



Варіювання показників схожості насіння та лінійного росту проростків *Ginkgo biloba* L. за дії метаболічно активних речовин

Наталія Донець, Світлана Приплавко

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, Ніжин, Україна

Адреса для листування: Nataliavdonets@gmail.com; ngubiolog@ukr.net

Отримано: 30.09.22; прийнято до друку: 15.11.22; опубліковано: 30.12.22

Резюме. Дослідження проведено на насінні та проростках *Ginkgo biloba* L. з метою встановлення впливу на них метаболічно активних речовин при застосуванні їх для обробки насіння. Встановлено, що з досліджуваних речовин на схожість насіння найкраще впливали однокомпонентні препарати Кудесан, Параоксибензойна кислота (ПОБК) та $MgSO_4$ і композиції у складі Вітамін Е + Кудесан та Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + $MgSO_4$. Найвищий показник середньої довжини кореня у проростків забезпечили композиції метаболічно активних речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК та Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + $MgSO_4$, а також однокомпонентні сполуки Метіоніну та Вітаміну Е. На показник середньої кількості бічних коренів найкраще діяли Метіонін, Кудесан і Вітамін Е та композиції речовин Вітамін Е + ПОБК + Метіонін і Вітамін Е + ПОБК + Метіонін + $MgSO_4$. На висоту стебла проростків рослин *Ginkgo biloba* мали вплив багатоконпонентна композиція Вітамін Е + ПОБК + Метіонін + $MgSO_4$, а також однокомпонентні препарати на основі $MgSO_4$ та Кудесану.

Ключові слова: *Ginkgo biloba* L., передпосівна обробка насіння, метаболічно активні речовини, насіння, проростки, схожість, лінійний ріст.

Variation of indicators of seed germination and linear growth of *Ginkgo biloba* L. seedlings under the influence of metabolically active substances

Natalia Donets, Svitlana Pryplavko

Mykola Gogol Nizhyn State University, Nizhyn, Ukraine

Correspondence: Nataliavdonets@gmail.com; ngubiolog@ukr.net

Abstract. In Ukraine, *Ginkgo biloba* was considered only as a dendrological rarity – an object of artificial cultivation in arboretums and botanical gardens. A significant expansion of the use of specimens of the studied species is restrained by the lack of a sufficient amount of planting material. There is a need to use additional measures aimed at improving the processes of germination and growth of young plants. Such measures can be metabolically active substances that can be used to treat seeds before sowing. To solve the tasks, we used metabolically active substances such as: Kudesan (0,001%), Vitamin E ($10^{-8}M$), Paraoxybenzoic acid (POBK) (0,001%), methionine (0,001%), magnesium sulfate (0,001%). The seed material was soaked in solutions of the studied metabolically active substances and kept for one day. Sowing was carried out in a container with a prepared substrate. The highest average root length in the seedlings of 2020 was provided by the composition of metabolically active substances in the composition of Vitamin E + Methionine + POBK, and in the seedlings of 2021 – single-component compounds of Methionine, Vitamin E and three- and four-component compositions. The indicator of the average number of lateral roots in 2020 was best influenced by both the single-component compound of Methionine and the compositions of substances: three-component (Vitamin E + POBK + Methionine) and four-component (Vitamin E + Methionine + POBK + $MgSO_4$). In 2021, the most effective were Vitamin E, Kudesan and a four-component composition. Only the multicomponent composition of Vitamin E + POBK + Methionine + $MgSO_4$ was the most effective for the height of the stems of *Ginkgo biloba* seedlings in 2020. In 2021, $MgSO_4$ and Kudesan had the best impact on this indicator. Considering all of the above, it is advisable to use metabolically active substances and their compositions for pre-sowing treatment of *Ginkgo biloba* seeds to obtain high-quality planting material. The use of these substances to increase the germination rate of seeds and improve the growth of young seedlings depends on the features of seed formation and the content of nutrients in it.

