Rosa L.*, sect. *Caninae* dc. Em. Christ.). *Acta Biologica Cracoviensia s. Botanica*. 2012. Vol. 54(1). P. 105–112.
22. Ahmed N., Zhang B., Bozdar B., Chachar S., Rai M., Li J., Li Y., Hayat F., Chachar Z., Tu P. The power of magnesium: unlocking the potential for increased yield, quality, and stress tolerance of horticultural crops. *Front Plant Sci*. 2023 Oct 24. Vol. 14. DOI: 10.3389/fpls.2023.1285512. PMID: 37941670; PMCID: PMC10628537.
23. 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.
24. Brown R. C., Lemmon B. E. Microtubules in early development of the megagametophyte of *Ginkgo biloba*. *Journal of plant research*. 2008. Vol. 121 P. 397–406.
25. Cao B. H., Cai C. J. Study on the after-ripening physiology and endogenous hormones of *Ginkgo biloba* seeds (in Chinese). *Scientia Silvae Sinicae*, 2006. Vol. 42(2). P. 32–37.
26. Cheng W. C., Fu L. K. *Flora Reipublicae Popularis Sinicae* VII. 1978. C. 18–23.

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

28. Faizan M., Bhat J. A., El-Serehy H. A., Moustakas M., Ahmad P. Magnesium oxide nanoparticles (MgO-NPs) alleviate arsenic toxicity in soybean by modulating photosynthetic function, nutrient uptake and antioxidant potential. *Metals*. 2022. Vol. 12. Iss. 12. P. 2030.

29. Fangdi L., Ganping L., Linying Z., Xiaoge G., Zhuolong Sh., Fuliang C., Qirong G. Morphological characteristics, ultrastructure and chemical constituents of the endosperm of ginkgo (*Ginkgo biloba* L.). *Plants*. 2023. Vol. 12. Iss. 20. P. 35–60. URL: <https://doi.org/10.3390/plants12203560> (дата звернення: 11.03.2023).

30. Friedman W. E., Ernest M. G. Division of the generative cell and late development in the male gametophyte of *Ginkgo biloba*. *American journal of botany*. 1988. Vol. 75.9. P. 1434–1442.

31. Fryer M. J. The antioxidant effects of thylakoid Vitamin E ( $\alpha$ -tocopherol). *Plant Cell Environ.* 1992. Vol. 15. Iss. 4. P. 381–392. DOI: 10.1111/j.1365-3040.1992.tb00988.x (дата звернення: 25.03.2023).

32. Gallardo K., Robata C., Groot S. P., Пуупе М., Demol H., Vandekerkhove J., Robata D. *Physiologia Plantarum*. 2002. Vol. 116. Iss. 2. P. 238–247. URL: <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.2002.1160214.x> (дата звернення: 11.10.2023).

33. Hasanuzzaman M., Bhuyan M., Zulfiqar F., Raza A., Mohsin S., Mahmud J., Fujita M., Fotopoulos V. Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Abiotic Stress: Revisiting the Crucial Role of a Universal Defense Regulator. *Antioxidants*. 2020. Vol. 9. P. 681. URL: <https://doi.org/10.3390/antiox9080681> (дата звернення: 21.04.2023).

34. Hewitt E. J., Dickes G. J. Spectrophotometric measurements on ascorbic acid and their use for the estimation of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in plant tissues. *The Biochemical J.* 1961. Vol. 78. № 2. P. 384–391.
35. Hizume Masahiro. «Chromosomes of *Ginkgo biloba*» *Ginkgo Biloba A Global Treasure: From Biology to Medicine*. Tokyo: Springer Japan, 1997. С. 109–118.
36. Holt B. F., Rothwell G. W. Is *Ginkgo biloba* (*Ginkgoaceae*) really an oviparous plant? *American Journal of Botany*. 1997. Vol. 84(6). P. 870–872. URL: <https://doi.org/10.2307/2445823> (дата звернення: 12.04.2023).
37. Hongbin Zhu, Yuzhi Wang, Yuxuan Liu et al. Analysis of Flavonoids in *Portulaca oleracea* L. by UV–Vis Spectrophotometry with Comparative Study on Different Extraction Technologies. *Food Anal. Methods*. 2010. Vol. 3. P. 90–97.
38. Hori T., Ridge R. W., Tulecke W., DelTredici P., Trémouillaux-Guiller J., Tobe H. (Eds.) *Ginkgo biloba – Global Treasure from Biology to Medicine*. 1997. Tokyo, Japan: Springer.
39. Ishikawa M. Ueber die Zahl der Chromosomen von *Ginkgo biloba* L. Mit 3 Abbildungen im Text. *Shokubutsugaku Zasshi* 24.285. 1910. Vol. 24. Iss. 285. P. 225–226.
40. Johnson M. I., Wickliff J. L. Seed germination in *Ginkgo biloba* L. I. Influences of cold treatment, gibberellic acid and red light. *Journal of the Arkansas Academy of Science*. 1974. Vol. 28(1). P. 34–36.
41. Kagan R. M., Clarke S. Widespread occurrence of three sequence motifs in diverse S-adenosylmethionine-dependent methyltransferases suggests a common structure for these enzymes. *Archives of biochemistry and biophysics*. 1994. Vol. 310(2). P. 417–427.
42. Khan S., Yu H., Li Q., Gao Y., Sallam B. N., Wang H., Liu P., Jiang W. Exogenous Application of Amino Acids Improves the Growth and Yield of Lettuce by Enhancing Photosynthetic Assimilation and Nutrient Available. *Agronomy*. 2019. Vol. 9(5). P. 266. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy9050266> (дата звернення: 15.03.2023).

43. Lee Z., Lin H., Zhou J., Chen L., Pan Z., Fang B. Synthesis and antimicrobial activity of hybrid molecules between amoxicillin and benzoic acid derivatives. *Drug Dev. res.* 2020. Vol. 82. P. 198–206.
44. Liu M., Lu S. Plastoquinone and Ubiquinone in Plants: Biosynthesis, Physiological Function and Metabolic Engineering. *Front Plant Sci.* 2016. Vol. 7. P. 1898. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01898> (дата звернення: 15.03.2023).
45. Major R. T. The ginkgo, the most ancient living tree: the resistance of *Ginkgo biloba* L. to pests accounts in part for the longevity of this species. *Science.* 1967. Vol. 157. Iss. 3794. P. 1270–1273.
46. Matthews B. F. Lysine, Threonine, and Methionine Biosynthesis. *Plant Amino Acids: Biochemistry and Biotechnology, Marcel Dekker Inc.* / ed. Singh B. K. New York, 1999. P. 205–225.
47. 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.
48. Munné-Bosch S.:  $\alpha$ -tocopherol: A multifaceted molecule in plants. *Vitam. Horm.*, 2007. Vol. 76. P. 375–392.
49. Nehela Y., Taha N. A., Elzaawely A. A., Xuan T. D., Amin A. M., Ahmed M. E., El-Nagar A. Benzoic acid and its hydroxylated derivatives suppress early blight of tomato (*Alternaria solani*) through induction of salicylic acid biosynthesis and enzymatic and non-enzymatic antioxidant defense mechanisms. *Journal of Fungi.* 2021. Vol. 7(8). P. 663. URL: [doi.org/10.3390/jof7080663](https://doi.org/10.3390/jof7080663) (дата звернення: 01.11.2023).
50. Newcomer E. H. The karyotype and possible sex chromosomes of *Ginkgo biloba*. *American Journal of Botany.* 1954. P. 542–545.
51. Niklas K. J. The aerodynamics of wind pollination. *The Botanical Review.* 1985. Vol. 51(3). P. 328–386. URL: <https://doi.org/10.1007/BF02861079>
52. Pollock E. G. The sex chromosomes of the maidenhair tree. *Journal of Heredity.* Vol. 48. Iss. 6, November. 1957. P. 290–294.



53. Sofi P. A., Rasheid N., Masoodi T. H., Parray A. Standardization of pre-sowing treatments for seed germination and seedling growth of *Ginkgo biloba* L. under temperate conditions of Kashmir Himalayas. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2018. Vol. 7(2). P. 1249–1253.
54. Soma S. Development of the female gametophyte and the embryogeny of *Ginkgo biloba*. *Ginkgo biloba, a global treasure: From biology to medicine* / eds. T. Hori, R. W. Ridge, W. Tulecke, P. Del Tredici, J. Trémouillaux-Guiller, H. Tobe. 1997. P. 51–65.
55. Svezhevskaya E. Metabolism of ubiquinone and plastoquinone in plants. *Methods Enzymol.* 2004. Vol. 378. P. 124–131. doi: 10.1016/S0076-6879(04)78007-6
56. Tredici Del P. The architecture of *Ginkgo biloba* L. *L'Arbre: Biologie et Development* / ed. C. Edelin. 1991. P. 155–168.
57. Vicas S. I., Laslo V., Pantea S. and Bandict G. E. Chlorophyll and carotenoids pigments from Mistletoe (*Viscum album*) leaves using different solvents. *Fascicula Biologie*. 2010. Vol. 2017. № 2. P. 213–218.
58. Wang L., Wang D., Lin M.-M., Lu Y., Jiang X.-X., Jin B. An embryological study and systematic significance of the primitive gymnosperm *Ginkgo biloba*. *Journal of Systematics and Evolution*. 2011. Vol. 49. Iss. 4. P. 353–361.
59. West W. C., Frattarelli F. J., Russin K. J. Effect of stratification and gibberellin on seed germination in *Ginkgo biloba*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 1970. Vol. 97(6). P. 380–384. URL: <https://doi.org/10.2307/2483859> (дата звернення: 09. 10. 2023).
60. Whetstone R. D. *Ginkgoaceae*. In Flora of North America Editorial Committee (Eds.). *Flora of North America*. 1993. Vol. 2. P. 350–351.
61. Xing, S. Y. Germplasm Resources of Chinese *Ginkgo*. China Forestry Publishing House. 2013.
62. Yang S. F., Hoffman N. E. Ethylene biosynthesis and its regulation in higher plants. *Annual review of plant physiology*. 1984. Vol. 35.1. P. 155–189. URL: <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.35.060184.001103> (дата звернення: 09.10. 2023).

### РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ТА ЇХ КОМБІНАЦІЙ НА СХОЖІСТЬ НАСІННЯ ТА МОРФОМЕТРИЧНІ ПОКАЗНИКИ СІЯНЦІВ *GINKGO BILOBA* L.

Передпосівна обробка насіння деревних порід регуляторами росту є однією з додаткових технологій, яка може вплинути на розмноження цих рослин насінням [2]. Цей метод дозволяє підвищити енергію проростання насіння, значно прискорити процеси проростання та загальну життєздатність рослин [20]. Відомо, що визначення посівної якості насіння є запорукою успішного розмноження рослин насінням [18]. Енергія проростання та схожість є ключовими показниками, які відображають успішність перетворення зародка гінкго дволопатевого на проросток, а також характеризують придатність насіння до посіву та його здатність формувати здорові та повноцінні сходи. Від якості насіння залежить успіх розвитку молодого проростка рослини і, як наслідок, кількість якісного посадкового матеріалу релікта [13].

Посівна якість насіння Гінкго достатньо варіативна. Вона залежить від особливостей формування насіння, вчасності його збору, належних умов зберігання та якісної передпосівної підготовки. Як показала практика, зібране насіння не гарантує отримання великої кількості задовільного матеріалу навіть у сприятливі для процесів запилення і запліднення роки, тоді як у роки несприятливі для формування насіння, схожість знижується у 3–5 разів, а насіння може бути взагалі не життєздатним [3; 5; 6; 8; 9; 10; 12; 26].

З літературних джерел відомо, що більшість насінноносних дерев Гінкго утворюють насіння з високими посівними якостями у роки з температурою повітря вищою від середньої за вегетаційний період [32; 33].

За спостереженнями Остудімова, на рівень схожості насіння гінкго особливий вплив мають погодні умови у вересні-жовтні. Якщо ці місяці осені теплі і сонячні, то і схожість насіння є вищою [18].

У результаті проведених досліджень було відмічено високий відсоток схожості насіння 2019, 2020 та 2023 років збору, а насіння зібране у 2021 та 2022 роках – відносно малий. Оскільки, погодні умови 2021 та 2022 років у період формування насіння, його запилення навесні та запліднення восени відбувалось в умовах дощової погоди, можемо припустити, що насіння мало низьку схожість саме через несприятливі погодні умови у ці періоди [23]. Застосування передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями зумовлювало стимулюючий вплив на схожість насіння *Ginkgo biloba*, зібраного як у сприятливі (2019, 2020 та 2023), так і несприятливі (2021 та 2022) роки його формування. Також було відмічено стимулювання енергії його проростання [4]. Результати визначення схожості насіння *Ginkgo biloba* за дії метаболічно активних речовин та їх комбінацій у сприятливі та несприятливі роки формування насіння наведені у табл. 3.1 і табл. 3.2. та додатках В.1. та В.2.

Таблиця 3.1

**Схожість насіння *Ginkgo biloba* L. за дії метаболічно активних речовин та їх комбінацій (2019, 2020 та 2023 роки)**

Варіанти дослідження	Схожість насіння у роки збору, %			Середнє за 3 роки досліджень, %	% до контролю
	2019 рік	2020 рік	2023 рік		
1	2	3	4	5	6
Контроль	63,2	73,3	53,0	63,2±5,86	100,0
Стиμπο	73,2	84,6	62,3	73,4±6,43	116,1
ПОБК	77,2	78,2	62,1	72,5±5,21	114,8
Метіонін	73,6	78,6	48,3	66,8±9,38	105,8
MgSO <sub>4</sub>	63,6	85,3	50,1	66,3±10,25	105,0
Вітамін Е	55,2	83,3	66,0	68,2±8,18	107,9
Убіхінон-10	78,0	76,3	64,2	72,8±4,34	115,3

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6
ВітамінЕ+ Убіхінон-10	70,8	86,2	62,5	73,2±6,94	115,8
Вітамін Е+ Метіонін+ПОБК	61,6	67,4	63,3	64,11,72	101,4
Вітамін Е+ Метіонін+ПОБК +MgSO <sub>4</sub>	70,0	88,3	79,0	79,1±5,28*	125,2

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

Як видно з таблиці 3.1, з усіх досліджуваних варіантів метаболічно активних речовин на схожість насіння 2019 року збору найкраще впливала обробка насіння розчинами Убіхінону-10, Параоксибензойної кислоти і Метіоніну. У цих варіантах величина показника схожості була більшою за контрольні значення на 14,8; 14,0 та 10,4 % відповідно. При цьому зазначені речовини також впливали на збільшення величини показника схожості у варіанті із застосуванням розчину стимулятора росту Стимпо. Насіння 2020 року збору мало вищу схожість ніж насіння 2019 року. Ймовірно, це пояснюється кращими умовами вегетаційного періоду (вищі показники радіаційного балансу та середньорічна кількість опадів), що сприяли формуванню насінин з більшою кількістю поживних речовин. Але у цей рік значення схожості за дії розчинів Вітаміну Е, Убіхінону-10, Метіоніну, ПОБК по відношенню до препарату Стимпо, було більшим лише в одному варіанті – при обробці насіння розчином MgSO<sub>4</sub>.

Вважаємо за необхідне зазначити, що комбінації метаболічно активних речовин впливали на схожість насіння по-різному. Так, комбінація Вітамін Е + Убіхінон-10 сприяла підвищенню цього показника на 7,6 % (2019 р.) та 12,9 % (2020 р.) порівняно до контролю. Однак, насіння 2019 р.

збору за дії цієї ж комбінації мало меншу схожість ніж у варіанті із застосуванням препарату Стимпо. Натомість, насіння 2020 р. збору мало значення схожості дещо вище (на 1,6 %) за значення варіанту із застосуванням стимулятора росту Стимпо.

Позитивно на схожість насіння у 2019, 2020 та 2023 роках впливала комбінація речовин – Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$ . Так насіння 2019 р. збору характеризувалось абсолютним показником схожості 70,0 %, що на 6,8 % вище у порівнянні з контролем. Разом з цим, це значення було на 3,2 % меншим за значення отримане у варіанті із застосуванням препарату Стимпо. Насіння 2020 р. збору за дії комбінації Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  мало вищу схожість порівняно і до контролю (на 15 %), і до варіанту із використанням препарату Стимпо (на 3,7 %). У 2023 році ця ж комбінація мала найкращий вплив на схожість насіння. Вона сприяла підвищенню величини цього показника на 23 %. Позитивний вплив на схожість у 2023 році мала передпосівна обробка насіння розчинами Вітаміну Е та Убіхінону-10, а також і інші комбінації. Всі вказані варіанти мали вищі показники схожості ніж у контролі та варіанті використання препарату Стимпо. Таку нерівномірність отриманих результатів можна пояснити різним вмістом поживних речовин у складі насіння гінкго у ці роки, що пов'язано із особливостями його формування залежно від погодних умов. За результатами трьох років досліджень, у середньому, найкращий вплив на схожість насіння мала комбінація Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$ .

За результатами досліджень з вивчення дії метаболічно активних речовин та їх комбінацій на схожість насіння гінкго у несприятливі роки його формування (табл. 3.2) було встановлено, що найкраще на показник схожості насіння 2021 року збору впливала комбінація з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$ , яка перевищувала значення контрольного варіанту на 10 %.

**Схожість насіння *Ginkgo biloba* L. за дії метаболічно активних речовин та їх комбінацій (2021–2022 роки)**

Варіанти дослідження	Схожість насіння у роки збору, %		Середнє за 2 роки досліджень, %	% до контролю
	2021 рік	2022 рік		
Контроль	26,1	10,0	18,05±4,05	100,0
Стимпо	20,0	18,0	19,0±1,00	105,3
ПОБК	24,1	14,0	19,1±5,05	105,5
Метіонін	21,3	18,0	19,7±1,65	108,9
MgSO <sub>4</sub>	18,0	20,0	19,0±1,00	105,3
Вітамін Е	29,1	28,0	28,6±0,55*#	158,2
Убіхінон-10	29,1	14,0	21,6±3,55	119,4
Вітамін Е + Убіхінон-10	23,3	22,0	22,7±0,65	125,5
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК	30,0	26,0	28,0±2,00*#	155,1
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	36,1	12,0	24,1±5,00	133,3

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

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

Насіння 2022 року збору відрізнялось ще нижчою схожістю у порівнянні з попереднім роком. Але, варто відмітити, що дія досліджуваних препаратів

при цьому була більш ефективною. Так, в усіх дослідних варіантах спостерігалось перевищення значень контролю у межах від 2 до 18%. Найвищі значення показника схожості спостерігались при застосуванні для обробки насіння розчину Вітаміну Е та комбінацій із Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК і Вітаміну Е + Убіхінон-10, які перевищували значення отримані у контролі відповідно на 18, 16 і 12 %. Таку дію речовин, що входять до складу комбінацій можна пояснити тим, що Вітамін Е та Убіхінон-10 залучені до біоенергетичних процесів та виступають потужними антиоксидантами. Найбільше Вітаміну Е в рослині зосереджено у насінні. Під час проростання він забезпечує захист проростка від згубної дії вільних радикалів [36].

Також позитивний вплив на схожість насіння було зафіксовано у варіанті застосування розчину  $MgSO_4$  для обробки насіння перед посівом, який збільшував величину показника схожості у 2022 році удвічі порівняно до контролю. Дія розчину Метіоніну відповідала значенням стимулятора росту Стимпо та перевищувала значення контролю на 8 %. Інші препарати: Убіхінон-10, ПОВК та комбінація Вітамін Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$  впливали на процеси проростання менш результативно, але значення показника схожості у цих варіантах перевищували значення у контролі у межах від 2 до 4 %.

Таким чином, досліджувані метаболічно активні речовини та їх комбінації мали позитивний вплив на схожість насіння гінкго в усі досліджувані роки. Найбільш ефективними були комбінації речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$  та Вітаміну Е + Убіхінон-10 для насіння, зібраного у сприятливі роки його формування, а в роки з низькою схожістю позитивний вплив мала комбінація Вітамін Е + Метіонін + ПОВК.

Відомо, що важливим етапом у формуванні рослинного організму є перехід насінини від стану спокою до проростання. Під впливом метаболічно активних речовин та сприятливих умов (достатньої вологості, сприятливої температури та оптимальної кількості світла) в насінні активізуються процеси синтезу власних стимуляторів росту, таких як гібереліни та цитокініни. Ці

фітогормони стимулюють поділ клітин, ріст стебла і кореня, а також активують ферменти, необхідні для мобілізації запасних поживних речовин. Паралельно з цим відбувається інактивація або розпад інгібіторів росту, таких як абсцизова кислота. Абсцизова кислота підтримує насіння в стані спокою, а зниження її вмісту спостерігається у період проростання. Зміна балансу фітогормонів в бік стимуляторів є ключовим моментом, який забезпечує успішне проростання насіння і подальший розвиток рослини [22]. У зв'язку з цим, нами було досліджено вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на особливості формування молодих рослин гінкго, а саме морфометричні показники сіянців гінкго за передпосівної обробки насіння досліджуваними сполуками [5; 6; 7; 11; 25]. У цих дослідженнях ми визначали та порівнювали значення показників середньої довжини кореня, висоти стебла, а також середньої кількості бічних коренів на головному та листків на пагонах молодих рослин, які утворились з насіння гінкго, що формувалось у сприятливі та несприятливі роки.

Результати впливу досліджуваних речовин на лінійний ріст підземної частини сіянців *Ginkgo biloba* наведені у табл. 3.3 та 3.4. та додатках В.3 та В.4.

Таблиця 3.3

**Вплив метаболічно активних речовин на довжину кореня сіянців  
*Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020, 2021 та 2024 роки)**

Варіанти дослідження	Середня довжина кореня, см			Середнє за 3 роки досліджень	
	2020 р.	2021 р.	2024 р.	см	% до контролю
1	2	3	4	5	6
Контроль	8,2±0,36	9,2±0,33	8,2±0,51	8,5±0,33	100,0
Стимпо	8,6±0,30*	10,0±0,36*	9,9±0,43*	9,5±0,45*	111,4



Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6
ПОБК	8,1±0,28	10,0±0,29*	10,8±0,58*	9,6±0,61*	112,9
Метіонін	8,3±0,33	11,5±0,32*	9,6±0,55*	9,8±0,73*	114,8
MgSO <sub>4</sub>	8,5±0,34	10,0±0,38*	10,2±0,51*	9,6±0,53*	112,2
Вітамін Е	8,2±0,33	10,4±0,38*	9,8±0,69	9,5±0,68	111,2
Убіхінон-10	8,5±0,36	10,2±0,31*	9,3±0,66	9,3±0,49	109,4
Вітамін Е+ Убіхінон-10	7,2±0,25*	10,1±0,31*	8,9±0,40	8,7±0,84	102,4
Вітамін Е+ Метіонін+ ПОБК	9,6±0,54*	10,3±0,27*	10,8±0,46*	10,2±0,35*	120,1
Вітамін Е+ Метіонін+ ПОБК+ MgSO <sub>4</sub>	8,6±0,27	10,6±0,29*	10,5±0,51*	9,9±0,65*	116,1

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

Як видно з табл. 3.3, найбільшу величину показника середньої довжини кореня за три роки досліджень забезпечила комбінація метаболічно активних речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК, яка на 20,1% перевищувала значення контрольного варіанту. Досить ефективною за цим же показником була комбінація речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub>, яка сприяла збільшенню головного кореня на 16,1% порівняно до контролю.

Передпосівна обробка насіння гінкго розчинами Метіоніну, ПОБК, MgSO<sub>4</sub>, Вітаміну Е та Убіхінону-10 у середньому за три роки досліджень сприяла збільшенню значень показника середньої довжини кореня порівняно з контрольним варіантом у межах від 9,4 до 14,8 %. Застосування

комбінацій у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОВК та Вітамін Е + Метіонін + ПОВК + MgSO<sub>4</sub>, а також розчину Метіоніну забезпечило збільшення значень показника середньої довжини кореня як відносно контролю, так і порівняно до варіанту з використанням препарату Стимпо. Таким чином, отримані нами результати свідчать про ефективність впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на довжину головного кореня.

Таблиця 3.4

**Вплив метаболічно активних речовин  
на кількість бічних коренів сіянців *Ginkgo biloba* L.  
(середнє за 2020, 2021 та 2024 роки)**

Варіанти дослідження	Середня к-ть бічних коренів, шт.			Середнє за 3 роки досліджень	
	2020 р.	2021 р.	2024 р.	шт.	% до контролю
1	2	3	4	5	6
Контроль	12,0±0,38	18,3±1,20	13,7±0,57	14,7±0,88	100,0
Стимпо	12,0±0,61	20,4±1,38	15,9±0,46*	16,1±0,43*	109,8
ПОВК	10,7±0,54*	20,5±1,28*	17,2±0,54*	16,1±0,88	110,0
Метіонін	13,4±0,36*	20,9±1,50	15,3±0,63*	16,5±0,51*	112,7
MgSO <sub>4</sub>	11,3±0,29*	20,2±1,55	16,4±0,81*	15,9±0,58	108,9
Вітамін Е	11,8±0,34	21,5±1,79*	13,2±0,43	15,5±0,82	105,7
Убіхінон-10	11,7±0,51	21,5±1,56*	13,4±0,61	15,6±0,62	105,9
Вітамін Е+ Убіхінон-10	10,1±0,37*	20,6±1,49	13,5±0,34	14,8±0,99	100,5

1	2	3	4	5	6
Вітамін Е+ Метіонін+ ПОБК	12,3±0,46	20,4±1,21	18,7±0,78*	17,1±0,47*	116,8
Вітамін Е+ Метіонін+ ПОБК+ MgSO <sub>4</sub>	12,7±0,29*	21,7±1,51*	16,2±0,67*	16,9±0,62*	115,0

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

На величину показника середньої кількості бічних коренів на головному корені сіянців найкраще за три роки досліджень впливали ті ж речовини, що і на довжину головного кореня. Так, обробка насіння розчином Метіоніну сприяла збільшенню величини цього показника порівняно до контролю на 12,7 %, а комбінації речовин Вітамін Е + Метіонін + ПОБК та Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub> сприяли зростанню значень цього показника на 16,8 та 15 % відповідно.

