

ИЗУЧЕНИЕ АДАПТАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕСНЫХ ЯГОДНЫХ РАСТЕНИЙ *EX VITRO* В ПОЧВЕННО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.И. КУЛИКОВА¹, Л.В. ЗАРУБИНА¹, В.В. СУРОВ¹,
Д.В. ДОНЯ², Ю.В. УСТИНОВА², Н.С. УМНОВ²

¹Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина

²Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева)

Приведены результаты исследований по изучению фенологических и морфологических особенностей лесных ягодных растений, полученных методом микроклонального размножения и адаптированных *ex vitro*, после пересадки в условия открытого грунта в Вологодском районе Вологодской области. В настоящее время в условиях импортозамещения и спроса на плодово-ягодную продукцию необходимо промышленное выращивание посадочного материала ягодных растений. В качестве объектов исследований изучали растения брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) сортов 'Костромичка' и 'Костромская розовая', голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) сортов 'Northblue' и 'Northcountry', клюквы болотной (*Vaccinium oxycoccos* L.) сортов 'Дар Костромы' и 'Северянка', княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) сортов 'Astra' и 'Галина'. Зимостойкость 2-летних саженцев изучаемых ягодных культур, полученных методом *in vitro*, после перезимовки в 1-й декаде мая составляла 89–100%. Растения *R. arcticus* 2-го года жизни имели высоту в среднем 9,3–10,2 см, *V. angustifolium* – 17,4–18,1 см, *V. oxycoccos* – 6,4–7,2 см, *V. vitis-idaea* – 6,2–7,0 см. Урожайность воздушно-сухой фитомассы листьев 2-летних растений *R. arcticus* составила в среднем 112,9–151,8 г/м², *V. vitis-idaea* – 2,1–2,2 г/м²; воздушно-сухая масса листьев растений составляла 18–21% от сырой массы. На 2-летних растениях *R. arcticus* отмечено повреждение листьев крестоцветной блошкой (*Phyllotreta Stephens*). Полученные результаты свидетельствуют о достаточно высокой адаптационной способности изучаемых ягодных растений в почвенно-климатических условиях Вологодской области.

Ключевые слова: ягодные растения, брусника, голубика, клюква, княженика, *Vaccinium*, *Rubus*, открытый грунт, фенологические признаки, морфологические признаки, фитомасса.

Введение

Существующая на сегодняшний день потребность в продукции нетрадиционных для садоводства ягодных культур не обеспечивается имеющимися в стране лесными дикоросами и площадями культурных плантаций. При этом природные популяции ягодников интенсивно сокращаются в связи с повышением антропогенной нагрузки, не контролируемой эксплуатацией угодий и различными природно-климатическими изменениями [49]. Выращивание посадочного материала дикорастущих ягодных растений с целью создания новых питомников, создания маточных насаждений будет способствовать обеспечению российских производителей ягод и лекарственных растений сортовым посадочным материалом, импортозамещению в данном направлении. Высокая потребность в посадочном материале в совокупности с ограничением ввоза на территорию России саженцев, инфицированных карантинными объектами, актуализирует необходимость восстановления системы отечественного производства посадочного материала и саженцев высших категорий качества [11]. Российский рынок ягод характеризуется относительно стабильными размерами

посевных площадей и сборов, преобладанием нетоварного и мелкотоварного производства, небольшим числом крупных производителей, высокими объемами импортных поставок [6]. Снижение уровня импортозависимости относительно плодов и ягод является одним из приоритетов в государственной аграрной политике России.

Для решения проблемы производства качественного отечественного оздоровленного посадочного материала ягодных культур высших категорий качества большая роль отводится плодovому питомниководству [11], являющемуся базой для закладки ягодников чистосортным сертифицированным посадочным материалом. Российский рынок посадочного материала недостаточно развит: его доля в мире составляет не более 5–10%. Импортный посадочный материал не всегда отвечает требованиям стандарта и не адаптирован к природно-климатическим условиям страны [6]. Большинство дикорастущих ягодных растений, не имеющих пока еще широкого распространения в промышленном культивировании в России, имеют хорошие возможности вегетативного размножения [51–53, 58, 59]. Использование сортов отечественной селекции, не уступающих зарубежным аналогам по зимостойкости, крупноплодности, урожайности и устойчивости к влиянию болезней и вредителей [16, 27, 35], является наиболее целесообразным при выращивании ягодных растений в суровых климатических условиях северных регионов России.

В настоящее время сохранение биоразнообразия растений и создание коллекций *in vitro* являются одними из перспективных направлений биотехнологии. В частности, широко применяемый метод клонального микроразмножения позволяет в кратчайшие сроки получить большое количество растений при недостатке исходного материала. Клональное микроразмножение растений имеет ряд существенных преимуществ – таких, как получение генетически однородного материала, проведение работ в течение всего года, ускорение роста растений, оздоровление растений от вирусов и других инфекций, высокий коэффициент размножения, экономия площадей, занятых маточными и размножаемыми растениями, получение экологически чистого сырья. Кроме того, в условиях *in vitro* часто размножаются и укореняются те растения, которые совсем не размножаются или плохо размножаются традиционными способами [7, 8].

Результаты множества исследований по клональному микроразмножению ягодных растений – таких, как голубика [4, 9, 10, 26, 29, 31, 30, 33, 38, 44, 46, 48, 54, 56, 57, 62], брусника [4, 9, 13, 18, 38, 39, 41, 45, 48, 60–62], клюква [2, 3, 9, 17, 19, 30, 38, 42, 46, 48, 56], жимолость [20–22, 25, 29, 32, 33, 38, 43, 44], княженика [4, 5, 9, 15, 23, 24, 28, 29, 30, 33, 34, 38, 44, 47, 48, 56, 63] и других, показывают высокую эффективность и перспективы применения данного способа получения сортового посадочного материала в промышленных масштабах. При этом необходимо проведение дополнительных исследований по изучению особенностей роста и развития ягодных растений, выращенных с помощью метода культуры клеток и тканей, в открытом грунте в условиях Северо-Западного региона Европейской части России.

Цель исследований: изучение фенологических и морфологических особенностей ягодных растений (брусника обыкновенная, голубика узколистная, клюква болотная, княженика арктическая), полученных методом микроразмножения, при выращивании в открытом грунте в условиях Вологодской области.

