

УДК 633.852:631.524

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2026.148.3.2>

МОДИФІКАЦІЯ ЖИВИЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РИЗОГЕНЕЗУ ГОРТЕНЗІЙ В КУЛЬТУРІ *IN VITRO*

Осіпов М.Ю. – к.с.-г.н.,

доцент кафедри садово-паркового господарства,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0001-7004-1164

Поліщук В.В. – д.с.-г.н.,

професор кафедри садово-паркового господарства,

Уманський національний університет

orcid.org/0000-0001-8157-7028

У статті викладено результати досліджень щодо впливу модифікації живильного середовища на підвищення укорінення рослин роду *Hydrangea L.* в культурі *in vitro*. Метою дослідження було вивчення ефективності оптимізації складу живильного середовища за укорінення рослин роду *Hydrangea L. in vitro*. Лабораторні дослідження проведено упродовж 2020–2024 років в Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України. Укорінення експлантів розпочинали після шостого пасажу. Мікроживці довжиною 2,5–3,0 см переносили на поживні середовища з додаванням ауксинів для стимуляції ризогенезу. За аналізу ефективності ризогенезу залежно від концентрації ауксинів встановлено, що застосування індолілоцтової кислоти у концентрації 0,1–1,5 мг/л забезпечило менший відсоток укорінення пагонів порівняно з індолілмасляною та нафтилоцтовою кислотами. Максимальний рівень укорінення за використання ІОК спостерігали за концентрації 0,5 мг/л – 38,8 %, що було значно нижче, ніж за додавання такої ж концентрації ІМК і НОК. Ефективність укорінення за використання ІОК була на 36,7 % та 30,66 % меншою, ніж за застосування такої ж концентрації ІМК та НОК, відповідно. При застосуванні НОК найбільший відсоток укорінених пагонів (69,4 %) отримано за концентрації 0,5 мг/л. Високі концентрації ІМК стимулювали утворення калосу на базальних кінцях мікроживців, а низькі – формування поодиноких тонких коренів. Середня кількість коренів була найбільшою за додавання 0,5 мг/л ІМК та становила 5,3 шт. За експериментального добору поживного середовища встановлено, що серед 25 досліджених модифікацій найвищий рівень укорінення забезпечувало модифіковане середовище МС-35 з додаванням β-індолілмасляної кислоти у концентрації 0,5 мг/л.

Ключові слова: клональне мікророзмноження, фітогормони, мікропагони, калус, укорінення.

Osipov M. Yu., Polishchuk V.V. Modification of the nutrient medium to optimize rhizogenesis in *Hydrangea in vitro*

This article presents the results of studies on the effect of modifying the culture medium on improving the rooting of plants of the genus *Hydrangea L. in vitro*. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of optimizing the composition of the culture medium for rooting plants of the genus *Hydrangea L. in vitro*. Laboratory experiments were conducted during 2020–2024 at the National Dendrological Park “Sofiyivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine. Rooting of explants was initiated after the sixth subculture. Microcuttings 2.5–3.0 cm in length were transferred to culture media supplemented with auxins to stimulate rhizogenesis. Analysis of rhizogenesis efficiency depending on auxin concentration showed that the use of indole-3-acetic acid at concentrations of 0.1–1.5 mg/l resulted in a lower percentage of rooted shoots compared with indole-3-butyric acid and naphthaleneacetic acid. The maximum rooting rate with IAA was observed at a concentration of 0.5 mg/l and amounted to 38.8%, which was significantly



© Осіпов М.Ю., Поліщук В.В., 2026

Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0

lower than when the same concentrations of IBA and NAA were applied. The rooting efficiency with IAA was 36.7% and 30.66% lower than with the same concentrations of IBA and NAA, respectively. When NAA was used, the highest percentage of rooted shoots (69.4%) was obtained at a concentration of 0.5 mg/L. High concentrations of IBA stimulated callus formation at the basal ends of the microcuttings, whereas lower concentrations promoted the formation of single thin roots. The average number of roots was highest when 0.5 mg/l IBA was added, reaching 5.3 roots per microshoot. Experimental selection of culture media showed that among the 25 tested medium modifications, the highest rooting rate was obtained on the modified MS-35 medium supplemented with β -indole-3-butyric acid at a concentration of 0.5 mg/l.

Key words: clonal micropropagation, plant growth regulators, microshoots, callus, rooting.

