



УДК 581.1;581,6;631.1

DOI <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.6.2023.2>

ВПЛИВ СТИМУЛЯТОРІВ РОСТУ ТА ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ НА ВКОРІНЕННЯ ЖИВЦІВ *BUXUS SEMPERVIRENS* L.

Л. О. Мікуліч¹, Ю. Г. Приседський², О. В. Машталер³, А. В. Поліщук⁴

Для створення ландшафтних композицій різних об'єктів широко використовують *Buxus sempervirens* L., так як цей вид добре піддається стрижці, є тіньовитривалим та морозостійким. Найефективнішим та найпоширенішим методом розмноження *Buxus sempervirens* L. є вегетативний. Важливими є дослідження саме біологічних особливостей вегетативного розмноження досліджуваного виду, в тому числі з використанням фітогормонів та LED-лазерного опромінення, що надає можливість отримати якісний та стійкий посадковий матеріал. Використання лазерного опромінення є більш екологічно безпечним та економічно вигідним методом стимуляції росту, на відміну від використання фітогормонів. У статті наведені результати впливу стимуляторів росту та лазерного опромінення на ростові процеси та вкорінення живців *Buxus sempervirens* L.

Метою роботи було експериментально перевірити і порівняти вплив стимуляторів росту та лазерного опромінення на живці *Buxus sempervirens* L. Досліджено позитивний ефект вкорінення живців в результаті дії лазерного опромінення та стимуляторів росту, а також наведена оцінка ефективності використання фітогормональних препаратів та LED-лазерного опромінення. В ході експерименту визначено вплив стимуляторів росту на вкорінення живців *Buxus sempervirens* L. Так, живці, оброблені «Гетероауксином», мали високий ступінь вкорінення, рівномірно розвинуту та розгалужену кореневу систему. На живцях, які не обробляли стиму-

¹ старший викладач кафедри ботаніки та екології
(Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця)
e-mail: l.mikuluch@donnu.edu.ua
ORCID: 0000-0002-7925-0736

² доктор біологічних наук, професор кафедри ботаніки та екології
(Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця)
e-mail: yu.prysedskyi@donnu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-3368-9484

³ кандидат біологічних наук, доцент,
в.о. завідувача кафедри ботаніки та екології
(Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця)
e-mail: o.mashtaler@donnu.edu.ua
ORCID: 0000-0003-1896-824X

⁴ студент кафедри ботаніки та екології
(Донецький національний університет імені Василя Стуса, м. Вінниця)
e-mail: polishchuk.a@donnu.edu.ua
ORCID: 0009-0005-2853-1537

ляторами росту, утворення коренів не спостерігалось. За результатами опромінення живців, позитивний вплив спостерігали за комплексного опромінення червоним та синім лазерами з найбільшою тривалістю опромінення. Комплексне опромінення з меншою тривалістю або опромінення одною лазерною системою дав середній показник коренеутворення. Тобто, опромінення світлодіодними лазерами та обробка стимуляторами росту живців *Buxus sempervirens* перед висадкою в ґрунт позитивно впливає на їх вкорінення.

Отже, отримані дані дослідницької роботи рекомендується використовувати для отримання високоякісного садивного матеріалу *Buxus sempervirens* L. з подальшим використанням у декоративному садівництві.

Ключові слова: стимулятори росту, *Buxus sempervirens* L., гетероауксин, LED-лазери, лазерне опромінення.

THE INFLUENCE OF GROWTH STIMULATORS AND LASER IRRADIATION ON THE ROOTING OF BUXUS SEMPERVIRENS L.