Материал и методы исследований

Исследования проводили на опытном участке на базе ФГБОУ ВО «Вологодская ГМХА имени Н.В. Верещагина» (Вологодский район Вологодской области) в 2022–2023 гг. В качестве объектов исследований изучали ягодные растения

2-летнего возраста, выращенные предварительно в условиях *in vitro* и адаптированные к условиям *ex vitro*: брусника обыкновенная (*Vaccinium vitis-idaea* L.) сортов ‘Костромичка’ и ‘Костромская розовая’; голубика узколистная (*Vaccinium angustifolium* Ait.) сортов ‘Northblue’ и ‘Northcountry’; клюква болотная (*Vaccinium oxycoccos* L.) сортов ‘Дар Костромы’ и ‘Северянка’; княженика арктическая (*Rubus arcticus* L.) сортов ‘Astra’ и ‘Галина’. Адаптированный посадочный материал был высажен в открытый грунт. Субстрат для выращивания готовили из низового торфа и речного песка в соотношении 3:1, подкисляя его раствором лимонной кислоты до оптимальных для каждой культуры значений pH: *V. vitis-idaea* и *V. oxycoccos* – 3,8...4,5; *V. angustifolium* – 4,5...5,2; *R. arcticus* – 3,2...4,0. Схема посадки: *V. vitis-idaea* – 0,3×1,0 м, *V. angustifolium* – 1,5×2,0 м, *V. oxycoccos* – 0,4×0,4 м, *R. arcticus* – 0,4×1,0 м.

Район исследований характеризуется умеренно-континентальным климатом с умеренно-теплым летом и относительно холодной зимой. Среднегодовая температура составляет +2,4...+2,8°C при средней температуре самого холодного месяца –11°C, а самого теплого – +17°C. Продолжительность залегания снежного покрова – 165–170 дней. Среднегодовое количество осадков составляет 520–600 мм. Во время вегетации выпадает до 300 мм [1, 14, 40]. В 2022 г. осенний период по показателям температуры воздуха и количества осадков был близким к среднемугодовым значениям, а погодные условия – благоприятными для подготовки саженцев к перезимовке. На территории района преобладают дерново-подзолистые среднесуглинистые почвы на породах различного состава, с кислой реакцией по всему профилю [1].

Полевую оценку зимостойкости изучаемых культур проводили по принятой методике [50] путем определения степени подмерзания побегов через 20 дней после начала вегетации растений. Фенологические наблюдения за растениями проводили по общепринятой методике [36]. При этом учитывали фазы начала и массового проявления вегетации, бутонизации, цветения, плодоношения, осеннего окрашивания листьев и дату начала периода зимнего покоя.

Для анализа морфометрических показателей брали по 10 растений каждого изучаемого вида. Для изучения сырьевой фитомассы ягодных растений в виде листьев для высушивания отбирали также с 10 растений каждого вида. Количество фитомассы лекарственного сырья с 1 растения находили умножением среднего количества побегов на 1 экземпляре на среднюю массу сырьевой части одного побега в воздушно-сухом состоянии. Урожайность фитомассы подсчитывали умножением количества экземпляров с 1 м² на ее количество с 1 экземпляра [37].

Виды насекомых, повреждающих органы исследуемых растений, и вид повреждения определяли, используя определитель [55].

Статистическую обработку экспериментальных данных производили по общепринятым методикам [12] с использованием программных средств Microsoft Office Excel 2019.

Результаты и их обсуждение

Зимний период 2022–2023 гг. оказался достаточно многоснежным и вполне благоприятным для растений. Зимостойкость маточных насаждений ягодных растений была высокой и составила от 89% перезимовавших и тронувшихся в рост растений *V. vitis-idaea* и 92% растений *V. angustifolium* до 100% успешно перезимовавших растений *V. oxycoccos* и *R. arcticus*.

Результаты наблюдений за фенологическими изменениями (даты проявления фаз развития) изучаемых ягодных растений приведены в таблице 1.

Растения изучаемых ягодных растений, выращенные из саженцев *ex vitro*, на 2-м году жизни еще не вступали в плодоношение и, соответственно, не проходили фазы бутонизации, цветения и плодоношения. При этом раньше всех из изучаемых культур в стадию вегетации вступили растения *R. arcticus* (2-я декада апреля), позже всех – *V. oxycoccos* (2-я декада мая). Фазу окончания вегетации у растений *R. arcticus*, *V. angustifolium* и *V. oxycoccos* отмечали по началу изменения окраски листьев – в основном в 3-й декаде сентября. Раньше всех из изучаемых видов на зимний покой ушли растения *R. arcticus* (2-я декада октября), позже всех – *V. vitis-idaea* (1-я декада ноября) (рис. 1).

Таблица 1

Даты наступления фенологических фаз развития ягодных растений 2-го года жизни в природно-климатических условиях Вологодской области

Вид	Сорт	Фенологическая фаза			
		Вегетация			Зимний покой
		начало	массово	окончание	
<i>R. arcticus</i>	Astra	13.04	18.04	10.10	15.10
	Галина	15.04	22.04	08.10	13.10
<i>V. oxycoccos</i>	Дар Костромы	11.05	16.05	26.09	30.10
	Северянка	14.05	18.05	3.10	02.11
<i>V. angustifolium</i>	Northblue	17.04	23.04	18.10	30.10
	Northcountry	17.04	25.04	24.10	01.11
<i>V. vitis-idaea</i>	Костромичка	18.04	25.04	10.10	03.11
	Костромская розовая	20.04	26.04	12.10	03.11



а



б

Рис. 1. Осеннее окрашивание листьев ягодных растений 2-го года жизни, полученных методом *in vitro*, на опытном участке Вологодской ГМХА имени Н.В. Верещагина в 1-й декаде октября:
а – *V. oxycoccos* ‘Северянка’; б – *V. angustifolium* ‘Northblue’

Морфометрические показатели изучаемых ягодных культур на 2-й год жизни приведены в таблице 2.

Анализ данных таблицы 2 показал, что средние морфометрические показатели 2-летних растений *R. arcticus* изучаемых сортов имеют близкие значения. Побеги 2-летних растений имели высоту в среднем 9,3–10,2 см, в основном по 2 листа на одном побеге. Кроме того, в конце июня – начале июля, в период активной вегетации, на растениях *R. arcticus* обоих сортов была обнаружена крестоцветная блошка (*Phyllotreta* Stephens). Листовые пластины были массово повреждены взрослыми особями блошки (жуками), где также отчетливо были видны следы скелетирования (рис. 2). Вероятнее всего, на растения княженики данный вредитель перешел с сорной растительности семейства Капустные (*Brassicaceae*), которая в естественных полевых условиях произрастает массово и достаточно близко к опытному участку.

