

selected A. Kozak (2004) taper equation as the most precise among other variable-exponent equations. The accuracy for total stem volume prediction using this model is estimated to be about 7 %. To estimate merchantable timber volumes we have developed model to predict diameters along stem inside bark. The mean root square error for roundwood volume calculation is assessed to be 10 %. As a result of the study, a novel approach for individual tree volume estimation has been proposed.

Keywords: taper equation, merchantable timber, volume.

УДК 635.051*58.085:582.61

**ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ АСЕПТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ ТА
ПЕРВИННИЙ МОРФОГЕНЕЗ *LYSIMACHIA VULGARIS L.***

С. Ю. БІЛОУС

**Національний університет біоресурсів і природокористування
України,
ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України»**

А. Ф. ЛІХАНОВ, Р. К. МАТЯШУК

ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України»

E-mail: forest.biotech@ukr.net

Анотація. Рослини *Lysimachia L.* є джерелом цінних біологічно компонентів, природних антиоксидантів, що активно використовуються у фармацевтичній промисловості. Обґрунтовано актуальність і розроблено підходи до мікроклонального розмноження *Lysimachia vulgaris L.* на етапі введення в культуру *in vitro*. З'ясовано, що органогенез у культурі *L. vulgaris* залежить від типу стерилізуючої речовини та часу експозиції. Встановлено, що використання стерилізуючих агентів впливає на швидкість і частоту індукції первинних мікропагонів *in vitro*. Комбінування або ж почергове витримування експлантів *L. vulgaris* у декількох розчинах для стерилізації незалежно від типу є неефективним, оскільки рослинні тканини значно пошкоджуються й не здатні до морфогенезу. Зауважено активну проліферацію первинних мікропагонів на живильному середовищі МС доповненим 2,5 мг·л⁻¹ БАП та 0,2 мг·л⁻¹ НОК із частотою 90%.

Ключові слова: *Lysimachia vulgaris L.*, культура *in vitro*, живильне середовище, експлантат, первинний морфогенез.

Актуальність. Нині увага світової спільноти дедалі частіше зосереджується на питаннях, пов’язаних зі стрімким скороченням світової флори. Зростання антропогенного навантаження, глобальні кліматичні зміни є основними причинами збідення фіторізноманіття. Дедалі більше

видів рослин потрапляють під загрозу зникнення і набувають статусу рідкісних і таких, що зникають. Особливо вразливими є рослини-ендеміки, які обмежені вузьким природним ареалом і є досить вразливими до змін у природному середовищі [3; 7; 10].

Створення природоохоронних резерватів для збереження рідкісних рослин *in situ* не завжди ефективне. Згідно з основними положеннями Конвенції про збереження біорізноманіття, заходи щодо збереження рідкісних, таких, що зникають, і цінних представників світової флори є надважливим питанням, зокрема, збереження *ex situ*, що передбачає створення штучних угруповань, колекцій рослин за умов інтродукції у ботанічні сади та культивування в культурі тканин та органів, а також створення генетичних банків в умовах *in vitro* з метою подальшої їх репатріації у природні умови [1; 3; 13].

Основним завданням методу культури клітин, тканин та органів *in vitro* є мікроклональне розмноження генетично однорідних цінних і таких, що зникають, культиварів із метою: збереження і розмноження генотипів як вихідних форм для селекційних цілей; швидкого і масового мікроклонального розмноження нових перспективних квіткових і декоративних рослин, відновлення та розмноження рідкісних і таких, що зникають, видів рослин, одержання вихідного безвірусного, а також вільного від грибних і бактеріальних збудників садивного матеріалу лікарських рослин і тих, що використовуються у фармакології.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Рослини *Lysimachia* L. є джерелом різних біологічно активних компонентів, таких як феноли, поліфеноли, флавоноїди, сапоніни, терпен тощо, які мають значний антиоксидантний потенціал для захисту від надзвичайно нестійкої дії вільних радикалів у клітинному мікросередовищі [14]. Зокрема, антиоксидантний потенціал було оцінено у низці лікарських рослин для медичних препаратів рослинного походження, де представники *Lysimachia* L. є дуже цінними [9; 14; 16].

