Список літератури

1. Piątczak E., Wysokińska H. *In vitro* regeneration of *Centaurium erythraea* Rafn from shoot tips and other seedling explants. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. 2011. Vol. 72, 4. P. 283–288. https://doi.org/10.5586/asbp.2003.036.
2. Simonović A. D., Trifunović-Momčilov M. M., Filipović B. K., Marković M. P., Bogdanović M. D., Subotić A. R. Somatic Embryogenesis in *Centaurium erythraea* Rafn – Current Status and Perspectives: A Review. *Plants*. 2020. Vol. 10, 1. P. 70. https://doi.org/10.3390/plants10010070.
3. Todorovic S., Giba Z., Simonovic A., Bozic D., Banjanac T., Grubisic D. Manganese effects on *in vitro* development of lesser centaury [*Centaurium pulchellum* (Sw.) Druce]. *Archives of Biological Sciences*. 2009. Vol. 61, no. 2. P. 279–283. https://doi.org/10.2298/abs0902279t.

УДК 581.143.6:633.88:582.998.1

БІОТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ОТРИМАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ КУЛЬТУРИ *IN VITRO* РОСЛИН РОДУ *ARNICA* L.

Тарас Ю. М.

Тернопільський національний педагогічний університет
імені Володимира Гнатюка
E-mail: yurataras09@gmail.com

Рослини роду *Arnica* L. є важливими лікарськими видами, які широко використовуються у фармацевтичній промисловості та народній медицині. Найбільш відомим представником роду є *Arnica montana* L. – арніка гірська, яка використовується у фармацевтичній промисловості завдяки високому вмісту біологічно активних речовин (БАР), зокрема сесквітерпенових лактонів, флавоноїдів, фенольних кислот, дубильних речовин, ефірних олій тощо. Ці речовини зумовлюють протизапальні, антибактеріальні, антиоксидантні та ранозагоювальні властивості препаратів, до складу яких входить арніка [2, 3]. Водночас значний попит на рослинну сировину, обмеженість природних ресурсів та скорочення чисельності природних популяцій внаслідок

антропогенного впливу спричинюють необхідність розроблення альтернативних способів збереження та відтворення представників цього роду. У зв'язку з цим, особливої актуальності набувають біотехнологічні методи культивування рослинних клітин, тканин та органів *in vitro*, які відкривають широкі можливості для збереження генофонду, масового розмноження цінних генотипів та отримання БАР.

Культура *in vitro* є одним із найважливіших інструментів сучасної біотехнології рослин. Використання технологій *in vitro* дозволяє значно прискорити процес розмноження рослин і забезпечити отримання великої кількості генетично однорідного посадкового матеріалу [1].

Першим етапом отримання культури *in vitro* є введення рослинного матеріалу в асептичні умови. Як вихідні експланти використовують насіння, апікальні та пазушні бруньки, сегменти пагонів, листків, коренів або суцвіть. Успішність культивування значною мірою залежить від ефективності стерилізації рослинного матеріалу, оскільки контамінація бактеріями та грибами є однією з основних проблем культури тканин. Для поверхневої стерилізації зазвичай використовують розчини етанолу, гіпохлориту натрію, перекису водню або інших дезінфікуючих агентів із подальшим багаторазовим промиванням стерильною водою. Для введення в культуру *in vitro* нами використано насіння *A. montana*. Під час відпрацювання режиму стерилізації оптимальною виявилася обробка 15 %-м розчином H_2O_2 протягом 20 хв, що забезпечувала ефективність стерилізації 99 %. Результати досліджень засвідчили, що насіння найкраще проростає за освітлення. Ефективною для проростання насіння є холодова стратифікація при +5–7 °С упродовж 1,5–2 місяців у поєднанні з передпосівною обробкою розчином гібереловою кислотою ($ГК_3$) (1000 мг/л). Після стерилізації експланти переносять на живильне середовище. Найчастіше для культивування представників роду *Arnica* використовують середовище Мурасіге і Скуга (МС).

