EDN LZRLLD
DOI 10.5281/zenodo.17588007
УДК 582.635.3:57.085.2

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

# УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОТОКОЛА КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *DECAISNEA FARGESII* FRANCH. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

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

***Реферат.*** *Decaisnea fargesii Franch. является ценной малораспространенной культурой, представляющей интерес для пищевых и фармацевтических отраслей, а также в озеленении. Актуальным является усовершенствование некоторых этапов культивирования in vitro D. fargesii для получения большого количества качественного посадочного материала. Цель исследований – изучение особенностей морфогенеза D. fargesii в культуре in vitro и подбор оптимальной минеральной основы питательной среды и условий для укоренения. Исследования проводили в лаборатории биотехнологии растений ГБС РАН в 2023–2025 гг. На этапе собственно микроразмножения определено влияние минерального состава питательной среды (Murashige and Skoog (MS, 1962), Quoirin and Lepoivre (QL, 1977), Driver and Kuniyuki (DKW, 1984), с добавлением 0,5 мг/л 6-бензиламинопурина (6-BAP)) на основные морфометрические показатели эксплантов D. fargesii. При культивировании на питательной среде QL микропобеги D. fargesii характеризовались наибольшими показателями коэффициента размножения (15,28 ± 0,08) и высоты (18,30 ± 0,73 мм). D. fargesii относится к длительно укореняемым культурам. При изучении особенностей ризогенеза установлено, что вне зависимости от типа и концентрации ауксинов, после двух недель культивирования корнеобразование составило 26 %, а через четыре недели укореняемость увеличилась в 2,3 раза (до 60 %). Выявлена эффективность применения индолилуксусной кислоты (IAA) в концентрации 1,0 мг/л (укореняемость – 66 %) и индолилмасляной кислоты (IBA) в концентрации 1,5 мг/л (67 %). Установлено влияние типа и концентрации хелата железа (Fe(III)-EDTA (73,4 мг/л и 146,8 мг/л), Fe(III)-EDDHA (93,5 мг/л и 187,9 мг/л)) на динамику укореняемости микропобегов D. fargesii. На питательной среде, содержащей хелаты железа Fe(III)-EDTA 73,4 мг/л (94 %) и Fe(III)-EDDHA 93,5 мг/л (100 %) укореняемость была в 1,2 раза выше, чем при применении двойной концентрации. Применение хелатной формы Fe(III)-EDDHA в концентрации 93,5 мг/л в составе питательной среды приводило к увеличению высоты микропобегов, числа и длины корней (9,34 ± 0,51 мм, 4,38 ± 0,27 шт. и 14,69 ± 0,46 мм соответственно).*

***Ключевые слова:*** *Decaisnea fargesii Franch, клональное микроразмножение, морфогенез, минеральная основа, коэффициент размножения, хелат железа.*

***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. 2025. № 4 (44). С. 147–158. EDN: LZRLLD. DOI: 10.5281/zenodo.17588007.*

***For citation:*** *Orlova N. D., Molkanova O. I., Konovalova T. Yu., Yatsenko I. O. Improved of the cultivation protocol of Decaisnea fargesii Franch. in vitro // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2025. No. 4 (44). P. 147–158. EDN: LZRLLD. DOI: 10.5281/zenodo.17588007.*

## Введение

*Decaisnea fargesii* Franch. относится к семейству Lardizabalaceae R. Br. Жизненная форма – листопадный кустарник (по классификации Крылова А.Г, 1983). Плоды *D. fargesii* характеризуются экзотическим внешним видом и ценными биологическими и фармакологическими свойствами [1]. Они также отличаются высоким содержанием белков (1,14 %) и аминокислот (треонин, валин, изолейцин, лейцин, фенилаланин и лизин (все более 18,0 мг/100 г), тирозин (52,9 мг/100 г) и др.), а также сахаров, пектинов, различных витаминов и минеральных веществ (Co, Mn, Ca, Mg, а также Zn, Fe и K) [2]. Особая ценность культуры обусловлена высоким содержанием каучука в перикарпии (до 10–12 % от массы сухого вещества), а также и ненасыщенных жирных кислот (пальмитолеиновой – 49,9 %, олеиновой – 27,5 %, линолевой – 10,1 %), фитостеринов и полифенолов в масле семян [3–5]. *D. fargesii* находит применение в пищевой промышленности, медицине и фармацевтике, а также представляет интерес для использования в озеленении, в том числе городских территорий. Декенея интродуцирована в южных регионах России, но некоторые исследования показали, что с укрытием корневой системы растения могут успешно зимовать, цвести и плодоносить даже в Московском регионе [6–8]. Тем не менее, в России *D. fargesii* является малораспространённой культурой, что связано не только со сложностями выращивания, но и с недостатком качественного посадочного материала.

Для быстрого массового размножения растений наиболее эффективными признаны биотехнологические методы. Данные по микроразмножению декенеи ограничены единичными работами, существенно отличающимися методологией исследований [9–11]. Исследования, проводимые на других представителях семейства Lardizabalaceae (*Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz. и *Stauntonia hexaphylla* Decne.), посвящены индукции каллусообразования и соматическому эмбриогенезу [12–16], в связи с чем возникает необходимость дальнейшего изучения особенностей культивирования *D. fargesii in vitro* с целью повышения эффективности размножения и получения высококачественного посадочного материала.

**Цель исследований** – изучение особенностей морфогенеза *D. fargesii* на этапе микроразмножения, а также подбор наиболее оптимальных условий для укоренения микропобегов.

## Материалы и методы исследований

Исследования проводили на основе общепринятых классических, а также разработанных в лаборатории биотехнологии растений Главного ботанического сада РАН методах работы с культурами изолированных тканей и органов растений в 2023–2025 гг. [17, 18]**.**

В качестве эксплантов использовали фрагменты микропобегов *D. fargesii*, содержащих два метамера из коллекции лаборатории биотехнологии.