Середня кількість бічних коренів у сіянцях 2021 р. була значно більшою у порівнянні з сіянцями 2020 р. та 2024 р. Варто зазначити, що у багатьох варіантах застосування метаболічно активних речовин та їх комбінацій, які використовувались для обробки насіння перед висівом спостерігалось збільшення середньої кількості бічних коренів на головному корені порівняно із варіантом застосування стимулятора росту Стимпо.

Під час проростання насіння гінкго, після утворення головного кореня із зародкового корінця, починається формування пагона. Розвиток надземної частини молодого сіянця залежить від групи факторів. Крім сприятливих умов середовища для успішного формування пагона важливо мати достатню

кількість запасних та метаболічно активних речовин у насініні. Тому, частиною експериментальних досліджень з впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на процеси проростання насіння *Ginkgo biloba* було вивчення впливу цих речовин на формування надземної частини сіянця. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на висоту стебла та кількість листків на молодих рослинах відображено у табл. 3.5 та 3.6. та додатках В.5 та В. 6.

Таблиця 3.5

**Вплив метаболічно активних речовин  
на висоту стебла сіянців *Ginkgo biloba* L.  
(середнє за 2020, 2021 та 2024 роки)**

Варіанти дослідження	Середня висота стебла, см			Середнє за 3 роки досліджень	
	2020 р.	2021 р.	2024 р.	см	% до контролю
1	2	3	4	5	6
Контроль	16,1±0,30	14,9±0,22	13,2±0,77	14,7±0,54	100,0
Стимпо	16,3±0,31*	14,6±0,28	14,5±0,41*	15,1±0,58	102,7
ПОБК	15,6±0,33	14,4±0,27	16,0±0,59*	15,3±0,48	104,1
Метіонін	14,9±0,31*	12,3±0,29*	16,8±0,29*	14,6±0,85	95,5
MgSO <sub>4</sub>	15,9±0,27	15,7±0,36*	15,4±0,57*	15,6±0,15*	106,4
Вітамін Е	16,3±0,37*	14,4±0,28	15,6±0,45*	15,4±0,55	104,8
Убіхінон-10	15,3±0,31*	15,3±0,21	14,9±0,67*	15,2±0,13	102,9

Продовження табл. 3.5

1	2	3	4	5	6
Вітамін Е+ Убіхінон-10	15,0±0,35*	14,2±0,31*	15,5±0,72*	14,9±0,38	101,2
Вітамін Е+ Метіонін+ПОБК	14,8±0,31*	14,2±0,11*	18,5±0,71*	15,8±0,81	107,5
Вітамін Е+ Метіонін+ ПОБК+ MgSO <sub>4</sub>	17,0±0,29*	14,4±0,28	15,8±0,44*	15,7±0,75	106,8

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

Як видно з табл. 3.5, найбільший позитивний вплив на висоту стебла сіянців *Ginkgo biloba* за три роки досліджень мали комбінації речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК та Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub>. Вони сприяли збільшенню величини цього показника на 7,5 та 6,8 % відповідно порівняно до значень контролю. Також ефективними були сполуки MgSO<sub>4</sub>, Вітамін Е та ПОБК. Вони забезпечували збільшення висоти стебла у середньому за три роки досліджень в межах від 4,1 до 6,4 % порівняно до контролю.

Таким чином, передпосівна обробка насіння досліджуваними речовинами стимулювала процеси росту молодих рослин гінкго. На величину показника середньої довжини кореня та висоти стебла сіянців, а також кількості бічних коренів на головному найкраще впливали комбінації речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК та Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub>.

Відомо, що листя рослин відіграє основну роль у поглинанні CO<sub>2</sub> та продукуванні органічних речовин завдяки процесу фотосинтезу. Тому достатня кількість листків, яка формується на пагоні сіянця сприяє накопиченню

органічних речовин і має велике значення для його подальшого росту. У зв'язку з цим, варто було встановити вплив метаболічно активних речовин на кількість листків у сіянцях гінкго.

Таблиця 3.6

**Вплив метаболічно активних речовин  
на кількість листків сіянців *Ginkgo biloba* L.  
(середнє за 2020, 2021 та 2024 роки)**

Варіанти дослідження	Середня к-ть листків, шт.			Середнє за 3 роки досліджень	
	2020 р.	2021 р.	2024 р.	шт.	% до контролю
1	2	3	4	5	6
Контроль	4,0±0,11	3,9±0,09	4,1±0,09	4,0±0,06	100,0
Стимпо	4,1±0,11	4,2±0,10*	4,2±0,13	4,2±0,03*	104,2
ПОБК	4,4±0,09*	4,4±0,12*	4,3±0,12	4,4±0,03*#	109,2
Метіонін	4,3±0,09*	4,4±0,11*	5,1±0,10*	4,6±0,05*#	115,0
MgSO <sub>4</sub>	4,0±0,09	4,0±0,09	4,8±0,09*	4,3±0,06*#	106,7
Вітамін Е	4,3±0,10*	4,0±0,08	4,3±0,10*	4,2±0,09*	105,0
Убіхінон-10	4,1±0,10	4,2±0,09*	4,2±0,09	4,2±0,03*	104,2
Вітамін Е+ Убіхінон-10	4,1±0,12	4,6±0,11*	4,6±0,12*	4,4±0,09*#	110,8
Вітамін Е+ Метіонін+ПОБК	4,3±0,09*	4,3±0,09*	4,8±0,09*	4,5±0,06*#	111,7

1	2	3	4	5	6
Вітамін E+ Метіонін+ ПОБК+ MgSO <sub>4</sub>	4,3±0,09*	4,7±0,10*	4,7±0,09*	4,6±0,08*#	114,2

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

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

За результатом вивчення впливу метаболічно активних речовин на кількість листків у сіянцях гінкго було встановлено, що в середньому за три роки досліджень більші значення цього показника були у варіантах із застосуванням комбінацій Вітаміну E + Метіонін + ПОБК та Вітаміну E + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub>. Вони сприяли утворенню більшої кількості листків у сіянцях на 11,7 та 14,2 % відповідно порівняно до контрольного варіанту. На величину показника середньої кількості листків також проявила високу ефективність комбінація Вітаміну E + Убіхінон-10, яка сприяла збільшенню значень у контрольному варіанті на 10,8 % та попередня обробка насіння розчином Метіоніну, що сприяла збільшенню величини показника на 15 % порівняно з контролем. Перевищення значень отриманих у варіанті застосування препарату Стимпо спостерігалось майже в усіх досліджуваних варіантах.

Як було зазначено раніше, деякі роки, у які проводились дослідження, відмічались нами як несприятливі для формування насіння *Ginkgo biloba*. Насіння, що формувалось у 2021 та 2022 роках вирізнялось низькою енергією проростання та схожістю. Тому результати за ці роки досліджень представлені

у таблицях із середніми значеннями досліджуваних показників за два роки досліджень. У таблицях 3.7–3.10 та додатках В. 7–10 наведено результати впливу досліджуваних речовин на ріст та розвиток сіянців *Ginkgo biloba*, які утворились з насіння, що формувалось за несприятливих умов.

Таблиця 3.7

**Вплив метаболічно активних речовин  
на довжину кореня сіянців *Ginkgo biloba* L.  
(середнє за 2022–2023 роки)**

Варіант дослідження	Середня довжина кореня, см		Середнє за 2 роки досліджень	
	2022 р.	2023 р.	см	% до контролю
Контроль	17,2±0,65	18,1±1,03	17,65±0,45	100,0
Стиμπο	18,6±0,58*	23,7±0,99*	21,15±2,55*	119,8
ПОБК	18,3±0,91	19,2±0,96	18,75±0,45*	106,2
Метіонін	22,4±0,47*	20,5±1,27*	21,45±0,95*	121,6
MgSO <sub>4</sub>	20,5±0,59*	20,1±0,59*	20,30±0,20*	115,0
Вітамін Е	21,3±1,01*	21,0±0,96*	21,15±0,15*	119,8
Убіхінон-10	19,6±0,48*	23,5±0,61*	21,55±1,95*	122,1
Вітамін Е + Убіхінон-10	22,8±0,61*	18,5±1,13	20,65±2,15	116,9
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК	22,5±0,48*	23,6±1,22*	23,05±0,55*	130,6
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	21,2±0,47*	23,5±0,92*	22,35±1,15*	126,6

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



За результатами досліджень впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на довжину кореня було встановлено, що найкращий вплив у середньому за два роки досліджень мали комбінації сполук з Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК + MgSO<sub>4</sub>. Вони сприяли перевищенню значень у контролі на 30,6 та 26,6 % відповідно. Передпосівна обробка насіння гінкго розчинами Убіхінону-10 та Метіоніну також виявилась ефективною і сприяла збільшенню середньої довжини кореня сіянців на 22,1 та 21,6 % відповідно. Варто зазначити, що всі досліджувані сполуки мали позитивний вплив на довжину кореня сіянця, порівняно до значень контрольного варіанту.

Таблиця 3.8

**Вплив метаболічно активних речовин  
на кількість бічних коренів сіянців *Ginkgo biloba* L.  
(середнє за 2022–2023 роки)**

Варіант дослідження	Середня к-ть бічних коренів, шт.		Середнє за 2 роки досліджень, см	
	2022 р.	2023 р.	шт.	% до контролю
1	2	3	4	5
Контроль	18,4±0,68	26,6±1,03	22,5±0,81	100,0
Стимпо	20,5±0,87*	34,4±0,98*	27,5±0,90*	122,0
ПОВК	18,6±0,59	23,6±1,16	21,1±0,65*	93,8
Метіонін	22,4±0,89*	25,8±1,10	24,1±0,8	107,1
MgSO <sub>4</sub>	22,0±0,81*	30,7±0,72*	26,4±1,24*	117,1
Вітамін Е	23,2±1,02*	28,6±0,86*	25,9±1,10*	115,1

Продовження табл. 3.8

1	2	3	4	5
Убіхінон-10	21,4±0,95*	33,4±1,32*	27,4±1,32*	121,8
Вітамін Е + Убіхінон-10	24,4±1,13*	26,9±0,94	25,7±1,25*	114,0
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК	26,8±0,96*	29,5±1,21*	28,2±1,35*	125,1
Вітамін Е + Метіонін +ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	25,4± 0,89*	30,8±1,24*	28,1±1,50*	124,9

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

За кількістю бічних коренів в середньому за два роки досліджень в усіх варіантах, крім варіанту із застосуванням розчину ПОБК для передпосівної обробки насіння, досліджувані сполуки сприяли збільшенню значень цього показника порівняно до контрольного варіанту. Перевищення значення варіанту із застосуванням для обробки насіння препарату Стимпо спостерігалось тільки у варіантах застосування комбінацій речовин у складі Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub>. Найбільша кількість бічних коренів спостерігалась у варіантах, у яких для попередньої обробки насіння використовувались розчини Убіхінону-10, MgSO<sub>4</sub> та комбінації Вітамін Е + Метіонін + ПОБК, Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub>. Перевищення значень контролю у цих варіантах було в межах 17,1–25,1 %. Варто відзначити, що метаболічно активні речовини впливали набагато ефективніше на довжину головного та кількість бічних коренів у сіянцях, вирощених з насіння сформованого за несприятливих умов.

Таким чином, утворення головного кореня більшої лінійної довжини та збільшення кількості бічних коренів на головному, яке спостерігається за

обробки насіння гінкго метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями дає можливість рослині активніше здобувати воду з ґрунту та забезпечувати здатність кращого використання поживних речовин за умови їх наявності у ґрунті.

За результатами впливу метаболічно активних речовин на висоту стебла сіянців, було встановлено, що найвищі значення забезпечили всі досліджувані комбінації метаболічно активних речовин. Вони сприяли збільшенню висоти стебла молодих рослин у середньому за два роки досліджень у межах від 14,7 до 19,7% порівняно до контрольних значень.

Таблиця 3.9

**Вплив метаболічно активних речовин на висоту стебла сіянців  
*Ginkgo biloba* (середнє за 2022–2023 роки)**

Варіант дослідження	Середня висота стебла, см		Середнє за 2 роки досліджень	
	2022 р.	2023 р.	см	% до контролю
1	2	3	4	5
Контроль	10,6±0,9	13,2±0,59	11,9±0,25	100,0
Стиμπο	11,8±1,2	14,1±0,91	12,9±0,33*	108,8
ПОБК	12,5±0,9*	11,0±0,73*	11,8±0,75	98,7
Метіонін	13,4±1,5*	12,3±0,79	12,9±0,55*	107,9
MgSO <sub>4</sub>	12,9±0,9*	13,5±0,89	13,2±0,34*	110,9
Вітамін Е	12,8±1,1*	10,8±0,91*	11,8±0,48	99,2
Убіхінон-10	12,4±1,3	12,9±1,07*	12,7±0,25*	106,3

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5
Вітамін Е + Убіхінон-10	13,9±0,9*	13,4±0,87	13,7±0,25*#	114,7
Вітамін Е + Метіонін +ПОБК	15,2±1,5*	13,3±1,00	14,3±0,95*#	119,7
Вітамін Е + Метіонін +ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	14,2±1,3*	13,8±0,89	14,0±0,21*#	117,6

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

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

Варто також відмітити позитивну дію на формування надземної частини сіяння розчину MgSO<sub>4</sub>, який збільшував висоту стебла на 10,9% порівняно до значень контролю.

Таблиця 3.10

**Вплив метаболічно активних речовин на кількість листків сіянів  
*Ginkgo biloba* L. (середнє за 2022–2023 роки)**

Варіант дослідження	Середня к-ть листків, шт.		Середнє за 2 роки досліджень	
	2022 р.	2023 р.	см	% до контролю
1	2	3	4	5
Контроль	4,1±0,04	4,0±0,05	4,1±0,05	100,0
Стимпо	4,3±0,09*	4,7±0,09*	4,5±0,2*	111,1
ПОБК	4,1±0,05	4,0±0,03	4,1±0,05	100,0
Метіонін	4,5±0,09*	4,9±0,05*	4,7±0,2*	116,0

Продовження табл. 3.10

1	2	3	4	5
MgSO <sub>4</sub>	4,8±0,03*	4,7±0,07*	4,8±0,05*#	117,3
Вітамін Е	4,5±0,06*	4,3±0,06*	4,4±0,1*	108,6
Убіхінон-10	4,7±0,09*	4,8±0,09*	4,7±0,05*	117,3
Вітамін Е + Убіхінон-10	4,5±0,06*	4,0±0,04	4,3±0,25	104,9
Вітамін Е + Метіонін + ПОВК	4,9±0,09*	4,3±0,09*	4,6±0,31*	113,6
Вітамін Е + Метіонін + ПОВК + MgSO <sub>4</sub>	5,0±0,07*	5,2±0,06*	5,1±0,10*#	125,9

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

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

Всі досліджувані препарати, окрім розчину ПОВК у середньому за два роки позитивно вплинули на збільшення кількості листків на сіянцях. Найбільш ефективними серед комбінацій речовин були комбінації Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК + MgSO<sub>4</sub>, які перевищували значення контрольного варіанту 13,6 та 25,9% відповідно. Попередня обробка насіння розчинами Убіхінону-10, MgSO<sub>4</sub> та Метіоніну сприяла утворенню більшої кількості листків на 17,3 та 16% порівняно до контролю. Більша кількість листків на сіянцях дає можливість молодим рослинам накопичувати більше вуглеводів у процесі фотосинтезу і забезпечувати їм додаткові можливості для виживання за будь-яких несприятливих умов у подальшому.

Доведено, що метаболічно активні речовини навіть у малих кількостях здатні посилювати фізіологічні процеси в рослині [14]. Вони

можуть впливати на накопичення вегетативної маси молодих сіянців рослини. Вода зазвичай становить 65–95% маси рослинних тканин [39]. У рослинах вода необхідна для процесів транспорту речовин, вона бере участь у метаболітичних, гідролітичних і синтетичних процесах [15]. Інша частина хімічного складу належить сухій речовині, до якої входять органічні і мінеральні сполуки.

Накопичення сирі та сухої речовини є фундаментальним процесом, який триває від появи сходів до стану спокою рослини і відображає загальний стан рослини та її здатність до росту та розвитку [24]. Визначення накопичення маси сирі та сухої речовини в сіянцях дозволяє отримати інформацію про фізіологічний стан рослин та використання ресурсів. Нами були проведені дослідження з визначення маси сирі та сухої речовини в сіянцях гінкго першого року за впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій, які застосовували для передпосівної обробки насіння. Такі дослідження проводили на 60-70-денних сіянцях, вирощених з насіння 2019, 2020 та 2023 років збору у період їх активного росту. Середні результати цих досліджень відображені в таблиці 3.11. та додатках В. 11–12.

Таблиця 3.11

**Вплив метаболічно активних речовин  
на масу сирі та сухої речовини сіянця *Ginkgo biloba*  
(середнє за 2020, 2021 та 2024 роки)**

Варіанти дослідження	Маса сирі речовини, г	Маса сухої речовини, г	Процентний вміст сухої речовини, %	Вміст води у тканинах сіянця	
				%	% до контролю
1	2	3	4	5	6
Контроль	2,82±0,05	0,87±0,09	30,9	69,1	100,0
Стимпо	2,89±0,07	0,85±0,09	29,4	70,6	102,1

Продовження табл. 3.11

1	2	3	4	5	6
ПОБК	2,98±0,09*	0,84±0,06	28,2	71,8	103,9
Метіонін	3,31±0,05*#	0,90±0,06	27,2	72,8	105,3
MgSO <sub>4</sub>	3,14±0,09*#	0,91±0,10	29,0	71,0	102,7
Вітамін Е	3,33±0,09*#	0,86±0,08	25,8	74,2	107,3
Убіхінон-10	2,89±0,05	0,90±0,10	31,1	68,9	99,6
Вітамін Е + Убіхінон-10	3,13±0,09*#	0,86±0,06	27,5	72,5	104,9
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК	3,48±0,09*#	1,09±0,13	31,3	68,7	99,3
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	3,28±0,04*#	1,02±0,11	31,1	68,9	99,7

Примітка: \* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ;  
# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором  
росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

Як видно з таблиці 3.11, метаболічно активні речовини сприяють накопиченню маси сирої речовини у сіяночках. Більші значення цих показників спостерігались у всіх досліджуваних варіантах як по відношенню до контролю, так і до варіанту із застосуванням стимулятора росту Стимпо.

Високі значення маси сирої речовини рослин були відмічені у варіантах використання для обробки насіння Вітаміну Е та Метіоніну. Серед комбінацій речовин найбільші достовірні значення були зафіксовані у варіанті використання сполуки з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК, де маса сирої речовини була більшою порівняно до значень у контролі у середньому за три роки досліджень на 0,66 г. Ця ж комбінація була найбільш ефективною і за показником маси сухої речовини і сприяла зростанню значень на 0,22 г порівняно до контрольних у середньому за три роки досліджень.

Відомо, що під час проростання та початкових стадіях росту у рослинах активно утворюються нові клітини та тканини. Збільшення біомаси супроводжується посиленням метаболічних процесів, що вимагає витрачання значної кількості енергії. Збільшення сухої маси вказує на накопичення органічних речовин внаслідок фотосинтезу.

Отримані результати узгоджуються з попередніми дослідженнями, в яких продемонстровано вплив цих речовин та їх комбінацій на процеси регуляції росту і розвитку рослин сільськогосподарського призначення [16; 17; 19].

Таким чином, результати досліджень підтверджують, що використання метаболічно активних речовин та їх комбінацій для передпосівної обробки насіння *Ginkgo biloba* покращує схожість насіння та позитивно впливає на морфометричні показники.

Отримані дані свідчать про ефективність як окремих метаболічно активних сполук, так і їхніх комбінацій. Високу ефективність досліджуваних речовин можна пояснити синергічною дією окремих компонентів. Більшість досліджуваних нами речовин виконують роль сильних антиоксидантів. Одним з таких є Вітамін Е (токоферол), який є важливою ланкою в системі регуляції окисно-відновних процесів. Найвища концентрація токоферолів міститься саме у насінні, де вони виконують важливу функцію, захищаючи зародок від продуктів окиснення [28; 37].



Убіхінон-10 також є важливим для рослин, оскільки він виконує функцію захисту клітин, бере участь в енергетичному обміні та підтримці імунітету. Як антиоксидант він стабілізує клітинні мембрани і запобігає їхньому окисненню [21; 34; 38].

Параоксибензойна кислота є важливим регулятором антиоксидантного захисту клітини, виконуючи роль сигнальної молекули, яка координує захисні реакції клітини. Також ПОБК захищає насіння від згубної дії бактерій та цвілевих грибів [29; 30].

Незаперечним фактором у регуляції ростових процесів є оптимальне співвідношення амінокислот і мінеральних речовин в живильному середовищі і є запорукою високої продуктивності рослин. Амінокислоти слугують будівельним матеріалом для білків, ферментів та інших важливих сполук, тоді як мінеральні речовини необхідні для багатьох ферментативних реакцій і регулюють осмотичний тиск у клітинах. Однією з незамінних амінокислот є метіонін, активні форми якого є донорами метильних груп та сірки. Метіонін приймає участь у синтезі гормонів росту в рослині та визначає ефективність роботи фітогормонів [1]. Ефективним джерелом магнію і сульфуру в рослинах може слугувати додаткове застосування магній сульфату. Магній, як кофактор багатьох ферментів, виконує в рослинах такі важливі функції, як синтез білків, фосфорний обмін, ферментативна активність та регуляція водного балансу. Сульфур є важливим макроелементом, який бере участь у регуляції окисно-відновних процесів, синтезі білків та інших біомолекул, а також підвищує стійкість рослин до абіотичних стресів [27; 35].

Отже, досліджувані речовини виконують роль потужних антиоксидантів та стимуляторів росту рослин. Поєднання метаболічно активних речовин у складі комбінацій часто призводить до значного посилення їхнього ефекту порівняно з дією кожної речовини окремо.

*Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на перезимівлю саджанців *Ginkgo biloba* L. у відкритому ґрунті*

Одно- та дворічні сіянці були висаджені у відкритий ґрунт у жовтні 2021 року (рис. 3.1). Перед висадкою рослинам проводили загартування. У зимовий час висаджені рослини були вкриті агроволокном щільністю 60 мкм. Результати цих досліджень висвітлені у таблиці 3.12.



Рис. 3.1. Висаджування саджанців *Ginkgo biloba* у відкритий ґрунт

За результатами досліджень впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на перезимівлю однорічних сіянців в умовах відкритого ґрунту було встановлено, що досліджувані сполуки мають позитивний вплив на процес приживлюваності. Так Вітамін Е, ПОБК, Метіонін та Убіхінон-10 сприяли перезимівлі сіянців порівняно з контрольними значеннями у межах від 164,9 до 105,4 %. Також ефективний вплив виявила комбінація сполук у

складі Вітамін Е + Метіонін + ПОВК, яка на 129,7 % перевищувала значення контрольного варіанту. Варто відмітити, що всі досліджувані сполуки, крім комбінації Вітамін Е + Метіонін + ПОВК + MgSO<sub>4</sub>, позитивно вплинули на перезимівлю сіянців порівняно до значень варіанту застосування для обробки насіння препарату Стимпо.

Відсоток дворічних рослин за дії досліджуваних препаратів при передпосівній обробці насіння також був високим за виключенням варіанту ПОВК, який мав значення нижчі ніж у контролі, а також комбінації речовин у складі Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК + MgSO<sub>4</sub>, яка мала значення нижчі за величину показника у варіанті застосування стимулятора росту Стимпо.

Таблиця 3.12

**Перезимівля одно- та дворічних саджанців *Ginkgo biloba* L. у відкритому ґрунті за передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями**

Варіант досліджу	Рослини, що перезимували			
	Однорічні		Дворічні	
	%	% до контролю	%	% до контролю
1	2	3	4	5
Контроль	37,0±4,31	100,0	41,3±6,21	100,0
Стимпо	47,1±5,05*	127,3	56,1±5,19*	135,8
Метіонін	76,0±5,51*#	205,4	63,3±5,60*	153,3
ПОВК	83,2±5,60*#	224,9	38,2±4,19	92,5
MgSO <sub>4</sub>	67,1±7,32*#	181,4	65,1±5,35*	157,6
Вітамін Е	98,0±6,12*#	264,9	77,2±6,00*#	186,9

Продовження табл. 3.12

1	2	3	4	5
Убіхінон-10	76,3±7,05*#	206,2	63,0±6,31*	152,5
Вітамін Е + Убіхінон-10	51,3±5,61*	138,6	69,1±7,12*	167,3
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК	85,0±6,15*#	229,7	63,2±5,6*	153,0
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	37,1±5,25	100,3	50,0±5,31	121,1

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

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

Найбільш ефективними для таких рослин були Вітамін Е; Вітамін Е + Убіхінон-10 та MgSO<sub>4</sub>, які сприяли приживлюваності рослин у межах від 86,9 до 57,6 % порівняно до значень у контролі.