Постановка проблеми. Біотехнологічні методи в насінництві та розсадництві належать до найперспективніших сучасних напрямів розвитку сільського і лісового господарства та декоративного садівництва [1]. Використання технології *in vitro* дає змогу отримувати генетично однорідний садивний матеріал із високим коефіцієнтом розмноження. Крім того, застосування цього методу сприяє скороченню тривалості селекційного процесу, дозволяє проводити дослідження упродовж всього року, а також забезпечує можливість розмноження рослин, які важко відтворюються традиційними способами, і створює передумови для автоматизації процесу вирощування [2]. Культивування рослин *in vitro* дає змогу отримувати генетично однорідний та безвірусний посадковий матеріал [3, 4]. Порівняно з традиційними методами коефіцієнт розмноження за використання біотехнологічних підходів є значно вищим і може досягати 10^5 – 10^6 клонів за рік, тоді як за традиційного розмноження від однієї рослини за той самий період отримують лише 5–100 клонів. Застосування методу *in vitro* також сприяє економії площ, зайнятих маточними та розмноженими рослинами, і забезпечує оздоровлення вихідного садивного матеріалу від нематод, бактерій та вірусів [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оптимізація моделей культивування рослин *in vitro* тісно пов'язана з біологічними особливостями конкретних видів. На розвиток регенерантів впливає низка факторів, кожен з яких може діяти як самостійно, так і у взаємодії з іншими. Найбільш вагомими серед них є тип експланта, генотип рослини, умови вирощування донорських рослин, склад штучних живильних середовищ, фотоперіод та інші фактори культивування [6].

Життєздатність рослин, укорінених *in vitro*, істотно залежить від місця формування коренів, а також від дотримання стерильних умов культивування. У разі порушення стерильності, навіть за наявності достатньої кількості укорінених пробіркових рослин, може спостерігатися їх майже повна загибель [7]. Процес укорінення передбачає проходження трьох основних етапів: індукцію, ініціацію та ріст коренів, які відрізняються за потребами у живленні та умовами культивування [8, 9]. За оптимального поєднання складу поживному середовища та умов укорінення, а також їх відповідності генотипу рослини, тривалість перших двох етапів становить приблизно 10–15 діб [10, 11]. Зменшення інтенсивності освітлення може прискорювати початок утворення коренів. Вважається, що за дефіциту світла, у клітинах синтезуються специфічні білки-рецептори з високою спорідненістю до ауксинів. Одночасно підвищується активність пероксидази та ІОК-оксидази на початкових етапах формування коренів [12, 13]. Водночас дефіцит кисню у поживних середовищах, що використовуються для укорінення пагонів *in vitro*, може гальмувати розвиток кореневих волосків [14]. Недостатній розвиток кореневих волосків є особливо небезпечним на етапі адаптації пробіркових рослин до нестерильних умов *ex vitro*.

Ауксини та цитокініни є одними з найважливіших компонентів живильних середовищ, які впливають на успішність тканинної культури. Тип і концентрація фітогормонів є одними з найважливіших основних факторів, що впливають на успіх культивування рослинних тканин, а баланс між внутрішніми гормонами рослини та доданими регуляторами росту має вирішальне значення для успіху культивування. З метою стимуляції коренеутворення використовують різні джерела екзогенних ауксинів. У деяких випадках у поживному середовищі застосовують не повну концентрацію мінеральних солей, а лише частину її стандартного вмісту зі збереженням співвідношення компонентів. Такий підхід особливо актуальний для процесу ризогенезу, оскільки підвищена концентрація солей може гальмувати формування коренів *in vitro*, що зумовлює необхідність її зниження [15, 16].

Постановка завдання. Мета статті – дослідження ефективності оптимізації складу живильного середовища за укорінення рослин роду *Hydrangea* L. в культурі *in vitro*.

Лабораторні дослідження проведено упродовж 2020-2024 років в Національному дендрологічному парку «Софіївка» НАН України. Мікроклональне розмноження рослин роду *Hydrangea* у культурі *in vitro* включало кілька послідовних етапів: стерилізацію рослинного матеріалу, введення експлантів у культуру *in vitro*, підбір та оптимізацію складу поживного середовища, отримання рослин-регенерантів і їх подальшу адаптацію до умов *ex vitro*. Вихідним матеріалом для введення у культуру *in vitro* слугували пагони з апікальною меристемою довжиною 1,0-1,5 см, відібрані з рослин віком 3-5 років. Дослідження проводили з такими представниками роду *Hydrangea*: *H. macrophylla* 'Nikko Blue', *H. arborescens* 'Annabelle', *H. paniculata* 'Grandiflora'.

Розмноження експлантів здійснювали на поживному середовищі Мурасіге-Скуга з додаванням фітогормонів, сполук заліза та вуглеводів у різних концентраціях. Для підвищення ефективності ризогенезу мікроклонів до складу поживного середовища вводили ауксини у концентраціях від 0,1 до 1,5 мг/л.

