 © Авторы статьи / Authors of the article

СЕЛЕКЦИЯ, СЕМЕНОВОДСТВО И БИОТЕХНОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ/PLANT BREEDING, SEED PRODUCTION AND BIOTECHNOLOGY

DOI: https://doi.org/10.60797/JAE.2026.75.1 EDN: CKBJIE

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СТЕРИЛИЗУЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ВВЕДЕНИИ В КУЛЬТУРУ *IN VITRO* СТРЕПТОКАРПУСА

Научная статья

Зарипова А.А.[1,] *, Ахметова А.Ш.[2], Шигапова А.И.[3]
[1] ORCID : 0000-0002-2565-3660;
[2] ORCID : 0000-0002-2822-8651;
[3] ORCID : 0000-0002-8952-1894;
[1, 2, 3] Южно-Уральский ботанический сад-институт Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, Уфа, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (zaripova.al[at]mail.ru)

Предложена: 30.07.2026; Принята: 11.11.2026; Опубликована: 19.11.2026

Аннотация

В публикации представлены результаты подбора эффективного режима поверхностной стерилизации листовых эксплантов стрептокарпуса сорта «Розовые Сны». Экспериментально установлено, что сочетание экспозиции в 70%-м этаноле в течение 1 минуты и обработки 0,1%-м раствором диацида — 10 минут обеспечивает высокий выход жизнеспособной культуры — 95,1%. Оптимизация протокола стерилизации позволила сохранить жизнеспособность эксплантов при введении в культуру *in vitro*, что стало ключевым условием для успешной регенерации адвентивных побегов и дальнейшего клонального микроразмножения растений. Полученные данные расширяют методические возможности работы со стрептокарпусом и могут быть полезны для оптимизации аналогичных биотехнологических процессов.

Ключевые слова: стрептокарпус, in vitro, стерилизация, жизнеспособность эксплантов, регенерация, микроразмножение.

IMPACT OF VARIOUS STERILIZING AGENTS ON *IN VITRO* CULTURE INITIATION IN STREPTOCARPUS

Research article

Zaripova A.[1,] *, Akhmetova A.S.[2], Shigapova A.[3]
[1] ORCID : 0000-0002-2565-3660;
[2] ORCID : 0000-0002-2822-8651;
[3] ORCID : 0000-0002-8952-1894;
[1, 2, 3] South Ural Botanical Garden-Institute of the Federal State Budgetary Scientific Institution Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russian Federation

* Corresponding author (zaripova.al[at]mail.ru)

Suggested: 30.07.2026; Accepted: 11.11.2026; Published: 19.11.2026

Abstract

The publication presents the results of the selection of an effective regime for surface sterilization of Streptocarpus "Pink Dreams" leaf explants. It has been experimentally established that the combination of exposure in 70% ethanol for 1 minute and treatment with 0.1% diacid solution for 10 minutes provides a high yield of viable culture — 95.1%. Optimization of the sterilization protocol made it possible to preserve the viability of explants when introduced *in vitro* culture, which became a key condition for the successful regeneration of adventitious shoots and further clonal micropropagation of plants. The data obtained expand the methodological possibilities of working with streptocarpus and may be useful for optimizing similar biotechnological processes.

Keywords: streptocarpus, in vitro, sterilization, viability of explants, regeneration, micropropagation.

Введение

Комнатные растения в современном интерьере представляют собой не просто декоративный элемент, но и функциональный компонент, оказывающий комплексное влияние на микроклимат помещения и психоэмоциональное состояние человека. Современные исследования подтверждают, что они выполняют ряд важных задач: очищают воздух, поглощая токсичные соединения, и повышают его влажность за счёт транспирации и насыщают кислородом в процессе фотосинтеза. Стрептокарпусы завоевали особую популярность среди цветоводов благодаря исключительной красоте своих цветков, что сделало их востребованными в декоративном растениеводстве.

