

ОСОБЕННОСТИ КЛОНАЛЬНОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ПАВЛОВНИИ ВОЙЛОЧНОЙ (*PAULOWNIA TOMENTOSA*)

И.В. Ширнина, О.И. Молканова[✉], О.С. Якимова, Д.А. Семенова

ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук» (ГБС РАН), 127276, Москва, Ботаническая ул., д. 4

molkanova@mail.ru

Представленная статья посвящена оптимизации основных этапов технологии клонального микроразмножения павловнии войлочной (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.), которая широко применяется в ландшафтном дизайне и садоводстве в теплых климатических зонах. Однако наблюдаемые в настоящее время процессы планетарного масштаба формируют тенденцию к глобальному потеплению климата, что, в свою очередь, обуславливает постепенное расширение ареала павловнии за счет освоения северных территорий. Установлено, что для стерилизации вегетативных почек лучшим является последовательное применение 2%-го раствора Фундазола (15 мин), 70%-го этанола (0,5 мин), и 7%-го гипохлорита кальция. Определено, что для инициации культуры оптимально использование питательной среды MS с добавлением гентамицина в концентрации 100 мг/л. При этом рекомендованная длительность культивирования эксплантов составляет 7 сут. Выявлено, что на этапе собственно микроразмножения оптимальным является применение питательной среды MS, дополненной 1,5 мг/л 6-бензиламинопурином и 0,05 м/л индолилуксусной кислоты. Это позволяет получить максимальный коэффициент размножения — $9,58 \pm 0,81$. Установлено, что при укоренении регенерантов лучшей следует считать питательную среду 1/2 MS, содержащую 20 г/л сахарозы и 1,0 мг/л индолилмасляной кислоты. Для получения максимальной приживаемости *P. tomentosa* (100 %) рекомендуется использовать субстрат из торфа, песка и перлита в равных частях.

Ключевые слова: павловния войлочная, *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud., микроразмножение, регуляторы роста, укоренение, адаптация

Ссылка для цитирования: Ширнина И.В., Молканова О.И., Якимова О.С., Семенова Д.А. Особенности клонального размножения павловнии войлочной (*Paulownia tomentosa*) // Лесной вестник / Forestry Bulletin, 2024. Т. 28. № 1. С. 89–96. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-1-89-96

Павловния войлочная (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) — многолетнее высокорослое растение с сиреневыми цветками и крупными листьями. Естественный ареал распространения вида — Северная Америка, Европа, Азия [1–3]. Павловния войлочная произрастает на освещенных участках или в полутени, предпочитает хорошо дренированные почвы с нейтральной реакцией. В уходе проста и не капризна [3, 4]. Декоративный эффект обеспечивают крупные листья (до 50 см).

P. tomentosa относится к культурам, произрастающим в теплых климатических зонах [5], но ее культивирование возможно и в наших широтах [6, 7]. При этом тенденция потепления климата в настоящее время обуславливает постепенное расширение ареала выращивания павловнии в северные территории [8].

Культура может выдерживать непродолжительное воздействие низких температур (до $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$). После повреждения низкими температурами *P. tomentosa* способна к восстановлению за счет отрастания новых прикорневых побегов. Морозостойкость павловнии прямо коррелирует с возрастом растения [9].

Листья павловнии содержат 20 % белка, по биохимическому составу сходны с зеленью люцерны, поэтому павловния считается ценной кормовой культурой [10]. Экстракты, полученные из ее листьев, способствуют улучшению работы желудочно-кишечного тракта, мочеполовой и дыхательной систем [11, 12]. Из семян павловнии получают масло для использования в технических целях. В средние века при транспортировке фарфоровых изделий использовали семена павловнии в качестве уплотнителя [13].

В озеленении урбанизированных территорий *P. tomentosa* может быть использована в аллейных посадках и в качестве солитеров в регионах с соответствующими ее биологическим требованиям климатическими условиями [14].

P. tomentosa также можно рассматривать в качестве мелиоративной культуры. Промышленные посадки павловнии способны предотвратить эрозию почвы. Вегетативная масса и корневая система растения обогащают почву минеральными и органическими веществами [15].

В современном мире *P. tomentosa* является альтернативным источником сырья в биоэнергетике, поскольку его древесина достигает полной зрелости к девяти годам [16].

Древесина павловнии схожа с древесиной ореха. Порода очень легкая, мягкая (плотность 320 кг/м³) и при этом практически не подвержена гниению [17]. Применяется для производства очень тонкого шпона для изготовления визитных карточек, оснований ракеток настольного тенниса, деревянных башмаков и поплавков рыболовных сетей [1, 18].

В настоящее время потребление древесины павловнии продолжает увеличиваться вместе с ростом потребностей целлюлозно-бумажной промышленности [19], поэтому создание плантаций древесных пород экономически и экологически выгодно. При создании плантаций применяется преимущественно генеративный метод размножения, не обеспечивающий генетическую однородность посадочного материала и отличающийся длительностью периода ювенилизации [20–22]. Эффективно обеспечивает генетическую стабильность растений клональное микроразмножение [23].