Також у 2021 році у відкритий ґрунт були висаджені трирічні рослини *Ginkgo biloba*, які вирощувались у окремих контейнерах. Їх обробляли досліджуваними речовинами позакоренево (без передпосівної обробки насіння) перед початком вегетаційного періоду та перед висадкою. При цьому частина рослин позакоренево оброблялась один раз (перед початком вегетаційного періоду третього року росту рослини), а інша частина – двічі (на початку та у кінці вегетаційного періоду третього року росту рослини). Ці дослідження були проведені з метою вивчення дії препаратів на процеси адаптації рослин гінкго до умов відкритого ґрунту. Отримані результати цих досліджень відображено у таблиці 3.13.

Як видно з таблиці 3.13 після одноразової обробки найкраще на перезимівлю впливали комбінація Вітамін Е + Убіхінон-10; ПОБК; Метіонін;

Убіхінон-10 та комбінація речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК + MgSO<sub>4</sub>, які сприяли збільшенню значень цього показника у межах від 33,3 до 10,7 % порівняно до значень контрольного варіанту.

Таблиця 3.13

**Перезимівля трирічних саджанців *Ginkgo biloba* L. у відкритому ґрунті  
за позакореневої обробки метаболічно активними речовинами  
та їх комбінаціями**

Варіант досліджу	Рослини, що перезимували			
	після одноразової обробки		після дворазової обробки	
	%	% до контролю	%	% до контролю
Контроль	75,0±7,15	100	73,1±6,31	100
Стимпо	83,2±6,01	110,9	82,3±5,05	112,6
Метіонін	83,3±5,85	111,1	91,1±6,91*	124,6
ПОВК	92,1±7,32*	122,8	91,0±5,64*	124,5
MgSO <sub>4</sub>	75,4±5,63	100,5	100,0±7,03*#	136,8
Вітамін Е	75,1±6,21	100,1	63,2±5,30	86,5
Убіхінон-10	83,0±4,95	110,7	91,4±6,90*	125,0
Вітамін Е + Убіхінон-10	100,0±5,09*	133,3	82,2±7,50	112,4
Вітамін Е + Метіонін + ПОВК	75,2±6,51	100,3	91,0±6,00*	124,5
Вітамін Е + Метіонін + ПОВК + MgSO <sub>4</sub>	83,0±5,65	110,7	63,4±7,32	86,7

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

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

Після дворазової позакореневої обробки рослин найбільший вплив на перезимівлю трирічних саджанців виявили  $MgSO_4$  та Убіхінон-10, які сприяли збільшенню значень на 36,8 та 25,0% відповідно до величини контрольних значень. Досить високу ефективність виявили також Метіонін; ПОБК та комбінація сполук у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК. У цих варіантах кількість рослин, що перезимували збільшувалась більше ніж на 24% порівняно до значень у контролі.

Враховуючи те, що за впливу позакореневої обробки метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями найкраще перезимували саме трирічні саджанці висаджені з індивідуальних контейнерів, можемо зробити висновок, що у відкритий ґрунт краще висаджувати контейнерні рослини *Ginkgo biloba*, оскільки при пересадці менше травмується коренева система і, очевидно, що приживлюваність відбувається набагато краще.

Варто відмітити, при вирощуванні досліджуваних рослин в умовах відкритого ґрунту спостерігається сповільнений ріст надземної частини, в той час як підземна частина нарощує масу та відбувається значне потовщення кореневої шийки. Цей процес триває до трирічного віку рослин.

Отже, за результатами досліджень було встановлено, що метаболічно активні речовини та їх комбінації ефективно впливають на адаптацію та перезимівлю молодих рослин *Ginkgo biloba* у відкритому ґрунті при передпосівній обробці насіння та їх позакореневому застосуванні. При висаджуванні у відкритий ґрунт одно- та дворічних рослин найбільшу ефективність на перезимівлю саджанців виявив Вітамін Е при його застосуванні для передпосівної обробки насіння. При висадці трирічних саджанців у відкритий ґрунт варто застосовувати дворазову позакореневу обробку рослин, використовуючи сполуки, що виявили найбільшу ефективність:  $MgSO_4$ ; Убіхінон-10; Метіонін; ПОБК та комбінацію сполук у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК.

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. За результатами досліджень було встановлено, що передпосівна обробка насіння гінкго метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями мала позитивний вплив на схожість насіння в усі досліджувані роки. У сприятливі роки для формування насіння найбільш ефективно себе проявили комбінації речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  та Вітаміну Е + Убіхінон-10. Насіння *Ginkgo biloba* зібране у 2021 та 2022 роках мало низьку посівну якість через несприятливі погодні умови під час його формування, що призвело до зниження схожості. Час проростання такого насіння значно збільшувався, сходи відзначались недружністю. На схожість такого насіння найефективніше впливала комбінація речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК.

2. Найвищий показник середньої довжини кореня у сіянців гінкго спостерігали за використання комбінації метаболічно активних речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК, а також окремо Метіоніну, ПОБК та  $MgSO_4$ .

3. На величину показника середньої кількості бічних коренів найкраще впливали комбінації речовин у складі Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$ , а також Метіонін. Дані речовини та їх комбінації стимулювали утворення більшої кількості бічних коренів, порівняно з контролем та препаратом Стимпо.

4. На висоту стебла молодих рослин *Ginkgo biloba* найефективніше впливали комбінації речовин у складі Вітамін Е + ПОБК + Метіонін та Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  та розчини  $MgSO_4$ , Вітамін Е та ПОБК.

5. За результатами досліджень було встановлено, що на показник середньої кількості листків на сіянцях гінкго позитивний вплив мали всі досліджувані комбінації метаболічно активних речовин, а також розчин Метіоніну.

6. У період активного росту всі досліджувані сполуки сприяли накопиченню маси сирої речовини у тканинах молодих рослин. Найбільші значення маси сирої речовини були відмічені у варіантах використання для обробки насіння Вітаміну Е та Метіоніну, а також комбінації речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК. Ця ж комбінація була найбільш ефективною і за показником маси сухої речовини сіянця *Ginkgo biloba*.

7. За результатами досліджень було встановлено, що метаболічно активні речовини та їх комбінації ефективно впливають на адаптацію та перезимівлю молодих рослин *Ginkgo biloba* у відкритому ґрунті при передпосівній обробці насіння та їх позакореневому застосуванні. При висаджуванні у відкритий ґрунт одно- та дворічних рослин найбільшу ефективність на перезимівлю саджанців виявив Вітамін Е при його застосуванні для передпосівної обробки насіння. При висадці трирічних саджанців у відкритий ґрунт варто застосовувати дворазову позакореневу обробку рослин, використовуючи сполуки, що виявили найбільшу ефективність: MgSO<sub>4</sub>; Убіхінон-10; Метіонін; ПОБК та комбінацію сполук у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК.

Результати експериментальних досліджень даного розділу наведено в публікаціях [3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 25; 26].



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Августинівич М., Чумак А. Амінокислоти у добривах для позакореневого живлення та їх застосування. URL:<https://makosh-group.com.ua/blog/aminokisloti-u-dobrivah-dlya-pozakoreneвого-zhivlennya-ta-yih-zastosuvannya/>. (дата звернення 29 червня 2020 р.).
2. Григорюк І. П., Яворовський П. П. Біологічні основи оптимізації продукційного процесу деревних рослин у стресових умовах. Київ: Аграр Медіа Груп, 2013. 278 с. URL: <https://kwanten.home.xs4all.nl/usage.htm#leaves> (дата звернення: 10.09.2023).
3. Донець Н. В., Приплавко С. О. Особливості проростання насіння *Ginkgo biloba* L. у не насінний рік за дії метаболічно активних речовин. *II Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка*: зб. статей. Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2022. С. 22–25.
4. Донець Н. В., Приплавко С. О. Порівняльний аналіз схожості насіння *Ginkgo biloba* L. 2019 та 2020 років збору за впливу на нього метаболічно активних речовин та їх композицій. *I Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка* : зб. статей. Ніжин : НДУ імені Миколи Гоголя, 2021. С. 38–41.
5. Донець Н. В., Приплавко С. О. Варіювання показників схожості насіння та лінійного росту проростків *Ginkgo biloba* L. за дії метаболічно активних речовин. *Нотатки сучасної біології. Серія : Біологічні науки*, 2022. № 2 (4). С. 25–30.
6. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин на процес схожості насіння та ріст проростків Гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.) у ненасінний рік. *Acta Carpathica. Серія: Біологія*, 2023. № 2 (40). С. 34–43.
7. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин та їх композицій на лінійний ріст стебла проростків *Ginkgo biloba* L. *Збереження рослин у зв'язку зі змінами клімату та біологічними інвазіями* :

зб. статей Міжнар. наук. конф. (м. Біла Церква, 31 берез. 2021 р.) Біла Церква, 2021. С. 47–50.

8. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно-активних речовин на показники посівної якості насіння *Ginkgo biloba* L. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей VI Міжнар. заочна наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 10 квіт. 2020 р.). Ніжин, 2020. С. 39–42.

9. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно-активних речовин та їх композицій на схожість насіння *Ginkgo biloba* L. *Пріоритетні напрямки дослідження голонасінних у сучасних умовах* : матеріали I Міжнар. наук. конф. (м. Біла Церква, 21–22 жовт. 2020 р.). Біла церква, 2020. С. 155–158.

10. Донець Н. В., Приплавко С. О., Дика А., Сіленок Д. Енергія проростання та схожість насіння *Ginkgo biloba* L. залежно від місця його збору. *IV Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка* : зб. статей. (м. Ніжин, 25–26 верес. 2024 р.). Ніжин, 2024. С. 18–20.

11. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на лінійний ріст та кількісні показники коренів у проростків *Ginkgo biloba* L. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей VII Міжнар. заочна наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 14 квіт. 2021 р.). Ніжин, 2021. С. 25–28.

12. Донець Н. В., Приплавко С. О. Досвід вирощування *Ginkgo biloba* L. з насіння в умовах Чернігівської області (м. Ніжин, навчально-дослідна агробіостанція НДУ імені Миколи Гоголя). *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей VIII Міжнар. заочної наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 8 черв. 2022 р.). Ніжин, 2022. С. 29–32.

13. ДСТУ 9053:2020 Насіння дерев і кущів. Посівні якості. Технічні умови.

14. Киризі Д. А. Фотосинтез та ріст рослин в аспекті донорноакцепторних механізмів. Київ : Логос. 2004. 191 с.

15. Ковалевський С. Б., Кривохатько Г. А. Посухостійкість та водоутримувальна здатність рослин *Thuja occidentalis* L. та її культиварів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018. Т. 28, № 2. С. 77–80. DOI: 10.15421/40280214
16. Козючко А. Г., Гавій В. М., Кучменко О. Б. Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на окремі фізіологічні показники сої сорту Аннушка та її продуктивність. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія*. Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2020. Вип. № 1–2 (79). С. 84–90.
17. Куриленко А. О., Куриленко, О. В., Кучменко, О. Б., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин на морфометричні показники озимого жита в умовах півдня Полісся України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агронія і біологія»*. 2021. Вип. 4. С. 25–32.
18. Остудімов А. О., Гузь М. М. Особливості насінного розмноження Гінкго дволопатевого. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2010. Вип. 20.11. С. 8–16.
19. Паливода Ю. М., Гавій В. М., Кучменко О. Б. Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на лінійний ріст пагонів проростків пшениці м'якої (*Triticum aestivum* L.) при моделюванні водного дефіциту. *I Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка* : зб. статей. Ніжин : НДУ імені Миколи Гоголя, 2021. С. 64–67.
20. Пономаренко С. П. Регулятори росту рослин. Київ: Інтертехнодрук, 2015. 319 с.
21. Рожнова Н. А., Геращенко Г. А. Білкові та біохімічні маркери системної індукованої стійкості до фітовірусів у рослин тютюну та картоплі. *Труди по прикладній ботаніці, генетики і селекції*. 2014. Вип. 175(4). С. 99–108.

22. Савченко Ю. М. Стабілізація отримання садивного матеріалу сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) за дії препаратів з фітостимулювальною активністю: автореф. дис. ... кандидата с.-г. наук: 03.00.12 «Фізіологія рослин» / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2017. 23 с.
23. Федько Р. М. Способи стимулювання розвитку *Ginkgo biloba* L. на початкових етапах онтогенезу. *Лікарські рослини: традиції та перспективи досліджень*: матеріали V Міжнар. наук. конф. (Березоточа, 2 квітня 2021 р.) / ДСЛР ІАП НААН. Лубни: ВКФ «Інтер Парк», 2021. С. 89–91.
24. Фізіологія рослин / за ред. Макрушина М. М. Вінниця: Нова Книга, 2006. 416 с.
25. Чирко К. С., Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на формування кореня проростків Гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.). *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. 64–66.
26. Чирко К. С., Донець Н. В., Приплавко С. О. Енергія проростання насіння Гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.) за обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей ІХ Міжнар. заочної наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 12 квіт. 2023 р.). Ніжин, 2023. С. 35–37.
27. Abid M., Haddad M., Ferchichi A. Effect of magnesium sulphate on the first stage of development of Lucerne. *Options Méditerranéennes: Série A*. 2008. Vol. 79. P. 405–408.
28. Ali Q., Javed M., Haider M., Habib N., Rizwan M., Perveen R., Ali S., Alyemeni M., El-Serehy H., Al-Misned, F.  $\alpha$ -Tocopherol foliar spray and translocation mediates growth, photosynthetic pigments, nutrient uptake, and oxidative defense in Maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *Agronomy*. 2020

Vol. 10, No. 9. P.1235. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091235>. (дата звернення: 10.05.2024).

29. Barkosky R. R., Einhellig F.A. Allelopathic interference of plant water relationships by para-hydroxybenzoic acid. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 2003. Vol. 44. P. 53–58.

30. Cho J. Y., Moon J. H., Seong K., Park K. H. Antimicrobial Activity of 4-Hydroxybenzoic Acid and trans-4-Hydroxycinnamic Acid Isolated and Identified from Rice Hull. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 1998. Vol. 62(11). P. 2273–2276. DOI: 10.1271/bbb.62.2273.

31. Jones H. G. Physiological aspects of water condition control in horticultural crops. *HortScience*. 1990. Vol. 25. № 1. P. 19–26.

32. Kobendza R. Miłorzab dwudzielny (*Ginkgo biloba* L.). II Rocznik Dendrologiczny. 1957. Vol. 12. P. 39–65.

33. Korszun S. Uszlachetnianie miłorzębu dwuklapowego (*Ginkgo biloba* L.) dwoma odmianami w terminie letnim. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis. Agricultura*. № 236 (94), 2003. P. 71–76.

34. Liu M., Lu S. Plastoquinone and Ubiquinone in Plants: Biosynthesis, Physiological Function and Metabolic Engineering. *Front Plant Sci*. 2016. Vol. 7. P. 1898. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01898> (дата звернення: 15.04.2024)

35. Maathuis F. J. Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*. 2009. № 12(3). P. 250–258.

36. Miret J. A., Munné-Bosch S. Redox signaling and stress tolerance in plants: a focus on vitamin E. *Ann N Y Acad Sci*. 2015. Vol. 1340 (1). P. 29–38. URL: <https://doi.org/10.1111/nyas.12639> (дата звернення: 15.04.2024)

37. Sattler S., Gilliland L., Magallanes-Lundback M., Pollard M., DellaPenna D. Vitamin E is essential for seed longevity and for preventing lipid peroxidation during germination. *Plant Cell*. 2004. Vol. 16. Iss. 6. P. 1419–1432. <https://doi.org/10.1105/tpc.021360>. (дата звернення: 15.04.2024)

38. Stahl E., Hartmann M., Scholten N., Zeier J. A. Role for Tocopherol Biosynthesis in *Arabidopsis* Basal Immunity to Bacterial Infection. *Plant Physiology*. 2019. № 181(3). P. 1008–1028. URL: <https://doi.org/10.1104/pp.19.00618> (дата звернення: 15.04.2024)

39. Taiz L. Eduardo Z. *Plant Physiology*. 2nd ed. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, MA, USA. 1998.

## **РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ТА ЇХ КОМБІНАЦІЙ НА ФОТОСИНТЕТИЧНИЙ АПАРАТ ТА ВМІСТ ВТОРИННИХ МЕТАБОЛІТІВ У ЛИСТКАХ СІЯНЦІВ *GINKGO BILOBA L.***

### **4.1. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на фотосинтетичний апарат сіянців *Ginkgo biloba L.***

Основним органом фотосинтезу рослин є листок. У листках сонячна енергія перетворюється на енергію хімічних зв'язків органічних сполук, які накопичуються і забезпечують ріст і розвиток рослини. Основою ефективної фотосинтетичної діяльності рослини є формування оптимальної площі листової поверхні. Управління процесом фотосинтезу є одним із ефективних методів впливу на підвищення якості садивного матеріалу рослин. Загальна площа листової поверхні, інтенсивність листоутворення та фотосинтетична здатність листка визначають життєздатність рослини, оскільки вміст сухої речовини рослини формується з органічних речовин, що утворюється в листках [4].

Вивчення впливу передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на процеси формування середньої площі листка сіянців гінкго дозволить з'ясувати можливість накопичення пластичних речовин у процесі фотосинтетичної діяльності даного реліктового виду.

Метаболічно активні речовини – це сполуки, які беруть участь у різних біохімічних процесах в організмі рослини. Вони відіграють важливу роль у регуляції росту, розвитку та фізіологічних функцій рослин, можуть регулювати процеси ділення та росту клітин, впливаючи на розмір листової пластинки, стимулюють синтез хлорофілу, що збільшує фотосинтетичну активність листка, стимулюють синтез антиоксидантів, які захищають клітини листка від пошкодження вільними радикалами, регулюють старіння листка.

Як відмічалось у попередньому розділі, метаболічно активні сполуки та їх комбінації ефективно впливають на середню кількість листків, що формуються на молодих рослинах. Також важливо було з'ясувати особливості впливу досліджуваних сполук на середню площу листка та його масу, а також співвідношення цих показників [6]. Результати цих досліджень відображено у таблиці 4.1 (додаток Г. 1 та Г. 2).

Таблиця 4.1

**Вплив метаболічно активних речовин  
та їх комбінацій на площу та масу листка сіянців *Ginkgo biloba* L.  
(середнє за 2020–2024 рр.)**

Варіант досліджу	Середня площа листка (S)		Середня маса листка (m)		Співвідношення m/ S, г/см <sup>2</sup>
	см <sup>2</sup>	% до контролю	г	% до контролю	
1	2	3	4	5	6
Контроль	13,45±1,54	100	0,19±0,01	100,0	0,014
Стимпо	17,04±1,14*	126,7	0,24±0,03*	121,1	0,014
ПОБК	16,14±0,90*	120,0	0,25±0,02*	124,6	0,015
Метіонін	16,33±1,30*	121,4	0,24±0,03*	121,6	0,015
MgSO <sub>4</sub>	19,34±0,96*#	143,8	0,28±0,03*	142,2	0,015
Вітамін Е	19,10±0,98*	142,0	0,28±0,02*	139,2	0,015
Убіхінон-10	18,35±0,88*	136,4	0,27±0,03*	137,7	0,015
Вітамін Е + Убіхінон-10	19,44±1,35*	144,5	0,29±0,05*	147,7	0,015



Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5	6
Вітамін Е + Метіонін+П ОБК	19,91±0,93*#	148,0	0,29±0,04*	145,2	0,015
Вітамін Е + Метіонін+П ОБК+MgSO <sub>4</sub>	21,27±1,00*#	158,1	0,31±0,05*	155,8	0,015

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

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

При вивченні впливу метаболічно активних речовин на середню площу листка сіянців було встановлено, що найефективніше на величину цього показника впливали комбінації досліджуваних сполук. Вони сприяли збільшенню площі листків порівняно до контролю в межах 44,5–58,1%. Обробка насіння перед висівом розчинами MgSO<sub>4</sub> та Вітамін Е сприяла збільшенню площі листка на 43,8 та 42% відповідно порівняно з контролем.

Аналогічно досліджувані нами речовини впливали на середню масу листка сіянців, при застосуванні яких величина показника збільшувалась в усіх варіантах порівняно з контролем. Однак у варіантах з використанням ПОБК та Метіоніну значення перевищували контрольні, але при цьому були близькими до значень у варіанті використання стимулятора росту Стимпо.

Співвідношення сирової маси листка до його площі є важливим показником необхідним для оцінки фізіологічного стану рослин і їхньої здатності до фотосинтезу. Цей показник характеризує товщину, щільність і загальний стан листової пластини та дозволяє оцінити продуктивність

рослини, оптимізувати умови вирощування та вивчати адаптаційні механізми [23]. Як видно з таблиці 4.1 в усіх досліджуваних варіантах спостерігається збільшення співвідношення середньої маси листка до його площі на  $0,001 \text{ г/см}^2$  порівняно як до контрольного варіанту, так і варіанту застосування препарату Стимпо.

Як відомо вміст води, мінеральних та органічних речовин у листках може варіювати [18]. Для визначення впливу метаболічно активних речовин на масу сирої і сухої речовини лиска, а також вмісту в ньому води використовували матеріал зібраний у період активного росту. При цьому використовували листки з молодих рослин першого року після висіву насіння. Результати цих досліджень наведені у таблиці 4.2 (додаток Г. 3).

Таблиця 4.2.

**Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на масу сирої та сухої речовини зелених листків сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020–2024 рр.)**

Варіант дослідження	Маса сирої речовини, г	Маса сухої речовини, г	Вміст сухої речовини листка		Вміст води у листку	
			%	% до контролю	%	% до контролю
1	2	3	4	5	6	7
Контроль	0,18±0,02	0,051±0,002	28,3	100,0	71,7	100,0
Стимпо	0,23±0,03*	0,055±0,001*	23,9	84,4	76,1	106,2
ПОБК	0,26±0,02*#	0,052±0,003	20,0	70,6	80,0	111,6
Метіонін	0,24±0,03*	0,052±0,002	21,7	76,5	78,3	109,3

Продовження табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
MgSO <sub>4</sub>	0,29±0,03*#	0,085±0,003*#	29,3	103,5	70,7	98,3
Вітамін Е	0,29±0,02*#	0,052±0,003	17,9	63,3	82,1	114,5
Убіхінон-10	0,27±0,03*#	0,086±0,001*#	31,9	112,4	68,1	95,1
Вітамін Е + Убіхінон-10	0,31±0,05*#	0,050±0,003	16,1	56,9	83,9	117,0
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК	0,30±0,04*#	0,095±0,001*#	31,7	111,8	68,3	95,4
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК+MgSO <sub>4</sub>	0,33±0,05*#	0,094±0,003*#	28,5	100,5	71,5	99,8

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

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

Результати досліджень впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на масу сирої речовини у листках сіянців гінкго показують збільшення значень у всіх варіантах як до контролю, так і до варіанту застосування препарату Стимпо.

Найбільші значення цього показника спостерігались у варіантах застосування комбінацій речовин з Вітаміну Е + Убіхінон-10 і Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub>, які сприяли накопиченню маси сирої речовини на 0,13 та 0,15 г відповідно порівняно до контролю. На показник маси сухої речовини листка найкраще впливали комбінації речовин у складі

Вітамін Е + Метіонін + ПОБК і Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$ , а також Убіхінон-10 та  $MgSO_4$ . Найбільший процентний вміст сухої речовини листка було відмічено у варіантах використання для обробки насіння Убіхінону-10 та комбінації речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК. У цих варіантах значення вмісту сухої речовини листка перевищували контрольні значення на 12,4 та 11,8% відповідно. Також у деяких досліджуваних варіантах відмічався вплив метаболічно активних речовин на вміст води у листку. Так на значення цього показника впливали комбінація речовин з Вітаміну Е + Убіхінон-10, а також Вітамін Е, ПОБК та Метіонін. Перевищення значень контролю за вмістом води у листку в цих варіантах було у межах від 9,3 до 17%. Збільшення маси сирої та сухої речовини листка за впливу метаболічно активних речовин може свідчити про активний поділ клітин та їх інтенсивний ріст. Ці процеси супроводжуються синтезом органічних речовин, які необхідні як будівельний матеріал для новоутворених тканин листка сіянців [18].

Фотосинтез – це основний процес, який забезпечує рослини енергією та органічними речовинами. Ріст рослин безпосередньо пов'язаний з цим процесом [42]. Листки, як основні органи рослин, відіграють ключову роль у формуванні молодих рослин, так як їх складові безпосередньо приймають участь у реакціях фотофосфорилування, асиміляції вуглекислого газу, синтезі вуглеводів [7]. Вміст фотосинтетичних пігментів, а саме хлорофілу в хлоропластах листка гінкго є одним із важливих факторів формування молодих рослин [35]. Під час фотосинтезу вирішальна роль у процесах засвоєння сонячної енергії належить саме зеленим пігментам: хлорофілу *a* і хлорофілу *b*, які відрізняються один від одного за своїм хімічним складом, ступенем окиснення та спектральними характеристиками [18]. Вміст цих пігментів у фотосинтезуючих тканинах листка є показником адаптації фотосинтетичного апарату до умов середовища. Вони є чутливими індикаторами фізіологічного стану рослин [16]. Збільшення чи зменшення кількості пігментів у листках рослин є одним із механізмів пристосування до різноманітних умов освітлення. Слід зазначити, що достатній вміст

хлорофілу є ключовим фактором, який забезпечує високу біологічну активність рослин [8].

