

УДК 634.7

DOI: 10.37482/0536-1036-2021-6-89-99

**ПОЛУЧЕНИЕ ПОСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА *Rubus arcticus* L.  
МЕТОДОМ КЛОНАЛЬНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ****С.С. Макаров<sup>1</sup>**, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр.; *ResearcherID*: [AAK-9829-2021](https://orcid.org/0000-0003-0564-8888),*ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-0564-8888>**Г.В. Тяк<sup>1</sup>**, канд. биол. наук, рук. группы недревесной продукции леса;*ResearcherID*: [AAB-4215-2021](https://orcid.org/0000-0002-1081-4054), *ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-1081-4054>**И.Б. Кузнецова<sup>2</sup>**, канд. с.-х. наук, доц.; *ResearcherID*: [AAB-4568-2021](https://orcid.org/0000-0001-5011-3271),*ORCID*: <https://orcid.org/0000-0001-5011-3271>**А.И. Чудецкий<sup>1</sup>**, вед. инж.; *ResearcherID*: [H-1210-2019](https://orcid.org/0000-0003-4804-7759),*ORCID*: <https://orcid.org/0000-0003-4804-7759>**С.Ю. Цареградская<sup>3</sup>**, канд. с.-х. наук, уч. секретарь; *ResearcherID*: [AAE-1073-2020](https://orcid.org/0000-0002-3426-6996),*ORCID*: <https://orcid.org/0000-0002-3426-6996><sup>1</sup>Центрально-европейская лесная опытная станция, просп. Мира, д. 134, г. Кострома, Россия, 156013; e-mail: makarov\_serg44@mail.ru, ce-los-np@mail.ru, a.chudetsky@mail.ru<sup>2</sup>Костромская государственная сельскохозяйственная академия, Учебный городок, Караваевская с/а, д. 34, пос. Караваево, Костромской р-н, Костромская обл., Россия, 156530; e-mail: sonnereiser@yandex.ru<sup>3</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, ул. Институтская, д. 15, г. Пушкино, Московская обл., Россия, 141202; e-mail: tsaregradskaya@vniilm.ru

---

**Оригинальная статья** / Поступила в редакцию 12.02.20 / Принята к печати 23.04.20

---

**Аннотация.** Представлены результаты экспериментальных исследований различных способов размножения княженики арктической в условиях Костромской области. Промышленное выращивание лесных ягодных культур является возможным эффективным решением проблем низкой рентабельности использования недревесной продукции леса, сокращения ресурсов дикорастущих ягодников, снижения их продуктивности и качества, а также рекультивации выработанных торфяных месторождений. Для создания подобных плантаций целесообразно применение высокопродуктивного сортового посадочного материала. Особое внимание уделено размножению и получению оздоровленного посадочного материала с помощью культуры клеток и тканей растений. Приведены данные по стерилизации эксплантов при введении в культуру *in vitro*. Наибольшая эффективность стерилизации наблюдается при использовании экостерилизатора бесхлорного (приживаемость растений на питательной среде MS составила 90–93 %). Проанализировано влияние количества пассажей растений-регенерантов на коэффициент размножения сортов княженики арктической. Показаны оптимальные концентрации цитокининов на этапе «собственно микроразмножение». Максимальное количество корней княженики арктической отмечено при добавлении в питательную среду на этапе укоренения растений *in vitro* 1,0 мг/л индолил-3-масляной кислоты и 0,5 мг/л препарата «Экогель». Рассмотрены технологические и агротехнические операции, выполняемые при выращивании посадочного материала лесных ягодных культур. Приведены данные по коэффициентам вегетативного размножения растений, их устойчивости к болезням, урожайности, рекультивации выработанных торфяных месторождений. Лучшим посадочным материалом княженики арктической являются саженцы с закрытой корневой системой. При культивировании этой ягоды на торфянике использованы опилки и сфагнум. Экономическая эффективность ее выращивания с применением метода клонального микроразмножения составила 358,2 %.

---

Данная статья опубликована в режиме открытого доступа и распространяется на условиях лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (CC BY 4.0) • Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

**Для цитирования:** Макаров С.С., Тяк Г.В., Кузнецова И.Б., Чудецкий А.И., Цареградская С.Ю. Получение посадочного материала *Rubus arcticus* L. методом клонального микроразмножения // Изв. вузов. Лесн. журн. 2021. № 6. С. 89–99. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-6-89-99

**Ключевые слова:** княженика арктическая, клональное микроразмножение, *in vitro*, сорт, цитокинины, ауксины, выработанные торфяники, рекультивация, урожайность, экономическая эффективность.