Разработанные протоколы для регенерации микропобегов различных видов павловнии отличаются по типу используемых эксплантов для введения в культуру *in vitro* и концентрации применяемых регуляторов роста растений [24–26]. В некоторых работах [27, 28] показана зависимость эффективности микроклонального размножения от генотипической принадлежности вводимого объекта. При этом вариабельность клонов одного генотипа довольно высока [29–31], поэтому усовершенствование состава питательной среды для размножения *P. tomentosa* является актуальным [19, 32].

Цель работы

Цель работы — усовершенствование технологии клонального микроразмножения *P. tomentosa* для получения посадочного материала.

Материалы и методы

Исследования были проведены в 2018–2022 гг. в лаборатории биотехнологии растений Главного ботанического сада имени Н.В. Цицина Российской академии наук (ГБС РАН). В качестве объектов исследования использовали двухлетние маточные растения, пророщенные из семян, полученных из обменных фондов.

При введении в культуру *in vitro* в качестве исходного материала использовались изолированные апексы, вычленимые из латеральных почек в период активного роста. Подготовка и введение в культуру *in vitro* проводились в лабораторных условиях согласно общепринятым приемам, в том числе разработанным в ГБС РАН [33]. Для поверхностной стерилизации последовательно применяли 2%-й раствор Фундазола, 70%-й раствор этанола (C₂H₆O) и 7%-й раствор гипохлорита

кальция (Ca(ClO)₂) или 7%-й раствор гипохлорита натрия (Na(ClO)), экспозиция 5...10 мин. На этапе инициации была применена питательная среда MS (Murashige and Skoog, 1962) [34] с содержанием антибиотика гентамицина 100 мг/л.

На стадии собственно микроразмножения использовали среду MS, дополненную 6-БАП (6-бензиламинопурином) от 0,5 до 1,5 мг/л и 0,05 мг/л IAA (индолил-3-уксусной кислотой).

Укореняли микропобеги на питательной среде 1/2 MS, содержащей половину от общего минерального состава с пониженным содержанием сахарозы до 20 г/л, а также 1 мг/л IAA или 1 мг/л IBA (индолилмасляной кислоты). Через 14 дней культивирования учитывали число и длину корней, подсчитывали число укоренившихся растений, рассчитывали процент укоренения.

В лабораторных условиях регенеранты *P. tomentosa* выращивали при освещении 3000 лк и фотопериоде 16/8 ч., температуре 22...25 °C и влажности воздуха 70 %. Субкультивирование эксплантов проводили через 28 сут. при температуре 24 °C.

Исследования проводили в трех повторностях по 10 эксплантов в каждом варианте. В качестве контроля на всех этапах клонального микроразмножения использовали питательную среду MS.

При адаптации регенерантов к нестерильным условиям применяли три варианта почвенного субстрата: 1) торф, песок и перлит; 2) торф, песок и дерновую листовую землю; 3) песок, перлит и дерновую листовую землю. Все компоненты смешивали в пропорции 1:1:1. Перед высадкой растений субстраты стерилизовали 2 ч при температуре 90 °C. За контроль брали торф. Через 28 сут. подсчитывали приживаемость регенерантов.

Обработку результатов проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Office 2010.

Результаты и обсуждение

Эффективность введения в культуру зависит от экспланта, стерилизующих веществ и правильно подобранных питательных сред. Не менее важны физические факторы — свет, температура и влажность воздуха [35, 36].

Поверхностная стерилизация тканей является первым шагом для получения асептических культур. Для предотвращения бактериального или грибного заражения в питательную среду должны быть введены антибиотики и фунгициды. Однако следует учесть, что предпочтительнее короткие обработки антибиотиками (10 сут.), чем их длительное применение при постоянном внесении в среду выращивания [23]. Загрязнение грибной инфекцией чаще всего преодолевается с помощью фунгицидов [29].

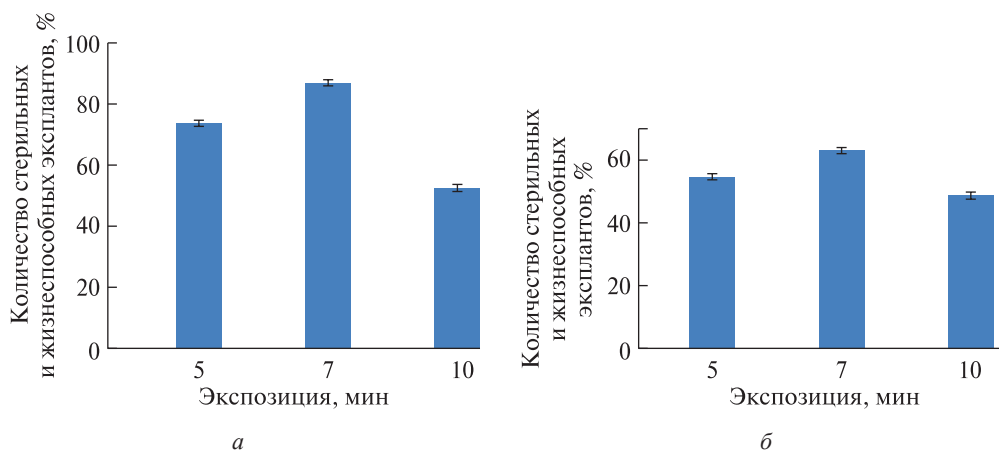


Рис. 1. Влияние типа стерилизующего раствора и экспозиции на получение стерильных и жизнеспособных эксплантов павлонии войлочной *P. tomentosa*: а — 7%-го раствора гипохлорита кальция (Ca(ClO)₂); б — 7%-го раствора гипохлорита натрия (Na(ClO))

Fig. 1. Effect of the type of sterilising solution and exposure on obtaining sterile and viable explants of *P. tomentosa*: а — 7% calcium hypochlorite solution (Ca(ClO)₂); б — 7% sodium hypochlorite solution (Na(ClO))

На этапе введения в культуру *in vitro* применяли схемы стерилизации, отличающиеся по времени воздействия 7%-го раствора гипохлорита кальция (Ca(ClO)₂) и 7%-го раствора гипохлорита натрия (Na(ClO)) — 5, 7 и 10 мин (рис. 1).

