

Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии имени В.Р. Филиппова. 2022. № 1(66). С. 99–104.

Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture named after V. Philippov. 2022;1(66):99–104.

Научная статья

УДК 634.739.3

doi: 10.34655/bgsha.2022.66.1.013

## ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ АУКСИНА ИУК И ПРЕПАРАТА ЭКОГЕЛЬ НА РИЗОГЕНЕЗ КЛЮКВЫ БОЛОТНОЙ (*OXYCOCCUS PALUSTRIS PERS.*) *IN VITRO*

Ирина Борисовна Кузнецова<sup>1</sup>, Сергей Сергеевич Макаров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваево, Костромская обл., Россия

<sup>2</sup>Филиал ФБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» «Центрально-европейская лесная опытная станция», Кострома, Россия

<sup>1</sup>sonnereiser@yandex.ru

<sup>2</sup>makarov\_serg44@mail.ru

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований по изучению влияния росторегулирующих веществ на процесс корнеобразования клюквы болотной (*Oxycoccus palustris Pers.*) в культуре *in vitro*. Основные проблемы использования недревесных ресурсов леса в России: неполное их вовлечение в лесопользование; истощение ягодных запасов в связи антропогенной нагрузкой; большие площади нарушенных земель, требующих рекультивации; низкая транспортная доступность лесов в таежных районах. В последнее время возрастает спрос на продукцию и сортовой посадочный материал лесных и болотных ягодных растений. Клональное микроразмножение – наиболее эффективный метод размножения для выращивания чистосортного посадочного материала с целью создания ягодных плантаций на неиспользуемых землях. Укоренение побегов – один из наиболее сложных этапов клонального микроразмножения, требующих использования ростостимулирующих веществ. На этапе «укоренение *in vitro*» изучалось влияние концентрации ауксина ИУК и препарата Экогель в питательной среде WPM на биометрические параметры растений клюквы болотной сорта Дар Костромы и гибридной формы 1-15-635. Максимальная суммарная длина корней (9,5 см) отмечена при концентрации ауксина ИУК 1,0 мг/л в питательной среде WPM. Добавление препарата Экогель в концентрации 0,5 мг/л в питательную среду способствовало статистически значимому увеличению (в 1,2–1,4 раза) суммарной длины корней клюквы болотной и незначительному увеличению (в 1,1–1,2 раза) количества и средней длины корней. Существенных различий по биометрическим показателям корнеобразования клюквы болотной между сортом Дар Костромы и гибридной формой 1-15-635 не отмечено.

**Ключевые слова:** клюква болотная, клональное микроразмножение, *in vitro*, укоренение, регуляторы роста, ауксин.

## INFLUENCE OF AUXIN IAA CONCENTRATION AND ECOGEL PREPARATION ON RHIZOGENESIS OF EUROPEAN CRANBERRY (*OXYCOCCUS PALUSTRIS* PERS.) *IN VITRO*

Irina B. Kuznetsova<sup>1</sup>, Sergey S. Makarov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo village, Kostroma region, Russia

<sup>2</sup>Central European Forest Experiment Station –Branch of All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, Kostroma, Russian Federation

<sup>1</sup>sonnereiser@yandex.ru

<sup>2</sup>makarov\_serg44@mail.ru

**Abstract.** *The article provides the results of studies on the effect of growth-regulating substances on the process of root formation of European cranberry (*Oxycoccus palustris* Pers.) in vitro. The main problems of using non-timber forest resources in Russia: their incomplete involvement in the forest management; depletion of berry stocks due to anthropogenic load; large areas of disturbed lands requiring reclamation; low transport accessibility of forest areas in taiga regions. Recently, the demand for products and varietal planting material of forest and marsh berry plants has been increasing. Clonal micropropagation is the most effective propagation method for growing pure-bred planting material in order to create berry plantations on unused areas. Shoot rooting is one of the most difficult stages of clonal micropropagation, requiring the use of growth-stimulating substances. The influence of the concentration of IAA auxin and the preparation Ecogel in the WPM nutrient medium on the biometric parameters of European cranberry plants of the Dar Kostromy cultivar and the hybrid form 1-15-635 at the stage of “rooting in vitro”. The maximum total root length (9.5 cm) is observed at IAA auxin concentration of 1.0 mg/l in the WPM nutrient medium. The addition of Ecogel at a concentration of 0.5 mg/l to the nutrient medium contributed to a statistically significant increase (by 1.2–1.4 times) in the total length of European cranberry roots and a slight increase (by 1.1–1.2 times) in the amount and medium root length. There are no significant differences in biometric indices of root formation of European cranberry between the Dar Kostromy cultivar and the hybrid form 1-15-635.*