Таблица 2

Морфометрические показатели культур ягодных растений 2-го года жизни в природно-климатических условиях Вологодской области

Вид	Сорт	Высота растений, см	Число побегов, шт/растение	Средняя длина побега, см	Число листьев на 1 побеге, шт.
<i>R. arcticus</i>	Astra	10,2±1,03	9,0±0,82	–	2,0±0,24
	Галина	9,3±0,95	10,1±0,88	–	2,2±0,23
<i>V. oxycoccos</i>	Дар Костромы	6,4±0,60	5,4±0,56	14,0±1,18	–
	Северянка	7,2±0,65	5,1±0,52	13,2±1,14	–
<i>V. angustifolium</i>	Northblue	17,4±1,62	3,0±0,32	–	9,0±0,88
	Northcountry	18,1±1,76	2,4±0,22	–	7,5±0,72
<i>V. vitis-idaea</i>	Костромичка	7,0±0,68	2,2±0,25	–	11,3±1,12
	Костромская розовая	6,2±0,56	2,0±0,19	–	10,1±1,05



Рис. 2. Повреждение листьев 2-летних растений *R. arcticus* сорта 'Astra' крестоцветной блошкой (1-я декада июля)

Средняя высота растений *V. oxycoccos* составляла: у сорта ‘Дар Костромы’ – 6,4 см, у сорта ‘Северянка’ – 7,2 см; средняя длина побегов – 14,0 и 13,2 см соответственно. На одном растении у каждого сорта формировалось в среднем по 5 побегов.

Число побегов на одном растении *V. angustifolium* 2-го года жизни составило в среднем 3,0 шт. у сорта ‘Northblue’, 2,4 шт. – у сорта ‘Northcountry’ при средней высоте растений 17,4 и 18,1 см соответственно. При этом в среднем количество листьев на побеге у растений сорта ‘Northblue’ составляло 9,0 шт., у сорта ‘Northcountry’ – 7,5 шт.

Высота кустов *V. vitis-idaea* обоих изучаемых сортов была примерно одинаковой (6,2–7,0 см). Каждое растение брусники 2-го года жизни сформировало в среднем по 2 побега. Количество листьев на одном побеге в среднем составило 10–11 шт.

В целом можно отметить, что у каждого изучаемого ягодного растения 2-го года жизни морфометрические показатели по сортам были весьма близкими.

Результаты учета фитомассы лекарственного сырья показали, что масса листьев с одного растения *R. arcticus* в сыром состоянии составила 22–25 г, в воздушно-сухом состоянии – 4–5 г. После сушки в сухожаровом шкафу масса листьев составляла 18–20% от сырой массы. Урожайность воздушно-сухих листьев с растений *R. arcticus* сорта ‘Галина’ составила 151,8 г/м², что на 38,9 г больше, чем у сорта ‘Астра’ (табл. 3).

Средняя масса листьев в сыром состоянии с одного куста *V. vitis-idaea* 2-го года выращивания у сорта ‘Костромичка’ составила в среднем 1,66 г, у сорта ‘Костромская розовая’ – 1,9 г, в воздушно-сухом состоянии – 0,35 г (21% от сырой) и 0,37 г (19% от сырой) соответственно. У исследуемых сортов *V. vitis-idaea* разница в урожайности листьев (2,1–2,2 г/м²) была незначительной.

Таблица 3

Урожайность воздушно-сухой фитомассы листьев ягодных растений 2-го года жизни в природно-климатических условиях Вологодской области

Сорт	Средняя масса сырьевой части одного побега, г		Количество фитомассы, г/растение	Количество экземпляров на 1 м ² , шт.	Урожайность, г/м ²
	сырая	воздушно-сухая			
<i>R. arcticus</i>					
Астра	22,46±2,24	4,18±0,42	37,62±3,21	3	112,9±10,22
Галина	25,17±2,45	5,06±0,48	50,6±4,78	3	151,8±14,60
<i>V. vitis-idaea</i>					
Костромичка	1,66±0,12	0,35±0,05	0,70±0,05	3	2,1±0,18
Костромская розовая	1,90±0,17	0,37±0,04	0,74±0,06	3	2,2±0,20

Выводы

Таким образом, исследуемые ягодные растения (брусника, голубика, клюква, княженика), полученные методом клонального микроразмножения, на 2-м году жизни имели высокую адаптационную способность в почвенно-климатических условиях Вологодского района Вологодской области. Зимостойкость маточных насаждений была достаточно высокой (89–100%). Все исследуемые растения на 2-й год жизни обеспечили наращивание фитомассы. Видовой состав вредителей зафиксирован

только на растениях княженики арктической, тогда как на других исследуемых культурах болезни и вредители отмечены не были.

Полученные результаты свидетельствуют о перспективах выращивания адаптированного посадочного материала в промышленных садоводческих хозяйствах в целях обеспечения посадочным материалом российских производителей. Для комплексной оценки устойчивости культур к внешним факторам среды в условиях данного региона проводятся дальнейшие наблюдения.

Библиографический список

1. Агроклиматические ресурсы Вологодской области: Справочник / Северное управление гидрометеорологической службы. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 185 с.

2. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Родин С.А. и др. Адаптация клюквы болотной *Oxycoccus palustris* Pers. к нестерильным условиям с добавлением экопрепаратов и гормонов // Сибирский лесной журнал. – 2022. – № 1. – С. 52–60. DOI: 10.15372/SJFS20220105.

3. Макаров С.С., Самойленко З.А., Макарова Т.А. и др. Адаптация клюквы крупноплодной (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) к условиям *ex vitro* с применением гидропонного метода // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 11. – С. 104–112. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-104-112.

4. Макаров С.С., Чудецкий А.И., Тяк Г.В. и др. Адаптация лесных ягодных растений к нестерильным условиям *in vivo* с применением современных биопрепаратов // Лесохозяйственная информация. – 2021. – № 3. – С. 84–91. DOI: 10.24419/LNI.2304-3083.2021.3.07.

5. Макаров С.С., Упадышев М.Т., Родин С.А. и др. Адаптация растений-регенерантов княженики арктической к условиям *ex vitro* с применением гидропонии // Сибирский лесной журнал. – 2023. – № 4. – С. 75–82. DOI: 10.15372/SJFS20230408.

6. Федоренко В.Ф., Мишуров Н.П., Кондратьева О.В. и др. Анализ состояния и перспективы направления развития питомниководства и садоводства: Научный аналитический обзор. – М.: Росинформагротех, 2019. – 88 с.

7. Макаров С.С., Антонов А.М., Куликова Е.И. и др. Биотехнология в садоводстве. Выращивание плодовых и редких ягодных растений в культуре *in vitro*. Лабораторный практикум: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2023. – 128 с.

8. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе: Учебное пособие. – М.: ФБК-Пресс, 1999. – 160 с.

9. Макаров С.С., Родин С.А., Кузнецова И.Б. и др. Влияние освещения на ризогенез ягодных растений при клональном микроразмножении // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51, № 3. – С. 520–528. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-3-520-528.

