УДК 58.085
EDN JDSGCC
DOI 10.5281/zenodo.10930671

Орлова Н. Д., Молканова О. И., Коновалова Т. Ю., Яценко И. О.

ОСОБЕННОСТИ РЕГЕНЕРАЦИИ *DECAISNEA FARGESII* FRANCH. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН»

Реферат. *Складывающаяся в настоящее время тенденция к потеплению климата обуславливает постепенное расширение на север территории выращивания южных культур. Decaisnea fargesii Franch. (Декения Фаргеза) – листопадный кустарник с экзотичными съедобными плодами, в состав которых входит большое количество биологически активных веществ, витаминов и микроэлементов. Кроме применения в пищевой и фармацевтической отраслях, растение подходит для использования в озеленении благодаря экзотичному виду, декоративности в период цветения и плодоношения. Так как в настоящее время D. fargesii является малораспространенной культурой, актуальным является разработка эффективной технологии клонального микроразмножения для получения большого количества посадочного материала. Цель исследований – изучение особенностей регенерации D. fargesii в культуре in vitro и подбор оптимальных условий для реализации морфогенетического потенциала. Исследования проводили в лаборатории биотехнологии растений ГБС РАН в 2021–2023 гг. В качестве первичных эксплантов для инициации роста и развития использовали апикальные и латеральные почки растений декении из коллекции отдела дендрологии. Подобрана оптимальная схема стерилизации, позволяющая получать до 87 % жизнеспособных асептических эксплантов. В результате исследований выявлены особенности регенерации эксплантов D. fargesii in vitro в зависимости от типа и концентрации регуляторов роста в питательной среде. Для увеличения регенерационной способности микропобегов D. fargesii при первых субкультивированиях эффективно использование питательной среды Quoirin and Lepoivre (QL) с применением 6-Benzylaminopurine (6-BAP) в концентрации 2,5 мг/л, коэффициент размножения составил 10,8 ± 0,9. Добавление тидиазурона в среду QL вызывало морфологические отклонения у эксплантов D. fargesii. Установлено, что использование в составе питательной среды 6-BAP в концентрации 0,5 мг/л или совместного применения 6-BAP и метатополина (mT) (по 0,25 мг/л каждого) является оптимальным для культивирования D. fargesii на этапе собственно микроразмножения, коэффициент размножения составил 14,1 ± 1,0 и 12,1 ± 0,5 соответственно.*

Ключевые слова: *Decaisnea fargesii Franch, клональное микроразмножение, морфогенетический потенциал, регуляторы роста, коэффициент размножения*

Для цитирования: *Орлова Н. Д., Молканова О. И., Коновалова Т. Ю., Яценко И. О. Особенности регенерации Decaisnea fargesii FRANCH. в культуре in vitro // Таврический вестник аграрной науки. 2024. № 1(37). С. 125–135. EDN: JDSGCC. DOI: 10.5281/zenodo.10930671.*

For citation: *Orlova N. D., Molkanova O. I., Konovalova T. Yu., Yatsenko I. O. Peculiarities of regeneration of Decaisnea fargesii FRANCH. in in vitro culture // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2024. No. 1(37). P. 125–135. EDN: JDSGCC. DOI: 10.5281/zenodo.10930671.*

Введение

Decaisnea fargesii Franch. относится к семейству Lardizabalaceae R. Br. Естественный ареал – Восточная Азия и Гималаи, от Северного Китая до Тибета и Непала [1].

В конце XIX века декения интродуцирована на территорию США, а также в страны Западной Европы и Южной Америки, позднее – в РФ [2–4]. В настоящее время *D. fargesii*, преимущественно в качестве экзотического растения, культивируется на территории субтропического пояса Северного полушария в ботанических садах или частных коллекциях.

D. fargesii – листопадный кустарник высотой до пяти метров с прямыми не ветвистыми или слабоветвистыми побегами. Листья с очередным листорасположением, непарноперистые с супротивными цельными листочками. Соцветия метёлковидные, длиной до 50 см. Цветки безлепестные, колокольчиковидные, чашелистики зеленовато-желтоватые. Плод – сочная многолистовка, состоящая из листовок синего цвета цилиндрической стручковидной формы массой 15–30 г [5, 6].

Соломоновой Е. В. и др. определено соотношение частей плода: перикарпий составляет около 44–45 %, мякоть из ариллусов – 40–43 %, семена – около 10–17 % [7].

В состав плодов *D. fargesii* входят углеводы, жиры, белки, витамины, пектин, а также минеральные (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Fe) и биологически активные вещества. Особенностью культуры является высокое (от 10 до 12 % сухого веса) содержание каучука в перикарпии плодов и ценной ненасыщенной пальмитолеиновой кислоты (до 49,9 %) в масле семян [8–10].

Плоды *D. fargesii* пригодны для употребления в пищу в сыром и в переработанном виде (желе, джем и т.д.) [11]. *D. fargesii* находит широкое применение в китайской народной медицине [12].

На территории Азии кустарник широко используется в озеленении [13]. Декоративность *D. fargesii* обеспечивается формой листьев, которые похожи на листья *Aralia elata* (Miq.) Seem., а также красивым цветением и плодоношением [14].

Промышленные плантации *D. fargesii* имеются только в Китае и Японии, а в России на данный момент отсутствуют. Однако сложившаяся в настоящее время тенденция к потеплению климата обуславливает постепенное расширение территории выращивания декении на север [3, 15].