## PRODUCING PLANTING MATERIAL OF *Rubus arcticus* L. BY CLONAL MICROPROPAGATION

**Sergey S. Makarov**<sup>1</sup>, Candidate of Agriculture, Senior Research Scientist;

ResearcherID: [AAK-9829-2021](https://orcid.org/0000-0003-0564-8888), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0564-8888>

**Galina V. Tyak**<sup>1</sup>, Candidate of Biology, Head of the Non-Timber Forest Products Group;

ResearcherID: [AAB-4215-2021](https://orcid.org/0000-0002-1081-4054), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1081-4054>

**Irina B. Kuznetsova**<sup>2</sup>, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.;

ResearcherID: [AAB-4568-2021](https://orcid.org/0000-0001-5011-3271), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5011-3271>

**Anton I. Chudetsky**<sup>1</sup>, Leading Engineer; ResearcherID: [H-1210-2019](https://orcid.org/0000-0003-4804-7759),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4804-7759>

**Svetlana Yu. Tsaregradskaya**<sup>3</sup>, Candidate of Agriculture, Scientific Secretary;

ResearcherID: [AAE-1073-2020](https://orcid.org/0000-0002-3426-6996), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3426-6996>

<sup>1</sup>Central-European Forest Experimental Station, prosp. Mira, 134, Kostroma, 156013, Russian Federation; e-mail: makarov\_serg44@mail.ru, ce-los-np@mail.ru, a.chudetsky@mail.ru

<sup>2</sup>Kostroma State Agricultural Academy, Uchebnyy gorodok, Karavayevskaya s/a, 34, pos. Karavayevo, Kostroma District, Kostroma Region, 156530, Russian Federation; e-mail: sonnereiser@yandex.ru

<sup>3</sup>All-Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, ul. Institutsкая, 15, Pushkino, Moscow Region, 141202, Russian Federation; e-mail: tsaregradskaya@vniilm.ru

**Original article** / Received on February 12, 2020 / Accepted on April 23, 2020

**Abstract.** The article presents the results of experimental studies on various propagation methods of the Arctic bramble in the Kostroma region. Industrial cultivation of forest berry plantations is a possible effective solution to the problem of low profitability of using non-timber forest products, reduction of the wild berries resources and their productivity and quality, and reclamation of cutover peatlands. It is advisable to use high-yield varietal planting material to create such plantations. Special attention is paid to propagation and production of healthy planting material using culture of plant cells and tissues. Data on sterilization of explants when introduced *in vitro* are given. The highest efficiency of sterilization was observed when using a chlorine-free eco-sterilizer (the plant survival rate on the MS nutrient medium was 90–93 %). The effect analysis of the passage number of regenerated plants on the multiplication factor of the Arctic bramble varieties was carried out. The optimal concentrations of cytokinins at the stage of micropropagation are shown. The largest number of the Arctic bramble roots was observed when adding 1.0 mg/L of Indole-3-butyric acid (IBA) and 0.5 mg/L of Ecogel to the nutrient medium. The technological and agrotechnical operations performed during the cultivation of planting material of forest berry plantations are considered. Data on the coefficients of vegetative propagation of plants and their resistance to diseases, yielding capacity, and recultivation of cutover peatlands are given. The best planting material of the Arctic bramble are ball-rooted seedlings. Sawdust and sphagnum were used in the cultivation of this berry on the peatland. The economic efficiency of its cultivation with the method of clonal micropropagation was 358.2 %.

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license • The authors declare that there is no conflict of interest

**For citation:** Makarov S.S., Tyak G.V., Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I., Tsaregradskaya S.Yu. Producing Planting Material of *Rubus arcticus* L. by Clonal Micropropagation. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2021, no. 6, pp. 89–99. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-6-89-99

**Keywords:** Arctic bramble, clonal micropropagation, *in vitro*, variety, cytokinins, auxins, cutover peatlands, reclamation, yielding capacity, economic efficiency.

### Введение

В последние десятилетия наблюдается значительный рост антропогенной нагрузки на природную среду и не в меньшей степени на лесные массивы. Осушение болот, заготовка торфа, длительный неконтролируемый сбор ягод привели к сокращению ресурсов дикорастущих черники, голубики, брусники, княженики и клюквы, уменьшению продуктивности и ухудшению качества грибных угодий, лекарственных, медоносных, пищевых, технических и других полезных растений леса. Использование дикорастущих ягодников не позволяет стабильно работать предприятиям, специализирующимся на заготовке и переработке дикорастущих ягод, поскольку отмечаются значительные различия в их урожайности по годам, а в отдельные годы – ее отсутствие. Выращивание лесных ягодных культур в промышленных масштабах на специализированных плантациях является наиболее эффективным способом решения данной проблемы. Одной из актуальных задач лесного хозяйства становится повышение рентабельности использования недревесной продукции леса. Рекультивация выработанных торфяников путем создания на них плантаций лесных ягодных культур поможет повысить эффективность работы отрасли, способствуя при этом резкому снижению пожароопасности торфяников, прекращению их водной и воздушной эрозии [12, 20, 23].