10. Макаров С.С., Куликова Е.И., Кузнецова И.Б. и др. Влияние состава питательной среды на корнеобразование голубики топяной (*Vaccinium uliginosum* L.) севернороссийского происхождения в культуре *in vitro* // Вестник КрасГАУ. – 2023. – № 12. – С. 121–127. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-12-121-127.

11. Гегечкори Б.С., Дорошенко Т.Н., Щербаков Н.А. Инновационные технологии производства посадочного материала плодовых и ягодных культур: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2022. – 208 с.

12. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): Учебник. – Изд. 6-е. – М.: Альянс, 2011. – 350 с.

13. Чудецкий А.И., Заушинцева А.В., Родин С.А. и др. Использование современных ростостимулирующих экопрепаратов при микроразмножении

- брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 2. – С. 56–66. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.05.
14. *Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Богданова Э.Г. и др.* Климат России: Монография / Под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: Гидрометеоздат, 2001. – 654 с.
15. *Макаров С.С., Упадышев М.Т., Сунгурова Н.Р. и др.* Клональное микро-размножение лесных ягодных растений рода *Rubus* // Техника и технология пищевых производств. – 2024. – Т. 54, № 1. – С. 60–70. DOI: 10.21603/2074-9414-2024-1-2488.
16. *Тяк Г.В., Макаров С.С., Коренев И.А.* Создание новых сортов лесных ягодных растений и перспективы их интенсивного размножения (*in vitro*) // Лесохозяйственная информация. – 2019. – № 3. – С. 180–189. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.15.
17. *Кузнецова И.Б., Макаров С.С.* Влияние концентрации ауксина ИУК и препарата Экогель на ризогенез клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) *in vitro* // Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2022. – № 1 (66). – С. 99–104. DOI: 10.34655/bgsha.2022.66.1.013.
18. *Кузнецова И.Б., Чудецкий А.И., Тяк Г.В.* Влияние освещения на процессы побегообразования и ризогенеза брусники обыкновенной при клональном микро-размножении // Вестник Бурятской ГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2021. – № 3 (64). – С. 102–108. DOI: 10.34655/bgsha.2021.64.3.013.
19. *Кузнецова И.Б., Макаров С.С.* Влияние питательной среды и росторегулирующих веществ на корнеобразование клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) *in vitro* // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 6 (92). – С. 99–103. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-92-6-99-103.
20. *Кузнецова И.Б., Макаров С.С., Абдурасули Б.* Влияние росторегулирующих веществ на органогенез растений-регенерантов на этапе «собственно микро-размножение» при клонировании ягодных культур // Плодоводство и ягодоводство России. – 2016. – Т. XXXVII. – С. 198–202.
21. *Макаров С.С., Калашникова Е.А., Киракосян Р.Н.* Вегетативное размножение жимолости синей (*Lonicera ceruleae* L.) в условиях *in vivo* и *in vitro* // Известия ТСХА. – 2018. – № 1. – С. 82–91. DOI: 10.26897/0021-342X-2018-1-82-91.
22. *Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Смирнов В.С.* Влияние регуляторов роста на органогенез жимолости при клональном микро-размножении // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4. – С. 36–42. DOI: 10.31677/2072-6724-2018-49-4-36-42.
23. *Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Смирнов В.С.* Влияние регуляторов роста на органогенез растений при клональном микро-размножении княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) // Лесохозяйственная информация. – 2017. – № 2. – С. 103–108. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2017.2.10.
24. *Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Клевцов Д.Н.* Влияние росторегулирующих веществ на органогенез растений княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) при клональном микро-размножении // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 3 (89). – С. 88–92. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-89-3-88-92.
25. *Макаров С.С., Калашникова Е.А.* Влияние состава питательной среды на клональное микро-размножение жимолости съедобной // Плодоводство и ягодоводство России. – 2017. – Т. XLIX. – С. 217–222.
26. *Макаров С.С., Кузнецова И.Б.* Клональное микро-размножение голубики полувысокой на этапах «введение в культуру» и «собственно микро-размножение» // Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2019. – № 3 (56). – С. 28–33. DOI: 10.34655/bgsha.2019.56.3.004.
27. *Макаров С.С., Тяк Г.В.* Княженика обыкновенная (*Rubus arcticus* L.): разработка методики проведения испытаний на отличимость, однородность и стабильность // Вестник Курской ГСХА. – 2023. – № 7. – С. 79–85.

28. Макаров С.С., Кузнецова И.Б. Корнеобразование *in vitro* и адаптация *ex vitro* княженики арктической при клональном микроразмножении // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 6 (74). – С. 52–55.
29. Макаров С.С., Родин С.А., Чудецкий А.И. Методические рекомендации по выращиванию посадочного материала лесных ягодных культур *in vitro* и *in vivo*: Методические рекомендации. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2019. – 24 с.
30. Макаров С.С. Научно-методическое обоснование технологии размножения и плантационного выращивания лесных ягодных растений: Дис. ... д-ра с.-х. наук. – Пушкино, 2022. – 467 с.
31. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Суров В.В. Органогенез голубики полувисокой при клональном микроразмножении в зависимости от условий освещения // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4 (90). – С. 76–79. DOI: 10.37670/2073-0853-2021-90-4-76-79.
32. Макаров С.С., Калашникова Е.А., Румянцева Е.П. Продуктивность растений жимолости съедобной в зависимости от технологии их размножения // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Лес. Экология. Природопользование». – 2018. – № 3 (39). – С. 76–83. DOI: 10.15350/2306-2827.2018.3.76.
33. Макаров С.С. Разработка технологии клонального микроразмножения лесных ягодных растений и введение их в культуру на выработанных торфяниках: Дис. ... канд. с.-х. наук. – Пушкино, 2019. – 132 с.
34. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Смирнов В.С. Совершенствование технологии клонального микроразмножения княженики арктической // Лесохозяйственная информация. – 2018. – № 4. – С. 91–97.
35. Макеева Г.Ю., Тяк Г.В., Макеев В.А., Макаров С.С. Создание первых российских сортов голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) // Современное садоводство. – 2023. – № 1. – С. 1–14. DOI: 10.52415/23126701_2023_0101. – Режим доступа: <https://journal-vniispk.ru/pdf/2023/1/1.pdf> (дата обращения: 07.02.2024).
36. Владимиров Д.Р., Гладилин А.А., Гнеденко А.Е. и др. Методика ведения фенологических наблюдений. – М.: Альпина Про, 2023. – 208 с.
37. Методика определения запасов лекарственных растений / Государственный комитет СССР по лесному хозяйству; Министерство медицинской и микробиологической промышленности. – М.: ЦБНТИлесхоза, 1986. – 52 с.
38. Макаров С.С., Чудецкий А.И., Родин С.А., Куликова Е.И. Методические рекомендации по выращиванию посадочного материала лесных ягодных растений в культуре *in vitro*. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2023. – 32 с.
39. Чудецкий А.И., Родин С.А., Зарубина Л.В. и др. Микроразмножение и особенности адаптации к условиям *ex vitro* лесных ягодных растений рода *Vaccinium* // Техника и технология пищевых производств. – 2022. – Т. 52, № 3. – С. 570–581. DOI: 10.21603/2074-9414-2022-3-2386.
40. Обзор агрометеорологических условий роста и развития сельскохозяйственных культур в Вологодской области. – Вологда: Вологодский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2021. – 15 с.
41. Чудецкий А.И., Макаров С.С., Кузнецова И.Б. и др. Органогенез гибридных форм брусники обыкновенной российской селекции *in vitro* в зависимости от состава питательной среды и росторегулирующих веществ // Вестник Бурятской ГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2023. – № 1 (70). – С. 141–149. DOI: 10.34655/bgsha.2023.70.1.017.
42. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Упадышев М.Т. и др. Особенности клонального микроразмножения клюквы болотной (*Oxycoccus palustris* Pers.) // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51, № 1. – С. 67–76. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-1-67-76.