В России *D. fargesii* относится к группе малораспространенных культур, поэтому достаточное количество качественного посадочного материала отсутствует. Виды чаще всего размножают семенами, однако у древесных культур при размножении таким способом онтогенетический цикл характеризуется большой продолжительностью (более пяти лет). Производство посадочного материала на основе использования традиционных методов вегетативного размножения часто является малоэффективным по сравнению с клональным микроразмножением, обеспечивающим возможность получения большого количества фенотипически идентичных выровненных саженцев за короткий промежуток времени [16].

Поэтому актуальным является совершенствование технологии клонального микроразмножения и изучение особенностей регенерации *D. fargesii* в культуре *in vitro*.

Изучению особенностей клонального микроразмножения декении посвящены единичные исследования, проведенные в Китае. Yang Jing-Tan и другие отмечали, что для успешного размножения *in vitro D. fargesii* оптимальной является питательная среда с минеральной основой Murashige and Skoog (MS) [17] или Woody Plant Medium (WPM) [18], дополненная гиббереллиновой кислотой в концентрации 1,0 мг/л [19].

Однако в предыдущих исследованиях, выполненных в лаборатории биотехнологии ГБС РАН, показано, что для большинства древесных таксонов (*Lonicera* L., *Actinidia* Lindl., *Syringa* L. и др.) на этапе собственно микроразмножения эффективно применение питательной среды Quoirin and Lepoivre (QL) [20–24]. Поэтому на этапе собственно клонального микроразмножения *D. fargesii* использована питательная среда QL.

Цель исследований – изучение особенностей регенерации *D. fargesii* в культуре *in vitro* и подбор оптимальных условий для её культивирования.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в лаборатории биотехнологии растений ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н. В. Цицина РАН» (ГБС РАН) в 2021–2023 гг.

Для осуществления исследований в культуре *in vitro* образцы *D. fargesii* были отобраны из коллекции лаборатории дендрологии ГБС РАН. Для их введения в асептическую культуру в качестве исходного материала использовали изолированные апексы, выделенные из латеральных почек. Подготовку и введение в культуру *in vitro*, а также собственно микроразмножение проводили в лабораторных условиях согласно общепринятым приемам, в том числе разработанным в ГБС РАН [25, 26].

Для поверхностной стерилизации последовательно применяли 7 % раствор фунгицида «Фундазол» в экспозиции 20–30 минут, 70 % раствор этанола (C_2H_6O) 5–10 секунд и 7 % раствор гипохлорита кальция ($Ca(ClO)_2$) – 5–10 минут. Для повышения эффективности стерилизации экспланты культивировали в течение 10 дней на питательной среде с добавлением 0,25 мг/л антибиотика «Gentamicin» (Gibco, США). Этап инициации проводили на питательной среде QL с добавлением 30 г/л сахарозы, 6,8 г/л агара (Roeper, Германия) и 6-бензиламинопурина (6-BAP) (Sigma, США) в концентрации 0,3 мг/л. Через 14 суток проводили учет жизнеспособных эксплантов.

В эксперименте использовали питательную среду с минеральной основой QL. Изучали воздействие разных регуляторов роста и их концентраций в составе питательной среды на рост и развитие микропобегов *D. fargesii*. При первых субкультивированиях оценивали влияние концентраций 6-BAP (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 мг/л). На этапе собственно микроразмножения – различных регуляторов роста: 6-BAP, метатополина (mT) (Duchefa, Нидерланды) и тидиазурона (TDZ) (Duchefa, Нидерланды) в концентрации 0,5 мг/л, а также эффект от совместного применения 6-BAP и mT (по 0,25 мг/л). В качестве контроля использовали питательную среду QL с 0,5 мг/л 6-BAP.

Продолжительность культивирования эксплантов на этапе собственно микроразмножения составляла 8–10 недель. Были измерены и рассчитаны следующие показатели: высота микропобегов; число микропобегов на эксплант; число узлов на микропобеге; коэффициент размножения (КР), который рассчитывали как произведение числа микропобегов на эксплант на число узлов на микропобеге; частота спонтанного ризогенеза.

Перед автоклавированием pH питательной среды доводили до 5,8 с применением раствора KOH. Питательные среды стерилизовали в автоклаве WAC-60 (Daihan Scientific, Южная Корея) с использованием насыщенного пара под давлением (P=101 кПа) при 120 °C в течение 20 минут. Процесс высадки эксплантов на питательную среду проводили в ламинарном боксе в соответствии с правилами работы со стерильным материалом. Условия культивирования эксплантов: освещение 3000–3500 лк, 16–часовой фотопериод и температура 23 ± 2 °C.

Исследования проводили в трех повторностях по восемь эксплантов в каждой. Статистическую обработку данных проводили согласно стандартным методам с

использованием пакета программ PAST (PAleontological STatistics). Достоверность различий между вариантами рассчитывали по t-критерию Стьюдента при $p \leq 0,05$. В таблицах и графиках представлены средние значения и их стандартные ошибки.

Результаты и их обсуждение

Общеизвестно, что эффективность введения в культуру зависит от типа экспланта, характеристик стерилизующих веществ, экспозиции и правильно подобранных составов питательных сред. Поверхностная стерилизация тканей является первым этапом для получения асептической культуры. Развитие патогенной микрофлоры чаще всего преодолевается с помощью фунгицидов. Для предотвращения бактериального заражения первичные ткани экспланта культивируют на питательной среде, содержащей антибиотик в течение 10 дней [27].