Key words: *Ginkgo biloba* L., seeds, seedlings, metabolically active substances, germination, linear growth, pre-sowing seed treatment.

ВСТУП

Гінкго дволопатеве (*Ginkgo biloba* L.) – один з небагатьох представників листопадних голонасінних деревних рослин, які ростуть у природних гірських лісах провінції Чжецзян та у провінціях Гуансі, Гуйчжоу та Сичуань, що у тропічних широтах східного та південного Китаю [1]. Це реліктова рослина, яка відома з пермського періоду палеозою. Найбільшого видового різноманіття (близько 11 видів) та географічного поширення представники *Ginkgoopsida* досягли у крейдяному періоді мезозою [2, 3]. Натомість до четвертинного періоду залишився лише один вид – *Ginkgo biloba*, який у сучасній світовій флорі репрезентує один рід Гінкго (*Ginkgo*), одну родину Гінкгові (*Ginkgoaceae*) та один Порядок Гінкгоподібні (*Ginkgoales*) Класу *Ginkgoopsida* [4].

Гінкго – рослина дводомна. У генеративну фазу вступає у віці 25-30 років. Розмножується у природних умовах насінням і вегетативно. Незважаючи на певну екологічну стенотопність, представникам цього виду притаманні довговічність, резистентність до низки абіотичних, біотичних та численних антропогенних чинників, включаючи радіоактивне випромінювання. Ця рослина є об'єктом плантаційного вирощування багатьох країн світу [5, 6].

Донедавна в Україні Гінкго дволопатеве розглядалося лише як дендрологічний раритет – об'єкт штучного вирощування у дендраріях і ботанічних садах. Як раритетний вид флори гінкго було виключено із списку культивованих у промисловому масштабі рослин. Утім, попередні дослідження [7-10] засвідчили можливість використання даного виду в значно ширшому аспекті. Так, на сьогодні він використовується у ландшафтній архітектурі, в озелененні населених пунктів, у фармацевтичній промисловості та кулінарії, при залісенні девастованих ландшафтів і навіть у деревообробній промисловості.

Однак суттєве розширення використання екземплярів досліджуваного виду стримується відсутністю достатньої кількості садивного матеріалу [6]. *Ginkgo biloba* у природних умовах здатний розмножуватись, як насінням, так і вегетативно (пеньково-кореневими паростками та живцями). Загалом рослини гінкго добре переносять посуху та морози. Але посівна якість насіння достатньо варіативна. Вона залежить від особливостей формування насіння, вчасності його збору, правильності зберігання та якісної передпосівної підготовки. Як показала практика, зібране насіння не гарантує отримання великої кількості задовільного матеріалу навіть у насінний рік, тоді як у ненасінний рік схожість значно нижча (щонайменше у 3-5 разів).

У зв'язку з цим виникає потреба у використанні додаткових заходів, які направлені на поліпшення процесів проростання та росту молодих рослин. Такими заходами можуть бути метаболічно активні речовини, які можна застосовувати для обробки

насіння перед висівом [11]. Водночас логічно припустити, що застосовані препарати можуть виявляти пролонговану дію та впливати на основні морфометричні показники проростків: довжину основного кореня та кількість бічних коренів, а також висоту стебла. Саме зазначені вище вегетативні органи детермінують життєвість ювенільних особин *Ginkgo biloba* і прямо впливають на якість посадкового матеріалу та його подальшу вегетацію.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Для вирішення поставлених завдань нами були використані метаболічно активні речовини: Кудесан (0,001%), Вітамін Е (10^{-8} М), Параоксibenзойна кислота (ПОБК) (0,001%), Метіонін (0,001%), Сульфат магнію (0,001%). Крім цього, було використано різноманітні композиції із зазначених вище препаратів: Вітамін Е (10^{-8} М) + Кудесан (0,001%); Вітамін Е (10^{-8} М) + Параоксibenзойна кислота (0,001%) + Метіонін (0,001%); Вітамін Е (10^{-8} М) + Параоксibenзойна кислота (0,001%) + Метіонін (0,001%) + $MgSO_4$ (0,001%). Для порівняння дії метаболічно активних речовин та їх композицій використовували відомий регулятор росту рослин Стимпо (новітній біостимулятор рослин із серії полікомпонентних препаратів, в основу дії якого покладено синергетичний ефект взаємодії продуктів біотехнологічного культивування грибів-мікроміцетів з кореневої системи женьшеню і авермектинів) [12].