L. O. Mikulich, Y. H. Prysedskyi, O. V. Mashtaler, A. V. Polishchuk

To create landscape compositions of various objects, *Buxus sempervirens* L. is widely used, as this species lends itself well to shearing, is shade-tolerant and frost-resistant. The most effective and common method of reproduction of *Buxus sempervirens* L. is vegetative. It is important to study the biological features of the vegetative propagation of the studied species, including the use of phytohormones and LED-laser irradiation, which provides an opportunity to obtain high-quality and stable planting material. The use of laser irradiation is a more ecologically safe and economically beneficial method of growth stimulation, in contrast to the use of phytohormones. The article presents the results of the effect of growth stimulants and laser irradiation on the growth processes and rooting of *Buxus sempervirens* L. cuttings. The purpose of the work was to experimentally test and compare the effects of growth stimulants and laser irradiation on *Buxus sempervirens* L. cuttings. The positive effect of cuttings rooting as a result of laser irradiation and growth stimulants, as well as an assessment of the effectiveness of the use of phytohormonal preparations and LED laser irradiation. During the experiment, the influence of growth stimulants on the rooting of *Buxus sempervirens* L. cuttings was determined. Thus, the cuttings treated with «Heteroauxin» had a high degree of rooting, a uniformly developed and branched root system. Root formation was not observed on cuttings that were not treated with growth stimulants. According to the results of irradiation of cuttings, a positive effect was observed during complex irradiation with red and blue lasers with the longest duration of irradiation. Complex irradiation with a shorter duration or irradiation with a single laser system gave an average rate of root formation. That is, irradiation with LED-lasers and treatment with growth stimulants of *Buxus sempervirens* L. cuttings before planting in the soil has a positive effect on their rooting. Therefore, it is recommended to use the obtained data of the research work to obtain high-quality planting material of *Buxus sempervirens* L. with further use in decorative horticulture.

Key words: growth stimulants, *Buxus sempervirens* L., heteroauxin, LED-laser, laser irradiation.

Вступ

Самшит вічнозелений *Buxus sempervirens* L. відноситься до роду *Buxus*, який налічує 30 видів. Завдяки своїй декоративності протягом всього року, здатності добре переносити «стрижку», морозостійкості та тіньовитривалості *B. sempervirens* використовують поодинокі та в групових композиціях, у бордюрних насадженнях, контейнерах, для створення топіарних форм та стрижених огорож. Для розведення самшиту та збереження його декоративних властивостей використовують вегетативне розмноження за допомогою живців (Калініченко, 2003; Олійник, 2022).

Особливості вегетативного розмноження *B. sempervirens* в умовах Сумського НАУ

досліджували В. С. Токмань і А. О. Черв'яцов (Токмань і Черв'яцов, 2014). Аналіз впливу росторегулятивних речовин на вихід укорінених стеблових живців самшиту вічнозеленого *B. sempervirens* наведені в роботах Прокопчук В. М., Циганський В. І., Циганська О. І., Leandro Marcolino Vieira (Прокопчук та ін., 2018; Leandro Marcolino Vieira & Silvano Kruchelski, 2018). В літературі представлено достатньо інформації щодо біологічних основ розмноження *B. sempervirens* в умовах закритого ґрунту (Жемчужин і Ярошук, 2014; Машеська і Єремчук, 2015), а також досліджені питання особливостей впливу регуляторів росту на активацію процесів укорінення

напівздерев'янілих живців декоративних листяних кущів (Пінчук і Косенко, 2015).

Вивчене питання впливу лазерного опромінення, як екологічних систем, на стимулювання насіння олійних культур, календули лікарської, робінії звичайної, огірка посівного, змієголовника турецького та декоративних кущів (Hanna Szajsner, 2014; Приседський і Гутянська, 2017; Prysedskyi & Kozlova, 2021; Prysedskyi & Lahunova, 2022), а також проведені дослідження впливу опромінення на рослини еustomи, кількість пігменту у квітках та збільшення параметрів всієї рослини, і як результат підвищення її декоративних якостей (Abou-Dahab M. Abou-Dahab et al., 2019).

Як ми бачимо, в літературі багато інформації щодо біологічних особливостей *B. sempervirens* та використання його в зовнішньому озелененні, способів вкорінення живців даного виду за допомогою різних стимуляторів росту. Представлені результати щодо вивчення лазерного опромінення на ростові показники рослин, але недостатньо уваги приділено агротехніці вирощування високоякісного садивного матеріалу декоративних кущів, в тому числі самшиту за допомогою опромінення лазерними системами перед посадкою. Тому, актуальним є пошук нових більш екологічних методів, які активують коренеутворення і стимулюють ріст утворених корінців *B. sempervirens* та порівняння з уже існуючими методами активації коренеутворення.

