

Сергей Сергеевич Макаров<sup>1✉</sup>, Ирина Борисовна Кузнецова<sup>2</sup>,  
Хасян Вагизович Шарафутдинов<sup>3</sup>, Антон Игоревич Чудецкий<sup>4</sup>,  
Лилия Рафисовна Ахметова<sup>5</sup>, Андрей Николаевич Кульчицкий<sup>6</sup>

<sup>1,3,4,5</sup>Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

<sup>1,6</sup>Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, Архангельск, Россия

<sup>2</sup>Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваево, Костромская область, Россия

<sup>1</sup>makarov\_serg44@mail.ru

<sup>2</sup>sonnereiser@yandex.ru

<sup>3</sup>sharafutdinov@rgau-msha.ru

<sup>4</sup>a.chudetsky@mail.ru

<sup>5</sup>l.ahmetova@rgau-msha.ru

<sup>6</sup>5060637@mail.ru

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА УКОРЕНЕНИЕ *IN VITRO* И АДАПТАЦИЮ *EX VITRO* РОССИЙСКИХ СОРТОВ *PRUNUS CERASUS L.*

Цель исследования – изучение особенностей ризогенеза *in vitro* отечественных сортов *P. cerasus* и их адаптации к нестерильным условиям *ex vitro*. Исследование проводили на базе РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, Костромской ГСХА и САФУ им. М.В. Ломоносова с использованием общепринятых методик по клональному микроразмножению растений. Объекты исследования – растения *P. cerasus* двух российских сортов среднего срока созревания – Новелла и Шоколадница, пользующихся большим спросом в Нечерноземной зоне Российской Федерации. В качестве эксплантов использовали верхушки зеленых и одревесневших побегов, апикальные и латеральные почки растений. Изучали влияние ауксинов, освещенности и температуры культивирования на степень корнеобразования растений-регенерантов. Учитывали укореняемость (%) и число образовавшихся корней (шт.). Повторность опыта 3-кратная, по 10 пробирочных растений в каждой. Адаптацию укорененных *in vitro* пробирочных растений проводили в условиях отапливаемого помещения на вертикальных 4-ярусных фермах (2,22 × 0,7 × 3,5 м) при фотопериоде 16/8 ч, температуре воздуха 23 ± 2 °С, влажности воздуха – около 90–100 %. Индолилмасляная кислота в концентрации 1,0 мг/л в составе питательной среды Мурасиге-Скуга имела наибольшую степень влияния (56,2 %) на улучшение укоренения микропобегов *P. cerasus* в культуре *in vitro*. Лучшая укореняемость (44 %) микропобегов *P. cerasus* в культуре *in vitro* выявлена в течение 2 недель в условиях освещенности 1500–2000 лк и температуры воздуха 15 °С. Наибольший прирост побегов растений-регенерантов сорта *P. cerasus* сортов Шоколадница (11,3 мм) и Новелла (5,13 мм) на этапе адаптации к нестерильным условиям *ex vitro* на субстрате из смеси торфа с песком (2 : 1) отмечен при освещении светодиодными при освещении лампами красного спектра, что в 1,8–3,2 раза больше, чем при использовании белого спектра.

**Ключевые слова:** вишня обыкновенная, сорт, клональное микроразмножение, *in vitro*, *ex vitro*, ризогенез, регуляторы роста, адаптация, освещение

**Для цитирования:** Оценка влияния различных факторов на укоренение *in vitro* и адаптацию *ex vitro* российских сортов *Prunus cerasus L.* / С.С. Макаров [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 11. С. 121–129. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-121-129.

**Благодарности:** работа выполнена за счет средств Программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030» (соглашение № 075-15-2023-220 от 16.02.2023).