Вихідним матеріалом слугувало насіння *Ginkgo biloba*, зібране з екземплярів, що зростають у Національному ботанічному саду ім. М. М. Гришка НАН України (м. Київ). Насіння *Ginkgo biloba* висівали в умовах закритого ґрунту (опалювана скляна теплиця) навчально-дослідної агробіостанції Ніжинського державного університету імені Миколи Гоголя в однакові терміни (з 21 по 30 грудня) у 2019 та 2020 рр. Перед висівом, насіння було очищене від соковитої оболонки (саркотести), промите та просушене. Насінневий матеріал замочували у розчинах досліджуваних метаболічно активних речовин і витримували протягом однієї доби. У контрольному варіанті для замочування насіння застосовували дистильовану воду. Висів здійснювали у емкості із підготовленим субстратом.

Перші сходи кожного року дослідження почали з'являтися на 25-29 добу після посіву. Енергію проростання насіння визначали з моменту, як тільки почали з'являтися перші сходи, з інтервалом 7 днів до моменту, коли кількість пророслого насіння припинила збільшуватись [13]. Після цього здійснювали підрахунок показників схожості насіння. Отримані результати виражали у процентах до загальної кількості насінин, узятих для пророщування.

Проростки висаджували у індивідуальні контейнери з метою дослідження впливу метаболічно активних речовин на основні морфометричні

показники, а саме: довжину основного кореня та кількість бічних коренів, а також висоту стебла. Для подальшого аналізу з кожного варіанту відбирали проростки та визначали вище зазначені показники [14]. Статистична обробка здійснювалась з використанням програмного забезпечення *MS Office Excel – 2010*.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У результаті проведених експериментальних робіт було відмічено суттєве варіювання всіх досліджуваних показників. У таблиці представлені результати впливу метаболічно активних речовин та їх композицій на показники схожості насіння *Ginkgo biloba* зібраного у 2019 та 2020 рр.

Таблиця

Схожість насіння *Ginkgo biloba* L. за дії метаболічно активних речовин та їх композицій

Варіант дослідження	Схожість насіння			
	2019 рік збору		2020 рік збору	
	%	% до контролю	%	% до контролю
Контроль	63,2	100	73,3	100
Стимпо	73,2	116,0	84,6	115,4
Кудесан	78,0	123,4	76,3	104,1
Вітамін Е	55,2	87,3	83,3	113,6
MgSO ₄	63,6	100,6	85,3	116,4
Метіонін	73,6	116,5	78,6	107,2
ПОБК	77,2	122,2	78,2	106,7
Вітамін Е + Кудесан	70,8	112,0	86,2	117,6
Вітамін Е + ПОБК + Метіонін	61,6	97,5	67,4	91,9
Вітамін Е + Метіонін+ +ПОБК + MgSO ₄	70,0	110,8	88,3	120,5

За результатами досліджень, було встановлено, що з однокомпонентних досліджуваних метаболічно активних речовин на схожість насіння збору 2019 р. найкраще впливали Кудесан та Параоксибензойна кислота (перевищували значення у контролі відповідно на 23,4 та 22,2%). При цьому зазначені речовини також перевищували показники регулятора росту Стимпо. Таку дію препарату Кудесан можна пояснити тим, що він містить активні компоненти: убіхінон і токоферол (Вітамін Е). Убіхінон бере участь у перенесенні електронів у транспортному ланцюзі, у процесах обміну енергії, фотофосфорилуванні та окислювальному фосфорилуванні, а також регулює експресію генів, передачу сигналів у клітинах. Токоферолі можуть виконувати роль протекторів насіння. Крім того, Вітамін Е та убіхінон можуть виявляти імуностимулюючу, антифетовірусну та антибактеріальну активність [15].