Рід *Lysimachia* L. входить до родини первоцвіті *Primulaceae* Vent. і налічує приблизно 150 видів. В Україні трапляються лише 5 видів: *L. nummularia* (вербозілля лучне або монетне), *L. vulgaris* (в. звичайне), *L. verticillaris* (в. кільчасте), (в *L. nemorum*. гайове), *L. punctata* (в. крапчасте) [2]. Ширше представники цього роду трапляються в помірних широтах Північної Америки, Азії та Європи. Більшість видів відомі з Китаю. Здавна вербозілля застосовують у народній медицині різних країн, перші відомості про його лікувальні властивості наводив ще Адам Лоніцер (1563) [9]. Існують окремі згадування про застосування в народній медицині *L. vulgaris* як жовчогінного, тонізуючого і антисептичного засобу та *L. christinae* в традиційній китайській медицині [9; 10; 13].

На підставі досліджень деяких учених з'ясовано, що екстракти *L. vulgaris* мають потужну антиоксидантну активність *in vitro*, зокрема багаті фенолами та флавоноїдами. Вони можуть бути використані як доступне джерело природних антиоксидантів, харчову добавку або у фармацевтичній промисловості [12; 14; 18]. Вірогідно, фенольні сполуки є

відповідальними за антиоксидантну активність екстрактів саме вербозілля із жовтим забарвленням квітів. Високий вміст фенолів у них може бути пов'язаний з умовами стресу в природному середовищі. У рослин, які зростають у різних умовах стресу (посуха, спека, ультрафіолетове світло, забруднення повітря та атака збудників), може відбутися синтез деяких фенольних сполук, що адаптовує таким чином рослину до несприятливих умов [11; 18].

Різні автори проводилися роботи з введення представників *Lysimachia* L. у культуру *in vitro* [15; 19]. Відмінності цих досліджень стосуються як вихідного матеріалу, який використовували на перших етапах отримання асептичного матеріалу, так і апробованих стерилізуючих агентів.

Метою дослідження було визначення особливостей отримання асептичних рослин регенерантів *L. vulgaris* на етапі введення у культуру *in vitro*.

Основною вимогою початкового етапу стерилізації є усунення контамінації екзогенними мікроорганізмами, тобто досягнення стерильності вихідного рослинного матеріалу зі збереженням життєздатності рослинних тканин. Тому етап введення у культуру *in vitro* потребує ретельного підбору стерилізуючих агентів та експозиції стерилізації для кожного нового виду рослин.

З метою досягнення оптимальних наслідків стерилізації рослинного матеріалу, як правило, використовують комбінації кількох стерилізуючих речовин. При виборі вихідного рослинного матеріалу дослідники керуються різними міркуваннями, серед яких дуже важливими є чутливість тканин до обробки, доступність вихідного матеріалу, вимоги до його генетичної стабільності, оскільки у більшості випадків речовини, які використовують на першому етапі досліджень, мають широкий спектр негативної дії на рослинний матеріал. Прояв токсичного ефекту зазвичай супроводжується окисленням тканин і появою відмерлих зон на експлантах [4; 5; 10]. З цією метою найефективнішим для отримання первинних експлантів *L. vulgaris* є застосування детергентів, стерилізуючих агентів і багатократне промивання у стерильній дистильованій воді [5; 6].

Матеріал і методи дослідження. За життєвою формою *L. vulgaris* – це трав'янистий багаторічник. Як вихідний матеріал при введенні в культуру *in vitro* використовували зібрани частини рослин *L. vulgaris*, що наявні у популяції парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Феофанія» (рис. 1).

Як експланти були використані пагони з бічними і апікальними бруньками, завдовжки 7–15 см.

Стерилізацію при введенні в культуру *in vitro* здійснювали за загальноприйнятими в біотехнології методами, модифікуючи послідовність і схему виконання, зокрема: обробка миючими засобами, промивка у проточній воді, обробка стерилізуючими реагентами та відмивання від них стерильною дистильованою водою [5; 7].