Метою дослідження було експериментально перевірити і порівняти результати впливу стимуляторів росту на вкорінення живців та впливу лазерного опромінення на живці *B. sempervirens*.

Матеріал і методи

Досліди були проведені протягом 2018–2020 років на кафедрі ботаніки та екології ДонНУ імені Василя Стуса. Для проведення досліджень використовували пагони *B. sempervirens* довжиною 10–15 см із п'яткою (відрізком дворічної деревини). В лабораторних умовах за температури 20 °С живці висаджувалися після обробки рістактивуючими речовинами у лотки з ґрунтом. Залежно від завдань експерименту використовувалось від 3 до 20 живців у кожному варіанті досліду (рис. 1).

Обробку фітогормональними препаратами здійснювали відповідно інструктивних рекомендацій виробників (табл. 1). Використовували препарат «Гетероауксин» (діюча речовина β-індолілоцтова кислота) та «Корневін» (β-індолілмасляна кислота).

Для дослідження впливу систем лазерного опромінення на вкорінення живців *B. sempervirens* використовували LED-лазери: BRP-3010-5 з випромінюванням червоного спектру з довжиною хвилі 635 нм, ВВР-3010-5 з випромінюванням синього спектру з довжиною хвилі 405 нм (виробник BOB LASER Co., Китай). Опромінення живців проводили за схемою повного двофакторного трирівневого експерименту (табл. 2) (Приседський, 2005).

Під час зняття результатів досліду у рослин враховувалися кількість утворених корінців, їх довжина, приріст пагонів. На основі отриманих даних також проводили оцінку ефективності використання фітогормональних препаратів та LED-лазерного опромінення, використовували шкали сили укорінення та успішності укорінення (табл. 3). (Колесніченко та ін., 2008).



Рис. 1. Живці *B. sempervirens* після обробки стимуляторами росту

Таблиця 1

Варіанти обробки живців *B. sempervirens* фітогормональними препаратами

Варіант	Назва препарату	Концентрація, мг/л	Термін обробки, год.
1	Без фітогормонів (контроль)	0	0
2	Гетероауксин	100	6
3	Корневін	100	6

Таблиця 2

Схема дослідження впливу лазерного опромінення живців *B. sempervirens*

Варіант	Опромінення червоним світлом (360 нм)		Опромінення синім світлом (405 нм)	
	Термін опромінення, сек.	Енергія опромінення, мДж/см ²	Термін опромінення, сек.	Енергія опромінення, мДж/см ²
1	0	0	0	0
2	5	25,05	0	0
3	10	51,10	0	0
4	0	0	5	25,05
5	5	25,05	5	25,05
6	10	51,10	5	25,05
7	0	0	10	51,10
8	5	25,05	10	51,10
9	10	51,10	10	51,10

Таблиця 3

Шкали визначення ефективності стимуляторів та LED-опромінення

Сила укорінення		Успішність укорінення	
Бал	Показник	Бал	Показник
0	укорінення відсутнє	0	живці не укорінилися (0%)
1	укорінення слабе. Корені поодинокі, слабкі, нерозгалужені (калюс ледве помітний, невиразний)	1	живці укорінилися дуже слабо (1–20%)
2	укорінення середнє. Спостерігається декілька добре розвинутих коренів (калюс добре помітний, більш-менш рівномірно розподілений навколо місця зрізання живця)	2	живці укорінилися слабо (21–40%)
3	укорінення сильне. Коренева система	3	живці укорінилися задовільно (41–60%)
4	сильно та рівномірно розвинута, добре розгалужена, надійна (калюс потужний, сформований у вигляді великого напливу)	4	живці укорінилися добре (61–80%)
5		5	живці укорінилися дуже добре (81–100%)

Отримані результати піддавалися статистичному аналізу (Приседський Ю.Г., 2005).