На этапе собственно микроразмножения использовали питательные среды: Murashige and Skoog (MS) [19] (контроль), Quoirin and Lepoivre (QL) [20], Driver and Kuniyuki (DKW) [21] с добавлением 6-бензиламинопурина (6-BAP) (Sigma, США) в концентрации 0,5 мг/л.

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

На этапе укоренения использовали питательную среду ½ QL с добавлением индолилуксусной (IAA) и индолилмасляной (IBA) кислот в концентрациях 0,5; 1,0 и 1,5 мг/л. Контроль – питательная среда с добавлением IAA в концентрации 0,5 мг/л. После 14 и 28 суток культивирования проводили учет числа укоренившихся регенерантов и рассчитывали процент укореняемости, а также измеряли количество и длину корней.

Для установления оптимального источника железа на этапе ризогенеза была использована питательная среда ½ QL дополненная 0,5 мг/л IAA, с добавлением разных хелатных форм железа в двух концентрациях: Fe(III)-EDTA (Merck KGaA, Германия) 73,4 мг/л и 146,8 мг/л, Fe(III)-EDDHA (HiMedia Laboratories, Индия) 93,5 мг/л и 187,9 мг/л. Через 28 и 56 суток культивирования проводили учет морфометрических показателей. Условия культивирования эксплантов: освещение 3000–3500 лк, 16-часовой фотопериод и температура 23 ± 2 °C.

Опыты проводили в четырехкратной повторности, по 10 эксплантов в каждом варианте. Статистическую обработку полученных данных проводили с использованием пакета программ PAST 4.0, SPSS Statistics 23 и Microsoft Office Excel 2016. Достоверность различий между вариантами рассчитывали с использованием дисперсионного анализа (ANOVA) и множественного рангового критерия Дункана при $p < 0,05$. В таблицах представлены средние значения и их стандартные ошибки (±).

## Результаты и их обсуждение

Развитие растений в процессе клонального микроразмножения зависит от воздействия множества факторов (генетических характеристик, типа экспланта, состава питательных сред и физических условий культивирования), которые могут воздействовать как по отдельности, так и в комплексе друг с другом. Определение пути реализации морфогенеза *in vitro* влияет на последующую эффективность размножения растений [18, 22].

Для культивирования древесных растений наиболее часто применяют питательную среду с минеральной основой MS [23]. Yang J. и другие [9] отмечали положительный эффект применения MS или Woody Plant Medium (WPM**)** [24] при культивировании *D. fargesii*. Эффективность использования среды MS для микроразмножения и укоренения декенеи также отмечали Guo с соавторами [10] и Wei и другие [11].

В представленной работе на этапе клонального микроразмножения проводили сравнительное изучение влияния различных типов минеральных основ питательных сред на морфометрические показатели микропобегов *D. fargesii* (таблица 1).

**Таблица 1 – Морфометрические показатели микропобегов *D. fargesii* при применении разных типов минеральной основы питательной среды**

| Минеральная основа | Коэффициент размножения | Количество микропобегов, шт. | Высота микропобегов, мм |
|---|---|---|---|
| MS | 14,08 ± 0,14 b* | 2,42 ± 0,12 a | 15,18 ± 0,61 b |
| QL | 15,28 ± 0,08 a | 2,38 ± 0,04 a | 18,30 ± 0,73 a |
| DKW | 8,47 ± 0,12 c | 1,49 ± 0,08 b | 10,70 ± 0,14 c |

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

Эффективность микроразмножения определяется показателем коэффициента размножения, который, в свою очередь, сильно зависит от высоты и количества микропобегов. Наименьшее адвентивное побегообразование наблюдали на среде DKW (1,49 ± 0,08 шт.). В то время, как на питательных средах MS и QL у декенеи

формировалось значительно больше микропобегов (2,42 ± 0,12 шт. и 2,48 ± 0,04 шт. соответственно). Наибольшую высоту микропобегов наблюдали при культивировании эксплантов на питательной среде QL (18,30 ± 0,73 мм). Особо стоит отметить, что на питательной среде QL у эксплантов *D. fargesii* наблюдали активацию пазушных почек (41 %) и последующее развитие из них новых микропобегов. На других средах этот показатель варьировал от 0 до 15 %.

Максимальный коэффициент размножения был получен при использовании питательной среды QL и составил 15,28 ± 0,08, что существенно превысило значения данного показателя на контрольной среде (MS, 14,08 ± 0,14). Минимальные значения коэффициента размножения наблюдали на среде DKW (8,47 ± 0,12), что говорит о неэффективности использования данной минеральной основы для дальнейших исследований и культивирования *D. fargesii* в целом. Wei и другие [11] получили максимальный коэффициент размножения (14,49–19,32) на среде ½MS, однако, учитывая, что концентрация 6-BAP была в шесть раз выше (3,0 мг/л), результаты наших исследований доказывают эффективность применения среды QL для микроразмножения декенеи (рисунок 1).

