

АГРОНОМІЯ

УДК 633.852:631.524

**Адаптація рослин-регенерантів *Hydrangea* L.
до умов *ex vitro***Осіпов М.Ю. , Поліщук В.В. 

Уманський національний університет



E-mail: m3dsad@gmail.com



Осіпов М.Ю., Поліщук В.В. Адаптація рослин-регенерантів *Hydrangea* L. до умов *ex vitro*. «Агробіологія», 2026. № 1. С. 112–118.

Osipov M., Polishchuk V. Adaptation of *Hydrangea* L. regenerant plants to *ex vitro* conditions. «Agrobiologia», 2026. no. 1, pp. 112–118.

Рукопис отримано: 12.03.2026 р.

Прийнято: 27.03.2026 р.

Затверджено до друку: 19.05.2026 р.

doi: 10.33245/2310-9270-2026-203-1-112-118

ISSN 2310-9270

Одним з основних та найбільш складних етапів мікроклонального розмноження є перенесення рослин з умов *in vitro* до *ex vitro*. Мікропагони, сформовані в культурі *in vitro*, мають адаптуватися до нових умов середовища, які істотно відрізняються за вологістю повітря, освітленістю, температурними коливаннями та ризиком інфікування патогенами. Саме тому, за перенесення рослин-регенерантів у нестерильні умови потрібно забезпечити їм оптимальні умови вирощування та поступову адаптацію до нових умов місцезростання. Рослини-регенеранти роду *Hydrangea* для дорощування з пробірок пересаджували у торф'яні диски. Культивування рослин проводили у спеціальних камерах з контрольованими умовами, після чого їх пересаджували та перенесли на стелажі у теплицю для подальшого дорощування і адаптації. Дослідження проводили з трьома видами роду *Hydrangea*: *H. macrophylla* 'Nikko Blue', *H. arborescens* 'Annabelle', *H. paniculata* 'Grandiflora'. Визначено, що істотний вплив на успішність приживання рослин-регенерантів мали ґрунтові умови. За дорощування рослини пересаджували у контейнери, наповнені різнокомпонентними ґрунтосумішами. Встановлено, що найвищу приживаність рослин на рівні 88,3 % отримано за дорощування у субстраті з 50 % ґрунту лісового, 20 % торфу верхнього мохового, 20 % піску річкового та 10 % перліту. Найгірше приживалися рослини, висаджені у лісовий ґрунт (контроль) – усього 16,9 %. За додавання до лісового ґрунту 40 % річкового піску та 10 % перліту відсоток приживаності зростав на 35,8 %, а 30 % торфу верхнього мохового та 10 % піску річкового – на 54,8 %, порівняно з контролем. Таке зростання частки приживаності рослин може бути пов'язане з кращою повітропроникністю та дренажем субстрату, що забезпечило оптимальні умови для подальшого розвитку рослин.

Ключові слова: експлант, рослина-регенерант, субстрат, дорощування, приживаність.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Процес мікроклонального розмноження рослин здійснюється у кілька послідовних етапів, які передбачають введення у культуру *in vitro* та одержання первинних експлантів, розмноження і забезпечення умов для успішної реалізації морфогенного потенціалу експлантів, підбір рістрегулюючих речовин для досягнення експлантами ризогенезу і одержання рослин-

регенерантів; адаптація рослин-регенерантів до умов *ex vitro* [1].

Одним з найсуттєвіших та складних етапів клонального мікророзмноження рослин є їх перенесення з умов *in vitro* в *ex vitro* [2, 3]. Отримані у культурі *in vitro* мікропагони мають адаптуватися до нових умов росту і розвитку, які істотно відрізняються за відносною вологістю повітря, інтенсивністю освітлення, коливанням температури та постійною загрозою

контамінації патогенами [4]. За оцінками, усього 25 % регеноерованих *in vitro* мікропагонів може бути успішно пересаджено в умови адаптації та ще менше у польові умови, що пов'язано з їх недосконалими анатомічними і фізіологічними характеристиками, зокрема, недорозвиненою або неактивною восковою кутикулою листка, пошкодженням продихового механізму, низькою фотосинтетичною активністю, вітрифікацією мікропагонів, слабким судинним зв'язком між коренем та пагоном тощо [5–7].

