ISSN 1817-7204(Print)
ISSN 1817-7239(Online)

ЗЕМЛЯРОБСТВА І РАСЛІНАВОДСТВА

AGRICULTURE AND PLANT CULTIVATION

УДК [634.74:582.971.1]:631.535:631.529
https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-3-298-310

Поступила в редакцию 20.02.2020
Received 20.02.2020

Е. В. Колбанова

*Институт плодоводства, Национальная академия наук Беларуси,
аг. Самохваловичи, Минский район, Беларусь*

ОДНОВРЕМЕННОЕ ПРЯМОЕ УКОРЕНЕНИЕ *EX VITRO* И АДАПТАЦИЯ МИКРОПОБЕГОВ ЖИМОЛОСТИ СИНЕЙ (*LONICERA CAERULEA* L. VAR. *KAMTSCHATICA*)

Аннотация: Прямое укоренение растений-регенерантов в условиях *ex vitro* имеет большое значение в сельскохозяйственной биотехнологии, так как ведет к ускорению процесса микроразмножения за счет исключения этапа укоренения *in vitro* и сокращению затрат на получение оздоровленного посадочного материала плодовых и ягодных культур. Установлена возможность применения прямого укоренения *ex vitro* и адаптации микропобегов жимолости синей в одной стадии без стадии укоренения *in vitro.* Для укоренения *ex vitro* и адаптации микропобегов жимолости необходимо использовать нестерильный субстрат – мох *Sphagnum* L. с поверхностным слоем (0,5 см) торфа. Выход укорененных микропобегов на этом субстрате составляет 72–84 % в летне-осенний период и не менее 60 % в зимний период. Термическая обработка поверхностного слоя торфа и использование водных растворов ИМК на стадии укоренения *ex vitro* экономически будут оправданы при размножении отдельных сортов, характеризующихся низкой пролиферационной активностью в культуре *in vitro* или низкой ризогенной активностью *ex vitro*, а также селекционных новинок, требующих быстрого размножения и получения большого количества посадочного материал. Термическая обработка поверхностного слоя торфа позволяет увеличить выход укоренившихся микропобегов сорта Волхова на 10,7 %, сорта Крупноплодная – на 13,2 %, сорта Павловская – на 3,8 % при укоренении в весенний период. Применение водных растворов ИМК увеличивает выход укорененных растений на 6,2–6,7 % у сортов Восторг и Крупноплодная при укоренении в летний период. Проведение одного черенкования укоренившихся *ex vitro* микропобегов и в последующем черенкование их черенков можно использовать для увеличения выхода товарной продукции сортов жимолости синей. Одновременное прямое укоренение *ex vitro* и адаптация микропобегов жимолости синей с последующим черенкованием *ex vitro* повышает рентабельность производства в 3,5 и 12,9 раза по сравнению с классическим способом клонального микроразмножения жимолости синей.

Ключевые слова: жимолость синяя, микропобеги, питательная среда, укоренение *ex vitro,* адаптация, черенкование *ex vitro*, торф, агроперлит, *Sphagnum* L, ИМК, рентабельность

Для цитирования: Колбанова, Е. В. Одновременное прямое укоренение *ex vitro* и адаптация микропобегов жимолости синей (*Lonicera caerulea* L. var. *kamtschatica*) / Е. В. Колбанова // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. аграр. навук. – 2020. – Т. 58, № 3. – С. 298–310. https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-3-298-310

Elena V. Kolbanova

*Institute for Fruit Growing, the National Academy of Sciences of Belarus,
Samokhvalovichy, Minsk Region, Belsrus*

SIMULTANEOUS DIRECT *EX VITRO* ROOTING AND ADAPTATION OF THE BLUE HONEYSUCKLE MICRO-SPROUTS (*LONICERA CAERULEA* L. VAR. *KAMTSCHATICA*)

Abstract: Direct rooting of regenerative plants under *ex vitro* conditions is of great importance in agricultural biotechnology, as it leads to acceleration of micropropagation process by eliminating the stage of *in vitro* rooting and reduces the costs for obtaining healthy planting material of fruit and small-fruit crops. Possibility of direct *ex vitro* rooting and adaptation

© Колбанова Е. В., 2020

of blue honeysuckle microshoots at one stage with no stage of *in vitro* rooting has been determined. For *ex vitro* rooting and adaptation of honeysuckle microshoots, it is required to use non-sterile substrate: *Sphagnum* L. moss with a surface layer of peat (0.5 cm). The rate of rooted microshoots on this substrate makes 72-84 % during summer-autumn period and not less than 60 % during winter period. Thermal treatment of the peat surface layer and the use of aqueous IBA solutions at *ex vitro* rooting stage will be economically justified during propagation of individual varieties characterized by low proliferation activity in *in vitro* culture or low *ex vitro* rhizogenic activity, as well as breeding novelties requiring rapid propagation and obtaining of large amount of planting material. Thermal treatment of the peat surface layer allows increasing the rate of rooted microshoots of Volkhov variety by 10.7 %, Krupnoplodnaya variety by 13.2 %, Pavlovskaya variety by 3.8 % when rooting during spring period. Use of aqueous solutions of IBA increases the rate of rooted plants by 6.2-6.7 % in Vostorg and Krupnoplodnaya varieties when rooting during summer period. Carrying out of one cutting of *ex vitro* rooted microshoots and further cuttings of obtained material can be used to increase the yield of planting material of blue honeysuckle varieties. *Ex vitro* rooting and adaptation of blue honeysuckle microshoots at one stage with further *ex vitro* cutting increases production profitability by 3.5 and 12.9 times in comparison with conventional method of clonal micropropagation of blue honeysuckle.

Keywords: blue honeysuckle, microshoots, nutrient media, *ex vitro* rooting, adaptation, *ex vitro* cutting, peat, agroperlite, *Sphagnum* L., IBA, profitability

For citation: Kolbanova E. V. Simultaneous direct *ex vitro* rooting and adaptation of the blue honeysuckle micro-sprouts (*Lonicera Caerulea* L. var. *Kamtschatica*). *Vestsi Natsyyanal'nay akademii navuk Belarusi. Seryya agrarnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian series,* 2020, vol. 58, no 3, pp. 298–310 (in Russian). https://doi.org/10.29235/1817-7204-2020-58-3-298-310

Введение. Адаптация *ex vitro* – это заключительный этап процесса размножения растений в культуре *in vitro*, для которого обычно используют микропобеги, предварительно укорененные в условиях *in vitro*. Для ризогенеза *in vitro* микропобегов жимолости синей успешно используются среды: Мурасиге и Скуга (MS), содержащие 1/3 макро- и микросолей [1] или 1/2 макро- и микросолей [2, 3], полная MS [3, 4], Woody Plant Medium (WPM) [5], Андерсона [4], Гамборга B5 [6]. Индукторами ризогенеза могут служить ИМК, ИУК и НУК как по отдельности, так и в сочетании друг с другом [1–8].

Для укоренения микропобегов *Lonicera japonica* Thunb. используют питательную среду WPM с добавлением ИУК и ИМК в различных концентрациях [9]. Микропобеги *Lonicera tatarica* укоренялись на среде WPM, содержащей 1/2 макро- и микросолей и ИМК в концентрации 0,4 мг/л [10].