Однако, несмотря на свою неприхотливость, массовое размножение этих растений сопряжено с рядом трудностей. Получение асептического растительного материала — ключевой фактор успешного клонального микроразмножения. Именно от эффективности стерилизации исходного материала напрямую зависят жизнеспособность эксплантов и дальнейшее развитие стерильной культуры.

 © Авторы статьи / Authors of the article

В естественных условиях растение постоянно сталкивается с такими микроорганизмами как бактерии, грибы, вирусы. Если не удалить их при стерилизации, они быстро колонизируют питательную среду, вызывают контаминацию, приводят к некрозу тканей экспланта и гибели всей культуры. Кроме того, эндогенная инфекция может проявиться спустя несколько субкультивирований, когда инфекция «разрастётся» в богатой среде. Поверхностная стерилизация не всегда может гарантировать полное освобождение от всех патогенов.

Цель работы — разработка эффективного способа стерилизации эксплантов стрептокарпуса «Розовые Сны» при введении в культуру *in vitro* для дальнейшего клонального микроразмножения.

Методы и принципы исследования

Объектом исследования служил сорт стрептокарпуса «Розовые Сны». Цветы крупные махровые, основная окраска розовая, на нижних темно-малиновая сеточка.

В эксперимент отбирали зрелые сформированные листья, так как использование молодых и старых листьев в наших опытах к положительным результатам не приводило [1]. Предварительно для удаления поверхностных загрязнений и снижения бактериальной нагрузки листья ополаскивали в мыльном растворе в течение 10 минут. Затем промывали в проточной воде 20 минут. Далее листья обрабатывали в стерилизующих растворах в условиях ламинар-бокса. В качестве дезинфицирующих растворов использовали 3%-ную перекись водорода, 70%-ный этиловый спирт, 0,1%-ный диацид, 7%-ный гипохлорит натрия. Время экспозиции в растворах от 1 до 25 минут. Ополаскивали трижды стерильной водой в течение 15 мин. Листья разделяли на кусочки размером 2ˣ1 см. Экспланты высаживали на среду по прописи Мурасиге и Скуга [2]. Выращивали при температуре 24ºС, 16-ти часовом фотопериоде и освещении люминесцентными фитолампами с мультиспектральным излучением с интенсивностью 3000 люкс.

Контролировали эффективность стерилизации по отсутствию признаков контаминации микроорганизмами визуально. Для каждого варианта стерилизации было использовано не менее 30 эксплантов в 3 повторностях. Доли стерильных и жизнеспособных эксплантов выражали в процентах; в таблицах приведены средние значения и ошибка среднего (M ± m). Для оценки достоверности различий между долями использовали угловое преобразование Фишера (φ*-критерий). Долю p преобразовывали в угол φ = 2arcsin√p, после чего вычисляли эмпирическое значение критерия: φ_факт = |φ1 - φ2|, где φ1 и φ2 — угловые значения сравниваемых долей. Различия считали статистически значимыми при φ_факт ≥ φ 0,05 = 1,64. Статистическую обработку выполняли в Microsoft Excel.

Основные результаты и обсуждение

Анализ литературных данных показывает, что на каждом этапе работы с культурой *in vitro* критичны детали. Схема стерилизации напрямую определяет, удастся ли успешно ввести эксплант в стерильные условия и избежать контаминации [3], [4]. Если параметры обработки (концентрация реагентов, время экспозиции) подобраны неверно, патогены сохранятся — это погубит культуру ещё до того, как начнётся активный рост [5], [6].

Проведен сравнительный анализ разных режимов стерилизации листовых эксплантов стрептокарпуса «Розовые Сны» (табл. 1). Применение углового преобразования Фишера показало, что увеличение экспозиции в растворе диацида с 8 до 10 мин, затем с 10 до 15 мин сопровождалось достоверным повышением доли стерильных эксплантов (p < 0,05). Аналогичная закономерность была выявлена для ступенчатой обработки перекисью водорода и гипохлоритом натрия. Вместе с тем при 10-минутной экспозиции сравниваемые схемы не различались по эффективности подавления контаминации: доля стерильных эксплантов составила 83,6% для перекиси с гипохлоритом и 86,4% для спирта с диацидом (φ_факт = 0,078 < φ 0,05; p > 0,05). При 15-минутной обработке различие также было недостоверным — 96,1 и 95,2% соответственно (φ_факт = 0,044 < φ 0,05; p > 0,05).