Sergei Sergeevich Makarov<sup>1✉</sup>, Irina Borisovna Kuznetsova<sup>2</sup>, Khasyan Vagizovich Sharafutdinov<sup>3</sup>, Anton Igorevich Chudetsky<sup>4</sup>, Liliya Rafisovna Akhmetova<sup>5</sup>, Andrey Nikolaevich Kulchitsky<sup>6</sup>

<sup>1,3,4,5</sup>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

<sup>1,6</sup>Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

<sup>2</sup>Kostroma State Agricultural Academy, p. Karavaevo, Kostroma Region, Russia

<sup>1</sup>makarov\_serg44@mail.ru

<sup>2</sup>sonnereiser@yandex.ru

<sup>3</sup>sharafutdinov@rgau-msha.ru

<sup>4</sup>a.chudetsky@mail.ru

<sup>5</sup>l.ahmetova@rgau-msha.ru

<sup>6</sup>5060637@mail.ru

## EVALUATION OF THE INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON *IN VITRO* ROOTING AND *EX VITRO* ADAPTATION OF RUSSIAN CULTIVARS OF *PRUNUS CERASUS* L.

*The purpose of research is to study the characteristics of rhizogenesis in vitro of domestic varieties of P. cerasus and their adaptation to non-sterile conditions ex vitro. The study was carried out on the basis of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Kostroma State Agricultural Academy and Northern Federal University named after M.V. Lomonosov using generally accepted methods for clonal micropropagation of plants. The objects of the study were P. cerasus plants of two Russian varieties of medium ripening – Novella and Shokoladnitsa, which are in great demand in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. The tips of green and woody shoots, apical and lateral buds of plants were used as explants. The influence of auxins, illumination and cultivation temperature on the degree of root formation of regenerated plants was studied. The rooting rate (%) and the number of roots formed (pcs.) were taken into account. The experiment was repeated 3 times, with 10 test tube plants in each. Adaptation of in vitro rooted test tube plants was carried out in a heated room on vertical 4-tier farms (2.22 × 0.7 × 3.5 m) with a photoperiod of 16/8 hours, air temperature 23 ± 2 °C, air humidity – approx. 90–100 %. Indolylbutyric acid at a concentration of 1.0 mg/l in the Murashige-Skoog nutrient medium had the greatest effect (56.2 %) on improving the rooting of P. cerasus microshoots in in vitro culture. The best rooting (44 %) of P. cerasus microshoots in in vitro culture was detected within 2 weeks under illumination conditions of 1500–2000 lux and air temperature 15 °C. The greatest increase in shoots of regenerated plants of the P. cerasus variety Shokoladnitsa (11.3 mm) and Novella (5.13 mm) at the stage of adaptation to non-sterile conditions ex vitro on a substrate of a mixture of peat with sand (2: 1) was noted when illuminated with LED when illuminated by red spectrum lamps, which is 1.8–3.2 times more than when using the white spectrum.*

**Keywords:** common cherry, variety, clonal micropropagation, in vitro, ex vitro, rhizogenesis, growth regulators, adaptation, lighting

**For citation:** Evaluation of the influence of various factors on *in vitro* rooting and *ex vitro* adaptation of Russian cultivars of *Prunus cerasus* L. / S.S. Makarov [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(11): 121–129. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-11-121-129.

**Acknowledgments:** the work has been carried out at the expenses of the University Development Program within the framework of the Strategic Academic Leadership Program “Priority – 2030” (agreement № 075-15-2023-220 dated February 16, 2023).

**Введение.** Вишня обыкновенная (*Prunus cerasus* L.) – одна из самых популярных универсальных плодовых культур, используемых в пищевой промышленности и фармацевтической отрасли, а также в декоративных целях. В настоящее время она выращивается преимущественно в странах с умеренным климатом. В России на коммерческой основе вишню культиви-

руют в нескольких южных регионах (Краснодарский край, Ставропольский край, Воронежская, Ростовская, области, Республики Адыгея, Крым и др.). При выращивании в почвенно-климатических условиях Нечерноземной зоны европейской части России на хорошем агрофоне и при рациональном подборе ассортимента вишня может давать 40–50 ц/га [1, 2], однако при про-

мышленном возделывании в Центральной части страны культура ее имеет низкий удельный вес, что во многом объясняется массовым вымерзанием косточковых, низким уровнем агротехники, неправильным подбором земель под насаждения, широким распространением грибных болезней и другими причинами [3–5].