Насіння 2020 р. збору за дії однокомпонентних препаратів мало вищу схожість. Імовірно, це пояснюється кращими умовами вегетаційного періоду (вищі показники радіаційного балансу та середньорічна кількість опадів), що сприяли формуванню насінин з більшою кількістю поживних речовин [12]. Але значення схожості по відношенню до препарату Стимпо, було більшим лише в одному варіанті – при обробці насіння MgSO₄. Відомо, що сульфат магнію (MgSO₄) є додатковим джерелом Сульфур у та Магнію для рослини. Магній бере участь у синтезі білків, переміщенні фосфору, активізує ферменти, регулює поглинання води кореневою системою. Сульфур як і Магній, відіграє роль у синтезі білків, формуванні ферментів, метаболізмі, в

окисно-відновних процесах клітини, підвищує стійкість до стресових умов, активізує відновні процеси [16].

Композиції метаболічно активних речовин впливали на схожість насіння по-різному. Так, композиція Вітамін Е + Кудесан сприяла підвищенню цього показника на 12% (2019 р.) та 17,6% (2020 р.) порівняно до контролю. Однак насіння 2019 р. збору за дії цієї ж композиції мало показник схожості менший за показник у варіанті із застосуванням препарату Стимпо. Натомість насіння 2020 р. збору мало показники схожості дещо вищі (на 2,2%) за значення варіанту із застосуванням стимулятора росту Стимпо.

Позитивно на схожість насіння у обидва роки досліджень впливала також найбільш компонентна композиція – Вітамін Е + ПОБК + Метіонін + MgSO₄. Так, насіння 2019 р. збору характеризувалося абсолютним показником схожості 70,0%, що на 10,8% вище порівняно до контролю. Разом з цим це значення було на 5,2% меншим за значення, отримане у варіанті із застосуванням препарату Стимпо. Насіння 2020 р. збору за дії композиції Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO₄ мало вищу схожість порівняно і до контролю (на 20,5%), і до варіанту із використанням препарату Стимпо (на 5,1%). Таку нерівномірну дію досліджуваних метаболічно активних речовин можна пояснити різним вмістом поживних речовин у складі насіння гінкго 2019 і 2020 рр. та особливостями його формування.

Наступним етапом досліджень було визначення пролонгованої дії досліджуваних метаболічно активних речовин на біометричні показники молодих проростків гінкго. З кожного варіанту відбирали

проростки у кількості 50 шт. та визначали показники середньої довжини кореня, середньої кількості бічних коренів, а також середньої висоти стебла [13].

Отримані результати вимірювань відображені на гістограмах, наведених нижче (рисунки 1–3).