Для введения в культуру *in vitro,* в качестве первичных эксплантов для инициации роста и развития, апикальные и латеральные почки были отобраны с интактных растений, входящих в состав коллекционного фонда отдела дендрологии (рисунок 1).



Рисунок 1 – Интактные растения *D. fargesii* (1 – на стадии цветения, 2 – на стадии плодоношения)

Количество свободных от инфекции жизнеспособных эксплантов при использовании 7 % $Ca(ClO)_2$ раствора в экспозиции 5–10 минут варьировало от 53 % до 87 % (рисунок 2).

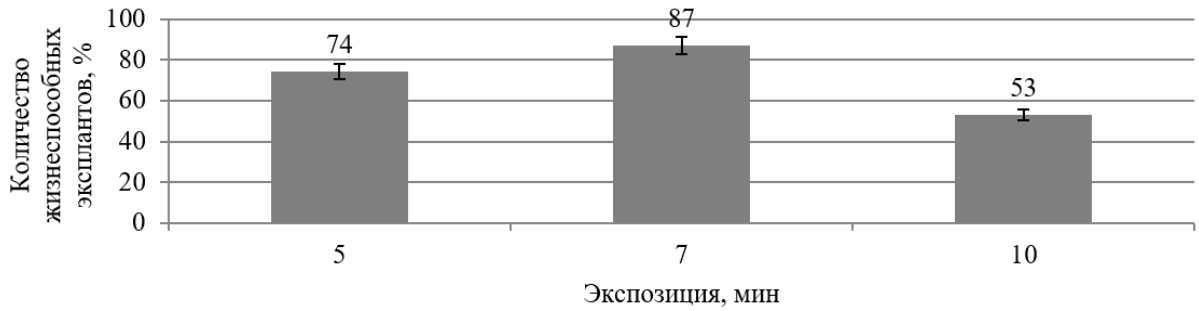


Рисунок 2 – Влияние экспозиции 7 % раствора $Ca(ClO)_2$ на получение жизнеспособных эксплантов *D. fargesii*

Наибольший процент жизнеспособных эксплантов составил 87 % при экспозиции в семь минут 7 % раствора $Ca(ClO)_2$. Увеличение времени стерилизации до 10 минут приводило к повышению числа стерильных эксплантов, но при этом процент жизнеспособных эксплантов уменьшался до 53 %. Таким образом, оптимальной являлась последовательная стерилизация 2 % раствором фунгицида «Фундазол» в течение 10 минут, 70 % раствором C_2H_6O – 30 секунд и 7 % раствором $Ca(ClO)_2$ – семь минут.

При клональном микроразмножении неотъемлемым компонентом питательных сред являются регуляторы роста. Цитокинины оказывают комплексное влияние на процессы роста и развития растений: способствуют увеличению количества митозов в тканях регенерантов, индуцируют дифференциацию микропобегов, снимают эффект апикального доминирования и замедляют старение тканей.

На первом этапе работы изучено влияние на рост и развитие растений разных концентраций 6-BAP, как одного из наиболее распространенных, часто применяемых и эффективных регуляторов роста.

В результате были выявлены концентрации 6-BAP, оказывающие наибольшее влияние на морфометрические показатели *D. fargesii* (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние концентрации 6-BAP на морфометрические показатели микропобегов *D. fargesii*

Концентрация 6-BAP, мг/л	Морфометрический показатель		
	число микропобегов, шт.	длина микропобегов, см	коэффициент размножения
0,5	1,9 ± 0,1 c	1,6 ± 0,2 a	6,5 ± 0,9 b
1,0	2,3 ± 0,2 bc	1,4 ± 0,1 a	8,1 ± 1,4 b
1,5	2,5 ± 0,3 ab	1,4 ± 0,1 a	9,2 ± 2,6 ab
2,0	2,3 ± 0,1 bc	1,5 ± 0,1 a	9,0 ± 0,8 ab
2,5	2,8 ± 0,2 a	1,6 ± 0,0 a	10,8 ± 0,9 a
3,0	1,9 ± 0,1 c	1,5 ± 0,2 a	7,9 ± 0,6 b

Примечание. Здесь и далее: *в каждом столбце разными буквами обозначены достоверно различающиеся значения ($p \leq 0,05$).*

При культивировании на питательных средах, содержащих 1,5 мг/л и 2,5 мг/л 6-BAP отмечены наибольшие значения числа микропобегов (2,5 ± 0,3 шт. и 2,8 ± 0,2 шт. соответственно) и коэффициента размножения (9,2 ± 2,6 и 10,8 ± 0,9 соответственно). С увеличением концентрации 6-BAP до 3,0 мг/л наблюдали снижение коэффициента размножения, а также, в ряде случаев, образование оводненных микропобегов. Кроме этого, применение 6-BAP в концентрации более 2,5 мг/л индуцировало рост каллуса у основания экспланта, что в дальнейшем может способствовать появлению сомаклональной изменчивости.