Для создания производственных ягодных плантаций используется высококачественный сортовой посадочный материал. Как в России, так и за рубежом последние несколько десятилетий ведутся селекционные работы по созданию сортов лесных ягодных культур, обладающих высокой продуктивностью и экологической пластичностью. К настоящему времени имеется целый ряд отечественных сортов, вновь созданных и отобранных гибридных, являющихся перспективными для культивирования в условиях южнотаежного лесного района и района хвойно-широколиственных лесов европейской части России. Для плантационного выращивания на рекультивируемых торфяниках одна из наиболее перспективных культур – княженика арктическая, ягоды которой всегда пользовались особым вниманием из-за своих вкусовых и ароматических свойств.

За последние годы во многих странах, включая Россию, изменения в ведении сельского и лесного хозяйства повлекли за собой сокращение численности княженики. Финские и эстонские исследователи в качестве причины данного явления отметили в большинстве случаев осушение болот, благоприятной для обитания этой ягоды среды, а также зарастание неokaшиваемых лугов и лесных опушек высокими злаками, осоками и плотным подлеском, вытесняющими княженику [21].

О достоинствах княженики арктической и необходимости ее культивирования находятся упоминания в трудах садоводов России XIX в. С 1960-х гг.

шведские и финские исследователи начали активно изучать введение княженики в культуру, проводить селекционные работы по созданию сортов данного вида. В 1972 г. в Финляндии из местных форм этой ягоды выведены сорта Mespi и Mesma, путем скрещивания которых спустя десятилетие получен гибридный сорт Pima. Последующие долгосрочные исследования позволили из большого числа клонов княженики, отобранных в естественных условиях, выделить ряд перспективных форм, которые легли в основу новых сортов (Marika, Muuruska, Susanna, Elpee, Alli), превосходящих по урожайности сорта Pima и Mespi. В 1980-х гг. вследствие гибридизации дикорастущих особей княженики из Швеции (*Rubus arcticus* L. subsp. *Arcticus*) и Аляски (*Rubus arcticus* L. subsp. *stellatus* (Sm.) Boiv.) создано еще несколько сортов: в Финляндии – Astra, Aura; в Швеции – Anna, Beata, Sofia, Linda, Valentina. Данные сорта отличаются от других значительно большим размером и плотностью плодов, крепкими и высокими побегами, высоким коэффициентом вегетативного размножения, лучшей устойчивостью к болезням. При благоприятных условиях созданные сорта и гибридные формы достигали урожайности более 1500 г/м<sup>2</sup> [16–18, 21].

Ввиду своих пищевых и лекарственных свойств княженика арктическая находит все более широкое применение как в пищевой промышленности, так и в медицине. При этом на мировом рынке деликатесные ягоды княженики являются одними из наиболее дорогостоящих. Например, по результатам анализа цен на ягодную продукцию в Финляндии, стоимость 1 кг данных ягод составляет 20 евро. В связи с этим спрос на внутреннем рынке России на посадочный материал в последние годы возрастает как среди сельскохозяйственных предприятий и предпринимателей, так и среди исследователей различного профиля, а также садоводов-любителей.

Много лет на Центрально-европейской лесной опытной станции Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации (ЛОС ВНИИЛМ) осуществляли работы по интродукции новых видов лесных ягодных растений, перспективных при выращивании на выработанных торфяниках. С 2005 г. проводили исследования по культивированию княженики. В Костромской области на выработанном торфянике переходного типа испытывали гибридные сорта княженики Anna, Sofia, Astra и Beata. На опытных участках с мощностью торфа около 1 м и кислотностью (рН<sub>KCl</sub>) 3,9...4,0 все тестируемые сорта имели хорошие рост и плодоношение. При этом урожайность данных сортов и созданных на их основе гибридных форм может составлять 200–300 г/м<sup>2</sup>, а при благоприятных условиях – до 1500 г/м<sup>2</sup> [11, 13].

