

Rhizogenesis of green cuttings of *Catalpa bignonioides* Walt. depending on the application of auxins

Andriy G. Bulat

State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine,

e-mail: bulatandrey1977@gmail.com; ORCID ID: [0000-0001-9682-4220](https://orcid.org/0000-0001-9682-4220)

Abstract.

Aims. In view of the increasing demand for high-quality planting material for urban landscaping, it is relevant to improve vegetative propagation technologies for promising ornamental species, particularly *Catalpa bignonioides*. Despite its high ornamental value, this species is used only to a limited extent in the southern Left-Bank Forest-Steppe of Ukraine due to the lack of seedlings. **Methods.** The study focused on evaluating the effectiveness of different types of auxins (indole-3-acetic acid — IAA, indole-3-butyric acid — IBA, naphthaleneacetic acid — NAA) and their concentrations in stimulating rhizogenesis of green cuttings of *C. bignonioides*. The experiment was conducted with freshly harvested green cuttings collected during the active growth period from the apical, medial, and basal parts of shoots. **Results.** The experiment showed that the highest rooting efficiency was observed in basal cuttings treated with IAA (50 mg/L), where rooting reached 85.5%, and the total root length exceeded 106 cm. Apical cuttings demonstrated the lowest rooting capacity, even when treated with auxins. Significant differences in the shoot growth of green cuttings of *C. bignonioides* were found depending on the type of auxins used (IAA or IBA) and the morphogenetic origin of the cuttings — in particular, basal and medial. The highest shoot growth was recorded in the variant with IAA treatment: the average shoot growth reached 19.5 cm, which was more than twice the value of the control. **Conclusions.** The study substantiates the feasibility of using basal and medial cuttings pretreated with IAA or IBA at a concentration of 50 mg/L for 24 hours. The results can be applied in developing vegetative propagation technologies for *C. bignonioides* under controlled conditions, followed by their implementation in ornamental and forest nursery practices.

Key words: green cuttings, callus, morphogenetic type of cutting, introduced plant, rooting stimulators, rooting capacity.

Ризогенез зелених живців *Catalpa bignonioides* Walt. залежно від застосування ауксинів

Андрій Г. Булат

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,

e-mail: bulatandrey1977@gmail.com; ORCID ID: [0000-0001-9682-4220](https://orcid.org/0000-0001-9682-4220)

Реферат.

Мета. У зв'язку зі зростаючими потребами у високоякісному садивному матеріалі для озеленення міських територій актуальним є удосконалення технологій вегетативного розмноження перспективних декоративних видів, зокрема *Catalpa bignonioides*. Незважаючи на високу декоративність, у південному Лівобережному Лісостепу України цей вид використовується обмежено через нестачу саджанців. **Методи.** Дослідження зосереджене на аналізі ефективності застосування різних типів ауксинів (індол-3-оцтова кислота — ІОК, індол-3-масляна кислота — ІМК, 1-нафтилоцтова кислота — НОК) та їхніх концентрацій для стимуляції ризогенезу зелених живців *C. bignonioides*, заготовлених у період інтенсивного росту з апікальної, медіальної та базальної частин пагонів. **Результати та обговорення.** Найбільшу ефективність коренеутворення продемонстрували живці з базальної частини пагону за обробки ІОК (50 мг/л): укорінюваність досягала 85,5 %, а сумарна довжина коренів перевищувала 106 см. Живці з апікальної частини мали найнижчу здатність до утворення коренів навіть за стимуляції ауксинами. Виявлено суттєві відмінності приросту надземної частини зелених живців *C. bignonioides* залежно від типу застосованих ауксинів (ІОК та ІМК) і морфогенетичного походження живців — зокрема базальних і медіальних. Найвищі показники приросту надземної частини зафіксовано у варіанті з використанням ІОК. Середній приріст (19,5 см) більш ніж удвічі перевищував значення контрольного варіанта. **Висновки.** Обґрунтовано доцільність використання живців базального та медіального походження, попередньо оброблених ІОК або ІМК у концентрації 50 мг/л протягом 24 годин. Отримані результати можуть бути використані для розробки технологій вегетативного розмноження *C. bignonioides* в умовах контрольованого середовища з подальшим упровадженням у практику декоративного та лісового розсадництва.

Ключові слова: зелене живцювання, калюс, морфогенетичний тип живця, рослина-інтродуцент, стимулятори коренеутворення, укорінюваність.