43. Куликова Е.И., Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Чудецкий А.И. Особенности культивирования российских и зарубежных сортов жимолости съедобной (*Lonicera edulis* Turcz.) in vitro // Техника и технология пищевых производств. – 2021. – Т. 51, № 4. – С. 712–722. DOI: 10.21603/2074-9414-2021-4-712-722.
44. Макаров С.С., Упадышев М.Т., Хамитов Р.С. и др. Перспективы промышленного выращивания и биотехнологические методы размножения лесных ягодных растений: Монография. – М.: Колос-С, 2023. – 152 с.
45. Чудецкий А.И., Бабич Н.А., Мелехов В.И. и др. Перспективы промышленного выращивания и биотехнологические методы размножения лесных ягодных растений рода *Vaccinium* (брусника обыкновенная, красника): Монография. – М.: Колос-С, 2023. – 184 с.
46. Макаров С.С., Кузнецова И.Б., Заушинцева А.В. и др. Повышение эффективности многоцелевого лесопользования на выработанных торфяниках // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2022. – № 3. – С. 91–102. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-3-91-102.
47. Макаров С.С., Тяк Г.В., Кузнецова И.Б. и др. Получение посадочного материала *Rubus arcticus* L. методом клонального микроразмножения // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2021. – № 6 (384). – С. 89–99. DOI: 10.37482/0536-1036-2021-6-89-99.
48. Макаров С.С., Упадышев М.Т., Кузнецова И.Б. и др. Применение освещения различного спектрального диапазона при клональном микроразмножении лесных ягодных растений // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2022. – № 6. – С. 82–93. DOI: 10.37482/0536-1036-2022-6-82-93.
49. Макаров С.С., Багаев Е.С., Цареградская С.Ю., Кузнецова И.Б. Проблемы использования и воспроизводства фитогенных пищевых и лекарственных ресурсов леса на землях лесного фонда Костромской области // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2019. – № 6. – С. 118–131. DOI: 10.37482/0536-1036-2019-6-118.
50. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / Под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой. – Орел: ВНИИСПК, 1999. – 606 с.
51. Тяк Г.В., Макаров С.С., Калашишникова Е.А., Тяк А.В. Размножение и культивирование княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) // Плодоводство и ягодоводство России. – 2018. – Т. 52. – С. 95–99.
52. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Макаров С.С. и др. Размножение перспективных гибридных форм брусники обыкновенной (*Vaccinium vitis-idaea* L.) // Вестник БГСХА им. В.Р. Филиппова. – 2022. – № 1 (66). – С. 113–118. DOI: 10.34655/bgsha.2022.66.1.015.
53. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Макаров С.С. и др. Рекомендации по подбору способов получения посадочного материала лесных ягодных растений для выращивания на нелесных землях: Методические рекомендации. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2023. – 24 с.
54. Макаров С.С., Бабич Н.А., Куликова Е.И. и др. Ризогенез голубики узколистной (*Vaccinium angustifolium* Ait.) in vitro в зависимости от концентрации ауксинов при клональном микроразмножении // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 1. – С. 74–84. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2022.1.05.
55. Сельскохозяйственная энтомология: Учебник / Сост. А.А. Мигулин и др.; Под ред. А.А. Мигулина, Г.Е. Осмоловского. – М.: Колос, 1976. – 447 с.
56. Макаров С.С., Виноградова В.С., Тяк Г.В., Бабич Н.А. Теория и практика размножения и плантационного выращивания лесных ягодных растений *Rubus arcticus* L., *Oxycoccus palustris* Pers. и *Vaccinium angustifolium* Ait.: Монография. – Караваево: Костромская ГСХА, 2021. – 394 с.

57. Макаров С.С., Феклистов П.А., Кузнецова И.Б. и др. Технологии размножения и возделывания видов и сортов голубики для создания биоресурсной коллекции // Достижения науки и техники АПК. – 2023. – Т. 37, № 12. – С. 11–16. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_12_11.

58. Тяк Г.В., Макаров С.С. Интродукция княженики арктической (*Rubus arcticus* L.) // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений. – 2021. – Т. 24. – С. 163–166.

59. Тяк Г.В., Курлович Л.Е., Макаров С.С. Размножение гибридных форм голубики узколистной одревесневшими черенками // Лесохозяйственная информация. – 2022. – № 3. – С. 95–104. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2022.3.08.

60. Чудецкий А.И., Макаров С.С., Родин С.А. и др. Укоренение *in vitro* и адаптация к нестерильным условиям российских сортов брусники обыкновенной // Лесохозяйственная информация. – 2023. – № 2. – С. 102–114. DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2023.2.08.

61. Чудецкий А.И., Макаров С.С., Родин С.А. Методические рекомендации по выращиванию посадочного материала брусники и красники *in vitro* и *ex vitro*. – Пушкино: ВНИИЛМ, 2022. – 20 с.

62. Чудецкий А.И. Разработка технологии микроклонального размножения лесных ягодных растений рода *Vaccinium* для плантационного выращивания на нелесных землях лесного фонда: Дис. ... канд. с.-х. наук. – Пушкино, 2022. – 208 с.

63. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I., Rodin S.A. Obtaining High-Quality Planting Material of Forest Berry Plants by Clonal Micropropagation for Restoration of Cutover Peatlands // Lesnoy zhurnal: Russian Forestry Journal. – 2021. – № 2. – Pp. 21–29. DOI: 10.17238/0536-1036-2021-2-21-29.