Результати та обговорення

Починаючи експериментальне дослідження, ми мали на меті дослідити вплив стимулюючих речовин, а саме «Гетероауксину» і «Корневіну» та вплив лазерного опромінення на вкорінення здерев'янілих живців *B. sempervirens*. Нами було взято для кожного експерименту по 20 живців досліджуваного виду. В першому лотку передбачали контроль, тобто полив живців здійснювали звичайною водою. Перед висадкою у другий лоток, живці були замочені в розчині коренеутворювача «Корневін» і згодом поливалися цим розчином. Перед висадкою у третій

лоток живці були замочені в розчині коренеутворювача «Гетероауксин» і згодом поливалися цим розчином. Концентрації розчинів відповідають рекомендаціям виробника. Дослід було закладено на 2 місяці (60 діб) з метою подальшого вкорінення живців.

Варто зазначити, що перші результати досліду були помітні на 21 день експерименту. Живці, які підживлювалися коренеутворювачами різко пішли в ріст, особливо живці, що оброблялися «Гетероауксином» (рис. 2).

За результатами досліду видно, що застосування препаратів «Гетероауксин» та



Рис. 2. Живці, що підживлювались коренеутворювачами – «Гетероауксином» та «Корневіном»

«Корневін» позитивно вплинули на процеси утворення коренів на живці самшиту та мали стимуляційний вплив на укорінення (табл. 4).

Серед обраних нами стимуляторів росту найбільший відсоток вкорінення дав «Гетероауксин» – 90% від усіх живців. «Корневін» також позитивно вплинув на вкорінення живців і його результат становив 50%. В контрольній групі пішли в ріст лише 10% живців. Тобто, стимулятори росту коренеутворення дають позитивний результат для активізації ростових процесів живців, що ще раз підтверджує результати досліджень інших науковців.

Наступним етапом дослідження було дослідити вплив лазерного опромінення на вкорінення здерев'янілих живців *B. sempervirens* та порівняти кількісно з застосуванням стимуляторів росту.

Для перевірки впливу опромінення живців на можливість коренеутворення нами проводилось дослідження з впливу червоного та синього когерентного монохроматичного світла. Для кожного варіанту досліду ми брали 20 живців. Тривалість опромінення живців червоним (довжина хвилі 635 нм) і синім когерентним монохроматичним світлом (довжина хвилі 405 нм) становила 0,5 та 10 секунд (табл. 5).

Як видно з таблиці, опромінення живців суттєво впливало на показники коренеутворення. Слід зазначити, що рослини, які не піддавалися опроміненню або опромінювалися одним лазером, мали пригнічені ростові показники або взагалі не утворювали нових коренів. Так, в контрольному варіанті, де живці не опромінювалися, та в варіантах з використанням одного лазера, ефект коренеутворення був нижчий, ніж при опромі-

Таблиця 4
Активізація ростових процесів здерев'янілих живців *B. sempervirens*

Назва стимулятора росту	Абсолютна кількість активованих живців (шт.)	Відсоток (%)
Контроль	2 ± 0,05	10
Корневін	10 ± 0,11	50
Гетероауксин	18 ± 0,15	90

Таблиця 5
Результати вкорінення живців після опромінення

Варіант досліду	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кількість вкорінених живців	0	13	0	7	20	20	13	1	20
Середня довжина коренів, см	0	0,9	0	0,5	0,51	2,18	1,97	0,66	2,3

ненні двома лазерами. Тобто опромінення живців покращувало процес утворення корінців і ефект коренеутворення залежав від тривалості та наявності комплексного опромінення.

З таблиці видно, що в контролі (варіант 1), жоден з живців не утворив коренів. Всі живці були вкорінені у варіантах 5, 6 та 9, що вказує на найвищий показник вкорінення. Середній показник утворення корінців спостерігався у варіантах 2, 4, 7 та 8. У варіанті третьому опромінювали живці червоним світлом тривалістю 10 секунд, довжина хвилі якого 635 нм, але жоден живець не вкорінився.