Вступ/Introduction. На етапі розвитку сучасного зеленого будівництва неможливо собі уявити благоустрій без застосування інтродукованих видів рослин. Майже кожного року на «зеленому» ринку благоустрою з'являються

все нові та нові види рослин, що раніше не росли на території нашої держави зовсім або не використовувались в озелененні (Bulat, 2024).

Представники роду *Catalpa* Scop. належать до ключових декоративно-листяних видів, які останнім часом активно використовують для озеленення паркових зон міста Харків (Bulat, 2025a). Загалом досвід вивчення насінневої продуктивності дерев *Catalpa bignonioides* Walt. дає змогу зробити висновок про екологічну пластичність даного виду в умовах урбогенного навантаження та рекомендувати його до використання в зеленому будівництві регіону (Bulat, 2025b). Незважаючи на високу декоративність, види роду *Catalpa* в озелененні південного Лівобережного Лісостепу України використовують дуже обмежено. Попит на саджанці постійно зростає, через дуже не значне їх виробництво в Україні. В умовах Харківської області катальпу розмножують переважно насінневим способом, але поряд із цим непересічне значення при виробництві садивного матеріалу має вегетативне розмноження.

Зелене живцювання — один із перспективних способів вегетативного розмноження, що дає змогу отримувати кореневласні рослини в промислових масштабах (Pinchuk & Likhanov, 2016; Wang et al, 2020; Quan et al, 2022; Sun et al, 2024). Крім того, живцювання досить швидкий і простий спосіб розмноження, який не потребує спеціальних навичок і прийомів, необхідних при щепленні чи окуліруванні. Відповідно саджанці можна отримати за одну-дві вегетації (Pinchuk & Kosenko, 2016).

Відкриття рістрегулюючих речовин сприяло розробці сучасної технології зеленого живцювання. Численними дослідженнями виявлено позитивний вплив індол-3-оцтової кислоти (ІОК) або гетероауксину; індол-3-масляної кислоти (ІМК); 1-нафтилоцтової кислоти (НОК) та їх аналогів на процес вкорінення зелених живців багатьох видів деревно-чагарникових та сільськогосподарських рослин (Shevchenko, 2007; Mishchenko, 2021; Tetsumura et al, 2022; Hrebieniuk & Balabak, 2024; Lisoviy, 2015; Contessa, 2011; Copes & Mandel, 2000; Kentelky et al, 2021).

Деякі дослідники зазначають, що укорінення та подальше виживання вкорінених рослин істотно залежать від метамерності та типу живців, термінів їхньої заготівлі (Kulbitskyi et al., 2018; Sun et al., 2024). Результати досліджень науковців Уманського НУС свідчать, що найвищий відсоток укорінених живців катальпи отримували при заготівлі взимку (у грудні) та на початку весни (у березні), а використання здерев'янілих живців є найбільш доцільним. Таким чином, автори наголошують, що вегетативне розмноження є оптимальним способом для катальпи в умовах Правобережного Лісостепу, оскільки воно забезпечує отримання якісного садивного матеріалу (Kulbitskiy & Shlapak, 2015; Tokman & Melnyk, 2020). Водночас слід зазначити, що технологія вегетативного розмноження катальпи за допомогою зеленого живцювання в

умовах Лівобережного Лісостепу України досі залишається недостатньо вивченою.

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених вивченню регенераційної здатності зелених живців представників роду *Catalpa*, низка питань залишається невирішеною. Зокрема, потребує уточнення ефективність вегетативного розмноження *Catalpa bignonioides* у зв'язку з інтродукцією цього виду в умови урбанізованого середовища. Особливого значення набуває оцінка ефективності рістрегулюючих речовин для живців різного морфогенетичного походження — апікальних, медіальних і базальних частин пагонів, що сприятиме оптимізації технології вкорінення та збільшенню виходу якісного садивного матеріалу.

У зв'язку з цим, експериментальні дослідження з вивчення ризогенезу зелених живців *C. bignonioides* є актуальними як з позицій дендрології, так і з урахуванням практичних потреб садово-паркового господарства.

Метою нашого дослідження було з'ясування особливостей коренеутворення зелених живців, визначення оптимальних стимуляторів укорінення (за діючою речовиною) та їхніх ефективних концентрацій для одержання максимальної кількості здорових, укорінених живців із добре розвиненою кореневою системою. Це, у свою чергу, дає змогу забезпечити масове отримання якісного садивного матеріалу, придатного для вирощування в умовах південного Лівобережного Лісостепу України.