В последние десятилетия выведен ряд новых отечественных сортов *P. cerasus*, которые являются перспективными по сочетанию основных хозяйственно-биологических признаков (зимостойкость, урожайность, самоплодность, вкусовые и технологические качества), превосходя ранее известные районированные в различных регионах Нечерноземья [6–9]. Актуальной проблемой остается необходимое для плантационного выращивания массовое получение корнесобственного посадочного материала этой культуры с использованием традиционных способов размножения [5].

В связи с этим следует использовать метод клонального микроразмножения, который позволяет получать большое количество высококачественного, безвирусного и генетически однородного, корнесобственного посадочного материала за короткий срок в течение круглого года. При этом адаптация укорененных саженцев к нестерильным условиям *ex vitro* является последним и одним из самых ответственных этапов, и условия освещения здесь также играют не последнюю роль [10, 11]. Многолетним мировым опытом исследований по выращиванию *P. cerasus* в культуре *in vitro* подтверждаются генотипические особенности роста и развития растений-регенерантов [12–20]. Однако необходимо совершенствование технологического цикла клонального микроразмножения для некоторых современных сортов отечественной селекции, перспективных для культивирования в средней полосе России, с подбором оптимального состава питательных сред, регуляторов роста и внешних условий окружающей среды.

**Цель исследования** – изучение особенностей ризогенеза *in vitro* отечественных сортов *P. cerasus* и их адаптации к нестерильным условиям *ex vitro*.

**Объекты и методы.** В качестве объектов исследования рассматривали растения *P. cerasus* двух российских сортов среднего срока созревания – Новелла и Шоколадница, пользующихся большим спросом в Нечерноземной зоне Российской Федерации. Исследования прово-

дили на базе РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, Костромской ГСХА и САФУ им. М.В. Ломоносова с использованием общепринятых методик по клональному микроразмножению растений [11]. В качестве эксплантов использовали верхушки зеленых и одревесневших побегов, апикальные и латеральные почки растений. Растения культивировали в стеклянных сосудах объемом 0,25–0,5 л на питательной среде Мурасиге – Скуга (MS), в условиях световой комнаты при поддержании температуры воздуха 23–25 °С, относительной влажности воздуха 80 %, использовании освещения люминесцентными лампами с интенсивностью 1500–2000 лк при фотопериоде 16/8 ч.

На этапе укоренения микропобегов *in vitro* на твердой питательной среде MS в качестве регуляторов роста ауксиновой группы использовали индолил-3-масляную (ИМК) и индолил-3-уксусную (ИУК) кислоты в концентрации 1,0 мл/л, при этом в качестве контроля рассматривали вариант среды без добавления гормонов. Опыты проводили при 2 вариантах освещенности (нормальная – 1500–2000 лк; пониженная – 500 лк) и температуры воздуха (нормальная 23–25 °С; пониженная 15 °С). Изучали влияние ауксинов, освещенности и температуры культивирования на степень корнеобразования растений-регенерантов. Учитывали укореняемость (%) и число образовавшихся корней (шт.). Повторность опыта 3-кратная, по 10 пробирочных растений в каждой. Для обработки экспериментальных данных по общепринятым методикам [21] применяли метод дисперсионного анализа двухфакторного опыта с использованием критерия Фишера и наименьшей существенной разности на 5 % уровне значимости ( $HSP_{05}$ ).

Адаптацию укорененных *in vitro* пробирочных растений проводили в условиях отапливаемого помещения на вертикальных 4-ярусных фермах (2,22 × 0,7 × 3,5 м) при фотопериоде 16/8 ч, температуре воздуха 23 ± 2 °С, влажности воздуха около 90–100 %. Укорененные микрочеренки промывали от питательной среды и высаживали в кассеты 40 × 60 см с дренажными отверстиями, в которые для профилактики засора дренажной системы вкладывали пластмассовые вкладыши, препятствующие вымыванию грунта. В качестве субстрата использовали смесь стерильного торфа верхового типа и песка в соотношении 2 : 1. Посевная площадь составляла 4,8 м<sup>2</sup> (1,2 м<sup>2</sup> × 4 яруса). Для освеще-

ния использовали светодиодные светильники розового и белого спектра с воздушным охлаждением. При этом средняя потребляемая мощность составляла 0,64 кВт (133 Вт на 1 м<sup>2</sup> посевной площади); пиковая потребляемая мощность достигалась при включении насоса и была равна 0,8 кВт. Примерный расход воды за 1 пролив – до 0,5 м<sup>3</sup>. Спустя 2 недели адаптации учитывали прирост укоренившихся побегов (мм).