STUDY OF THE ADAPTABILITY OF FOREST BERRY PLANTS *EX VITRO* TO THE SOIL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE VOLOGDA REGION

E.I. KULIKOVA¹, L.V. ZARUBINA¹, V.V. SUROV¹,
D.V. DONYA², YU.V. USTINOVA², N.S. UMNOV²

(¹ Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin;
² Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy)

*The article presents the results of studies on phenological and morphological characteristics of forest berry plants obtained by microclonal propagation and adapted ex vitro, after transplanting to open ground conditions in the Vologda district of the Vologda region. Nowadays, in the conditions of import substitution and demand for fruit and berry products, the industrial cultivation of berry planting material is necessary. The objects of research are lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) cultivars 'Kostromichka' and 'Kostromskaya Rozovaya', lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) cultivars 'Northblue' and 'Northcountry', European cranberry (*Vaccinium oxococcus* L.) cultivars 'Dar Kostromy' and 'Severyanka', arctic bramble (*Rubus arcticus* L.) cultivars 'Astra' and 'Galina'. The winter hardiness of 2-year-old seedlings of the studied berry cultivars obtained by the *in vitro* method after overwintering was 89–100% in the first decade of May. The average height of 2-year-old *R. arcticus* plants is 9.3 to 10.2 cm, *V. angustifolium* – 17.4 to 18.1 cm, *V. oxococcus* – 6.4 to 7.2 cm, *V. vitis-idaea* – 6.2 to 7.0 cm. The yield of air-dry phytomass of leaves of 2-year-old *R. arcticus* plants averaged 112.9 to 151.8 g/m², *V. vitis-idaea* – 2.1 to 2.2 g/m²; the air-dry mass of plant leaves was 18 to 21% of the wet mass. Leaf damage by the cruciferous flea beetle (*Phyllotreta* Stephens) was observed on 2-year-old *R. arcticus* plants. The results obtained indicate a rather high adaptability of the studied berry plants to the soil and climatic conditions of the Vologda region, Russia.*

Keywords: berry plants, lingonberry, blueberry, cranberry, arctic bramble, *Vaccinium*, *Rubus*, open ground, phenological characteristics, morphological characteristics, phytomass.

References

1. *Agroclimatic resources of the Vologda region*. Leningrad, USSR: Gidrometeoizdat, 1972:185. (In Russ.)
2. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Rodin S.A. et al. Adaptation of European cranberry to non-sterile conditions with the addition of organic products and hormones. *Sibirskiy lesnoy zhurnal*. 2022;1:52–60. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/SJFS20220105>
3. Makarov S.S., Samoilenko Z.A., Makarova T.A. et al. Adaptation of American cranberry (*Vaccinium macrocarpon* Ait.) to ex vitro conditions using the hydroponic method. *Bulletin of KSAU*. 2023;11:104–112. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-11-104-112>
4. Makarov S.S., Chudetsky A.I., Tyak G.V. et al. Adaptation of forest berry plants to non-sterile conditions in vivo using modern biological products. *Forestry Information*. (In Russ.) 2021;3:84–91. <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2021.3.07>
5. Makarov S.S., Upadyshev M.T., Rodin S.A. et al. Adaptation of regenerated plants of *Rubus arcticus* L. to ex vitro conditions using hydroponics. *Sibirskiy lesnoy zhurnal*. 2023;4:75–82. (In Russ.) <https://doi.org/10.15372/SJFS20230408>
6. Fedorenko V.F., Mishurov N.P., Kondratieva O.V. et al. *Analysis of the state and prospects for the development of nursery farming and horticulture: a scientific analytical review*. Moscow, Russia: Rosinformagrotekh, 2019:88. (In Russ.)
7. Makarov S.S., Antonov A.M., Kulikova E.I. et al. *Biotechnology in horticulture. Growing fruit and rare berry plants in in vitro culture: Laboratory workshop*. St. Petersburg, Russia: Lan', 2023:128. (In Russ.)
8. Butenko R.G. *Biology of cells of higher plants in vitro and biotechnologies based on them*. Moscow, Russia: FBK-Press, 1999:160. (In Russ.)
9. Makarov S.S., Rodin S.A., Kuznetsova I.B. et al. Effect of light on rhizogenesis of forest berry plants during clonal micropropagation. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(3):520–528. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-3-520-528>
10. Makarov S.S., Kulikova E.I., Kuznetsova I.B. et al. Influence of nutrition medium composition on root formation of bog blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.) of Northern Russian origin in vitro culture. *Bulletin of KSAU*. 2023;12:121–127. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-12-121-127>
11. Gegechkori B.S., Doroshenko T.N., Shcherbakov N.A. *Innovative technologies for the production of planting material for fruit and berry crops: textbook*. St. Petersburg, Russia: Lan', 2022:208. (In Russ.)
12. Dospekhov B.A. *Methods of field experience (with the basics of statistical processing of research results): textbook*. Moscow, Russia: Al'yans. 2011:350. (In Russ.)
13. Chudetsky A.I., Zaushintsena A.V., Rodin S.A. et al. The use of modern growth-promoting eco-preparations for microclonal propagation of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.). *Forestry Information*. 2022;2:56–66. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.05>
14. Kobysheva N.V., Akent'eva E.M., Bogdanova E.G. et al. *Climate of Russia: monograph*. St. Petersburg, Russia: Gidrometeoizdat, 2001:654. (In Russ.)
15. Makarov S.S., Upadyshev M.T., Sungurov N.R. et al. Clonal micropropagation of wild berry plants of the genus *Rubus*. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2024;54(1):60–70. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2024-1-2488>