Княженику можно размножать как семенным способом, так и вегетативным (корневыми и стеблевыми черенками, делением куста) [13]. Однако наиболее современным и эффективным способом размножения сортового посадочного материала является клональное микроразмножение – метод, основанный на способности растений к регенерации и тотипотентности клеток, который позволяет в короткие сроки вне сезона получать огромное количество оздоровленного посадочного материала даже от инфицированных и трудноразмножаемых в обычных условиях видов растений. В качестве исходного экспланта при этом используют апикальную меристему, которая является физиологически наиболее здоровой частью растения [9].

Цель работы – оценить перспективность выращивания посадочного материала княженики арктической, полученного методом клонального микроразмножения, в условиях выработанных торфяников Костромской области.

*Объекты и методы исследования*

Исследования проводили в 2017–2019 гг. в Лаборатории клонального микроразмножения ЛОС ВНИИЛМ и на опытных участках в условиях выработанных торфяных месторождений в Костромском районе Костромской области. Объектами исследования служили растения княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) сортов Anna и Sofia.

Княженика арктическая (или арктическая малина, поленика, мамура) – многолетнее травянистое, вегетативно-подвижное растение из семейства розоцветные (*Rosáles*) [4, 5, 14, 15, 22]. Данный бореально-гипоарктический вид обычно встречается небольшими группами или рассеянными экземплярами на увлажненных просеках, на гарях и вырубках, на заболоченных опушках леса, на пойменных лугах, в сфагновых сосняках, в осоково-сфагновых и осоково-разнотравных лесах, на болотах, в тундре и в редколесных местах лесотундры [14].

Растения княженики имеют длинные шнуровидные корни, которые ветвятся параллельно поверхности почвы на глубине 10–25 см и не имеют корневых волосков, их функцию выполняет микориза. Из почек, находящихся на корнях, формируются многочисленные вертикальные побеги. Надземная часть княженики – однолетняя, а подземные части (включая корневую систему, многочисленные подземные побеги и почки возобновления) – многолетние [13]. Надземные побеги могут иметь высоту до 30 см и состоят, как правило, из 5–9 междоузлий. Листья темно-зеленые, морщинистые, тройчатые, тонкие, на длинных, тонко опушенных черешках, с прилистниками. Цветение княженики наблюдается обычно в мае–июне, однако в посадках оно может происходить и в июле–августе. Основными опылителями являются шмели и пчелы. Начало созревания ягод бывает в 1-й декаде июля. Постепенность этого процесса обуславливает относительно длинный период их сбора. Он (основная часть – в 1-й половине июля) осуществляется 1–2 раза в неделю в зависимости от погодных условий [10]. Цветки княженики розово-алые, чаще обоеполые, диаметром 1–3 см, большей частью одиночные, расположенные на верхушке стебля. Княженика – самобесплодное растение, поэтому в естественных условиях в некоторых местах произрастания, несмотря на обильное цветение, плоды у нее отсутствуют. В связи с этим возникает необходимость переопыления растений разных сортов или клонов.

Плод княженики – сборная сочная костянка, со средней массой 1–2 г. В ягодах содержатся до 7 % сахаров (в основном глюкоза и фруктоза), пектиновые, дубильные и ароматические вещества (0,4–0,6 %), до 200 мг/100 г витамина С, а также органические кислоты. Особенно княженика богата эллагитанином, который препятствует размножению вредных кишечных бактерий. Также присутствуют антоцианы, обладающие антиоксидантным действием, чем обусловлен цвет плодов [2, 8].

Княженика имеет достаточную зимостойкость. Согласно данным многолетних исследований, повреждения данного растения под снежным покровом, даже при температуре воздуха в декабре ниже –30 °С и при слое снега 2 см, достаточно редки [13]. Однако весенние заморозки наносят вред молодым надземным побегам и цветкам княженики, что значительно влияет на урожай. По данным финских ученых, цветки княженики способны выдерживать снижение температуры до –2,6 °С, тогда как при температуре ниже –4 °С они чаще всего погибают.



Процесс клонального микроразмножения растений состоит из 4 основных этапов: введение в культуру *in vitro* (выбор растения-донора, стерилизация эксплантов, их изолирование и получение стерильной культуры); собственно микроразмножение (получение максимального количества меристематических клонов посредством микрочеренкования растений-регенерантов); укоренение размноженных микропобегов в условиях *in vitro*; адаптация укорененных растений к нестерильным условиям *in vivo* с последующим их выращиванием в тепличных условиях и подготовкой к реализации или посадке в условиях открытого грунта [9].