Матеріали і методи/Materials and Methods. Регенераційну здатність зелених живців *C. bignonioides* досліджували впродовж 2023–2024 років у лабораторії (тепличний комплекс) Державного біотехнологічного університету за методикою М. О. Кухарської (Kuharska, 2008). Вихідним матеріалом для живцювання були 5-ти річні та 10-ти річні рослини. Материнські рослини обирали керуючись візуальними показниками екземпляра.

Живцювання з метою укорінення проводили у період інтенсивного (II декаді червня) росту пагонів. У кожному варіанті досліді використовували свіжозрізані зелені тривузлові стеблові живці *C. bignonioides* 10–15 см завдовжки, заготовлені з апікальної (А), медіальної (М) та базальної (Б) частин пагонів. Верхній зріз робили на відстані 0,5–1,0 см над верхньою брунькою, на верхівці живця залишали два листки. Оскільки всі катальпи характеризуються великою площею листової пластинки, з метою запобігання надмірній транспірації площу листка зменшували шляхом обрізування на 1/2–2/3.

Живці укорінювали в умовах закритого ґрунту. Як субстрат застосовували суміш ґрунту, торфу та річкового піску в співвідношенні 1:1:1. Для стимуляції ризогенезу використовували спиртові розчини — 1-нафтилоцтової кислоти (НОК), індол-3-оцтової кислоти (ІОК) та індол-3-масляної кислоти (ІМК) у концентраціях 30 мг/л та 50 мг/л. Оброблення живців здійснювали методом

занурення основи живця в розчин рістрегулюючих речовини на 24 години згідно з рекомендаціями виробника. Контрольний варіант передбачав оброблення живців водою без додавання регуляторів росту. Температура повітря в середовищі вкорінювання становила 28–30°C, відносна вологість повітря — 80–90 %. Для оцінки ефективності укорінення (відсоток укорінених живців, кількість коренів, довжина коренів, частка калюсоутворення) залежно від типу живця (апикальний, медіальний, базальний), типу рістрегулюючої речовини та концентрації робочого розчину застосовували методику, розроблену для аналізу укорінення стеблових живців О. В. Колесніченком (Kolesnichenko et al, 2008) та методику Quan et al (2022). Повторність досліду — триразова; у кожному повторенні використовували по 25 живців, що забезпечувало репрезентативність вибірки.

Одержані дані обробляли методами математичної статистики за допомогою пакету програм MS Excel. Достовірність різниці між контролем і дослідними варіантами перевіряли з використанням t_f -критерію Стюдента на 5 % рівні значущості (Romakin, 2006).

Результати та обговорення/Results and Discussion. Отримані експериментальні дані дали підстави стверджувати про наявність певних закономірностей процесу коренеутворення у зелених живців *C. bignonioides* в залежності від походження живцевого матеріалу та концентрації ауксинів.

Найвищі показники утворення калюсу зафіксовано у варіанті з використанням живців, заготовлених із базальної частини пагону, за умови застосування рістрегулюючої речовини ІМК у концентрації 30 мг/л. Частота калюсогенезу в цьому варіанті становила 98,1 %, що на 79,7 % перевищувало відповідний показник контрольного варіанта. Збільшення концентрації ІМК до 50 мг/л супроводжувалося зниженням частоти утворення калюсу до 88,6 % (рис. 1).

Аналізуючи калюсоутворення залежно від застосування ІОК та НОК, слід зазначити, що у відповідних варіантах досліду спостерігали менш інтенсивне підвищення частоти утворення калюсу порівняно з ІМК. Наприклад, у варіанті застосування ІОК у концентрації 50 мг/л частота калюсогенезу становила 92,3 %, що на 69,0 % перевищувало показник контрольного варіанта. У свою чергу, за використання НОК у концентрації 50 мг/л цей показник досяг 83,1 %, що лише на 52,2 % більше, ніж у контролі.

Аналогічні результати калюсогенезу були зафіксовані у живців, заготовлених з медіальної частини пагону. Водночас варто зазначити, що загальний рівень калюсоутворення у цій групі був дещо нижчим порівняно з базальними живцями. Частота утворення калюсу варіювала в межах від 76,4 до 82,4 % у всіх варіантах досліду, тоді як у контрольній групі цей показник

становив лише 48,7 %. Найвище калюсоутворення спостерігали у варіантах із застосуванням досліджених концентрацій ІМК.