Использование в качестве стерилизующего агента 7%-го раствора гипохлорита натрия (Na(ClO)) не было эффективным, поскольку приводило к снижению жизнеспособности стерильных эксплантов.

Наиболее оптимальной была последовательная стерилизация: 2%-м раствором фунгицида Фундазол — 10 мин, 70%-м раствором этанола (C₂H₆O) — 0,5 мин и 7%-м раствором гипохлорита кальция (Ca(ClO)₂) — 7 мин. Количество стерильных жизнеспособных эксплантов составило 87,1 ± 1,57 %. Повышение экспозиции приводило не только к уменьшению уровня контаминации, но и к снижению жизнеспособности (52,5 ± 2,67 %).

Для инициации культуры применяли питательную среду MS, содержащую 100 мг/л антибиотика гентамицина. Частота регенерации — 75 %. Длительность субкультивирования на этапе инициации составляли 7 сут.

Значительное влияние на этапе собственно микроразмножения оказывает применение регуляторов роста. Наибольшие значения длины побегов, их количества, количества междоузлий и, соответственно, коэффициента размножения получили на питательных средах MS, с добавлением 1,5 мг/л 6-БАП и 0,05 мг/л IAA. Повышение содержания регуляторов роста в составе питательной среды привело к оводнению побегов и возможности возникновения соматоклональной изменчивости (таблица).

Влияние концентрации 6-БАП и IAA в среде MS на развитие павлонии войлочной *P. tomentosa* на этапе собственно микроразмножения
Effect of 6-BAP and IAA concentration in MS medium on the development of *P. tomentosa* paulownia at the stage of micropropagation

| Концентрация, мг/л | | Количество побегов, шт. | Длина побегов, мм | Количество междоузлий, шт. | Коэффициент размножения |
|---------------------|------|-------------------------|-------------------|----------------------------|-------------------------|
| 6-БАП | IAA | | | | |
| Контрольный вариант | | 1,00 ± 0,00 | 25,1 ± 5,2 | 3,50 ± 0,56 | 3,50 ± 0,13 |
| 0,5 | — | 1,02 ± 0,23 | 16,52 ± 8,07 | 3,33 ± 0,12 | 3,36 ± 0,11 |
| 1,0 | — | 1,10 ± 0,30 | 33,83 ± 2,73 | 3,89 ± 0,36 | 4,28 ± 0,13 |
| 1,5 | — | 1,72 ± 0,49 | 15,94 ± 7,08 | 4,20 ± 0,44 | 7,23 ± 0,21 |
| 1,5 | 0,05 | 2,62 ± 0,33 | 30,30 ± 11,12 | 3,65 ± 1,19 | 9,58 ± 0,81 |

По результатам исследований было установлено, что для культивирования *P. tomentosa* оптимальной является среда, содержащая 6-БАП в концентрации 1,5 мг/л и IAA (0,05 мг/л). Морфометрические показатели достоверно превышали данные, полученные на других вариантах питательных сред (число побегов 2,62, длина побега 30,3 мм, коэффициент размножения 9,58 ± 0,81).

Совместное использование цитокининов и ауксинов способствовало массовому образованию растений-регенерантов (до 12 шт. с одного экспланта). Аналогичные результаты были получены

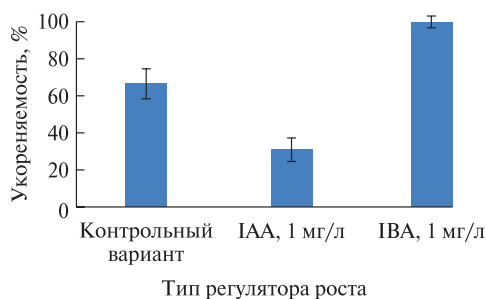


Рис. 2. Влияние регуляторов роста IAA и IBA на укореняемость павлонии войлочной *P. tomentosa*

Fig. 2. Effect of IAA and IBA growth regulators on rooting of *P. tomentosa*

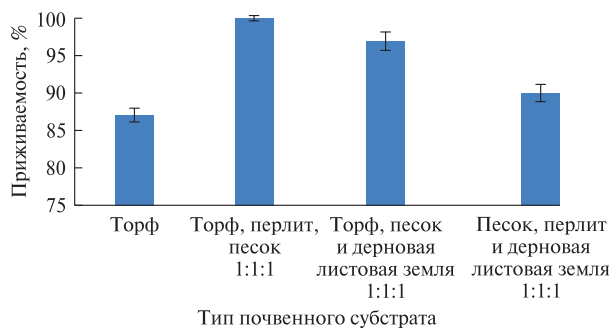


Рис. 3. Влияние состава субстрата при адаптации павлонии войлочной *P. tomentosa*