Рис. 1. Вихідні рослини *Lysimachia vulgaris* L.

При виділенні меристем у рослин *L. vulgaris* відокремлювали різні фрагменти: частини пагонів, листкові пластини та частину пагона з одним міжвузлям. Ізольовані частини рослин промивали 30 хв у мильному розчині на магнітній мішалці з додаванням декількох крапель 0,01 % Твін-20, після чого інтенсивно відмивали від залишків детергенту й піддавали стерилізації за підібраними схемами.

Як стерилізуючі агенти використовували: розчин срібла – AgNO_3 (0,1 %), пероксиду водню H_2O_2 (50 %) та хлорид ртуті HgCl_2 (0,1 %) (рис. 2).

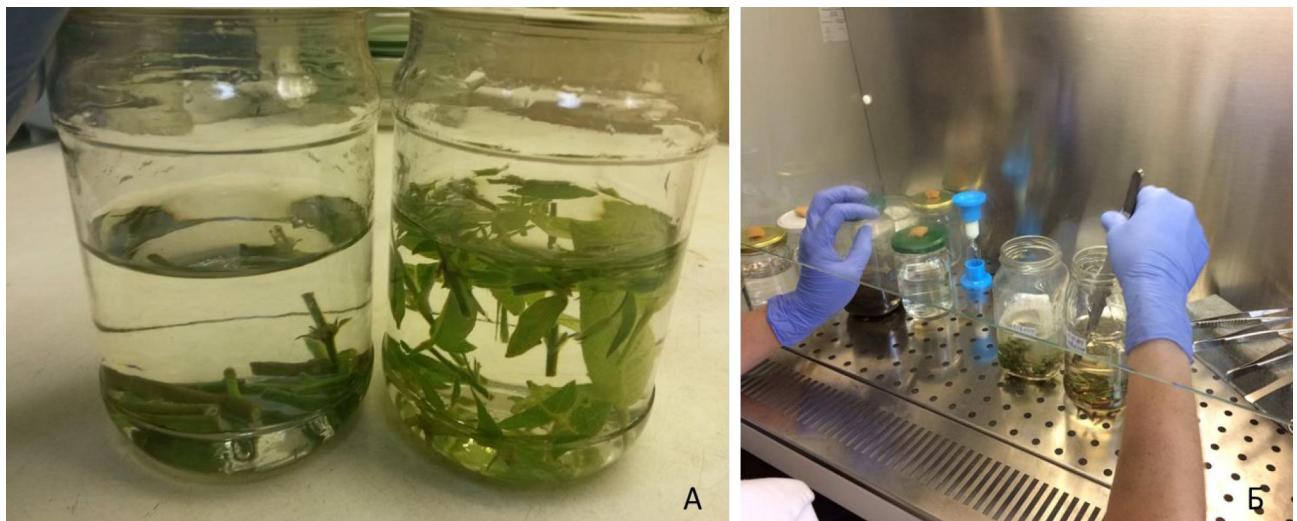


Рис. 2. Стерилізація *Lysimachia vulgaris* L.: А – відмивання у стерильній дистильованій воді; Б – витримування у стерилізуючих реагентах

Простерилізований рослинний матеріал поміщали на поверхню агаризованого живильного середовища (ЖС). Основою для приготування ЖС слугувало середовище за прописом Мурасіге–Скуга [17]. Залежності від необхідності отримання бажаного морфогенного ефекту в рослин-

регенерантів *L. vulgaris* до базового складу живильного середовища МС додавали окремі групи екзогенних регуляторів росту рослин різної концентрації, як окремо, так і у комбінації декількох [16; 18].

Культивування здійснювали в термальній кімнаті з 16-годинним фотoperіодом за температури повітря $24\pm1^{\circ}\text{C}$, інтенсивності освітлення 2000–3000 лк та відносної вологості повітря 70 % [5].

Результати дослідження та їх обговорення. Основним завданням було розробити умови введення у культуру *in vitro* рослин *L. vulgaris* із метою подальшого їх культивування *in vitro* як цінної лікарської сировини.