Визначивши середню довжину коренів кожного варіанту, ми отримали наступні результати. Найбільший показник середньої довжини коренів 2,3 см мають живці, що опромінені комплексно червоним та синім світлом тривалістю по 10 секунд кожен (варіант 9). Живці після опромінення червоним світлом тривалістю 10 секунд та синім світлом тривалістю 5 секунд мали середню довжину коренів 2,18 см (6 варіант) (рис. 3).

Живці, опромінені тільки синім світлом, в результаті експерименту мали середню довжину 1,97 см (варіант 7). Варіанти 2, 4, 5 та 8 мали менший ефект від опромінення, але в порівнянні з контролем дали позитивний результат. Так, середня довжина корінців при опроміненні червоним світлом тривалістю 5 секунд становила 0,9 см (2 варіант), а лише червоним з такою ж тривалістю – 0,5 см (варіант 4). При комплексному опроміненні червоним та синім світлом тривалістю по 5 секунд, середня

довжина корінців становила 0,51 см (варіант 5). При опроміненні живців червоним світлом тривалістю 5 секунд та синім світлом тривалістю 10 секунд, середня довжина корінців сягнула 0,66 см.

За результатами дослідження можемо зробити висновок, що значний позитивний вплив спостерігався за комплексного опромінення червоним та синіми лазерами з найбільшою тривалістю опромінення. Середній показник коренеутворення дало комплексне опромінення з меншою тривалістю або опромінення одною лазерною системою. Але опромінення червоним світлом тривалістю 10 секунд не дало результату, тобто жоден з живців не утворив коренів. За результатами експерименту, опромінення світлодіодними лазерами живців *B. sempervirens* перед висадкою в ґрунт позитивно впливає на їх вкорінення.

Далі визначили силу укорінення живців за 3-бальною шкалою, наведеною в таблиці 3. Живці, які не обробляли стимуляторами росту та не піддавали опроміненню, отримали 0 балів, так як укорінення було відсутнє. Живці, оброблені стимуляторами росту, мали сильну ступінь укорінення, коренева система рівномірно розвинута, добре розгалужена і за школою отримала 3 бали. Живці, опромінені або червоним світлом, або синім, мали середній ступінь укорінення і в них сформувались декілька добре розвинутих коренів, отримали 2 бали. Тільки живці, що опромінені двома лазерами, мали сильне укорінення та отримали 3 бали, як і живці, оброблені стимуляторами росту.



Рис. 3. Укорінені живці *B. sempervirens* після комплексного опромінення (5 та 6 варіант дослід)

Оцінивши успішність укорінення стеблових живців за 5-бальною шкалою, отримали наступні результати. Варіанти, які не піддавалися опроміненню або опромінювалися червоним світлом тривалістю 10 секунд, отримали 0 балів. Живці, опромінені синім світлом тривалістю 5 секунд, укорінилися слабо, лише на 35% і за шкалою отримали 2 бали. Живці, що укорінилися добре – 65% (4 бали), були опромінені червоним світлом 5 секунд, синім світлом 10 секунд і червоним 5 секунд та синім 10 секунд в комплексі. І серед живців були такі, що укорінилися дуже добре, тобто на 100 % (5 балів), а саме комплексне опромінення червоним 5 секунд та синім 5 секунд, червоним 10 секунд та синім 5 секунд та червоним 10 секунд і синім 10 секунд.

Живці, оброблені «Корневіном», отримали 3 бали, оскільки живці укорінилися задовільно і це становило 50% від усіх живців, а живці, оброблені «Гетероауксином», мали результат 90%, за що отримали 5 балів за шкалою успішності укорінення стеблових живців. І відповідно живці, що тримали

0 балів, не укорінилися через те, що не підлягали обробці стимуляторами росту.