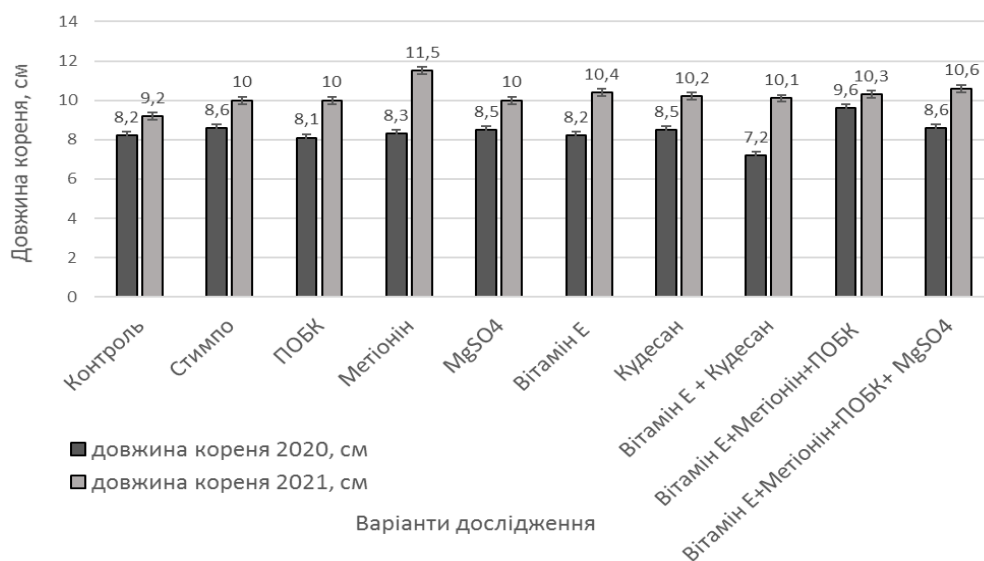


Рис. 1. Вплив метаболічно активних речовин на показник середньої довжини кореня проростків *Ginkgo biloba* L.

За результатами досліджень, було встановлено, що найвищий показник середньої довжини кореня у проростків 2020 р. забезпечила композиція метаболічно активних речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК, яка на 17% перевищувала значення у контролі, тоді як у 2021 р. ефективними були однокомпонентні сполуки Метіоніну, Вітаміну Е (переважали контроль відповідно на 25,1 та 13,6%), а також три- і чотирикомпонентна сполуки (переважали контроль відповідно на 9,8 та 15,1%). Дію Метіоніну на показник довжини кореня можна пояснити тим, що він є попередником синтезу гормонів росту, посилює ріст коренів та регулює відкриття продихів [17]. За даними авторів [15] відомо, що

Вітамін Е захищає рослини на ранніх етапах росту від згубної дії активних форм кисню, що утворюються під час активних біохімічних процесів у молодих проростках.

Всі інші комбінації метаболічно активних речовин, використані нами, також перевищували показники контролю, що вказує на ефективність їх впливу на ріст стрижневої кореневої системи досліджуваного виду за умови достатнього вмісту запасних поживних речовин у сформованому насінні. Таким чином, отримані нами результати свідчать про доцільність використання досліджуваних метаболічно активних речовин.

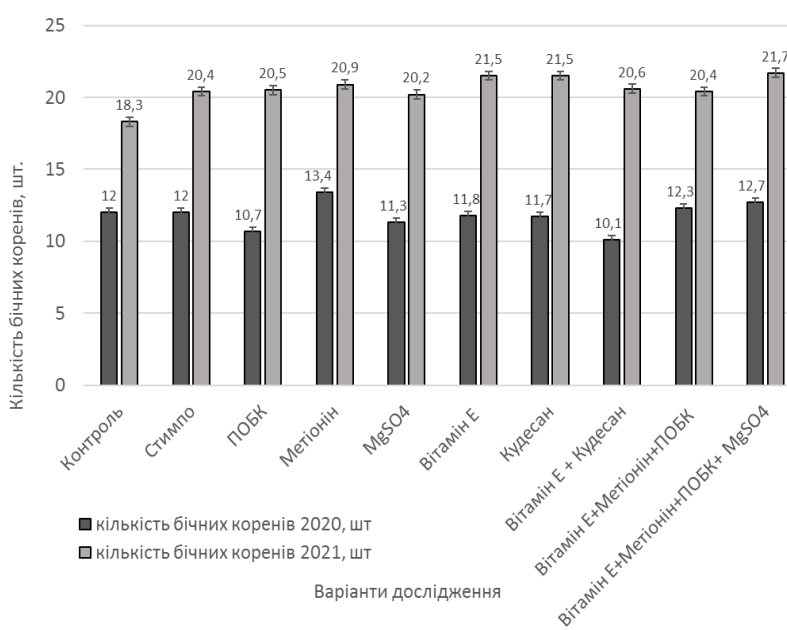


Рис. 2. Вплив метаболічно активних речовин на середню кількість бічних коренів проростків *Ginkgo biloba*