Этап адаптации к нестерильным условиям предварительно укорененных *in vitro* растений жимолости синей успешно проходит на торфяном субстрате [6]. По данным E. Dziedzic [5], использование торфа в сочетании с AgroAquaGel (4 г/л) позволяет получать растения жимолости синей лучшего качества, чем при использовании чистого торфа. По данным В. Н. Сорокопудова с соавт. [2], высадку укорененных *in vitro* микрорастений жимолости синей можно осуществлять в стерильный субстрат, состоящий из смеси торфа с перлитом или песком, в соотношении (3–4) : 1, 100%-ную приживаемость позволяла достичь предпосадочная обработка в течение 12–16 ч микрорастений в растворе борной кислоты ($(1{,}5 \times 10^{-4})$–$(1{,}5 \times 10^{-3})$ М). По данным С. С. Макарова, Е. А. Калашникова [4], предварительно укорененные микропобеги жимолости синей сорта Морена успешно адаптировались (70 %) при использовании в качестве субстрата кокосовой стружки, в то время как при использовании торфа положительных результатов не наблюдали вообще. В ходе наших исследований установлено, что адаптация укорененных *in vitro* растений-регенерантов жимолости синей сортов Волхова, Крупноплодная, Голубое веретено, Павловская успешно протекает на стерильном торфяном субстрате (100 %), агроперлите (95,58 %) и на ионообменном субстрате БИОНА-311 (97,48 %) [11].

Однако по литературным данным, ризогенез у многих видов растений может успешно протекать в условиях *ex vitro*, например, у растений-регенерантов р. *Vaccinium* L. [12–19]. Эффективность прямого укоренения *ex vitro* микропобегов голубики при использовании в качестве субстрата мха сфагнума, пропитанного водой, составила 80–100 % [14]. S. Mihaljević, B. Salopek-Sondi [15] для укоренения *ex vitro* микропобегов голубики высокорослой сорта Jersey, полученных на питательной среде WPM с 5 мг/л 2iP, использовали стерильный субстрат из торфа и вермикулита (2 : 1). Для укоренения *ex vitro* растений-регенерантов голубики полувысокой сорта Northblue (100 %) рекомендуют использовать мох сфагнум со слоем верхового торфа без предварительной обработки ИМК [16]. Лучшими субстратами для ризогенеза *ex vitro* клюквы сортов Stevens и Ben Lear является мох сфагнум со слоем верхового торфа, для клюквы сорта

McFarlin – мох сфагнум со слоем перлита или со слоем верхового торфа [17]. Микропобеги брусники сортов Regal, Splendor и Erntedank хорошо укоренялись *ex vitro* на субстрате из торфа и перлита (2 : 1) с предварительной обработкой ИМК [18]. Прямое укоренение *ex vitro* в «плавающем» перлите было успешным для ежевики (сорт Chester), малины (сорта Erntesegen, Willamette), Тайберри (*Rubus fruticosus*×*R. idaeus*), клюквы (сорт Pilgrim), голубики высокорослой (сорта Duke, Elliot, Hannah's Coice) и ирги канадской (сорт Rainbow Pillar) [20], а также для жимолости сорта Atut [21]. По данным Л. В. Ярмоленко с соавт. [22], укореняемость микрорастений малины в условиях *ex vitro* зависит как от генотипа, так и от обработки базальной части побегов ИМК (концентрации и экспозиции). Хорошие результаты получены при укоренении *ex vitro* в смеси торфа и песка растений-регенерантов рода *Rhododendron* L. с предварительной 4-часовой импульсной обработкой 148 мкМ раствором ИМК (сорт Helsinki University – 100 %, R. mucronulatum – 89 %, R. sichotense – 84 % и R. schlippenbachii - 60 %) [23]. Прямое укоренение *ex vitro* было успешным для микропобегов черешни сорта Kristiina [24], земляники садовой сортов Senga Sengana, Kent and Kama [25], ежевики сортов Agavam, Loch Ness, Thornless evergreen [26–29].

Цель настоящей работы – изучение возможности прямого укоренения *ex vitro* и адаптации микропобегов жимолости синей в одной стадии без стадии укоренения *in vitro*.

Материалы и методы исследования. Исследования проводили на базе отдела биотехнологии Института плодоводства Национальной академии наук Беларуси в 2017–2019 гг. Объекты исследований: сорта жимолости Крупноплодная, Павловская, Волхова, Сильгинка, Восторг, Аврора.

Одновременное прямое укоренение ex vitro и адаптация. Для одновременного прямого укоренения *ex vitro* и адаптации использовали микропобеги, культивируемые в пробирках (размер 220×22 мм) на стадии микроразмножения на среде MS [30] с добавлением 6-БА в концентрациях 1,5–2,0 мг/л. Для укоренения *ex vitro* и адаптации микропобегов использовали мини-парники 450×200×70 мм (расстояние между рядами – 15–20 мм, в ряду – 15–17 мм), мох *Sphagnum* L., торф «Двина», агроперлит. Мох *Sphagnum* L. после сбора был высушен и хранился в высушенном виде. Перед использованием мох пропитывали водой. По данным производителя, торфяной питательный грунт «Двина» представляет собой верховой торф, насыщенный следующими элементами: азот (N) – 170–270, фосфор (P_2O_5) – 110–190, калий (K_2O) – 200–340 мг/100 г, pH_{KCl} 5,5–6,5.

Для прямого укоренения микропобегов *ex vitro* изучали два вида субстрата (время укоренения: середина декабря – середина февраля):

1) торфяной субстрат (стерильный) – смесь торфа «Двина» и агроперлита в соотношении 1 : 1;
2) мох *Sphagnum* L. с поверхностным слоем (0,5 см) торфа «Двина» (субстрат нестерильный).

При прямом укоренении микропобегов *ex vitro* изучали влияние термической обработки отдельных компонентов субстрата мох *Sphagnum L.* с поверхностным слоем (0,5 см) торфа «Двина» (время укоренения: середина марта – середина мая) в следующих вариантах:

1) мох *Sphagnum* L. (нестерильный) со слоем торфа (нестерильный);
2) мох *Sphagnum* L. (нестерильный) со слоем торфа (стерильный);
3) мох *Sphagnum* L. (стерильный) со слоем торфа (стерильный).

Стерильность субстрата или его отдельных компонентов достигалась путем их прокаливания в сухожаровом шкафу при температуре 160 °С в течение 2,5 ч.

Влияние экзогенной ИМК на прямое укоренение микропобегов *ex vitro* изучали при использовании нестерильного субстрата мох *Sphagnum L.* с поверхностным слоем (0,5 см) торфа «Двина» (время укоренения: июнь – июль) в следующих вариантах (экспозиция ИМК 10 с): 1) вода (контроль); 2) 25 мг/л ИМК водный раствор; 3) 25 мг/л ИМК в 50%-ном этаноле; 4) 100 мг/л ИМК водный раствор; 5) 2,5 г/л ИМК в 50%-ном этаноле; 6) 2,5 г/л ИМК в 96%-ном этаноле.