Fig. 3. Effect of substrate composition during adaptation of *P. tomentosa*

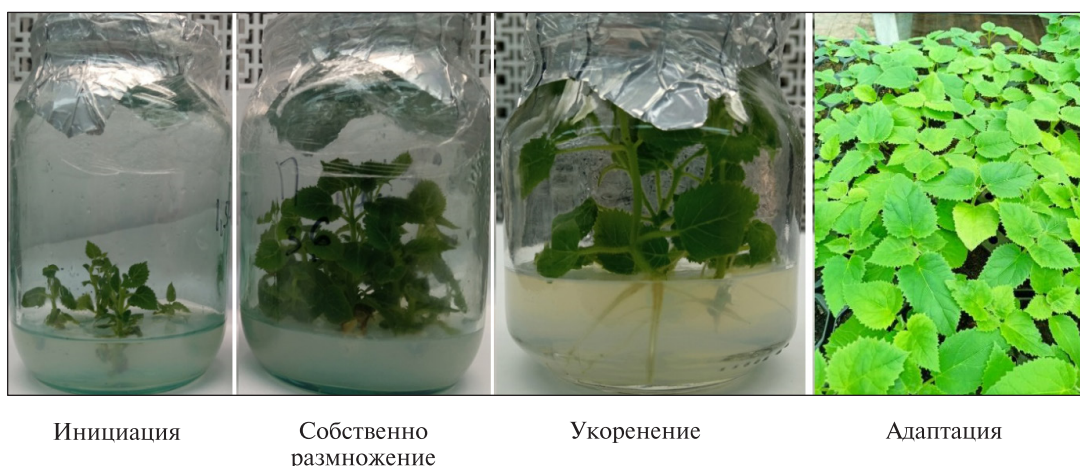


Рис. 4. Стадии клонального микроразмножения павлонии войлочной *P. tomentosa*

Fig. 4. Stages of clonal micropropagation of *P. tomentosa*

и другими учеными [9, 21]. Повышение концентрации цитокинина (до 2,0 мг/л) приводило к образованию каллуса, который часто способствует соматической изменчивости. Для поддержания генетической стабильности *P. tomentosa* дальнейшее культивирование проводили на питательной среде MS, с добавлением 1,5 мг/л 6-БАП и 0,05 мг/л IAA.

На этапе укоренения исследовали влияние IAA и IBA на образование корней у регенерантов *P. tomentosa* (рис. 2).

Установлено, что различия между процентом укореняемости на всех питательных средах статистически значимы. Наибольший процент укореняемости наблюдали на среде 1/2 MS, с добавлением 1,0 мг/л IBA и снижением сахарозы до 20 г/л (99,98 %).

Для адаптации растений павлонии к условиям выращивания *ex vitro* использовали различные субстраты (рис. 3).

Нами было выявлено положительное влияние легкого субстрата (торф, перлит и песок в соотношении 1:1:1) на приживаемость *P. tomentosa* (100 %).

Каждые 4 сут. проводили опрыскивание препаратом Эпин-Экстра для полноценного развития растений (рис. 4).

На основе результатов проведенных исследований была оптимизирована технология клонального микроразмножения *P. tomentosa*.

Выводы

Проведенные исследования позволили усовершенствовать методику культивирования *in vitro* *P. tomentosa*. Эффективным методом введения в культуру *in vitro* является стерилизация, состоящая из последовательного применения 2%-го раствора Фундазола (15 мин), 70%-го этанола (0,5 мин), 7%-го гипохлорита кальция (7 мин). Для инициации культуры применение питательной среды MS с добавлением гентамицина (100 мг/л) показало свою эффективность. Длительность одного пассажа — 7 сут. Частота регенерации — 75 %.

На этапе собственно микроразмножения оптимально применять питательную среду MS с добавлением 1,5 мг/л 6-БАП и 0,05 мг/л IAA. При укоренении эффект был получен от применения

1/2 MS, 1,0 мг/л ИВА и 20 г/л сахарозы на формирование корневой системы у эксплантов.

В качестве субстрата при адаптации регенератов в условиях *ex vitro* оптимальным было применение субстрата из торфа, перлита и песка, смешанных в равных частях, который эффективно влияет на рост и развитие растений.

Таким образом, разработанная методика клонального микроразмножения дает возможность получить достаточное количество растений для промышленных посадок.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ГБС РАН (№ 075- 00745-22-01).