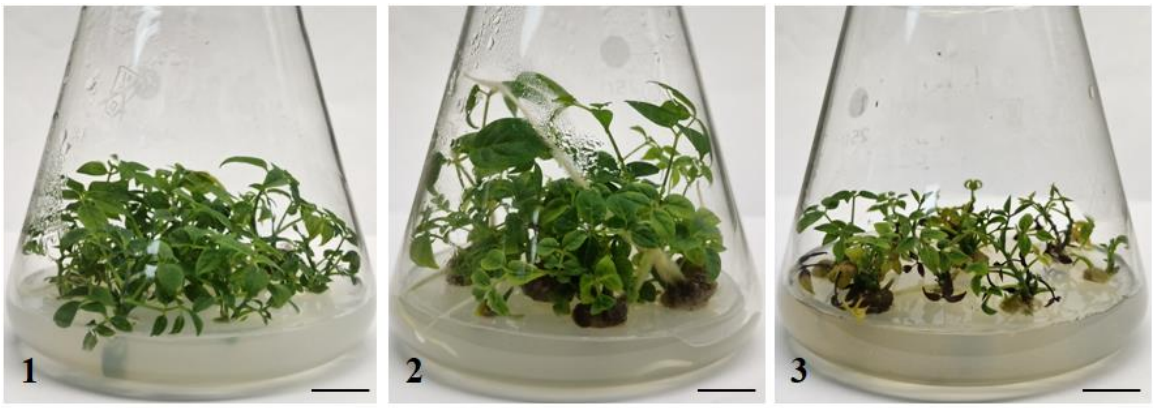



**Рисунок 1 – Влияние типа минеральной основы питательной среды на морфометрические показатели микропобегов *D. fargesii*: 1 – MS, 2 – QL, 3 – DKW (масштаб 1,0 см)**

Особое значение при культивировании растений в условиях *in vitro* имеет этап укоренения, в особенности для малораспространенных культур. Подбор оптимального типа ауксина и его концентрации позволяет значительно повысить укореняемость эксплантов, что благотворно влияет на последующую адаптацию растений-регенерантов. Для индукции ризогенеза древесных растений наиболее часто применяют IAA и IBA [25, 26]. В некоторых исследованиях для укоренения древесных культур, в том числе декенеи, помимо вышеперечисленных ауксинов используют NAA (1-нафтилуксусная кислота). Так, Wei и другие [11] рекомендуют добавлять в питательную среду 0,6 мг/л NAA. Ранее мы проводили модельный опыт по укоренению эксплантов *D. fargesii* на среде с добавлением 0,5 мг/л NAA. Использование данного ауксина способствовало образованию большого количества каллуса в основании эксплантов, что приводило к низкому проценту укореняемости. Вследствие чего, в данной работе рассматривали только влияние IAA и IBA в различной концентрации на образование корней у *D. fargesii*.

Изучение особенностей ризогенеза декенеи показало, что, вне зависимости от типа и концентрации ауксинов, после двух недель культивирования корнеобразование составило 26 %, а через четыре недели укореняемость увеличилась

в 2,3 раза (до 60 %). Следовательно, *D. fargesii* можно отнести к длительно укореняемым культурам.

Наибольший процент укореняемости на 28 сутки опыта отмечен на питательных средах с добавлением 1,0 мг/л IAA (66 %) и 1,5 мг/л IBA (67 %), по сравнению с контрольным вариантом опыта (0,5 мг/л IAA, 58 %) (рисунок 2). По количеству образовавшихся корней существенных различий у эксплантов на всех вариантах питательных сред обнаружено не было, показатель варьировал в пределах 1,4–2,0 шт. Наибольшая длина корней отмечена на питательной среде с добавлением 1,5 мг/л IAA (1,63 ± 0,10 см), минимальная – на 1,0 мг/л IBA (1,00 ± 0,01 см) (рис. 3). По этому показателю на других вариантах опыта статистических отличий не выявлено (1,2–1,5 см).

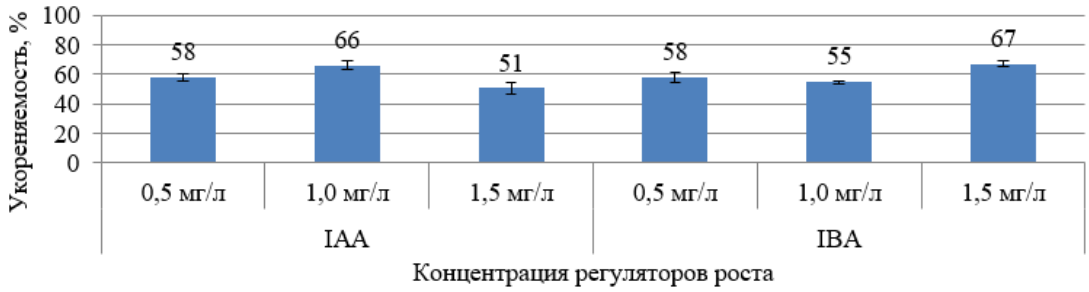



**Рисунок 2 – Влияние типа и концентрации регуляторов роста на укореняемость *D. fargesii* после 28 суток культивирования**

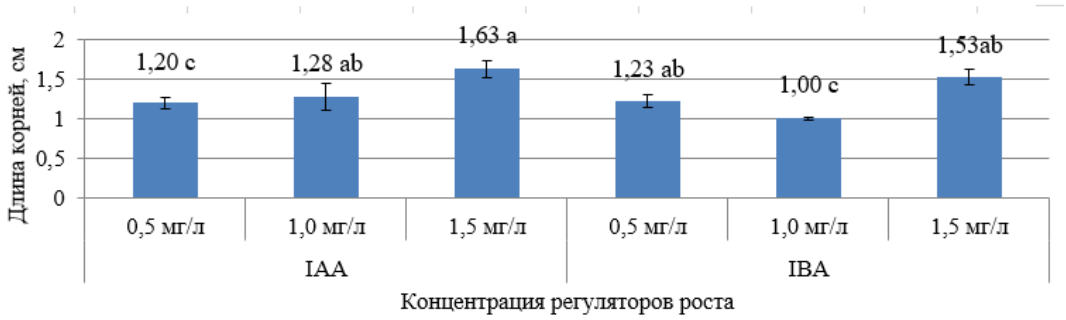



**Рисунок 3 – Влияние типа и концентрации регуляторов роста на длину корней *D. fargesii* после 28 суток культивирования**

Таким образом, по совокупности биометрических характеристик регенерантов установлена эффективность применения IAA в концентрации 1,0 мг/л, а также IBA (1,5 мг/л) для укоренения *D. fargesii in vitro*, что согласуется с исследованиями Wu L. L. [27] по клональному микроразмножению близкородственному декенеи таксону *Akebia trifoliate var. australis* (семейство Lardizabalaceae).