**Результаты и их обсуждение.** Статистический анализ данных, полученных в результате исследований, показал, что на укореняемость микропобегов растений-регенерантов *P. cerasus* в культуре *in vitro* наибольшее влияние оказывал тип регулятора роста (61 %), наименьшее – взаимодействие двух факторов: внешних условий и регулятора роста (5 %). Доля влияния фактора внешних условий составила 22 %, случайных факторов – 12 %.

Установлено, что наибольшего значения (63,8 %) укореняемость побегов *P. cerasus* достигала при культивировании эксплантов в течение 2 недель в условиях нормальной освещенности совместно с пониженной температурой, а наименьшего (17,5 %) – при культивировании в условиях пониженной освещенности и нормальной температуры. При культивировании микрорастений *P. cerasus* сортов Новелла и Шоколадница в условиях пониженной температуры и освещенности укореняемость микропобегов составила 28,6 %, а в условиях нормальной температуры и освещенности – 33,6 % (рис. 1). В условиях пониженной температуры и дефицита освещенности и в условиях нормальной температуры при повышенной и пониженной освещенности не наблюдали существенных различий при культивации. В остальных случаях были выявлены существенные различия ( $HCP_{05} = 11,02$ ).



Рис. 1. Укоренение микрорастений *P. cerasus* в культуре *in vitro* в условиях:  
а – нормального освещения в сочетании с понижением температуры;  
б – дефицита освещенности и температуры

Процент укореняемости микропобегов *P. cerasus* при использовании ИМК и ИУК существенно не различался и составлял 56,2 и 54,4 % соответственно. В контрольном варианте укореняемость составила лишь 5,7 %. Существенные различия выявлены при культивировании эксплантов на безгормональной питательной среде и средах с добавлением ИМК или ИУК. При культивации эксплантов *P. cerasus* сорта Шоколадница на питательной среде с добавлением ИУК и ИМК существенных различий не наблюдали ( $HCP_{05} = 8,12$ ).

В ходе анализа групповых средних значений укореняемости по взаимодействию двух факторов (внешние условия и гормон) оптимальным регулятором роста при культивировании исследуемых сортов *P. cerasus* в культуре *in vitro* в условиях пониженной освещенности и нормальной температуры оказался ИУК: процент укореняемости микропобегов на среде с добавлением данного регулятора роста составил 33,3 %. При культивировании *P. cerasus* в условиях нормальной освещенности при нормальной и пониженной температуре лучшим гормо-

ном оказалась ИМК: укореняемость сорта на среде с добавлением данного гормона при условиях нормальной освещенности и температуре составила 65 %, в условиях нормальной освещенности и при пониженной температуре – 73,8 %. При культивировании растений-регенерантов *P. cerasus* в условиях пониженной освещенности и температуры укореняемость на средах с добавлением ИМК и ИУК составила 53 %. На безгормональной среде MS (контроль)

микробоги укоренились только в условиях нормальной освещенности при нормальной и пониженной температуре, причем в условиях нормальной освещенности и пониженной температуры процент микробога с корнями оказался выше (44 %), в то время как при культивировании *P. cerasus* в условиях нормальной освещенности и температуры процент укоренившихся эксплантов составил 3,8 % (табл. 1).

Таблица 1

**Групповые средние значения укореняемости микробога *P. cerasus* в культуре *in vitro* по грациям взаимодействия влияния внешних условий и регулятора роста, %**

Условия культивирования микробога	Состав питательной среды		
	MS + ИУК 1,0 мл/л	MS + ИМК 1,0 мл/л	MS (контроль)
Свет + тепло	54,7	65	3,8
Тень + тепло	33,3	30,2	0
Свет + холод	68	73,8	44,0
Тень + холод	53	53	0
НСР <sub>05</sub>	24,16		

В результате двухфакторного дисперсионного анализа также выявлено, что в большей степени на число корней *P. cerasus* оказывало влияние регулятора роста (53 %), а в меньшей – внешние условия (17 %). Доля влияния случайного фактора составила 30 %.