Список литературы

- [1] Ткаченко К.Н. Адамово дерево, или царственная павловния // В мире растений, 2013. № 12. С. 26–29.
- [2] Owfi R.E. Ecophysiological study of *Paulownia tomentosa* // International J. of Current Research, 2021, v. 9 (12), pp. 63582–63591.
- [3] *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. in Flora of China. URL: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=200020800 (дата обращения 29.11.2023).
- [4] Salkic B., Salkic A., Keran H., Noćajević S., Salkic E., Imširović E. Production of Seedlings of Fast – Growth Tree of *Paulownia elongata* S. Y. Hu // New Perspectives in Agriculture and Crop Science, 2018, v. 1, pp. 1–8. DOI: 10.9734/bpi/npcs/v1
- [5] Taxonomic Information on Cultivated Plants in GRIN-Global. URL: <https://www.nordic-baltic-genebanks.org/gringlobal/taxon/abouttaxonomy?language=en&chapter=intro> (дата обращения 29.11.2023).
- [6] Jakubowski M. Cultivation potential and uses of paulownia wood: a review // Forests, 2022, v. 13 (5), pp. 1–15. <https://doi.org/10.3390/f13050668>
- [7] Жиренко Д.И., Мезенцева Д.Д. Использование павловнии войлочной для озеленения населенных пунктов // Консолидация интеллектуальных ресурсов как фундамент развития современной науки: сб. статей V Международной научно-практической конференции, Петрозаводск, 26 августа 2021 г. Петрозаводск: Новая Наука, 2021. С. 77–80. ID: 46486011.
- [8] Фирсов Г.А. Древесные экзоты и аборигены и изменения теплообеспеченности в Санкт-Петербурге // Бюллетень Главного ботанического сада, 2021. № 1. С. 30–39.
- [9] Pasiecznik N. *Paulownia tomentosa* (paulownia): CABI Compendium. CAB International. URL: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.39100> (дата обращения 24.10.2022).
- [10] Icka P., Damo R., Icka E. *Paulownia tomentosa*, a Fast Growing Timber // Annals «Valahia» University of Targoviste — Agriculture, 2016, v. 10(1), pp. 14–19. DOI: 10.1515/AGR-2016-0003.
- [11] Qu F.J., Zhang X.Z., Yao M., Yang L., Chen H., Gong J., Ni S.F. The progress of pharmaceutical research on *Paulownia* Sieb. et Zucc // J. of Anhui Agricultural Sciences, 2011, v. 39 (32), pp. 19809–19810.
- [12] He T., Vaidya B., Perry Z., Parajuli P., Joshee N. *Paulownia* as a Medicinal Tree: 204 Traditional Uses and Current Advances // J. of Medicinal Plants, 2016, v. 14(1), pp. 1–15. DOI: 10.9734/EJMP/2016/25170.
- [13] Chunchukov A., Yancheva S. Micropropagation of *Paulownia* species and hybrids // First National Conference of Biotechnology, 2014, v. 100 (4), pp. 223–230.
- [14] Павловния в России. URL: <https://paulownia-russia.com/paulownia-in-russia-guide>. (дата обращения 28.11.2023).
- [15] Stepchich A. Environmental Aspects in Cultivation of *Paulownia* in Bulgaria. Book of Proceedings // VIII Int. Sci. Agriculture Symp. «Agrosym 2017», Jahorina, October 5–8, 2017 / Ed. D. Kovačević. East Sarajevo: Faculty of Agriculture, 2017, pp. 1704–1709.
- [16] Тыщенко Е.Л., Якуба Ю.Ф. Павловния войлочная как биоиндикатор степени загрязненности почв // Плодоводство и виноградарство Юга России, 2014. № 26 (02). С. 18–27.
- [17] Komán S. Quality characteristics of the selected variant of *Paulownia tomentosa* (Robust4) wood cultivated in Hungary // Maderas-Cienc Tecnol, 2022, v. 25, pp. 1–13. DOI: 10.4067/S0718-221X2023005XXXXXX
- [18] Rai A.K., Singh S.P., Luxmi C., Savita G. *Paulownia fortunei* — a new fiber source 230 for pulp and paper // Indian Pulp Pap Tech Assoc, 2000, v. 12, pp. 51–56.
- [19] Шурганов Б.В., Мишуткина Я.В., Нескородов Я.Б. Разработка эффективной системы регенерации *Paulownia Shan Tong (P. fortunei x P. tomentosa)* // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство, 2015. № 3. С. 47–55.
- [20] Газизуллин А.Х. Современное состояние лесной биотехнологии в мире и в России // Вестник Казанского государственного аграрного университета, 2012. Т. 7. № 4(26). С. 94–98.
- [21] Иванова А.В. Механизм стимулирования спроса на инновационные продукты лесных биотехнологий // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика, 2017. № 1. С. 406–410
- [22] *Paulownia Pao Tong Z07 (Fortunei x Tomentosa x Kawakami) «Superhybrid»*. URL: <https://paulownia.pro/en/paulownia-pao-tong-z07> (дата обращения 29.11.2023).
- [23] Ветчинкина Е.М., Ширнина И.В., Ширнин С.Ю., Молканова О.И. Сохранение редких видов растений в генетических коллекциях *in vitro* // Вестник Российского государственного университета им. И. Канта, 2012. № 7. С. 109–118.
- [24] Chunchukov A., Yancheva S. Micropropagation of *Paulownia* species and hybrids // First National Conference of Biotechnology, Sofia, 2014, v. 100, book 4, pp. 223–230.
- [25] Мурсалиева В.К., Нам С.В., Кожебаева Ж.С., Муханов Т.М., Иманбаева А.А. Микроразмножение редких видов и коллекционных растений Мангышлакского экспериментального ботанического сада. Алматы, 2020. С. 4–6.
- [26] Clapa D., Fira A., Buduroi D., Simu M., Balcu Vasu L., Buduroi D. Improved *in vitro* propagation of *Paulownia elongata*, *P. fortunei* and its interspecific hybrid *P. elongata x P. fortunei* // Agricultural and Food Sciences, 2014, v.74 (1), pp. 7–14. DOI: <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:9732>
- [27] Жарасова Д.Н., Толеп Н.А.. Микроразмножение павловнии войлочной // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии, 2022, Т. 21. № 1. С. 125–132.
- [28] Shtereva L., Vassilevska-Ivanova R., Karceva T., Kraptchev B. Micropropagation of six *Paulownia* genotypes through tissue culture // J. of Central European Agriculture, 2014, v. 15 (4), pp. 147–156.
- [29] Dimps R.C., Chong-Jin G., Prakash P.K. High frequency adventitious shoot regeneration from excised leaves of *Paulownia* spp. cultured *in vitro* // Plant. Cell Reports, 1996, v. 16, pp. 204–209.
- [30] Ipekci Z., Altinkut A., Kazan K., Bajrovic K., Gozukirmizi N. High frequency plant regeneration from nodal explants of *Paulownia elongate* // Plant biol., 2001, no. 3, pp. 113–115.