Особое внимание на этапе укоренения было уделено роли макроэлементов, входящих в состав питательной среды, в процессах регенерации и развития эксплантов. Одним из важнейших макроэлементов является железо, которое участвует в процессах фотосинтеза и дыхания, а также во множестве ферментативных реакций [28, 29]. Обычно в питательной среде в качестве источника железа применяют Fe(III)-EDTA, но могут использовать и другие хелаты железа, в том числе Fe(III)-EDDHA. Положительное влияние применения Fe(III)-EDDHA при культивировании *in vitro* наблюдали на многих древесных культурах (*Lonicera* L., *Actinidia* Lindl., *Syringa* L. и других). Это обусловлено более доступной для растений

формой, а также высокой биологической активностью, вследствие чего повышается усвояемость растениями и других химических элементов [30–35].

В ходе исследования выявлено достоверное влияние типа хелата железа в составе питательной среды на число корней (доля влияния составила 82 %) и высоту микропобегов (53 %) *D. fargesii* и концентрации хелата железа (59 %) на длину корней (рисунок 4). Также отмечено, что применение питательной среды с добавлением хелата железа Fe(III)-EDDHA в концентрации 93,5 мг/л оказывало положительное влияние на скорость корнеобразования *D. fargesii* (рисунок 5).

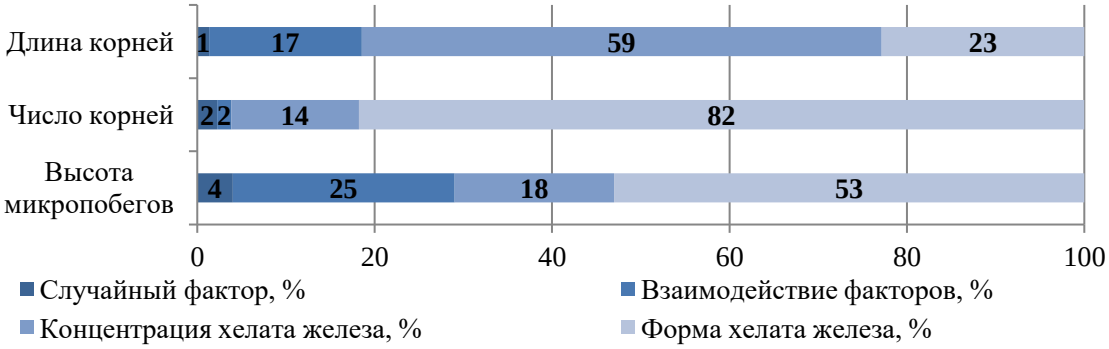
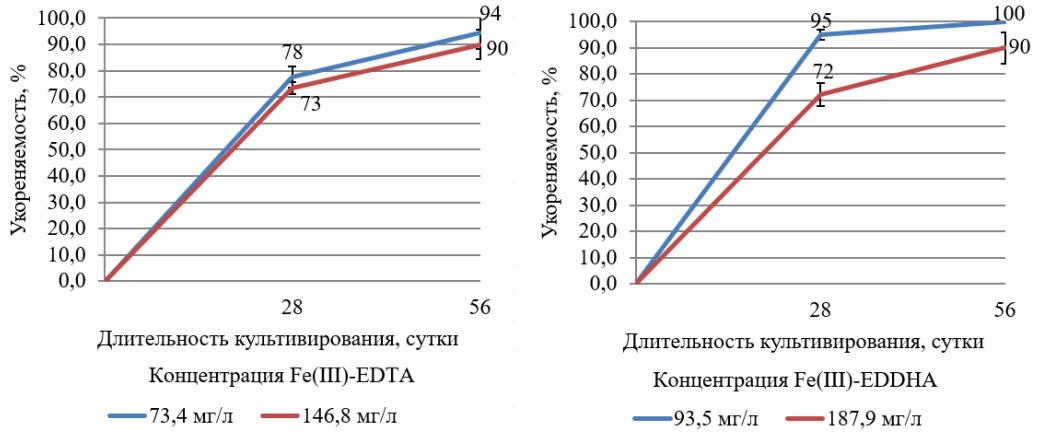



**Рисунок 4 – Доли влияния факторов на морфометрические характеристики микропобегов *D. fargesii* на 56 сутки культивирования**




**А** **Б**

**Рисунок 5 – Динамика укореняемости микропобегов *D. fargesii* в зависимости от формы и концентрации хелата железа (А – Fe(III)-EDTA; Б – Fe(III)-EDDHA)**

При анализе динамики корнеобразования установлено, что после 28 суток культивирования на питательной среде, содержащей 93,5 мг/л Fe(III)-EDDHA, укореняемость составила 95 %, а после 56 дней достигла 100 %. Этот показатель оказался на 10 % выше, чем у регенерантов, культивируемых на питательных средах с 187,9 мг/л Fe(III)-EDDHA и 146,8 мг/л Fe(III)-EDTA, и на 6 % выше, чем у регенерантов, культивируемых на питательной среде с 73,4 мг/л Fe(III)-EDTA. При применении стандартной концентрации хелатов железа, наблюдали более высокую (в 1,1 раза) динамику корнеобразования (в отличие от двойной).

Помимо динамики укоренения установили влияние Fe(III)-EDTA и Fe(III)-EDDHA в разных концентрациях на количественные характеристики эксплантов *D. fargesii* (таблица 2).