Обычно на этапе микроразмножения применяется 6-BAP, однако при повышении его концентрации коэффициент размножения может возрасти только до определенного предела, благодаря образованию устойчивых соединений (6-бензиламинопурин-9-гликозиды), которые при накоплении ингибируют развитие тканей [28]. Поэтому целесообразным является поиск других препаратов с высокой цитокининовой активностью. К таким соединениям относится TDZ и mT. Применение TDZ для культуры древесных тканей *in vitro* индуцирует широкий спектр морфологических реакций, включая соматический эмбриогенез и органогенез побегов с последующим корневым органогенезом, который происходит непосредственно или через образование каллуса [29]. Действие mT характеризуется

способностью микропобегов к удлинению, активации пазушных почек, индуцированием ризогенеза и облегчением процессов акклиматизации [30]. Осуществлено изучение влияния типа регуляторов роста, альтернативных 6-BAP, на рост и развитие микропобегов *D. fargesii*, поскольку известно, что для реализации морфогенетического потенциала регенерантов выбор оптимального гормона, часто имеет первостепенное значение.

Отмечено влияние различных регуляторов роста растений на морфометрические признаки микропобегов *D. fargesii* (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние типа и концентрации цитокинина на морфометрические показатели микропобегов *D. fargesii*

Регулятор роста	Концентрация, мг/л	Высота микропобегов, см	Число микропобегов, шт.	Коэффициент микроразмножения
6-BAP	0,5	21,0 ± 0,8 ab	2,7 ± 0,2 b	14,1 ± 1,0 a
mT	0,5	22,8 ± 0,9 a	1,4 ± 0,1 b	8,9 ± 0,5 c
TDZ	0,5	14,2 ± 1,6 c	3,4 ± 0,3 b	11,6 ± 1,2 b
6-BAP + mT	0,25 + 0,25	17,4 ± 1,1 bc	6,6 ± 0,7 a	12,1 ± 0,5 ab

Наибольшая длина микропобегов отмечена при культивировании *D. fargesii* на питательных средах с добавлением mT и 6-BAP (22,8 ± 0,9 мм и 21,0 ± 0,8 мм соответственно), самый низкий показатель наблюдался у регенерантов на среде с TDZ (14,2 ± 1,6 мм) (рисунок 3). Культивирование на среде с совместным применением 6-BAP и mT приводило к увеличению числа микропобегов до 6,6 ± 0,7 шт., что в три раза превышало аналогичные показатели на остальных вариантах опыта. Максимальным коэффициентом размножения *D. fargesii* характеризовалась при выращивании на питательных средах, содержащих 6-BAP в концентрации 0,5 мг/л и с совместным применением 6-BAP и mT (по 0,25мг/л) (14,1 ± 1,0 и 12,1 ± 0,5 соответственно).

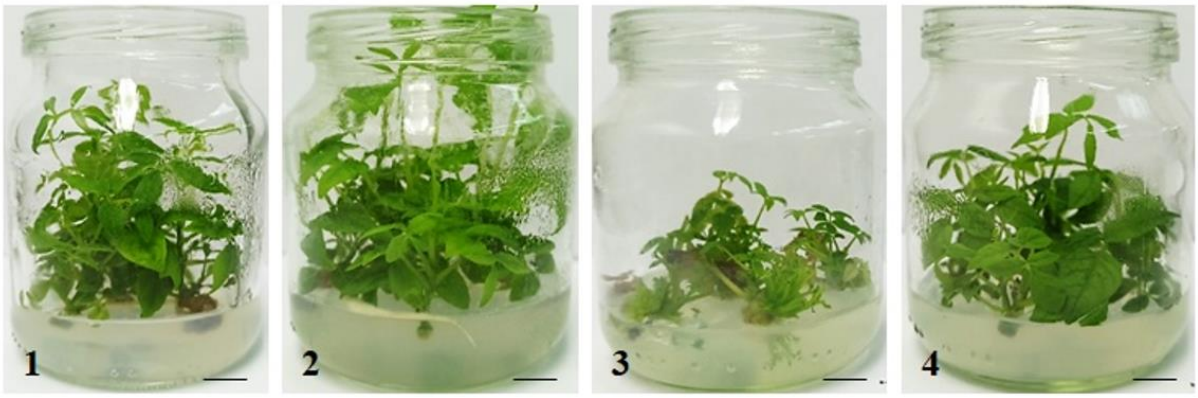


Рисунок 3 – Влияние типа и концентрации цитокинина на морфометрические показатели микропобегов *D. fargesii* (1 – 6-BAP, 2 – mT, 3 – TDZ, 4 – 6-BAP, mT). Масштаб – 1,0 см.

Для большей детализации комплекса количественных характеристик регенерантов использован дополнительный биометрический признак – количество активных пазушных почек, который обычно в исследованиях *in vitro* не учитывается. Выявлено, что наибольшим процентом активации пазушных почек

характеризовались микропобеги при культивировании на питательных средах с добавлением 6-BAP (28,0 %) и с совместным применением 6-BAP и mT (27,6 %), среднее количество пробудившихся пазушных почек на эксплант составляло 2,4 ± 1,4 шт. и 2,5 ± 1,1 шт. соответственно.

При культивировании на среде с метатополином отмечен спонтанный ризогенез у 15,0 % эксплантов. Добавление тидиазурона в среду индуцировало каллусообразование у основания микропобегов до 66,7 % и вызывало различные морфологические отклонения у эксплантов *D. fargesii*, микропобеги характеризовались утолщенным оводненным основанием, разросшимся каллусом и морфологически измененными листьями.