Укорінення експлантів розпочинали після шостого пасажу. Мікроживці довжиною 2,5-3,0 см, сформовані *in vitro*, відокремлювали від утворених конгломератів і переносили на поживні середовища з додаванням ауксинів для стимуляції ризогенезу. Культивування проводили за стандартних умов: температури 25 ± 1 °C, фотоперіоду тривалістю 16 годин та зниженої інтенсивності освітлення – до 1,0 кілолюкса. За таких умов формування коренів розпочиналося через 4-5 тижнів культивування. Облік кількості укорінених експлантів, числа коренів на одному мікропагоні та вимірювання довжини новоутворених коренів проводили через сім тижнів після початку процесу укорінення.

Виклад основного матеріалу дослідження. З метою визначення оптимальних умов стимулювання ризогенезу у рослин роду *Hydrangea* за мікроклонального розмноження в культурі *in vitro*, випробовували різні модифікації базового живильного середовища MS без додавання гормонів, та доповнені ауксинами (β -індолилмасляна кислота (ІМК), β -індолилцетова кислота (ІОК), 1- нафтилоцетова кислота (НОК) у різних концентраціях.

В усіх модифікаціях живильних середовищ вміст макро- та мікроелементів було зменшено вдвічі, а замість глюкози додавали цукрозу у кількості 20 г/л. У результаті аналізу ефективності ризогенезу, залежно від концентрацій ауксинів виявлено, що за додавання індолилцетової кислоти в усіх концентраціях (0,1-1,5) кількість укорінених пагонів була меншою, ніж за додавання індолилмасляної кислоти та нафтилоцетової кислоти (Табл. 1).

За додавання 0,5 мл/л індолилцетової кислоти отримано найбільшу кількість укорінених пагонів – 38,8 %. Однак, ефективність укорінення була на 36,7 % та 30,66 % меншою, ніж за застосування такої ж концентрації ІМК та НОК, відповідно. Найбільшу кількість укорінених пагонів отримано за концентрації 0,5 мл/л нафтилоцетової кислоти, яка становила 69,4 %.

Таблиця 1

Ефективність ризогенезу мікроклонів представників виду *Hydrangea* залежно від концентрації ауксинів

Ауксини	Концентрація, мг/л	Характеристика ризогенезу		
		кількість укорінених експлантів		середня кількість коренів, шт.
		шт.	%	
ІОК	0	–	–	–
	0,1	10	10,2	0,8±0,07
	0,5	38	38,8	4,6±0,08
	1,0	34	34,7	3,4±0,12
	1,5	12	12,2	0,5±0,13
ІМК	0	–	–	–
	0,1	25	25,5	3,4±0,10
	0,5	74	75,5	5,3±0,08
	1,0	72	73,5	4,9±0,19
	1,5	24	24,5	2,8±0,16
НОК	0	–	–	–
	0,1	20	20,4	0,6±0,08
	0,5	68	69,4	3,9±0,17
	1,0	65	66,3	3,6±0,11

Високі концентрації ІМК стимулювали утворення калусу на базальних кінцях мікроживців, а низькі концентрації викликали утворення поодиноких тонких коренів. Додавання до живильного середовища як меншої концентрації (0,1 мл/л), так і більшої за 0,5 мл/л незалежно від ауксинів не забезпечило збільшення кількості укорінених пагонів.

Середня кількість коренів була найбільшою за додавання 0,5 мл/л ІМК – 5,3 шт., що на 0,7 та 1,4 шт. більше, ніж за додавання ІОК та НОК у такій же концентрації.

Процес ризогенезу ефективно проходив на середовищі з додаванням 0,5 мг/л ІМК, на якому пагони починали формувати корені через 20-25 діб, а укорінення рослин становило 75,5 % (рис. 2).



Рис. 1. Ризогенез експлантів виду *Hydrangea*

За експериментального добору живильного середовища було вивчено 25 модифікацій живильного середовища (Табл. 2). Встановлено, що найбільшу кількість укорінених рослин-регенерантів одержано на модифікованому живильному середовищі МС-35 з додаванням β -індолилмасляної кислоти за концентрації 0,5 мг/л.

Таблиця 2

Модифіковане живильне середовище за прописом Murasige і Скуга для ризогенезу представників виду *Hydrangea*

Компонент	Кількість, мг/л	Компонент	Кількість, мг/л
NH_4NO_3	825	KJ	0,415
KNO_3	950	$\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	27,8
$\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$	220	$\text{Na}_2\text{EDTA} \times 2\text{H}_2\text{O}$	37,3
$\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	185	Тіамін-НСІ	1,0
KH_2PO_4	85	Піридоксин-НСІ	0,5
H_3BO_3	3,1	Нікотинова кислота	0,5
H_3BO_3	3,1	Нікотинова кислота	0,5
$\text{MnSO}_4 \times 4\text{H}_2\text{O}$	11,15	Мезоінозит	100
$\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$	0,0125	Амінооцтова кислота	1,0
$\text{CuSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$	0,0125	β -індолилмасляна кислота	0,5
$\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	4,3	Цукроза	20000
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	0,125	Агар-агар	7000
		рН 5,6	