Висновки

Аналіз проведених досліджень показав, що різні стимулятори росту та варіанти опромінення живців по-різному впливають на розвиток *B. sempervirens*. За результатами наших досліджень встановлено, що позитивний вплив має комплексне опромінення червоним та синіми лазерами з найбільшою тривалістю опромінення, а середній показник коренеутворення дало комплексне опромінення з меншою тривалістю або опромінення одною лазерною системою. Всі використані стимулятори росту під час дослідження мали позитивний вплив на процеси утворення коренів, але найбільший ефект мав «Гетероауксин» – 90% від усіх живців, а «Корневін» – 50%, що вказує на середній рівень коренеутворення. Отже, вплив стимуляторів росту і лазерного опромінення мають позитивний ефект, а це є важливим для отримання якісних живців, для подальшого їх використання в зовнішньому озелененні.

Список використаної літератури

Жемчужин В.Ю., Ярощук Р.А. Особливості вегетативного розмноження самшиту вічнозеленого (*Vixus sempervirens* L.). *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія»*. 2014. Вип. 3 (27). С. 82–85.

Калініченко О.А. Декоративна дендрологія : навч. посібник. Київ : Вища шк., 2003. 199 с.

Колесніченко О.В., Слюсар С.І., Якобчук О.М. Методичні рекомендації з розмноження деревних декоративних рослин Ботанічного саду НУБіП України. Київ, 2008. С. 21–22.

Машевська А.С., Єремчук Т.М. Особливості розмноження *Vixus sempervirens* L. в умовах закритого ґрунту. *Актуальні проблеми фундаментальних наук: матеріали I Міжнар. наук. конф. присвячено 75 річчю проф. Олексюка І.Д. Луцьк : Вежа-Друк – 2015. С. 352–354.*

Машевська А. Єремчук Т. Біологічні основи розмноження самшиту вічнозеленого *Vixus sempervirens* L. в умовах закритого ґрунту. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки*. 2015. Вип. 2. С. 33–38.

Олійник Д.О. Самшит вічнозелений: досвід і перспективи використання в озелененні. *Молодь – аграрній науці і виробництву. Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, електроенергетиці, лісовому та садово-парковому господарстві: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти. Білоцерківський НАУ, 2022. С. 44–46.*

Пінчук А.П., Косенко Ю.І. Використання стимуляторів росту для активації укорінення здерев'янілих живців декоративних листяних кущів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. 2015. Вип. 229. С. 95–100.

Приседський Ю.Г., Гутянська С.С. Вплив лазерного опромінення насіння на ростові процеси та вміст пігментів у проростках олійних культур. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 2 (66). С. 10–12.

Приседський Ю.Г. Пакет програм для проведення статистичної обробки результатів біологічних експериментів : навчальний посібник. Донецьк : ДонНУ, 2005. 75 с.

Прокопчук В.М., Циганський В.І., Циганська О.І. Вплив стимуляторів росту на вкорінення живців самшиту вічнозеленого *Vixus sempervirens* L. в умовах закритого ґрунту. *Науковий вісник НАТУ України*. 2018, Т. 28, № 7. С. 57–59.

- Токмань В.С., Черв'яцов А.О. Особливості вегетативного розмноження *Buxus sempervirens* L. в умовах Сумського НАУ. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агронімія і біологія»*. 2014. Вип. 9 (28). С. 6–10.
- Abou-Dahab M. Abou-Dahab, Tarek A. Mohammed, Amaal A. Heikal, Lobna S. Taha, Ahmed M. M. Gabr, Sami A. Metwally, Awatef I. R. Ali. In vitro laser radiation induces mutation and growth in *Eustoma grandiflorum* plant. *Bulletin of the National Research Centre*. 2019. P. 1–13.
- Hanna S, Babelowski P. The influence of laser beam and auxins on rooting of leather leaf viburnum (*Viburnum rhytidophyllum* Hemsl). *Cutting. Journal of Horticultural Research*. 2014. 22(1). P. 63–66.
- Kew Science. Plants of the world online. [Electronic resource] URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:15130-1/general-information> (дата звернення 01.07.2023).
- Leandro Marcolino Vieira, Silvano Kruchelski, Erik Nunes Gomes, Katia Christina Zuffellato-Ribas. Indolebutyric acid on boxwood propagation by stem cuttings. *Ornam. Hortic.* V. 24, №. 4, 2018. 347–352.
- Prysedskiy Yu and Lahunova A. Combination Laser Irradiation Effect on Growth Parameters and Chlorophyll Content of Selected Poaceae Plants. *Modern Concepts & Developments in Agronomy* 11(5).2022. P. 1142–1146.
- Prysedskiy Yu, Kozlova M. Effect of laser irradiation of seeds on growth parameters of *Dracocephalum moldavica* L. *IOSR Journal of Pharmacy And Biological Sciences*. 2021. 16 (6 SER II). P. 48–52.