ІМК 50 мг/л / IBA 50 mg/l

ІМК 30 мг/л / IBA 30 mg/l

Рисунок 1. Утворення калюсної тканини у живців *C. bignonioides*

Figure 1. Callus tissue formation in *C. bignonioides* cuttings

Обробка живців, заготовлених з апікальної частини пагону, досліджуваними ауксинами у вибраних концентраціях не сприяла суттєвому підвищенню частоти утворення калюсу. У всіх варіантах досліду цей показник варіював у межах від 20,1 до 24,1 %, що, ймовірно, пов'язано з їхньою морфологічною та анатомічною незрілістю, а також нижчим вмістом природних фітогормонів.

Отримані результати свідчать, що серед досліджених рістрегулюючих речовин найбільшу ефективність щодо індукції регенерації адвентивних коренів у зелених живців *C. bignonioides* продемонструвала індол-3-оцтова кислота (ІОК) у концентрації 50 мг/л (табл. 1). Упродовж років досліджень укорінюваність живців, заготовлених з базальної та медіальної частин пагону, у цьому варіанті сягала 85,5–77,1 %. Для порівняння, за використання інших рістрегулюючих речовин — індол-3-масляної кислоти (ІМК) та 1-нафтилоцтової кислоти (НОК) — частка вкорінених живців не перевищувала 67,9 % (медіальні живці) та 81,6 % (базальні живці) відповідно.

Таблиця 1. Інтенсивність калюсоутворення і укорінення зелених живців *Catalpa bignonioides* залежно від концентрації рістрегулюючих речовин

Table 1. The intensity of callus formation and rooting of green cuttings of *Catalpa bignonioides* depending on the concentration of the growth stimulants

Рістрегулююча речовина / Growth regulators	Концентрація (мг/л) / Concentration (mg/l)	Утворення калюсу (%) / Callus formation (%)	% до контролю / % relative to control	Укорінюваність / Rooting (%)	% до контролю / % relative to control
Апікальні живці / Apical cuttings					
ІМК/(ІВА)	30	22,8	115,2	9,3	110,7
	50	23,1	116,7	10,2	121,4
ІОК/(ІАА)	30	20,3	102,5	10,7	127,4
	50	24,1	121,7	11,9	141,7
НОК/(НАА)	30	20,1	101,5	11,8	140,5
	50	21,1	106,6	10,2	121,4
Контроль/Control	0	19,8	100,0	8,4	100,0
Медіальні живці / Medial cuttings					
ІМК/(ІВА)	30	82,4	169,2	65,1	235,9
	50	82,1	168,6	66,7	241,7
ІОК/(ІАА)	30	81,4	167,1	72,8	263,8
	50	81,5	167,4	77,1	279,3
НОК/(НАА)	30	80,3	164,9	67,9	246,0
	50	76,4	156,9	63,6	230,4
Контроль/Control	0	48,7	100,0	27,6	100,0
Базальні живці / Basal cuttings					
ІМК/(ІВА)	30	98,1	179,7	78,2	205,2
	50	88,6	162,3	81,6	214,2
ІОК/(ІАА)	30	88,1	161,4	83,2	218,4
	50	92,3	169,0	85,5	224,4
НОК/(НАА)	30	81,1	148,5	78,6	206,3
	50	83,1	152,2	70,1	184,0
Контроль/Control	0	54,6	100,0	38,1	100,0

Варто зазначити, що не всім типам живців притаманна висока регенераційна здатність у процесі вкорінення без застосування стимулювальних речовин. Зокрема, живці, заготовлені з апікальної частини пагону, характеризуються вкрай низьким рівнем укоріненості. У варіантах досліду з використанням стимуляторів коренеутворення цей показник коливався в межах 9,3–11,9 %, що практично не відрізнялось від контролю, де частка вкорінених живців становила лише 8,4 %.

Заслуговують на увагу результати досліджень, що стосуються кількості утворених коренів та їх загальної довжини. Як свідчать дані таблиці 2,

застосування рістрегулюючих речовин сприяло збільшенню кількості коренів у живців *C. bignonioides* порівняно з контролем.