У природних умовах увесь життєвий цикл рослин є адаптацією. Кожен таксон здатен до нормального росту та розвитку у певних умовах зовнішнього середовища, які поєднують коливання температури, водний режим, інтенсивність освітлення, родючість та вологість ґрунту тощо [8].

Щоб перенести рослини з умов *in vitro* в *ex vitro* необхідно забезпечити їх акліматизацію та адаптувати матеріал до температурного режиму, освітлення, вологості [9]. Процес адаптації передбачає підтримання підвищеної вологості для надземної частини рослин з її поступовим зниженням, а також підбір оптимальних умов для розвитку кореневої системи [10]. Використовують дві групи способів адаптації: адаптація пробіркових рослин та проміжне укорінення рослин з використанням фітотронів або теплиць [11, 12].

За першого способу адаптації використовують адаптаційні кімнати, обладнані по типу культуральних приміщень, де оптимальні умови вирощування рослин поступово наближуються до природних, у які буде пересаджено матеріал [13, 14]. За проведення адаптації необхідно враховувати два основні фактори: анатомічний та фізіологічний, які принципово відрізняються між собою у рослин вирощених в *in vitro* [15, 16]. Перша особливість полягає у відсутності або зниженій кількості кутикулярного воску, слабо розвинутій асиміляційній паренхімі та недостатньому функціонуванні продихового апарату [17, 18]. Інший фактор відображає знижену здатність до фотосинтезу внаслідок культивування на середовищах з джерелом вуглеводів. У деяких випадках на коренях пробіркових рослин немає корневих волосків [19–21]. Ці особливості рослин-регенерантів призводять до швидкого зневоднення за пересадки їх з умов *in vitro* в *ex vitro*, що зумовлює загибель рослин.

За даними Л.Л. Джус, Л.А. Колдар [1], для адаптування рослин-регенерантів до умов *ex vitro* найбільш доцільно пересаджувати

рослини з пробірок у торф'яні диски з подальшим дорощуванням у контейнерах.

Мета дослідження. Дослідити особливості адаптації рослин-регенерантів *Hydrangea* L. за перенесення в *ex vitro* та визначити ступінь впливу складу субстрату на відсоток їх приживаності.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження проведено упродовж 2020–2024 рр. у Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України. Вихідним матеріалом для введення *in vitro* були пагони з апікальною меристемою довжиною 1,0–1,5 см, взяті з трирічних–п'ятирічних рослин. Дослідження проводили з трьома видами роду *Hydrangea*: *H. macrophylla* 'Nikko Blue', *H. arborescens* 'Annabelle' та *H. paniculata* 'Grandiflora'.

За адаптування до умов *ex vitro* рослини-регенеранти переносили з пробірок так, щоб не пошкодити кореневу систему, сортували за розмірами, промивали у слабкому розчині перманганату калію (KMnO_4) та висаджували у торф'яні диски. Культивування висаджених рослин проводили у спеціальних камерах з контрольованим режимом середовища, після чого їх переносили на стелажі у теплицю для подальшого дорощування і адаптації.

Експериментальні дані обробляли методом дисперсійного аналізу за Фішером [22] із використанням комп'ютерної програми Statistica 6.0 та методичних рекомендацій [23].

Результати дослідження та обговорення. Культивування рослин проводили у спеціальних камерах (рис. 1) з регульованим штучним освітленням за фотоперіоду 16 год., температури 22–24 °С та відносної вологості повітря 80–90 %. Камери залишали закритими упродовж 1–2 діб з метою підтримання необхідного рівня вологості.

Через дві доби камери поступово відкривали, зменшуючи вологість повітря до 70–60 % та створюючи умови для пристосування рослин.