Таким образом, на основе комплекса морфометрических показателей (длины и количества микропобегов, коэффициента размножения и числа пробудившихся пазушных почек) установлено, что использование в составе питательной среды регулятора роста 6-BAP в концентрации 0,5 мг/л, а также совместного применения 6-BAP и mT (по 0,25 мг/л) является оптимальным для культивирования *D. fargesii in vitro.*

Выводы

Подобрана оптимальная схема стерилизации для введения в культуру *in vitro,* позволяющая получать до 87 % жизнеспособных асептических эксплантов.

Выявлено, что при первых субкультивированиях, для увеличения регенерационной способности микропобегов *D. fargesii,* оптимально применение питательной среды QL с добавлением 6-BAP в концентрации 2,5 мг/л; коэффициент размножения составил 10,8 ± 0,9.

Установлено, что на этапе собственно микроразмножения для культивирования *D. fargesii* эффективно использование в составе питательной среды регулятора роста 6-BAP в концентрации 0,5 мг/л или совместного применения 6-BAP и mT (по 0,25 мг/л каждого). Коэффициент размножения при этом составил 14,1 ± 1,0 и 12,1 ± 0,5 соответственно.

При сравнении действия различных регуляторов роста в составе питательной среды показано, что культивирование эксплантов *D. fargesii* на среде с метатополином приводило к увеличению длины микропобегов до 22,8 ± 0,9 мм и индуцировало спонтанный ризогенез у 15 % эксплантов. Добавление тидиазурона в среду QL вызывало морфологические отклонения у эксплантов *D. fargesii*.

Литература

1. Christenhusz M. J. M. An overview of Lardizabalaceae // Curtis’s Botanical Magazine. 2012. Vol. 29. No. 3. P. 235–276. DOI: 10.1111/j.1467-8748.2012.01790.x.

2. Wang W., Xiang X., Xiang K., Ortiz R., Jabbour F., Chen Z. A dated phylogeny of Lardizabalaceae reveals an unusual long-distance dispersal across the Pacific Ocean and the rapid rise of East Asian subtropical evergreen broadleaved forests in the late Miocene // Cladistics. 2020. Vol. 36. No. 5. P. 447–457. DOI: 10.1111/cla.12414.

3. Трусов Н. А., Морозова М. Ю., Яценко И. О., Михеева С. В., Соломонова Е. В. Возможность выращивания Декенеи Фаргеза (*Decaisnea Fargesii* Franch.; Lardizabalaceae R. BR.) в условиях Московского региона // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2022. No. 8 (185). С. 72–83. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-8-72-83.

4. Фирсов Г. А. Первое цветение *Decaisnea fargesii* Franch. (Lardizabalaceae) в Ботаническом саду Петра Великого БИН РАН // Сборник статей IX Международной научной конференции «Цветоводство: история, теория, практика». Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина), 2019. С. 226–228.

5. Yunhe H., Li Z. Research on Decaisnea industry development in Qinba mountainous area // Modern Agricultural Science and Technology. 2010. Vol. 20. No. 1. P. 98–99.

6. Li B., Chaoxin X., Jinkun L. Propagation of a new species of Decaisnea // Chinese Wild Plant Resources. 2014. No. 33 (2). P. 69–71.

7. Соломонова Е. В., Трусов Н. А., Морозова М. Ю., Ноздрина Т. Д. Морфометрические и весовые характеристики экзотического съедобного плода декенеи Фаргеза (*Decaisnea fargesii* Franch.) (Лардизабаловые – Lardizabalaceae R. Br.), произрастающей в условиях Московского региона // Социально-экологические технологии. 2020. No. 3. С. 249–264. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-249-264.

8. Chengke B. GC-MS Analysis of fatty acid composition in Decaisnea and Sanyemutong seed oil // Northwestern Journal of Botany. 2007. No. 27 (5). P. 1035–1038.

9. Jirui L., Xuejun L. Fatty acid composition and physicochemical properties of Decaisnea seed oil // China Oils and Fats. 2011. No. 36 (4). P. 78–79.

10. Ochmian I., Kubus M., Guan T. Description and assessment of chemical properties of fruits of the chocolate vine (five-leaf *Akebia*) *Akebia quinata* (Houtt.) Decne and dead man's fingers *Decaisnea insignis* (Griff.) Hokk. f. & Thomson, grown in Szczecin and in the Arboretum in Glinna (northwestern Poland) // Journal of Elementology. 2014. Vol. 19. No. 4. P.1073–1084. DOI: 10.5601/jelem.2014.19.2.442.

11. Zheng–Hai H., Lan–Xin T. Rubber plant Decaisnea melon // Plant Journal. 1980. No. 5 (1). P. 12–13.

12. Xiangyu S., Guitian G., Bo Y. Analysis of fatty acids and amino acids in the seeds of Sanyemutong and Decaisnea // Chinese Medicinal Materials. 2012. No. 35 (9). P. 1444–1447.

13. Tingting M., Chengrui T., Jinjin M., Juan Z., Yingnab Z., Pei Z., Xizi S. Study on the antioxidant activity of phenolic extracts from yellow ginseng stems and leaves. 2014. Vol. No. 2. P. 69–71.

14. Деревья и кустарники СССР: Дикорастущие, культивируемые и перспективные для интродукции. Т. 3. // Под ред. С. Я. Соколова. М.-Л.: Изд-во Академии Наук СССР, 1954. 872 с.