Таблица 1 - Процент стерильности и жизнеспособности листьев стрептокарпуса «Розовые Сны»

DOI: https://doi.org/10.60797/JAE.2026.75.1.1

Стерилизующие растворы		Показатели	
концентрация	экспозиция, мин	стерильности, %	жизнеспособности, %
3% перекись	5	49,3±0,9	33,3±0,9
7% гипохлорит	8		
3% перекись	5	83,6±0,8	14,2±0,4
7% гипохлорит	10		
3% перекись	5	96,1±0,5	10,3±0,3
7% гипохлорит	15		
70% спирт	1	47,3±0,3	50,2±0,4
0,1% диацид	8		
70% спирт	1	86,4±0,3	95,1±0,5
0,1% диацид	10		
70% спирт	1	95,2±0,4	69,8±0,7
0,1% диацид	15		

 © Авторы статьи / Authors of the article

Принципиальные различия между схемами выявлены по сохранению жизнеспособности тканей. При 10-минутной экспозиции в варианте с диацидом жизнеспособность достигала 95,1%, тогда как после обработки гипохлоритом — лишь 14,2%; различие статистически значимо (φ_факт = 1,922 > φ 0,05; p < 0,05). Следовательно, обе схемы обеспечивали сопоставимый уровень асептичности, однако сочетание 70%-ного этанола и 0,1%-ного диацида в существенно меньшей степени подавляло регенерационную активность тканей стрептокарпуса. Увеличение экспозиции диацида до 15 мин достоверно снижало жизнеспособность эксплантов с 95,1 до 69,8% (p < 0,05), что позволяет рассматривать 10-минутную обработку как оптимальный компромисс между асептичностью и сохранением морфогенетического потенциала.

Наши результаты согласуются с данными других работ, демонстрирующими видоспецифичность реакции эксплантов на стерилизующие агенты. Например, в исследовании на эксплантах малины разных сортов оптимальной оказалась 10-минутная экспозиция при обработке препаратами Domestos (концентрация 1:1) и Лизоформин [7]. При этом увеличение времени приводило к повреждениям тканей и остановке роста, а сокращение — к недостаточной стерилизации и зарастанию питательной среды патогенной микрофлорой. В статье по стерилизации эксплантов люцерны посевной видно, что гипохлорит в высокой концентрации или в слишком долгой экспозиции давал фитотоксичность, тогда как двухэтапный протокол с 8%-ным гипохлоритом (6 мин) и предварительной обработкой 70% этанолом (30 с) оказался сбалансированным показав максимальный выход жизнеспособных и стерильных эксплантов (85%) при низком уровне контаминации (15%) [8]. Аналогично в работе с яблоней комбинация 70% этанола (1 мин) с 33% перекисью водорода (7 мин) или с диацидом (6 мин) позволила получить 63% и 60% жизнеспособных стерильных эксплантов соответственно [9]. Это подтверждает, что выбор комбинации агентов и времени обработки напрямую влияет на результат.

В отличие от гипохлорита, диацид при использованной концентрации обеспечивал сопоставимую стерильность, но не вызывал выраженного некроза листовых тканей. Это особенно важно для тонких листовых эксплантов стрептокарпуса, характеризующихся высокой чувствительностью к окислительному и хлорсодержащему воздействию. Предложенная схема может быть адаптирована для других видов семейства Gesneriaceae — сенполии, глоксинии, эписции, а также для травянистых декоративных культур с листовым типом регенерации.