References (translated & transliterated)

- Zhemchuzhy`n, V.Yu., & Yaroshhuk R.A. (2014). Osobly`vosti vegetaty`vnogo rozmnozhennya samshy`tu vichnozelenogo (*Buxus sempervirens* L.) [Features of vegetative propagation of evergreen boxwood (*Buxus sempervirens* L.)]. *Visny`k Sums`kogo nacional`nogo agrarnogo universy`tetu. Seriya «Agronomiya i biologiya» [Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Agronomy and Biology]*, 3 (27), 82–85 [in Ukrainian].
- Kalinichenko, O.A. (2003). Dekoraty`vna dendrologiya: navch. posibny`k [Decorative dendrology: teaching. manual]. Ky`yiv: Vy`shha shk [in Ukrainian].
- Kolesnichenko, O.V., Slyusar, S.I., & Yakobchuk, O.M. (2008). Metody`chni rekomendaciyi z rozmnozhennya derevny`x dekoraty`vny`x rosly`n Botanichnogo sadu NUBiP Ukrayiny` [Methodical recommendations for the propagation of woody ornamental plants of the Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine] Kyiv, 21–22 [in Ukrainian].
- Mashevsjka, A.S., & Jeremchuk, T.M. (2015). Osoblyvosti rozmnozhennja *Buxus sempervirens* L. v umovakh zakrytogo ghruntu [Peculiarities of reproduction of *Buxus sempervirens* L. in closed soil conditions]. *Aktualjni problemy fundamentalnykh nauk: materialy I Mizhnar. nauk. konf., Lutsk prysvjacheno 75 richchju prof. Oleksejuka I. D. Lutsk: Vezha-Druk [Actual problems of fundamental science: I International Conferens Lutsk dedicadet to the 75th anniversare prof. Oleksejuka I. D.]*, 352–354 [in Ukrainian].
- Mashes`ka, A., & Yeremchuk, T. (2015). Biologichni osnovy` rozmnozhennya samshy`tu vichnozelenogo *Buxus sempervirens* L. v umovax zakry`togo g`runtu [Biological basis of propagation of evergreen boxwood *Buxus sempervirens* L. in closed grounds]. *Naukovyj visny`k Sxidnoyevropejs`kogo nacional`nogo universy`tetu imeni Lesi Ukrayinky [Scientific Bulletin of the Lesya Ukrainka Volyn National University]*, 2, 33–38 [in Ukrainian].
- Olijnyk, D.O. (2022). Samsyt vicnozelenyj: dosvid i perspektyvy vykorystannja v ozelenenni [*Buxus sempervirens*: experience and prospects of use in gardening]. *Molod`-aharnij nauci i vyrobnyctvu. Innovacijni tehnolohiji v ahronomiji, zemleustroji, elektroenerhetyci, lisovomu ta sadovo-parkovomu gospodarstvi: materialy Vseukrajins`koji naukovoprakty`čnoji konferenciji zdobuvaciv vyscoji osvity. Bilocerkivs`kij NAU [Youth in agricultural science and production. Innovative technologies in agronomy, land management, electricity, forestry and horticulture. All-Ukrainian scientific and practical conference students of higher education. Bila Tserkva National Agrarian University]*, 44–46 [in Ukrainian].
- Pinchuk, A.P., & Kosenko, Ju.I. (2015). Vykorystannja stymuljatoriv rostu dlja aktyvaciji ukorinennja zderev`janilykh zhyvciv dekoratyvnykh lystjanykh kushhiv [The use of growth stimulants to activate the rooting of lignified cuttings of decorative leafy shrubs]. *Naukovyj visnyk Nacional`nogho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannja Ukrajiny. Serija: Lisivnyctvo ta dekoratyvne sadivnyctvo [Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine. Series: Forestry and decorative horticulture]*, 229, 95–100 [in Ukrainian].