15. Tkachenko K. G., Firsov G. A., Volchanskaya A. V. Climate warming and changes in the reproductive capacity of woody plants // International Scientific Conference "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East" (AFE-2021). Agricultural Innovation Systems, Volume 1. Cham: Springer, 2021. Vol. 353. P. 573–580. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_64.

16. Орлова Н. Д., Раева-Богословская Е. Н., Молканова О. И. Совершенствование методики клонального микроразмножения перспективных сортов *Lonicera caerulea* L. // Лесной вестник. 2022. Т. 26 (3). С. 85–92. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-85-92.

17. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures // Physiologia plantarum. 1962. Vol. 15. No. 3. P. 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.

18. Lloyd G., McCown B. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture // Combined Proceedings. International Plant Propagators Society. 1980. Vol. 30. P. 421–427.

19. Jingtian Y., Lijuan Z., Jing H., Qinggui W., Zhixian S. Tissue culture and rapid propagation of dwarf barbarum trees // Plant Physiology Letters. 2009. No. 8. P. 803–804.

20. Quoirin M., Lepoivre P. H. Improved media for *in vitro* culture of *Prunus* sp // ISHS Acta Horticulturae 78: Symposium on Tissue Culture for Horticultural Purposes. 1977. No. 78. P. 437–442. DOI: 10.17660/ActaHortic.1977.78.54.

21. Orlova N. Raeva-Bogoslovskaya E., Miroshnichenko A., Molkanova O. Some clonal micropropagation features of *Lonicera caerulea* L. cultivars *in vitro* // BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies in Agriculture" (ITIA 2022). 2022. Vol. 47. Art. No. 04005. DOI: 10.1051/bioconf/20224704005.

22. Молканова О. И., Крахмалева И. Л. Сохранение и размножение представителей рода *Actinidia* Lindl. в культуре *in vitro* // Биологическое разнообразие. Интродукция растений (сборник научных статей). Санкт-Петербург: Первый ИПХ, 2021. С. 122–126. DOI: 10.24412/cl-36598-2021-1-122-126.

23. Молканова О. И., Королева О. В., Крахмалева И. Л. Концепция формирования коллекции представителей рода *Syringa* L. в культуре *in vitro* // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34(9). С. 30–34. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10906.

24. Раева-Богословская Е. Н., Молканова О. И. Некоторые особенности клонального микроразмножения декоративных сортов ирги // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2020. № 135. С. 97–104. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-135-97-104.

25. Бутенко Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнология на их основе. М.: ФБК-ПРЕСС, 1999. 160 с.

26. Молканова О. И., Королева О. В., Стахеева Т. С., Крахмалева И. Л., Мелещук Е. А. Совершенствование технологии клонального микроразмножения ценных плодовых и ягодных культур для производственных условий // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. No. 9. С. 66–69. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10915.

27. Маркова М. Г., Сомова Е. Н. Оптимизация приемов введения садовых растений в стерильную культуру *in vitro* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 4. С. 71–81. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-4-71-81.

28. Семенова Д. А., Крахмалева И. Л., Мишанова Е. В., Молканова О. И., Митрофанова И. В.

Особенности регенерации перспективных сортов *Actinidia arguta* в культуре *in vitro* // Таврический вестник аграрной науки. 2023. № 1(32). С. 93–103. DOI: 10.5281/zenodo.7898485. EDN: ESJIQT.

29. Novikova T. I., Zaytseva Y. G. TDZ–induced morphogenesis pathways in woody plant culture // In book: Thidiazuron: from urea derivative to plant growth regulator. Singapore: Springer, 2018. P. 61–94. DOI: 10.1007/978-981-10-8004-3_3.

30. Kucharska D. Orlikowska T., Maciorowski R., Kunka M., Wojcik D., Pluta S. Application of meta–Topolin for improving micropropagation of gooseberry (*Ribes grossularia*) // Scientia Horticulturae. 2020. Vol. 272. Art. No. 109529. DOI: 10.9529.10.1016/j.scienta.2020.109529.

References

1. Christenhusz M. J. M. An overview of Lardizabalaceae // Curtis's Botanical Magazine. 2012. Vol. 29. No. 3. P. 235–276. DOI: 10.1111/j.1467-8748.2012.01790.x.

2. Wang W., Xiang X., Xiang K., Ortiz R., Jabbour F., Chen Z. A dated phylogeny of Lardizabalaceae reveals an unusual long-distance dispersal across the Pacific Ocean and the rapid rise of East Asian subtropical evergreen broadleaved forests in the late Miocene // Cladistics. 2020. Vol. 36. No. 5. P. 447–457. DOI: 10.1111/cla.12414.

3. Trusov N. A., Morozova M. Yu., Yatsenko I. O., Mikheeva S. V., Solomonova E. V., Nozdrina T.D. Cultivation potential for blue bean tree (*Decaisnea fargesii* Franch.; Lardizabalaceae R. BR.) in the Moscow region // Bulletin of KSAU. 2022. No. 8 (185). P. 72–83. DOI: 10.36718/1819-4036-2022-8-72-83.

4. Firsov G. A. First flowering of *Decaisnea fargesii* Franch. (Lardizabalaceae) at Peter the Great botanic garden BIN RAS // Collection of articles of the IX International Scientific Conference "Floriculture: history, theory, practice". St. Petersburg: Saint-Petersburg Electrotechnical University "LETI" (ETU), 2019. P. 226–228.

5. Yunhe H., Li Z. Research on Decaisnea industry development in Qinba mountainous area // Modern Agricultural Science and Technology. 2010. Vol. 20. No. 1. P. 98–99.