Після пересаджування мікропагонів з пробірок, упродовж 12–16 діб, на поверхні торф'яних дисків з'являлися корінчики, що вказувало на активне проходження ростових процесів. Зокрема, відбувався ріст не лише кореневої системи, а й апікальної частини рослини, у результаті якого з'являлися 2–3 пари новоутворених листків. Цей спосіб поступової адаптації забезпечив приживання 86–89 % рослин, що вказує на їх здатність до повного відновлення функції водного обміну.



Рис. 1. Акліматизаційна камера для адаптації рослин.

Важливе значення за дорощування рослин *in vitro* мають ґрунтові умови, які здатні задовольнити потребу рослин у поживних речовинах, повітрі, біотичному і фізико-хімічному середовищі, сприяють підвищенню рівня їх приживаності та у подальшому – розвитку рослин-регенерантів впродовж адаптаційного періоду.

Рослини пересаджували у контейнери, наповнені різнокомпонентними ґрунтосумішами (рис. 2) та переносили на стелажі для подальшого дорощування та адаптації.

Для дорощування та адаптації рослин гортензії необхідно використовувати легкий субстрат з оптимальною кислотністю, добрими

дренажними властивостями, високою повітропроникністю та достатнім забезпеченням поживними речовинами. Для приготування ґрунтової суміші як основу використано якісний верховий торф середнього ступеня розкладання. До ґрунтової суміші додавали перліт, який забезпечував добрий дренаж та істотно знижував ризик надмірного зволоження субстрату і пов'язаних з цим негативних наслідків (табл. 1). Найвищу приживаність рослин отримано за наступного складу ґрунтосуміші: 50 % ґрунту лісового, 20 % торфу верхового мохового, 20 % піску річкового та 10 % перліту. Такий різнокомпонентний склад сприяв приживанню 88,3 % рослин.



Рис. 2. Адаптаційний бокс у теплиці.

Таблиця 1 – Приживання рослин-регенерантів представників роду *Hydrangea* залежно складу субстрату, %

Варіант	Назва компоненту субстрату	Вміст компоненту у субстраті, %	Приживання рослин-регенерантів, %
контроль	грунт лісовий	100	16,9±1,1
I	грунт лісовий	50	88,3±3,9
	торф верховий моховий	20	
	пісок річковий	20	
	перліт	10	
II	грунт лісовий	40	71,7±3,2
	торф верховий моховий	30	
	пісок річковий	10	
	перліт	10	
III	грунт лісовий	50	52,7±2,5
	пісок річковий	40	
	перліт	10	
	грунт лісовий	10	

За відсутності у субстраті перліту, спостерігали зниження приживаності рослин до 71,7 %, а за заміни торфу верхового мохового на перліт приживання було найменшим та становило 52,7 %. Імовірно, зниження показника приживання рослин пов'язане із погіршенням повітропроникності субстрату за відсутності у ґрунтосумішах торфу верхового мохового та піску річкового і зниженням ефективності дренажу за відсутності перліту.

Вода відіграє важливу роль у життєдіяльності рослин, беручи участь у всіх фізіологічних процесах, забезпечуючи транспортування поживних речовин і виведення продуктів обміну, зокрема токсичних сполук [24]. Вона є розчинником органічних і неорганічних сполук, які беруть участь в обміні речовин, та є середовищем проходження усіх біохімічних процесів [25]. Вода безпосередньо бере участь у проходженні процесів фотосинтезу, синтезу і гідролізу, які визначають особливості росту й розвитку рослин та формування біологічного і господарського врожаю рослин [26].

Після висаджування рослин на дорошування, ґрунтосуміш зволожували, не допускаючи її перезволоження. Відповідно до спостережень, культивовані рослини потребували помірного поливу не частіше одного разу на 2–3 доби.

