

озеленення могут быть условно разделены на две основные группы: зеленые фасады, созданные вьющимися растениями, и живые настенные системы. Несмотря на то, что почти каждая компания, которая устанавливает живые настенные системы, имеет свои собственные технологические приемы, существует два основных способа их установки: сплошной и модульный.

Следует отметить, что когда живая стена уже создана и растения полностью покрывают фасад здания, различия между использованием систем незаметны. Поэтому, выбор технологии создания живой стены зависит от конструкции здания и возможностей дополнительной нагрузки стен. Важен и этап подбора растений для каждой из систем. Поэтому, только придерживаясь всех требований при создании живой стены, она становится неотъемлемой частью здания и полноценно выполняет все вышеуказанные функции.

Ключевые слова: Зеленые стены, город, растения, структура.

УДК 630*27:58.085: 582.623

БИОТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АДАПТАЦІЇ РОСЛИН-РЕГЕНЕРАНТІВ *POPULUS TREMULA* L. ДО УМОВ ЗАКРИТОГО ТА ВІДКРИТОГО ҐРУНТУ

С. Ю. Білоус, кандидат біологічних наук

Розроблено методикку адаптації рослин-регенерантів *Populus tremula* L. зеленокорої форми до умов *ex vitro* та *in vivo*. Встановлено оптимальні складові та вологість субстрату для адаптації. Досліджено найбільш сприятливий період, спосіб адаптації рослин та час перебування в умовах підвищеної вологості.

Ключові слова: *Populus tremula* L., рослина-регенерант, адаптація, *ex vitro*, *in vivo*.

Заключним, найтрудомісткішим етапом технології мікроклонального розмноження є адаптація рослин-регенерантів [2, 3]. Вибір способу та умов адаптації має першочергове значення.

Передові біотехнології отримання саджанців осики, що відрізняється швидким ростом та стійкістю до серцевинної гнилі, передбачають їх оздоровлення, розмноження мікроклонами у стерильних умовах – методом культури ізольованих тканин і органів рослин. Кінцевий продукт – оздоровлений садивний матеріал найвищої категорії.

На жаль, нині не існує універсальної методики адаптації рослин-регенерантів до умов *in vivo*, яка була б придатна для всіх рослин *in vitro*.

Адже більшість рослин у процесі переносу до нестерильних умов (*ex vitro*) гинуть, переважно в перші тижні адаптації. Тому ми здійснювали цей процес поетапно, з поступовим зниженням вологості повітря. Чимало авторів у своїх роботах пропонують безліч різних способів адаптації деревних видів рослин, у тому числі й осики [1, 3, 6], та інколи на практиці виникає низка проблем. З огляду на це, можна сказати, що найтрудомісткішим етапом культивування рослин із застосуванням технології МКР є перехідна стадія від стерильної культури *in vitro* в нестерильні умови *ex vitro*. Процес адаптації поєднує в собі як традиційні методи культивування *ex vitro*, так і стерильну культуру *in vitro*.

Мета досліджень – розробити біотехнологічні підходи адаптації рослин *P. tremula* до умов закритого та відкритого ґрунту.

Матеріали та методика досліджень. Адаптацію, сформованих рослини-регенерантів *Populus tremula* L. зеленокорої форми, яка проходила протягом 1–3-х тижнів, проводили в три способи:

а) ступінчаста адаптація в контрольованих умовах адаптаційної кімнати та наступна висадка у відкритий ґрунт;

б) дорощування в умовах теплиці, для подальшої їх висадки на розсадник (пряма адаптація);

в) пряма *in vivo* адаптація.

За всіх способів адаптації коріння оздоровлених генетично-однорідних рослини-регенерантів перед перенесенням відмивали від залишків агару. Посадку рослини проводили у пластикові фітоконтейнери та торфоперегнійні горшечки.

Як субстрати для дорощування в умовах теплиці та адаптаційній кімнаті використовували суміші: торф, пісок (3:1); торф, дерновий ґрунт, перліт (1:1:1); торф, пісок, перліт (1:1:1), просто перліт, кокосові мати (кокосовий субстрат), кокосовий субстрат, перліт (1:3). Рослинам створювали умови підвищеної вологості (ВВП – 95–100%) з поступовим її зниженням до умов тепличного комплексу (ВВП – 70–75%, температура повітря – +18... +23 °С, освітленість – 5–7 тис. люкс).

Існує низка факторів, які було враховано при перенесенні рослин-регенерантів (РР) у ґрунт, такі як висота рослин, спосіб перенесення, терміни висадки, довжина коренів, субстрат тощо.

У дослідженнях, для оцінки ефективності адаптації, визначали частоту приживлення рослин до умов закритого й відкритого ґрунту.