Основним показником ефективності стерилізуючої речовини була кількість експлантатів, які нормально розвивались.

У попередніх дослідженнях із культурою *L. nummularia* досить ефективною виявлялася поетапна стерилізація, яка передбачала обробку експлантів у 70-відсотковому розчині етанолу, потім 25-відсотковому розчині H_2O_2 (7 хв) з одноразовим відмиванням у стерильній дистильованій воді 10 хв. Цю схему ми використали на перших етапах дослідження для *L. vulgaris* (таблиця). Однак отримати позитивні результати не вдалося. Зокрема, при зменшенні тривалості обробки не вдавалося позбутися екзогенної мікрофлори, а при її збільшенні втрачалася здатність експлантів до проростання. Також було виявлено ознаки окислення тканин первинних експлантів.

Зважаючи на такі результати, були проведені спроби із застосуванням інших стерилізуючих агентів, зокрема AgNO_3 (0,1 %) та HgCl_2 (0,1 %) зі зменшеною експозицією, варіанти стерилізацій наведено у таблиці.

Способи стерилізації експлантів *L. vulgaris*

Розчини для стерилізації		Час експозиції, хв	Кількість асептичних експлантів на 3–7 добу, %	Кількість життєздатних експлантів на 7–14 добу, %
1	детергент 70 % спирт 12,5 % H_2O_2	30 хв 30 с 10 хв	45	10
2	детергент 70 % спирт 25 % H_2O_2	20 хв 30 с 7 хв	80	27
3	детергент 70 % спирт AgNO_3 (0,1 %)	30 хв 30 с 8 хв	78	35
4	детергент 70 % спирт AgNO_3 (0,1 %)	20 хв 30 с 10 хв	100	30
5	детергент 70 % спирт HgCl_2 (0,1 %)	30 хв 30 с 6 хв	94	90
6	детергент 70 % спирт HgCl_2 (0,1 %)	20 хв 30 с 8 хв	100	63

У результаті було встановлено, що за меншої експозиції загибель експлантів відбувалась через значне ураження грибами та бактеріями, а за більш тривалого витримування загибель експлантатів відбувалася на 2–3 добу через окислення рослинних тканин і абсолютно нежиттєздатність (рис. 3).