Prysedskyj, Yu.H. (2005). Paket prohram dlja provedennja statystychoji obrobky resul'tativ biolohichnych eksperymentiv [The software package for the statistical analysis of the results of biological experiments]. Donetsk: DonNU, 75 [in Ukrainian].

Prysedskyi, Yu.H., & Ghutjansjka, S.S. (2017). Vplyv lazernogho oprominennja nasinnja na rostovi procesy ta vmist pighmentiv u prorostkakh olijnykh kuljtur [Effect of laser irradiation seeds on the growth processes and pigment content in oil crops]. *Naukovi dopovidi NUBIP Ukrainy [Scientific reports of NULES of Ukraine]*, 2 (66), 10–12 [in Ukrainian].

Prokopchuk, V.M., Cyghansjkyj, V.I., & Cyghansjka, O.I. (2018). Vplyv stymuljatoriv rostu na vkorinennja zhyvciv samshytu vichnozelenogho *Buxus sempervirens* L. v umovakh zakrytogho gruntu [The influence of growth stimulators on *Buxus sempervirens* L. lives calculation under conditions of closed soil]. *Naukovyj visnyk NLTU Ukrainy [Scientific Bulletin of UNFU]*, 28, 7, 57–59 [in Ukrainian].

Tokman, V.S., & Červjacov, A.O. (2014). Osoblyvosti vehetatyvnoho rozmnožennja *Buxus sempervirens* L. v umovax sums'koho NAU [Features vegetative propagation *Buxus sempervirens* L. in Sumy National Agrarian University]. *Visnyk Sums'koho nacional'noho ahrarnoho universytetu. Serija «Ahronomija i biolohija» [Bulletin of the Sumy National Agrarian University. Series: Agronomy and biology]*, 9 (28), 6–10 [in Ukrainian].

Abou-Dahab M. Abou-Dahab, Tarek A. Mohammed, Amaal A. Heikal, Lobna S. Taha , Ahmed M. M. Gabr , Sami A. Metwally & Awatef I. R. Ali. (2019). In vitro laser radiation induces mutation and growth in *Eustoma grandiflorum* plant. *Bulletin of the National Research Centre*, 1–13. <https://doi.org/10.1186/s42269-018-0036-z> [in English].

Hanna, S., & Babelewski, P. (2014). The influence of laser beam and auxins on rooting of leather leaf viburnum (*Viburnum rhytidophyllum* Hemsl). *Cutting. Journal of Horticultural Research*, 22(1), 63–66. <https://doi.org/10.2478/johr-2014-0007> [in English].

Kew Science. Plants of the world online. [Electronic resource] URL: <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:15130-1/general-information> (access date 01.07.2023) [in English].

Leandro Marcolino Vieira, Silvano Kruchelski, Erik Nunes Gomes, Katia Christina Zuffellato-Ribas (2018). Indolebutyric acid on boxwood propagation by stem cuttings. *Ornam. Hortic*, 24 (4), 347-352. <https://doi.org/10.14295/oh.v24i4.1185> [in English].

Prysedskyi, Yu., & Lahunova, A. (2022). Combination Laser Irradiation Effect on Growth Parameters and Chlorophyll Content of Selected Poaceae Plants. *Modern Concepts & Developments in Agronomy*, 11(5), 1142-1146. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2003.10.003> [in English].

Prysedskyi, Yu., & Kozlova, M. (2021). Effect of laser irradiation of seeds on growth parameters of *Dracocephalum moldavica* L. *IOSR Journal of Pharmacy And Biological Sciences*, 16 (6 SER II), 48–52. <https://doi.org/10.9790/3008-1606024852> [in English].

Отримано: 22.11.2023

Прийнято: 04.12.2023