- [31] Yang J.C., Chang S.H., Ho C.K. Micropropagation of *Paulownia taiwaniana* from mature tissues // Ann. Sci. For., 1989, v. 46, pp. 165–167.
- [32] Bergmann B.A., Moon H.-K. *In vitro* adventitious shoot production in *Paulownia* // Plant Cell Reports, 1997, v. 16, pp. 315–319.
- [33] Бутенко Р.Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений. М.: Наука, 1964. 272 с.
- [34] Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures // Plant Physiology, 1962, v. 15, pp. 473–497.
- [35] Калашникова Е.А. Влияние факторов гормональной и негормональной природы на морфогенетический потенциал интактных растений пшеницы в культуре *in vitro* // Сельскохозяйственная биотехнология, 2000. Т. 2. С. 71–80.
- [36] Молканова О.И., Горбунов Ю.Н., Ширнина И.В., Егорова Д.А. Применение биотехнологических методов для сохранения генофонда редких видов растений // Ботанический журнал, 2020. Т. 105 (6). С. 610–619.

Сведения об авторах

Ширнина Ирина Васильевна — науч. сотр. лаборатории биотехнологии растений, ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук», ishirmina@list.ru

Молканова Ольга Ивановна ✉ — канд. с.-х. наук, вед. науч. сотр., заведующий лабораторией биотехнологии растений, ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук», molkanova@mail.ru.

Якимова Ольга Сергеевна — инженер лаборатории биотехнологии растений, ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук», yakimova@mail.ru.

Семенова Дарья Александровна — мл. науч. сотр. лаборатории биотехнологии растений, ФГБУН «Главный ботанический сад имени Н.В. Цицина Российской академии наук», dariaegor11@gmail.com.

Поступила в редакцию 20.01.2023.

Одобрено после рецензирования 19.05.2023.

Принята к публикации 21.12.2023.

FEATURES OF *PAULOWNIA TOMENTOSA* CLONAL PROPAGATION

I.V. Shirnina, O.I. Molkanova ✉, O.S. Yakimova, D.A. Semenova

The N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, 4, Botanicheskaya st., 127276, Moscow, Russia
molkanova@mail.ru

Paulownia tomentosa (Thunb.) Steud. is a perennial tall and fast-growing deciduous plant with very large leaves and beautiful fragrant inflorescences, consisting of pale purple flowers. In North America, Europe and Asia it is used as a valuable garden and park plant. The technology of clonal micropropagation, including obtaining a sterile culture, propagation of regenerated plants, their following rooting and adaptation *ex vitro*, has been optimized for this species. During sterilization of vegetative buds, the optimal result was achieved by using calcium hypochlorite at a concentration of 7 %. The duration of exposure was 7 minutes. The optimal culture medium at the stage of micropropagation was MS (Murashige and Skoog, 1962) supplemented with 1,5 mg/L 6-BAP and 0,05 mg/L IAA. The multiplication rate was $9,58 \pm 0,81$. The regenerants most successfully rooted on 1/2 MS culture medium containing 1,0 mg/L IBA and 20,0 g/L sucrose. The maximum survival rate of *P. tomentosa* (100 %) obtained on a substrate consisting of peat, perlite and sand in a 1:1:1 ratio. The developed technology is the basis for obtaining homogenous planting material.

Keywords: *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud., micropropagation, plant growth regulators, rooting, adaptation

Suggested citation: Shirnina I.V., Molkanova O.I., Yakimova O.S., Semenova D.A. *Osobennosti klonal'nogo razmnozheniya pavlovnii voylochnoy (Paulownia tomentosa)* [Features of *Paulownia tomentosa* clonal propagation]. Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin, 2024, vol. 28, no. 1, pp. 89–96. DOI: 10.18698/2542-1468-2024-1-89-96

References

- [1] Tkachenko K.N. *Adamovo derevo, ili tsarstvennaya pavlovninya* [Adam's tree, or royal paulownia]. V mire rasteniy [In the world of plants], 2013, no. 12, pp. 26–29.
- [2] Owfi R.E. Ecophysiological study of *Paulownia tomentosa*. International J. of Current Research, 2021, v. 9 (12), pp. 63582–63591.
- [3] *Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud. in Flora of China. Available at: http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=200020800 (accessed 29.11.2023).
- [4] Salkic B., Salkic A., Keran H., Noćajević S., Salkic E., Imširović E. Production of Seedlings of Fast – Growth Tree of *Paulownia elongata* S. Y. Hu. New Perspectives in Agriculture and Crop Science, 2018, v. 1, pp. 1–8. DOI: 10.9734/bpi/npcas/v1