Таблиця 2. Біометричні показники адвентивних кореневих систем зелених живців *Catalpa bignonioides* залежно від концентрації рістрегулюючих речовин

Table 2. Biometric indices of adventitious root systems of *Catalpa bignonioides* green cuttings depending on the concentration of growth regulators

Рістрегулююча речовина / Growth regulators	Концентрація (мг/л) / Concentration (mg/l)	Кількість коренів в середньому на 1 живець (шт) / Average number of roots per cutting (pcs)		Довжина коренів в середньому на 1 живець (см) / Average root length per cutting (cm)		Довжина приросту надземної частини в середньому на 1 живець (см) / Average shoot growth per cutting (cm)	
		M ^{±m}	t _ф	M ^{±m}	t _ф	M ^{±m}	t _ф
Апікальні живці / Apical cuttings							
ІМК/(ІВА)	30	7,0 ^{±1,2}	0,61	29,6 ^{±1,3}	2,11	13,8 ^{±2,2}	0,51
	50	6,7 ^{±1,0}	0,54	28,1 ^{±1,5}	1,53	16,3 ^{±2,40}	0,84
ІОК/(ІАА)	30	6,1 ^{±1,3}	0,30	27,7 ^{±1,7}	1,33	11,7 ^{±2,8}	0,20
	50	5,7 ^{±1,4}	0,18	26,1 ^{±1,3}	1,02	13,2 ^{±2,1}	0,43
НОК/(NAA)	30	6,8 ^{±1,2}	0,54	29,9 ^{±2,0}	1,99	14,5 ^{±2,4}	0,59
	50	6,5 ^{±2,0}	0,36	27,4 ^{±1,9}	1,20	12,8 ^{±2,6}	0,35
Контроль/Control	0	5,1 ^{±1,4}		22,8 ^{±1,4}		10,2 ^{±2,2}	
Медіальні живці / Medial cuttings							
ІМК/(ІВА)	30	20,3 ^{±1,5}	2,13	99,4 ^{±2,8}	3,33	24,1 ^{±3,1}	1,50
	50	19,8 ^{±1,4}	2,03	101,1 ^{±2,0}	3,88	26,8 ^{±3,3}	1,75
ІОК/(ІАА)	30	19,6 ^{±1,4}	1,99	100,2 ^{±2,7}	3,46	28,8 ^{±2,9}	2,04
	50	20,1 ^{±1,6}	2,02	105,0 ^{±2,8}	3,96	29,6 ^{±3,2}	2,06
НОК/(NAA)	30	17,1 ^{±1,9}	1,01	93,1 ^{±2,9}	2,56	16,2 ^{±3,1}	0,65
	50	17,3 ^{±1,6}	1,16	94,2 ^{±3,0}	2,66	19,5 ^{±3,0}	1,02
Контроль/Control	0	13,5 ^{±1,3}		70,6 ^{±2,4}		10,1 ^{±2,5}	
Базальні живці / Basal cuttings							
ІМК/(ІВА)	30	20,3 ^{±1,2}	2,04	102,3 ^{±2,9}	3,88	27,6 ^{±3,2}	1,93
	50	20,5 ^{±1,3}	2,04	104,6 ^{±2,5}	4,32	27,4 ^{±3,3}	1,89
ІОК/(ІАА)	30	21,2 ^{±1,3}	2,29	102,2 ^{±2,3}	4,14	28,7 ^{±3,4}	2,01
	50	23,1 ^{±1,2}	3,06	106,5 ^{±2,7}	4,44	29,8 ^{±3,5}	2,11
НОК/(NAA)	30	19,6 ^{±1,1}	1,85	101,8 ^{±2,8}	3,87	19,2 ^{±3,2}	0,99
	50	19,3 ^{±1,3}	1,64	99,7 ^{±2,4}	3,80	19,7 ^{±3,8}	0,98
Контроль/Control	0	14,4 ^{±1,3}		66,3 ^{±2,5}		10,3 ^{±2,4}	

Однак слід підкреслити, що у варіантах із живцями, заготовленими з апікальної частини пагону, зростання кількості коренів було статистично

недостовірним. Це вказує на обмежену ефективність застосованих рістрегулюючих речовин у випадку апікальних живців за цим показником.

У варіанті живців, заготовлених з медіальної частини пагону, найбільше статистично достовірне перевищення середньої кількості коренів на один живець було зафіксовано у варіанті з використанням ІМК у концентрації 30 мг/л. У цьому варіанті кількість коренів досягала в середньому 20,3 шт. на один живець, що на 50 % перевищувало аналогічний показник у контрольному варіанті ($p < 0,05$).