Хлорофіли *a* і *b* необхідні для формування структури фотосинтетичного апарату, виконують важливу роль у фотохімічних реакціях, поглинають енергію сонячного світла й трансформують її у хімічну енергію органічних сполук. Відомо, що хлорофіл *a* є головним пігментом у поглинанні сонячної енергії, а хлорофіл *b* допомагає підвищити світлозбиральну здатність пігментного комплексу [5].

На вміст пігментів у рослинах та їх співвідношення впливають фази онтогенезу та фактори навколишнього середовища. У ряді досліджень [11; 15; 20], повідомляється, що застосування передпосівної обробки насіння метаболічно активними сполуками може впливати на фізіолого-біохімічний стан рослини, зокрема на процес фотосинтезу. При цьому досліджувані речовини істотно впливали на формування та функціонування фотосинтетичної системи.

Досліджений нами вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на вміст хлорофілів *a* і *b* та їх співвідношення у листках 60-денних сіянців *Ginkgo biloba* представлено у табл. 4.3 (додаток Г. 4). Дослідження проводили кожного року у першій декаді червня на 60-денних сіянцях гінкго.

За результатами цих досліджень було з'ясовано, що попередня обробка насіння розчином Убіхінону-10 найефективніше впливав на показники вмісту хлорофілів *a* та *b* у листках гінкго дволопатевого. За його застосування виявлено підвищення вмісту пігментів порівняно із значеннями контрольного варіанту на 15,9 та 24,6 % відповідно. Серед комбінацій найвищий статистично вірогідний вплив на накопичення пігментів проявляла комбінація у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК, яка сприяла збільшенню вмісту хлорофілів *a* та *b*, порівняно до контролю на 32,4 та 37,7 % відповідно.

**Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на вміст хлорофілів *a* і *b* у листках 60-денних сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020–2024 рр.)**

Варіант дослідження	Хлорофіл <i>a</i>		Хлорофіл <i>b</i>		<i>a/b</i>
	мг/г	% до контролю	мг/г	% до контролю	
Контроль	1,45±0,03	100,0	0,61±0,02	100,0	2,4
Стимпо	1,33±0,05*	91,7	0,55±0,04	90,2	2,3
ПОБК	1,30±0,08*	89,7	0,59±0,04	96,7	2,3
Метіонін	1,40±0,02	96,6	0,61±0,05	100,0	2,3
MgSO <sub>4</sub>	1,53±0,09	105,5	0,66±0,04*#	108,2	2,3
Вітамін Е	1,26±0,08*	86,9	0,53±0,04*	86,9	2,4
Убіхінон-10	1,68±0,03*#	115,9	0,76±0,03*#	124,6	2,2
Вітамін Е + Убіхінон-10	1,42±0,03*	97,9	0,63±0,05	103,3	2,3
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК	1,92±0,03*#	132,4	0,84±0,05*#	137,7	2,3
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	1,53±0,09	105,5	0,68±0,05#	111,5	2,2

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

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

Це дає можливість молодим рослинам накопичувати більшу кількість вуглеводів у процесах фотосинтезу і забезпечувати їм додаткові можливості для адаптації в умовах подальшого вирощування.

Одним з важливих показників, який дозволяє оцінити стан фотосинтетичного апарату рослин, є співвідношення вмісту пігментів хлорофілу *a* до хлорофілу *b* (*a/b*). За результатами наших досліджень цей показник був у межах допустимої норми [26] та дорівнював 2,2-2,4 залежно від варіанту дослідження. Значення даного показника може свідчити про стійкість рослин до несприятливих факторів при вирощуванні (вплив УФ-випромінювання, підвищена вологість, посуха тощо).

Результати дослідження впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на суму хлорофілів *a* і *b* у листках сіянців гінкго наведено у таблиці 4.4 (додаток Г. 5).

Таблиця 4.4

**Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на суму хлорофілів *a* і *b* у листках 60-денних сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020–2024 рр.)**

Варіанти досліду	Сума хлорофілів <i>a+b</i>	
	мг/г	% до контролю
1	2	3
Контроль	2,06±0,08	100,0
Стиμπο	1,88±0,06*	91,3
ПОБК	1,89±0,08*	91,7
Метіонін	2,00±0,09	97,1

## Продовження табл. 4.4

1	2	3
MgSO <sub>4</sub>	2,19±0,04*#	106,3
Вітамін Е	1,79±0,02*	86,9
Убіхінон-10	2,44±0,08*#	118,4
Вітамін Е + Убіхінон-10	2,07±0,06	100,5
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК	2,77±0,04*#	134,5
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	2,20±0,03#	106,8

Примітка: \* - різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ;  
# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором  
росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

Результати проведених досліджень свідчать, що за передпосівної обробки насіння досліджуваними метаболічно активними речовинами найбільший сумарний вміст хлорофілів спостерігається у варіанті з використання розчину комбінації речовин Вітамін Е + Метіонін + ПОБК, який перевищував контрольні значення на 34,5 %. При цьому у варіантах з використанням розчинів Убіхінону-10, MgSO<sub>4</sub> та комбінації речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub> також прослідковувалось перевищення значень контролю на 18,4; 6,3 та 6,8 % відповідно.

Варто також відмітити переважання значень досліджуваних варіантів (крім Вітаміну Е) над значеннями варіанту застосування препарату Стимпо.



Одержані нами результати можуть свідчити, що досліджувані речовини сприяють кращому засвоєнню мінеральних речовин, що у свою чергу, проявляється у збільшенні вмісту фотосинтетичних пігментів та вказує на стимуляцію фотосинтезу.

Вплив передпосівної обробки насіння досліджуваними речовинами на асиміляційні процеси пояснюється ефективністю як окремих компонентів, так і в їх сукупній взаємодії. Так Вітамін Е та Убіхінон-10 виявляють антиоксидантну дію, захищаючи організм від вільних радикалів, що утворились внаслідок перебігу біохімічних процесів, у тому числі і фотосинтезу [51]. Вітамін Е запобігає пошкодженню фотосинтетичного апарату рослин від надмірної енергії світла. Убіхінон разом із пластохіноном бере участь у реакціях окиснювального фосфорилування та фотофосфорилування. Метіонін, як незамінна амінокислота є будівельним матеріалом у процесах росту і розвитку, бере участь у синтезі білків, обміні води та утворенні ферментів [2; 22]. Параоксибензойна кислота виконує роль сигнальної молекули, ініціюючи захисні реакції клітини та регулюючи активність ферментів, які захищають клітину від окиснення [36]. Магній сульфат є джерелом елементів живлення, які приймають участь у фізіологічних процесах рослин. Магній входить до складу молекули хлорофілу, активує ферменти, бере участь у синтезі білків, а Сульфур приймає участь в обмінних процесах, регулює ріст і розвиток рослин [14]. Дефіцит магнію може призвести до збільшення утворення та накопичення активних форм кисню в клітинах рослин [31].

У поєднанні в складі комбінацій досліджувані нами метаболічно активні речовини виявляють синергічну дію та стимулюючий ефект на фізіологічні процеси росту рослин та індукують захисні реакції, що підвищує їхню стійкість до несприятливих умов [20].

#### 4.2. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на вміст вторинних метаболітів у листках сіянців *Ginkgo biloba* L.

Процес онтогенезу рослин зумовлений сукупністю фізіолого-біохімічних реакцій і визначається агроекологічними умовами їх вирощування, у результаті чого вони й отримують необхідний ресурс для існування [24]. Під час проходження фундаментальних фізіологічних процесів, таких як фотосинтез, дихання, передача енергії, транспорт елементів мінерального живлення, в рослинах накопичуються прооксиданти – активні форми кисню (АФК). У відповідь на утворення вільних радикалів, зокрема супероксидного аніон-радикалу ( $O_2^-$ ), гідроксильного радикалу ( $\bullet OH$ ), синглетного кисню ( $O_2$ ) та пероксиду водню ( $H_2O_2$ ), у рослинах синтезується широкий спектр антиоксидантів, які здатні нейтралізувати їх шкідливу дію. Баланс прооксидантно-антиоксидантної системи рослин є критичним для збереження гомеостазу рослини та її захисту від різних стресів [12; 13; 24; 27]. Фотосинтез, як джерело енергії для рослин, є водночас причиною постійного окиснювального стресу, зумовленого утворенням активних форм кисню. Здатність рослин підтримувати оптимальний рівень шкідливих речовин є важливою умовою їх виживання, і забезпечується системою антиоксидантів, які містяться у плазматичній мембрані, хлоропластах, мітохондріях, гліоксисомах, пероксисома і надають антиоксидантного захисту рослинам [21].

Слід зазначити, що АФК не завжди є шкідливими. У малих концентраціях вони можуть виконувати сигнальні функції, регулюючи різні процеси в клітині, зокрема ініціюють ланцюг антиоксидантних захисних реакцій [46].

Посилення окиснення ліпідів викликає компенсаторні реакції в антиоксидантній системі, що призводить до зміни активності ферментів і рівня низькомолекулярних антиоксидантів [39]. Головна функція антиоксидантів

полягає у знешкодженні вільних радикалів шляхом віддачі їм атома водню, що перешкоджає ланцюговим реакціям окиснення [25].

Загалом рослини виробляють метаболіти, які класифікуються як первинні метаболіти (ПМ) і вторинні метаболіти (ВМ). ПМ, такі як вуглеводи, ліпіди та білки, безпосередньо беруть участь у розвитку та рості рослин. ВМ є багатофункціональними метаболітами, які відіграють ключову роль у антиоксидантному захисті рослин. Рослини розвинули складні фізіологічні та біохімічні адаптації, щоб справлятися з різними чинниками впливу на ріст і розвиток організму (зміни температурного і водного режимів, умов освітлення, засоленості ґрунту, впливу важких металів тощо) [54] та сприяти накопиченню ВМ [38]. Ці механізми включають активацію рецепторів і датчиків, які дозволяють рослинам виявляти сигнали загрози і реагувати оборонно, щоб захистити себе. ВМ також впливають на колір, смак і аромат рослин у відповідь на різні біотичні та абіотичні стреси [45]. Окрім важливої ролі у фізіології стресу рослин для адаптації до стресу, ВМ що містяться в рослинах, надають їм лікувальних властивостей і роблять їх цінною сировиною для фармацевтичної промисловості.

Таким чином, метаболізм рослин є ключовим процесом, за допомогою якого рослини реагують на умови вирощування, а утворені вторинні метаболіти виявляють антиоксидантну дію і дедалі частіше привертають увагу науковців [49].

Вторинні метаболіти, такі як каротиноїди, аскорбінова кислота (АК), флавоноїди та інші, є неферментними антиоксидантами прооксидантно-антиоксидантної системи рослин. Їхній синтез залежить від генетичних особливостей рослини та умов середовища, і вони відіграють ключову роль у антиоксидантному захисті клітин від пошкодження вільними радикалами [55]. Варто зазначити, що вплив метаболічно активних речовин на вміст вторинних метаболітів у сіянцях гінкго мало вивчений, тому виникає необхідність проведення досліджень для встановлення впливу досліджуваних

речовин та їх комбінацій на біосинтез вторинних метаболітів у сіянцях цієї рослини.

Відомо, що каротиноїди є невід'ємною часткою фотосинтетичного процесу, оскільки захищають пігментний комплекс від фоторуйнації, а також приймають участь у процесах дихання та росту рослин [19; 33]. Каротиноїди відносяться до класу полієнів, тобто органічних сполук з довгими кон'югованими системами подвійних зв'язків ( $C=C$ ), що визначає їхні фізичні та хімічні властивості. Це природні барвники, які є відновниками та здатні витримувати значні фізико-хімічні навантаження без втрати своїх властивостей, оскільки стають стійкішими при взаємодії з іншими антиоксидантами, такими як аскорбінова кислота (вітамін С) і токоферол (вітамін Е) [3]. Наявність у молекулі каротиноїду розгалуженої системи подвійних зв'язків (полієнового ланцюга) та делокалізованої  $\pi$ -електронної системи забезпечує низький енергетичний рівень триплетного збудженого стану. Це дозволяє каротиноїдам ефективно гасити синглетний кисень та інші активні форми кисню, виявляючи антиоксидантну активність [8]. Завдяки здатності віддавати або приймати електрони, каротиноїди переривають ланцюгову реакцію окиснення, яка призводить до пошкодження біологічних молекул [56]. Каротиноїди виявляють фотозахисну, радіопротекторну, антимутагенну та антиканцерогенну активність. Вони здатні нейтралізувати шкідливі вільні радикали, що утворюються під впливом ультрафіолетового випромінювання та іонізуючої радіації, а також запобігають мутаціям ДНК [58].

Проведені дослідження показали, що передпосівна обробка насіння гінкго метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями стимулює синтез каротиноїдів у листках сіянців релікту (табл. 4.5, додаток Г. 6). Дослідження проводили у першій декаді червня на 70-денних сіянцях гінкго.

**Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на вміст каротиноїдів у листках 70-денних сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020–2024 рр.)**

Варіант досліду	Вміст каротиноїдів, мг/г	% до контролю
Контроль	18,4±0,6	100,0
Стимпо	19,6±0,4*	106,1
ПОБК	24,0±1,2*#	129,9
Метіонін	25,20±1,5*#	136,4
MgSO <sub>4</sub>	24,56±2,4*#	132,9
Вітамін Е	20,32±2,3	110,0
Убіхінон-10	21,3±2,8	115,3
Вітамін Е + Убіхінон-10	19,6±1,36	106,1
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК	24,8±1,03*#	134,2
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	23,2±1,03*#	125,5

Примітка \* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ;

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

Як видно з таблиці 4.5, вміст каротиноїдів у листках сіянців гінкго у контрольному варіанті складав 18,4 мг/г. За результатами досліджень було встановлено, що метаболічно активні сполуки позитивно сприяли накопиченню каротиноїдів у листках гінкго і значно перевищували контрольні

значення. Найбільшу ефективність виявили такі речовини, як Метіонін, MgSO<sub>4</sub>, ПОбК, а також комбінації речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОбК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОбК + MgSO<sub>4</sub>. Перевищення значень контролю у цих варіантах були у межах від 25,5 до 36,4 %.

Слід відмітити, що використання для передпосівної обробки насіння гінкго метаболічно активних речовин та їх комбінацій також позитивно впливає на збільшення вмісту каротиноїдів порівняно з варіантом використання стимулятора росту Стимпо.

Одержані дані, що показують зростання вмісту каротиноїдів у листках сіянців гінкго за впливу передпосівної обробки насіння можуть розглядатись як адаптаційна здатність рослин до підвищеного рівня окисного стресу, який виникає в умовах інтенсифікації метаболізму. Ці дані узгоджуються з даними вчених, які також вивчали вплив біологічних препаратів на рослини та спостерігали збільшення вмісту каротиноїдів у листках рослин дослідних варіантів [9; 10].

Одним із ключових показників стану прооксидантно-антиоксидантної системи є утворення аскорбінової кислоти (АК). Її синтез важливий для рослин, оскільки вона є субстратом для знешкодження активних утворень кисню в умовах окисного стресу [41], приймає участь у процесах росту, у водному обміні, стимулює реакції метаболізму, пов'язані з обміном нуклеїнових кислот і синтезом протеїну, а також виступає у ролі кофактора в процесах регуляції активності ензимів [37]. Аскорбінова кислота вступає в синергічну дію з флавоноїдами та регенерує окиснену форму вітаміну Е чи каротиноїдів, відновлюючи їх антиоксидантну активність [44]. Високий вміст цієї сполуки (приблизно 10%) в хлоропластах свідчить про її адаптивну роль у захисті фотосинтетичного апарату рослин від пошкоджень, викликаних надлишком світла або іншими стресовими факторами [52].

Дослідженнями вчених, зокрема О. М. Лупак [17], встановлено, що суцвіття рослин *Calendula officinalis* L. та *Matricaria recutita* L., вирощених за дії біостимуляторів росту (Вермимаг, Вермийодіс та Вермистим),

характеризуються вищим вмістом аскорбінової кислоти порівняно із контролем.

Результати дослідження впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на вміст аскорбінової кислоти у сіянцях гінкго представлено у таблиці 4.6 (додаток Г. 7).

Таблиця 4.6

**Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на вміст аскорбінової кислоти у листках 75-денних сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020–2024 рр.)**

Варіанти досліду	Вміст аскорбінової кислоти	
	мкмоль/г сирової маси	% до контролю
Контроль	17,92±0,39	100,0
Стимпо	21,02±0,56*	117,6
ПОБК	21,35±0,59*	119,1
Метіонін	21,52±0,97*	120,1
MgSO <sub>4</sub>	22,69±0,69*#	126,6
Вітамін Е	20,61±0,99*	114,9
Убіхінон-10	18,67±0,91	104,2
Вітамін Е + Убіхінон-10	19,88±0,86*	110,9
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК	22,65±0,93*#	126,4
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	22,18±0,87*	123,7

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

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

Отримані нами результати свідчать, що накопичення аскорбінової кислоти було найбільшим у варіантах, де для обробки насіння перед висівом використовували розчин  $MgSO_4$  та комбінацію речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК. Дані речовини забезпечили зростання вмісту АК на 26,6 і 26,4 % відповідно, порівняно з контролем, та на 9,0 і 8,8 % порівняно з варіантом використання препарату Стимпо.

Слід зазначити, що у інших варіантах показники теж перевищували контрольні значення (в межах 4,2–23,7 %), але у варіантах з використанням Вітаміну Е, Убіхінону-10, а також комбінації речовин з Вітаміну Е + Убіхінон-10 значення були нижчими ніж у варіанті застосування препарату Стимпо. Збільшення вмісту аскорбінової кислоти в листках сіянців гінкго може свідчити про те, що в період активного росту рослин вона необхідна для синтезу білків та інших біомолекул, а під час фотосинтезу допомагає захищати хлорофіл від окиснення.

Найбільш чисельною групою вторинних метаболітів, що входять до складу прооксидантно-антиоксидантної системи рослин є флавоноїди – група поліфенольних сполук С6–С3–С6-ряду, які синтезуються виключно у вищих рослинах. Роль флавоноїдів полягає у здатності стабілізувати клітинні мембрани; модулювати активність різних ферментів, впливаючи на різноманітні біохімічні процеси в організмі; інгібувати ріст патогенних грибів, бактерій та вірусів; захищати від УФ-променів; хелатувати іони металів.

Флавоноїди є основними фізіологічно активними компонентами рослин і відіграють важливу роль у поглинанні активних форм кисню та забезпеченні нормального росту та розвитку рослин. Зміни умов вирощування, таких як освітленість, вологість, температура, мінеральне живлення, можуть істотно вплинути на синтез і накопичення флавоноїдів у гінкго [57]. Завдяки здатності знижувати метаболічну активність ферментів у шляхах генерації АФК, флавоноїди індукують активацію антиоксидантних систем клітини. Особливо важливою властивістю флавоноїдів є їхня здатність до синергізму з іншими антиоксидантами. Наприклад, у поєднанні з аскорбіновою кислотою



флавоноїди утворюють ефективні антиоксидантні пари. Аскорбінова кислота відновлює окиснені флавоноїди, відновлюючи їх антиоксидантну активність. Таким чином, цей тандем забезпечує більш тривалу та ефективну нейтралізацію вільних радикалів, захищаючи клітини від окисного пошкодження [28].

Флавоноїди знаходяться в епідермісі листя і зазвичай накопичуються у формі глікозидів у вакуолях рослинних клітин [34].

Дослідження проводили у першій декаді червня на 80-денних сіянцях гінкго.

Результати дослідження впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на вміст флавоноїдів у листках сіянців гінкго відображені у таблиці 4.7 (додаток Г.8).

Таблиця 4.7

**Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій  
на сумарний вміст флавоноїдів у листках 80-денних сіянців  
*Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020–2024 рр.)**

Варіанти дослідю	Вміст флавоноїдів	
	%	% до контролю
1	2	3
Контроль	1,25±0,11	100,0
Стимпо	1,81±0,09*	144,8
ПОБК	2,03±0,09*#	162,4
Метіонін	2,65±0,08*#	212,0
MgSO <sub>4</sub>	1,40±0,06	112,0
Вітамін Е	1,90±0,05*	152,0
Убіхінон-10	2,50±0,08*#	200,0

Продовження табл. 4.7

1	2	3
Вітамін Е + Убіхінон-10	2,02±0,06*	161,6
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК	2,84±0,07*#	227,2
Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO <sub>4</sub>	2,82±0,09*#	225,6

Примітка: \* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ;  
# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором  
росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

У результаті проведених нами досліджень, з'ясовано, що передпосівна обробка насіння досліджуваними речовинами сприяла збільшенню вмісту флавоноїдів у листках сіянців гінкго.

Застосування усіх препаратів призводило до більшого накопичення флавоноїдів порівняно з контрольним варіантом. Найбільше значення було відмічено у варіантах із застосуванням комбінацій речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub> та Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК. Вони перевищували контрольні значення на 125,6 і 127,2 % відповідно. Величини показників вмісту флавоноїдів у листках сіянців гінкго за обробки насіння розчинами Метіоніну, Убіхінону-10, ПОБК, Вітаміну Е + Убіхінон-10, Вітаміну Е, MgSO<sub>4</sub> перевищують значення контролю на 112,0; 100,0; 62,4; 61,6; 52,0 та 12,0 % відповідно. У порівнянні із варіантом застосування стимулятора росту Стимпо, застосування досліджуваних речовин також має перевагу, окрім варіанту використання MgSO<sub>4</sub>. Підвищений синтез флавоноїдів у молодих листках гінкго може бути наслідком не тільки генетично детермінованих особливостей розвитку рослини, спрямованих на забезпечення її виживання на ранніх етапах онтогенезу, а і завдяки впливу на рослини метаболічно активних речовин. Флавоноїди можуть відігравати важливу роль у регуляції росту і розвитку рослин, а також бути наслідком

адаптації до специфічних умов вирощування, таких як недостатнє або занадто яскраве освітлення. Таким чином, застосування досліджуваних речовин є ефективним заходом для підвищення вмісту флавоноїдів у листках гінкго, що дозволяє отримувати сировину для фармацевтичної промисловості при плантаційному вирощуванні.

Отже, вивчення впливу передпосівної обробки насіння гінкго метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями показало позитивну дію на накопичення вторинних метаболітів у листках сіянців релікту. Це надає молодим рослинам додаткового антиоксидантного захисту.

Такий ефект досліджуваних речовин можна пояснити їхньою здатністю стимулювати експресію ключових генів та активність ферментів у шляху біосинтезу рослин, контролюючи синтез вторинних метаболітів, які приймають участь в антиоксидантному захисті, перешкоджаючи окисному пошкодженню клітин [29; 50; 51].

Одним з найпоширеніших антиоксидантів серед метаболічно активних речовин, які ми використовували для досліджень є Вітамін Е ( $\alpha$ -токоферол), який відіграє ключову роль у підтриманні оптимального окисно-відновного балансу в клітині. Він запобігає перекисному окисненню ліпідів шляхом знешкодження АФК та впливає на вироблення сигнальних молекул у регуляції експресії генів, які беруть участь у різних фізіологічних процесах.  $\alpha$ -Токоферол належить до неферментних антиоксидантів. На думку вчених [53], Вітамін Е може виступати прооксидантом, але завдяки синергійній дії з аскорбіновою кислотою та каротиноїдами відбувається його регенерація. Вітамін Е є важливою ланкою в системі антиоксидантного захисту рослин і тісно пов'язаний з гормональною регуляцією, впливаючи на біосинтез вторинних метаболітів.

Убіхінон-10 (коензим Q) також характеризується високими антиоксидантними властивостями. Шляхом регенерації токоферолу, коензим Q поглинає вільні радикали та захищає клітини від перекисного окиснення ліпідів при цьому захищає рослину від наслідків окисного стресу [59].

Убіхінон-10 – це багатофункціональна речовина, яка зміцнює клітинні мембрани, допомагає виробляти енергію в клітинах, захищає білки і ДНК від пошкоджень та відіграє важливу роль в енергетичному обміні клітини. Завдяки здатності індукувати утворення перекису водню, убіхінон-10 опосередковано впливає на передачу сигналів між клітинами та регуляцію генної експресії, що є важливими процесами для забезпечення адаптації рослин до стресових умов та підтримання нормального функціонування клітини. Убіхінон як потужний антиоксидант захищає ферменти, що беруть участь у синтезі вторинних метаболітів, від окиснювального пошкодження, тим самим підтримуючи їх активність [53]. Амінокислоти, зокрема Метіонін є незамінними компонентами рослинних клітин, оскільки слугують вихідними сполуками для синтезу широкого спектру біологічно активних речовин, включаючи ферменти, вітаміни та поліфеноли. Метіонін захищає клітину від окисного стресу, що важливо для збереження цілісності молекул, які беруть участь у біосинтезі вторинних метаболітів [47].

Роль Параоксибензойної кислоти (ПОбК) як антиоксиданта у біологічних системах полягає в регуляції активності антиоксидантних ферментів, що забезпечує захист клітин від шкідливого впливу вільних радикалів [32].