- [5] Taxonomic Information on Cultivated Plants in GRIN-Global. Available at: <https://www.nordic-baltic-genebanks.org/grin-global/taxon/abouttaxonomy?language=en&chapter=intro> (accessed 29.11.2023).
- [6] Jakubowski M. Cultivation potential and uses of paulownia wood: a review. *Forests*, 2022, v. 13 (5), pp. 1–15. <https://doi.org/10.3390/f13050668>
- [7] Zhirenko D.I., Mezentseva D.D. *Ispol'zovaniye pavlovskoy voylochnoy dlya ozeleneniya naseleennykh punktov* [Use of tomentose paulownia for landscaping of populated areas]. *Konsolidatsiya intellektual'nykh resursov kak fundament razvitiya sovremennoy nauki: sb. statey V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Consolidation of intellectual resources as the foundation for the development of modern science. Collection of articles of the V International scientific and practical conference]. Petrozavodsk, 2021, pp. 77–80.
- [8] Firsov G.A. *Drevesnye ekzoty i aborigeny i izmeneniya teploobespechennosti v Sankt-Peterburge* [Tree exotics and natives and changes in heat supply in St. Petersburg]. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the Main Botanical Garden], 2021, no. 1, pp. 30–39.
- [9] Pasiecznik N. *Paulownia tomentosa* (paulownia): CABI Compendium. CABI International. Available at: <https://www.cabi-digitalibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.39100> (accessed 24.10.2022).
- [10] Icka P., Damo R., Icka E. Paulownia Tomentosa, a Fast Growing Timber. *Annals «Valahia» University of Targoviste — Agriculture*, 2016, v. 10(1), pp. 14–19. DOI:10.1515/AGR-2016-0003
- [11] Qu F.J., Zhang X.Z., Yao M., Yang L., Chen H., Gong J., Ni S.F. The progress of pharmaceutical research on Paulownia Sieb. et Zucc. *J. of Anhui Agricultural Sciences*, 2011, v. 39 (32), pp. 19809–19810.
- [12] He T., Vaidya B., Perry Z., Parajuli P., Joshee N. Paulownia as a Medicinal Tree: 204 Traditional Uses and Current Advances. *J. of Medicinal Plants*, 2016, v. 14(1), pp. 1–15. DOI: 10.9734/EJMP/2016/25170
- [13] Chunchukov A., Yancheva S. Micropropagation of *Paulownia* species and hybrids. *First National Conference of Biotechnology*, 2014, v. 100 (4), pp. 223–230.
- [14] *Pavlovniya v Rossii* [Pavlovnia in Russia]. Available at: <https://paulownia-russia.com/paulownia-in-russia-guide>. (accessed 28.11.2023).
- [15] Stepchich A. Environmental Aspects in Cultivation of Paulownia in Bulgaria. *Book of Proceedings. VIII Int. Sci. Agriculture Symp. «Agrosym 2017»*, Jahorina, October 5–8, 2017 / Ed. D. Kovačević. East Sarajevo: Faculty of Agriculture, 2017, pp. 1704–1709.
- [16] Tyshchenko E.L., Yakuba Yu.F. *Pavlovniya voylochnaya kak bioindikator stepeni zagryaznennosti pochv* [Paulownia tomentosa as a bioindicator of the degree of soil contamination]. *Plodovodstvo i vinogradstvo Yuga Rossii* [Fruit growing and viticulture of the South of Russia], 2014, no. 26 (02), pp. 18–27.
- [17] Komán S. Quality characteristics of the selected variant of *Paulownia tomentosa* (Robust4) wood cultivated in Hungary. *Maderas-Cienc Tecnol*, 2022, v. 25, pp. 1–13. DOI:10.4067/S0718-221X2023005XXXXXX
- [18] Rai A.K., Singh S.P., Luxmi C., Savita G. *Paulownia fortunei* — a new fiber source 230 for pulp and paper. *Indian Pulp Pap Tech Assoc*, 2000, v. 12, pp. 51–56.
- [19] Shurganov B.V., Mishutkina Ya.V., Neskorodov Ya.B. *Razrabotka effektivnoy sistemy regeneratsii Paulownia Shan Tong (P. fortunei x P. tomentosa)* [Development of an effective regeneration system for Paulownia Shan Tong (*P. fortunei* x *P. tomentosa*)]. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* [Bulletin of the Russian Peoples' Friendship University. Series: Agronomy and Animal Husbandry], 2015, no. 3, pp. 47–55.
- [20] Gazizullin A.Kh. *Sovremennoe sostoyanie lesnoy biotekhnologii v mire i v Rossii* [Current state of forest biotechnology in the world and in Russia]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Kazan State Agrarian University], 2012, t. 7, no. 4(26), pp. 94–98.
- [21] Ivanova A.V. *Mekhanizm stimulirovaniya sprosa na innovatsionnye produkty lesnykh biotekhnologiy* [Mechanism for stimulating demand for innovative products of forest biotechnologies]. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika* [Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice], 2017, no. 1, pp. 406–410.
- [22] Paulownia Pao Tong Z07 (Fortunei x Tomentosa x Kawakami) «Superhybrid». Available at: <https://paulownia.pro/en/paulownia-pao-tong-z07> (accessed 29.11.2023).
- [23] Vetchinkina E.M., Shirmina I.V., Shirnin S.Yu., Molkanova O.I. *Sokhraneniye redkikh vidov rasteniy v geneticheskikh kollekt-siyakh in vitro* [Preservation of rare plant species in genetic collections in vitro]. *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo universiteta im. I. Kanta* [Bulletin of the Russian State University. I. Kanta], 2012, no. 7, pp. 109–118.
- [24] Chunchukov A., Yancheva S. Micropropagation of Paulownia species and hybrids. *First National Conference of Biotechnology*, Sofia, 2014, v. 100, book 4, pp. 223–230.
- [25] Mursaliyeva V.K., Nam S.V., Kozhebayeva ZH.S., Mukhanov T.M., Imanbayeva A.A. *Mikroklonal'noye razmnzheniye redkikh vidov i kollektionnykh rasteniy Mangyshlaksckogo eksperimental'nogo botanicheskogo sada* [Microclonal propagation of rare species and collection plants of the Mangyshlak experimental botanical garden]. Almaty, 2020, p. 4–6.
- [26] Clapa D., Fira A., Buduroi D., Simu M., Balcu Vasu L., Buduroi D. Improved in vitro propagation of *Paulownia elongata*, *P. fortunei* and its interspecific hybrid *P. elongata* x *P. fortunei*. *Agricultural and Food Sciences*, 2014, v. 74 (1), pp. 7–14. DOI: <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-hort:9732>
- [27] Zharasova D.N., Tolep N.A. *Mikroklonal'noye razmnzheniye pavlovnii voylochnoy* [Microclonal propagation of *Paulownia tomentosa*]. *Problemy botanikov Yuzhnogo Sibiri i Mongolii* [Problems of botany in Southern Siberia and Mongolia], 2022, v. 21, no. 1, pp. 125–132.
- [28] Shtereva L., Vassilevska-Ivanova R., Karceva T., Kraptchev B. Micropropagation of six Paulownia genotypes through tissue culture. *J. of Central European Agriculture*, 2014, v. 15 (4), pp. 147–156.
- [29] Dimps R.C., Cheng-Jin G., Prakash P.K. High frequency adventitious shoot regeneration from excised leaves of *Paulownia* spp. cultured *in vitro*. *Plant. Cell Reports*, 1996, v. 16, pp. 204–209.
- [30] Ipekci Z., Altinkut A., Kazan K., Bajrovic K., Gozukirmizi N. High frequency plant regeneration from nodal explants of *Paulownia elongata*. *Plant biol.*, 2001, no. 3, pp. 113–115.
- [31] Yang J.C., Chang S.H., Ho C.K. Micropropagation of *Paulownia taiwaniana* from mature tissues. *Ann. Sci. For.*, 1989, v. 46, pp. 165–167.