За результатами проведених досліджень була розроблена методика мікроклонального розмноження, що дала змогу отримати генетично-стабільні, вивільнені від хвороб рослини-регенеранти осики з оптимально сформованою кореневою системою та вегетативною масою, які адаптували до умов закритого ґрунту.

Для адаптації використовували різні субстрати та їхні суміші. Протягом цього етапу рослини-регенеранти готували до пересадки в ґрунт. Попередньо заливали пробірки з укоріненими рослинами дистильованою водою (1/3 банки води) для кращого вивільнення коренів від живильного середовища й найменшого його пошкодження та

залишали на 1,5 год відкритими. Після цього, обережно пінцетом виймали рослини з культурального посуду, в якому вони були на етапі укорінення, ретельно відмивали корені від залишків агару та проводили адаптацію.

У своїх дослідженнях з осикою М. А. Іванова [4, 5, 6], проводила обрізування коріння рослин-регенерантів перед адаптацією, що супроводжувалося низьким виживанням. На відмінну від цього, ми залишали кореневу систему рослин у сформованому стані, середня довжина коріння перед адаптацією РР становила $7,7 \pm 2,3$ см, середня кількість коренів $5,4 \pm 0,2$ шт., що дало змогу отримати набагато кращі результати приживлення рослин осики до умов *ex vitro* (рис. 1).



Рис. 1. Сформовані рослини-регенеранти *P. tremula* перед адаптацією

Під час експерименту визначали оптимальну висоту регенерантів при вирощуванні в умовах *ex vitro*. У результаті було з'ясовано, що оптимальними, у разі перенесення в умови *ex vitro*, виявилися рослини-регенеранти осики завдовжки не більше, ніж $5,5 \pm 1,1$ см. Уже через три дні на таких рослинах формувалися нові листочки, тоді як рослини більші за розміром гинули в перший тиждень. Середній приріст адаптованих експлантів через тиждень сягав близько $2,0 \pm 0,3$ см.

У дослідженнях приживлюваність залежала від стійкості рослин до зниженої вологості. Це пов'язано з тим, що в перші дні адаптовані рослини характеризувалися дуже тоненькою кутикулою, яка містила мало воску й воскоподібних речовин, малою кількістю механічних тканин, тоненькими листками, провідні пучки розвинені дуже слабо, продихи, що необхідні для фотосинтезу, функціонують обмежено, що, у свою чергу, призводить до зневоднення та загибелі рослин-регенерантів при перенесенні з умов *in vitro* в умови *ex vitro*.

У процесі отримання садивного матеріалу для створення експериментальної плантації, використовували три способи адаптації рослин до умов *ex vitro*:

- ступінчаста в умовах адаптаційної кімнати (табл. 1, рис. 2);
- дорощування в теплиці (табл. 2, рис. 3);
- пряма *in vivo* адаптація.

У процесі експерименту визначали найпридатніший субстрат для кожного способу адаптації.

1. Приживлюваність рослин осики залежно від субстрату за ступінчастою адаптацією

Субстрат для адаптації	Співвідношення	Кількість рослин	Приживлюваність, %		
			1-й тиждень	2-й тиждень	
Торф : пісок	стер. нестер.	1:1	60 60	74	65
				76	60
Торф : перліт	стерил. нестер.	1:1	60 60	76	57
				68	53
Перліт	нестер.	у чистому вигляді	60	36	30
Кокосові мати	нестер.	у чистому вигляді	60	96	85
Кокосві мати : перліт	нестер. нестер.	1:1 1:2	60 60	94	90
				92	88

Кокосові мати мають високу аерацію, дренаж та містять мінеральні компоненти живлення. Усе це сприяло швидкій адаптації рослин *in vitro* до відмінних умов *ex vitro*. Приживлюваність після першого тижня, коли рослини були накриті пласлянками, дорівнювала 96 % (кокосовий субстрат) та 94 (кокосові мати:перліт). Надалі проводили поступове відкривання рослин до повної адаптація. У результаті, після другого тижня приживлюваність рослини мала трохи нижчі результати: 85 % (кокосовий субстрат) та 90 % (кокосові мати:перліт) (1:1). Необхідно зазначити, що нестерильний субстрат не впливав на результати адаптації в експериментах із *Populus tremula* L.