Магній сульфат відіграє важливу роль у захисних механізмах рослинних організмів, впливаючи на різні біохімічні процеси, зокрема бере участь у синтезі вторинних метаболітів [43]. Крім того, як кофактор для ряду ферментів,  $Mg^{2+}$  контролює детоксикацію активних форм кисню та синтез захисних сполук, створюючи безпосередній захист від біотичних стресових факторів [40]. Сульфур у складі Магній сульфату приймає участь у активації ферментів, які беруть участь у метаболічних процесах і підвищують стійкість рослин до хвороб, а також як складова амінокислот, є будівельним матеріалом для білків і ферментів, які виконують різноманітні функції в рослині. Крім того, Сульфур бере участь в антиоксидантній системі клітини, захищаючи її від пошкоджень [43].

## ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Передпосівна обробка насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями сприяла збільшенню площі листків порівняно до контролю. Найефективніше на цей показник впливали комбінації сполук з Вітаміну Е + Убіхінон-10; Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$ . Подібні ефекти спостерігались також за використання  $MgSO_4$  та Вітаміну Е. Ці сполуки перевищували за своїм впливом контрольні значення на 43,8 і 42 % відповідно. Аналогічно за використання досліджуваних нами речовин відбувалось зростання величини показника середньої маси листка сіянців в усіх варіантах порівняно з контролем.

2. Найбільша маса сирої речовини листка спостерігалась у варіантах із застосуванням комбінацій речовин з Вітаміну Е + Убіхінон-10 і Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$ . На показник маси сухої речовини листка найкраще впливали комбінації речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОВК і Вітамін Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$ , а також Убіхінон-10 та  $MgSO_4$ .

3. На величини показників вмісту хлорофілів *a* та *b* у листках гінкго дволопатевого найефективніше впливав Убіхінон-10, який сприяв підвищенню вмісту пігментів порівняно із значеннями контрольного варіанту на 15,9 та 24,6 %. Серед комбінацій найбільший вплив на накопичення пігментів мала сполука у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОВК, яка сприяла збільшенню вмісту хлорофілів *a* та *b* порівняно до контролю на 32,4 та 37,7 % відповідно.

4. Метаболічно активні речовини та їх комбінації сприяли накопиченню каротиноїдів у листках гінкго. Найбільшу ефективність виявили Метіонін,  $MgSO_4$ , ПОВК, а також комбінації речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$ . Перевищення значень контролю у цих варіантах були у межах від 25,5 до 36,4 %.

5. Накопичення аскорбінової кислоти у листках гінкго найбільшим було у варіантах застосування для обробки насіння перед висівом  $MgSO_4$  та комбінації речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК. Вказані варіанти забезпечили зростання вмісту аскорбінової кислоти на 26,6 і 26,4% відповідно.

6. Передпосівна обробка насіння досліджуваними речовинами сприяла більшому накопиченню флавоноїдів у листках сіянців гінкго. Найбільше значення було відмічено у варіантах із застосуванням комбінацій речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  та Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК, які перевищували контрольні значення на 125,6 і 127,2% відповідно.

Результати експериментальних досліджень даного розділу наведено в таких публікації [6].

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Сімонова М. Каротиноїди: будова, властивості та біологічна дія. *Біологічні студії*. 2010. Т. 4. № 2. С. 159–170.
2. Августинович М., Чумак А. Амінокислоти у добривах для позакореневого живлення та їх застосування. URL: <https://makosh-group.com.ua/blog/aminokisloti-u-dobrivah-dlya-pozakoreneвого-zhivlennya-ta-yih-zastosuvannya> (дата звернення 20 вересня 2022 р.).
3. Божко Н. В., Тищенко В. І. Застосування бета-каротину як натурального барвника в ковбасних продуктах. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. 2015. Вип. 15. Т. 1. С. 226–233. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptdau\\_2015\\_15\\_1\\_32](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptdau_2015_15_1_32). (дата звернення: 15.03.2023).
4. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтьук І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. Київ : ЗАТ «Нічлава», 2008. 352 с.
5. Гуляєв Б. І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. 2001. Т. 1. С. 60–74.
6. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на асиміляційні процеси *Ginkgo biloba* L. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2024. Т. 84., № 1. С. 58–66. <https://journals.indexcopernicus.com/search/article?articleId=4050777> дата звернення: 15.11.2024).
7. Заболотний О. І., Заболотна А. В. Вміст хлорофілу у листках пшениці ярої при застосуванні гербіциду Лінтур 70 WG і регулятора росту рослин Емістим С. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 17(1). С. 414–418. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb\\_2013\\_17\(1\)\\_100](http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpicb_2013_17(1)_100). (дата звернення: 11.12.2023).

8. Зеленянська Н. М. Вплив фізіологічно активних препаратів на накопичення пігментів в листках винограду. *Вісник аграрної науки*. 2004. № 2. С. 77–81.
9. Кавулич Я., Кобилецька М., Терек О. Вплив саліцилової кислоти на пігментну систему рослин гречки за токсичного впливу кадмію хлориду. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. Вип. 72. С. 210–217. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU\\_biol\\_2016\\_72\\_27](http://nbuv.gov.ua/UJRN/VLNU_biol_2016_72_27). (дата звернення: 15.06.2023).
10. Карпенко В. П., Притуляк Р. М. Фізіологічні зміни в рослинах ячменю ярого за дії біологічно активних речовин. *Вісник Уманського національного університету садівництва*. 2014. № 1. С. 60–65. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnuc\\_2014\\_1\\_15](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vumnuc_2014_1_15) (дата звернення: 15.06.2023).
11. Козючко А. Г. Фізіологічно-біохімічне обґрунтування застосування метаболічно активних сполук у технології вирощування сої: дис. ... д-ра філософії: 091. Ніжин, 2022. 150 с.
12. Колупаєв Ю. Є. Роль основних сигнальних інтермедіантів у формуванні адаптивних реакцій рослин на дію абіотичних стресорів. *Фізіологія рослин: проблеми та перспективи розвитку*. 2009. Т. 2. С. 166–194.
13. Косаківська І. В. Фізіолого-біохімічні основи адаптації рослин до стресорів. Кб]d : Сталь, 2003. 192 с.
14. Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ : Логос, 2005. 150 с.
15. Куриленко А. О. Фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку озимого жита на різних етапах онтогенезу за дії метаболічно активних сполук: дис. ... д-ра філософії: 091. Ніжин, 2022. 137 с.
16. Лебедева Т. С., Ситник К. М. Пігменти рослинного світу. Київ : Наук. думка, 1986. 87 с.
17. Лупак О. М. Еколого-біохімічні засади застосування біостимуляторів при вирощуванні лікарських рослин на Заході України дис.



... канд. с.-г. наук 03.00.16 / Львівський національний аграрний університет Міністерства освіти і науки України. Львів 2021. 197 с.

18. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин : підручник / за ред. професора М. М. Макрушина. Вінниця : Нова Книга, 2006. 416 с.

19. Малюгіна О. О., Мазулін О. В., Мазулін Г. В., Смойловська Г. П., Логвін П. А. Визначення вмісту каротиноїдів у суцвіттях чорнобривців розлогих. Актуальні питання фармацевтичної і медичної науки та практики. 2013. Вип. 3. № 13. С. 89–91.

20. Паливода Ю. М. Фізіолого-біохімічні механізми формування посухостійкості м'якої пшениці за дії метаболічно активних сполук: дис. ... д-ра філософії: 091. Ніжин, 2023. 130 с.

21. Пацула О., Кобилецька М., Терек О., Балажі Ж., Товт М. Оксидативні реакції рослин при руслової ділянки ріки Тиса. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2008. Вип. 48. С. 201–204.

22. Полянчиков С. П., Ковбель А. И. Роль амінокислот у захисті культури від стресів. *Агромаж*. URL: [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=1086](https://agromage.com/stat_id.php?id=1086) (дата звернення: 11.05.2023).

23. Рослинництво : практикум (лабораторно-практичні заняття) / Зінченко О. І. та ін. Вінниця : Нова Книга, 2008. 536 с.

24. Сухар С. В. Вплив технологічних факторів на формування продуктивності рослин нагідок лікарських в умовах Західного Лісостепу. *Агробіологія*. 2014. № 1 (109). С. 92–96.

25. Таран Н. Ю. Адаптаційні зміни ліпідних компонентів мембран хлоропластів за умов дії на рослини факторів довкілля. *Укр. біохім. журн.* 2000. Т. 72. № 1. С. 21–31.

26. Таран Н. Ю., Оканенко О. А., Бацманова Л. М., Мусієнко М. М. Вторинний оксидний стрес як елемент загальної адаптивної відповіді рослин на дію несприятливих факторів довкілля. *Физиология и биохимия культ. растений*. 2004. Т. 36. №1. С. 3–12.

27. Терек О. І. Механізми адаптації рослин до нафтового забруднення. *Біологічні студії*. 2018. Т. 12. № 3–4. С. 141–164. [URL: https://doi.org/10.30970/sbi.1203.579](https://doi.org/10.30970/sbi.1203.579) (дата звернення: 03.03.2023).
28. Чекман І. С. Флавоноїди – клініко-фармакологічний аспект. *Фітотерапія в Україні*. 2000. № 2. С. 3–5.
29. Abid M., Haddad M., Ferchichi A. Effect of magnesium sulphate on the first stage of development of *Lucerne*. *Options Méditerranéennes: Série A*. 2008. Vol. 79. P. 405–408.
30. Ali Q., Javed M., Haider M., Habib N., Rizwan M., Perveen R., Ali S., Alyemeni M., El-Serehy H., Al-Misned, F.  $\alpha$ -Tocopherol foliar spray and translocation mediates growth, photosynthetic pigments, nutrient uptake, and oxidative defense in Maize (*Zea mays* L.) under drought stress. *Agronomy*. 2020. Vol. 10, №. 9. P. 1235. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091235>. (дата звернення: 06.03.2023).
31. Ávila-Juárez Luciano, Torres-Pacheco Irineo, Ocampo-Velázquez Rosalía Virginia, Ana Angélica Feregrino-Pérez, Andrés Cruz Hernández and Guevara-González Ramón Gerardo\* Integrating plant nutrients and elicitors for secondary metabolite production, sustainable crop production, and human health: a review. *Intl J Agric Biol*. 2017. Vol. 19(3). P. 391–402. URL: <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0297>. (дата звернення: 10.10.2024).
32. Barkosky R.R., Einhellig F.A. Allelopathic interference of plant water relationships by para-hydroxybenzoic acid. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. 2003. Vol. 44. P. 53–58.
33. Bunnea A. Lutein esters from *Tagetes erecta* L.: Isolatii on and enzymatic hydrolysis. *Bulletin UASVM Animal Science and Biotechnologies*. 2008. Vol. 65. Iss. 1–2. P. 410–414.
34. Cheng S., Gu M., Shu H. Advances in research on flaonoids in *Ginkgo biloba* leaf. *Scientia Silvae Sinicae* 2000. Vol. 36. P. 110–115.

35. Chlorophyll content test in leaves of *Ginkgo biloba* L. / R. Yaroschuk, S. Zherdetska, V. Illiashenko [and others]. *Multidisciplinary Conference for Young Researchers*, Bila Tserkva, 22nd November 2019. Bila Tserkva, 2019. P. 23–25.
36. Cho J. Y., Moon J. H., Seong K., Park K. H. Antimicrobial Activity of 4-Hydroxybenzoic Acid and trans-4-Hydroxycinnamic Acid Isolated and Identified from Rice Hull. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 1998. Vol. 62(11). P. 2273–2276. DOI: 10.1271/bbb.62.2273.
37. Conklin P. I. Recent advances in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants. *Plant Cell Environ.* 2001. Vol. 24. P. 383–94.
38. Dawane V., Pathak B. Assessment of secondary metabolite profile and quantification method development for Lupeol and Caffeic acid by HPTLC in *Avicennia marina* pneumatophore roots. *Biocatal. Agricult. Biotechnol.* 2020. Vol. 26.
39. El-Enany M. A., Mahfouze S. A., El-Dessouky S. E. Gene expression of heat stress on protein and antioxidant enzyme activities of two *Lupinus species*. *J Appl. Sci. Res.* 2013. Vol. 9. Iss. 1. P. 240–247.
40. Faizan M., Bhat J. A., El-Serehy H. A., Moustakas M., & Ahmad P. Magnesium oxide nanoparticles (MgO-NPs) alleviate arsenic toxicity in soybean by modulating photosynthetic function, nutrient uptake and antioxidant potential. *Metals*. 2022. Vol. 12(12). P. 2030.
41. Foyer C. H., Noctor G. Ascorbate and glutathione: the heart of the redox hub. *Plant Physiol.* 2011. № 155. P. 16. doi: 10.1104/pp.110.167569
42. França S. C., Tigre R. C., Oliveira M. T., Sacilot M., Pereira E. C. Spectrophotometric determinations of chloroplastidic pigments in acetone, ethanol and dimethylsulphoxide. *R. Bras. Bioci. (Brazilian Journal of Biosciences)*. 2013. Vol. 11(1). P. 52–58.
43. Guo W., Nazim H., Liang Z., Yang, D. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal*. 2016. Vol. 4(2). P. 83–91.

44. Imai T., Kingston-Smith A. H., Foyer C. H. Inhibition of endogenous ascorbate synthesis in potato leaves supplied with exogenous ascorbate. *Free Rad Res.* 1999. Vol. 31. P. 171–179.
45. Jan R., Asaf S., Numan M., Lubna & Kim, K. -M. Plant Secondary Metabolite Biosynthesis and Transcriptional Regulation in Response to Biotic and Abiotic Stress Conditions. *Agronomy.* 2021. Vol. 11(5). P. 968. URL: <https://doi.org/10.3390/agronomy11050968> (дата звернення: 10.10.2024).
46. Kwang-Hyun B., Skinner D. Z. Production of reactive oxygen species by freezing stress and the protective roles of antioxidant enzymes in plants. *J Agr. Chem. Environ.* 2012. Vol. 1. P. 34–40.
47. Lenhart K., Althoff F., Greule M., Keppler, F. Methionine, a precursor of methane in living plants. *Biogeosciences.* 2015. Vol. 12(6). P. 1907–1914.
48. Li Z., Keasling J. D., Niyogi K. K. Overlapping photoprotective function of vitamin E and carotenoids in *Chlamydomonas*. *Plant Physiology.* 2012. Vol. 158(1). P. 313–323.
49. Liu F., Chen G. T., Hu Q. H., Zhao S. W., & Zhao L. Y. Separation, purification and structure characteristics of Zn-binding polysaccharides from *Flammulina velutipes*. *Food Chem.* 2014. Vol. 35. P. 1–7.
50. Liu M., Lu S. Plastoquinone and Ubiquinone in Plants: Biosynthesis, Physiological Function and Metabolic Engineering. *Front Plant Sci.* 2016. Vol. 7. P. 1898. URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01898>. (дата звернення: 11.10.2024).
51. Miret J. A., Munné-Bosch S. Redox signaling and stress tolerance in plants: a focus on vitamin E. *Ann N Y Acad Sci.* 2015. P. 29–38. DOI: 10.1111/nyas.12639.
52. Noctor G., Foyer C. H. Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. *Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.* 1998. Vol. 49. P. 249–279.
53. Ohara K., Kokado Y., Yamamoto H., Sato F., Yazaki K. Engineering of ubiquinone biosynthesis using the yeast *coq2* gene confers oxidative stress

tolerance in transgenic tobacco. *Plant J.* 2004. № 40. P. 734–743. URL: doi: 10.1111/j.1365-313X.2004.02246.x. (дата звернення: 12.09.2024).

54. Osakabe Y., Osakabe K., Shinozaki K., Tran L. S. P. Response of plants to water stress. *Frontiers in plant science.* 2014. Vol. 5. P. 86.

55. Vauzour D., Rodriguez-Mateos A., Corona G., Oruna-Concha M. J., Spencer J. P. E. Polyphenols and human health: prevention of disease and mechanisms of action. *Nutrients.* 2010. Vol. 2. Iss. 11. P. 1106–1131.

56. Wang J. Y., Wen L. L., Huang Y. N. et al. Dual effects of antioxidants in neurodegeneration: direct neuroprotection against oxidative stress and indirect protection via suppression of glia-mediated inflammation. *Curr. Pharm. Des.* 2006. Vol. 12. Iss. 27. P. 3521–3533. URL: <https://doi.org/10.2174/138161206778343109> (дата звернення: 20.10.2024).

57. Wang Q., Jiang Y., Mao X., Yu W., Lu J., & Wang L. Integration of morphological, physiological, cytological, metabolome and transcriptome analyses reveal age inhibited accumulation of flavonoid biosynthesis in *Ginkgo biloba* leaves. *Industrial Crops and Products.* 2022. P. 187, 115405

58. Xu L. W., Chen J., Shi Y. P. Phytochemicals and their biological activities of plants in *Tagetes L.* *Chinese Herbal Medicines.* 2012. Vol. 4. Iss. 2. P. 103–117.

59. Yoshida Y., Hayakawa M., Habuchi Y., Niki E. Evaluation of the dietary effects of coenzyme Q in vivo by the oxidative stress marker, hydroxyoctadecadienoic acid and its stereoisomer ratio. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects.* 2006. Vol. 1760(10). P. 1558–1568.

## РОЗДІЛ 5.

### УЗАГАЛЬНЕННЯ

Зростаючий попит на декоративні рослини серед ландшафтних дизайнерів та спеціалістів зеленого будівництва спричиняє необхідність відібрати найбільш перспективні види, розробити ефективні технології їх розмноження та вирощування, а також забезпечити їхню стійкість до змін навколишнього середовища. Розширення асортименту перспективних декоративних деревних видів рослин, зокрема гінкго, для використання в озелененні міських ландшафтів, а також як лікарської сировини для фармацевтичної промисловості на сьогодні ускладнене поєднанням глобальних кліматичних змін та неоднорідністю якості насіння, зібраного в різних регіонах України [1; 5; 9].

Успішність розмноження деревних видів залежить від багатьох факторів, а саме від біологічних особливостей рослини, способу розмноження, умов вирощування та догляду, використання додаткових заходів для стимулювання росту і розвитку рослин, тощо. Насамперед, для отримання високоякісного садивного матеріалу необхідно забезпечити наявність свіжого, здорового насіння з високою посівною якістю [6]. Від даного фактора залежить енергія проростання, схожість, інтенсивність росту саджанців деревних культур, що надалі визначає продуктивність майбутніх деревостанів, їх склад і санітарний стан. Але розмноження і отримання достатньої кількості якісних саджанців гінкго, залишається й досі проблемним. Це пов'язано з тим, що насіння цього дерева не завжди є заплідненим, оскільки його формування залежить від кліматичних умов навколишнього середовища, у яких росте рослина.

Вирішенням даної проблеми може бути запровадження в технологію вирощування садивного матеріалу рістрегулюючих речовин [8]. Перспективними сполуками при вирощуванні деревних видів рослин можуть бути метаболічно активні речовини, а саме Вітамін Е, Метіонін,

Параоксибензойна кислота (ПОБК), Убіхінон-10 та Магній сульфат ( $MgSO_4$ ), а також комбінації цих речовин [2; 3; 4]. Дані речовини безпечні для людини та тварин, високоефективні в малих концентраціях, мають широкий спектр дії, задовольняють екологічні та економічні потреби [7].

У дисертаційній роботі вперше досліджено особливості впливу передпосівної обробки насіння гінкго дволопатевого метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на фізіологічні показники сіянців релікту.

З'ясовано, що метаболічно активні речовини та їх комбінації значно покращують схожість насіння, а також позитивно впливають на процеси росту та накопичення біологічно активних речовин у молодих рослинах. За результатами досліджень встановлено, що передпосівна обробка насіння гінкго комбінаціями метаболічно активних речовин у складі Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  та Вітаміну Е + Убіхінон-10 значно покращила схожість насіння, особливо в роки з оптимальними умовами для його формування. Насіння, зібране в несприятливі роки, демонструвало низьку схожість та тривалий період проростання, однак обробка комбінацією речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК найкраще вплинула на досліджуваний показник.

На основі аналізу експериментальних досліджень встановлено, що передпосівна обробка насіння метаболічно активними речовинами стимулює ріст і розвиток як підземної, так і надземної частини сіянців гінкго, що сприяє накопиченню біомаси у рослині. Найвищий показник середньої довжини кореня у сіянцях гінкго забезпечила комбінація метаболічно активних речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК, а також розчини Метіоніну, ПОБК та  $MgSO_4$ . На показник середньої кількості бічних коренів найкраще впливали комбінації речовин у складі Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$ , а також Метіонін. Дані речовини стимулювали утворення більшої кількості бічних коренів, порівняно з контролем та з варіантом застосування препарату Стимпо. Зазначені комбінації, а також розчини  $MgSO_4$ , Вітамін Е та ПОБК мали стимулюючий

вплив на висоту стебла сіянців *Ginkgo biloba*. На величини показників середньої кількості листків у сіянцях гінкго позитивний вплив мали всі досліджувані комбінації метаболічно активних речовин, а також Метіонін. Передпосівна обробка насіння гінкго досліджуваними речовинами сприяла накопиченню маси сирої та сухої речовини у сіянцях гінкго у період активного росту.

У дисертаційній роботі вперше досліджено вплив метаболічно активних речовин на середню площу листка сіянців. Встановлено, що найефективніше на цей показник впливали комбінації досліджуваних сполук. Вони сприяли збільшенню площі листків порівняно до контролю в межах 44,5-58,1 %. Подібні ефекти спостерігались також за використання  $MgSO_4$  та Вітаміну Е. Ці сполуки перевершили за своїм впливом контрольні значення на 43,8 і 42 % відповідно. Аналогічно за використання досліджуваних нами речовин відбувалось зростання величини показника середньої маси листка сіянців в усіх варіантах порівняно з контролем. Однак у варіантах з використанням ПОВК та Метіоніну значення перевищували контрольні, але були близькими до значень у варіанті з використанням препарату Стимпо.

Результати досліджень впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на величину показника маси сирої речовини у листках сіянців гінкго показують збільшення значень у всіх варіантах як до контролю, так і до варіанту застосування препарату Стимпо. Найбільша маса сирої речовини листка спостерігалась у варіантах із застосуванням комбінацій речовин у складі Вітамін Е + Убіхінон-10 і Вітамін Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$ . На показник маси сухої речовини листка найкраще впливали комбінації речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОВК і Вітамін Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$ , а також Убіхінон-10 та  $MgSO_4$ .

Продемонстровано вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на вміст пігментів фотосинтетичної системи. Встановлено, що комбінація у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОВК сприяла збільшенню вмісту хлорофілів *a* та *b*, порівняно до контролю на 32,4 та 37,7 %. Також з'ясовано,



що на величини показників вмісту хлорофілів *a* та *b* у листках гінкго дволопатевого найефективніше впливав Убіхінон-10, за дії якого вміст пігментів хлорофілів *a* та *b* був більшим порівняно із значеннями контрольного варіанту на 15,9 та 24,6 %. Застосування передпосівної обробки насіння досліджуваними метаболічно активними речовинами сприяє більшому сумарному вмісту хлорофілів *a* і *b* у варіанті з використанням комбінації речовин Вітамін Е + Метіонін + ПОБК, який перевищував контрольні значення на 34,5 %. При цьому у варіантах з використанням Убіхінону-10,  $MgSO_4$  та комбінації речовин Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  також прослідковувалось перевищення значень контролю на 18,4; 6,3 та 6,8 % відповідно. Варто також відмітити достовірне зростання величин цих показників за умов застосування досліджуваних комбінацій та окремо метаболічно активних сполук (крім Вітаміну Е) порівняно із варіантом застосування препарату Стимпо.

На основі аналізу експериментальних досліджень було встановлено, що за передпосівної обробки насіння досліджуваними речовинами спостерігалось збільшення вмісту вторинних продуктів метаболізму у листках сіянців гінкго дволопатевого. З'ясовано, що найбільше накопичення каротиноїдів у листках сіянців виявлено за передпосівної обробки Метіоніном,  $MgSO_4$ , ПОБК, а також комбінаціями Вітамін Е + Метіонін + ПОБК та Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$ . Перевищення значень контролю у цих варіантах були у межах від 25,5 до 36,4 %. З'ясовано, що за використання передпосівної обробки насіння гінкго метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями відбувається збільшення вмісту каротиноїдів порівняно із варіантом використання стимулятора росту Стимпо.

Отримані нами результати свідчать, що накопичення аскорбінової кислоти було найбільшим у варіантах, де для обробки насіння перед висівом використовували розчин  $MgSO_4$  та комбінацію речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК. Дані речовини забезпечили зростання вмісту аскорбінової

кислоти на 26,6 і 26,4 % відповідно порівняно з контролем та на 9,0 і 8,8 % порівняно з варіантом використання препарату Стимпо.

У результаті проведених нами досліджень, з'ясовано, що передпосівна обробка насіння досліджуваними речовинами сприяла збільшенню вмісту флавоноїдів у листках сіянців гінкго. Виявлено, що застосування усіх препаратів призводило до більшого накопичення флавоноїдів порівняно з контрольним варіантом. Найбільше значення було відмічене у варіантах із застосуванням комбінацій речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  та Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК. Вони перевищували контрольні значення на 125,6 і 127,2 % відповідно. Величини показників вмісту флавоноїдів у листках сіянців гінкго за обробки насіння розчинами Метіоніну, Убіхінону-10, ПОБК, Вітаміну Е + Убіхінон-10, Вітаміну Е,  $MgSO_4$  перевищують значення контролю на 112,0; 100,0; 62,4; 61,6; 52,0 та 12,0 % відповідно. У порівнянні із варіантом застосування препарату Стимпо, застосування досліджуваних речовин також має перевагу, окрім варіанту використання  $MgSO_4$ . Таким чином, вивчення впливу передпосівної обробки насіння гінкго метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями показало позитивну дію на накопичення вторинних метаболітів у листках сіянців релікту. Це надає молодим рослинам додаткового антиоксидантного захисту.