Висновки і пропозиції. За дослідження ефективності ризогенезу, залежно від концентрацій ауксинів виявлено, що за додавання індолилцетової кислоти в усіх концентраціях (0,1-1,5) кількість укорінених пагонів була меншою, ніж за додавання індолилмасляної та нафтилоцтової кислоти. Процес ризогенезу ефективно відбувався на середовищі з додаванням 0,5 мг/л ІМК, на якому пагони починали формувати корені через 20-25 діб, а укорінення рослин становило 75,5 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мацкевич В. В. Мікроклональне розмноження видів рослин *in vitro* та їх постасептична адаптація : дис. ... доктора с.-г. наук : спец. 06.01.05 «Селекція і насінництво». Суми, 2020. 478 с.
2. Gosal S. S., Wani S. H., Kang M. S. Punjab Agricultural University, Ludhiana, India. *Journal of Crop Improvement*. 2010. № 24. P. 153-217. <https://doi.org/10.1080/15427520903584555>
3. Krishna R., Ansari W. A., Khandagale K., Benke A. P., Soumia P. S., Manjunathagowda D. C., Singh M. Meristem culture: a potential technique for *in vitro* virus-free plants production in vegetatively propagated crops. *Advances in plant tissue culture*. 2022. P. 325-343. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90795-8.00017-5>
4. Лавриненко Ю. О., Балашова Г.С., Котова О. І. Культивування рослин картоплі *in vitro* за мікроклонального розмноження. *Вісник аграрної науки*. 2016. № 11. С. 43-47. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201611-08>
5. Мельничук М.Д., Новак Т.В., Кунах В.А. Біотехнологія рослин. Підручник. Київ: ПоліграфКонсалтинг, 2003. 520 с.
6. Подгаєцький А. А., Мацкевич В. В., Подгаєцький А. А. Особливості мікроклонального розмноження видів рослин. Біла Церква: БНАУ, 2018. 209 с.

7. Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Сучасні технології підвищення стійкості культивованих *in vitro* рослин до умов *ex vitro*. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2020. Т. 26. С. 183-189. <https://doi.org/10.7124/FEEEO.v26.1347>
8. Gaspar T., Coumans M. Root formation. *Cell and Tissue Culture in Forestry*. 1987. Vol. 24-26. P. 202-217.
9. Geiss G., Gutierrez L., Bellini C. Adventitious root formation: new insights and perspectives. *Annual plant reviews*. 2009. Vol. 37(37). P. 127-156. <https://doi.org/10.1002/9781444310023>
10. Orinos T. H., Mitrakos K. Rhizogenesis and somatic embryogenesis in calli from wild olive (*Olea europaea* var. *sylvestris* (Miller) Lehr) mature zygotic embryos. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 1991. № 27(2). P. 183-187.
11. Brutti C., Apostolo N. M., Ferrarotti S. A., Llorente B. E., Krymkiewicz N. Micropropagation of *Cynara scolymus* L. employing cyclodextrins to promote rhizogenesis. *Scientia horticultrae*. 2000. № 83(1). P. 1-10. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00067-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00067-9)
12. Miotto Y. E., da Costa C. T., Offringa R., Kleine-Vehn J., Maraschin F. D. S. Effects of light intensity on root development in a D-root growth system. *Frontiers in Plant Science*. 2021. № 12. P. 778382. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.778382>
13. Yun F., Liu H., Deng Y., Hou X., Liao W. The role of light-regulated auxin signaling in root development. *International journal of molecular sciences*. 2023. № 24(6). P. 5253. <https://doi.org/10.3390/ijms24065253>
14. Carol R. J., Dolan L. The role of reactive oxygen species in cell growth: lessons from root hairs. *Journal of experimental botany*. 2006. № 57(8). P. 1829-1834. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj201>
15. Tuaimah M. H., Jaffar O. N., Sabti. M. Z. Effect of media type, Cytokinins and Auxins on the formation of embryogenesis of date palm *Phoenix dactylifera* L. *in vitro*. *Journal of Kerbala for Agricultural Sciences*. 2025. № 12(1). P. 84-95. <https://doi.org/10.59658/jkas.v12i1.3243>
16. Лисак Ю. С. Особливості технології клонального розмноження фундука шляхом живцювання в умовах *in vitro* та шляхи підвищення її ефективності. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2023. № 33(6). P. 33-47. <https://doi.org/10.36930/40330605>

Дата першого надходження статті до видання: 02.04.2026

Дата прийняття статті до друку після рецензування: 01.05.2026

Дата публікації (оприлюднення) статті: 22.05.2026