Влияние сроков посадки на прямое укоренение *ex vitro* изучали в следующие периоды: декабрь – февраль, март – май, июнь – июль, июль – август, август – сентябрь, сентябрь – ноябрь. Использовали нестерильный субстрата мох *Sphagnum L.* с поверхностным слоем (0,5 см) торфа «Двина».

Длительность периода укоренения *ex vitro* – 8 недель. Результативность прямого укоренения *ex vitro* оценивали по следующим показателям: 1) доля укоренившихся *ex vitro* микропобегов, %; 2) средняя длина стебля, см; 3) среднее количество междоузлий, шт.; 4) среднее длина корней, шт.

Черенкование ex vitro. При черенковании *ex vitro* использовали верхушечные и 2–3-узловые черенки, которые срезали с напрямую укоренившихся в условиях *ex vitro* микропобегов и с укоренившихся в условиях *ex vitro* черенков 1-го и 2-го поколения (рис. 1). Для черенкования *ex vitro* ми-

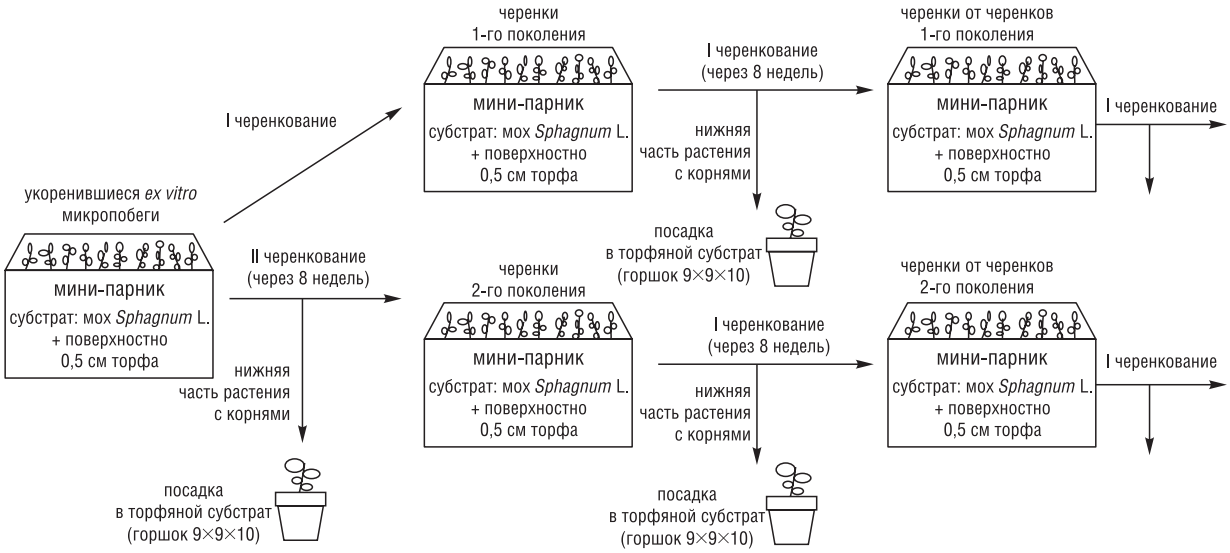

Рис. 1. Схема черенкования *ex vitro* миропобегов жимолости синей

Fig. 1. Layout of *ex vitro* cutting of blue honeysuckle microshoots

кропобегов использовали мини-парники 450×200×70 мм (расстояние между рядами – 15–20 мм, в ряду – 15–17 мм). Субстрат – мох *Sphagnum L.* со слоем нестерильного торфа «Двина» (0,5 см поверхностно). При I черенковании срез делали над 3-й почкой от субстрата, при II черенковании – над 1–2-й почкой от предыдущего среза. Длительность периода укоренения – 8 недель. Результативность черенкования оценивали по количеству срезанных и укоренившихся *ex vitro* черенков.

Из мини-парников укоренившиеся *ex vitro* микропобеги и черенки 1-го и 2-го поколения высаживали в формованные горшки 9×9×10 объемом 0,55 л, заполненные торфяным субстратом смесь торфа «Двина» и агроперлита в соотношении 3 : 1.

Условия укоренения и черенкования *ex vitro*: освещение (лампы NARVA LT, 36 W) – 2,5–3 тыс. люкс, температура – 20–22 °С и фотопериод – 16/8 ч.

Статистическую обработку проводили с помощью Statistica 10.0, используя *ANOVA*, двухфакторный анализ, критерий Дункана при $P<0{,}05$ для сравнения средних величин ($n = 5$).

Экономическая эффективность одновременного прямого укоренения ex vitro и адаптации микропобегов, черенкования ex vitro. Анализ экономической эффективности производства посадочного материала жимолости синей с закрытой корневой системой (формованный горшок 9×9×10 объемом 0,55 л) осуществляли на примере сорта Павловская, основываясь на следующих результатах исследований:

1) количество микропобегов, полученных от 1 меристемы за 6 пассажей при коэффициенте размножения от 1 до 12,8 в зависимости от пассажа и гормонального состава питательной среды – 9923 шт.;

2) количество укорененных *in vitro* микропобегов от 1 меристемы за 7 пассажей при эффективности ризогенеза *in vitro* 81,21 % – 8058 шт.;

3) количество адаптированных *ex vitro* микропобегов от 1 меристемы за 7 пассажей при эффективности адаптации на агроперлите 98,04 % – 7900 шт.;

4) количество одновременно укорененных *ex vitro* и адаптированных микропобегов от 1 меристемы за 6 пассажей при эффективности прямого ризогенеза *ex vitro* на нестерильном субстрате мох *Sphagnum* L. с поверхностным слоем торфа 76,81 % – 7622 шт.;

5) количество растений, полученное путем черенкования *ex vitro* – 20 000 шт.

Результаты и их обсуждение

Прямое укоренение ex vitro и адаптация. ***Влияние субстрата.*** В ходе исследований установлено достоверное влияние вида субстрата ($P<0{,}001$), сортовых особенностей ($P<0{,}001$) и двух факторов вместе ($P<0{,}01$) на количество укоренившихся *ex vitro* микропобегов жимолости

синей. Доля укоренившихся микропобегов на *Sphagnum* L. со слоем торфа была в 2,0 (сорт Крупноплодная) – 3,6 (сорт Волхова) раза выше, чем на торфяном субстрате, где данный показатель был низким – 17,69 % (сорт Волхова) – 33,0 % (сорт Крупноплодная) (табл. 1).

Совместное влияние двух факторов (сорт×субстрат) выявлено на среднюю длину стебля ($P<0,05$), среднее количество междоузлий ($P<0,001$) и среднюю длину корней ($P<0,001$). У сорта Волхова средняя длина стебля, среднее количество междоузлий и средняя длина корней на торфяном субстрате были достоверно ниже, чем на субстрате *Sphagnum* L. со слоем торфа. У сорта Крупноплодная средняя длина стебля и средняя длина корней достоверно не отличались на двух типах субстрата.

Анализ средних значений по сорту без учета субстрата показал статистическую зависимость показателей укореняемости *ex vitro* микропобегов и средней длины стебля от сортовых особенностей: ризогенная активность и средняя длина стебля у микропобегов у сорта Крупноплодная были выше, чем у сорта Волхова (табл. 1).