За адаптації рослин роду *Hydrangea* до умов *ex vitro*, важливим чинником є температурний режим, оскільки від нього залежить нормальний перебіг основних процесів життєдіяльності організму, а саме обмін речовин, ріст та розвиток рослини. Відповідно до спостережень з'ясовано, що оптимальною для росту та розвитку рослин була температура на рівні 21–22 °C, що лише на 2–3 °C нижче за температуру культивування в умовах *in vitro*.

Інтенсивність освітлення та тривалість фотоперіоду мають важливе значення для адаптації рослин. За проведення досліджень режим освітлення був регульованим, що дозволило дослідити процес дорошування мікроклонів за різної інтенсивності освітлення з використання електраламп «Sylvania Cro-Lux F36W/Cro». Їх спектральний склад випромінювання сприяв активному перебігу біохімічних процесів у рослинах, зокрема фотосинтезу.

Визначено, що інтенсивність освітлення менше 2 тис. люкс призводила до витягування рослин і зниження їх життєздатності, за збільшення освітлення понад 4 тис. люкс інтенсивність росту рослин послаблювалася. За дорошування рослин-регенерантів, ріст та розвиток рослин виду *Hydrangea* краще проходив за інтенсивності освітлення у 3–4 тис. люкс та 15-годинного фотоперіоду.

У другій декаді травня рослини-регенеранти формували добре розвинену надземну частину і міцну кореневу систему, після чого їх висаджували у відкритий ґрунт. Після висаджування рослини обов'язково притінювали упродовж двох діб, а також регулярно зрошували. Приживаність клонів у ґрунті становила близько 100 %. На початковому етапі росту рослинний матеріал мав незначні морфологічні зміни листкового апарату та стебла, однак наприкінці вегетаційного періоду рослини набували характерного для рослин-донорів експлантів вигляду.

Висновки. Важливе значення за дорошування рослин вирощених *in vitro* мають ґрунтові умови. Субстрат є джерелом поживних речовин, забезпечує оптимальні біотичні та фізико-хімічні умови зростання рослин, що сприяє підвищенню їх приживаності та подальшому розвитку у період адаптації. Забезпечити