Отмечено, что наибольшее число корней *P. cerasus* на микробоге (2,38 шт.) наблюдалось при культивировании эксплантов в условиях нормальной освещенности и пониженной температуры, а наименьшее (1,15 шт.) – при культивировании в условиях нормальной температуры и пониженной освещенности. При культивировании растений-регенерантов *P. cerasus* в условиях пониженной освещенности и температуры число микробога с корнями составило 1,63 шт., а в условиях нормальной освещенности и температуры – 1,82 шт. Существенные различия наблюдали при культивировании эксплантов в условиях пониженной температуры и нормальной освещенности и в условиях дефицита температуры и освещенности, тогда как в остальных случаях существенных различий не установлено (НСР<sub>05</sub> = 1,05). При этом использование в питательной среде ауксина ИМК способствовало образованию большего числа корней (2,81 шт.) *P. cerasus* в куль-

туре *in vitro*, тогда как при использовании ИУК оно составило 1,93 шт. (рис. 2). На контрольном варианте экспланты не образовывали корней. Существенные различия выявлены между всеми представленными вариантами гормонального состава питательной среды (НСР<sub>05</sub> = 0,82).

На этапе адаптации растений-регенерантов *P. cerasus* к нестерильным условиям *ex vitro* установлено, что наибольшее влияние на длину адаптируемых побегов *P. cerasus* сортов Новелла и Шоколадница оказывал тип освещения (36 %). Доля влияния фактора сортового различия составила 22 %, взаимодействия этих двух факторов – 25 %, случайных факторов – 17 %. При этом сорт Шоколадница имел наибольший прирост (8,6 см), тогда как наименьший прирост наблюдался у сорта Новелла (4,3 см) (рис. 3). Между исследуемыми сортами наблюдали существенные различия (НСР<sub>05</sub> = 3,35).

Выявлено, что наибольший прирост (11,95 мм) наблюдался у микробога *P. cerasus* при адаптации в условиях с красным типом спектра освещения, наименьший (3,18 мм) – в условиях с холодным спектром. Между побегами, проходившими адаптацию на досвечивании лампами красного спектра и холодного спектра, выявлены существенные различия (НСР<sub>05</sub> = 3,35).

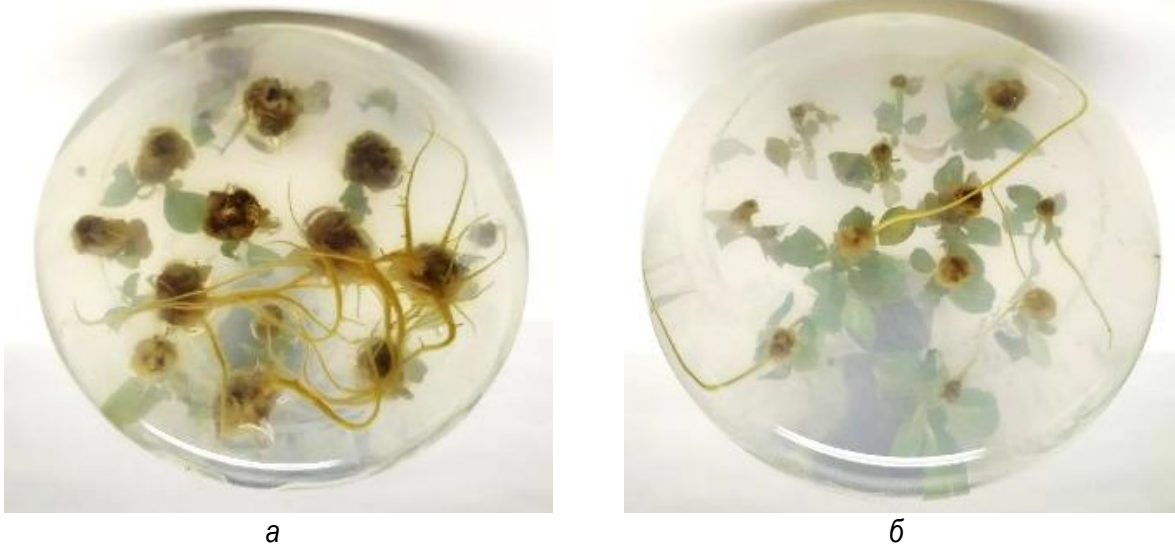


Рис. 2. Число корней *P. cerasus* в культуре *in vitro* в условиях пониженной освещенности и нормальной температуры на питательной среде MS с добавлением: а – ИМК; б – ИУК



