

Pre-sowing treatment of "Dunyasha" winter wheat seeds with oat extract solutions of 30 % and 15 % concentration effectively stimulated the formation of quantitative plant structures, including spikes and stems per unit area. The highest number of plants with spikes in "Dunyasha" wheat was observed with pre-sowing treatment using a 6 % concentration of oat extract. Significant indicators of productive tillering in winter wheat were recorded with pre-sowing seed treatments of 15 % and 30 % oat extract. The weight of 1000 grains was highest with pre-sowing treatments using 30 % and 6 % oat extract solutions, while the number of seeds per spike was highest with a 6 % oat extract solution. Pre-sowing seed treatment of winter wheat with oat extract solutions of 6 %, 15 %, and 30 % concentration can be utilized as a component of agricultural technology in cereal crop cultivation.

The highest biological yield values of the winter wheat variety "Dunyasha" were achieved after pre-sowing seed treatment with oat seed extract solutions at concentrations of 30 % and 15 %, reaching 65 and 51 centners per hectare respectively, compared to control values of 31 centners per hectare. Even lower concentrations of oat seed extract led to statistically significant increases in biological yield indicators. Thus, our research confirms that pre-sowing seed treatment with oat seed extract at concentrations of 15 % and 30 % maximizes the productivity of the winter wheat variety "Dunyasha".

Therefore, pre-sowing seed treatment of winter wheat with oat seed extract can be effectively used as a technological element in grain crop cultivation.

Key words: pre-sowing treatment, oat extract, crop structure, tillering, spike length, number of grains, winter wheat variety Dunyasha, grain weight.

Надійшла 15.03.2024.

УДК 581.13:661.162.6]:582.46

doi: 10.25128/2078-2357.24.1.8

Н. В. ДОНЕЦЬ, С. О. ПРИПЛАВКО

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
вул. Графська, 2, м. Ніжин, Чернігівська область, 16600
e-mail: ngubiolog@ukr.net

ВПЛИВ МЕТАБОЛІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН ТА ЇХ КОМБІНАЦІЙ НА АСИМІЛЯЦІЙНІ ПРОЦЕСИ ПРОРОСТКІВ *GINKGO BILOBA L.*

Гінкго дволопатеве – цінна декоративна реліктова голонасінна рослина. Для отримання достатньої кількості посадкового матеріалу даного виду необхідне проведення заходів, які допоможуть виростити якісні та витривалі до несприятливих умов саджанці. Таким заходом може слугувати передпосівна обробка насіння метаболічно активними речовинами. Метою роботи було вивчення особливостей ростових процесів, формування листкового апарату та фотосинтетичної активності молодих рослин *Ginkgo biloba L.* за впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій. Для обробки насіння гінкго дволопатевого використовували метаболічно активні речовини: вітамін Е, убіхінон-10, параоксibenзойна кислота (ПОБК), магній сульфат ($MgSO_4$), метіонін та їх комбінації: вітамін Е + убіхінон-10, вітамін Е + ПОБК + метіонін, вітамін Е + ПОБК + метіонін + $MgSO_4$. Для порівняння впливу досліджуваних речовин застосовували біостимулятор росту Стимпо.

Встановлено, що передпосівна обробка насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями сприяє формуванню більш потужного фотосинтетичного апарату проростків гінкго дволопатевого. Незначний вплив на висоту стебла мали $MgSO_4$ та комбінація речовин з вітаміну Е + метіонін + ПОБК + $MgSO_4$. Серед однокомпонентних речовин на формування листків найбільше впливав убіхінон-10 та комбінація сполук у складі вітаміну Е + метіонін +

ПОБК + MgSO₄. На показник середньої площі листка впливали всі досліджувані комбінації сполук. Вони сприяли збільшенню площі листків порівняно до контролю в межах 44,5–58,0 %. Серед однокомпонентних препаратів площу листка збільшували вітамін Е та MgSO₄. Убіхінон-10 та комбінація речовин у складі вітаміну Е + метіонін + ПОБК суттєво впливали на вміст у листках хлорофілів *a* та *b*. Застосування метаболічно активних речовин та їх комбінацій за передпосівної обробки насіння є ефективним заходом для покращення асиміляційних процесів проростків гінкго дволопатевого.

Ключові слова: *Ginkgo biloba* L., метаболічно активні речовини, висота стебла, кількість листків, площа листової пластинки, хлорофіл *a* і *b*, спектрофотометрія.