Анализ средних значений по субстрату без учета сортовых особенностей показал достоверное различие между субстратами по количеству укоренившихся *ex vitro* микропобегов и средней длине корней. По этим двум показателям субстрат *Sphagnum* L. со слоем торфа превосходит торфяной субстрат (табл. 1).

Таким образом, для прямого укоренения *ex vitro* микропобегов жимолости целесообразно использовать субстрат на основе мха *Sphagnum* L. (рис. 2).

Влияние термической обработки субстрата на прямое укоренение ex vitro. Для повышения результативности прямого укоренения микропобегов *ex vitro* при использовании субстрата мох *Sphagnum* L. с поверхностным слоем (0,5 см) торфа проводили термическую обработку отдельных компонентов данного субстрата. Установлено достоверное влияние термической обработки компонентов субстрата ($P<0,001$), сортовых особенностей ($P<0,001$) и двух факторов вместе ($P<0,001$) на выход укоренившихся *ex vitro* микропобегов жимолости. У сортов Волхова, Крупноплодная и Павловская максимальный выход (76,94–81,12 %) укоренившихся *ex vitro* микропобегов получен при использовании стерильного торфа и мха *Sphagnum* L. без термической обработки. А у сортов Сильгинка и Восторг максимальный выход (51,10–67,25 %) укоренившихся *ex vitro* микропобегов получен при использовании нестерильного торфа и мха *Sphagnum* L. без термической обработки (табл. 2).

Установлено достоверное влияние термической обработки компонентов субстрата, сортовых особенностей и двух факторов вместе на среднюю длину стебля и среднее количество междоузлий. Средняя длина корней зависела только от вида субстрата ($P<0,05$) и сортовых особенностей ($P<0,001$). Среднее количество междоузлий у растений сортов Волхова (5,87–6,37 шт.),

Таблица 1. **Результативность прямого укоренения ex vitro и морфологические показатели развития растений жимолости синей на различных субстратах (укоренение: середина декабря – середина февраля)**

Table 1. **Efficiency of direct *ex vitro* rooting and morphological parameters of blue honeysuckle plants development on various substrates (rooting: mid-December to mid-February)**

Сорт	Субстрат	Доля укоренившихся *ex vitro* микропобегов, %	Средняя длина стебля, см	Среднее количество междоузлий, шт.	Среднее длина корней, шт.
Волхова	Торфяной субстрат	17,69±0,94 c	3,58±0,17 b	3,88±0,37 c	3,68±0,13 c
	Sphagnum L., слой торфа	**64,0±4,0 a**	4,24±0,33 a	4,92±0,17 b	5,52±0,35 a
Крупноплодная	Торфяной субстрат	33,0±1,22 b	4,67±0,13 a	5,70±0,27 a	4,50±0,30 b
	Sphagnum L., слой торфа	**66,64±0,58 a**	4,32±0,11 a	4,08±0,12 c	4,22±0,12 bc
Среднее по фактору A (сорт)					
Волхова		40,85±7,9 B	3,91±0,21 B	4,40±0,26 A	4,60±0,35 A
Крупноплодная		**49,82±5,64 A**	**4,49±0,10 A**	4,89±0,30 A	4,36±0,16 A
Среднее по фактору B (субстрат)					
Торфяной субстрат		25,35±2,65 D	4,12±0,21 C	4,79±0,37 C	4,09±0,21 D
Sphagnum L., слой торфа		**65,32±1,96 C**	4,28±0,16 C	4,50±0,17 C	**4,87±0,28 C**

Примечание. Данные с одинаковыми буквами по столбцам статистически не различаются при $P<0,05$ (критерий Дункана). Данные отображены в следующем виде: среднее значение ± стандартная ошибка.

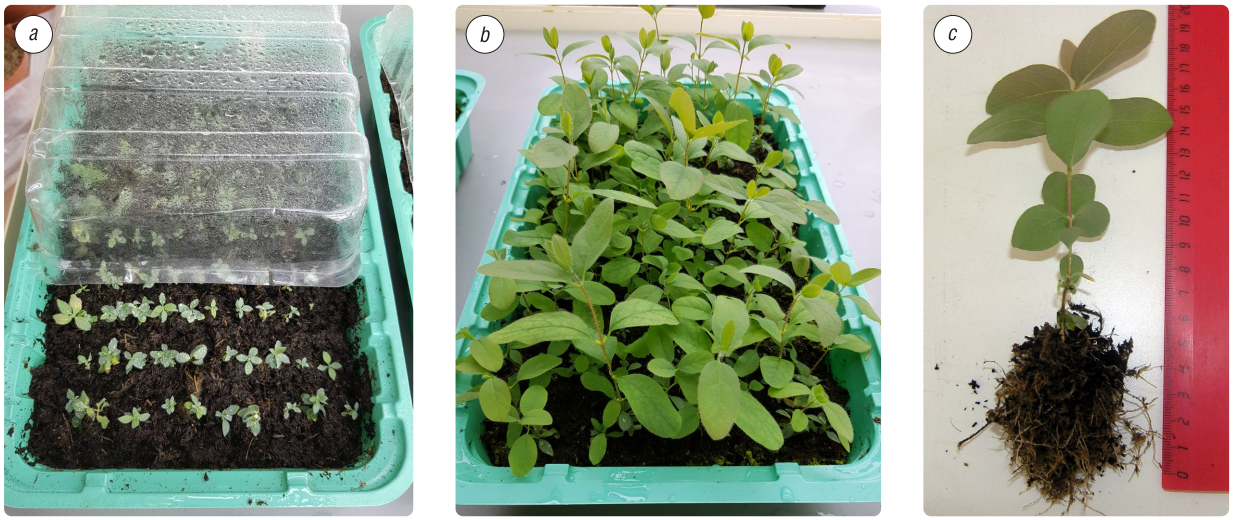

Рис. 2. Укоренение *ex vitro* микропобегов сорта Волхова на нестерильном субстрате, мох *Sphagnum* L. с поверхностным слоем торфа: *a* – мини-парник в день посадки, *b* – растение из мини-парника через 8 недель, *c* – через 8 недель

Fig. 2. Rooting of *ex vitro* microshoots of Volkhov variety on non-sterile substrate, *Sphagnum* L. moss with a surface layer of peat: *a* – mini-greenhouse on the planting day, *b* – plant from mini-greenhouse after 8 weeks, *c* – after 8 weeks

Павловская (5,06–5,70 шт.) и Сильгинка (5,11–5,89 шт.) достоверно не отличалось на разных вариантах субстрата, у сорта Крупноплодная (5,95–6,05 шт.) и Восторг (5,59–6,14 шт.) этот показатель был достоверно выше при использовании двух видов субстрата: нестерильный мох *Sphagnum* L. со слоем стерильного торфа и стерильный мох *Sphagnum* L. со слоем стерильного торфа. Средняя длина корней у растений в пределах одного сорта на разных видах субстрата достоверно не отличалась – была более 3 см.

Анализ средних значений по сорту без учета вида термической обработки отдельных компонентов субстрата показал достоверные различия у сортов по всем показателям. Высокая ризогенная активность характерна для микропобегов сортов Крупноплодная (74,95 % укоренившихся микропобегов), Павловская (74,50 %) и Волхова (71,29 %), низкая ризогенная активность у сортов Сильгинка (39,01 %) и Восторг (52,74 %) (табл. 2).