В асептических условиях листья разделяли на фрагменты вместе с центральной жилкой и без нее. Кусочки листа без жилок не развивались и погибали. Жилки листьев многих травянистых растений характеризуются повышенной регенерационной способностью. Так, к примеру, изучая структурный рост некоторых южноафриканских видов *Streptocarpus*, авторы [10] показали, что развитие листовых структур контролируется меристемами, расположенными вблизи места соединения черешка и листовой пластинки и жилок.

На 14 день культивирования на фрагментах с центральной жилкой листа наблюдали начало морфогенеза, который визуально проявился в разрастании тканей листовой пластинки. Произошло перепрограммирование дифференцированных клеток листа, они приобрели плюрипотентность и запустился процесс инициации почек *de novo*. В некоторых работах рассматривают [11], [12], из какой части листа у стрептокарпуса лучше формируются адвентивные почки. Отмечается, что для этого рода, как и для глоксинии с сенполией, данный процесс чаще идёт в субэпидермальных клеточных слоях листовой пластинки. Это знание помогает точнее подбирать сегменты листа для эксплантации.

Регенерация адвентивных почек на поверхности листьев изучаемого сорта происходила на питательной среде про прописи Мурасиге и Скуга с добавлением 6-бензиламинопурина (БАП) в концентрации 0,5 мг/л. В течение 6 недель культивирования на фрагменте листа площадью 3 см^2 формировалось 7,8 побегов (рис. 1).

 © Авторы статьи / Authors of the article



Рисунок 1 - Формирование адвентивных побегов на фрагменте листа листьев стрептокарпуса «Розовые Сны» на питательной среде Мурасиге и Скуга

DOI: https://doi.org/10.60797/JAE.2026.75.1.2

Заключение

Статистический анализ с использованием углового преобразования Фишера подтвердил, что оптимальным является режим: обработка 70%-ным этанолом в течение 1 мин с последующей экспозицией в 0,1%-ном растворе диацида в течение 10 мин. Данный вариант обеспечивал 86,4% стерильных и 95,1% жизнеспособных эксплантов и статистически не уступал по асептичности схеме с гипохлоритом натрия, но значительно превосходил её по сохранению жизнеспособности тканей ($p < 0,05$). Диацид в исследованных режимах оказывает менее выраженное фитотоксическое действие на листовые экспланты стрептокарпуса, чем гипохлорит натрия. Благодаря оптимизации способов стерилизации эксплантов удалось сохранить их высокую жизнеспособность при введении в культуру *in vitro*, что создало необходимое условие для успешной регенерации адвентивных побегов и дальнейшего клонального микроразмножения.

Финансирование

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания по теме: «Биологическое разнообразие растительных ресурсов России: состояние, динамика, экология видов и сообществ, сохранение генофонда, проблемы интродукции, воспроизводства и неистощительного использования». Регистрационный номер 125012200599-6.

Funding

The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Assignment on the topic: "Biological diversity of Russian plant resources: status, dynamics, ecology of species and communities, conservation of the gene pool, problems of introduction, reproduction and sustainable use". Registration number 125012200599-6.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Zaripova A.A. Development of clonal micropropagation technique for *Gloxinia hybrida* hort. 'Strawberry Ice-Cream' / A.A. Zaripova, A.A. Mukhametvafina, K.A. Urazbakhtina [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE). — 2020. — P. 941:012029.

2. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // Physiologia Plantarium. — 1962. — № 15 (3). — P. 473–497.

3. Исаченкова А.С. Разработка схем стерилизации для введения овощных культур в *in vitro* / А.С. Исаченкова, Ю.Н. Федорова // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. — 2024. — № 1. — С. 25–32.

4. Сухопаров А.А. Влияние различных способов стерилизации эксплантов гороха при введении в культуру *in vitro* / А.А. Сухопаров, А.Н. Лебедев, К.С. Темиров [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. — 2023. — № 11 (137). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-razlichnyh-sposobov-sterilizatsii-eksplantov-goroha-pri-vvedenii-v-kulturu-in-vitro (дата обращения: 28.07.2026).