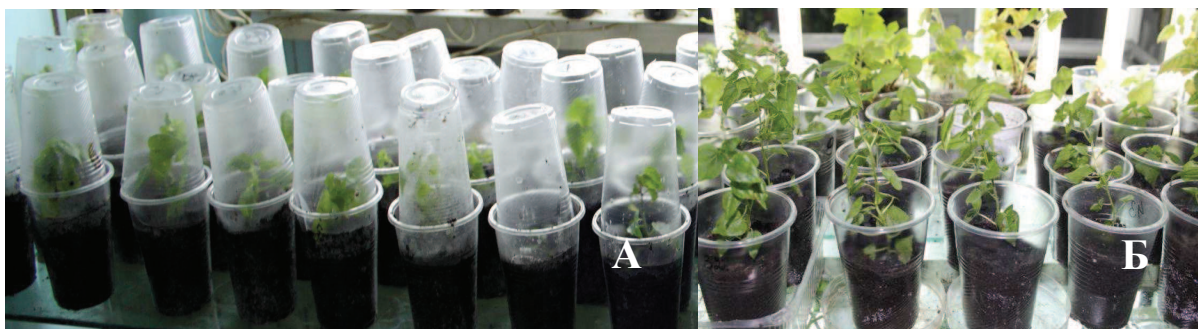


Рис. 2. Ступінчаста адаптація *Populus tremula* L. в умовах адаптаційної кімнати: А – 1-й тиждень адаптації; Б – 2-й тиждень адаптації

2. Приживлюваність рослин осики за адаптації в умовах теплиці

Субстрат для адаптації		Співвідношення	Кількість рослин	Приживлюваність, %	
				1-й тиждень	2-й тиждень
кокосові мати	нестер.	у чистому вигляді	50	92	90
кокосові мати : перліт	нестер.	1:2	50	98	96



Рис. 3. Адаптація *Populus tremula* L. в умовах теплиці:

1 – дорощування (1-й день адаптації); 2 – 2-й тиждень після адаптації; 3 – адаптований садивний матеріал осики (3-й тиждень в умовах теплиці)

Готові торф'яні суміші з додаванням піску та перліту (у співвідношенні 1:1) мали значно менший відсоток приживлюваності рослин, максимальні 65 % отримані на стерильному субстраті торф:пісок (1:1).

За дорощування рослин в умовах теплиці рослини-регенеранти характеризувалися швидкою адаптацією до відмінних умов живлення та існування. Невелика втрата тургору, була помітна лише в перший день адаптації. Висаджені рослини накривали поліетиленовою плівкою, щоб створити умови, близькі до 100% вологості. Протягом всього етапу адаптації рослини регулярно зрошували водою. Через тиждень, шляхом поступового відкриття плівки, вологість зменшували. А ще через тиждень плівку знімали повністю, і рослини переводили зазвичай у тепличні умови росту. У результаті отримали 96 % приживлюваності на субстраті кокосові мати:перліт (1:1). Дещо менші показники отримали на кокосовому субстраті – 90 %.

Третій спосіб адаптації – прямий, безпосередня висадка рослин із пробірок у відкритий ґрунт. Цей етап адаптації ми порівняли з двома попередніми, провівши паралельно висадку рослинами з умов *in vitro*, уже адаптованим садивним матеріалом (табл. 3).

3. Вплив терміну висадки та способу адаптації на приживлюваність рослин-регенерантів *Populus tremula* L.

Спосіб адаптації	Терміни висадки у ґрунт	Тривалість адаптації, діб	Кількість рослин, шт.	Вихідні параметри, см (середня висота)	Приживлюваність*, %
1	27.03	21	50	3,9	79±1,2
	10.04		50	4,5	68±3,5
	26.04		50	5,2	52±2,0
2	29.03	30	50	5,85	85±5,0
	16.04		50	6,2	94±4,0
	26.04		50	7,5	73±6,1
3	29.03	14	50	5,85	69±8,1
	16.04		50	6,2	71±8,1
	26.04		50	7,5	67±7,0

*Примітка. Приживлюваність визначали на 7-й день після перенесення рослин у ґрунт.

Через два тижні після перенесення у ґрунт із пробірки, рослини вже формували нові листочки. Як показали дослідження, терміни висадки рослин у ґрунт впливають на приживлюваність. Найвдалішим виявився період з кінця квітня – початку травня. Також, на наш погляд, суттєвим є розмір вихідного садивного матеріалу, що впливає на якість пересадки та безпосередньо на приживлюваність. З отриманих даних експерименту найефективнішою виявилась адаптація з дорощуванням рослин-регенерантів в умовах теплиці та перенесенням їх у відкритий ґрунт – № 2 (умови розсадника), що становила 94 %. Усі адаптовані рослини характеризувалися високою приживлюваністю та ростом. Це зумовлено, насамперед, генотипом вихідних регенерантів.

Адаповані рослини, що досягли висоти 10–15 см, переносили на розсадник (рис. 4, А, Б.). Менші за розміром рослини залишали на дорощування у теплиці як контейнерну культуру).



Рис. 4. Адаповані рослини *Populus tremula* L. отримані *in vitro*:

А – рослини-регенеранти через 1 тиждень в умовах *ex vivo*;

Б – адаптовані рослини *ex vivo*; В – контейнерна культура *ex vitro*

Практично всі висаджені рослини *Populus tremula* L. після дорощування в теплиці прижилися. Середня висота саджанців наприкінці вересня сягала 69,2 см, приріст у відкритому ґрунті осики зеленокорої становив 54,7 см.