**Keywords:** European cranberry, clonal micropropagation, *in vitro*, rooting, growth regulators, auxin.

**Введение.** Согласно Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года и в соответствии с планами Национального проекта «Экология» (федеральные проекты «Сохранение биоразнообразия и развитие экотуризма» и «Сохранение лесов») [1, 2] приоритетным направлением развития лесного хозяйства и поддержания экологической обстановки является сохранение лесных ресурсов (в том числе недревесных), их комплексное использование в целях удовлетворения различных потребностей общества, а также при организации многоцелевого, рационального и неистощительного лесопользования. В рамках данных проектов возможно одновременное решение ряда таких проблем, как неполное вовлечение недревесных лесных ресур-

сов в лесопользование, истощение ягодных запасов вследствие антропогенного воздействия, наличие большого количества площадей, требующих рекультивации нарушенных земель (включая выработанные торфяные месторождения и заброшенные сельскохозяйственные угодья), а также низкая транспортная доступность лесов с наибольшим объемом ягодных ресурсов, особенно в таежных районах [3–6]. Кроме того, в последнее время среди предпринимателей, фермерских хозяйств и садоводов возрастает спрос на продукцию и особенным образом на сортовой посадочный материал лесных и болотных ягодных растений (клюква, голубика, брусника, княженика и др.), отличающихся высокой урожайностью, крупноплодностью и морозостойкостью.

Потенциальному решению вышеназванных проблем может способствовать создание на неиспользуемых землях ягодных плантаций [4; 7; 8]. Для быстрого получения большого количества чистосортного и оздоровленного посадочного материала лесных ягодных растений для промышленного выращивания целесообразно использовать метод клонального микроразмножения [9]. Особое внимание при культивировании растений *in vitro* уделяется укоренению побегов (ризогенеза) и адаптации к нестерильным условиям как наиболее сложным и ответственным этапам клонального микроразмножения. При укоренении в качестве стимуляторов для образования корней обычно используют ауксины (индолилмасляная (ИМК), индолилуксусная (ИУК), нафтилуксусная (НУК) кислоты и др.), при этом оптимальная концентрация вещества в питательной среде зависит от вида растения [10–12]. Для более эффективного корнеобразования и лучшей адаптации к нестерильным условиям дополнительно применяют также биопрепараты и активные добавки общестимулирующего, общеукрепляющего и общеоздоравливающего действия (Домоцвет, Экогель, Корнерост и др.).

**Цель исследований** – изучить влияние концентрации ауксина ИУК и добавление препарата Экогель на биометрические показатели клюквы болотной на этапе укоренения *in vitro*.

**Объекты и методы.** Исследования проводили в 2019–2021 гг. в лаборатории клонального микроразмножения на базе Центрально-европейской лесной опытной станции ВНИИЛМ и в лаборатории биотехнологии Костромской ГСХА по общепринятым методикам [12]. В качестве объектов исследований использовали растения клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) сорта Дар Костромы и гибридной формы 1-15-635. Экспланты растений, полученные из апикальных меристем, стерилизовали с использованием экостерилизатора бесхлорного (5%), нитрата серебра (0,2%) и препарата Лизоформин 3000 (5%). После стерилизации растения культивировали на питательной среде WPM (Woody Plant Medium) в условиях световой комнаты при температуре +23...+25°C, влажности 75–80% и фотопериоде 16/8 часов. На этапе «собственно микроразмножение» использовали цитокинин 2-иР (2-изопенталаденин) в концентрациях 1,0–2,0 мг/л и препарат Эпин-Экстра в концентрации 0,5 мг/л.

На этапе «укоренение *in vitro*» в качестве росторегулирующих веществ использовали ауксин ИУК (индолилуксусная кислота) в концентрациях 0,5 и 1,0 мг/л и препарат Экогель в концентрации 0,5 мг/л (рис. 1). Учитывали количество, среднюю и суммарную длину корней в расчете на 1 растение. Повторность опыта – 10-кратная, в каждом варианте по 15 растений.



Рисунок 1. Растения клюквы болотной на этапе «укоренение *in vitro*» на питательной среде WPM с добавлением: а – ИМК; б – ИМК и препарата Экогель

Статистическую обработку полученных данных проводили с применением программ AGROS v.2.11 и Microsoft Office 2016. Оценку достоверности опытов проводили с помощью наименьшей существенной разности на 5% уровне значимости ( $НСП_{05}$ ), где: фактор А – концентрация росторегулирующего вещества; фактор В – сорт или форма.

**Результаты и обсуждение.** На этапе «укоренение *in vitro*» при концентрации в питательной среде WPM ауксина ИУК

0,5 мг/л количество корней на одно растение клюквы болотной составляло в среднем 3,1–3,2 шт., а при 1,0 мг/л оно было незначительно больше (4,0–4,3 шт.). При содержании в питательной среде препарата Экогель в концентрации 0,5 мг/л количество корней составляло, в среднем, 3,9 шт., а без препарата Экогель немного меньше – 3,4 шт. Различия по количеству корней между сортом Дар Костромы и гибридной формой 1-15-635 были незначительны (табл. 1).