Ginkgo biloba L. – реліктова голонасінна рослина, відома з пермського періоду палеозою [18, 30, 31]. Це листопадне дерево цінується своєю декоративністю завдяки листкам у ландшафтній архітектурі [25] та лікувальним властивостям у медицині [23]. Воно є пам'яткою природи світового значення, навіть попри масове поширення перебуває під охороною на міжнародному рівні [1]. Не зважаючи на 200-річну історію інтродукції релікту і інтенсифікацію процесу вирощування рослин в усіх регіонах нашої держави, загальна чисельність дорослих особин залишається малою (близько 400–500 екземплярів) [9]. На сьогодні розмноженням та розповсюдженням цього виду зацікавлені багато науковців, особливий інтерес яких направлений на плантаційне його вирощування [26] для фармацевтичної промисловості. Утім, вирощування садивного матеріалу *G. biloba* для використання у ландшафтному дизайні, фармацевтичній та деревообробній промисловості, кулінарії та харчових технологіях [3], озелененні населених пунктів залишається актуальним питанням.

Отримання якісного посадкового матеріалу рідкісних декоративних деревних форм рослин є важливим завданням фізіологів [17]. Ключовими проблемами у вирішенні цього питання є регуляція росту і розвитку рослинного організму для отримання якісного садивного матеріалу. З цією метою застосовують регулятори росту рослин та біопрепарати [4].

Використання метаболічно активних речовин дозволяє рослинному організму краще адаптуватися до умов зростання та підвищувати стресостійкість до абіотичних та біотичних факторів природи, що натомість допомагає активувати ростові та фізіологічні процеси [8]. Варто відмітити, що дослідження фізіолого-біохімічних показників рослин гінкго дволопатевого за впливу метаболічно активних речовин майже відсутні. Переважно такі дослідження проводять у галузі овочівництва та за вирощування зернобобових культур [10, 12].

Відомо, що утворення органічних речовин рослинами відбувається під впливом сонячної енергії у процесі фотосинтезу. Перетворенню світлової енергії в енергію хімічних зв'язків сприяє хлорофіл [14]. Вивчення асиміляційних процесів у молодих рослинах гінкго дволопатевого за участю пігментів хлорофілів є важливим фактором для аналізу взаємодії з умовами навколишнього середовища [27]. Тому, метою роботи було вивчення особливостей ростових процесів, формування листового апарату та фотосинтетичної активності молодих рослин *G. biloba* за впливу передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями.

Матеріали та методи досліджень

Для дослідження використовували насіння гінкго дволопатевого (*G. biloba*), зібраного з дорослих рослин Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України (м. Київ).

Для обробки насіння використовували метаболічно активні речовини: вітамін Е, убіхінон-10, параоксibenзойна кислота (ПОБК), магній сульфат (MgSO₄), метіонін, а також їх комбінації у такому складі: вітамін Е + убіхінон-10, вітамін Е + ПОБК + метіонін, вітамін Е + ПОБК + метіонін + MgSO₄. Для порівняння дії досліджуваних речовин використовували біостимулятор росту Стимпо [22].

Дослідження проводили в умовах закритого ґрунту опалювальної стаціонарної скляної теплиці на території навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя.

Насіння готували до сівби відповідно до загальноприйнятих методик [15, 16]. Перед висівом його замочували 24 години у розчинах досліджуваних речовин. Оброблене насіння висівали у ємкості з підготовленим субстратом із співвідношенням дернового ґрунту, торфу та листового перегною 1:1:3. Середньодобова температура у теплиці складала 16° С, а відносна вологість повітря – 60–70 %. За таких умов насіння проходило стратифікацію близько одного місяця. Морфометричні показники почали вивчати після появи перших сходів [6]. Площу листків визначали ваговим методом [2]. Вміст фотосинтетичних пігментів, суми хлорофілів *a* і *b* у тканинах листків гінкго визначали у свіжому матеріалі спектрофотометричним методом [7] за довжинами хвиль 665, 654, 649 нм. Розчином порівняння був етиловий спирт. Статистичну обробку результатів досліджень здійснювали за допомогою програмного забезпечення MS Office Excel – 2010 (пакет «Аналіз даних») [24].

Результати досліджень та їх обговорення

Відомо, що складним динамічним показником стану рослинного організму є ріст і розвиток рослин. Він включає комплекс взаємопов'язаних біохімічних та фізіологічних процесів, основним із яких є фотосинтез. У процесі фотосинтезу відбувається перетворення сонячної енергії на енергію хімічних зв'язків. Основним органом фотосинтезу є листок. Ріст стебла, інтенсивність листоутворення, загальна площа листової поверхні та її фотосинтетична здатність мають важливе значення, оскільки 90–95 % сухої речовини рослин формується з органічних речовин, що утворюються в листках [21].

Висота стебла є одним із важливих анатомо-морфологічних показників рослини. У результаті досліджень виявлено, що метаболічно активні речовини мало впливали на лінійні показники надземної частини проростків гінкго (табл. 1).