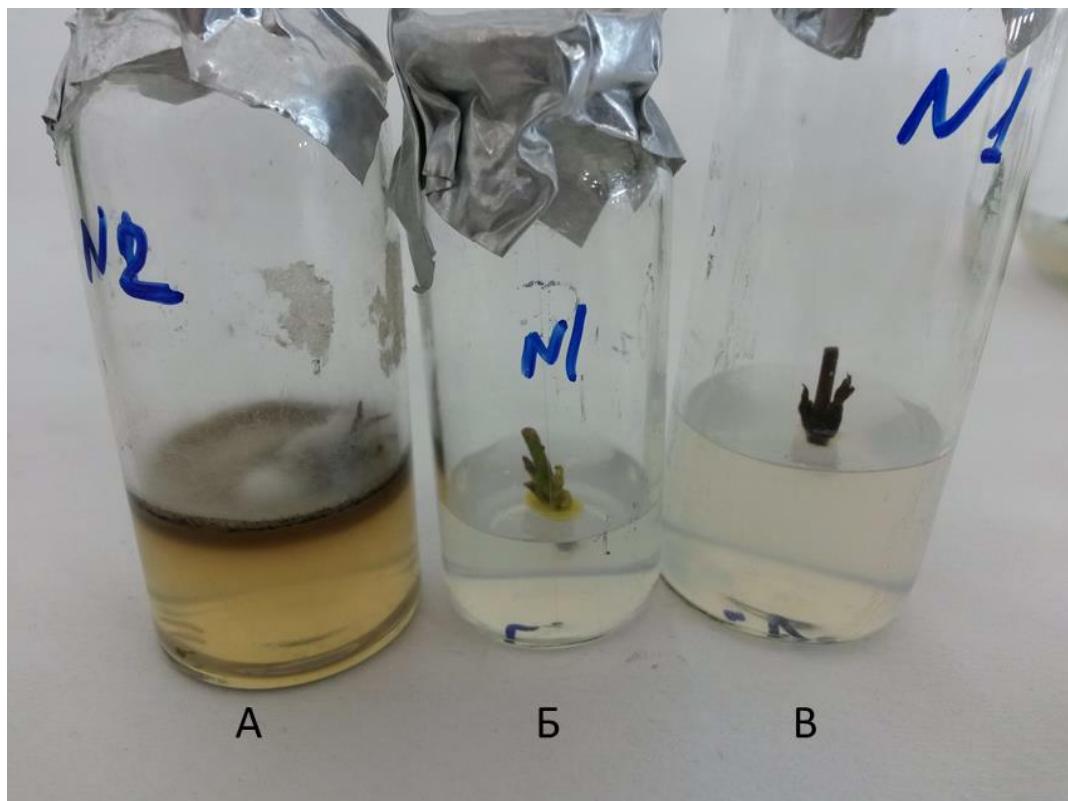


Рис. 3. Прояв негативного впливу стерилізації на експланти *L. vulgaris* на третю добу в умовах *in vitro*: А – грибне інфікування; Б – бактеріальне ураження; В – асептичний нежиттєздатний експлант

Застосування 12,5-відсоткового розчину H_2O_2 , як із відмиванням у стерильній воді, так і без, виявилося неефективним, оскільки отримані життєздатні експланти на 3–5 добу після введення проявляли грибне та бактеріальне інфікування незалежно від активності утворення первинних мікропагонів. На нашу думку, це пов’язано з тим, що експланти з вихідних пагонів, як правило, екзогенно пошкоджені бактеріями і рибами, які важко вимиваються розчином детергентів і стерилянтів, зокрема в місцях, де тканини дуже щільно прилягають.

Своєю чергою використання 25-відсоткового розчину H_2O_2 із триразовим відмиванням у стерильній дистильованій воді також не гарантує отримання високих результатів. У більшості випадків у перші 3–7 днів 80 % експлантів були асептичні, але вже на 10 день більша частина з них мала грибне інфікування.

Щодо використання 0,1-відсоткового розчину $AgNO_3$, то в цьому випадку на 3–7 день майже всі експланти були стерильні, але, як виявилося згодом, більшість із них абсолютно не здатні до будь-якого прояву первинного морфогенезу. Лише в окремих випадках поодинокі

експланти після використання жорсткіших умов проявляли здатність до морфогенезу (рис. 4).



Рис. 4. Поява первинного мікропагона *L. vulgaris* із пазушних бруньок експланта після стерилізації у розчині AgNO_3 (0,1 %)

Тобто основним чинником, що впливав на отримання асептичних життєздатних експлантів, було використання стерилізуючої речовини певного типу.

Найкращі результати отримано при стерилізації експлантів *L. vulgaris* із використанням 0,1-відсоткового розчину HgCl_2 з експозицією 6 хв і триразовим відмиванням у стерильній дистильованій воді (рис. 5).



Рис. 5. Асептичні експланти *L. vulgaris*, 5–10 доба культивування

За таких умов вдалося досягти найменшої контамінації і найбільшого відсотку, а саме 90 %, асептичних і життєздатних експлантів на 7–10 добу

після введення в умови *in vitro*. Такі експланти вже на 14 день починали активно формувати первинні мікропагони (рис. 6).