**Таблица 1** – Влияние концентрации ауксина ИУК и препарата Экогель на количество корней на одно растение клюквы болотной *in vitro*

Сорт / форма	Концентрация ИУК, мг/л	Количество корней, шт.		Среднее
		без препарата Экогель	Экогель 0,5 мг/л	
Сорт Дар Костромы	0,5	2,9	3,3	3,1
	1,0	3,5	4,5	4,0
Гибридная форма 1-15-635	0,5	3,1	3,4	3,2
	1,0	4,1	4,5	4,3
Среднее		3,4	3,9	-
НСП <sub>05</sub> фактор А = 1,53, фактор В = 1,24, общ. = 1,92				

Средняя длина корней на одно растение клюквы болотной варьировала в пределах 2,8–3,3 см. Существенных различий по средней длине корней на одно расте-

ние клюквы болотной в зависимости от концентрации ауксина ИУК, как и от наличия в питательной среде препарата Экогель, не выявлено (табл. 2).

**Таблица 2** – Влияние концентрации ауксина ИУК и препарата Экогель на среднюю длину корней на одно растение клюквы болотной *in vitro*

Сорт / форма	Концентрация ИУК, мг/л	Средняя длина корней, см		Среднее
		без препарата Экогель	Экогель 0,5 мг/л	
Сорт Дар Костромы	0,5	3,1	3,5	3,3
	1,0	2,7	2,9	2,8
Гибридная форма 1-15-635	0,5	3,0	3,4	3,2
	1,0	2,7	3,3	3,0
Среднее		2,8	3,3	-
НСП <sub>05</sub> фактор А = 1,12, фактор В = 1,16, общ. = 2,01				

Суммарная длина корней клюквы болотной была больше при концентрации ауксина ИУК 1,0 мг/л, она составляла у сорта Дар Костромы, в среднем, 11,3 см, у гибридной формы 1-15-635 – 13,0 см, а при концентрации 0,5 мг/л – 10,3 и 10,5 см соответственно. При наличии в пи-

тательной среде препарата Экогель в концентрации 0,5 мг/л суммарная длина корней была, в среднем, 12,8 см, что значительно больше, чем без препарата Экогель – 9,7 см. Сортных различий не выявлено (табл. 3).

**Таблица 3** – Влияние концентрации ауксина ИУК и препарата Экогель на суммарную длину корней на одно растение клюквы болотной *in vitro*

Сорт / форма	Концентрация ИУК, мг/л	Суммарная длина корней, см		Среднее
		без препарата Экогель	Экогель 0,5 мг/л	
Сорт Дар Костромы	0,5	9,0	11,6	10,3
	1,0	9,5	13,0	11,3
Гибридная форма 1-15-635	0,5	9,3	11,6	10,5
	1,0	11,1	14,9	13,0
Среднее		9,7	12,8	-
НСР <sub>05</sub> фактор А = 1,59, фактор В = 1,98, общ. = 2,50				

**Заключение.** Таким образом, в результате проведенных экспериментов по клональному микроразмножению клюквы болотной можно сделать следующие выводы.

1. Максимальная суммарная длина корней (9,5 см) формировалась при концентрации в питательной среде WPM ауксина ИУК 1,0 мг/л.

2. Наличие в питательной среде препарата Экогель в концентрации 0,5 мг/л способствовало незначительному увеличению количества, средней длины и статистически значимому увеличению суммарной длины корней клюквы болотной.

3. Различий по количеству и длине корней клюквы болотной между сортом Дар Костромы и гибридной формой 1-15-635 не выявлено.

#### Список источников

1. Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 11.02.2021 № 312-р.

2. Паспорт национального проекта «Экология». Утв. протоколом президиума Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и национальным проектам от 24.12.2018 № 16

3. Торфяные болота России: к анализу отраслевой информации / под ред. А.А. Сирина, Т.Ю. Минаевой. Москва : Геос, 2001. 90 с.

4. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Тяк А.В. Биологическая рекультивация выработанных торфяников путем создания посадок лесных ягодных растений // Вестник Казанского гос. аграрного ун-та. 2016. Т. 11. № 2. С. 43–46.

5. Проблемы использования и воспроизводства фитогенных пищевых и лекар-

ственных ресурсов леса на землях лесного фонда Костромской области / С.С. Макаров, Е.С. Багаев, С.Ю. Цареградская, И.Б. Кузнецова // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2019. № 6. С. 118–131.