оптимальні умови адаптації рослин-регенерантів можна завдяки вдало підібраному складу торфосуміші. Найнижчий відсоток приживаності фіксували за дорощування рослини роду *Hydrangea* у лісовому ґрунті (контроль) – 16,9 %. Додавання 40 % піску річкового та 10 % перліту забезпечувало підвищення приживаності на 35,8 %, тимчасом 30 % торфу верхового мохового та 10 % піску річкового – на 54,8 %. Найвищий відсоток приживаності рослин – 88 % – спостерігали у варіанті, де до ґрунту лісового додавали 20 % торфу верхового мохового та піску річкового і 10 % перліту, що забезпечувало оптимальні умови для росту рослин-регенерантів завдяки достатній повітропроникності та дренажу субстрату.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Джус Л.Л., Колдар Л.А. Ризогенез експлантів *Silene hypanica* Klokov та їх адаптація до умов ex vitro. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. 2020. № 1–2 (79). С. 48–53.
2. Небиков М.В., Манько А.Є., Єщенко О.В. Акліматизація і дорощування рослин цукрових буряків, вирощених в умовах культури in vitro. Збірник наукових праць УДАУ. 2004. Вип. 57. С. 63–72.
3. Ex vitro rooting and simultaneous micrografting of the walnut hybrid rootstock 'Paradox' (*Juglans hindsii* × *Juglans regia*) cl. 'Vlach' / Н. Ribeiro et al. *Agronomy*. 2022. No 12(3). 595 p.
4. Natalchuk T., Medvedeva T., Yaremko N., Udovychenko K. Rooting and acclimatization of in vitro produced plants of *Prunus cerasus* L. 'Ksenia'. EHC2024: International Symposium on Genetic Resources in Horticulture: Screening, Propagation, Use, and Conservation. 2024. No 1439. P. 283–288.
5. Медведєва Т.В. Використання аквакультури для акліматизації культивованих in vitro рослин. Садівництво. 2012. Вип. 66. С. 338–343.
6. Strategies for successful acclimatization and hardening of in vitro regenerated plants: Challenges and innovations in micropropagation techniques / N. Sharma et al. *Plant Science Today* (Early Access). 2023. URL: <https://horizonpublishing.com/journals/index.php/PST/article/view/2376>
7. High-throughput in vitro propagation and evaluation of foliar micro-morpho-anatomical stability in *Musa acuminata* cv. 'Grand Nain' using 6-benzoyladenine (BOA) in the nutrient medium. / M. Manokari et al. *Scientia Horticulturae*. 2022. No 304. 111334 p.
8. Minas G.J. Sanitation and In Vitro Mass Micropropagation of Mum's (*Chrysanthemum* spp.) Cultivars Starting from Apical Meristem Tips. International Conference on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals. 2007. No 755. P. 317–322.
9. Колесник А.В., Сікура А.О., Гедзур Т.І. Лабораторний практикум з біотехнології. Методичні рекомендації до лабораторних робіт з циклу «Розмноження рослин in vitro» для студентів біологічного факультету денної та заочної форми навчання. Ужгород, 2023. 35 с.
10. Мамчур В.В. Адаптація рослин регенерантів *Ailanthus altissima* до умов ex vitro. Information and innovative technologies in education in modern conditions: XXIV International scientific and practical conference. Bulgaria: Varna, 2023. P. 14–16.
11. Колдар Л.А. Адаптація рослин-регенерантів *Prunus serrulata* 'Kansan' та *Cercis siliquastrum* 'Albida' ex vitro. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2019. Вип. 15. С. 44–49.
12. Небиков М., Небикова Т. Мікророзмноження представників колекції горобини (*Sorbus* spp.) Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2022. № 18. С. 137–155.
13. Mohammed M., Munir M., Ghazzawy H.S. Design and evaluation of a smart ex vitro acclimatization system for tissue culture plantlets. *Agronomy*. 2022. No 13(1). 78 p.
14. Небиков М.В., Єщенко О.В., Яценко А.О. Буряки з пробірки. Цукрові буряки. 2002. № 6. С. 12–14.
15. Грицак Л.Р., Дробик Н.М. Сучасні технології підвищення стійкості культивованих in vitro рослин до умов ex vitro. Фактори експериментальної еволюції організмів. 2020. № 26. С. 183–189.
16. Pirata M.S., Correia S., Canhoto J. Ex vitro simultaneous acclimatization and rooting of in vitro propagated tamarillo plants (*Solanum betaceum* Cav.): Effect of the substrate and mineral nutrition. *Agronomy*. 2022. No 12(5). 1082 p.
17. Grzelak M., Pacholczak A., Nowakowska K. Challenges and insights in the acclimatization step of micropropagated woody plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2024. No 159(3). 72 p.
18. Micro-morpho-anatomical transitions at various stages of in vitro development of *Crinum malabaricum* Lkhak and Yadav: A critically endangered medicinal plant / M. Mani et al. *Plant Biology*. 2023. No 25(1). P. 142–151.
19. Morphophysiology of *Ananas comosus* during in vitro photomixotrophic growth and ex vitro acclimatization / J.P. Alves et al. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. 2023. No 59(1). P. 106–120.
20. Saeedi S.A. Growth, photosynthetic function, and stomatal characteristics of Persian walnut explants in vitro under different light spectra. *Frontiers in Plant Science*. 2023. No 14. 1292045 p.
21. Небиков М.В., Манько О.А. Вплив нафтилоцтової кислоти (НОК) на коренеутворення у рослин цукрових буряків в культурі in vitro. Збірник наукових праць ІЦБ УААН. 2000. Вип. 3. С. 90–95.
22. Fisher R.A. *Statistical methods for research workers*. New Delhi: Cosmo Publications, 2006. 354 p.
23. Ермантраут Е.Р., Присяжнюк О.І., Шевченко І.Л. Статистичний аналіз агрономічних

дослідних даних в пакеті STATISTICA 6: методичні вказівки. Київ, 2007. 55 с.