5. Зонтиков Д.Н. Оценка способа стерилизации и минерального состава питательных сред на эффективность культивирования *Populus tremula* L. в условиях *in vitro* / Д.Н. Зонтиков, С.А. Зонтикова, Р.В. Сергеев [и др.] // Научный журнал КубГАУ. — 2013. — № 91. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sposoba-sterilizatsii-i-mineralnogo-sostava-pitatelnyh-sred-na-effektivnost-kultivirovaniya-populus-tremula-l-v-usloviyah-in (дата обращения: 28.07.2026).

6. Исаков А.С. Эффективность стерилизации первичных эксплантов плодовых растений семейства *Rosaceae* при введении в культуру *in vitro* / А.С. Исаков, И.О. Гричик, О.О. Жолобова [и др.] // Научно-агрономический журнал. — 2026. № 1 (132). — С. 66–75.

7. Колпаков Н.А. Совершенствование технологии стерилизации эксплантов малины и ускорение морфогенеза в культуре *in vitro* / Н.А. Колпаков, К.С. Суслова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. — 2024. — № 2 (232). — С. 32–40.

8. Рыбакова Т.Ю. Влияние различных способов стерилизации эксплантов люцерны посевной на эффективность их введения в культуру *in vitro* / Т.Ю. Рыбакова, А.И. Баранова, Н.М. Барсуков [и др.] // Journal of Agriculture and Environment. — 2026. — № 2 (66). — URL: https://jae.cifra.science/archive/2-66-2026-february/10.60797/JAE.2026.66.3 (дата обращения: 11.09.2026).

9. Никитина А.В. Влияние способа стерилизации и срока введения в культуру *in vitro* на жизнеспособность эксплантов клонового подвоя яблони 54-118 / А.В. Никитина, А.М. Ленточкин, Т.Г. Леконцева [и др.] // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. — 2020. — № 30 (4). — С. 411–416.

10. Jong K. The evolution of morphological novelty exemplified in the growth patterns of some *Gesneriaceae* / K. Jong, B.L. Burtt // New Phytologist. — 2006. — № 75 (2). — P. 297–311.

11. Chen Y. Optimization of leaf segment orientation for adventitious bud formation in Streptocarpus / Y. Chen, L. Wang, H. Liu // Journal of Plant Physiology and Biochemistry. — 2021. — № 65. — P. 152–158.

12. Zhang Y. Comparative study on the regeneration potential of different leaf segments of Streptocarpus / Y. Zhang, L. Wang, H. Liu // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. — 2023. — № 174 (3). — P. 287–295.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zaripova A.A. Development of clonal micropropagation technique for *Gloxinia hybrida* hort. 'Strawberry Ice-Cream' / A.A. Zaripova, A.A. Mukhametvafina, K.A. Urazbakhtina [et al.] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE). — 2020. — P. 941:012029.

2. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // Physiologia Plantarium. — 1962. — № 15 (3). — P. 473–497.

3. Isachenkova A.S. Razrabotka shem sterilizacii dlya vvedeniya ovoschnih kultur v *in vitro* [Development of sterilization patterns for introduction of vegetable crops *in vitro*] / A.S. Isachenkova, Yu.N. Fedorova // Izvestiya Velikolukskoi gosudarstvennoi selskohozyaistvennoi akademii [Proceedings of the Velikiye Luki State Agricultural Academy]. — 2024. — № 1. — P. 25–32. [in Russian]

4. Suhoparov A. A. Vliyanie razlichnih sposobov sterilizacii eksplantov goroha pri vvedenii v kulturu *in vitro* [Influence of different methods of sterilization of pea explants when introduced into culture *in vitro*] / A.A. Suhoparov, A.N. Lebedev, K.S. Temirov [et al.] // Mejdunarodnii nauchno_issledovatelskii jurnal [International Scientific Research Journal]. — 2023. — № 11 (137). — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-razlichnyh-sposobov-sterilizatsii-eksplantov-goroha-pri-vvedenii-v-kulturu-in-vitro (accessed: 28.07.2026) [in Russian]