Анализ средних значений по виду термической обработки отдельных компонентов субстрата без учета сортовых особенностей показал достоверные различия по всем показателям на разных вариантах субстрата. Доля укоренившихся *ex vitro* микропобегов жимолости синей (65,51 и 66,28 %) на двух субстратах, состоящих изо мха *Sphagnum* L. (без термической обработки) и поверхностного слоя торфа, термически обработанного и без термической обработки, достоверно не отличалась между собой. Поэтому в целом для жимолости термическая обработка торфа при прямом укоренении микропобегов *ex vitro* нецелесообразна и экономически будет оправдана при размножении отдельных сортов, характеризующихся низкой пролиферационной активностью в культуре *in vitro* или ризогенной активностью *ex vitro*, а также селекционных новинок, требующих быстрого размножения и получения большого количества посадочного материала.

Влияние экзогенной ИМК на прямое укоренение ex vitro. Для повышения результативности прямого укоренения микропобегов *ex vitro* при использовании субстрата мох *Sphagnum* L. с поверхностным слоем нестерильного (0,5 см) торфа проводили обработку базальных частей микропобегов экзогенной ИМК в различной концентрации. В ходе исследований установлено достоверное влияние с высоким уровнем значимости ($P<0{,}001$) концентрации ИМК, сортовых особенностей и двух факторов вместе на количество укоренившихся *ex vitro* микропобегов жимолости синей, средней длины стебля и корней у микропобегов. Статистически доказаны различия показателей количества междоузлий у микропобегов в зависимости от сортовых особенностей ($P<0{,}001$) и совместного влияния сорта и концентрации ИМК ($P<0{,}001$).

Высокий выход укорененных микропобегов сорта Волхова (не ниже 86 %) был получен во всех вариантах опыта, причем в контрольном варианте максимальный выход укорененных микропобегов составил 96,47 % (табл. 3).

Таблица 2. **Влияние термической обработки отдельных компонентов субстрата (*Sphagnum* L., слой торфа) на результативность прямого укоренения *ex vitro* и морфологические показатели развития растений жимолости синей (укоренение: середина марта – середина мая)**

Table 2. **Effect of thermal treatment of separate components of substrate (*Sphagnum* L., peat layer) on efficiency of direct *ex vitro* rooting and morphological parameters of blue honeysuckle plants development (rooting: mid-March – mid-May)**

Сорт	Субстрат*	Доля укоренившихся *ex vitro* микропобегов, %	Средняя длина стебля, см	Среднее количество междоузлий, шт.	Среднее длина корней, шт.
Волхова	*Sphagnum* L. (НС), слой торфа (НС)	66,29±0,57 f	5,89±0,28 d	5,87±0,25 abc	3,92±0,16 bcd
	Sphagnum L. (НС), слой торфа (СТ)	**76,94±0,51 bc**	6,68±0,39 bc	6,37±0,30 a	3,34±0,03 de
	Sphagnum L. (СТ), слой торфа (СТ)	70,65±0,48 d	5,95±0,47 d	6,10±0,27 ab	3,59±0,08 cde
Крупноплодная	*Sphagnum* L. (НС), слой торфа (НС)	67,92±0,51 ef	4,04±0,44 fg	4,18±0,32 f	4,41±0,42 ab
	Sphagnum L. (НС), слой торфа (СТ)	**81,12±1,12 a**	9,09±0,09 a	5,95±0,15 ab	4,09±0,12 abc
	Sphagnum L. (СТ), слой торфа (СТ)	75,81±0,13 c	6,10±0,05 cd	6,05±0,24 ab	3,86±0,18 bcd
Павловская	*Sphagnum* L. (НС), слой торфа (НС)	75,0±0 c	5,96±0,59 d	5,52±0,41 bcde	3,61±0,27 cde
	Sphagnum L. (НС), слой торфа (НС)	**78,82±1,44 ab**	5,66±0,13de	5,06±0,16 de	3,06±0,21 e
	Sphagnum L. (СТ), слой торфа (СТ)	69,69±0,54 de	7,01±0,18 b	5,70±0,16 abcd	3,62±0,21 cde
Сильгинка	*Sphagnum* L. (НС), слой торфа (НС)	**51,10±1,53 g**	5,49±0,37 de	5,89±0,25 abc	3,51±0,14 cde
	Sphagnum L. (НС), слой торфа (СТ)	43,42±1,02 h	5,41±0,06 de	5,85±0,26 abc	3,49±0,28 cde
	Sphagnum L. (СТ), слой торфа (СТ)	22,50±0,42 j	4,46±0,10 fg	5,11±0,32 cde	2,99±0,16 e
Восторг	*Sphagnum* L. (НС), слой торфа (НС)	**67,25±0,92 ef**	3,98±0,03 g	4,91±0,10 e	4,26±0,12 ab
	Sphagnum L. (НС), слой торфа (СТ)	51,08±0,79 g	7,29±0,11 b	6,14±0,16 ab	4,58±0,10 a
	Sphagnum L. (СТ), слой торфа (СТ)	39,88±0,57 i	5,03±0,07ef	5,59±0,09 abcde	4,11±0,15 abc
Среднее по фактору А (сорт)					
Волхова		**71,29±1,20 B**	6,17±0,23 A	6,11±0,16 A	3,62±0,09 B
Крупноплодная		**74,95±1,50 A**	6,53±0,54 A	5,39±0,26 B	4,12±0,16 A
Павловская		**74,50±1,11 A**	6,21±0,19 A	5,43±0,16 B	3,43±0,13 B
Сильгинка		39,01±3,28 D	5,12±0,14 B	5,61±0,18 B	3,33±0,13 B
Восторг		52,74±3,03 C	5,43±0,37 B	5,55±0,15 B	4,32±0,08 A
Среднее по фактору В (субстрат)					
Sphagnum L. (НС), слой торфа (НС)		**65,51±1,64 E**	5,14±0,20 G	5,27±0,18 F	3,94±0,12 E
Sphagnum L. (НС), слой торфа (СТ)		**66,28±3,25 E**	6,83±0,28 E	5,87±0,13 E	3,71±0,13 EF
Sphagnum L. (СТ), слой торфа (СТ)		55,70±4,26 F	5,71±0,20 F	5,71±0,12 E	3,63±0,09 F

* НС – нестерильный; СТ – стерильный.

Для сорта Крупноплодная 100%-ный выход укорененных микропобегов был получен при обработке водным раствором ИМК в низкой концентрации – 25 мг/л. Высокий процент укореняемости наблюдали и в контрольном варианте, без обработки ИМК – 93,69 %. Использование спиртовых растворов ИМК во все трех концентрациях привело к снижению укореняемости микропобегов – 71–77 %. Для сорта Восторг высокий выход укоренившихся микропобегов был получен при использовании водных растворов ИМК как в концентрации 25 мг/л (83,15 %), так и в концентрации 100 мг/л (83,67 %). В контрольном варианте данный показатель был статистически достоверно ниже (77,0 %). При использовании спиртовых растворов ИМК во всех трех концентрациях при укоренении микропобегов сорта Восторг наблюдали снижение процента укореняемости (63–64 %), как и у сорта Крупноплодная.