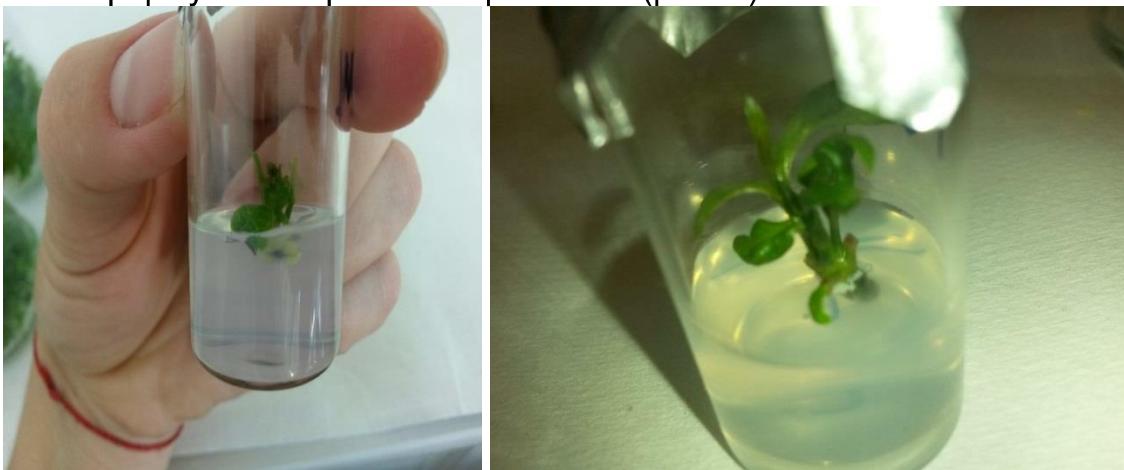


Рис. 6. Формування асептичних мікропагонів *L. vulgaris* на 7–14 добу культивування *in vitro*

Висновки і перспективи. За результатами дослідження встановлено, що оптимальними експлантами для введення у культуру *in vitro* є частини стебел з одним міжвузлям завдовжки 1,0–1,5 см, ізольовані у червні–липні.

Аналіз отриманих даних свідчить, що для експлантів *L. vulgaris* є недоцільним використання декількох стерилізуючих речовин у комплексі через загибель рослинних тканин, пов'язану із пошкодженням тканин вихідних рослин. Найвищу ефективність отримання асептичних експлантів *L. vulgaris* було забезпечено при використанні 0,1-відсоткового розчину $HgCl_2$ (6 хв), триразовому відмиванні у стерильній дистильованій воді 10 хв (попередньо пагони витримували у розчині детергенту з додаванням 0,01 % Твін-2) та витримуванні у 70-відсотковому розчині етанолу 30 с. Застосування такої схеми стерилізації найменше пошкоджувало рослинні тканини, знешкоджувало епіфітну мікрофлору й забезпечило ефективність стерилізації 90 %.

Установлено, що регулятори росту циткінінового та ауксинового типу дії активно впливали на індукцію прямого морфогенезу безпосередньо з тканин експланту. Зафіковано, що живильне середовище МС з додаванням $2,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ БАП та $0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ НОК активно впливає на ростові чинники експлантів.

References

1. Belokurova, V. B., Sikura, Y. Y., & Kuchuk, M. V. (2012). Zberezhennia roslyn flory Ukrayny z riznym pryrodoookhoronnym statusom v kolektsii *in vitro* Instytutu Klitynnoi biolohii ta henetychnoi inzhenerii [Preservation of flora plants of Ukraine with different conservation status in the *in vitro* collection of the Institute of Cell Biology and Genetic Engineering]. Vegetational world in the Red Book of Ukraine: Implementation of the Global Strategy for Plant Conservation. Materials of the II International Scientific Conference (October 9-12, 2012, Uman, Cherkasy region), Kyiv, 223–226.