24. Krens F.A., Jamar D. The role of explant source and culture conditions on callus induction and shoot regeneration in sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Plant Physiology*. 1989. Vol. 134 (6). P. 651–655.

25. Greer S.P., Rinehart T.A. Dormancy and Germination In Vitro Response of *Hydrangea macrophylla* and *Hydrangea paniculata* Seed to Light, Cold-Treatment and Gibberellic Acid. *Journal of Environmental Horticulture*. 2010. No 28 (1). P. 41–47.

26. Koutb M. Water Breakdown during Photosynthesis and Transpiration in Plants as a Scientific Miracle in the Qur'an. *Journal of Interdisciplinary Qur'anic Studies*. 2022. No 1(2). P. 169–185.

REFERENCES

1. Dzhus, L.L., Koldar, L.A. (2020). Ryzohenez eksplantiv *Silene hypanica* Klokov ta yikh adaptatsiia do umov ex vitro [Rhizogenesis of *Silene hypanica* Klokov explants and their adaptation to ex vitro conditions]. *Naukovi zapysky Ternopil'skoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka* [Scientific notes of the Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University]. no. 1–2 (79), pp. 48–53.

2. Nebykov, M.V., Manko, A.Ye., Yeshchenko, O.V. (2004). Aklimatyzatsiia i doroshchuvannia roslyn tsukrovyykh buriakiv, vyroshchennykh v umovakh kultury in vitro [Acclimatization and cultivation of sugar beet plants grown in vitro conditions]. *Zbirnyk naukovykh prats UDAU* [Collection of scientific works of UNUH]. no. 57, pp. 63–72.

3. Ribeiro, H., Ribeiro, A., Pires, R., Cruz, J., Cardoso, H., Barroso, J.M., Peixe, A. (2022). Ex vitro rooting and simultaneous micrografting of the walnut hybrid rootstock 'Paradox' (*Juglans hindsii* × *Juglans regia*) cl. 'Vlach'. *Agronomy*. no. 12(3), 595 p.

4. Natalchuk, T., Medvedeva, T., Yaremko, N., Udovychenko, K. (2024). Rooting and acclimatization of in vitro produced plants of *Prunus cerasus* L. 'Ksenia'. *EHC2024: International Symposium on Genetic Resources in Horticulture: Screening, Propagation, Use, and Conservation*. no. 1439, pp. 283–288.

5. Medvedieva, T.V. (2012). Vykorystannia akvakultury dlia aklimatyzatsii kultyvovanykh in vitro roslyn [Use of aquaculture for acclimatization of plants cultivated in vitro]. *Sadivnytstvo* [Horticulture]. no. 66, pp. 338–343.

6. Sharma, N., Kumar, N., James, J., Kalia, S., Joshi, S. (2023). Strategies for successful acclimatization and hardening of in vitro regenerated plants: Challenges and innovations in micropropagation techniques. *Plant Science Today* (Early Access). Available at: 10.14719/pst.2376

7. Manokari, M., Badhepuri, M.K., Cokulraj, M., Rajput, B.S., Dey, A., Faisal, M., Alatar A.A., Alok A., Shekhawat, M.S. (2022). High-throughput in vitro propagation and evaluation of foliar micro-morpho-anatomical stability in *Musa acuminata* cv. Grand Nain using 6-benzoyladenine (BOA) in the nutrient medium. *Scientia Horticulturae*. no. 304, 111334 p.

8. Minas, G.J. (2007). Sanitation and In Vitro Mass Micropropagation of Mum's (*Chrysanthemum* spp.) Cultivars Starting from Apical Meristem Tips. *International Conference on Quality Management in Supply Chains of Ornamentals*. no. 755, pp. 317–322.