Введение в культуру является самым затратным этапом клонального микроразмножения вследствие больших потерь и довольно низкой производительности. Его успешному прохождению способствует учет сезонности физиологических процессов. Наиболее интенсивно регенерация меристематических эксплантов происходит обычно в фазу активного роста побегов. Введенные в культуру *in vitro* экспланты, а затем растения-регенеранты княженики размещали в световой комнате с люминисцентными лампами (освещенность 2500–4000 лк), поддержанием влажности 75–80% и температуры +22...+25 °С, при 16-часовом фотопериоде. В качестве стерилизующих агентов применяли раствор «Белизны» (в разведении с водой 1:3), сулему (0,1%), экостерилизатор бесхлорный [3, 6]. Определяли жизнеспособность эксплантов как отношение количества выживших к количеству высаженных.

На этапе собственно микроразмножения использовали питательную среду по прописи MS (Мурасиге–Скуга) [19] с добавлением агар-агара, сахарозы, физиологически активных веществ и цитокинина 6-БАП (6-бензил-аминопурил) в концентрациях 0,5 и 1,0 мл/л [1]. На этапе укоренения *in vitro* в питательную среду MS добавляли ауксин ИМК (индолил-3-масляная кислота) в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л, а также препарат «Экогель» – 0,5 мг/л. На этапе адаптации растений к нестерильным условиям *in vivo* применяли различные субстраты: торф верхового типа; смесь торфа с песком в соотношении 1:1; кокосовый субстрат.

Адаптированный оздоровленный посадочный материал был высажен на опытных участках в целях закладки плантации на выработанных торфяниках. Перед посадкой участок предварительно очистили от многолетних корневищных сорняков во избежание угнетения и полного вытеснения растений княженики. Посадку саженцев с закрытой корневой системой, выращенных методом культуры клеток и тканей, осуществляли в апреле–мае (наиболее оптимальный срок) и в августе–начале сентября. Растения помещали в почву вручную рядами с шагом посадки 25–40 см, расстоянием между рядами – 0,8–1,0 м. Для успешного перекрестного опыления на участке размещали 2–3 сорта княженики с чередованием растений разных сортов в ряду или рядов с разными сортами [11, 22].

Мульчирование (размер слоя – 3–5 см) проводили сразу после посадки для лучшего препятствия росту сорной растительности, снижения температуры почвы в летний период и оптимизации ее увлажнения, предотвращения засухи, перегрева или переохлаждения корнеобитаемого слоя, а также улучшения структуры почвы, что в результате поспособствовало улучшению роста и плодоношения княженики [10]. В качестве мульчи использовали торф, мох сфагнум, опилки и измельченную кору. Согласно результатам экспериментов,

проведенных ЛОС ВНИИЛМ, с применением опилок и сфагнома можно получать урожай на 40 % больше и не требуется повторного мульчирования вследствие смыкания растений в рядах на 2–3-й год выращивания.

Статистическую обработку данных проводили с использованием стандартного программного пакета Microsoft Office 2016.

#### Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследований выявлено, что на этапе введения в культуру *in vitro* наиболее эффективным стерилизующим агентом является экостерилизатор бесхлорный при времени стерилизации 10 мин: приживаемость растений княженики составила 90–92 % (табл. 1). В варианте с сулемой 0,1 % при времени стерилизации 5 мин процент приживаемости был ниже (80–82 %), еще ниже (лишь 65–70 %) – при использовании раствора моющего средства «Белизна» в разведении с водой 1:3 и времени стерилизации 10 мин.

Таблица 1

#### Влияние стерилизующих агентов и времени стерилизации на приживаемость эксплантов княженики арктической разных сортов

Стерилизующий агент	Время стерилизации, мин	Приживаемость эксплантов по сортам, %	
		Anna	Sofia
Белизна в разведении с водой 1:3	5	34	30
	10	65	70
	15	46	52
Сулема 0,1 %	5	80	82
	10	66	60
	15	36	34
Экостерилизатор бесхлорный	5	72	68
	10	90	92
	15	50	48

На этапе микроразмножения наибольший суммарный прирост побегов наблюдали при добавлении в питательную среду MS цитокинина 6-БАП в концентрации 0,5 мг/л: количество микропобегов составило в среднем 2,9 шт. На этапе укоренения *in vitro* образование максимального количества корней княженики (4,4 шт.) отмечено при наличии в питательной среде ауксина ИМК в концентрации 1,0 мг/л с одновременным добавлением препарата «Экогель» в концентрации 0,5 мг/л.