На показник середньої кількості бічних коренів проростків 2020 р. найкраще впливали як однокомпонентна сполука на основі Метіоніну, так і комбінації речовин: трикомпонентна (Вітамін Е + Метіонін + ПОВК) та чотирикомпонентна (Вітамін Е + Метіонін + ПОВК + MgSO₄). Всі зазначені вище речовини сприяли утворенню більшої кількості бічних коренів порівняно з контролем на 11,7%, 2,8% та 2,5% відповідно. Дія Метіоніну на утворення бічних коренів пояснюється тим, що ця амінокислота міститься в багатьох білках і пептидах, які очевидно приймають участь у процесах закладання та формування бічних коренів, а також вона має вплив на синтез гормонів росту та посилює ріст підземної частини рослин [17].

Середня кількість бічних коренів у проростків 2021 р. виявилась значно більшою порівняно з проростками 2020 р., що пояснюється згаданими вище

причинами, пов'язаними із якістю насіння. При цьому найбільш ефективно на даний показник впливала багатокомпонентна суміш метаболічно активних речовин у композиції Вітамін Е + Метіонін + ПОВК + MgSO₄, яка на 18,6% переважала значення у контрольному варіанті. Серед однокомпонентних препаратів на кількість бічних коренів найкраще впливали Кудесан та Вітамін Е, які переважали значення контрольного зразка на 15,5 та 14,8%. Відомо, що убіхінон, який входить до складу препарату Кудесан здатен впливати на активність великої кількості ферментів із різноманітними функціями (антиоксидантними, енергетичними та ін.), а також проявляє властивості регулятора генетичної експресії [15]. Саме з цим може бути пов'язана його дія на збільшення кількості бічних коренів у проростків *Ginkgo biloba*.

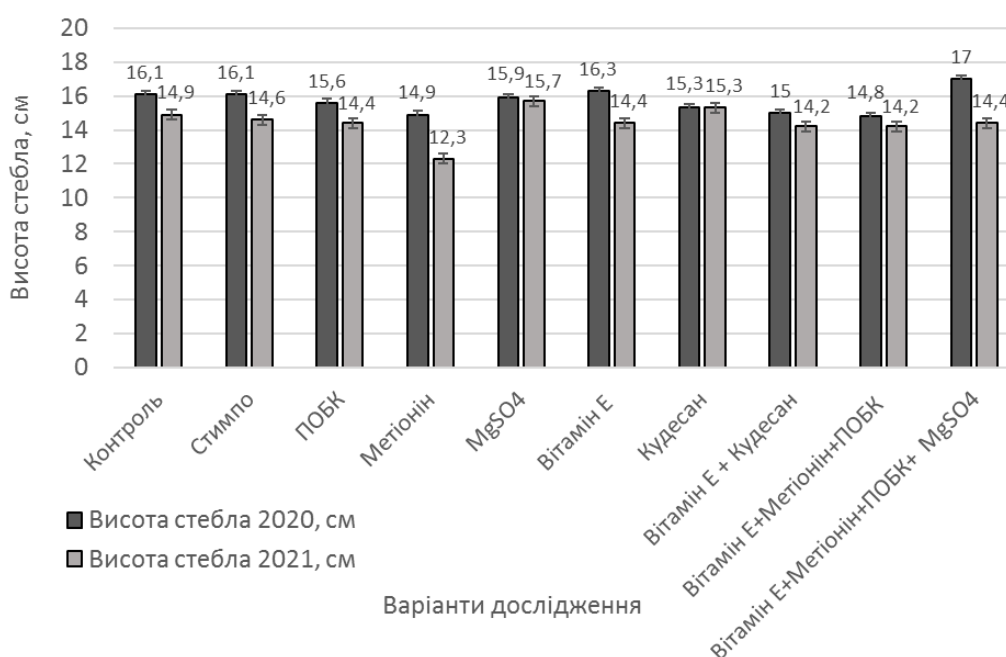


Рис. 3. Вплив метаболічно активних речовин на показник середньої висоти стебла проростків *Ginkgo biloba* L.