9. Kolesnyk, A.V., Sikura, A.O., Hedzur, T.I. (2023). *Laboratornyi praktykum z biotekhnolohii*. [Laboratory workshop on biotechnology]. *Metodychni rekomendatsii do laboratornykh robot z tsyklu «Rozmnozhenia roslyn in vitro» dlia studentiv biolohichnoho fakultetu dennoi ta zaochnoi formy navchannia* [Methodological recommendations for laboratory work in the cycle "Plant propagation in vitro" for full-time and part-time students of the Faculty of Biology]. *Uzhhorod*, 35 p.

10. Mamchur, V.V. (2023). Adaptatsiia roslyn rehenerantiv *Ailanthus altissima* do umov ex vitro [Adaptation of *Ailanthus altissima* regenerants to in vitro conditions]. *Information and innovative technologies in education in modern condition: XXIV International scientific and practical conference*. *Bulgaria, Varna*, pp. 14–16.

11. Koldar, L.A. (2019). Adaptatsiia roslyn-rehenerantiv *Prunus serrulata* 'Kansan' ta *Cercis siliquastrum* 'Albida' ex vitro [Adaptation of regenerated plants *Prunus serrulata* 'Kansan' and *Cercis siliquastrum* 'Albida' ex vitro]. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. no. 15, pp. 44–49.

12. Nebykov, M., Nebykova, T. (2022). Mikro-rozmnozhenia predstavnykiv kolektsii horobyny (*Sorbus* spp.) Natsionalnoho dendrolohiichnoho parku «Sofiyvka» NAN Ukrainy [Micropropagation of representatives of the rowan collection (*Sorbus* spp.) of the National Dendrological Park "Sofiyvka" of the National Academy of Sciences of Ukraine]. *Journal of Native and Alien Plant Studies*. no. 18, pp. 137–155.

13. Mohammed, M., Munir, M., Ghazzawy, H.S. (2022). Design and evaluation of a smart ex vitro acclimatization system for tissue culture plantlets. *Agronomy*. no. 13(1), 78 p.

14. Nebykov, M.V., Yeshchenko, O.V., Yatsenko, A.O. (2002). Buriaky z probirky [Beets from a test tube]. *Tsukrovi buriaky* [Sugar beets]. no. 6, pp. 12–14.

15. Hrytsak, L.R., Drobyk, N.M. (2020). Suchasni tekhnolohii pidvyshchennia stiikosti kultyvovanykh in vitro roslyn do umov ex vitro [Modern technologies for increasing the resistance of in vitro cultivated plants to ex vitro conditions]. *Faktory eksperimentalnoi evoliutsii orhanizmiv* [Factors of experimental evolution of organisms]. no. 26, pp. 183–189.

16. Salgado Pirata, M., Correia, S., Canhoto, J. (2022). Ex vitro simultaneous acclimatization and rooting of in vitro propagated tamarillo plants (*Solanum betaceum* Cav.): Effect of the substrate and mineral nutrition. *Agronomy*. no. 12(5), 1082 p.

17. Grzelak, M., Pacholczak, A., Nowakowska, K. (2024). Challenges and insights in the acclimatization step of micropropagated woody plants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. no. 159(3), 72 p.

18. Mani, M., Mathiyazhagan, C., Dey, A., Faisal, M., Alatar, A.A., Alok, A., Shekhawat, M.S. (2023). Micro-morpho-anatomical transitions at various stages of in vitro development of *Crinum malabaricum*

Lekhak and Yadav: A critically endangered medicinal plant. *Plant Biology*. no. 25(1), pp. 142–151.

19. Alves, J.P., Pinheiro, M.V.M., Corrêa, T.R., Alves, G.L., dos Santos Marinho, T.R., Batista, D.S., Figueiredo F.A.M.M.A., Reis F.O., Ferraz T.M., Camprostrini, E. (2023). Morphophysiology of *Ananas comosus* during *in vitro* photomixotrophic growth and *ex vitro* acclimatization. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*. no. 59(1), pp. 106–120.