16. Korenev I.A., Tyak G.V., Makarov S.S. Creation of new varieties of forest berry plants and prospects of their intensive reproduction (in vitro). *Forestry Information*. 2019;3:180–189. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2019.3.15>
17. Kuznetsova I.B., Makarov S.S. Influence of auxin IAA concentration and the Ecogel preparation on rhizogenesis of European cranberry (*Oxycoccus palustris* Pers.) in vitro. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skikhkhozyasvennoy akademii imeni V.R. Filippova*. 2022;1(66):99–104. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2022.66.1.013>
18. Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I., Tyak G.V. Influence of light on the shoot formation and rhizogenesis of cowberry in clonal micropropagation. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skikhkhozyasvennoy akademii imeni V.R. Filippova*. 2021;3(64):102–108. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2021.64.3.013>
19. Kuznetsova I.B., Makarov S.S. Influence of nutrient medium and growth-regulating substances on root formation of European cranberry (*Oxycoccus palustris* Pers.) in vitro. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;6(92):99–103. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-92-6-99-103>
20. Kuznetsova I.B., Makarov S.S., Abdurasuli B. The influence of growth regulating substances on the organogenesis of regenerated plants on the stage actually micropropagation cloning crops. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2016;47:198–202 (In Russ.)
21. Makarov S.S., Kalashnikova E.A., Kirakosyan R.N. Vegetative reproduction of blue honeysuckle (*Lonicera ceruleae* L.) in vivo and in vitro. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2018;1:82–91. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2018-1-82-91>
22. Makarov S.S., Kuznetsova I.B. Influence of growth regulators on organogenesis of honeyberry when clonic micropropagation. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2018;4:36–42. (In Russ.) <https://doi.org/10.31677/2072-6724-2018-49-4-36-42>
23. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Smirnov V.S. Effect of growth regulators on the organogenesis of plants when the clonal micropropagation of arctic bramble (*Rubus arcticus* L.). *Forestry Information*. 2017;2:103–108. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2017.2.10>
24. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Klevtsov D.N. Influence of growth-regulating substances on organogenesis of arctic bramble (*Rubus arcticus* L.) plants during clonal micropropagation. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;3(89):88–92. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-89-3-88-92>
25. Makarov S.S., Kalashnikova E.A. Influence of nutrient medium composition on clonal micropropagation of honeysuckle edible. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2017;49:217–222. (In Russ.)
26. Makarov S.S., Kuznetsova I.B. Clonal micropropagation of a half-high blueberry at the stages of “introduction to culture” and “micropropagation proper”. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skikhkhozyasvennoy akademii imeni V.R. Filippova*. 2019;3:28–33. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2019.56.3.004>
27. Makarov S.S., Tyak G.V. Arctic bramble (*Rubus arcticus* L.): development of a method for testing for distinctiveness, homogeneity and stability. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy sel'skikhkhozyasvennoy akademii*. 2023;7:79–85 (In Russ.)
28. Makarov S.S., Kuznetsova I.B. In vitro root formation and ex vitro adaptation of arctic bramble during clonal micropropagation. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018; 6:52–55 (In Russ.)
29. Makarov S.S., Rodin S.A., Chudetsky A.I. *Guidelines for growing planting material of forest berry crops in vitro and in vivo*. Pushkino, Russia: All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, 2019:24. (In Russ.)

30. Makarov S.S. *Scientific and methodological substantiation of the technology of propagation and plantation cultivation of forest berry plants*. DSc (Ag) thesis. Pushkino, Russia, 2022:467. (In Russ.)
31. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Smirnov V.S. Organogenesis of half-highbush blueberry during clonal micropropagation depending on lighting conditions. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;4:76–79. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2021-90-4-76-79>
32. Makarov S.S., Kalashnikova E.A., Rumyantseva E.P. Productivity of edible honeysuckle depending on the technology of propagation. *Vesting of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature Management*. 2018;3:76–83. (In Russ.) <https://doi.org/10.15350/2306-2827.2018.3.76>
33. Makarov S.S. *Development of technology for clonal micropropagation of forest berry plants and its introduction into cultivation on depleted peatlands*. CSc (Ag) thesis. Pushkino, Russia, 2019: 132. (In Russ.)
34. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Smirnov V.S. Improving technology of clonal micropropagation of arctic bramble (*Rubus arcticus* L.). *Forestry Information*. 2018;4:91–97 (In Russ.)
35. Makeeva G.Yu., Tyak G.V., Makeev V.A., Makarov S.S. Creation of the first Russian cultivars of blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.). *Contemporary Horticulture*. 2023;1:1–14. (In Russ.) https://doi.org/10.52415/23126701_2023_0101
36. Vladimirov D.R., Gladilin A.A., Gnedenko A.E. et al. *Methodology for conducting phenological observations*. Moscow, Russia: Alpina Pro, 2023:208. (In Russ.)
37. *Methodology for determining reserves of medicinal plants*. Moscow, USSR: CBNTI leskhoza, 1986:52. (In Russ.)
38. Makarov S.S., Chudetsky A.I., Rodin S.A., Kulikova E.I. *Methodological recommendations for growing planting material of forest berry plants in in vitro culture*. Pushkino, Russia: All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, 2023:32. (In Russ.)
39. Chudetsky A.I., Rodin S.A., Zarubina L.V. et al. Clonal micropropagation and peculiarities of adaptation to ex vitro conditions of forest berry plants of the genus *Vaccinium*. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2022;52(3):570–581. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2022-3-2386>
40. *Review of agrometeorological conditions for the growth and development of agricultural crops in the Vologda region*. Vologda, Russia: Vologodskiy tsentr po gidrometeorologii i monitoringu okruzhayushchey sredy, 2021:15. (In Russ.)
41. Chudetsky A.I., Makarov S.S., Kuznetsova I.B. et al. Organogenesis of hybrid varieties of cowberry of the Russian selection *in vitro* depending on the composition of the nutrient medium and growth-regulating substances. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy selskhokhozyasvennoy akademii imeni V.R. Filippova*. 2023;1:141–149. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2023.70.1.017>
42. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Upadyshev M.T. et al. Clonal micropropagation of cranberry (*Oxycoccus palustris* Pers.). *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(1):67–76. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-1-67-76>
43. Kulikova E.I., Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I. Russian and foreign cultivars of honeysuckle (*Lonicera edulis* Turcz.) cultivation studies *in vitro*. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2021;51(4):712–722. (In Russ.) <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-4-712-722>
44. Makarov S.S., Upadyshev M.T., Khamitov R.S. et al. *Prospects for industrial cultivation and biotechnological methods of propagation of forest berry plants*. Moscow, Russia: Kolos-S, 2023:152. (In Russ.)