Рис. 3. Растения-регенеранты *P. cerasus* на этапе адаптации к нестерильным условиям *ex vitro*: а – Новелла; б – Шоколадница

По результатам взаимодействия двух факторов – сорта и типа освещения – отмечено, что максимальные значения прироста побегов *P. cerasus* достигнуты на красном спектре досвечивания: у сорта Шоколадница – 11,3 мм, у сорта Новелла – 5,13 мм. При использовании белого спектра этот показатель для данных сортов был соответственно в 3,2 и 1,8 раза меньше. Существенные различия были установлены на сорте Шоколадница при красном спектре освещения по отношению к другим исследуемым сортам, в остальных же вариантах существенных различий не наблюдалось ( $HCp_{05} = 6,52$ ).

**Заключение.** Таким образом, в результате проведенного исследования по клональному микроразмножению *P. cerasus* отмечено, что на этапе укоренения на индукцию ризогенеза эксплантов сортов Новелла и Шоколадница в большей степени оказал ауксин ИМК в концентрации 1,0 мг/л. Лучшая укореняемость микропобегов *P. cerasus* в культуре *in vitro* в течение 2 недель выявлена при нормальной освещенности (1500–2000 лк) и пониженной температуре воздуха (15 °С). На адаптацию растений-регенерантов *P. cerasus* российских сортов к нестерильным условиям *ex vitro* существенное влия-

ние оказывали тип освещения и сорт. Наибольший прирост побегов наблюдался при освещении лампами красного спектра. Полученные данные могут быть использованы для совершенствования технологии клонального микро-размножения вишни сортов отечественной селекции с целью массового получения высококачественного и оздоровленного посадочного материала.

#### Список источников

1. Михеев А.М., Ревякина Н.Т. Вишня. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1991. 40 с.
2. Орлова С.Ю. Биологические особенности и селекционная ценность сортов вишни в условиях северо-запада России: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2002. 20 с.
3. Распространенность вирусных болезней косточковых культур в Европейской части России / Ю.Н. Приходько [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2008. № 1. С. 26–32.
4. Мониторинг вредоносных вирусов в насаждениях вишни и черешни в Подмосковье / К.В. Метлицкая [и др.] // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. 46. С. 227–231.
5. Шарафутдинов Х.В. Саженцы вишни и черешни. Эффективные способы получения привитых растений: монография. М.: МЭСХ, 2020. 136 с.
6. Астахов А.А. Новые сорта вишни и черешни для юга Нечерноземья // Садоводство и виноградарство. 2007. № 5. С. 21–23.
7. Карташова О.Н. Зимостойкость и продуктивность новых сортов вишни в условиях Нечерноземья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2009. 26 с.
8. Солонкин А.В. Стратегия селекции вишни и сливы для создания сортов в Нижнем Поволжье, возделываемых по современным технологиям: дис. ... д-ра с.-х. наук. 06.01.05. Волгоград, 2017. 349 с.
9. Оценка адаптивности сортообразцов вишни и черешни на юге Нечерноземья / М.В. Каньшина [и др.] // Селекция и сорто-разведение садовых культур. 2021. Т. 8, № 1-2. С. 45–48. DOI: 10.24411/2500-0454-2021-10114.
10. Бутенко Р.Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе. М.: ФБК-Пресс, 1999. 160 с.
11. Сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия: учебник / В.С. Шевелуха [и др.]; под общ. ред. В.С. Шевелухи. М.: URSS, 2015. 715 с.
12. Деменко В.И., Трушечкин В.Г. Размножение вишни методом *in vitro* // Сельскохозяйственная биология. М., 1983. № 7. С. 51–53.
13. Высоцкий В.А., Олешко Е.В. Совершенствование питательной среды для клонального микро-размножения вишни // Агротехника и сортоизучение плодовых культур: сб. науч. тр. М., 1985. С. 72–76.
14. Cerović R., Ružić D. Micropropagation of Sour Cherry (*Prunus cerasus* L.) cv. Šumadinka // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 1987. Vol. 9. P. 151–157.
15. Микроклональное размножение вишни / В.В. Фаустов [и др.]. // Известия ТСХА. 1988. Вып. 5. С. 131–148.
16. Tang H., Ren Z., Krczal G. Somatic Embryogenesis and Organogenesis from Immature Embryo Cotyledons of Three Sour Cherry Cultivars (*Prunus cerasus* L.) // Scientia Horticulturae. 2000. Vol. 83. P. 109–126.
17. Джигадло М.И. Использование биотехнологических и биофизических методов в селекции и сорто-разведении плодовых и ягодных культур: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Мичуринск, 2003. 26 с.
18. Proliferation and Rooting Efficiency Studies in Sour Cherry (*Prunus cerasus*) Using *In Vitro* Techniques / S.R. Singh [et al.] // Journal of Horticultural Sciences. 2010. Vol. 5. № 1. P. 48–52.
19. Optimization of Nutrient Media of *In Vitro* Propagation for Some Cherry Rootstocks (*Prunus cerasus*) / A. Gashi [et al.] // Anglisticum Journal (IJLLIS). 2017. Vol. 6. Iss. 12. P. 54–61. DOI: 10.5281/zenodo.1134340.
20. Влияние сезонного фактора на приживаемость эксплантов вишни обыкновенной в культуре *in vitro* / В.В. Шахов [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 11-1 (101). С. 159–162. DOI: 10.23670/IRJ.2020.101.11.027.
21. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник. 6-е изд. М.: Альянс, 2011. 350 с.