Результати вивчення кількості утворених коренів у живців, заготовлених з базальної частини пагону (див. табл. 2), залежно від досліджуваних рістрегулюючих речовин, свідчать про ефективність обробки розчинами ІМК та ІОК. У цих варіантах досліду спостерігалось достовірне зростання кількості коренів порівняно з контрольним варіантом — від 41 % до 60 % у середньому за період спостережень ($p < 0,05$), що дає змогу розглядати зазначені речовини як оптимальні для стимуляції ризогенезу (рис. 2).



Рисунок 2. Утворення та ріст кореневої системи живців *C. bignonioides*
Figure 2. Formation and growth of the root system of *C. bignonioides* cuttings

Дослідження сумарної довжини коренів, сформованих живцями *C. bignonioides*, засвідчили стимулювальну дію застосованих концентрацій фітогормонів на цей показник. Максимальна середня сумарна довжина

кореневої системи за період досліджень становила 106,5 см та була відмічена у варіанті з використанням ІОК у концентрації 50 мг/л для живців, заготовлених з базальної частини пагону. Отриманий результат перевищував показники контрольного варіанта на 61 %, що свідчить про високу ефективність зазначеної рістрегулюючої речовини щодо активізації ризогенезу.

На другому місці за ефективністю впливу на показник сумарної довжини коренів після ІОК виявилась ІМК. За застосування її у концентрації 50 мг/л, середня довжина кореневої системи у живців *C. bignonioides* за період досліджень достовірно перевищувала контрольний варіант на 38,3 см, що становить 57,7 %. Використання ІМК у концентрації 30 мг/л також сприяло зростанню цього показника, проте ефект був дещо нижчим — збільшення становило 36,0 см або 54,2 % порівняно з контролем.

Найменшим приріст сумарної довжини коренів у живців *C. bignonioides* виявився у варіантах з використанням НОК. Порівняно з контролем, середнє зростання цього показника становило лише від 50,0 до 53,5 %, що свідчить про обмежену ефективність даної сполуки у стимуляції росту кореневої системи.

Виявлено стимулювання коренеутворення у живців *C. bignonioides*, заготовлених з медіальної та апікальної частин пагону, з використанням застосованих розчинів ауксинів. Водночас ефективність дії досліджуваних речовин виявилася нижчою порівняно з живцями з базальної частини пагону. Зокрема, перевищення показника сумарної довжини коренів у дослідних варіантах для живців з медіальної частини становило 31,8–48,7 % порівняно з контролем, тоді як у варіантах з апікальної частини — лише 14,4–31,1 %. Це свідчить про помірну ефективність використаних рістрегулюючих речовин у межах зазначених варіантів експерименту.

Результати досліджень, проведених наприкінці вегетаційного періоду, засвідчили позитивний ефект рістрегулюючих речовин також і на приріст надземної частини зелених живців *C. bignonioides* (табл. 2). Особливо варто відзначити суттєві відмінності приросту залежно від типу застосованих ауксинів (ІОК та ІМК) і морфогенетичного походження живців — зокрема, з базальної та медіальної частин пагону (рис. 3).

Найвищі показники приросту надземної частини були зафіксовані у варіанті з використанням ІОК (50 мг/л), де середній приріст перевищував контроль на 19,5 см у живців, отриманих із базальної та медіальної частин пагону, що більш ніж вдвічі перевищує значення цього показника отриманого на контрольній ділянці. Виявлені відмінності є статистично достовірними при рівні значущості 5 %.

Заслужують на увагу також результати досліджень у варіанті із застосуванням ІМК. Обробка живців цим препаратом дала подібні результати, проте відмінності виявилися статистично достовірними при рівні значущості 10 %.

Таким чином, отримані результати підтверджують високу ефективність як індол-3-оцтової, так і індол-3-масляної кислот у стимулюванні ростових процесів у надземній частині живців *C. bignonioides*, особливо при їх заготівлі з базальної та медіальної частин пагону.



Рисунок 3. Укорінений живець *C. bignonioides* у субстраті
Figure 3. Rooted *C. bignonioides* cuttings in substrate

Апікальні живці *C. bignonioides* виявили обмежену чутливість до дії рістрегулюючих речовин щодо приросту надземної частини. У всіх дослідних варіантах збільшення цього показника порівняно з контролем було незначним. Найвищі значення приросту надземної частини зафіксовано у варіанті із застосуванням ІМК, де приріст становив 16,3 см, що на 59,8 % перевищує контрольні значення. Водночас фактичне значення t не досягло критичного рівня значущості, що свідчить про статистично недостовірний характер виявлених відмінностей.