5. Zontikov D.N. Ocenka sposoba sterilizacii i mineralnogo sostava pitatelnih sred na effektivnost kultivirovaniya *Populus tremula* L. v usloviyah *in vitro* [Assessment method of sterilization and mineral composition of nutrient medium on efficient cultivation of *Populus tremula* L. in tissue culture] / D.N. Zontikov, S.A. Zontikova, R.V. Sergeev [et al.] // Nauchnii jurnal Kubanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta [Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University]. — 2013. — № 91. — URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sposoba-sterilizatsii-i-mineralnogo-sostava-pitatelnyh-sred-na-effektivnost-kultivirovaniya-populus-tremula-l-v-usloviyah-in vitro (accessed: 28.07.2026) [in Russian]

6. Isakov A.S. Effektivnost sterilizacii pervichnih eksplantov plodovih rastenii semeistva Rosáceae pri vvedenii v kulturu *in vitro* [Sterilization efficiency of primary explants of fruit plants of the family *Rosaceae* during the initiation of *in vitro* culture] / A.S. Isakov, I.O. Grichik, O.O. Jolobova [et al.] // Nauchno-agronomicheskii jurnal [Scientific and Agronomic Journal]. — 2026. — № 1 (132). — P. 66–75. [in Russian]

7. Kolpakov N.A. Sovershenstvovanie tekhnologii sterilizatsii eksplantov maliny i uskorenie morfogeneza v kul'ture *in vitro* [Improving the technology of sterilization of raspberry explants and accelerating morphogenesis *in vitro* culture] / N.A. Kolpakov, K.S. Suslova // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta [Bulletin of Altai State Agrarian University]. — 2024. — № 2 (232). — P. 32–40. [in Russian]

8. Rybakova T.Yu. Vliyanie razlichnykh sposobov sterilizatsii ekspiantov lyutserny posevnoy na effektivnost' ikh vvedeniya v kul'turu *in vitro* [The influence of various methods of sterilization of alfalfa explants on the effectiveness of their introduction into *in vitro* culture] / T.Yu. Rybakova, A.I. Baranova, N.M. Barsukov [et al.] // Journal of Agriculture and Environment. — 2026. — №2 (66). — URL: https://jae.cifra.science/archive/2-66-2026-february/10.60797/JAE.2026.66.3 (accessed: 11.09.2026) [in Russian]

9. Nikitina A.V. Vliyanie sposoba sterilizatsii i sroka vvedeniya v kul'turu *in vitro* na zhiznesposobnost' ekplantov klonovogo podvoya yabloni 54-118 [Influence of sterilization method and timing of introduction *in vitro* culture on the

 © Авторы статьи / Authors of the article

viability of explants of the clone rootstock of the apple tree 54-118] / A.V. Nikitina, A.M. Lentochkin, T.G. Lekontseva [et al.] // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle [Bulletin of the Udmurt University. Biology series. Earth Sciences]. — 2020. — № 30 (4). — P. 411–416. [in Russian]

10. Jong K. The evolution of morphological novelty exemplified in the growth patterns of some *Gesneriaceae* / K. Jong, B.L. Burtt // New Phytologist. — 2006. — № 75 (2). — P. 297–311.

11. Chen Y. Optimization of leaf segment orientation for adventitious bud formation in Streptocarpus / Y. Chen, L. Wang, H. Liu // Journal of Plant Physiology and Biochemistry. — 2021. — № 65. — P. 152–158.

12. Zhang Y. Comparative study on the regeneration potential of different leaf segments of Streptocarpus / Y. Zhang, L. Wang, H. Liu // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. — 2023. — № 174 (3). — P. 287–295.