Таким чином, метод *in vitro* дає змогу успішно отримувати значну кількість садивного матеріалу осики зеленокорої форми, стійкої до серцевинної гнилі. Дослідні дані підтверджують, що клони *Populus tremula* L. є найперспективнішими для виробництва садивного матеріалу для закладання швидкоростучих плантацій. Найкращим способом дорощування рослин перед закладкою плантацій вважається дорощування в теплиці, що мінімізує період адаптації рослин *in vitro* та сприяє швидкій приживлюваності безпосередньо на плантації *in vivo*.

Висновки

Найефективнішою (94 % приживлюваності) є адаптація з дорощуванням рослин-регенерантів в умовах теплиці на кокосовому субстраті з перлітом (1:1) та перенесенням їх у відкритий ґрунт через 30 діб, яка забезпечує 100 % приживлення.

Закладено експериментальну плантацію рослин осики, отриманих *in vitro* на якій, за три місяці, середній приріст рослин у висоту становив 54,7 см.

Отже, результати проведених досліджень з адаптації рослин *P. tremula* до умов закритого та відкритого ґрунту дали змогу одержати життєздатний садивний матеріал з високою ефективністю.

Список літератури

1. Застосування біотехнологічних методів для розмноження гібриду осики і тополі чорної та мікоризації садивного матеріалу / [Р. М. Гречаник, О. Ф. Базюк, З. Д. Бондаренко та ін.] // «Науковий вісник Українського державного лісотехнічного університету». – Львів : УкрДЛТУ, 2003. – Вип. 13.3. – С. 210–221.
2. Ковалевський С. Б. Культура *Populus tremula* L. : монографія / С. Б. Ковалевський, С. Ю. Білоус, А. Ф. Ліханов. – К. : НУБіП України, 2014. – 189 с.
3. Кушнір Г. П. Мікроклональне розмноження рослин, теорія і практика / Г. П. Кушнір, В. В. Сарнацька. – К. : Наукова думка, 2005. – 270 с.
4. Иванова М. А. Влияние степени обрезки корневой системы на адаптацию регенерантов осины и березы в условиях *ex vitro* / М. А. Иванова // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. научных трудов Института леса НАН Беларуси. – Гомель : Институт леса НАН Беларуси, 2009. – Вып. 69. – С. 158–162.
5. Иванова М. А. Влияние размера посадочного материала на выращивание микроклональных растений осины в условиях *ex vitro* / А. М. Иванова, И. М. Баландина // Труды Белорусского государственного технологического университета. – Минск : Белорусский государственный

технологический университет, 2009. – Вып. 17, сер. 1. Лесное хозяйство. – С. 161–164.

6. Морфометрические параметры микроклонально размноженных растений осины и березы при выращивании в условиях закрытого грунта / М. А. Иванова, Л. А. Богинская, И. М. Баландина [и др.] // Труды Белорусского государственного технологического университета. – Минск : Белорусский государственный технологический университет, 2010. – Вып. 18, сер. 1, Лесное хозяйство. – С. 235–238.

Разработана методика адаптации растений-регенерантов Populus tremula L. зеленокорой формы к условиям ex vitro и in vivo. Установлены оптимальные составляющие и влажность субстрата для адаптации. Исследован наиболее благоприятный период, способ адаптации растений и время пребывания в условиях повышенной влажности.

Ключевые слова: *Populus tremula L., растение-регенерант, адаптация, ex vitro, in vivo.*

The method of adaptation of plants-regenerants Populus tremula L. green-bark form to ex vitro and in vivo conditions. Optimal humidity and substrate components of adaptation were established. The most favorable period, the way of adaptations and time of planting and condition of high humidity were researched.

Key words: *Populus tremula L., plant-regenerants, adaptation, ex vitro, in vivo.*

УДК 630.232:576.32

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ СУБСТРАТУ ДЛЯ АДАПТУВАННЯ САДЖАНЦІВ-РЕГЕНЕРАНТІВ МАГНОЛІЇ КОБУС (MAGNOLIA KOBUS DC.)

І. М. Бобошко-Бардин, кандидат сільськогосподарських наук

Наведено характерні риси оптимізації складу субстрату під час адаптування рослин до умов зовнішнього середовища. Науково обґрунтовано склад субстрату для завершального етапу отримання рослин-регенерантів.

Ключові слова: *адаптація, субстрат, компоненти, біотестування, закрита коренева система, Magnolia kobus DC.*

Більшість технологій вирощування саджанців магнолії кобус (*Magnolia kobus* DC.) починається з розмноження та отримання вихідного матеріалу. Останніми роками у виробництві саджанців дослідної рослини