Отже, комбінації метаболічно активних речовин, а саме Вітамін Е + Убіхінон-10, Вітамін Е + Метіонін + ПОБК та Вітамін Е + Метіонін + ПОБК +  $MgSO_4$  виявляють значний потенціал, демонструючи здатність стимулювати фізіологічні процеси і підвищувати життєздатність рослин шляхом синергічної дії, завдяки чому можуть бути рекомендовані як перспективні рістрегулюючі речовини та дозволять розробити ефективні технології вирощування *Ginkgo biloba*.

Результати дисертаційної роботи мають важливе значення для розробки нових технологій розмноження, вирощування та поліпшення якості садивного матеріалу декоративних деревних рослин, зокрема гінкго. Передпосівна

обробка насіння *Ginkgo biloba* метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями може стати додатковим елементом технології вирощування цієї цінної декоративної та лікарської рослини. Експериментальні дані дозволяють розробити ефективні заходи для стимуляції росту молодих рослин та покращення якості продукції.

Отримані результати мають теоретичне значення і впроваджені у навчальний процес при викладанні навчальних курсів «Ботаніка з основами фізіології», «Фізіологія рослин» і «Біохімія рослин» для підготовки здобувачів Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, а також були використані науковцями відділів ландшафтного будівництва та дендрології Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України в період 2022–2023 років.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Дебринюк Ю. М., Калінін М. І., Гузь М. М., Шаблій І. В. Лісове насінництво : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Львів : Світ, 1998, 425 с.
2. Козючко А. Г., Гавій В. М., Кучменко О. Б. Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на окремі фізіологічні показники сої сорту Аннушка та її продуктивність. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія*. Тернопіль : ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2020. Вип. № 1–2 (79). С. 84–90. URL: <http://doi.org/10.25128/2078-2357.20.1-2.12> (дата звернення: 25.12.2024)
3. Кучменко О. Б., Куриленко А. О., Куриленко О. В., Гавій В. М. Вплив комбінацій метаболічно активних сполук на окремі фізіолого-біохімічні показники жита озимого (*Secale cereale* L.) на різних етапах розвитку. *Новітні агротехнології* : матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 10 вересня 2020 р.). Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2020. С. 13–14.
4. Лісовицький В. В., Кучменко О. Б. Вплив метаболічно-активних речовин на окремі фізіолого-біохімічні показники росту і розвитку огірків

сорту Ніжинський. *Наукові записки НаУКМА. Біологія і екологія*. 2020. Т. 3. С. 35–42. URL: <http://doi.org/10.18523/2617-4529.2020.3.35-42>. (дата звернення: 25.12.2024)

5. Михайлов П. П. Динаміка показників якості насіння сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) на Північному Сході України : автореф. дис... канд. с.-г. н. : 06.03.01. Харків, 2011. 22 с.

6. Остудімов А. О., Гузь М. М. Особливості насінного розмноження гінкго дволопатевого. *Науковий вісник НЛТУ України* : зб. наук.-техн. праць. Львів : РВВ НЛТУ України, 2010. Вип. 20.11. С. 8–15.

7. Хоміна В. Я., Циганкова В. А., Пономаренко С. П., Григорюк І. П. Вплив регуляторів росту «Біолан» та «Івін» на продуктивність лікарських рослин. *Біоресурси і природокористування*. 2013. Т. 5. № 3–4. С. 16–21.

8. Nardi S., Pizzeghello D., Schiavon M., Ertani A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.)*. 2016. Vol. 73. № 1. Jan-Feb. P. 18–23.

9. Scopmeyer C. S. Seeds of woody plants in the United States Forest Service; U.S. Department of Agriculture. *Agriculture Handbook*. Washington, D.C., 1974. № 450. 883 p.

## ВИСНОВКИ

1. Передпосівна обробка насіння *Ginkgo biloba* метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями позитивно впливає на його схожість. У сприятливі роки його формування найбільш ефективно на схожість впливали комбінації речовин з Вітаміну Е + ПОБК + Метіонін + MgSO<sub>4</sub> та Вітаміну Е + Убіхінон-10. Насіння, що формувалось у несприятливі роки, мало низьку схожість. Час проростання такого насіння значно збільшувався, сходи відзначались недружністю. Найефективніше на схожість такого насіння впливала комбінація речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК.

2. Найбільш ефективний вплив на довжину кореня сіянців гінкго мала комбінація метаболічно активних речовин у складі Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК, а також сполуки Метіоніну, ПОБК та MgSO<sub>4</sub>. На показник середньої кількості бічних коренів найкраще впливали комбінації речовин у складі Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub>, а також Метіонін.

3. Комбінації речовин у складі Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub> та розчини MgSO<sub>4</sub>, Вітамін Е та ПОБК мали стимулюючий вплив на висоту стебла сіянців *Ginkgo biloba*. На величину показника середньої кількості листків на молодих рослинах гінкго позитивний вплив мали всі досліджувані комбінації метаболічно активних речовин, а також Метіонін.

4. Передпосівна обробка насіння гінкго досліджуваними речовинами сприяла накопиченню маси сирої речовини сіянця у період активного росту. Найбільші значення маси сирої речовини були відмічені у варіантах використання для обробки насіння Вітаміну Е та Метіоніну, а також комбінації речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК. Ця ж комбінація була найбільш ефективною і за показником маси сухої речовини сіянця *Ginkgo biloba*.

5. Метаболічно активні речовини та їх комбінації сприяли збільшенню середньої площі листків сіянців *Ginkgo biloba*. Найефективніше на цей

показник впливали комбінації сполук з Вітаміну Е + Убіхінон-10, Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$  та розчини  $MgSO_4$  і Вітаміну Е. Вказані варіанти досліджень також ефективно впливали і на показник середньої маси листка сіянців гінкго. Найбільша маса сирої речовини листка спостерігалась у варіантах із застосуванням комбінацій речовин Вітамін Е + Убіхінон-10 і Вітамін Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$ . На показник маси сухої речовини листка найкраще впливали комбінації речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОВК і Вітамін Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$ , а також Убіхінон-10 та  $MgSO_4$ .

6. На показники вмісту хлорофілів *a* та *b* у листках гінкго дволопатевого найефективніше впливав Убіхінон-10, який сприяв підвищенню вмісту пігментів хлорофілів *a* та *b* порівняно із значеннями контрольного варіанту на 15,9 та 24,6 %. Серед комбінацій найбільший вплив на накопичення пігментів мала сполука у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОВК, яка сприяла збільшенню вмісту хлорофілів *a* та *b* порівняно до контролю на 32,4 та 37,7 % відповідно.

7. Метаболічно активні речовини та їх комбінації сприяли накопиченню каротиноїдів у листках гінкго. Найбільшу ефективність виявили Метіонін,  $MgSO_4$ , ПОВК, а також комбінації речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$ . Перевищення значень контролю у цих варіантах були у межах від 25,5 до 36,4 %.

8. Вміст аскорбінової кислоти у листках гінкго найбільшим був у варіантах застосування для обробки насіння перед висівом  $MgSO_4$  та комбінації речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК. Вказані варіанти забезпечили зростання цього показника на 26,6 і 26,4 % відповідно.

9. Передпосівна обробка насіння досліджуваними речовинами сприяла більшому накопиченню флавоноїдів у листках сіянців гінкго. Найбільше значення було відмічене у варіантах із застосуванням комбінацій речовин з Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК +  $MgSO_4$  та Вітаміну Е + Метіонін + ПОВК, які перевищували контрольні значення на 125,6 і 127,2 % відповідно.

## 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, факс: (04631) 2-53-09  
E-mail: ndu@ndu.edu.ua, код ЄДРПОУ 02125668

09.01.2025 № 04/1778

На № \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Акт про впровадження в навчальний процес кафедри біології  
Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя результатів  
дисертаційного дослідження Донець Наталії Василівни

Результати наукового дослідження в рамках виконання дисертаційної роботи за темою «Фізіологічні показники рослин *Ginkgo biloba* L. за впливу на них метаболічно активних речовин» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія були використані під час викладання навчальних курсів «Ботаніка з основами фізіології», «Фізіологія рослин» і «Біохімія рослин» для підготовки здобувачів Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя в період 2023-2024 н.р. Використання отриманих результатів дозволяє поглибити розуміння студентами впливу метаболічно активних речовин на процеси росту і розвитку деревних видів рослин, формування фотосинтетичного апарату та синтез вторинних метаболітів.

Ректор університету



Олександр САМОЙЛЕНКО

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Ректор  
Ніжинського державного університету  
імені Миколи Гоголя



Олександр САМОЙЛЕНКО  
2025 р.

ЗАТВЕРДЖЕНО  
Директор  
Національного ботанічного саду  
імені М. М. Гришка НАН України  
чл.-кор. НАН України



Наталія ВАІМЕНКО  
2025 р.

### АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

результатів дисертаційної роботи Донець Наталії Василівни на тему: «Фізіологічні показники рослин *Ginkgo biloba* L. за впливу на них метаболічно активних речовин»

Цим актом підтверджується що результати дисертаційної роботи Донець Наталії Василівни на тему: «Фізіологічні показники рослин *Ginkgo biloba* L. за впливу на них метаболічно активних речовин», яка виконувалась на кафедрі біології Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя, передані до Національного ботанічного саду імені М.М.Гришка НАН України.

Автором дисертаційного дослідження отримані результати щодо ефективності впливу метаболічно активних речовин на основі Вітаміну Е, Метіоніну, Параоксисбензойної кислоти (ПОБК), Убіхінону-10 та Магній сульфату, а також їх комбінації при їх застосуванні для обробки насіння *Ginkgo biloba* перед висівом.

Зразки насіння, яке використане у роботі упродовж 2019-2023 років було зібране з екземплярів дерев *Ginkgo biloba*, які ростуть на території Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка Національної академії наук України. За результатами досліджень встановлено, що передпосівна обробка насіння *Ginkgo biloba* метаболічно активними речовинами значно покращує його схожість, стимулює ріст кореневої системи та надземної частини проростків, а також підвищує вміст хлорофілу, каротиноїдів, аскорбінової кислоти та флавоноїдів. Комбінації метаболічно активних речовин у складі Вітаміну Е + Убіхінон-10; Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК та Вітаміну Е + Метіонін + ПОБК + MgSO<sub>4</sub> виявляють значний потенціал на вказані показники та мають здатність стимулювати фізіологічні процеси і підвищувати життєздатність молодих рослин.

Результати роботи представлено в трьох статтях українських фахових видань та десяти Міжнародних та Всеукраїнських науково-практичних конференціях. Отримані результати вирізняються науковою новизною і мають значну практичну цінність для використання в роботі науковців НБС імені М.М.Гришка НАН України, зокрема при розмноженні рослин *Ginkgo biloba* насінням з метою збереження реліктового виду, його розповсюдження для використання у ландшафтному дизайні та для отримання лікарської сировини.

Результати наукового дослідження в рамках виконання дисертаційної роботи за темою «Фізіологічні показники рослин *Ginkgo biloba* L. за впливу на них метаболічно активних речовин» на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 – Біологія були використані відділами ландшафтного будівництва та дендрології в період 2022-2023 рр.

Використання отриманих результатів, щодо застосування високоефективних та екологічно безпечних технологій, дозволяє оптимізувати процес вирощування саджанців гінкго дволопатевого.

Заступник директора з наукової роботи  
НБС імені М.М.Гришка НАН України, к.б.н.

Микола ГАПОНЕНКО

08 січня 2025 р.

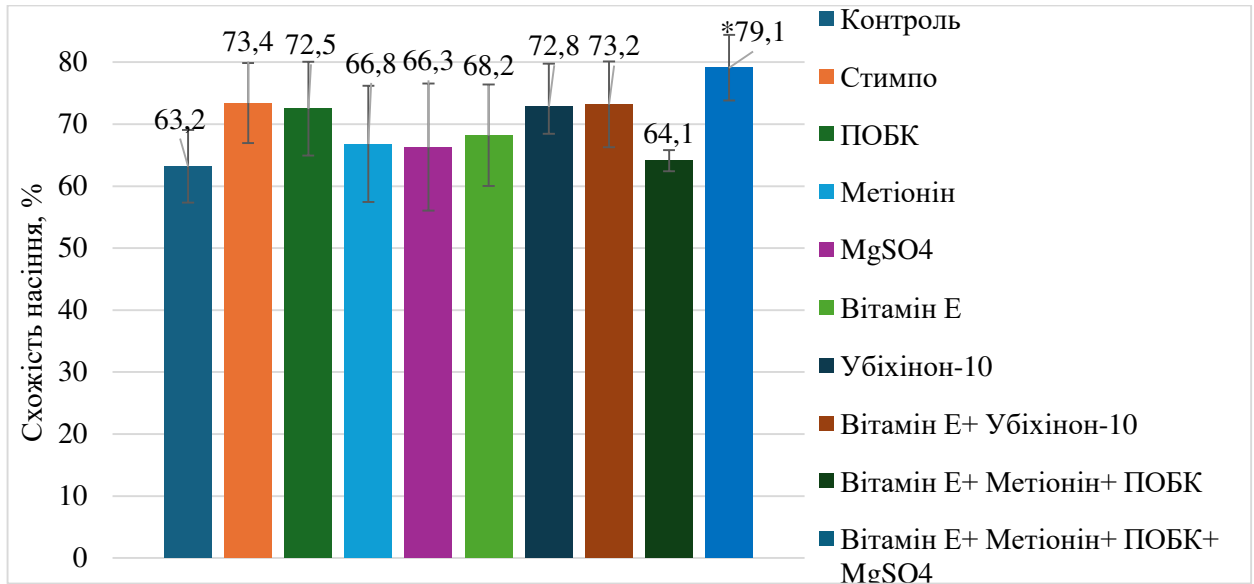
Даний акт не передбачає фінансових розрахунків.



## Графічне зображення результатів статистичного аналізу до розділу 3

## Додаток В.1

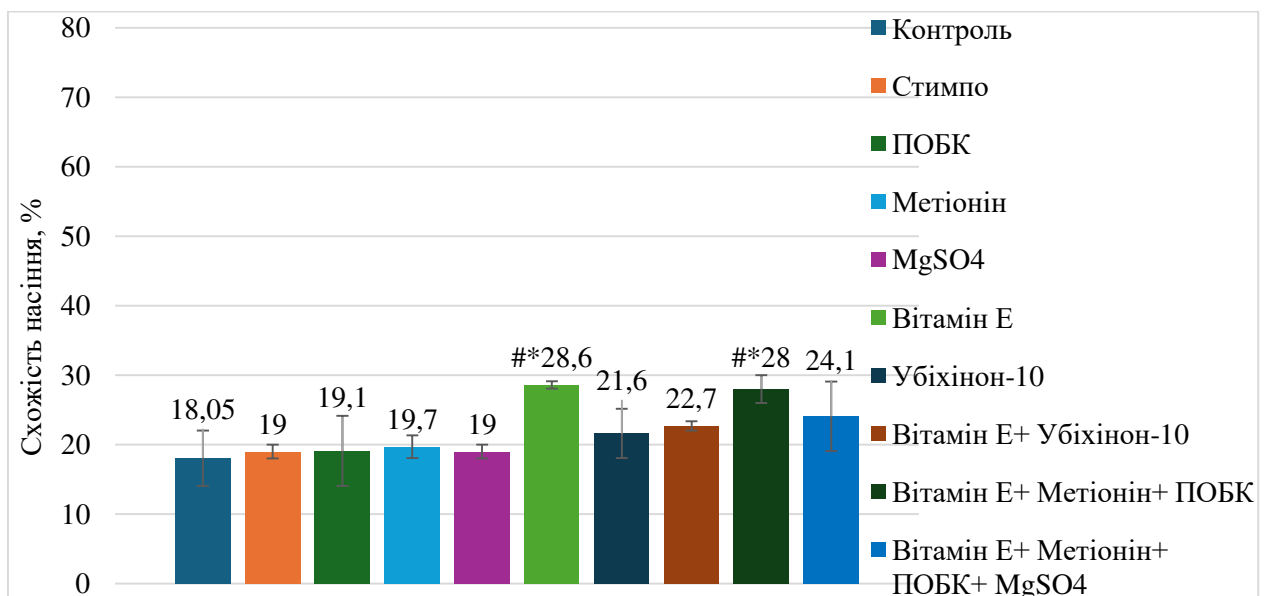
Схожість насіння *Ginkgo biloba* L. за дії метаболічно активних речовин та їх комбінацій (середнє за 2019, 2020 та 2023 роки)



\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$

## Додаток В.2

Схожість насіння *Ginkgo biloba* L. за дії метаболічно активних речовин та їх комбінацій (середнє за 2021–2022 роки)

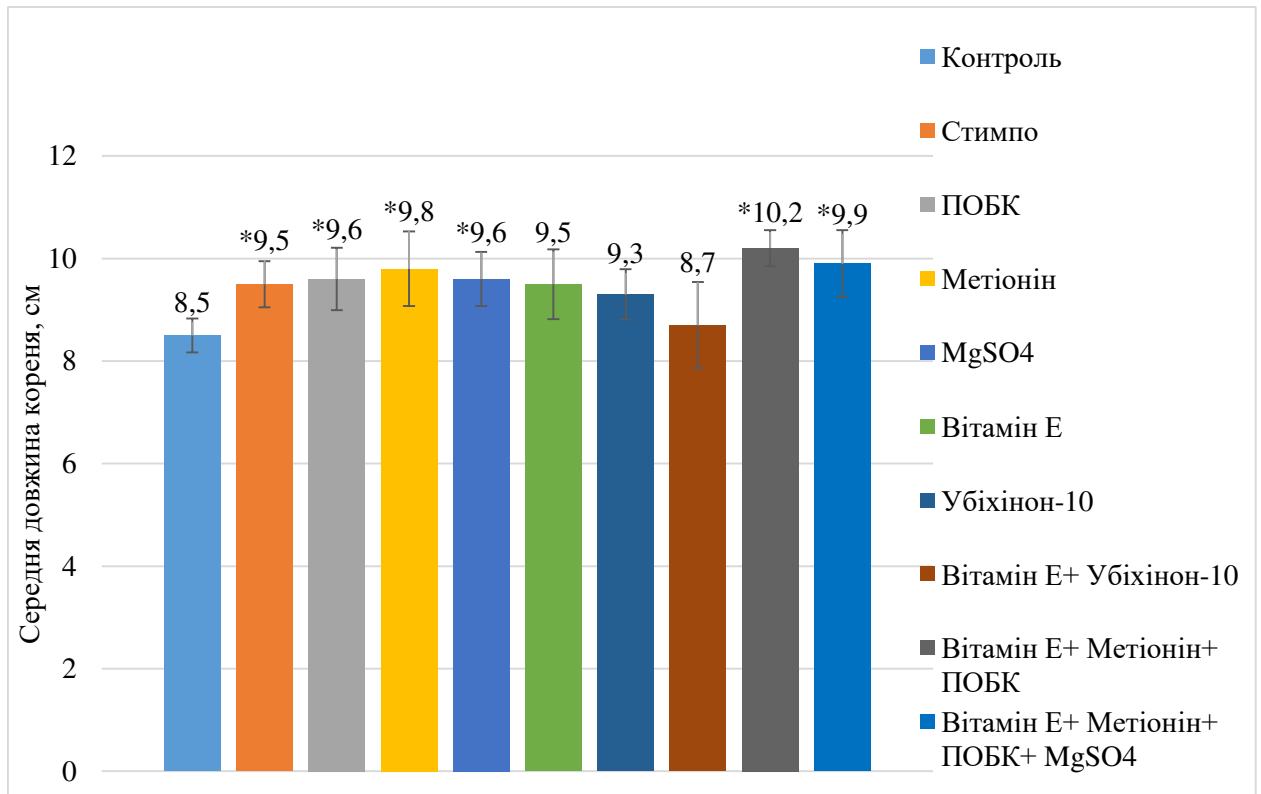


\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

## Додаток В.3

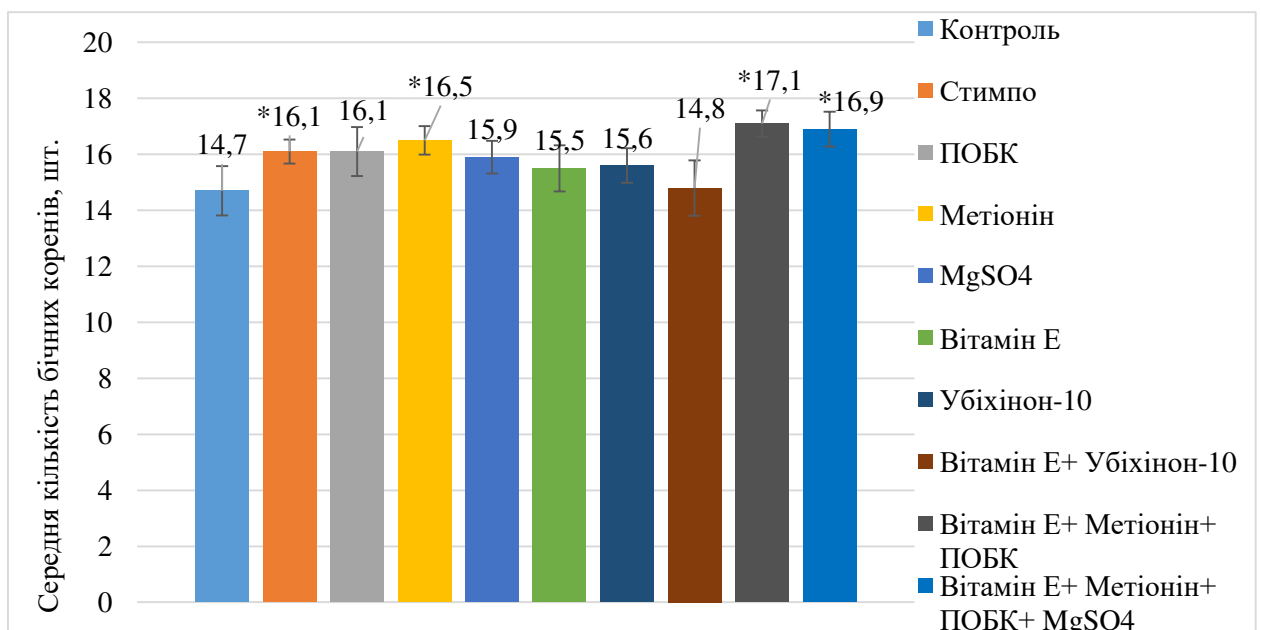
Вплив метаболічно активних речовин на довжину кореня сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020, 2021 та 2024 роки)



\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$

## Додаток В.4

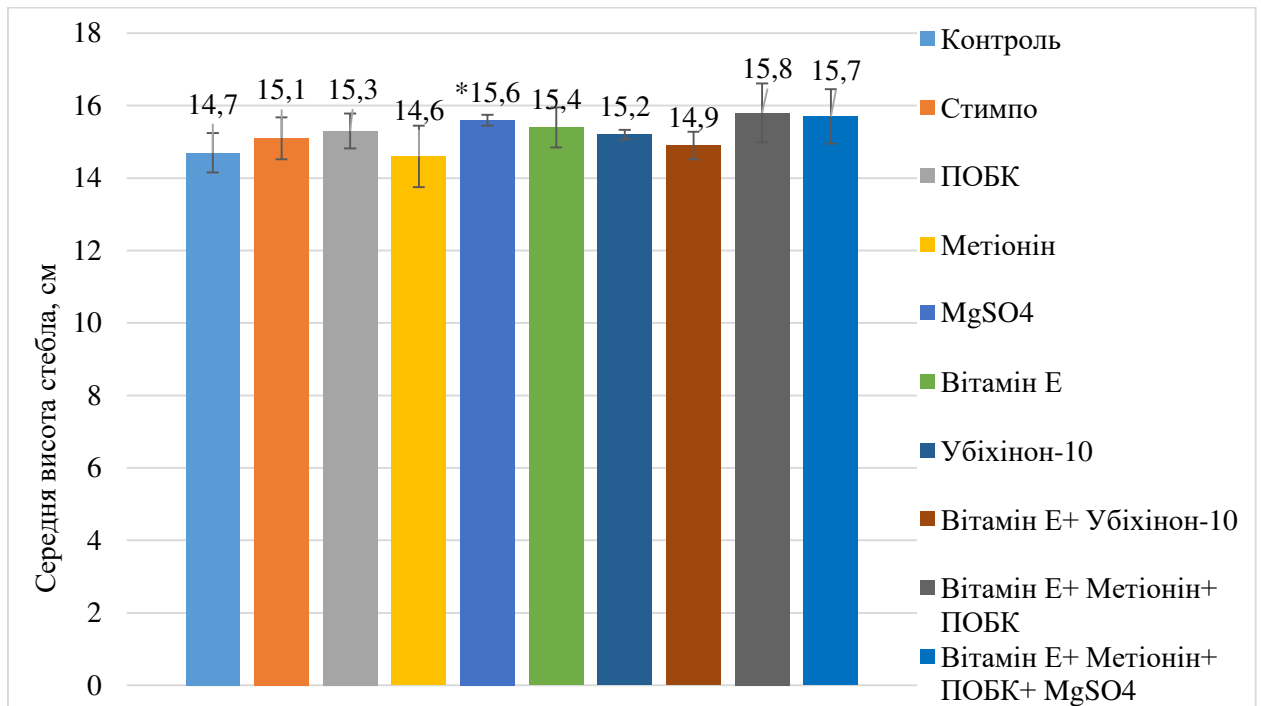
Вплив метаболічно активних речовин на кількість бічних коренів сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020, 2021 та 2024 роки)