6. Чудецкий А.И., Сидоренкова Е.М., Макаров С.С. Анализ транспортной доступности лесного фонда в Костромской области // Лесохозяйственная информация. 2020. № 3. С. 58–66. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

7. Noormets M., Karp K., Paal T. Recultivation of Opencast Peat Pits with Vaccinium Culture in Estonia // Ecosystems and Sustainable Development. 2003. Vol. 2. Pp. 1005-1014.

8. Vahejõe K. et al. Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects // Baltic Forestry. 2010. Vol. 16. No. 2. Pp. 264–272.

9. Сельскохозяйственная биотехнология : учебник / В.С. Шевелуха [и др.]. Москва : Высшая школа, 2008. 416 с.

10. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. Москва : ФБК-Пресс, 1999. 160 с.

11. Деменко В.И., Шестибратов К.А., Лебедев В.Г. Укоренение – ключевой этап размножения растений *in vitro* // Известия ТСХА. 2010. Вып. 1. С. 73- 85.

12. Калашникова Е.А. Клеточная инженерия растений : учеб. и практикум для вузов. Москва : Юрайт, 2020. 333 с.

#### References

1. Strategiya razvitiya lesnogo kompleksa Rossijskoj Federacii do 2030 goda [The Strategy for the Development of the Forest Complex of the Russian Federation for the Period up to 2030]. Approved by Order of the Government of the Russian Federation dated February 11. 2021. No 312-r (In Russ.)

2. Pasport nacional'nogo proekta

“Ekologiya” [Passport of the National Project “Ecology”]. Approved by Protocol of the Presidium of the Council under the President of the Russian Federation for Strategic Development and National Projects dated December 24. 2018. No 16 (In Russ.)

3. Sirin A.A., Minaeva T.Yu., Torfyanye bolota Rossii: k analizu otraslevoj informacii [Peat Bogs of Russia: To the Analysis of Industry Information]. Moscow : Geos, 2001. 190 p. (In Russ.)

4. Tyak G.V., Kurlovich L.E., Tyak A.V. Biological recultivation of degraded peatlands by creating forest berry plants. *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2016;11(2):43-46 (In Russ.)

5. Makarov S.S., Bagaev E.S., Tsaregradskaya S.Yu., Kuznetsova I.B. Problems of Use and Reproduction of Phytogenic Food and Medicinal Forest Resources on the Forest Fund Lands of the Kostroma Region. *Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal)*. 2019;6:118131 (In Russ.)

6. Chudetsky A.I., Sidorenkova E.M., Makarov S.S. Analysis of Transport Accessibility of the Forest Fund in the Kostroma Region. *Lesohozyajstvennaya informaciya [Forestry Information]*. 2020;3:58–66. URL: <http://lhi.vniilm.ru/> (In Russ.)

//lhi.vniilm.ru/ (In Russ.)

7. Noormets M., Karp K., Paal T. Recultivation of Opencast Peat Pits with *Vaccinium* Culture in Estonia. *Ecosystems and Sustainable Development*. 2003;2:1005-1014.

8. Vahejxe K. [et al.]. Berry Cultivation in Cutover Peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects. *Baltic Forestry*, 2010;16(2):264–272.

9. Sheveluha V.S. [et al.]. Selskohozyajstvennaya biotekhnologiya [Agricultural Biotechnology]. Moscow. Vysshaya shkola. 2008. 416 p. (In Russ.)

10. Butenko R.G. Biologiya kletok vysshih rastenij in vitro i biotekhnologii na ih osnove [Biology of Cells of Higher Plants In Vitro and Biotechnology Based on Them]. Moscow : FBK-Press, 1999. 160 p. (In Russ.)

11. Demenko V.I., Shestibratov K.A., Lebedev V.G. Ukorenenie – klyuchevoj etap razmnozheniya rastenij in vitro [Rooting is a Key Stage in Plant Reproduction In Vitro]. *Izvestiya TSKhA [News of the Timiryazev Agricultural Academy]*. 2010;1:73–85 (In Russ.)

12. Kalashnikova E.A. Kletochnaya inzheneriya rastenij [Cellular Plant Engineering]. Moscow. Urait. 2020. 333 p. (In Russ.)

#### Информация об авторах

**Ирина Борисовна Кузнецова** – доцент кафедры агрохимии, почвоведения и защиты растений;

**Сергей Сергеевич Макаров** – старший научный сотрудник группы недревесной продукции леса.

#### Information about the authors

**Irina B. Kuznetsova** – Associate Professor of Agrochemistry, Soil Science and Plant Protection Chair;

**Sergey S. Makarov** – Senior Researcher of Non-timber Forest Products Group.

Статья поступила в редакцию 04.10.2021; одобрена после рецензирования 20.10.2021; принята к публикации 14.01.2022.

The article was submitted 04.10.2021; approved after reviewing 20.10.2021; accepted for publication 14.01.2022.