За показником висоти стебла проростків рослин *Ginkgo biloba* 2020 р. найефективнішою була багатокомпонентна композиція Вітамін Е + Метіонін + ПОВК + MgSO₄, яка на 5,6% переважала значення у контролі. Натомість у проростків 2021 р. середня висота стебел проростків досліджуваного виду коливалась у межах 12,3–15,7 см. На цей показник найкраще впливали однокомпонентні сполуки MgSO₄ та Кудесан. Вони сприяли збільшенню середньої висоти стебла на 5,4% (MgSO₄) та 2,7% (Кудесан). Раніше було доведено, що Магній відіграє важливу роль у фотосинтезі, оскільки входить до складу молекули хлорофілу [16]. Дефіцит сірки, як відомо, відображається на розвитку молодих листків, тому додаткове джерело цих елементів у складі сполуки MgSO₄ має позитивний вплив на ріст молодих рослин. Кудесан, завдяки наявності у ньому убіхінону, забезпечує синтез енергії у організмі, є учасником окисно-відновних реакцій,

чинить антиоксидантну дію: захищає мембрани клітин, ліпопротеїдні частини та ДНК від руйнівного впливу агресивних іонів кисню [15]. Саме завдяки цим встановленим властивостям складових досліджуваних препаратів, було отримано позитивний вплив цих речовин на ріст надземної частини проростків *Ginkgo*.

Варто зазначити, що висота стебла у проростків *Ginkgo biloba* була приблизно однаковою, що пояснюється вирівняною кількістю світла, особливо при вирощуванні рослин у закритому ґрунті.

ВИСНОВКИ

Таким чином, проведені нами дослідження впливу метаболічно активних речовин на процеси проростання насіння та морфометричні показники проростків *Ginkgo biloba* свідчать про ефективність їх використання для передпосівної обробки насіння.

Встановлено, що з досліджуваних метаболічно активних речовин на схожість насіння 2019 року збору найкраще впливали Кудесан, Параоксибензойна кислота та багатокомпонентна композиція Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO₄. Насіння 2020 року збору мало вищу схожість за дії на нього MgSO₄ та композицій у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК та Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO₄.

Найвищий показник середньої довжини кореня у проростків 2020 р. забезпечила композиція метаболічно активних речовин у складі Вітамін Е + Метіонін + ПОБК, а у проростків 2021 р. – однокомпонентні сполуки Метіоніну, Вітаміну Е та три- і чотирикомпонентні композиції.

На показник середньої кількості бічних коренів у 2020 р. найкращий вплив мали як однокомпонентна сполука Метіоніну, так і композиції речовин: трикомпонентна (Вітамін Е + ПОБК + Метіонін) та чотирикомпонентна (Вітамін Е + Метіонін + ПОБК + MgSO₄). У 2021 р. найбільш ефективними були Вітамін Е, Кудесан та чотирикомпонентна композиція.

На висоту стебла проростків рослин *Ginkgo biloba* 2020 р. найефективніше впливала лише багатокомпонентна композиція Вітамін Е + ПОБК + Метіонін + MgSO₄. У 2021 р. найкращий вплив на цей показник мали MgSO₄ та Кудесан.

Зважаючи на все вищезазначене, можна зробити висновок, що використання метаболічно активних речовин та їх композицій для підвищення показника схожості насіння та покращення росту молодих проростків залежить від особливостей формування насіння та вмісту у ньому поживних речовин. Для отримання якісного посадкового матеріалу доцільно використовувати такі речовини для передпосівної обробки насіння *Ginkgo biloba*.