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

## Додаток В.5

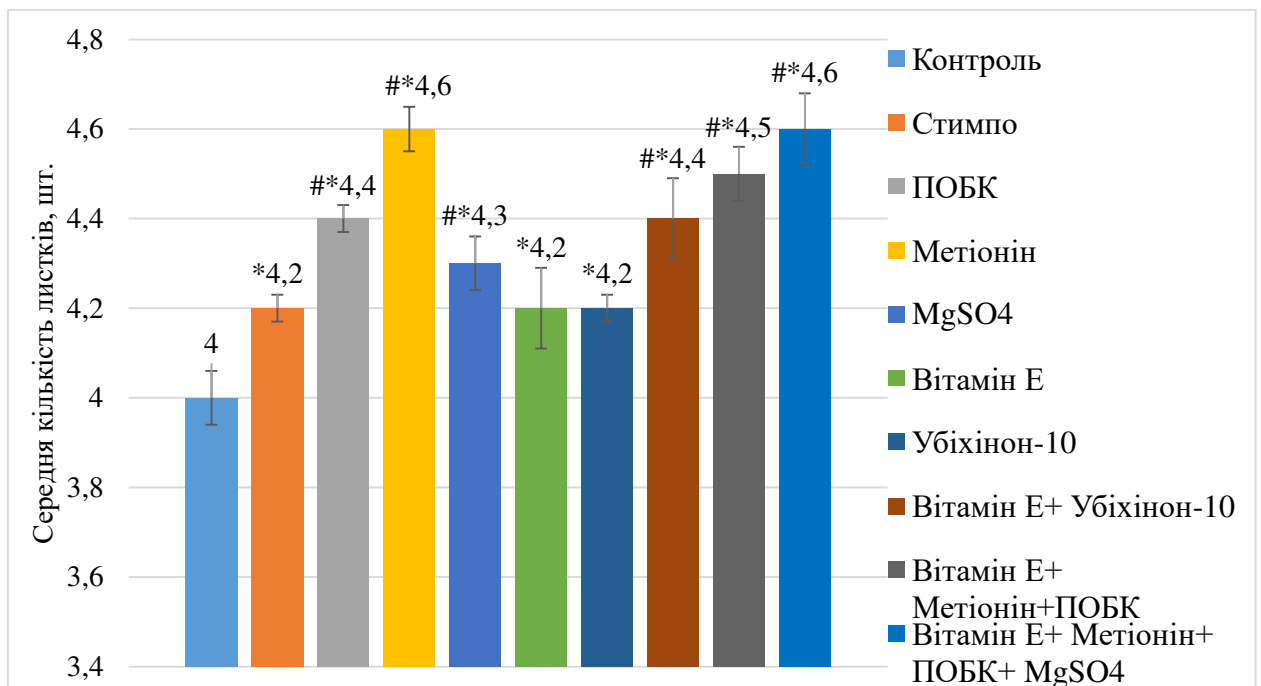
Вплив метаболічно активних речовин на висоту стебла сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020, 2021 та 2024 роки)



\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$

## Додаток В.6

Вплив метаболічно активних речовин на кількість листків сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020, 2021 та 2024 роки)

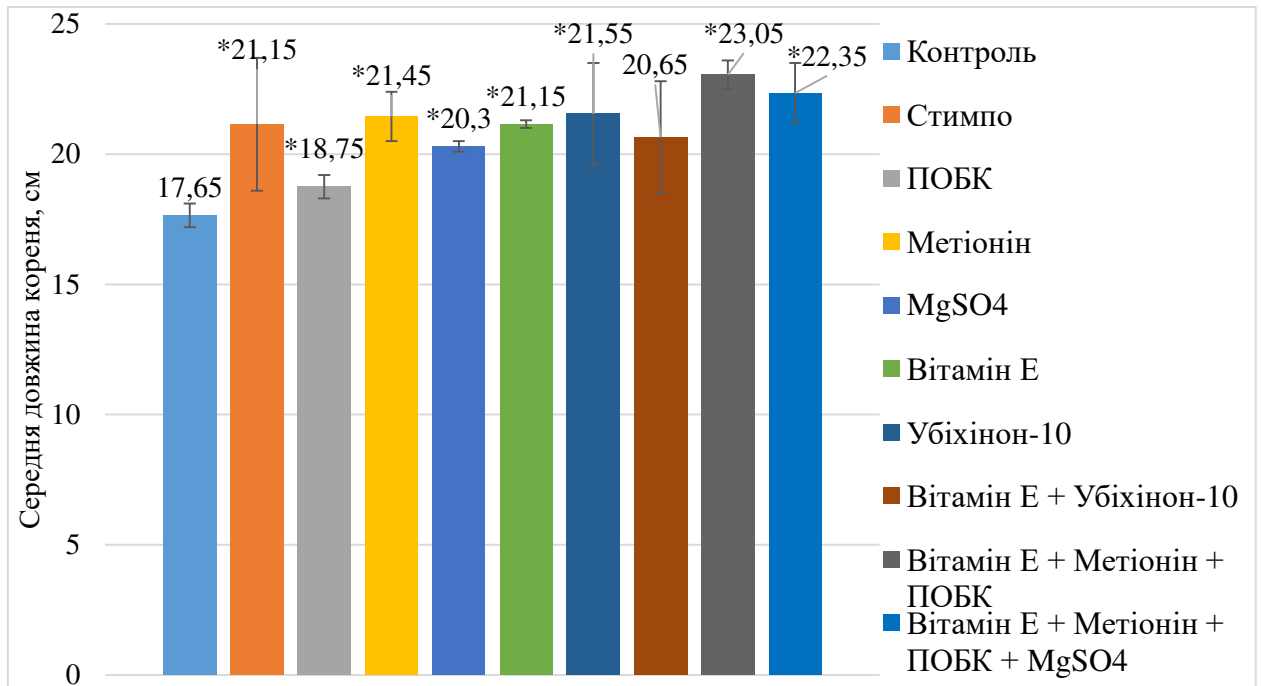


\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

## Додаток В.7

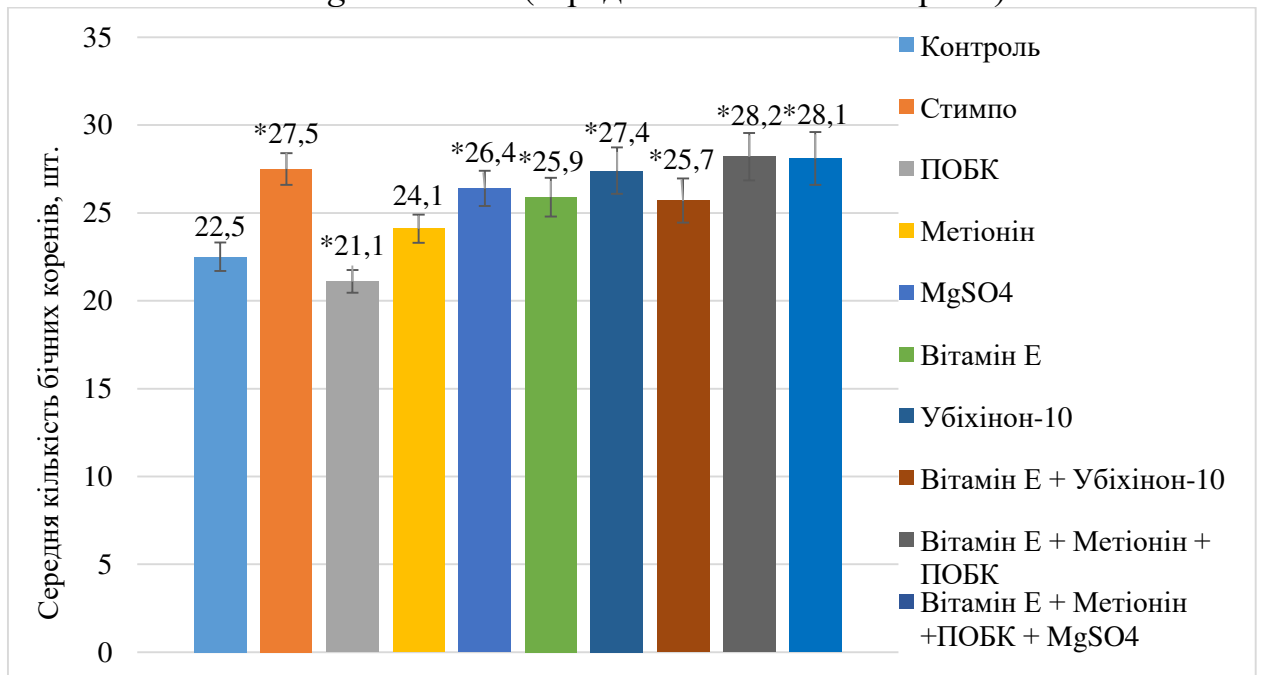
Вплив метаболічно активних речовин на довжину кореня сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2022–2023 роки)



\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$

## Додаток В.8

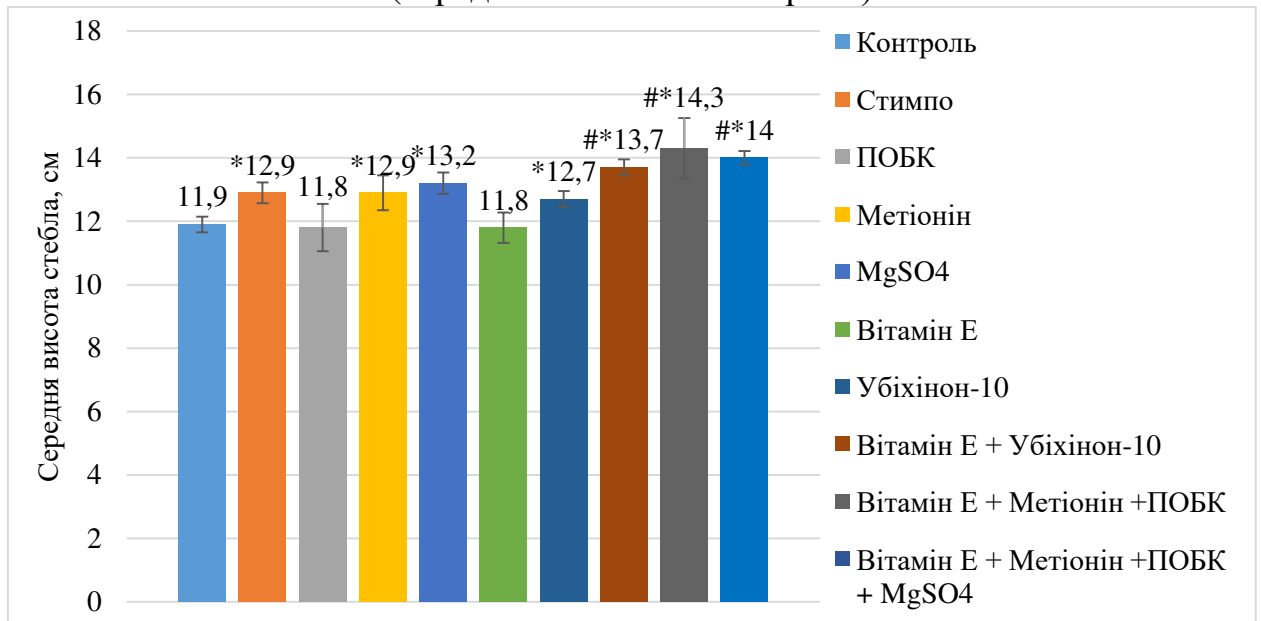
Вплив метаболічно активних речовин на кількість бічних коренів сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2022 та 2023 роки)



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

## Додаток В.9

Вплив метаболічно активних речовин на висоту стебла сіянців *Ginkgo biloba* (середнє за 2022 та 2023 роки)

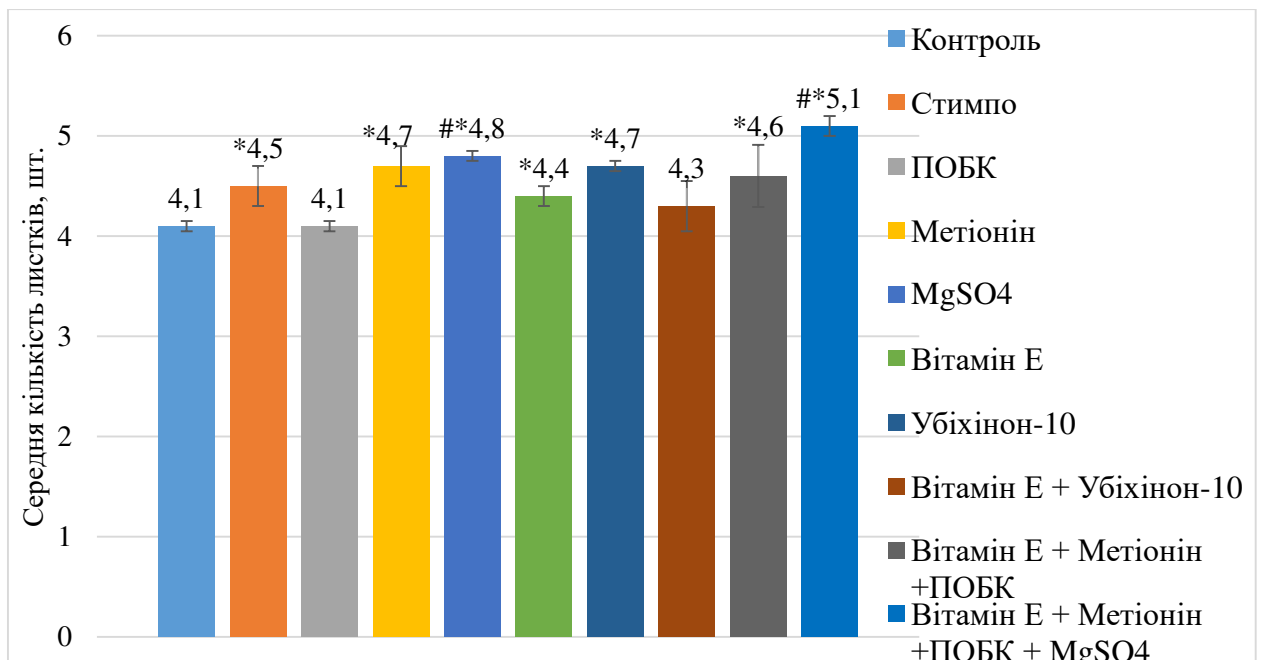


\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

## Додаток В.10

Вплив метаболічно активних речовин на кількість листків сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2022 та 2023 роки)

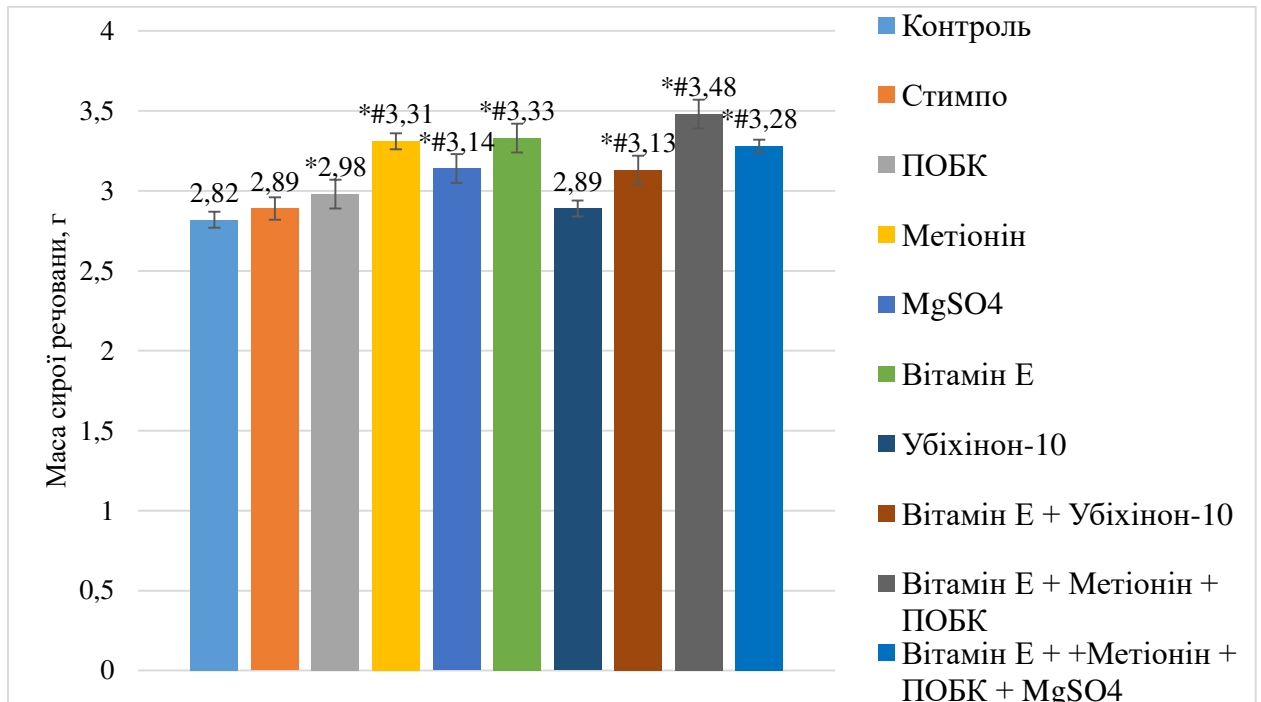


\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ;

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

## Додаток В.11

Вплив метаболічно активних речовин на масу сирі речовини  
сіянця *Ginkgo biloba* (середнє за 2020, 2021 та 2024 роки)

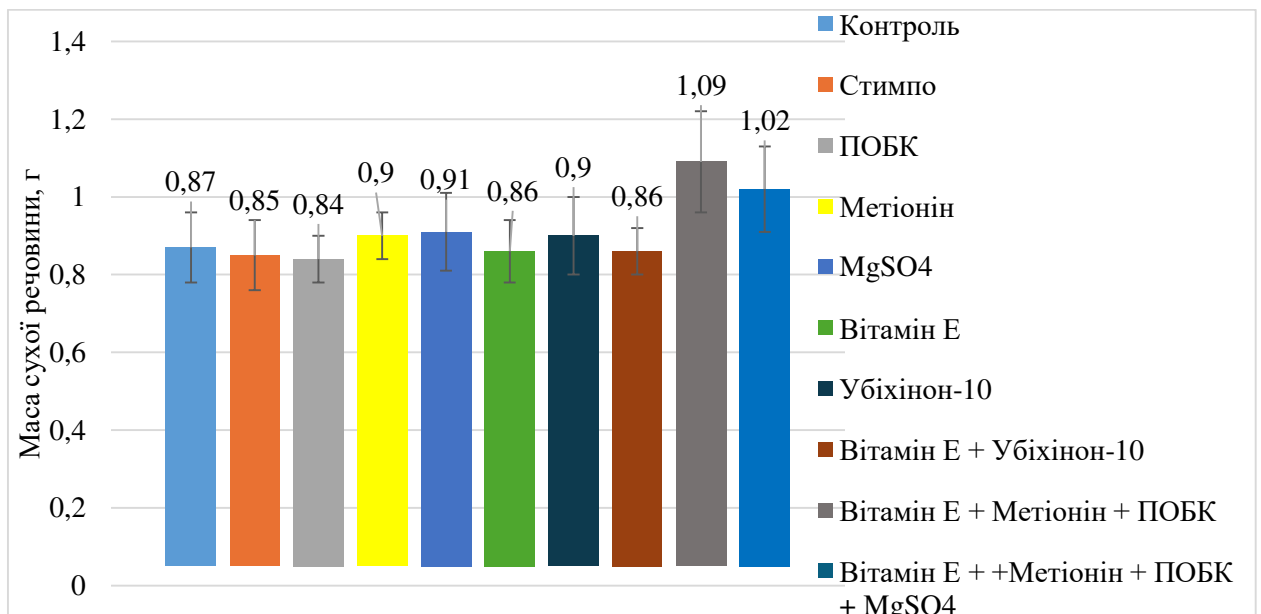


\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ;

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

## Додаток В.12

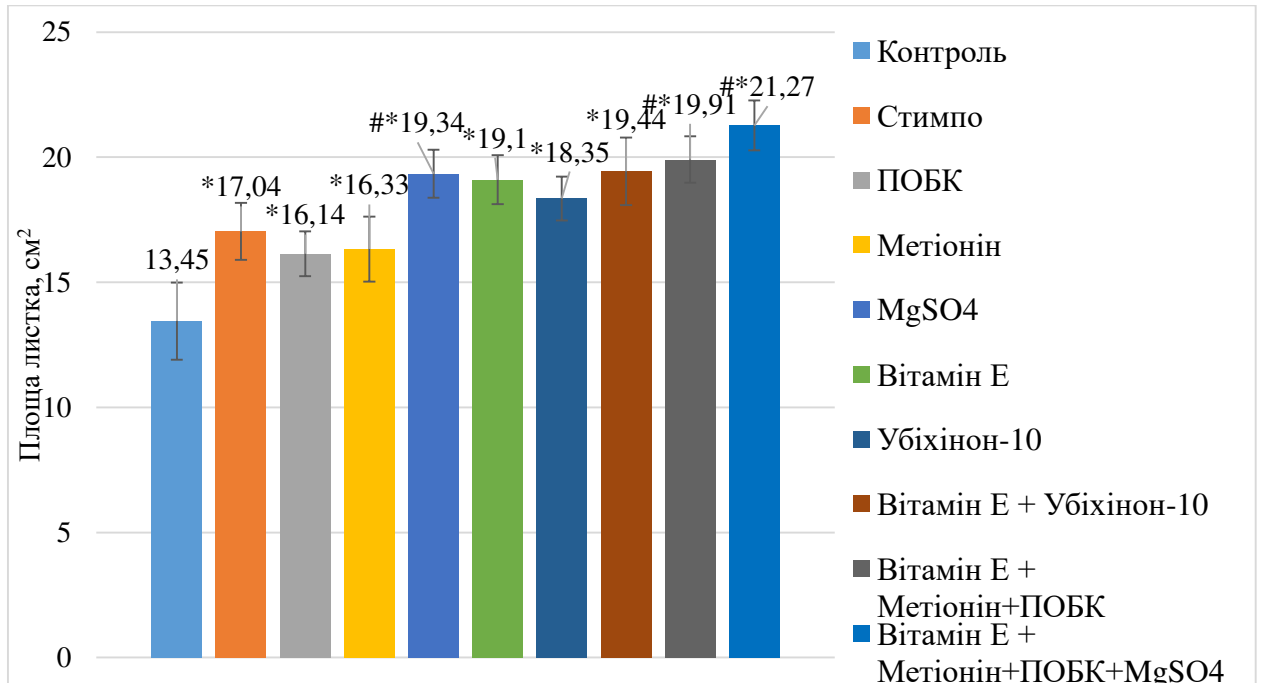
Вплив метаболічно активних речовин на масу сухої речовини сіянця *Ginkgo biloba* (середнє за 2020, 2021 та 2024 роки)



## ДОДАТОК Г

Графічне зображення результатів статистичного аналізу до розділу 4  
Додаток Г.1

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на середню площу  
листка сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020–2024 рр.)