На этапе адаптации княженики с хорошо развитой корневой системой к почвенным условиям выявлена наиболее высокая приживаемость растений на торфяном и кокосовом субстратах (89,9–90,1 %), тогда как на субстрате «торф + песок» 1:1 она была значительно меньше (49,7–50,4 %) (табл. 2). Не отмечено какой-либо четкой закономерности по биометрическим показателям (количество листьев, длина побегов).

Таблица 2

**Приживаемость и биометрические показатели княженики арктической на этапе адаптации к нестерильным условиям *in vivo* в зависимости от субстрата**

Сорт	Состав субстрата	Приживаемость, %	Средняя длина побегов, см	Количество листьев, шт.
Anna	Торф верховой	90,0	5,4	4,3
	Торф + песок 1:1	50,4	5,8	4,1
	Кокосовая стружка	90,1	5,6	3,9
Sofia	Торф верховой	89,9	5,5	2,5
	Торф + песок 1:1	49,7	4,2	4,0
	Кокосовая стружка	90,0	6,0	5,7

Экономическая составляющая процесса выращивания лесных ягодных культур является немаловажным условием для культивирования в производственных целях. Эффективность массового разведения посадочного материала наиболее полно отражает его рентабельность [7]. Выращивание княженики в культуре *in vitro* является энерго-, материально- и наукоемким. В затраты включаются стоимость исходного материала, химических реактивов, посуды, инструментов, электроэнергии, водоснабжения, амортизационные отчисления, заработная плата и пр.

В структуре производственных затрат (табл. 3) наименьшим удельным весом обладают расходы на этиловый спирт (0,06 %), дезинфицирующие вещества (0,04 %), медицинскую вату (0,03 %). Амортизационные отчисления и заработная плата составляют наибольшую часть затрат (25,14 и 57,49 % соответственно). Стоимость исходного растительного материала для клонального микроразмножения определяли следующим образом: цена одного контейнера с растениями составляла 65 р.; в контейнере – 20 микропобегов; в нашем случае для размножения необходимо 500 шт. Стоимость субстрата вычисляли исходя из цены кокосовой стружки. По итогам расчетов затраты на исходный растительный материал составили 1 625 р. [6].

Таблица 3

**Структура производственных затрат при клональном микроразмножении княженики арктической**

Статья затрат	Производственные затраты	
	р.	%
Исходные растения	1 625	0,26
Питательная среда	3 250	0,53
Субстрат	3 600	0,59
Этиловый спирт	400	0,06
Медицинская вата	200	0,03
Пленка	720	0,12
Дезинфицирующие вещества	240	0,04
Электроэнергия	15 794	2,58
Водоснабжение	4 700	0,77
Отопление	12 000	1,96
Транспорт	430	0,07
Заработная плата с начислениями	352 189	57,50
Амортизационные отчисления	154 000	25,14
Накладные расходы	63 414	10,35
<i>Всего</i>	612 565	100



Затраты на саженцы обладают наибольшим удельным весом в структуре производственных затрат (табл. 4).

Таблица 4

**Себестоимость выращивания саженцев княженики арктической в условиях производства**

Показатель	Значение
Себестоимость 1 растения, р.	40,42
Выход растений, шт.	20 800,00
Производственные затраты, р.	840 807,78

Экономическая эффективность получения княженики методом клонального микроразмножения характеризуется рядом показателей (табл. 5). Цена реализации при этом определялась в процессе анализа рыночных цен на посадочный материал княженики арктической в Костромской области.

Таблица 5

**Экономическая эффективность выращивания княженики арктической**

Показатель	Значение
Полная себестоимость 1 растения, р.	43,6
Цена реализации 1 растения, р.	200,0
Прибыль (+) или убыток (-) от реализации 1 растения, р.	156,3
Рентабельность, %	358,2

Рентабельность производства по промышленному культивированию княженики арктической в условиях выработанных торфяных месторождений – 358,2 % [6], т. е. прибыль составит 3 р. 58 к. на каждый рубль возмещенных затрат.

*Заключение*

Таким образом, создание лесных ягодных плантаций, в частности княженики арктической, в условиях выработанных торфяников позволит выращивать редкие виды ягодных культур с более высокой урожайностью, а также повысить биоразнообразие региона.

На этапе введения эксплантов княженики арктической в культуру *in vitro* для обеспечения наиболее высокой приживаемости растений целесообразно использовать экостерилизатор бесхлорный при времени стерилизации 10 мин. Для получения наибольшего числа микропобегов на этапе микроразмножения рекомендуется добавление в питательную среду Мурасиге–Скуга цитокинина 6-бензиламинопурила в концентрации 0,5 мг/л. Для лучшей стимуляции корнеобразования на этапе укоренения растений в культуре *in vitro* необходимо наличие в питательной среде ауксина индолил-3-масляной кислоты в концентрации 1,0 мг/л с одновременным добавлением препарата «Экогель» в концентрации 0,5 мг/л. Для получения максимальной приживаемости растений княженики арктической при их адаптации к нестерильным условиям рекомендуется использовать кокосовый субстрат, а также верховой торф.