Таблиця 1

Середня висота стебла проростків *G. biloba* за дії метаболічно активних речовин та їх комбінацій, $M \pm m$, $n=45$

| Варіант досліду | Висота стебла | |
|---|---------------|---------------|
| | см | % до контролю |
| Контроль | 13,20±0,59 | 100 |
| Стимпо | 14,10±0,91 | 107 |
| Убіхінон-10 | 12,90±1,07 | 98 |
| Вітамін Е | 10,77±0,91 | 82 |
| MgSO ₄ | 13,54±0,87 | 103 |
| Метіонін | 12,27±0,79 | 93 |
| ПОБК | 11,0±0,73 | 83 |
| Вітамін Е + Убіхінон-10 | 13,40±0,87 | 102 |
| Вітамін Е + Метіонін + ПОБК | 13,33±1,0 | 101 |
| Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO ₄ | 13,76±0,89 | 104 |

Серед варіантів із застосуванням однокомпонентних досліджуваних речовин найвищими були рослини, насіння яких обробляли MgSO₄. Ця речовина збільшувала висоту стебла рослин на 3 %, як порівняти з рослинами контрольного варіанту. Серед комбінацій метаболічно активних речовин на середню висоту стебла найефективніше впливала багатоконпонентна композиція у складі вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO₄. Вона сприяла збільшенню цього показника на 4 %, порівнюючи з контролем. Інші комбінації сприяли збільшенню висоти стебла проростків на 1–2 %, як порівняти з контрольними значеннями.

Оскільки листки є основним донором пластичних речовин у рослині, дослідження впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на листовий апарат є важливим. Саме від кількості листків на рослині та їх фотосинтетичної поверхні залежить інтенсивність фотосинтезу і збільшення фітомаси рослини, через те що процеси морфогенезу, фотосинтезу і продуктивності взаємопов'язані та залежні один від одного [20].

Встановлено, що застосування досліджуваних речовин для обробки насіння впливало на формування листків у проростків релікту (табл. 2).

Середня кількість листків у проростків *G. biloba* за дії метаболічно активних речовин та їх комбінацій, $M \pm m$, $n=45$

| Варіант досліду | Середня кількість листків | |
|---|---------------------------|---------------|
| | шт. | % до контролю |
| Контроль | 4,0±0,41 | 100 |
| Стимпо | 4,70±0,53 | 118 |
| Убіхінон-10 | 4,75±0,29* | 119 |
| Вітамін Е | 4,28±0,46 | 107 |
| MgSO ₄ | 4,70±0,37 | 118 |
| Метіонін | 4,89±0,35* | 123 |
| ПОБК | 4,0±0,35 | 100 |
| Вітамін Е + Убіхінон-10 | 4,0±0,41 | 100 |
| Вітамін Е + Метіонін + ПОБК | 4,27±0,19 | 107 |
| Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO ₄ | 5,2±0,36* | 130 |

*Примітка (тут і в наступних таблицях): – різниця достовірна порівняно з контролем, $p < 0,05$.

Найвищий показник середньої кількості листків молодих рослин *G. biloba* виявлено за впливу багатокомпонентної комбінації сполук у складі вітамін Е + метіонін + ПОБК + MgSO₄. Рослини зазначеного варіанту були вищими, як порівняти з контрольними, на 30 %. Серед однокомпонентних метаболічно активних речовин на показник середньої кількості листків найефективніше вплинув убіхінон-10, що на 19 % більше показників контролю. Позитивний ефект на цей показник виявлено також за впливу MgSO₄, який збільшував кількість листків на 18 %, порівнюючи з контролем. Варто відзначити, що майже всі досліджувані препарати, окрім ПОБК та комбінації речовин з вітаміну Е + убіхінон-10, сприяли наростанню листків на стеблах проростків гінкго. Це дає можливість молодим рослинам накопичувати більшу кількість вуглеводів у процесі фотосинтезу і забезпечувати їм краще виживання за будь-яких несприятливих умов надалі.

Результатами досліджень встановлено залежність параметрів площі листової поверхні від застосування додаткового заходу – передпосівної обробки насіння досліджуваними речовинами (табл. 3).

Середня площа листка проростків *G. biloba* за дії метаболічно активних речовин та їх комбінацій, $M \pm m$, $n=45$

| Варіант досліду | S листка, см ² | % до контролю |
|---|---------------------------|---------------|
| Контроль | 13,45 ± 5,54 | 100 |
| Стимпо | 17,04 ± 4,14* | 126,7 |
| Вітамін Е | 19,10 ± 4,98* | 142,0 |
| Убіхінон-10 | 18,35 ± 6,88* | 136,4 |
| Метіонін | 16,33 ± 5,30* | 121,4 |
| ПОБК | 16,14 ± 3,90* | 120,0 |
| MgSO ₄ | 19,34 ± 3,96* | 143,8 |
| Е + Убіхінон-10 | 19,44 ± 3,35* | 144,5 |
| Е + Метіонін + ПОБК | 19,91 ± 4,93* | 148,0 |
| Е + Метіонін + ПОБК + MgSO ₄ | 21,27 ± 6,00* | 158,1 |

Вивчивши вплив метаболічно активних речовин на середню площу листка проростків, було встановлено, що найефективніше на цей показник впливали комбінації досліджуваних сполук. Вони сприяли збільшенню площі листків, як порівняти з контролем, у межах 44,5–58,0 %. Серед однокомпонентних препаратів варто відмітити MgSO₄, за впливу якого виявлено вищі

значення, порівнюючи з контролем на 43,8 %, а також вітамін Е, який сприяв збільшенню площі листка на 42 %.