- [32] Bergmann B.A., Moon H.-K. *In vitro* adventitious shoot production in *Paulownia*. Plant Cell Reports, 1997, v. 16, pp. 315–319.
- [33] Butenko R.G. *Kul'tura izolirovannykh tkaney i fiziologiya morfogeneza rasteniy* [Culture of isolated tissues and physiology of plant morphogenesis]. Moscow: Nauka, 1964, 272 p.
- [34] Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. Plant Physiology, 1962, v. 15, pp. 473–497.
- [35] Kalashnikova E.A. *Vliyaniye faktorov gormonal'noy i negormonal'noy prirody na morfogeneticheskiy potentsial intaknykh rasteniy pshenitsy v kul'ture in vitro* [Influence of factors of hormonal and non-hormonal nature on the morphogenetic potential of intact wheat plants in *in vitro* culture]. Sel'skokhozyaystvennaya biotekhnologiya [Agricultural biotechnology], 2000, t. 2, pp. 71–80.
- [36] Molkanova O.I., Gorbunov Yu.N., Shirnina I.V., Egorova D.A. *Primeneniye biotekhnologicheskikh metodov dlya sokhraneniya genofonda redkikh vidov rasteniy* [Application of biotechnological methods for preserving the gene pool of rare plant species]. Botanicheskiy zhurnal [Botanical Journal], 2020, t. 105 (6), pp. 610–619.

The work was carried out within the framework of the State assignment of the GBS RAS (No. 075-00745-22-01).

Authors' information

Shirnina Irina Vasil'evna — Researcher of Plant Biotechnology Laboratory, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, ishirnina@list.ru

Molkanova Ol'ga Ivanovna — Cand. Sci. (Agriculture), Leading researcher, Head of Plant Biotechnology Laboratory, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, molkanova@mail.ru.

Yakimova Ol'ga Sergeevna — Engineer of Plant Biotechnology Laboratory, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, yakimova@mail.ru.

Semenova Daria Aleksandrovna — Junior researcher of Plant Biotechnology Laboratory, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, dariaegor11@gmail.com.

Received 20.01.2023.

Approved after review 19.05.2023.

Accepted for publication 21.12.2023.

Вклад авторов: все авторы в равной доле участвовали в написании статьи

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article

The authors declare that there is no conflict of interest