Расчеты показали, что поэтапное выращивание княженики арктической методом клонального микроразмножения с последующим доращиванием растений в кассетах и дальнейшим выращиванием в полевых условиях позволит наладить экономически выгодное производство. Высокая рентабельность (более 300 %) реализации готовых саженцев свидетельствует о возможности обеспечения производственного предприятия высококачественным посадочным материалом в короткие сроки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Агафонов Н.В., Фаустов В.В. Применение регуляторов роста в плодоводстве. М.: ВНИИТЭИСХ, 1972. 64 с. Agafonov N.V., Faustov V.V. *Using Growth Regulators in Fruit Farming*. Moscow, VNIITEISKh Publ., 1972. 64 p.
2. Баранова И.И., Смирнова Л.М., Ершова Г.Ф. Биологически активные вещества некоторых дикорастущих ягод Южной Карелии // Эколого-биологические особенности и продуктивность растений болот. Петрозаводск: Карел. фил. АН СССР, 1982. С. 134–140. Baranova I.I., Smirnova L.M., Ershova G.F. Biologically Active Substances of Some Wild Berries of South Karelia. *Ecological and Biological Features and Productivity of Bog Plants*. Petrozavodsk, Karel'skiy filial AN SSSR Publ., 1982, pp. 134–140.
3. Биотехнология: в 8 кн. Кн. 3: Клеточная инженерия / сост. Р.Г. Бутенко, М.В. Гусев, А.Ф. Киркин и др.; под ред. Н.С. Егорова, В.Д. Самуилова. М.: Высш. школа, 1987. 127 с. *Biotechnology*: In 8 Books. Book 3: Cellular Engineering. Content by R.G. Butenko, M.V. Gusev, A.F. Kirkin et al. Ed. by N.S. Egorov, V.D. Samuilov. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1987. 127 p.
4. Гельцер Г.В. Поленика (*Rubus arcticus* L.) как полезное и красивое растение // Вестн. Рос. общ-ва садоводства. 1860. № 6. С. 50–53. Gel'tser G.V. The Arctic Bramble (*Rubus arcticus* L.) as a Useful and Beautiful Plant. *Vestnik Rossiyskogo obshchestva sadovodstva*, 1860, no. 6, pp. 50–53.
5. Гудовских Ю.В., Егошина Т.Л., Кислицына А.В., Лугинина Е.А. Интродукция княженики арктической в условиях Волго-Вятского региона // Изв. СамНЦ РАН. 2017. Т. 19, № 2(2). С. 248–251. Gudovskikh Yu.V., Egoshina T.L., Kislitsyna A.V., Luginina E.A. Introduction of the Arctic Bramble in the Volga-Vyatka Region. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2017, vol. 19, no. 2(2), pp. 248–251.
6. Макаров С.С. Разработка технологии клонального микроразмножения лесных ягодных растений и введение их в культуру на выработанных торфяниках: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пушкино, 2019. 25 с. Makarov S.S. *Development of Technology for Clonal Micropropagation of Forest Berry Plants and Their Introduction on Developed Peatlands*: Cand. Agric. Sci. Diss. Abs. Pushkino, 2019. 25 p.
7. Методические рекомендации по определению экономической эффективности научных достижений в садоводстве / сост. А.С. Косякин и др. М.: Всерос. селекц.-технол. ин-т садоводства и питомниководства, 2005. 111 с. *Guidelines for Determining the Economic Efficiency of Scientific Achievements in Gardening*. Content by A.S. Kosyakin et al. Moscow, VSTISP Publ., 2005. 111 p.
8. Недревесные лесные ресурсы Костромской области: дикорастущие плоды и ягоды, лекарственные растения и грибы: моногр. / А.Ф. Черкасов и др. Кострома: КГТУ, 2006. 250 с. Cherkasov A.F. et al. *Non-Timber Forest Resources of the Kostroma Region: Wild Fruits and Berries, Medicinal Plants and Mushrooms*: Monograph. Kostroma, KSTU Publ., 2006, 250 p.
9. Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия / В.С. Шевелуха и др.; под ред. В.С. Шевелухи. М.: URSS, 2015. 700 с. Shevelukha V.S. et al. *Agricultural Biotechnology and Bioengineering*. Ed. by V.S. Shevelukha. Moscow, URSS Publ., 2015. 700 p.