Крім площі листків, важливим показником фотосинтетичної активності є вміст у них пігментів. Особливе значення в процесі фотосинтезу належить зеленим пігментам – хлорофілам *a* і *b*. Вміст цих пігментів у фотосинтезуючих тканинах листка є показником адаптації фотосинтетичного апарату до умов середовища. Вони є чутливими індикаторами фізіологічного стану рослин [13].

Хлорофіли *a* і *b* необхідні для формування структури фотосинтетичного апарату, виконують важливу роль у фотохімічних реакціях, поглинають енергію сонячного світла й трансформують її в хімічну енергію органічних сполук [5]. Результати впливу метаболічно активних речовин та їх комбінацій на вміст хлорофілів *a* і *b* у листках проростків *Ginkgo biloba* L. представлені у таблиці 4.

Таблиця 4

Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями на вміст хлорофілів *a* і *b* у листках проростків *G. biloba*, $M \pm m$, $n=8$

| Варіант досліду | Вміст хлорофілу | | | | | | |
|---|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-------------------|---------------|------------|
| | <i>a</i> , мг/г | % до контролю | <i>b</i> , мг/г | % до контролю | <i>a+b</i> , мг/г | % до контролю | <i>a/b</i> |
| Контроль | 1,45±0,2 | 100 | 0,61±0,08 | 100 | 2,06±0,28 | 100 | 2,35 |
| Стимпо | 1,33±0,13 | 91,7 | 0,55±0,04 | 90,2 | 1,88±0,16 | 91,3 | 2,41 |
| Метіонін | 1,4±0,2 | 96,6 | 0,61±0,08 | 100 | 2,00±0,29 | 97,1 | 2,29 |
| ПОБК | 1,3±0,18 | 89,7 | 0,59±0,08 | 96,7 | 1,89±0,28 | 91,7 | 2,30 |
| MgSO ₄ | 1,53±0,29* | 105,5 | 0,66±0,12* | 108,2 | 2,19±0,41* | 106,3 | 2,30 |
| Вітамін Е | 1,26±0,18 | 86,9 | 0,53±0,08 | 86,9 | 1,7±0,25 | 86,9 | 2,44 |
| Убіхінон-10 | 1,68±0,11* | 115,9 | 0,76±0,06* | 124,6 | 2,44±0,18* | 118,4 | 2,23 |
| Е + Убіхінон-10 | 1,42±0,31 | 97,9 | 0,63±0,14* | 103,3 | 2,07±0,46* | 100,5 | 2,31 |
| Е + Метіонін + ПОБК | 1,92±0,32* | 132,4 | 0,84±0,13* | 137,7 | 2,77±0,45* | 134,5 | 2,29 |
| Е + Метіонін + ПОБК + MgSO ₄ | 1,53±0,09* | 105,5 | 0,68±0,05* | 111,5 | 2,20±0,13* | 106,8 | 2,21 |

З'ясовано, що серед однокомпонентних сполук на показники вмісту хлорофілів *a* та *b* у листках гінкго дволопатевого найефективніше впливав убіхінон-10. За його застосування виявлено підвищення їх вмісту, порівнюючи із значеннями контрольного варіанту, на 15,9 % та 24,6 %. Серед композицій статистично вірогідний вплив на накопичення пігментів проявляла комбінація у складі вітамін Е + метіонін + ПОБК, яка сприяла збільшенню вмісту хлорофілів, як порівняти з контролем, на 32,4 % та 34,5 %. Це дає можливість молодим рослинам накопичувати більшу кількість вуглеводів у процесах фотосинтезу і забезпечувати їм додаткові можливості для адаптації в умовах подальшого вирощування.

Вплив передпосівної обробки насіння досліджуваними речовинами на асиміляційні процеси пояснюється ефективністю як окремих компонентів, так і їх сукупною взаємодією. Вітамін Е та убіхінон-10 виявляють антиоксидантну дію, захищаючи організм від вільних радикалів, що утворились внаслідок перебігу багатьох біохімічних процесів [29]. Метіонін як незамінна амінокислота є будівельним матеріалом у процесах росту і розвитку, бере участь у синтезі білків та утворенні ферментів [19]. Параоксibenзойна кислота проявляє антиоксидантні та захисні властивості [28]. 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 бере участь в обмінних процесах, регулює ріст і розвиток рослин [11].