2. Didukh, Ia. P., Korotchenko, I. A., Fitsailo, T. V., Burda, R. I., Moisiienko, I. I., Pashkevych, N. A., Yakushenko, D. M., & Shevera, M. V. (2010). *Ekoflora Ukrayny* [Ecoflora of Ukraine]. Kyiv, 422.
3. Zholobova, O. O. (2012). *Sokhranenyne redkykh y yschezaiushchych vydov rastenyi v kulture in vitro y otsenka urovnia ykh vnutryvydovoho polymorfyzma* [Preservation of rare and endangered plant species in culture in vitro and assessment of their interspecies polymorphism level]. Extended abstract of candidate's thesis. Belhorod, 23.
4. Konstantynov, A. V. (2014). *Osobennosty reheneratsyy pobehov forsaityy evropeiskoi* (*Forsythia europaea* Degen et Bald.) v sterylnoi kulture [Features of regeneration of European forests (*Forsythia europaea* Degen et Bald.) in sterile culture]. *Modern Phytomorphology*, 225–230.
5. Kushnir, H. P., & Sarnatska, V. V. (2005). *Mikroklonalne rozmnozhennia roslyn. Teoria i praktyka* [Microclone propagation of plants. Theory and practice]. Kyiv, 270.
6. Lavrentieva, A. (2004). *Vykorystannia biotekhnolohichnykh metodiv rozmnozhennia dekoratyvnykh introdutsentiv* [The use of biotechnological methods of reproduction of decorative introductions]. Visnyk of Lviv University. Biological series, 137–145.
7. Kolomyets, T. M., Malarovskaia, V. Y., Hvasalyia, M. V., & et al. (2014). *Mikrorazmnozhenie in vitro subtropicheskikh, dekorativnyh kul'tur i jendemikov Zapadnogo Kavkaza: original'nye i optimizirovannye protokoly* [Micropropagation of in vitro subtropical, decorative cultures and endemics of the Western Caucasus: original and optimized protocol]. Agricultural Biology, 49–58.
8. Marchenko, M. M., Shelyfist, A. Ye., Cheban, L. M., Chornei, I. I., & Budzhak, V. V. (2004). *Osoblyvosti vvedennia v kulturu in vitro Saussurea porcii* Degen ta *S. discolor* (Willd.) DC. [Features of introduction into culture of in vitro *Saussurea porcii* Degen and *S. discolor* (Willd.) DC.]. Scientific Herald of Chernivtsi University, 3–9.
9. Radchenko, V., Matiashuk, R., Tkachenko, I., & Prokopuk, Yu. (2016). *Perspektyvy praktychnoho vykorystannia predstavnykiv rodu Lysimachia L.* [Prospects for the practical use of representatives of the genus *Lysimachia L.*]. Nitra, 377–382.
10. Pushkarova, N., & Belokurova, V. (2014). *Osoblyvosti vvedennia v kulturu in vitro deiakykh ridkisnykh ta znykaiuchykh vydiv flory Ukrayny* [Features of in vitro introduction of some rare and endangered species of Ukrainian flora]. Scientific priorities of the agrarian sphere development in the conditions of global changes: materials international. sci. pract. Internet Conf. 4-5 December 2014, Ternopil, 71–72.
11. Gülcin, I., Küfrevoioglu, I. Ö., Oktay, M., & Büyükokuroğlu, M. E. (2004). Antioxidant, antimicrobial, antiulcer and analgesic activities of nettle (*Urtica dioica* L.). *J. Ethnopharmacol*, 90, 205–215.
12. Birinci Yildirim, A., Guner, B., Pehlivan Karakas, F., & Ucar Turke, A. (2017). Evaluation of antibacterial, antitumor, antioxidant activities and phenolic constituents of field-grow and in vitro grown *lysimachia vulgaris* L. Afr. J

- Tradit Complement Altern Med., 14 (2), 177–187.
doi:10.21010/ajtcam.v14i2.19.
13. Sharrock, S. (2012). Global Strategy for Plant Conservation. A guide to the GSPC: all the targets, objectives and facts. Richmond, 36.
 14. Gupta, S., Sarma, S., Mao, A., & Seal, T. (2012). Antioxidant activity of different parts of *Lysimachia laxa* and *Gymnocladus assamicus*, a comparison using three different solvent extraction systems. Chem Pharm Res, 5, 33–40.
 15. Gupta, S., Kaliamoorthy, S., Das, A., Mao, S., & Sarma, S. (2012). Micropropagation of *Lysimachia Laxa* baudo. Asian Journal of Science and Technology, 4, 12, 024–027.
 16. Podolak, I., Elas, M., & Cieszka, K. (1998). In vitro antifungal and cytotoxic activity of triterpene saponosides and quinoid pigments from *Lysimachia vulgaris* L. Phytother. Res, 12, 70–73.
 17. Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol. Plant, 473–497.
 18. Toth, A., Riethmuller, E., Alberti, A., Vegh, K., & Kery, A. (2012). Comparative phytochemical screening of phenoloids in *Lysimachia* species. European Chemical Bulletin, 1, 1–2, 27–30.
 19. Zheng, W., Xu, X.-D., Dai, H., & Chen, L.-Q. (2009). Direct regeneration of plants derived from in vitro cultured shoot tips and leaves of three *Lysimachia* species. Sci Hortic, 122, 138–141.