Морфологические показатели развития растений-регенерантов жимолости синей на этапе ризогенеза *ex vitro* (длина стебля и количество междоузлий) важны для проведения последующего черенкования этих растений *ex vitro*, так как от них зависит количество 2–3-узловых микрочеренков, которое можно срезать. У всех изученных сортов длина стебля была не ниже 4,61 см и количество междоузлий – не меньше 4,22 шт.

Таблица 3. **Влияние препарата ИМК на результативность прямого укоренения *ex vitro* и морфологические показатели развития растений жимолости синей (укоренение: июнь – июль)**

Table 3. **Effect of IBA preparation on efficiency of direct *ex vitro* rooting and morphological parameters of blue honeysuckle plants development (rooting: June – July)**

Концентрация ИМК, мг/л	Доля укоренившихся *ex vitro* микропобегов, %	Средняя длина стебля, см	Среднее количество междоузлий, шт.	Среднее длина корней, шт.
Сорт Волхова				
Вода (контроль)	**96,47 ± 1,44 b**	5,14 ± 0,05 ijk	4,80 ± 0,25 fghi	3,99 ± 0,10 ghi
25 мг/л ИМК вод. р-р	86,91 ± 1,15 e	6,66 ± 0,10 de	5,33 ± 0,35 defg	4,32 ± 0,11 defgh
25 мг/л ИМК в 50%-ном этаноле	**95,30 ± 1,18 b**	5,35 ± 0,06 hij	4,63 ± 0,06 hi	4,20 ± 0,07 efghi
100 мг/л ИМК вод. р-р	91,69 ± 1,41 cd	7,24 ± 0,09 cd	5,42 ± 0,16 cdef	4,93 ± 0,10 bcd
2,5 г/л ИМК в 50%-ном этаноле	**96,47 ± 1,44 b**	5,99 ± 0,08 fgh	4,69 ± 0,24 ghi	4,05 ± 0,08 fghi
2,5 г/л ИМК в 96%-ном этаноле	**95,30 ± 1,18 b**	4,85 ± 0,05 jk	4,22 ± 0,14 i	3,99 ± 0,20 hi
Сорт Крупноплодная				
Вода (контроль)	**93,69 ± 1,05 bc**	9,04 ± 0,11 a	6,24 ± 0,21 ab	5,85 ± 0,23 a
25 мг/л ИМК вод. р-р	**100,0 ± 0 a**	7,54 ± 0,10 c	5,50 ± 0,19 cde	4,59 ± 0,13 cdefgh
25 мг/л ИМК в 50%-ном этаноле	71,77 ± 1,18 h	6,35 ± 0,10 efg	6,32 ± 0,14 a	4,63 ± 0,20 cdefg
100 мг/л ИМК вод. р-р	88,89 ± 0 de	6,71 ± 0,06 de	5,96 ± 0,07 abcd	4,66 ± 0,12 cdef
2,5 г/л ИМК в 50%-ном этаноле	77,43 ± 0,96 g	8,36 ± 0,17 b	6,03 ± 0,08 abc	4,46 ± 0,10 cdefgh
2,5 г/л ИМК в 96%-ном этаноле	77,43 ± 0,96 g	4,61 ± 0,03 k	4,96 ± 0,19 efgh	3,61 ± 0,09 i
Сорт Восторг				
Вода (контроль)	**77,0 ± 1,22 g**	5,40 ± 0,72 hij	4,45 ± 0,35 hi	4,82 ± 0,51 bcde
25 мг/л ИМК вод. р-р	**83,15 ± 1,59 f**	6,61 ± 0,11 def	4,96 ± 0,17 efgh	4,82 ± 0,19 bcde
25 мг/л ИМК в 50%-ном этаноле	63,53 ± 1,17 i	7,09 ± 0,23 cd	5,57 ± 0,22 bcde	5,07 ± 0,21 bc
100 мг/л ИМК вод. р-р	**83,67 ± 1,14 f**	5,75 ± 0,13 ghi	4,75 ± 0,16 fghi	5,10 ± 0,17 bc
2,5 г/л ИМК в 50%-ном этаноле	64,71 ± 0 i	8,17 ± 0,20 b	5,95 ± 0,19 abcd	4,96 ± 0,12 bc
2,5 г/л ИМК в 96%-ном этаноле	63,53 ± 1,50 i	8,99 ± 0,34 a	6,48 ± 0,36 a	5,43 ± 0,25 ab
Среднее по фактору А (сорт)				
Волхова	93,69 ± 0,08 A	5,87 ± 0,16 B	4,85 ± 0,11 C	4,25 ± 0,07 C
Крупноплодная	84,87 ± 1,89 B	7,10 ± 0,27 A	5,84 ± 0,10 A	4,63 ± 0,13 B
Восторг	72,60 ± 1,72 C	7,0 ± 0,27 A	5,36 ± 0,16 B	5,03 ± 0,11 A
Среднее по фактору В (концентрация ИМК)				
Вода (контроль)	**89,05 ± 2,39 D**	6,53 ± 0,53 F	5,16 ± 0,25 D	4,89 ± 0,27 D
25 мг/л ИМК вод. р-р	**90,02 ± 2,02 D**	6,94 ± 0,13 E	5,26 ± 0,15 D	4,57 ± 0,09 DE
25 мг/л ИМК в 50%-ном этаноле	76,86 ± 3,65 F	6,26 ± 0,21 FG	5,50 ± 0,20 D	4,63 ± 0,13 DE
100 мг/л ИМК вод. р-р	**88,08 ± 1,05 D**	6,56 ± 0,17 F	5,38 ± 0,15 D	4,89 ± 0,09 D
2,5 г/л ИМК в 50%-ном этаноле	79,54 ± 3,53 E	7,51 ± 0,30 D	5,55 ± 0,19 D	4,49 ± 0,11 E
2,5 г/л ИМК в 96 % -ном этаноле	78,75 ± 3,54 E	6,15 ± 0,55 G	5,22 ± 0,28 D	4,34 ± 0,23 E

Анализ средних значений укореняемости микропобегов *ex vitro* по фактору А (сорт) без учета использования препарата ИМК показал статистическую зависимость данного показателя от сортовых особенностей: высокая ризогенная активность отмечена у сорта Волхова (93 %), ниже у сортов Крупноплодная (84 %) и Восторг (72 %) (табл. 3).

Анализ средних значений укореняемости микропобегов *ex vitro* по фактору В (концентрация ИМК) без учета сортовых особенностей показал нецелесообразность использования препарата ИМК для прямого ризогенеза микропобегов жимолости синей *ex vitro*. Данные по укореняемости в контрольном варианте, без обработки ИМК (укореняемость – 89,05 %), статистически не отличались от данных по укореняемости с использованием водных растворов ИМК в двух (25 и 100 мг/л) концентрациях (88,08–90,02 %). Использование спиртовых растворов ИМК как в низкой (25 мг/л), так и в высокой концентрации ИМК (2,5 г/л) снижает укореняемость микропобегов (процент укоренения – 76–79 %) после культуры *in vitro* (табл. 3). Таким образом, использование водных растворов ИМК на стадии ризогенеза *ex vitro,* также как и термическая обработка

компонентов субстрата, экономически будет оправдана при размножении отдельных сортов и селекционных новинок.