6. Li B., Chaoxin X., Jinkun L. Propagation of a new species of Decaisnea // Chinese Wild Plant Resources. 2014. No. 33 (2). P. 69–71.

7. Solomonova E. V., Trusov N. A., Morozova M. Yu., Nozdrina T. D. Morphometric and weight characteristics of exotic edible fruit *Decaisnea fargesii* Franch. (Lardizabalaceae R. Br.), growing in the conditions of Moscow region // Environment and Human: Ecological Studies. 2020. No. 3. P. 249–264. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-249-264.

8. Chengke B. GC-MS Analysis of fatty acid composition in Decaisnea and Sanyemutong seed oil // Northwestern Journal of Botany. 2007. No. 27 (5). P. 1035–1038.

9. Jirui L., Xuejun L. Fatty acid composition and physicochemical properties of Decaisnea seed oil // China Oils and Fats. 2011. No. 36 (4). P. 78–79.

10. Ochmian I., Kubus M., Guan T. Description and assessment of chemical properties of fruits of the chocolate vine (five-leaf *Akebia*) *Akebia quinata* (Houtt.) Decne and dead man's fingers *Decaisnea insignis* (Griff.) Hokk. f. & Thomson, grown in Szczecin and in the Arboretum in Glinna (northwestern Poland) // Journal of Elementology. 2014. Vol. 19. No. 4. P.1073–1084. DOI: 10.5601/jelem.2014.19.2.442.

11. Zheng–Hai H., Lan–Xin T. Rubber plant Decaisnea melon // Plant Journal. 1980. No. 5 (1). P. 12–13.

12. Xiangyu S., Guitian G., Bo Y. Analysis of fatty acids and amino acids in the seeds of Sanyemutong and Decaisnea // Chinese Medicinal Materials. 2012. No. 35 (9). P. 1444–1447.

13. Tingting M., Chengrui T., Jinjin M., Juan Z., Yingnab Z., Pei Z., Xizi S. Study on the antioxidant activity of phenolic extracts from yellow ginseng stems and leaves. 2014. Vol. No. 2. P. 69–71.

14. Trees and shrubs of the USSR: wild, cultivated and promising for introduction // Ed. by S. Ya. Sokolova. Moscow-Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1954. Vol. 3. 872 p.

15. Tkachenko K. G., Firsov G. A., Volchanskaya A. V. Climate warming and changes in the reproductive capacity of woody plants // International Scientific Conference "Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East" (AFE-2021). Agricultural Innovation Systems, Volume 1. Cham: Springer, 2021. Vol. 353. P. 573–580. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_64.

16. Orlova N. D., Raeva-Bogoslovskaya E. N., Molkanova O. I. Clonal micropropagation improvement technique of *Lonicera Caerulea* L. promising cultivars // Forestry Bulletin. 2022. Vol. 26(3). P. 85–92. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-85-92.

17. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures // Physiologia plantarum. 1962. Vol. 15. No. 3. P. 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x.

18. Lloyd G., McCown B. Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot-tip culture // Combined Proceedings. International Plant Propagators Society. 1980. Vol. 30. P. 421–427.

19. Jingtian Y., Lijuan Z., Jing H., Qinggui W., Zhixian S. Tissue culture and rapid propagation of dwarf barbarum trees // Plant Physiology Letters. 2009. No. 8. P. 803–804.

20. Quoirin M., Lepoivre P. H. Improved media for *in vitro* culture of *Prunus* sp // ISHS Acta Horticulturae 78: Symposium on Tissue Culture for Horticultural Purposes. 1977. No. 78. P. 437–442. DOI: 10.17660/ActaHortic.1977.78.54.

21. Orlova N., Raeva-Bogoslovskaya E., Miroshnichenko A., Molkanova O. Some clonal micropropagation features of *Lonicera caerulea* L. cultivars *in vitro* // BIO Web of Conferences: International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies in Agriculture" (ITIA 2022). 2022. Vol. 47. Art. No. 04005. DOI: 10.1051/bioconf/20224704005.

22. Molkanova O. I., Krahmaleva I. L. *In vitro* conservation and propagation of the genus *Actinidia* Lindl. representatives // In book: Biological diversity. Plant introduction (Collection of scientific articles) / Responsible editor V.T. Yarmishko (Dr. Sc. (Biol.), Professor). Saint-Petersburg: Pervy IPH, 2021. P. 122–126. DOI: 10.24412/cl-36598-2021-1-122-126.

23. Molkanova O. I., Koroleva O. V., Krakhmaleva I. L. The concept of forming a collection of representatives of the genus *Syringa* L. in *in vitro* culture // Achievements of Science and Technology of AIC. 2020. Vol. 34(9). P. 30–34. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10906.

24. Raeva-Bogoslovskaya E. N., Molkanova O. I. Some features of clonal micropropagation of decorative cultivars of *Amelanchier* Medik. // Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens. 2020. No 135. P. 97–104. DOI: 10.36305/0513-1634-2020-135-97-104.

25. Butenko R. G. Biology of higher plant cells *in vitro* and biotechnology based on them. Moscow: FBK-PRESS, 1999. 160 p.

26. Molkanova O. I., Koroleva O. V., Stakheeva T. S., Krakhmaleva I. L., Meleshchuk E. A. Improvement of clonal micropropagation technology of valuable fruit and berry crops varieties for commercial conditions // Achievements of Science and Technology of AIC. 2018. Vol. 32. No. 9. P. 66–69. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10915.