ПОДЯКА

Висловлюємо подяку завідувачу відділу дендрології, доктору сільськогосподарських наук, старшому науковому співробітнику НБС ім. М. М. Гришка Ю.О. Клименку за сприяння у зборі насіннєвого матеріалу.

ЛІТЕРАТУРА

1. The Ginkgo pages [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://kwanten.home.xs4all.nl/usage.htm#leaves>.
2. Mustoe, G. E. Eocene Ginkgo leaf fossils from the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Botany*. 2002, 80 (10), pp 1078–1087.
3. Rui, Guan; Yunpeng, Zhao; He, Zhang et al. Draft genome of the living fossil *Ginkgo biloba*. *GigaScience*. 2016. 5 (1), pp 5–49.
4. Кучерява, Л. Ф.; Войтюк, Ю. О.; Нечитайло, В. А. *Систематика вищих рослин*. Т. 1 : Археогоніати. Фітосоціоцентр: Київ, 1997; 136 с.
5. Остудімов, А. О. Гінкго дволопатева в Україні: насінний потенціал, особливості вирощування та використання садивного матеріалу: автореф. дис. ... канд. с.-г. наук: 06.03.01; ДВНЗ Нац. лісотехн. ун-т України; Львів, 2011; 20 с.
6. Остудімов, А.О.; Гузь, М.М. Вирощування садивного матеріалу гінкго дволопатевого насінним шляхом: практичні рекомендації. РВВ НЛТУ України: Львів, 2011; 43 с.
7. Синіціна, Л.В. Біологічні особливості *Ginkgo biloba* L. в умовах девастових ландшафтів. Автореферат дисертації. КНУ ім. Шевченка: Київ, 2002; 22 с.
8. Терещук, А.І. *Гінкго цілитель*.; Вид-во «Волинські обереги»: Рівне, 2005; 228 с.
9. Юдіна, Ю.В. Розробка складу та технології геріатричного препарату у формі гранул на основі порошку листя гінкго дволопатевого: автореф. дис... канд. фармац. наук: 15.00.01; Нац. фармац. ун-т. Харків, 2007; 21 с.
10. Sasakia K. *Chemistry and biological activities of Ginkgo biloba*. Hokkaido, 2007. 177 p.
11. 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. Збірник статей І Всеукраїнських науково-практичних читань пам'яті професора І.І.Гордієнка, 10-11 листопада 2021; НДУ імені Миколи Гоголя: Ніжин, 2021; с. 38-41.
12. Стімпо [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.agrobiotech.com.ua/ua/stimpo>
13. Гордієнко, М.Г.; Гузь, М.М.; Дербинюк, Ю.М.; Маурер, В.М. *Лісові культури*. Камула: Львів, 2005; 608 с.
14. Єщенко, В. О.; Копитко, П. Г.; Опришко, В. П.; Костогряз, П.В. *Основи наукових досліджень в агрономії*.; за ред. В. О. Єщенко; Дія: Київ, 2005; 288 с.
15. Stahl, E.; Hartmann, M.; Scholten, N.; Zeier, J. A Role for Tocopherol Biosynthesis in Arabidopsis Basal Immunity to Bacterial Infection. *Plant Physiol*. 2019, 181 (3), pp 1008–1028.
16. Макрушин, М. М.; Макрушина, С. М.; Петерсон, Н. В.; Мельников, М. М. *Фізіологія рослин* / за ред. М. М. Макрушина; Нова Книга: Вінниця, 2006. 416 с.
17. Hildebrandt, T. M.; Nunes Nesi, A.; Araújo, W. L.; Braun, H. P. Amino Acid Catabolism in Plants. *Mol Plant*. 2015, 8 (11), pp 1563–1579.