Влияние срока посадки на прямое укоренение ex vitro. В ходе исследования установлено достоверное влияние с высоким уровнем значимости ($P<0{,}001$) срока укоренения, сортовых особенностей и двух факторов вместе (сорт×срок укоренения) на количество укоренившихся *ex vitro* микропобегов жимолости синей. Для всех изученных сортов максимальный выход укорененных микропобегов при прямом укоренении *ex vitro* был отмечен в летне-осенний период: для сортов Восторг и Волхова – 71,89 и 96,47 % соответственно (июнь – июль), Крупноплодная – 93,69–94,82 % (июнь – июль / сентябрь – ноябрь), Павловская – 79,12–83,80 % (июль – ноябрь) (табл. 4).

Анализ средних значений укореняемости микропобегов *ex vitro* по фактору А (сорт) без учета срока укоренения показал, что высокой ризогенной активностью характеризуются сорта Крупноплодная (80,78 %), Павловская (76,81 %) и Волхова (76,57 %), значительно ниже ризогенная активность была у микропобегов сорта Восторг (62,04 %). Анализ средних значений укореняемости микропобегов *ex vitro* по фактору В (срок укоренения) без учета сортовых особенностей показал, что даже в зимний период, самый неблагоприятный для укоренения *ex vitro*, можно получать не менее 60 % укорененных и уже адаптированных с асептическим условиям растений жимолости синей, а в благоприятные сроки (летне-осенний период) – до 72–84 %.

Черенкование *ex vitro.* В ходе черенкования укоренившихся *ex vitro* микропобегов сортов жимолости синей получен высокий выход укоренившихся черенков как при первом черенковании (85–98 %), так и при втором черенковании (97–100 %). Однако прирост укоренившихся *ex vitro* микропобегов ко второму черенкованию (через 8 недель) незначительный или настолько минимальный, что позволяет срезать всего 9–28 % черенков, тогда как при первом черенковании укоренившихся *ex vitro* микропобегов количество срезанных черенков составляет 117–189 % в зависимости от сорта. Таким образом, необходимо проводить только одно черенкование укоренившихся *ex vitro* микропобегов. Аналогичная тенденция прослеживалась и при черенковании черенков 1-го поколения: целесообразно проводить их однократное черенкование, при котором количество срезанных черенков составляет от 106 до 136 % в зависимости от сорта (табл. 5).

Таблица 4. **Влияние срока посадки на результативность прямого укоренения *ex vitro* микропобегов жимолости**

Table 4. **Effect of planting date on efficiency of direct *ex vitro* rooting of honeysuckle microshoots**

Срок укоренения	Количество укоренившихся *ex vitro* микропобегов, %			
	Сорт Волхова	Сорт Крупноплодная	Сорт Павловская	Сорт Восторг
Декабрь–февраль	64,0±2,91 g	66,66±0,57 g	65,20±1,64 g	47,96±0,23 i
Март–май	66,29±0,57 g	67,92±0,51 fg	75,0±1,58 de	67,25±0,92 g
Июнь–июль	**96,47±1,44 a**	**93,69±1,05 a**	75,0±1,58 de	**71,89±0,33 ef**
Июль–август	79,66±1,99 bcd	83,21±1,77 b	**83,80±2,0 b**	65,43±0,28 g
Август–сентябрь	75,36±2,77 de	78,38±1,53 cd	**79,12±0,95 bcd**	55,73±0,48 h
Сентябрь–ноябрь	77,66±2,79 d	**94,82±1,20 a**	**82,76±1,57 bc**	63,97±0,96 g
Среднее по фактору А (сорт)				
Волхова	76,57±2,13 B			
Крупноплодная	80,78±2,11 A			
Павловская	76,81±1,29 B			
Восторг	62,04±1,49 C			
Среднее по фактору В (срок укоренения)				
Декабрь-февраль	60,95±1,90 H			
Март-май	69,12±0,91 G			
Июнь-июль	**84,26±2,56 D**			
Июль-август	78,02±1,87 E			
Август-сентябрь	72,14±2,33 F			
Сентябрь-ноябрь	79,80±2,67 E			

Таблица 5. **Результативность черенкования *ex vitro* микропобегов жимолости синей**

Table 5. **The effectiveness of *ex vitro* cutting of blue honeysuckle microshoots**

Сорт	Микропобеги укоренившиеся *ex vitro*									Черенки 1-го поколения					Черенки от черенков 1-го поколения				
	исходное количество микропобегов, шт.	I черенкование				II черенкование				исходное количество черенков, шт.	срезано черенков		укоренилось черенков		исходное количество черенков, шт.	срезано черенков		укоренилось черенков	
		срезано черенков		укоренилось черенков		срезано черенков		укоренилось черенков											
		шт.	%	шт.	%	шт.	%	шт.	%		шт.	%	шт.	%		шт.	%	шт.	%
Волхова	139	213	153	181	85 b	13	9	13	100 a	181	203	112	203	100	203	173	85	173	100
Крупноплодная	154	291	189	279	96 a	20	13	20	100 a	279	379	136	379	100	379	360	95	360	100
Павловская	143	210	147	205	98 a	27	19	27	100 a	205	217	106	217	100	217	202	93	202	100
Восторг	121	200	165	195	97 a	15	12	15	100 a	195	211	108	211	100	211	211	100	211	100
Аврора	463	540	117	519	96 a	129	28	125	97 b	519	597	115	597	100	597	567	95	567	100

Таким образом, проведение одного черенкования укоренившихся *ex vitro* микропобегов и в последующем однократное черенкование их черенков можно использовать для увеличения выхода товарной продукции сортов жимолости синей.

Экономическая эффективность одновременного прямого укоренения *ex vitro* и адаптации микропобегов, черенкования *ex vitro*. Применение одновременного укоренения *ex vitro* и адаптации к нестерильным условиям микропобегов жимолости синей позволяет упростить схему классического варианта клонального микроразмножения, включающего в себя 4 этапа: введение в культуру *in vitro*, собственно микроразмножение, укоренение *in vitro* и адаптация *ex vitro* за счет исключения этапа укоренение *in vitro*. Данный способ удешевляет производство посадочного материала жимолости синей (уровень рентабельности в 3,5 раза выше по сравнению с классическим способом клонального микроразмножения), так как позволяет напрямую получать растения, адаптированные к нестерильным условиям, минуя этап предварительного укоренения микропобегов в условиях *in vitro*. Дальнейшее черенкование напрямую укоренившихся *ex vitro* микропобегов и их черенков позволяет увеличить уровень рентабельности до 177,6 %.

Таким образом, расчет уровня рентабельности (табл. 6) показал, что применение прямого укоренения *ex vitro* и адаптации микропобегов жимолости синей в одной стадии без стадии укоренения *in vitro* и черенкование *ex vitro* экономически выгодно и позволяет повысить прибыль от реализации посадочного материала жимолости синей в 2,6 и 13,4 раза по сравнению с классическим способом клонального микроразмножения жимолости синей.