**Таблица 2 – Морфометрические показатели микропобегов *D. fargesii* при применении разных форм хелата железа на 56 сутки культивирования**

| Форма хелата железа | Концентрация, мг/л | Количество корней, шт | Длина корней, мм | Высота микропобегов, мм |
|---|---|---|---|---|
| Fe(III)-EDTA | 73,4 | 3,40 ± 0,21 b | 13,78 ± 0,43 a | 7,47 ± 0,62 bc |
| | 146,8 | 2,61 ± 0,21 d | 8,58 ± 0,52 c | 6,00 ± 0,55 c |
| Fe(III)-EDDHA | 93,5 | 4,38 ± 0,27 a | 14,69 ± 0,46 a | 9,34 ± 0,51 a |
| | 187,9 | 4,00 ± 0,37 ab | 12,20 ± 0,49 b | 8,58 ± 0,58 ab |

При культивировании *D. fargesii* на питательных средах с добавлением хелатных форм железа в двойной концентрации отмечено снижение морфометрических показателей микропобегов (в 1,4 раза с применением Fe(III)-EDTA и в 1,1 раз с Fe(III)-EDDHA).

Применение Fe(III)-EDDHA в концентрации 93,5 мг/л в составе питательной среды приводило к увеличению количества и длины корней и высоты микропобегов (4,38 ± 0,27 шт., 14,69 ± 0,46 мм и 9,34 ± 0,51 мм соответственно). При использовании двойной концентрации Fe(III)-EDDHA также отмечены высокие показатели по количеству корней и высоте микропобегов (4,00 ± 0,37 шт. и 8,58 ± 0,58 мм соответственно) (рисунок 6).

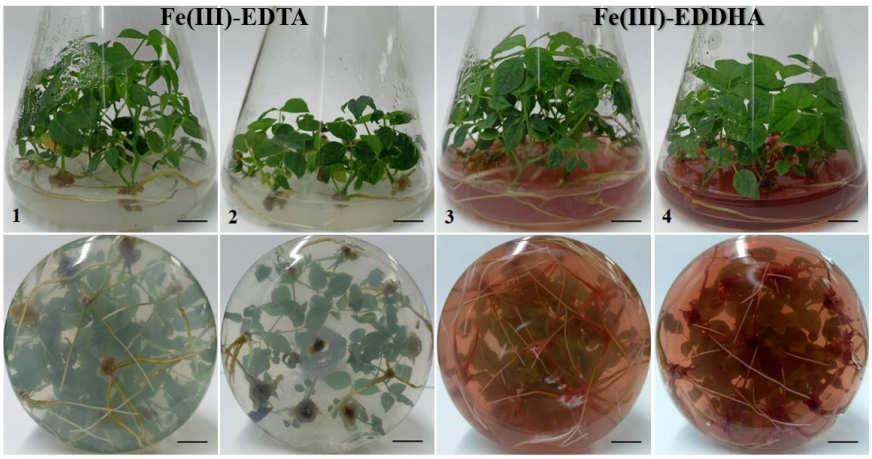



**Рисунок 6 – Влияние формы и концентрации хелата железа на укореняемость и развитие корневой системы у микропобегов *D. fargesii*: 1 – 73,4 мг/л Fe(III)-EDTA, 2 – 146,8 мг/л Fe(III)-EDTA, 3 – 93,5 мг/л Fe(III)-EDDHA, 4 – 187,9 мг/л Fe(III)-EDDHA, на 56 сутки культивирования (масштаб 1,0 см)**

Таким образом, оптимальным источником железа в составе питательной среды на этапе укоренения растений регенерантов *D. fargesii* является Fe(III)-EDDHA в концентрации 93,5 мг/л.

**Выводы**

В ходе исследования установлено, что уровень регенерационного потенциала микропобегов *D. fargesii* напрямую зависит от типа используемой минеральной основы питательной среды. Выявлена эффективность применения макросолей по прописи QL для культивирования *D. fargesii* в условиях *in vitro*; коэффициент

размножения составил 15,28 ± 0,08. Использование в составе питательной среды QL также способствовало активации пазушных почек у микропобегов, что является эффективным способом индукции побегообразования и увеличения коэффициента размножения у данной культуры.

На этапе укоренения рекомендовано применение ½ QL с 1,0 мг/л IAA и 1,5 мг/л IBA, процент укореняемости эксплантов на 28 сутки культивирования составил 66 и 67 % соответственно. Установлено, что *D. fargesii* относится к культурам с длительным периодом корнеобразования. Для увеличения процента укоренившихся микропобегов экспланты следует культивировать в течение 56 суток на питательной среде ½ QL с ауксином и Fe(III)-EDDHA в концентрации 93,5 мг/л (укореняемость 100 %).

Полученные данные могут быть использованы в дальнейших работах по созданию эффективной технологии микроразмножения *D. fargesii* и обеспечению производства качественного посадочного материала.