У контексті практичного застосування отриманих результатів можна стверджувати, що оптимальною схемою вегетативного розмноження *C. bignonioides* в умовах південного Лівобережного Лісостепу України є використання базальних або медіальних живців із попереднім замочуванням у розчині ІОК або ІМК у концентрації 50 мг/л протягом 24 годин. Це дає змогу досягти високого рівня укоріненості, стимулювати розвиток потужної

кореневої системи та активізувати приріст надземної маси, що є запорукою формування життєздатних саджанців.

Висновки/Conclusions. Аналіз результатів дослід з укорінення зелених живців *Catalpa bignonioides* підтвердив наявність об'єктивної залежності ефективності ризогенезу від морфогенетичного походження живця та типу застосованого ауксину. Найвищу регенераційну здатність продемонстрували живці, заготовлені з базальної частини пагону. У ході дослідження з'ясовано, що найбільш ефективними стимуляторами ризогенезу в умовах дослід були індол-3-оцтова кислота (ІОК) та індол-3-масляна кислота (ІМК). Зокрема, застосування ІОК у концентрації 50 мг/л забезпечило укорінювання живців на рівні до 85,5 %. Натомість живці, заготовлені з апікальної частини пагону, виявили значно нижчу здатність до формування кореневої системи, що підтверджує необхідність селективного підходу до вибору типу живця при вегетативному розмноженні *C. bignonioides*. Застосування рістрегулюючих речовин також позитивно вплинуло на показники приросту надземної частини. Таким чином, рекомендована схема вегетативного розмноження *C. bignonioides* для умов південного Лівобережного Лісостепу України передбачає використання базальних або медіальних живців із попередньою обробкою розчинами ІОК або ІМК у концентрації 50 мг/л протягом 24 годин. Такий підхід забезпечує отримання високоякісного садивного матеріалу в короткі терміни. Результати проведеного дослідження можуть бути використані при розробці методики застосування рістрегулюючих речовин для вегетативного розмноження *C. bignonioides* в умовах контрольованого середовища. У перспективі запропоновану методику доцільно рекомендувати для впровадження у практику декоративного й лісового розсадництва, а також для потреб озеленення у приватному секторі, зокрема для аматорського садівництва.

Список посилань/References

Bulat, A. G. (2024). Comparison of morphometric parameters of *Catalpa Bignonioides* Walt. plants under different conditions of urbogenic load. *Journal of Uman National University of Horticulture*. Vol. 105. No 1. P. 73–83. <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2024-105-1-73-83>. (in Ukrainian).

Bulat, A. G. (2025a). Induction of *Catalpa bignonioides* seedling resistance to dungling off by fungicide treatment. *Scientific Bulletin of UNFU*. Vol. 35. No 3. P. 9–15. <https://doi.org/10.36930/40350301>. (in Ukrainian).

Bulat, A. G. (2025b). Seed productivity of *Catalpa Bignonioides* plants under urbogenic pressure. *Journal of Uman National University of Horticulture*. No. 106. Part 1. P. 36–45. <https://doi.org/10.32782/2415-8240-2025-106-1-36-45>. (in Ukrainian).

Contessa, C., Valentini, N., & Botta, R. (2011). Decreasing the concentration of IBA or combination with ethylene inhibitors improve bud retention in semi-hardwood cuttings of hazelnut cultivar Tonda Gentile delle Langhe. *Scientia Horticulturae*. No 131. P. 103–106. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.09.029>.

Copes, D., & Mandel, N. (2000). Effects of IBA and NAA treatments on rooting Douglas-fir stem cuttings. *New Forests*. No 20. P. 249–257. <https://doi.org/10.1023/A:1006752717350>.

Hrebeniuk, V., & Balabak, A. (2024). Peculiarities of adventitious root formation in stem cuttings of Black Chokeberry (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott) varieties depending on the influence of biologically active substances. *Agrobiology*. No 1. P. 277–284. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2024-187-1-277-284>. (in Ukrainian).

Kolesnichenko, O. V., Sliusar, S. I., & Yakobchuk, O. M. (2008). Metodichni rekomendatsii z rozmnozhenia derevnykh dekoratyvnykh roslyn Botanichnoho sadu NUBiP Ukrainy. Kyiv: VTs NUBiP Ukrainy. 55 p. (in Ukrainian).

Kentelky, E., Jucan, D., Cantor, M., & Szekely-Varga, Z. (2021). Efficacy of different concentrations of NAA on selected ornamental woody shrubs cuttings. *Horticulturae*. Vol. 7. No 11. P. 464. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7110464>.