Висновки

Таким чином, передпосівна обробка насіння метаболічно активними речовинами та їх комбінаціями сприяє формуванню потужнішого фотосинтетичного апарату проростків гінкго

дволопатевого. На висоту стебла незначний вплив мали $MgSO_4$ та комбінація речовин з вітаміну Е + метіонін + ПОБК + $MgSO_4$. Серед однокомпонентних речовин на формування листків найбільший вплив проявляє убіхінон-10 та комбінація сполук у складі вітаміну Е + метіонін + ПОБК + $MgSO_4$. Досліджувані комбінації метаболічно активних речовин сприяли збільшенню площі листків гінкго дволопатевого, як порівняти з контролем, у межах 44,5–58,0 %. Показники площі листка суттєво підвищувались за використання однокомпонентних препаратів вітаміну Е та $MgSO_4$. За впливу убіхінону-10 та комбінації речовин у складі вітаміну Е + метіонін + ПОБК виявлено найвищий вміст у листках хлорофілів *a* та *b*.

Отже, застосування метаболічно активних речовин та їх комбінацій за передпосівної обробки насіння є ефективним заходом для покращення асиміляційних процесів проростків гінкго дволопатевого.

1. Біланич М. М. Гінкго дволопатево 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. Векірчик К. М. Фізіологія рослин : навч. посіб. Київ : Вища школа, 1984. 240 с.
3. Геліх А. О. Дослідження показників якості січених виробів на основі прісноводних гідробіонтів та порошку гінкго-білоба. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. – Series «Food Technologies»*. 2019. Т. 21, № 92. С. 36–41.
4. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. Київ : ЗАТ «Нічлава», 2008. 352 с.
5. Гуляев Б. І. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліття: збірник наукових праць*. 2001. Т. 1. С. 60–74.
6. 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*. 2022. № 2. С. 25–30.
7. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П. В. Основи наукових досліджень в агрономії. Вінниця : ПП «ТБД «Едельвейс і К»», 2014. 332 с.
8. Калінін Л. Ф. Застосування регуляторів росту в сільському господарстві. Київ, 1989. 167 с.
9. Кірей М. В., Є Цзюньхао перспективи застосування *Ginkgo biloba* l. : матеріали Всеукр. студ. наук. конф. (Суми, 16–20 листоп. 2020 р.). 2020. С. 65. URL: https://ur.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/2020_11.pdf (дата звернення: 12.12.2022).
10. 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*. 2020. Вип. № 1–2 (79). С. 84–90.
11. Коць С. Я., Петерсон Н. В. Мінеральні елементи і добрива в живленні рослин. Київ : Логос, 2005. 150 с.
12. Куриленко А. О., Куриленко, О. В., Кучменко, О. Б., Гавій В. М. Вплив передпосівної обробки насіння композиціями метаболічно активних речовин на морфометричні показники озимого жита в умовах півдня Полісся України. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2021. Вип. 4. С. 25–32.
13. Лебедева Т. С., Ситник К. М. Пігменти рослинного світу. Київ : Наук. думка, 1986. 87 с.
14. Макрушин М. М., Макрушина Є. М., Петерсон Н. В., Мельников М. М. Фізіологія рослин : підручник / за ред. М. М. Макрушина. Вінниця : Нова Книга, 2006. 416 с.
15. Методичні рекомендації з розмноження деревних декоративних рослин Ботанічного саду НУБіП України / уклад. : О. В. Колесніченко, С. І. Слюсар, О. М. Яковчук. Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2008. 55 с.
16. Методичні рекомендації з розмноження деревних та кущових рослин. Ч. 1: Голонасінні / за ред. М. А. Кохна, С. І. Кузнецова. Київ, 1998. 48 с.
17. Моргун В. В., Яворська В. К., Драговоз І. В. Проблема регуляторів росту у світі та її вирішення в Україні. *Фізіологія і біохімія культ. рослин*. 2002. 34, № 5. С. 371–375.
18. Остудімов А. О., Гузь М. М. Особливості насінного розмноження Гінкго дволопатевого. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2010. Вип. 20.11. С. 8–16.
19. Полянчиков С. П., Ковбель А. І. Роль амінокислот у захисті культури від стресів. Агромаж. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=1086 (дата звернення: 11.05.2023).