45. Chudetsky A.I., Babich N.A., Melekhov V.I. et al. *Prospects for industrial cultivation and biotechnological methods of propagation of forest berry plants of the genus Vaccinium (lingonberry, Kamchatka bilberry)*. Moscow, Russia: Kolos-S, 2023:184. (In Russ.)
46. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Zaushintsena A.V. et al. Improving the efficiency of multipurpose forest management on depleted peatlands. *Russian Forestry Journal*. 2022;3:91–102. (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-3-91-102>
47. Makarov S.S., Tyak G.V., Kuznetsova I.B. et al. Obtaining planting material of *Rubus arcticus* L. by clonal micropropagation. *Russian Forestry Journal*. 2021;6(384):89–99. (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2021-6-89-99>
48. Makarov S.S., Upadyshev M.T., Kuznetsova I.B. et al. The use of lighting of various spectral ranges for clonal micropropagation of forest berry plants. *Russian Forestry Journal*. 2022;6(390):82–93. (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-6-82-93>
49. 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. *Russian Forestry Journal*. 2019;6:118–131. (In Russ.) <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2019-6-118>
50. Sedov E.N., Ogoltsova T.P. (eds.). *Program and methodology for studying varieties of fruit, berry and nut crops*. Orel, Russia: All-Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 1999:606. (In Russ.)
51. Tyak G.V., Makarov S.S., Kalashnikova E.A., Tyak A.V. Reproduction and cultivation of the arctic bramble (*Rubus arcticus* L.). *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2018;52:95–99. (In Russ.)
52. Tyak G.V., Kurlovich L.E., Makarov S.S. et al. Reproduction of promising hybrid forms of lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.). *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy selskhokhozyasvennoy akademii imeni V.R. Filippova*. 2022;1(66):113–118. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2022.66.1.015>
53. Tyak G.V., L.E. Kurlovich, Makarov S.S. et al. *Recommendations for selecting methods for obtaining planting material of forest berry plants for cultivation on non-forest lands*. Pushkino, Russia: All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, 2023:24. (In Russ.)
54. Makarov S.S., Babich N.A., Kulikova E.I. et al. Rhizogenesis of narrow-leaved blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) *in vitro* depending on the concentration of auxins. *Forestry Information*. 2022;1:74–84. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2022.1.05>
55. Migulin A.A. et al. (comps.); Migulin A.A., Osmolovsky G.E. (eds.). *Agricultural entomology*. Moscow, USSR: Kolos, 1976:447. (In Russ.)
56. Makarov S.S., Vinogradova V.S., Tyak G.V., Babich N.A. *Theory and practice of propagation and plantation cultivation of forest berry plants as a *Rubus arcticus* L., *Oxycoccus palustris* Pers. and *Vaccinium angustifolium* Ait.* Karavaevo, Russia: Kostroma State Agricultural Academy, 2021:394. (In Russ.)
57. Makarov S.S., Feklistov P.A., Kuznetsova I.B. et al. Technologies for propagation and cultivation of blueberry species and varieties to create a bioresource collection. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2023;37(12):11–16. (In Russ.) https://doi.org/10.53859/02352451_2023_37_12_11
58. Tyak G.V., Makarov S.S. Introduction of arctic bramble (*Rubus arcticus* L.). *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduktsiya drevesnykh rasteniy*. 2021;24:163–166 (In Russ.)

59. Tyak G.V., Kurlovich L.E., Makarov S.S. Reproduction of hybrid forms of lowbush blueberry with lignified cuttings. *Forestry Information*. 2022;3:95–104. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2022.3.08>

60. Chudetsky A.I., Makarov S.S., Rodin S.A. et al. Rooting *in vitro* and adaptation to non-sterile conditions of Russian selection cultivars of lingonberry. *Forestry Information*. 2023;2:102114. (In Russ.) <https://doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2023.2.08>

61. Chudetsky A.I., Makarov S.S., Rodin S.A. *Guidelines for growing lingonberry and Kamchatka bilberry planting material in vitro and ex vitro*. Pushkino, Russia: All-Russian Research Institute of Silviculture and Mechanization of Forestry, 2022:20. (In Russ.)

62. Chudetsky A.I. *Development of technology for clonal micropropagation of forest berry plants of the genus Vaccinium for plantation cultivation on non-forest lands of the forest fund*. CSc (Ag) thesis. Pushkino, Russia, 2022:208. (In Russ.)

63. Makarov S.S., Kuznetsova I.B., Chudetsky A.I., Rodin S.A. Obtaining High-Quality Planting Material of Forest Berry Plants by Clonal Micropropagation for Restoration of Cutover Peatlands. *Russian Forestry Journal*. 2021;2:21–29. <https://doi.org/10.17238/0536-1036-2021-2-21-29>

Сведения об авторах

Куликова Елена Ивановна, канд. с.-х. наук, доцент, заведующий кафедрой растениеводства, земледелия и агрохимии, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочно-хозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»; 160555, Российская Федерация, Вологодская обл., г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2; e-mail: kulikova@list.ru; тел.: (172) 52–57–30

Зарубина Лилия Валерьевна, д-р с.-х. наук, доцент, профессор кафедры лесного хозяйства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»; 160555, Российская Федерация, Вологодская обл., г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2; e-mail: liliya270975@yandex.ru; тел.: (172) 52–57–30

Суrow Владимир Викторович, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры растениеводства, земледелия и агрохимии, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение высшего образования «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина»; 160555, Российская Федерация, Вологодская обл., г. Вологда, с. Молочное, ул. Шмидта, 2; e-mail: wladimirsurow@ Rambler.ru; тел.: (172) 52–57–30

Доня Денис Викторович, канд. техн. наук, доцент кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: prapar@rgau-msha.ru; тел.: (499) 977–92–73

Устинова Юлия Владиславовна, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии хранения и переработки продуктов животноводства, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: trpj@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–46–12

Умнов Николай Сергеевич, аспирант, ассистент кафедры ландшафтной архитектуры, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127550, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: n.umnov@rgau-msha.ru; тел.: (499) 976–12–43

Information about the authors

Elena I. Kulikova, CSc (Ag), Associate Professor, Head of the Department of Plant Growing, Agriculture and Agrochemistry, Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin (2 Schmidta St., Molochnoe, Vologda, Vologda region, 160555, Russian Federation; phone: (172) 52–57–30; e-mail: kulikova@list.ru)

Lilia V. Zarubina, DSc (Ag), Associate Professor, Professor at the Department of Forestry, Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin (2 Schmidta St., Molochnoe, Vologda, Vologda region, 160555, Russian Federation; phone: (172) 52–57–30; e-mail: liliya270975@yandex.ru)

Vladimir V. Surov, PhD (Ag), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Plant Growing, Agriculture and Agrochemistry, Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin (2 Schmidta St., Molochnoe, Vologda, Vologda region, 160555, Russian Federation; phone: (172) 52–57–30; e-mail: wladimirsurow@rambler.ru)

Denis V. Donya, CSc (Eng), Associate Professor at the Department of Processes and Equipment of Processing Industries, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (499) 977–92–73; e-mail: priap@rgau-msha.ru)

Yulia V. Ustinova, CSc (Eng), Associate Professor at the Department of Technology of Storage and Processing of Livestock Products, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (499) 976–46–12; e-mail: tppj@rgau-msha.ru)

Nikolay S. Umnov, postgraduate student, Assistant at the Department of Landscape Architecture, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127550, Russian Federation; phone: (499) 976–12–43; e-mail: n.umnov@rgau-msha.ru)