Kuharska, M. O. (2008). Special features of propagation of exponents of genus *Catalpa* Scop. with green cuttings. *Scientific Bulletin of UNFU*. Vol. 18. No 12. P. 244–249. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2008/18_12/index.htm. (in Ukrainian).

Kulbitskiy, V. L., & Shlapak, V. P. (2015). The capacity of root formation of the wooden cuttings under the conditions of the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*. Vol. 25. No 6. P. 58–64. <https://nv.nltu.edu.ua/index.php/journal/article/view/907>. (in Ukrainian).

Kulbitskyi, V. L., Shlapak, V. P., & Maslovata, S. A. (2018). Regenerative ability of green grafts of varieties of *Catalpa* Scop. genus in the Right-Bank Forest-Steppe of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*. Vol. 28. No 10. P. 9–12. <https://doi.org/10.15421/40281001>. (in Ukrainian).

Lisoviy, M. M. (2015). Some features of autovegetative reproduction of decorative forms of *Thuja Occidentalis* L. *Scientific Bulletin of UNFU*. Vol. 25. No 9. P. 57–62. <http://dx.doi.org/10.15421/40250909>. (in Ukrainian).

Mishchenko, S. V. (2021). Effect of 1-naphthylacetic and indol-3-acetic acid on the intensity of callusogenesis and organogenesis of *Linum usitatissimum* L. in vitro. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*. No 28. P. 100–105. <https://doi.org/10.7124/FEEO.v28.1383>. (in Ukrainian).

Pinchuk, A., & Kosenko, Y. (2016). Features impact on growth regulators activation of rooting semi-hardwood cuttings ornamental deciduous shrubs. *Forestry and landscape gardening*. No 10. http://nbuv.gov.ua/UJRN/licgoc_2016. (in Ukrainian).

Pinchuk, A., & Likhanov, A. (2016). The influence of growth stimulators on the roots histogenesis of ornamental shrubs semi-hardwood cuttings. *Ukrainian Journal of Forest and Wood Science*. No 238. P. 155–162. <https://forestscience.com.ua/web/uploads/pdf/Ukrainian%20journal%20of%20forest%20and%20wood%20science%20No.%20238%20155-162.pdf>. (in Ukrainian).

Quan, J. E., Ni, R., Wang, Y., Sun, J., Ma, M., & Bi, H. (2022). Effects of different growth regulators on the rooting of *Catalpa bignonioides* softwood cuttings. *Life*. Vol. 12. No. 8. P. 1231. <https://doi.org/10.3390/life12081231>.

Romakin V. V. (2006) Kompiuternyi analiz danykh: navch. posib. Mykolaiv: Vydavnytstvo MDHU im. Petra Mohyly. 144 p. (in Ukrainian).

Shevchenko, S. M. (2007). Reproduction of *Caragana arborescens* Lam. by grafting. *Scientific Bulletin of UNFU*. Vol. 17. No 1. P. 68–72. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2007/17_1/index.htm. (in Ukrainian).

Sun, J. J., Bi, S. W., Jin, S. S., Wang, Y. G., Chen, H. L., Ruoyi, N., & Quan, J. E. (2024). Influence of various growth modulators on the rooting, enzymatic activity, and nutrient content of *Catalpa bignonioides* (Bignoniaceae). *Pakistan Journal of Botany*. Vol. 56. No 1. P. 75–84. [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2024-1\(15\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2024-1(15)).

Tetsumura, T., Sei, Y., Ogata, H., Ishimura, S., Honsho, C., Tanaka, R., & Matsumoto, K. (2022). Rooting treatment with 1-naphthaleneacetic acid to softwood cuttings of dwarfing rootstocks for persimmon. *Acta Horticulturae*. No 1338. P. 163–170. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2022.1338.24>.

Tokman, V. S., & Melnyk, A. V. (2020). Technological features of *Catalpa bignonioides* Walt planting. *Journal of Uman National University of Horticulture*. No 96, Part 1. P. 478–497. <https://doi.org/10.31395/2415-8240-2020-96-1-478-497>. (in Ukrainian).

Wang, G., Wang, L., Wang, X., Zhang, C., Zhang, L., & Liu, B. (2020). Dynamic characteristics of cutting rooting of *Catalpa bungei* with tender branches. *Journal of Nanjing Forestry University*. Vol. 44. No 6. P. 94–102. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-2006.202003082>.