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ АСЕПТИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ И ПЕРВИЧНЫЙ МОРФОГЕНЕЗ *LYSIMACHIA VULGARIS* L.

С. Ю. Белоус, А. Ф. Лиханов, Р. К. Матяшук

Аннотация. Растения *Lysimachia L.* являются источником ценных биологических компонентов, природных антиоксидантов, которые активно используются в фармацевтической промышленности. Обоснована актуальность и разработаны подходы к микроклональному размножению *Lysimachia vulgaris L.* на этапе введения в культуру *in vitro*. Установлено, что органогенез в культуре *L. vulgaris* зависит от типа стерилизующего вещества и времени экспозиции. Выявлено, что использование стерилизующих агентов влияет на скорость и частоту индукции первичных микропобегов *in vitro*. Комбинирование или поочередное выдерживание эксплантов *L. vulgaris* в нескольких растворах для стерилизации независимо от типа является неэффективным, поскольку растительные ткани значительно повреждаются и не способны к проявлению морфогенеза. Замечено активную пролиферацию первичных микропобегов на питательной среде МС, дополненную 2,5 мг·л⁻¹ БАП и 0,2 мг·л⁻¹ НУК с частотой побегообразования 90 %.

Ключевые слова: *Lysimachia vulgaris L.*, культура *in vitro*, питательная среда, экспланты, первичный морфогенез.

PECULIARITIES OF OBTAINING AN ASEPTIC CULTURES AND PRIMARY MORPHOGENESIS OF *LYSIMACHIA VULGARIS L.*

S. Bilous, A. Likhanov, R. Matyashuk

Abstract. *Lysimachia L.* plants are a source of valuable biological components, natural antioxidants, which are actively used in the pharmaceutical industry.

The relevance has been substantiated and approaches to the microclonal reproduction of *Lysimachia vulgaris L.* has been developed at the stage of introduction to culture *in vitro*. It was established that organogenesis in the culture of *L. vulgaris* depends on the type of sterilizing agent and the time of exposure. It was revealed that using of sterilizing agents affects the rate and frequency of induction of primary microshoots *in vitro*. Combining or alternately maintaining explants of *L. vulgaris* in several sterilization solutions, regardless of type, is ineffective, since plant tissues are significantly damaged and incapable of morphogenesis. The active proliferation of primary micro-shoots on the nutrient medium MS supplemented with $2,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ BA and $0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ NAA with a frequency of sprout formation of 90% was noted.

Keywords: *Lysimachia vulgaris L.*, *in vitro* culture, nutrient medium, explants, primary morphogenesis.

УДК 630*64:630*53

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ДЕРЕВНОЇ БІОМАСИ У ЛІСАХ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Р. Д. ВАСИЛИШИН, доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри таксації лісу та лісового менеджменту

П. І. ЛАКИДА, доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри таксації лісу та лісового менеджменту

О. В. ШЕВЧУК*, здобувач кафедри таксації лісу та лісового менеджменту

О. М. МЕЛЬНИК, кандидат сільськогосподарських наук, начальник
наукової частини ВП НУБіП України «Боярська ЛДС»

О. М. ВАСИЛИШИН*, здобувач кафедри таксації лісу та лісового
менеджменту

Ю. М. ЮРЧУК*, аспірант кафедри таксації лісу та лісового менеджменту

**Національний університет біоресурсів і природокористування
України**

E-mail: rvasyls@ukr.net

Анотація. Нині використання деревної біомаси лісів для енергетичних цілей є структурною складовою організації системи

* Науковий керівник – доктор сільськогосподарських наук, професор П. І. Лакида.

© Р. Д. Василишин, П. І. Лакида, О. В. Шевчук,
О. М. Мельник, О. М. Василишин, Ю. М. Юрчук, 2018