20. Рогач В. В., Кірізій Д. А., Кур'ята В. Г., Рогач Т. І. Морфогенез, фотосинтез і продуктивність перцю (*Capsicum annuum* L.) за впливу регуляторів росту з різними напрямками та механізмами дії. *Фізіологія рослин і генетика*. 2022, Т. 54, № 3. С. 214–232.
21. Стасик О. О., Кірізій Д. А., Прядкіна Г. О. Фотосинтез і продуктивність: основні наукові досягнення та інноваційні розробки. *Фізіологія рослин і генетика*. 2021. Т. 53, № 2. С. 160–184.
22. Стимпо. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/stimpo> (дата звернення: 21.10.2023).
23. Терещук А. Перспективи вирощування і застосування гінкго дволопатевого як рослинної лікарської сировини. *Музейний збірник: зб. наук. пр. Київ: ІМФЕ ім. М. Т. Рильського НАН України*. 2008. С. 218–220.
24. Томашевський О. В., Рісіков В. П. Комп'ютерні технології статистичної обробки даних: навчальний посібник. Запоріжжя: Запорізький національний технічний університет, 2015. 175 с.
25. Фоменко В. В. Особливості використання гінкго білоба в ландшафтному дизайні України: матеріали Всеукр. студ. наук. конф. (Суми, 16–20 листоп. 2020 р.). 2020. С. 85. URL: https://ur.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/2020_11.pdf (дата звернення: 12.12.2022).
26. Ярошук 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: Агронімія і біологія*. 2016. Вип. 9. С. 124–128.
27. Chlorophyll content test in leaves of *Ginkgo biloba* l. [Electronic resource] / R. Yaroschuk, S. Zherdetska, V. Illiashenko [and others]. Multidisciplinary Conference for Young Researchers, (Bila Tserkva, 22nd November 2019). Bila Tserkva, 2019. P. 23–25.
28. Jeong-Yong CHO, Jae-Hak MOON, Ki-Young SEONG, Keun-Hyung PARK. Antimicrobial Activity of 4-Hydroxybenzoic Acid and trans 4-Hydroxycinnamic Acid Isolated and Identified from Rice Hull. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 62:11, 2273–2276. DOI: 10.1271/bbb.62.2273.
29. 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.
30. Mustoe G. E. Eocene Ginkgo leaf fossils from the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Botany*. 2002. 80 (10). P. 1078–1087.
31. Rui Guan, Yunpeng Zhao, He Zhang et al. Draft genome of the living fossil *Ginkgo biloba*. *GigaScience*. 2016. 5 (1). P. 5–49.

References

1. Bilanych M. M. Ginkgo дволопатева як екзот Закарпатської області. *Науковий збірник Комunalного закладу «Закарпатський обласний краєзнавчий музей ім. Т. Леhotsкого» Закарпатської обласної ради*. 2022. Вип. 21. С. 122–136. [in Ukrainian]
2. Vekirchuk K. M. Фізіологія рослин: навч. посіб. Київ: Висша школа, 1984. 240 с. [in Ukrainian]
3. Helikh A. O. Дослідження показників якості сичених виробів на основі прісноводних гидробіотів та порошоків гінкго-білоба. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. – Series «Food Technologies»*. 2019. Т. 21, No 92. С. 36–41. [in Ukrainian]
4. Hrytsaienko Z. M., Ponomarenko S. P., Karpenko V. P., Leontiuk I. B. Біологічно активні речовини в рослинстві. Київ: ЗАТ «Нічлава», 2008. 352 с. [in Ukrainian]
5. Huliaiev B. I. Екофізіологія фотосинтезу: досіахнення, стан та перспективи досліджень. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисіахолітіа: збірник наукових праць*. 2001. Т. 1. С. 60–74. [in Ukrainian]
6. Donets N. V., Pryplavko S. O. Варіювання показників схозхости насіння та лінійного росту проростків *Ginkgo biloba* L. за дії метаболічно активних речовин. *Notatky suchasnoi biolohii*. 2022. No 2. С. 25–30. [in Ukrainian]
7. Ieshchenko V. O., Kopytko P. H., Opryshko V. P., Kostohryz P. V. Основи наукових досліджень в ахрономії. Віннітсія: РР «ТБД «Еделвейс і К»», 2014. 332 с. [in Ukrainian]
8. Kalinin L. F. Застосування регуляторів росту в сільському господарстві. Київ, 1989. 167 с. [in Ukrainian]
9. Kirei M. V., Іє Тзіункхао перспективи застосування *Ginkgo biloba* l.: матеріали Всеукр. студ. наук. конф. (Суми, 16–20 листоп. 2020 р.). 2020. С. 65. URL: https://ur.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/2020_11.pdf (дата звернення: 12.12.2022). [in Ukrainian]
10. Koziuchko A. H., Havii V. M., Kuchmenko O. B. Вплив передпосівної обробки насіння метаболічно активними речовинами на окремі фізіологічні показники сорту Аннушка та її продуктивності. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія*. 2020. Вип. No 1–2 (79). С. 84–90. [in Ukrainian]
11. Kots S. Ya., Peterson N. V. Мінеральні елементи і добрива в зривлених рослинах. Київ: Лохос, 2005. 150 с. [in Ukrainian]