## Литература


1. Li B., Chaoxin X., Jinkun L. Propagation of a new species of *Decaisnea* // Chinese Wild Plant Resources. 2014. Vol. 33. No. 2. P. 69–71.
2. Wang Z., Cheng J., Zuo S., Zhao L., Shao H. Advance of chemical components of *Decaisne fargesii* and its functional application // Shaanxi Journal of Agricultural Sciences. 2018. Vol. 64. No. 3. P. 88–92.
3. 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. and 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.
4. Liu J., Liu X. Fatty acid composition and physiochemical properties of *Decaisnea fargesii* Franch seed oil // China Oils Fats. 2011. Vol. 36. P. 78–79.
5. Wang Q., Huang J., Shao H., Zhou Y., Xia K., Huang F., Zhang H., Yang X. Chemical profile, quality and antioxidant properties of palmitoleic acid rich oil from *Decaisnea insignis* seeds by different extraction techniques // Food Science and Technology Research. 2019. Vol. 25. Iss. 6. P. 755–763. DOI: 10.3136/fstr.25.755.
6. 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. Т. 10. № 3. С. 249–264. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-249-264.
7. Трусов Н. А., Морозова М. Ю., Яценко И. О., Михеева С. В., Соломонова Е. В. Ноздрина Т. Д. 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.
8. 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.
9. Yang J., Zou L., Jing H., Wu Q., Su Z. Tissue culture and rapid propagation of *Decaisnea fargesii* Franch // Plant Physiology Communications. 2009. Vol. 45. No. 8. P. 803–804.
10. Guo B. A preliminary study on tissue culture and rapid reproduction of *Decaisnea fargesii* // Shaanxi Journal of Agricultural Sciences. 2013. Vol. 59. No. 1. P. 69–70.
11. Wei W., Chen Y., Ye H., Yang L., Liang H. Callus induction and plant regeneration of *Decaisnea insignis* // Molecular Plant Breeding. 2017. No. 4. P. 1473–1477.
12. Zou S., Yao X., Zhong C., Li D., Wang Z., Huang H. Recurrent somatic embryogenesis and development of somatic embryos in *Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz (Lardizabalaceae) // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). 2019. Vol. 139. P. 493–504. DOI: 10.1007/s11240-019-01686-4.
13. Jla M. L., Fang H. F., Li T. J. Wen F., Han X. J., Jin H. G., Xu L. L., Liao L. Callus induction and differentiation of *Akebia trifoliate* (Thunb.) Koidz. // Journal of Agricultural Science and Technology. 2020. Vol. 22. No. 3. P. 181–187. DOI: 10.13304/j.nykjdb.2019.0123.
14. Huang P., Zang F., Li C., Lin F., Zang D., Li B., Zheng Y. The *Akebia* genus as a novel forest crop: a review of its genetic resources, nutritional components, biosynthesis, and biological studies // Frontiers in Plant Science. 2022. No. 13. Art. No. 936571. DOI: 10.3389/fpls.2022.936571.
15. Zhang Y., Cao Y., Wang Y., Cai X. Somatic embryogenesis induction and genetic stability assessment of plants regenerated from immature seeds of *Akebia trifoliate* (Thunb.) Koidz. // Forests. 2023. Vol. 14. Iss. 3. P. 473. DOI: 10.3390/f14030473.

16. Ikuta A. *Stauntonia hexaphylla*: *in vitro* culture and production of triterpenes // Medicinal and Aromatic Plants V (Part of the book series: Biotechnology in Agriculture and Forestry, Vol. 24) // Ed. by Bajaj Y. P. S. Berlin, Heidelberg: Springer, 1993. Vol 24. P. 352–360. DOI: 10.1007/978-3-642-58062-8_25.

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

18. 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. № 9. С. 66–69. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10915.

19. 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.

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. Driver J. A., Kuniyuki A. H. *In vitro* propagation of Paradox walnut rootstock // HortScience. 1984. Vol. 19. No. 4. P. 507–509. DOI: 10.21273/HORTSCI.19.4.507.

22. Mitrofanova I., Lesnikova-Sedoshenko N., Tsiupka V., Smykov A., Mitrofanova O. Use of biotechnological methods to support the production of new peach hybrids // Horticulturae. 2021. Vol. 7. No. 12. Art. No. 533. DOI: 10.3390/horticulturae7120533.

23. Ряго Н. В., Ташматова Л. В. Влияние состава питательных сред на приживаемость эксплантов смородины красной на этапе введения в культуру *in vitro* // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2022. Т. 9. №. 1. С. 90–96. DOI: 10.24411/25000454_2022_0117.

24. 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.

25. Коломиец Т. М., Маляровская В. И., Гвасалия М. В., Самарина Л. С., Соколов Р. Н. Микроразмножение *in vitro* субтропических, декоративных культур и эндемиков Западного Кавказа: оригинальные и оптимизированные протоколы // Сельскохозяйственная биология. 2014. №. 3. С. 49–58. DOI: 10.15389/agrobiology.2014.3.49rus.

26. Григорьева Е. В., Привалов А. А., Папихин Р. В., Шамрина И. А. Клональное микроразмножение яблони // Наука и Образование. 2022. Т. 5. №. 1. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/4401/4434 (дата обращения 25.05.2025).

27. Wu L. L., Ke B. F., Gong C., Ma Y., Lei X. L., Li J. A. Tissue culture and rapid propagation of *Akebia trifoliate var. australis* // Chinese Journal of Plant Physiology. 2015. Vol. 51. No. 06. P. 903–908. DOI: 10.13592/j.cnki.ppj.2015.0267.

28. Иванищев В. В. Роль железа в биохимии растений // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2019. № 3. С. 149–159.

29. Pasternak T. P., Steinmacher D. Plant growth regulation in cell and tissue culture *in vitro* // Plants. 2024. Vol. 13. No. 2. Art. No. 327. DOI: 10.3390/plants13020327.

30. Zhang Y., Hu C. X., Tan Q. L., Zheng C. S., Gui H. P., Zeng W. N., Sun X. C., Zhao X. H. Plant nutrition status, yield and quality of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) under soil application of Fe-EDDHA and combination with zinc and manganese in calcareous soil // Scientia Horticulturae. 2014. Vol. 174. P. 46–53. DOI: 10.1016/j.scienta.2014.05.005.

31. 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.

32. Молканова О. И., Крахмалева И. Л. Сохранение и размножение представителей рода *Actinidia* Lindl. в культуре *in vitro* // В кн.: Биологическое разнообразие. Интродукция растений (сборник научный статей) / Отв. редактор д-р биол. наук, проф. В.Т. Ярмишко. СПб.: Изд-во Первый ИПХ, С. 122–126. DOI: 10.24412/cl-36598-2021-1-122-126.

33. 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.

34. Glinushkin A., Akimova S., Nikulina E., Tsirulnikova N., Kirkach V., Kalinitchenko V., Radzhabov A., Radkevich E., Marchenko L., Solovyov A., Zubkov A., Panova M., Konstantinovich A., Indolov V. Preliminary study: micropropagation using five types of chelated iron and the subsequent acclimation of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea var. kamtschatica* Sevast.) // Forests. 2023. Vol. 14. No. 4. Art. No. 821. DOI: 10.3390/f14040821.