Таблица 6. **Экономическая эффективность производства посадочного материала жимолости синей с одновременным использованием прямого укоренения *ex vitro* и адаптации микропобегов, черенкования *ex vitro* (в ценах 2019 г.)**

Table 6. **Economic efficiency of production of blue honeysuckle planting material with simultaneous *ex vitro* rooting and adaptation of microshoots, *ex vitro* cutting (prices of 2019)**

Показатель	Классический способ клонального микроразмножения со стадией укоренения *in vitro* и последующей адаптацией *ex vitro*	Одновременное прямое укоренение и адаптация *ex vitro*	Черенкование *ex vitro*
Материалы и комплектующие изделия, руб.	7297,17	6727,73	8483,95
Энергия и прочие прямые расходы, руб.	8291,4	5124,45	11 396,48
Заработная плата, руб.	7339,33	5307,21	5911,05
Отчисления в фонд социальной защиты населения и страховой фонд, руб.	2532,07	1830,99	2039,32
Накладные расходы, руб.	6106,32	4415,60	4917,99
Итого полная себестоимость. руб.	31 566,29	23 405,98	32 748,79
Выход продукции, шт.	7900	7622	20 000
Цена реализации с НДС за единицу (шт.)	5,0	5,0	5,0
Выручка от реализации без НДС, руб.	35 909,09	34 645,45	90 909,09
Прибыль от реализации, руб.	4342,8	11 239,47	58 160,3
Рентабельность, %	13,8	48,0	177,6

11. Kolbanova E. V. Various substrates and season of the year effect on honeysuckle (Lonicera caerulea L. var. kamtschatica) plant regenerants ex vitro adaptation. *Plodovodstvo: sbornik nauchnykh trudov = Fruit-growing: a collection of scientific works*. Minsk, 2018, vol. 30, pp. 159-164 (in Russian).

12. Isutsa D. K., Pritts M. P., Mudge K. W. Rapid propagation of blueberry plants using ex vitro rooting and controlled acclimatization of micropropagules. *HortScience*, 1994, vol. 29, no. 10, pp. 1124-1126. https://doi.org/10.21273/hortsci.29.10.1124

13. Meiners J., Schwab M., Szankowsk I. Efficient in vitro regeneration for Vaccinium species. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2007, vol. 89, no. 2-3, pp. 169-176. https://doi.org/10.1007/s11240-007-9230-7

14. Liu C., Callow P., Hancock J. F., Song G., Rowland L. J. Adventitious shoot regeneration from leaf explants of southern highbush blueberry cultivars. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 2010, vol. 103, no. 1, pp. 137-144. https://doi.org/10.1007/s11240-010-9755-z

15. Mihaljević S., Salopek-Sondi B. Alanine conjugate of indole-3-butyric acid improves rooting of highbush blueberries. *Plant, Soil and Environment*, 2012, vol. 58, no. 5, pp. 236-241. https://doi.org/10.17221/34/2012-PSE

16. Bozhidai T. N., Kukharchik N. V. Peculiarities of in vitro propagation and ex vitro rooting of blueberry cv. Northblue. *Vestsi Natsyyanal'nai akademii navuk Belarusi. Seryya biyalagichnykh navuk = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series*, 2014, no. 4, pp. 28-31 (in Russian).

17. Bozhidai T. N. Ex vitro rooting of the in vitro-derived cranberry plants. *Subtropicheskoe i dekorativnoe sadovodstvo = Subtropical and ornamental horticulture,* 2018, iss. 65, pp. 105-109 (in Russian). https://doi.org/10.31360/2225-3068-2018-65-105-109

18. Dednath S. C., McRae K. B. In vitro culture of lingonberry (Vaccinium vitis-idaea L.): the influence of cytokinins and media types on propagation. *Small Fruits Review*, 2001, vol. 1, no. 3, pp. 3-19. https://doi.org/10.1300/J301v01n03_02

19. Marcotrigianol M., McGlew S. P. A two-stage micropropagation system for cranberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 1991, vol. 116, no. 5, pp. 911-916.

20. Clara D., Fira A., Joshee N. An efficient ex vitro rooting and acclimatization method for horticultural plant using float hydroculture. *HortScience*, 2013, vol. 48, no. 9, pp. 1159-1167. https://doi.org/10.21273/hortsci.48.9.1159

21. Fira A., Clara D., Cristea V., Plopa C. In vitro propagation of Lonicera kamtschatica. *Agricultura – Ştiinţă şi Practică = Agriculture – Science and Practice*, 2014, vol. 23, no. 1-2 (89-90), pp. 90-99. http://dx.doi.org/10.15835/arspa.v89i1-2.10239

22. Yarmolenko L. V., Matushkina O. V., Pronina I. N. Peculiarities of raspberry varieties rhizogenesis ex vitro. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii: sbornik nauchnykh rabot = Pomiculture and small fruits culture in Russia: a collection of scientific works*. Moscow, 2017, vol. 48, pt. 1, pp. 308-311 (in Russian).

23. Zaitseva Yu. G., Ambros E. V., Novikova T. I. Rooting and acclimatization to ex vitro conditions of regenerants of frost-resistant members of Rhododendron. *Turczaninowia*, 2018, vol. 21, no. 1, pp. 144-152. https://doi.org/10.14258/turczaninowia.21.1.13

24. Vasar V. Effect of ascorbic acid and citric acid on ex vitro rooting and acclimatization of Prunus avium L. microshoots. *Acta Horticulturae*, 2003, no. 616, pp. 251-254. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.616.33

25. Borkowska, B. Morphological and physiological characteristics of micropropagated strawberry plants rooted in vitro or ex vitro. *Scientia Horticulturae*, 2001, vol. 89, no. 3, pp. 195-206. https://doi.org/10.1016/S0304-4238(00)00230-2

26. Lepse L., Laugale V. Micropropagation, rooting and acclimatization of blackberry 'Agavam'. *Acta Horticulturae*, 2009, no. 839, pp. 43-49. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.839.2

27. Fira A., Clara D., Plopa C. New aspects regarding the micropropagation of blackberry cultivar 'Thornless evergreen'. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 2010, vol. 67, no. 1, pp. 106-114.

28. Fira A., Clara D., Rakosy-Tican E. In vitro propagation of the thornless blackberry cultivar 'Loch Ness'. Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture, 2011, vol. 68, no. 1, pp. 39-46.

29. Fira A., Clara D., Vescan L. A. Direct ex vitro rooting and acclimation in blackberry cultivar 'Loch Ness'. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture*, 2012, vol. 69, no. 1-2, pp. 247-254.

30. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 1962, vol. 15, no. 3, pp. 473-497. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x

Информация об авторе

Колбанова Елена Вячеславовна – кандидат биологических наук, доцент, заведующая лабораторией диагностики отдела биотехнологии, Институт плодоводства, Национальная академия наук Беларуси (ул. Ковалева, 2, 223013 аг. Самохваловичи, Минский район, Беларусь). E-mail: kolbanova@tut.by

Information about the author

Elena V. Kolbanova - Ph.D. (Biol.), Associate Professor. Institute for Fruit Growing, the National Academy of Sciences of Belarus (2, Kovalev Str., 223013 Samokhvalovichy, Minsk Region, Republic of Belarus). E-mail: kolbanova@tut.by