27. Markova M. G., Somova E. N. Initiation of horticultural crop explants *in vitro* // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2022. No. 4. P. 71–81. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-4-71-81.

28. Semenova D. A., Krakhmaleva I. L., Mishanova E. V., Molkanova O. I., Mitrofanova I. V. Features of regeneration *in vitro* in promising *Actinidia arguta* cultivars // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2023. No. 1(32). P. 93–103. DOI: 10.5281/zenodo.7898485.

29. Novikova T. I., Zaytseva Y. G. TDZ–induced morphogenesis pathways in woody plant culture // In book: Thidiazuron: from urea derivative to plant growth regulator. Singapore: Springer, 2018. P. 61–94. DOI: 10.1007/978-981-10-8004-3_3.

30. Kucharska D., Orlikowska T., Maciorowski R., Kunka M., Wojcik D., Pluta S. Application of meta–Topolin for improving micropropagation of gooseberry (*Ribes grossularia*) // Scientia Horticulturae. 2020. Vol. 272. P. 109529. DOI: 10.9529.10.1016/j.scienta.2020.109529.

UDC 58.085

Orlova N. D., Molkanova O. I., Konovalova T. Yu., Yatsenko I. O.

PECULIARITIES OF REGENERATION OF *DECAISNEA FARGESII* FRANCH. IN *IN VITRO* CULTURE

Summary. *The gradual expansion of southern crops to the north is a result of the current climate warming trend. Decaisnea fargesii Franch. is a deciduous shrub with exotic edible fruits that contain a large number of biologically active substances, vitamins and trace elements. In addition to its applications in the food and pharmaceutical industries, D. fargesii is also suitable for use in landscaping due to its exotic appearance and ornamental flowering and fruiting. As D. fargesii is currently a sparsely distributed crop, there is an urgent need to develop an effective clonal micropropagation technology to obtain a large number of planting material. The aim of this research was to study the peculiarities of in vitro regeneration of D. fargesii and to select optimal conditions for the realization of its morphogenetic potential. The studies were carried out in 2021–2023 at the Plant Biotechnology Laboratory of the Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (MBG RAS). Apical and lateral buds of Dekenia from the collection of the Dendrology Department of MBG RAS were used as primary explants for the in vitro initiation of growth and development. The optimal sterilization scheme was selected to*

obtain up to 87 % of viable aseptic explants. As a result, the regeneration features of D. fargesii explants depending on growth regulators in the medium were revealed at the micropropagation stage. The use of Quoirin and Lepoivre (QL) medium with 6-benzylaminopurine (6-BAP) at a concentration of 2.5 mg/l was effective: it increased the regeneration ability of D. fargesii microshoots; multiplication factor, in this case, reached 10.8 ± 0.9. The addition of thidiazuron to QL medium caused morphological abnormalities in D. fargesii explants. The use of 6-BAP at a concentration of 0.5 mg/l or its combined use with meta-topolin (each at a concentration of 0.25 mg/l) was found to be optimal for in vitro culturing of D. fargesii (multiplication factor was 14.1 ± 1.0 and 12.1 ± 0.5, respectively).

Keywords: *Decaisnea fargesii Franch, clonal micropropagation, morphogenetic potential, growth regulators, multiplication factor.*

Орлова Наталия Дмитриевна, младший научный сотрудник лаборатории биотехнологии биотехнологии растений, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН»; 127276, Россия, г. Москва, Ботаническая ул., 4; e-mail: Irosvet96@mail.ru.

Молканова Ольга Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией биотехнологии растений, ведущий научный сотрудник лаборатории биотехнологии растений, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН»; 127276, Россия, г. Москва, Ботаническая ул., 4; e-mail: molkanova@mail.ru.

Коновалова Татьяна Юрьевна, научный сотрудник лаборатории биотехнологии растений, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН»; 127276, Россия, г. Москва, Ботаническая ул., 4; e-mail: konovtat@mail.ru.

Яценко Игорь Олегович, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории дендрологии, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН»; 127276, Россия, г. Москва, Ботаническая ул., 4; e-mail: i_o_yatzenko@mail.ru.

Orlova Natalia Dmitrievna, junior researcher of Plant Biotechnology Laboratory, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences; 4, Botanicheskaya str., Moscow, 127276, Russia; e-mail: Irosvet96@mail.ru.

Molkanova Olga Ivanovna, Cand. Sc. (Agr.), leading researcher, head of Plant Biotechnology Laboratory, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences; 4, Botanicheskaya str., Moscow, 127276, Russia; e-mail: molkanova@mail.ru.

Konovalova Tatiana Yurievna, researcher of Plant Biotechnology Laboratory, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences; 4, Botanicheskaya str., Moscow, 127276, Russia; e-mail: konovtat@mail.ru.

Yatsenko Igor Olegovich, Cand. Sc. (Biol.), researcher of Dendrology Laboratory, Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences; 4, Botanicheskaya str., Moscow, 127276, Russia; e-mail: i_o_yatzenko@mail.ru.

Работа выполнена в рамках Государственного задания ГБС РАН (№ 122042700002-6).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей и животных в качестве объектов исследований.

Дата поступления в редакцию – 26.12.2023.
Дата принятия к печати – 01.02.2024.