10. Тяк Г.В. Выращиваем княженику // Питомник и частный сад. 2016. № 1. С. 18–22. Tyak G.V. Growing the Arctic Bramble. *Pitomnik i chastnyy sad*, 2016, no. 1, pp. 18–22.
11. Тяк Г.В., Алтухова С.А. Выращивание княженики арктической на выработанном торфянике // Интродукция нетрадиционных и редких растений: материалы IX Междунар. науч.-методич. конф. Мичуринск-научоград РФ: МичГАУ, 2010. Т. 1. С. 328–332. Tyak G.V., Altukhova S.A. The Cultivation of the Arctic Bramble on the Developed Peatland. *Introduction of Unconventional and Rare Plants: Proceedings of the IX International Scientific and Methodical Conference*. Michurinsk, MSAU Publ., 2010, vol. 1, pp. 328–332.
12. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Тяк А.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений // Вестн. КГАУ. 2016. Т. 11, № 2(40). С. 43–46. Tyak G.V., Kurlovich L.E., Tyak A.V. Biological Recultivation of Degraded Peatlands by Creating Forest Berry Plants. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of the Kazan State Agrarian University], 2016, vol. 11, no. 2(40), pp. 43–46. DOI: <https://doi.org/10.12737/20633>
13. Тяк Г.В., Макаров С.С., Калашникова Е.А., Тяк А.В. Размножение и культивирование княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) // Плодоводство и ягодоводство России. 2018. Т. 52. С. 95–99. Tyak G.V., Makarov S.S., Kalashnikova E.A., Tyak A.V. Reproduction and Cultivation of the Arctic Bramble (*Rubus arcticus* L.). *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* [Pomiculture and small fruits culture in Russia], 2018, vol. 52, pp. 95–99. DOI: <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-52-95-99>
14. Фрейдлинг М.В. Поленика (*Rubus arcticus* L.) // Изв. Кар.-Фин. фил. АН СССР. 1949. № 3. С. 49–57. Freudling M.V. The Arctic Bramble (*Rubus arcticus* L.). *Izvestiya Karelo-Finskogo filiala AN SSSR*, 1949, no. 3, pp. 49–57.
15. Чернова Е.П. Поляника (*Rubus arcticus* L.) и ее введение в культуру. М.; Л.: АН СССР, 1959. 35 с. Chernova E.P. *The Arctic Bramble (Rubus arcticus L.) and Its Introduction*. Moscow, AN SSSR Publ., 1959. 35 p.
16. Hiirsalmi H., Junnila S., Säkö J. “Aura” and “Astra”, Finnish Arctic Bramble Hybrid Varieties. *Annales Agriculturae Fenniae*, 1987, vol. 26, pp. 261–269.
17. Kokko H., Hämäläinen J., Kärenlampi S. Cultivation of Arctic Bramble in Finland is Seriously Disturbed by Downy Mildew. *Forestry Studies XXX International Conference. Wild Berry Culture: An Exchange of Western and Eastern Experiences*. Tartu, 1998, pp. 82–86.
18. Kostamo R., Toljamo A., Antonius K., Kärenlampi S.O. Morphological and Molecular Identification to Secure Cultivar Maintenance and Management of Self-Sterile *Rubus arcticus*. *Annals of Botany*, 2013, vol. 111, iss. 4, pp. 713–721. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mct029>
19. Murashige T., Skoog F. A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Physiologia Plantarum*, 1962, vol. 15, iss. 3, pp. 473–497. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
20. Noormets M., Karp K., Paal T. Recultivation of Opencast Peat Pits with *Vaccinium* Culture in Estonia. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 2003, vol. 64, pp. 1005–1014. DOI: <https://doi.org/10.2495/ECO030242>
21. Pirinen H., Dalman P., Kärenlampi S., Tammisola J., Kokko H. Description of Three New Arctic Bramble Cultivars and Proposal for Cultivar Identification. *Agricultural and Food Science in Finland*, 1998, vol. 7(4), pp. 455–468. DOI: <https://doi.org/10.23986/afsci.5608>
22. Ragnar M., Rytönen P., Hedh J. *Åkerbär*. Luleå, Sweden, Black Island Books, 2017. 169 p.
23. Vahejõe K., Albert T., Noormets M., Karp K., Paal T., Starast M., Värnik R. Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects. *Baltic Forestry*, 2010, vol. 16, no. 2(31), pp. 264–272.