35. Krakhmaleva I. L., Molkanova O. I., Orlova N. D., Koroleva O. V., Mitrofanova I. V. *In vitro* morpho-anatomical and regeneration features of cultivars of *Actinidia kolomikta* (Maxim.) Maxim. // Horticulturae. 2024. No. 10. Art. No. 1335. DOI: 10.3390/horticulturae10121335.

## References


1. Li B., Chaoxin X., Jinkun L. Propagation of a new species of *Decaisnea* // Chinese Wild Plant Resources. 2014. Vol. 33. No. 2. P. 69–71.
2. Wang Z., Cheng J., Zuo S., Zhao L., Shao H. Advance of chemical components of *Decaisne fargesii* and its functional application // Shaanxi Journal of Agricultural Sciences. 2018. Vol. 64. No. 3. P. 88–92.
3. 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. and 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.
4. Liu J., Liu X. Fatty acid composition and physiochemical properties of *Decaisnea fargesii* Franch seed oil // China Oils Fats. 2011. Vol. 36. P. 78–79.
5. Wang Q., Huang J., Shao H., Zhou Y., Xia K., Huang F., Zhang H., Yang X. Chemical profile, quality and antioxidant properties of palmitoleic acid rich oil from *Decaisnea insignis* seeds by different extraction techniques // Food Science and Technology Research. 2019. Vol. 25. Issue 6. P. 755–763. DOI: 10.3136/fstr.25.755.
6. 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. Vol. 10. No. 3. P. 249–264. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-3-249-264.
7. 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.
8. Firsov G. A. First flowering of *Decaisnea fargesii* Franch. (Lardizabalaceae) at Peter the Great Botanical 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.
9. Yang J., Zou L., Jing H., Wu Q., Su Z. Tissue culture and rapid propagation of *Decaisnea fargesii* Franch // Plant Physiology Communications. 2009. Vol. 45. No. 8. P. 803–804.
10. Guo B. A preliminary study on tissue culture and rapid reproduction of *Decaisnea fargesii* // Shaanxi Journal of Agricultural Sciences. 2013. Vol. 59. No. 1. P. 69–70.
11. Wei W., Chen Y., Ye H., Yang L., Liang H. Callus induction and plant regeneration of *Decaisnea insignis* // Molecular Plant Breeding. 2017. No. 4. P. 1473–1477.
12. Zou S., Yao X., Zhong C., Li D., Wang Z., Huang H. Recurrent somatic embryogenesis and development of somatic embryos in *Akebia trifoliata* (Thunb.) Koidz (Lardizabalaceae) // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). 2019. Vol. 139. P. 493–504. DOI: 10.1007/s11240-019-01686-4.
13. Jla M. L., Fang H. F., Li T. J. Wen F., Han X. J., Jin H. G., Xu L. L., Liao L. Callus induction and differentiation of *Akebia trifoliate* (Thunb.) Koidz. // Journal of Agricultural Science and Technology. 2020. Vol. 22. No. 3. P. 181–187. DOI: 10.13304/j.nykjdb.2019.0123.
14. Huang P., Zang F., Li C., Lin F., Zang D., Li B., Zheng Y. The *Akebia* genus as a novel forest crop: a review of its genetic resources, nutritional components, biosynthesis, and biological studies // Frontiers in Plant Science. 2022. No. 13. Art. No. 936571. DOI: 10.3389/fpls.2022.936571.
15. Zhang Y., Cao Y., Wang Y., Cai X. Somatic embryogenesis induction and genetic stability assessment of plants regenerated from immature seeds of *Akebia trifoliate* (Thunb.) Koidz. // Forests. 2023. Vol. 14. Iss. 3. P. 473. DOI: 10.3390/f14030473.
16. Ikuta A. *Stauntonia hexaphylla*: *in vitro* culture and production of triterpenes // In book: Medicinal and Aromatic Plants V (Part of the book series: Biotechnology in Agriculture and Forestry, Vol. 24) // Ed. by Bajaj Y. P. S. Berlin, Heidelberg: Springer, 1993. P. 352–360. DOI: 10.1007/978-3-642-58062-8_25.
17. Butenko R. G. Biology of higher plant cells *in vitro* and biotechnology based on them. Moscow: FBK-PRESS, 1999. 160 p.
18. 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 // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2018. Vol. 32. No. 9. P. 66–69. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10915.
19. 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.
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. Driver J. A., Kuniyuki A. H. *In vitro* propagation of Paradox walnut rootstock // HortScience. 1984. Vol. 19. No. 4. P. 507–509. DOI: 10.21273/HORTSCI.19.4.507.
22. Mitrofanova I., Lesnikova-Sedoshenko N., Tsiupka V., Smykov A., Mitrofanova O. Use of biotechnological methods to support the production of new peach hybrids // Horticulturae. 2021. Vol. 7. No. 12. Art. No. 533. DOI: 10.3390/horticulturae7120533.

23. Ryago N. V., Tashmatova L. V. The influence of the composition of nutrient medium on the survival rate of red currant explants at the stage of introduction into the culture *in vitro* // Selektsiya i sortorazvedenie sadovykh kultur. 2022. Vol. 9. No. 1. P. 90–96. DOI: 10.24411/25000454_2022_0117.

24. 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.

25. Kolomiets T. M., Malyarovskaya V. I., Gvasaliya M. V., Samarina L. S., Sokolov R. N. Propagation *in vitro* of subtropical, ornamental crops and endemic species of Western Caucasus: developed and improved protocols // Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2014. No. 3. P. 49–58. DOI: 10.15389/agrobiology.2014.3.49eng.