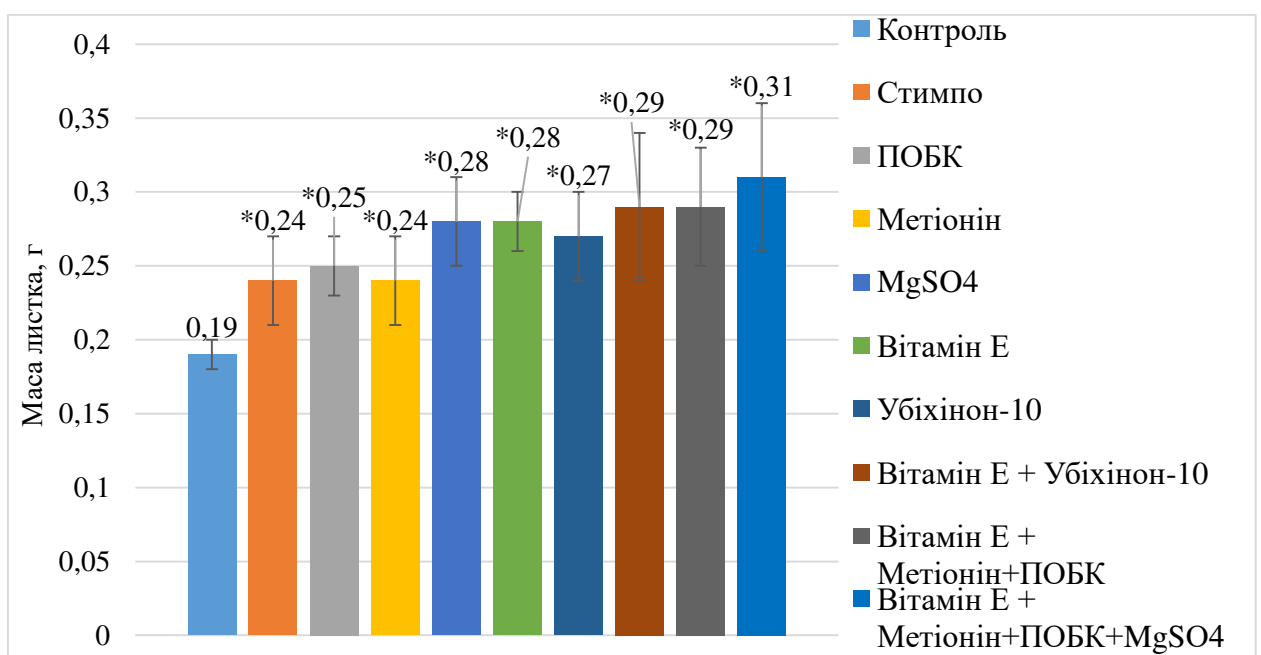


\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ;

# – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

## Додаток Г.2

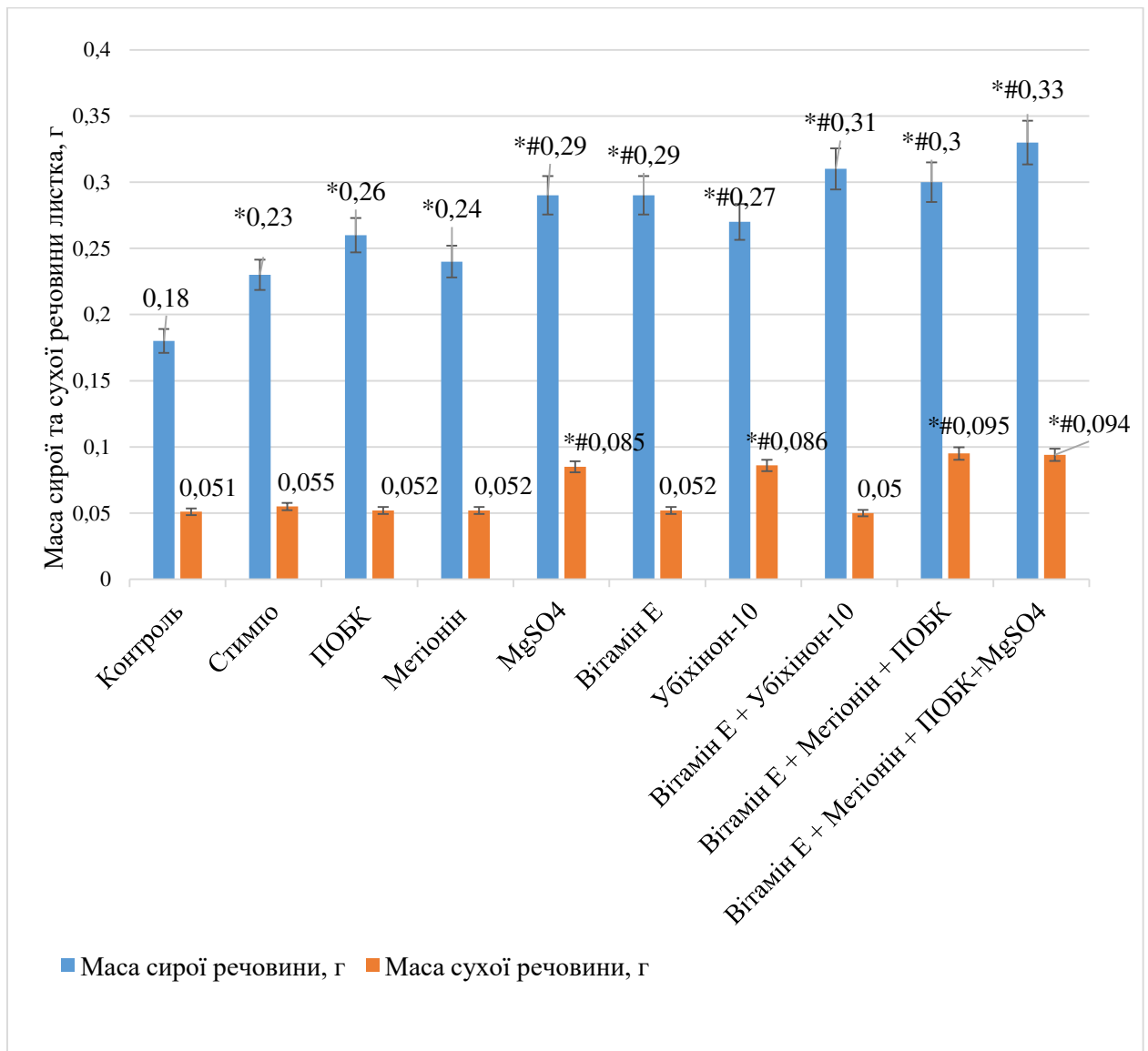
Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на середню масу  
листка сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020–2024 рр.)



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

## Додаток Г.3

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на масу сирі та сухої речовини зелених листків сіянців *Ginkgo biloba* L.  
(середнє за 2020, 2021 та 2024 роки)

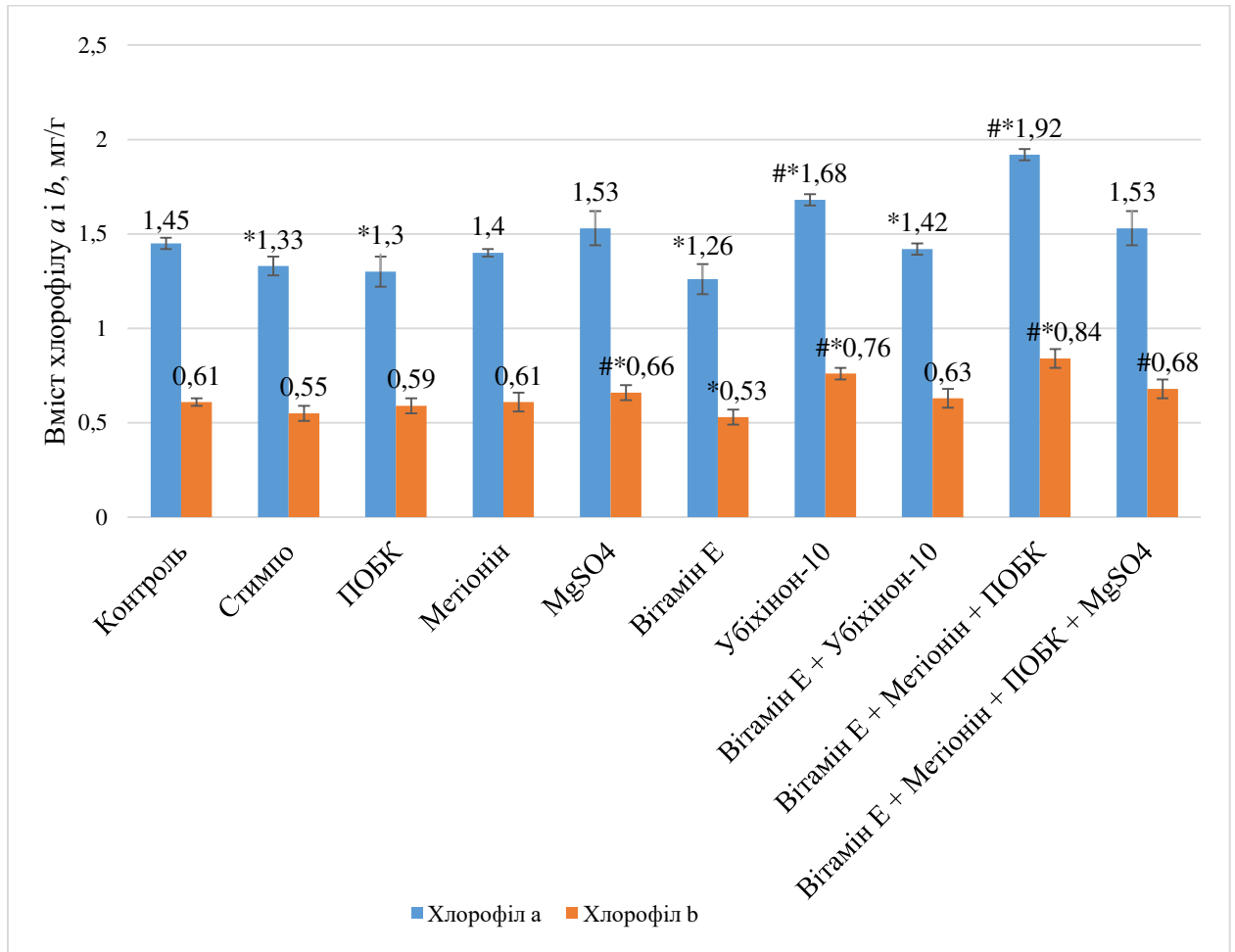


\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ; # – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .



## Додаток Г.4.

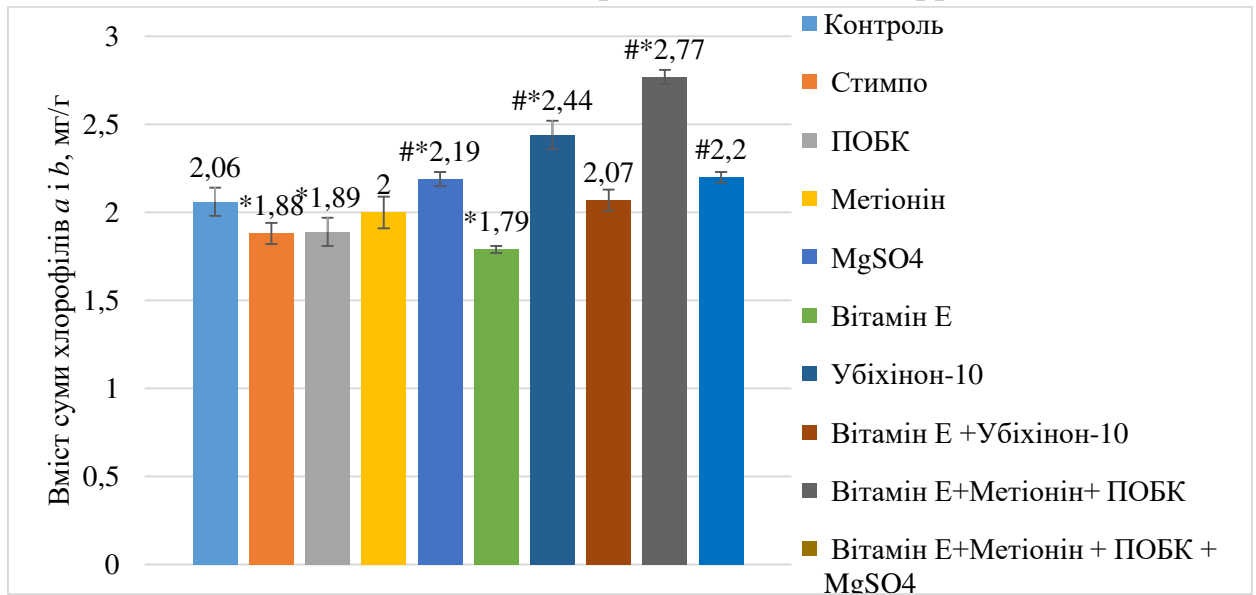
Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на вміст хлорофілів *a* і *b* у листках 60-денних сіячців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020-2024 рр.)



\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ; # – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

## Додаток Г.5.

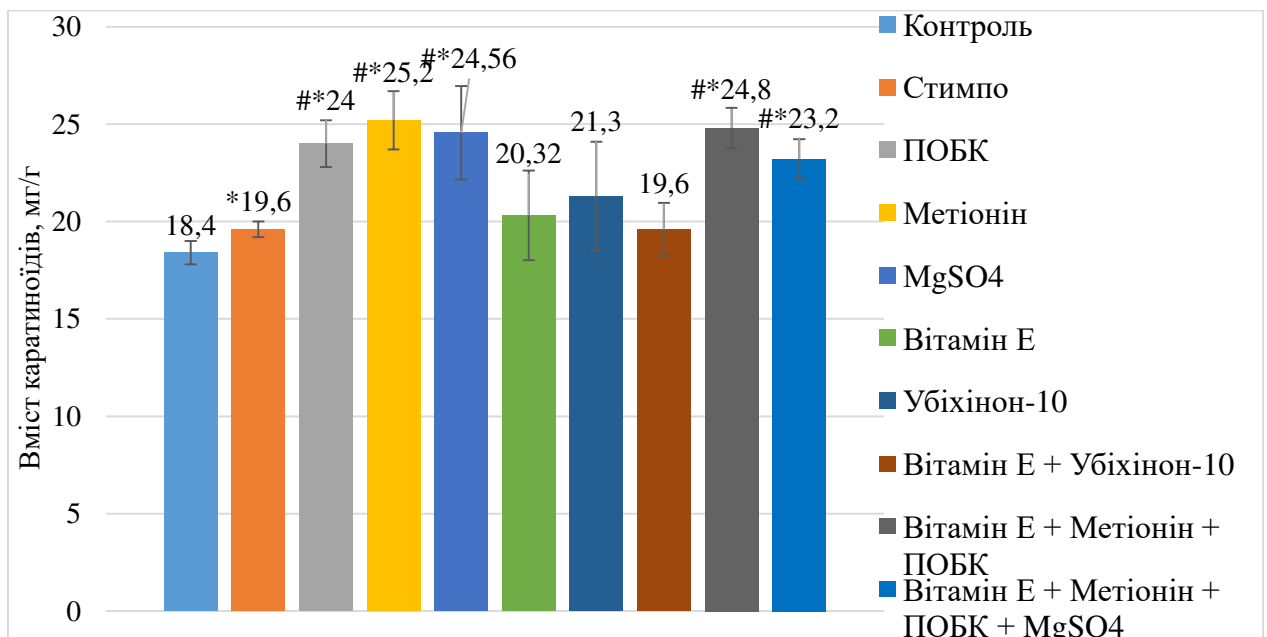
Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на суму хлорофілів *a* і *b* в листках 60-денних сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020–2024 рр.)



\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ; # – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

## Додаток Г. 6.

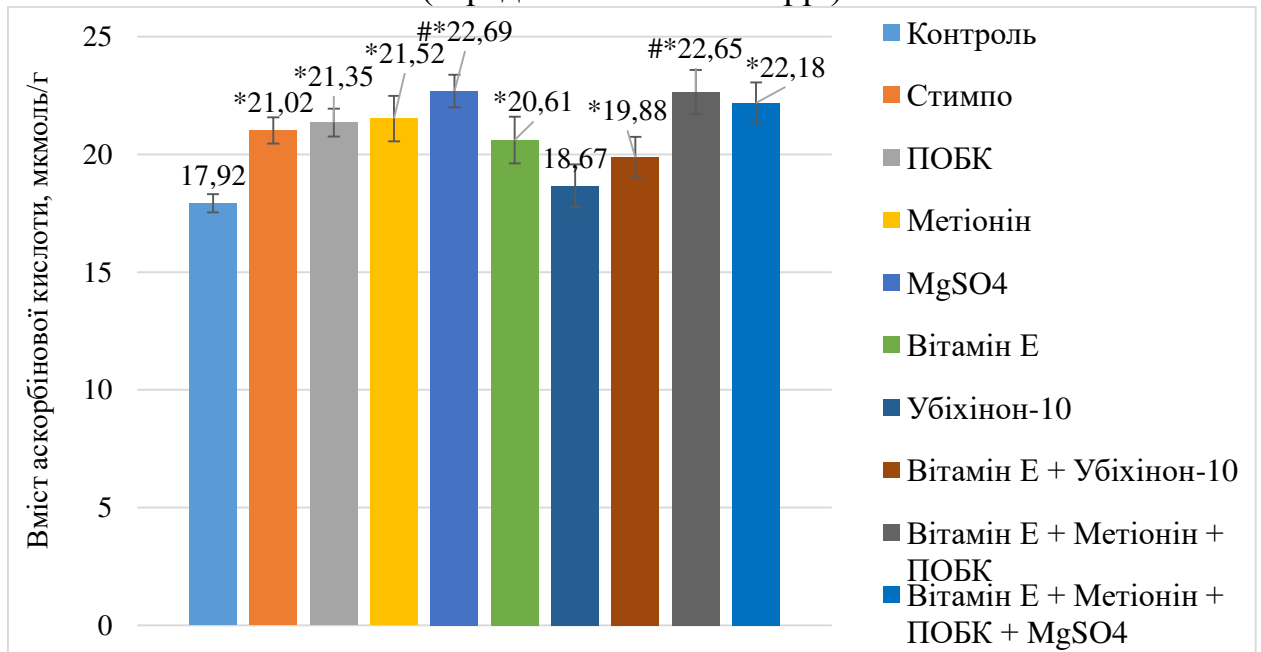
Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на вміст каротиноїдів в листках 70-денних сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020–2024 рр.)



\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ; # – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

## Додаток Г.7

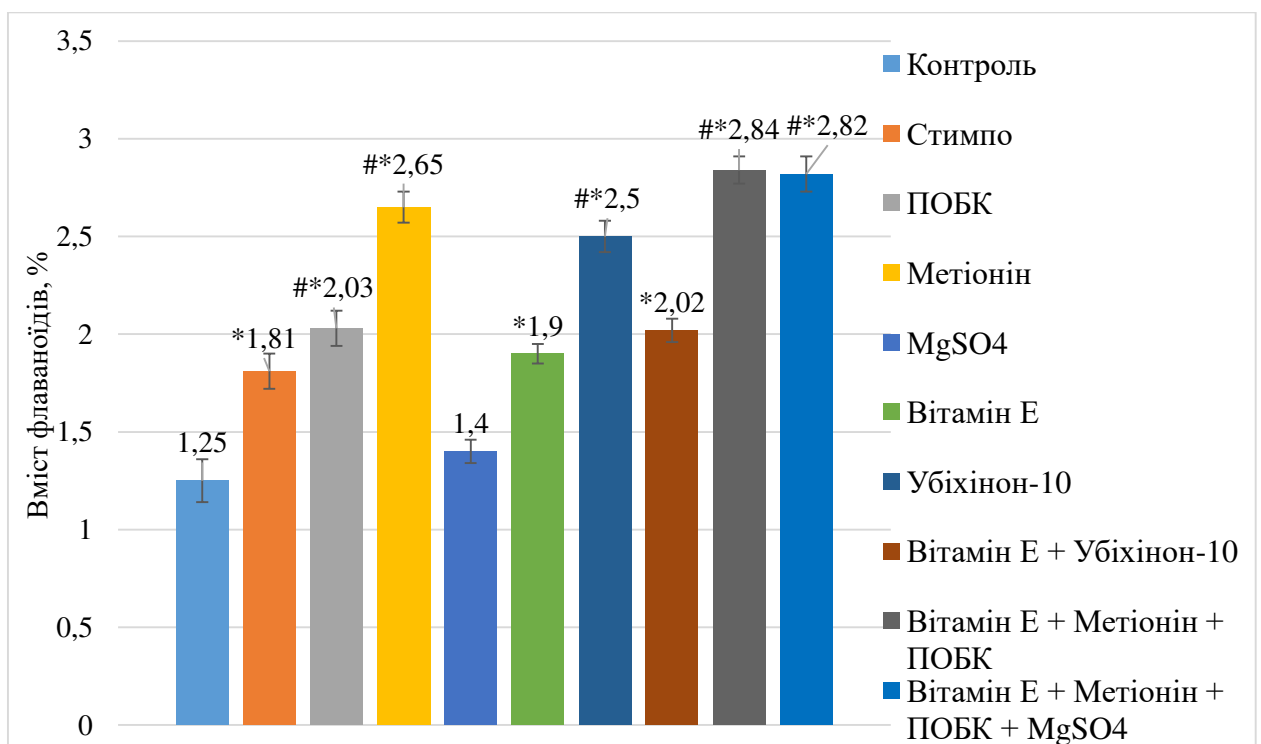
Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на вміст аскорбінової кислоти в листках 75-денних сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020–2024 рр.)



\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ; # – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

## Додаток Г.8

Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на сумарний вміст флавоноїдів у листках 80-денних сіянців *Ginkgo biloba* L. (середнє за 2020–2024 рр.)



\* – різниця достовірна порівняно з контролем,  $p < 0,05$ ; # – достовірно порівняно з варіантом, насіння якого оброблене стимулятором росту Стимпо,  $p < 0,05$ .

**СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА:**

**Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:**

1. Донець Н. В., Приплавко С. О. Варіювання показників схожості насіння та лінійного росту проростків *Ginkgo biloba* L. за дії метаболічно активних речовин. *Нотатки сучасної біології. Серія: Біологічні науки*, 2022. № 2 (4). С. 25–30. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень, обробці результатів та написанні статті). URL: <https://doi.org/10.29038/2617-4723-2022-2-5>. Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).

2. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин на процес схожості насіння та ріст проростків Гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.) у ненасінний рік. *Acta Carpathica. Серія: Біологія*, 2023. № 2 (40). С. 34–43. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень, обробці результатів та написанні статті). URL: <https://doi.org/10.32782/2450-8640.2023.2.4>. Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б).

3. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на асиміляційні процеси *Ginkgo biloba* L. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 2024. Т. 84. № 1. С. 58–66. (Особистий внесок – участь у проведенні досліджень, обробці результатів та написанні статті). URL: <https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.1.8> Фахове наукове видання МОН України (біологічні науки) (кат. Б) та індексується в міжнародній науковій базі даних Index Copernicus.

**Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:**

4. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно-активних речовин на показники посівної якості насіння *Ginkgo biloba* L. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей VI Міжнар. заочна наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 10 квіт. 2020 р.). Ніжин, 2020. С. 39–42. *(Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів та написання тез).*

5. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно-активних речовин та їх композицій на схожість насіння *Ginkgo biloba* L. *Пріоритетні напрямки дослідження голонасінних у сучасних умовах* : матеріали I Міжнар. наук. конф. (м. Біла Церква, 21–22 жовт. 2020 р.). Біла церква, 2020. С. 155–158. *(Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів, огляд літературних джерел та написання тез).*

6. Донець Н. В., Приплавко С.О. Вплив метаболічно активних речовин та їх композицій на лінійний ріст стебла проростків *Ginkgo biloba* L. *Збереження рослин у зв'язку зі змінами клімату та біологічними інвазіями* : зб. статей Міжнар. наук. конф. (м. Біла Церква, 31 берез. 2021 р.) Біла Церква, 2021. С. 47–50. *(Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів, огляд літературних джерел та написання тез).*

7. Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на лінійний ріст та кількісні показники коренів у проростків *Ginkgo biloba* L. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей VII Міжнар. заочна наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 14 квіт. 2021 р.). Ніжин, 2021. С. 25–28. *(Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).*

8. Донець Н. В., Приплавко С. О. Порівняльний аналіз схожості насіння *Ginkgo biloba* L. 2019 та 2020 років збору за впливу на нього метаболічно активних речовин та їх композицій. *I Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка* : зб. статей. (м. Ніжин, 10–11 лист. 2021 р.). Ніжин, 2021. С. 38–41. (Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).

9. Донець Н. В., Приплавко С. О. Досвід вирощування *Ginkgo biloba* L. з насіння в умовах Чернігівської області (м. Ніжин, навчально-дослідна агробіостанція НДУ імені Миколи Гоголя). *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей VIII Міжнар. заочної наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 8 черв. 2022 р.). Ніжин, 2022. С. 29–32. (Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).

10. Донець Н. В., Приплавко С. О. Особливості проростання насіння *Ginkgo biloba* L. у не насінний рік за дії метаболічно активних речовин. *II Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка* : зб. статей. (м. Ніжин, 25–26 жовт. 2022 р.). Ніжин, 2022. С. 22–25. (Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів та написання тез).

11. Чирко К. С., Донець Н. В., Приплавко С. О. Енергія проростання насіння Гінкго дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.) за обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями. *Актуальні питання біологічної науки* : зб. статей IX Міжнар. заочної наук.-практ. конф. (м. Ніжин, 12 квіт. 2023 р.). Ніжин, 2023. С. 35–37. (Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів).

12. Чирко К. С., Донець Н. В., Приплавко С. О. Вплив метаболічно активних речовин та їх комбінацій на формування кореня проростків Гінкго

дволопатевого (*Ginkgo biloba* L.). *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. 64–66. (Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження, аналіз результатів, статистичну обробку результатів).

13. Донець Н. В., Приплавко С. О., Дика А., Сіленок Д. Енергія проростання та схожість насіння *Ginkgo biloba* L. залежно від місця його збору. *IV Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка* : зб. статей. (м. Ніжин, 25–26 верес. 2024 р.). Ніжин, 2024. С. 18–20. (Особистий внесок: проводила експериментальні дослідження).

**Основні положення дисертаційної роботи доповідалися і обговорювалися на:**

1. VI, VII, VIII, IX Міжнародних заочних науково-практичних конференціях «Актуальні питання біологічної науки» (Ніжин, 2020, 2021, 2022, 2023 рр., форма участі – публікація тез);

2. I Міжнародній науковій конференції «Пріоритетні напрямки дослідження голонасінних у сучасних умовах» (Біла Церква, 2020 р., форма участі – очна, доповідь);

3. Міжнародній науковій конференції «Збереження рослин у зв'язку зі змінами клімату та біологічними інвазіями» (Біла Церква, 2021 р., форма участі – очна, доповідь);

4. I, II, IV Всеукраїнських науково-практичних читаннях пам'яті професора І.І. Гордієнка (Ніжин, 2021, 2022, 2024 рр., форма участі – публікація тез);

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