12. Kurylenko A. O., Kurylenko, O. V., Kuchmenko, O. B., Havii V. M. Vplyv передпосівної обробки насіння комpozytsiiami metabolichno aktyvnykh rehovyn na morfometrychni pokaznyky ozymoho zhyta v umovakh pivdnia Polissia Ukrainy. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya «Ahronomiia i biolohiia»*. 2021. Vyp. 4. S. 25–32. [in Ukrainian]
13. Lebedieva T. S., Sytnyk K. M. Pihmenty roslynnoho svitu. Kyiv : Nauk. dumka, 1986. 87 s. [in Ukrainian]
14. Makrushyn M. M., Makrushyna Ie. M., Peterson N. V., Melnykov M. M. Fiziolohiia roslyn : pidruchnyk / za red. M. M. Makrushyna. Vinnytsia : Nova Knyha, 2006. 416 s. [in Ukrainian]
15. Metodychni rekomendatsii z rozmnozhennia derevnykh dekoratyvnykh roslyn Botanichnoho sadu NUBiP Ukrainy / uklad. : O. V. Kolesnichenko, S. I. Sliusar, O. M. Yakobchuk. Kyiv : Vydavnychyy tsentr NUBiP Ukrainy, 2008. 55 s. [in Ukrainian]
16. Metodychni rekomendatsii z rozmnozhennia derevnykh ta kushchovykh roslyn Ch. 1: Holonasinni / za red. M. A. Kokhna, S. I. Kuznetsova. Kyiv, 1998. 48 s. [in Ukrainian]
17. Morhun V. V., Yavorska V. K., Drahovoz I. V. Problema rehulatoriv rostu u sviti ta ii vyrishennia v Ukraini. *Fyziolohiia y byokhymia kult. rastenyi*. 2002. 34, No 5. S. 371–375. [in Ukrainian]
18. Ostudimov A. O., Huz M. M. Osoblyvosti nasinnoho rozmnozhennia Hinkho dvolopatevoho. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 2010. Vyp. 20.11. S. 8–16. [in Ukrainian]
19. Polianchykov S. P., Kovbel A. Y. Rol aminokyslot u zakhysti kultury vid stresiv. Ahromazh. URL: https://agromage.com/stat_id.php?id=1086 (data zvernennia: 11.05.2023). [in Ukrainian]
20. Rohach V. V., Kirizii D. A., Kuriata V. H. Rohach T. I. Morfohenez, fotosyntezy i produktyvnist pertsiu (*Sapsicum annum* L.) za vplyvu rehulatoriv rostu z riznymy napriamamy ta mekhanizmamy dii. *Fiziolohiia roslyn i henetyka*. 2022, T. 54, No 3. S. 214–232. [in Ukrainian]
21. Stasyk O. O., Kirizii D. A., Priadkina H. O. Fotosyntezy i produktyvnist: osnovni naukovi dosiahnennia ta innovatsiini rozrobky. *Fiziolohiia roslyn i henetyka*. 2021. T. 53, No 2. S. 160–184. [in Ukrainian]
22. Stympo. URL: <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/stympo> (data zvernennia: 21.10.2023). [in Ukrainian]
23. Tereshchuk A. Perspektyvy vyroshchuvannia i zastosuvannia hinkho dvolopatevoho iak roslynnoi likarskoi syrovyny. *Muzeynyi zbirnyk: zb. nauk. pr.* Kyiv : IMFE im. M. T. Rylskoho NAN Ukrainy. 2008. S. 218–220. [in Ukrainian]
24. Tomashevskiy O. V., Rysikov V. P. Kompiuterni tekhnolohii statystychnoi obrobky danykh: navchalnyi posibnyk. Zaporizhzhia: Zaporizkyi natsionalnyi tekhnichnyi universytet, 2015. 175 s. [in Ukrainian]
25. Fomenko V. V. Osoblyvosti vykorystannia hinkho biloba v landshaftnomu dyzayni Ukrainy : materialy Vseukr. stud. nauk. konf. (Sumy, 16–20 lystop. 2020 r.). 2020. S. 85. URL: https://ur.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/01/2020_11.pdf (data zvernennia: 12.12.2022). [in Ukrainian]
26. Yaroshchuk R. A. Perspektyvy vyroshchuvannia *Ginkgo biloba* L. v umovakh pivnichno-skhidnoho Lisostepu Ukrainy dlia zahativli lystia u farmatsevtichnykh tsiliakh. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Ahronomiia i biolohiia*. 2016. Vyp. 9. S. 124–128. [in Ukrainian]
27. Chlorophyll content test in leaves of *Ginkgo biloba* L. [Electronic resource] / R. Yaroshchuk, S. Zherdetska, V. Illiashenko [and others]. Multidisciplinary Conference for Young Researchers, (Bila Tserkva, 22nd November 2019). Bila Tserkva, 2019. P. 23–25.
28. Jeong-Yong CHO, Jae-Hak MOON, Ki-Young SEONG, Keun-Hyung PARK. Antimicrobial Activity of 4-Hydroxybenzoic Acid and trans 4-Hydroxycinnamic Acid Isolated and Identified from Rice Hull. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 62:11, 2273–2276. DOI: 10.1271/bbb.62.2273.
29. 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.
30. Mustoe G. E. Eocene *Ginkgo* leaf fossils from the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Botany*. 2002. 80 (10). P. 1078–1087.
31. Rui Guan, Yunpeng Zhao, He Zhang et al. Draft genome of the living fossil *Ginkgo biloba*. *GigaScience*. 2016. 5 (1). P. 5–49.