26. Grigoreva E. V., Privalov A. A., Papikhin R. V., Shamrina I. A. Apple clonal micropropagation // Science and Education. 2022. Vol. 5. No. 1. [Electronic resource]. Access point: https://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/4401/4434 (reference's date 25.05.2025).

27. Wu L. L., Ke B. F., Gong C., Ma Y., Lei X. L., Li J. A. Tissue culture and rapid propagation of *Akebia trifoliate var. australis* // Chinese Journal of Plant Physiology. 2015. Vol. 51. No. 06. P. 903–908. DOI: 10.13592/j.cnki.ppj.2015.0267.

28. Ivanishchev V. V. Role of iron in plant biochemistry // Izvestiya Tulskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki. 2019. No. 3. P. 149–159.

29. Pasternak T. P., Steinmacher D. Plant growth regulation in cell and tissue culture *in vitro* // Plants. 2024. Vol. 13. No. 2. Art. No. 327. DOI: 10.3390/plants13020327.

30. Zhang Y., Hu C. X., Tan Q. L., Zheng C. S., Gui H. P., Zeng W. N., Sun X. C., Zhao X. H. Plant nutrition status, yield and quality of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) under soil application of Fe-EDDHA and combination with zinc and manganese in calcareous soil // Scientia Horticulturae. 2014. Vol. 174. P. 46–53. DOI: 10.1016/j.scienta.2014.05.005.

31. 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 // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. 2020. Vol. 34. No. 9. P. 30–34. DOI: 10.24411/0235-2451-2020-10906.

32. Molkanova O. I., Krakhmaleva I. L. *In vitro* conservation and propagation of the genus *Actinidia* Lindl. Representatives // In book: Biological diversity. Plant introduction (Collection of scientific articles). St. Petersburg: Pernyy IPKh, 2021. P. 122–126. DOI: 10.24412/cl-36598-2021-1-122-126.

33. Orlova N. D., Raeva-Bogoslovskaya E. N., Molkanova O. I. Clonal micropropagation improvement technique of *Lonicera caerulea* L. promising cultivars // Lesnoy vestnik / Forestry Bulletin. 2022. Vol. 26. No. 3. P. 85–92. DOI: 10.18698/2542-1468-2022-3-85-92.

34. Glinushkin A., Akimova S., Nikulina E., Tsirulnikova N., Kirkach V., Kalinitchenko V., Radzhabov A., Radkevich E., Marchenko L., Solovyov A., Zubkov A., Panova M., Konstantinovich A., Indolov V. Preliminary study: micropropagation using five types of chelated iron and the subsequent acclimation of blue honeysuckle *(Lonicera caerulea var. kamtschatica* Sevast.) // Forests. 2023. Vol. 14. No. 4. Art. No. 821. DOI: 10.3390/f14040821.

35. Krakhmaleva I. L., Molkanova O. I., Orlova N. D., Koroleva O. V., Mitrofanova I. V. *In vitro* morpho-anatomical and regeneration features of cultivars of *Actinidia kolomikta* (Maxim.) Maxim // Horticulturae. 2024. No. 10. Art. No. 1335. DOI: 10.3390/horticulturae10121335.

UDC 582.635.3:57.085.2

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

## IMPROVED OF THE CULTIVATION PROTOCOL OF *DECAISNEA FARGESII* FRANCH. *IN VITRO*

***Summary.*** *Decaisnea fargesii Franch. is a sparsely distributed crop of significant value in the food and pharmaceutical industries, as well as in landscaping. Improving certain micropropagation stages of D. fargesii is crucial for obtaining a large quantity of high-quality planting material. This study was focused on the morphogenesis of D. fargesii in vitro and to selection of the optimal medium mineral base and root formation conditions. The research was carried out at the Plant Biotechnology Laboratory – structural unit of the Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences (MBG RAS) in 2023-2025. At the micropropagation stage, the effect of the mineral composition of the media (Murashige and Skoog (MS, 1962), Quoirin and Lepoivre (QL, 1977), and Driver and Kuniyuki (DKW, 1984) supplemented with 0.5 mg/L of 6-benzylaminopurine (6-BAP)) on the main morphometric parameters of D. fargesii explants was determined. When cultured on QL medium, D. fargesii explants demonstrated both the highest multiplication rate*

*(15.28 ± 0.08) and the microshoot height (18.30 ± 0.73 mm). D. fargesii is a plant that takes a long time to root. Study of rhizogenesis revealed a 26 % rooting rate after two weeks of subculture and a 2.3-fold increase in this indicator (up to 60 %) after four weeks, regardless of the type and concentration of auxins used. The efficacy of indolyl acetic acid (IAA) at a concentration of 1.0 mg/L (rooting rate – 66%) and indolyl butyric acid (IBA) at a concentration of 1.5 mg/L (rooting rate – 67%) was revealed. The effect of type and concentration of iron chelate (Fe(III)-EDTA (73.4 mg/L and 146.8 mg/L), Fe(III)-EDDHA (93.5 mg/L and 187.9 mg/L)) on the dynamics of D. fargesii rooting rate was also established. The rooting rate exhibited a 1.2-fold increase in the medium containing 73 mg/L Fe(III)-EDTA (94 %) or 93.5 mg/L Fe(III)-EDDHA (100 %) compared to media with doubled concentrations of iron chelate. Supplementation medium with 93.5 mg/L Fe(III)-EDDHA resulted in an increase in the microshoot height, as well as the number and the length of roots (9.34 ± 0.51 mm, 4.38 ± 0.27 roots per explant, and 14.69 ± 0.46 mm, respectively).*

***Keywords**: Decaisnea fargesii Franch, clonal micropropagation, morphogenesis, mineral composition of culture medium, multiplication rate, iron chelate.*

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 «Биоразнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы сохранения и изучения» (№ 122042700002-6).***

***Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.***

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

*Дата поступления в редакцию – 05.08.2025.*
*Дата принятия к печати – 20.08.2025.*