20. Saeedi, S.A., Vahdati, K., Sarikhani, S., Daylami, S.D., Davarzani, M., Gruda, N.S., Aliniaei-fard, S. (2023). Growth, photosynthetic function, and stomatal characteristics of Persian walnut explants *in vitro* under different light spectra. *Frontiers in Plant Science*. no. 14, 1292045 p.

21. Nebykov, M.V., Manko, O.A. (2000). Vplyv naftylotstovoi kysloty (NOK) na koreneutvorennia u roslyn tsukrovkykh buriakiv v kulturi *in vitro* [The effect of naphthylacetic acid (NHA) on root formation in sugar beet plants *in vitro* culture]. *Zbirnyk naukovykh prats ITsB UAAN [Collection of scientific works of the ICB of the UAAS]*. no. 3, pp. 90–95.

22. Fisher, R.A. (2006). *Statistical methods for research workers*. New Delhi, Cosmo Publications, 354 p.

23. Ermantraut, E.R., Prysiazniuk, O.I., Shevchenko, I.L. (2007). Statystychnyi analiz ahronomichnykh doslidnykh danykh v paketi STATISTICA 6: metodychni vказivky [Statistical analysis of agronomic research data in STATISTICA 6: methodological guidelines]. Kyiv, 55 p.

24. Krens, F.A., Jamar, D. (1989). The role of explant source and culture conditions on callus induction and shoot regeneration in sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of Plant Physiology*. no. 134 (6), pp. 651–655.

25. Greer, S.P., Rinehart, T.A. (2010). Dormancy and Germination *In Vitro* Response of *Hydrangea macrophylla* and *Hydrangea paniculata* Seed to Light, Cold-Treatment and Gibberellic Acid. *Journal of Environmental Horticulture*. no. 28 (1), pp. 41–47.

26. Koutb, M. (2022). Water Breakdown during Photosynthesis and Transpiration in Plants as a Scientific Miracle in the Qur'an. *Journal of Interdisciplinary Qur'anic Studies*. no. 1(2), pp. 169–185.

Adaptation of *Hydrangea* L. regenerant plants to *ex vitro* conditions

Osipov M., Polishchuk V.

One of the main and most challenging stages of microclonal propagation is the transfer of plants from *in vitro* to *ex vitro* conditions. Microshoots formed in *in vitro* culture must adapt to new environmental conditions that differ significantly in air humidity, light intensity, temperature fluctuations, and the risk of pathogen infection. Therefore, when transferring regenerated plants to non-sterile conditions, it is necessary to provide optimal growing conditions and ensure their gradual adaptation to the new environment.

Regenerated plants of the genus *Hydrangea* intended for further cultivation were transplanted from test tubes into peat pellets. The plants were cultivated in special chambers under controlled conditions, after which they were transplanted into containers and transferred to greenhouse benches for further growth and adaptation.

The study was conducted using three cultivars/species of the genus *Hydrangea*: *H. macrophylla* 'Nikko Blue', *H. arborescens* 'Annabelle', and *H. paniculata* 'Grandiflora'. It was determined that substrate composition had a significant effect on the survival of regenerated plants. During further cultivation, the plants were transplanted into containers filled with multicomponent substrate mixtures.

The highest survival rate (88.3 %) was obtained when plants were grown in a substrate consisting of 50 % forest soil, 20 % high-moor peat, 20 % river sand, and 10 % perlite. The lowest survival rate was observed in plants grown in forest soil alone (control), amounting to only 16.9 %. When 40 % river sand and 10 % perlite were added to the forest soil, the survival rate increased by 35.8 %, while the addition of 30 % high-moor peat and 10 % river sand increased the survival rate by 54.8 % compared with the control.

The increased plant survival may be associated with improved substrate aeration and drainage, which provided optimal conditions for further plant development.

Key words: explant, regenerant plant, substrate, acclimatisation, survival rate.



Copyright: Осіпов М.Ю., Поліщук В.В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Осіпов М.Ю.

Поліщук В.В.

<https://orcid.org/0000-0001-7004-1164>

<https://orcid.org/0000-0001-8157-7028>