N. V. Donets, S. O. Pryplavko

Mykola Gogol Nizhyn State University, Ukraine

THE INFLUENCE OF METABOLICLY ACTIVE SUBSTANCES AND THEIR COMBINATIONS ON THE ASSIMILATION PROCESSES OF *GINKGO BILOBA* L.

Ginkgo biloba L. is a valuable ornamental gymnosperm plant. To ensure an adequate supply of planting material for this species, measures must be taken to cultivate high-quality seedlings resistant to adverse conditions. Pre-sowing treatment of seeds with metabolically active substances can serve as such a measure. The aim of this study was to investigate the growth processes, leaf apparatus

formation, and photosynthetic activity of young *Ginkgo biloba* plants under the influence of metabolically active substances and their combinations.

Metabolically active substances used to treat ginkgo seeds included vitamin E, ubiquinone-10, paraoxybenzoic acid (POBA), magnesium sulfate (MgSO₄), and methionine. Their combinations were also tested: vitamin E + ubiquinone-10, vitamin E + POBA + methionine, and vitamin E + POBA + methionine + MgSO₄. The growth biostimulator Stimpo was used for comparison.

It was established that pre-sowing treatment with these metabolically active substances and their combinations contributed to the formation of a more robust photosynthetic apparatus in ginkgo seedlings. MgSO₄ and the combination of vitamin E + methionine + POBA + MgSO₄ had the most significant effect on stem height. Among single-component substances, ubiquinone-10 and the combination of vitamin E + methionine + POBA + MgSO₄ most effectively increased the average number of leaves. All studied combinations of compounds positively impacted the average leaf area, increasing it by 44.5-58% compared to the control. Among single-component substances, vitamin E and MgSO₄ were particularly effective in increasing leaf area. Ubiquinone-10 and the combination of vitamin E + methionine + POBA significantly enhanced the content of chlorophyll a and b pigments in the leaves.

The use of metabolically active substances and their combinations during pre-sowing seed treatment is an effective measure to improve the assimilation processes and overall growth of *Ginkgo biloba* seedlings.

Key words: *Ginkgo biloba* L., metabolically active substances, stem height, number of leaves, leaf blade area, chlorophyll a and b, spectrophotometry.

Надійшла 20.02.2024.

УДК 633.11:631.53027:631.811.98:631.985:631.147

doi: 10.25128/2078-2357.24.1.9

І. Д. ЖИЛЯК, Г. Я. СЛОБОДЯНИК, О. І. ЗАБОЛОТНИЙ

Уманський національний університет садівництва
вул. Інститутська, 1, Умань, Черкаська область, 20300
e-mail: zhilyak@i.ua

ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ РЕГУЛЯТОРАМИ РОСТУ

Вирішальне значення для передпосівної обробки насіння пшениці має правильний вибір препаратів широкого спектру впливу на морфо-фізіологічні показники сходів. Досліджували ефективність передпосівної обробки насіння пшениці озимої регуляторами росту 1-нафтилоцтова кислота (1-НОК), бурштинова кислота і органо-мінеральним препаратом Фульвогумін окремо та у сумішах. Оцінювали інтенсивність проростання і біометричні параметри сходів. Встановлено стимулюючий вплив бурштинової кислоти і Фульвогуміну на формування сходів пшениці озимої. Застосування Фульвогуміну окремо або у суміші із досліджуваними препаратами забезпечує високу лабораторну схожість насіння (94,3–97,0%), формування вищих сходів пшениці (13,77–14,12 см). Найбільший уміст сухої речовини – після обробки Фульвогуміном (17,3%) та 1-НОК + Фульвогумін + бурштинова кислота (17,4%). За сумісної обробки насіння Фульвогумін + бурштинова кислота сходи найвищі (14,12 см) і найбільша їх сира маса (131,39 мг). Передпосівна обробка насіння пшениці озимої 0,025% розчином 1-НОК виявилася не ефективною.

Ключові слова: 1-нафтилоцтова кислота, бурштинова кислота, Фульвогумін, лабораторна схожість насіння, довжина, сира і суха маса сходів.