Одним із найбільш ефективних біотехнологічних підходів, який можна використати для розмноження *A. montana*, є мікроклональне розмноження. Ця технологія ґрунтується на

активації меристематичних тканин та індукції утворення численних пагонів під впливом регуляторів росту рослин. На етапі ризогенезу використовують ауксини, зокрема індолілмасляну або 1-нафтилоцтову кислоту (НОК), які сприяють формуванню кореневої системи. Найоптимальнішим із протестованих нами живильних середовищ для мікроклонального розмноження *A. montana* виявилося середовище Мурасіге, Скуга (МС) із зменшеними вдвічі концентраціями макро- та мікросолей (МС/2), доповнене 0,2 мг/л індолил-3-оцтової кислоти, 0,5 мг/л ГК$_3$ та 0,1 мг/л НОК. Отримані рослини-регенеранти після адаптації до умов *ex vitro* можуть успішно використовуватися для створення плантацій або реінтродукції в природні місця зростання.

Важливим напрямом досліджень є індукція калюсогенезу. Для отримання калюсних культур *A. montana* використовують листкові, кореневі або стеблові експланти, які культивують на живильних середовищах із додаванням ауксинів у поєднанні з цитокінінами. Калюсні культури є зручним об'єктом для вивчення фізіологічних і біохімічних процесів, дослідження морфогенетичного потенціалу клітин та аналізу впливу різних факторів середовища на ріст рослинних тканин. Нами встановлено, що найвищий відсоток калюсогенезу для всіх типів експлантів *A. montana* був на середовищі МС із 0,1 мг/л 2,4-дихлорфеноксиоцтової кислоти (2,4-Д); зі зростанням концентрації ауксину цей показник зменшувався.

У результаті нами отримані калюсні тканини пухкого типу, які ми використали для формування клітинних суспензій, які здебільшого характеризуються високою швидкістю росту клітин та можливістю масштабування процесу культивування. Ріст суспензійної культури *A. montana* відбувався на рідкому живильному середовищі МС/2, доповненому 0,1 мг/л 2,4-Д;

Особливе значення мають культури *in vitro* від рослин роду *Arnica* як джерело БАР. Нами встановлено, що калюсні культури здатні синтезувати речовини, характерні для інтактних рослин, зокрема флавоноїди та фенольні кислоти. Вміст цих сполук залежав від складу живильного середовища, умов культивування, освітлення, температурного режиму. Відомо, що контрольований синтез БАР у культурі *in vitro* відкриває перспективи створення

альтернативних джерел фармацевтичної сировини та зменшення навантаження на природні популяції лікарських рослин [2, 3].

Отже, біотехнологічні підходи до отримання та дослідження культури *in vitro* рослин роду *Arnica* включають: введення експлантів у стерильну культуру, мікроклональне розмноження, індукцію калюсогенезу, отримання калюсних та суспензійних культур, а також дослідження вторинного метаболізму рослинного матеріалу. Використання цих технологій дозволить не лише зберігати рідкісні види та отримувати значну кількість посадкового матеріалу, а й створює перспективи отримання цінних БАР. Подальший розвиток біотехнологічних досліджень сприятиме більш ефективному використанню потенціалу представників роду *Arnica* у фармацевтичній, біотехнологічній та природоохоронній сферах.

Список літератури

1. Тарас Ю. М., Сорока О. В., Прокоп'як М. З., Грицак Л. Р., Дробик Н. М. Особливості культивування *in vitro* видів роду *Arnica* L. флори України. *Наукові записки ТНПУ. Серія: Біологія.* 2025. Т. 85, № 4. С. 6–12. https://doi.org/10.25128/2078-2357.25.4.1
2. Krauze-Baranowska M., Kimel K. *Arnica montana* and its medicinal value in the light of scientific research. *Farmacja Polska*. 2022. Vol. 78, No. 9. P. 491–502. https://doi.org/10.32383/farmpol/156952
3. Nieto-Trujillo A., Cruz-Sosa F., Luria-Pérez R., et al. *Arnica montana* Cell Culture Establishment, and Assessment of Its Cytotoxic, Antibacterial, α-Amylase Inhibitor, and Antioxidant *In Vitro* Bioactivities. *Plants*. 2021. Vol. 10, No 11. https://doi.org/10.3390/plants10112300