## References

1. Miheev A.M., Revyakina N.T. Vishnya. Izd. 2-e, pererab. i dop. M.: Agropromizdat, 1991. 40 s.
2. Orlova S.Yu. Biologicheskie osobennosti i selekcionnaya cennost' sortov vishni v usloviyah severo-zapada Rossii: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. SPb., 2002. 20 s.
3. Rasprostranennost' virusnyh boleznej kostochkovykh kul'tur v Evropejskoj chasti Rossii / Yu.N. Prihod'ko [i dr.] // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. 2008. № 1. S. 26–32.
4. Monitoring vredonosnyh virusov v nasazhdeniyah vishni i chereshni v Podmoskov'e / K.V. Metlickaya [i dr.] // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2016. T. 46. S. 227–231.
5. Sharafutdinov H.V. Sazhency vishni i chereshni. `Effektivnye sposoby polucheniya privityh rastenij: monografiya. M.: M`ESH, 2020. 136 s.
6. Astahov A.A. Novye sorta vishni i chereshni dlya yuga Nechernozem'ya // Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2007. № 5. S. 21–23.
7. Kartashova O.N. Zimostojkost' i produktivnost' novykh sortov vishni v usloviyah Nechernozem'ya: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. M., 2009. 26 s.
8. Solonkin A.V. Strategiya selekcii vishni i slivy dlya sozdaniya sortov v Nizhnem Povolzh'e, vzdelyvaemykh po sovremennym tehnologiyam: dis. ... d-ra s.-h. nauk: 06.01.05. Volgograd, 2017. 349 s.
9. Ocenka adaptivnosti sortoobrazcov vishni i chereshni na yuge Nechernozem'ya / M.V. Kan'shina [i dr.] // Selekcija i sortovozvedenie sadovykh kul'tur. 2021. T. 8, № 1-2. S. 45–48. DOI: 10.24411/2500-0454-2021-10114.
10. Butenko R.G. Biologiya kletok vysshih rastenij *in vitro* i biotehnologii na ih osnove. M.: FBK-Press, 1999. 160 s.
11. Sel'skohozyajstvennaya biotehnologiya i bioinzheneriya: uchebnik / V.S. Sheveluha [i dr.]; pod obsch. red. V.S. Sheveluhi. M.: URSS, 2015. 715 s.
12. Demenko V.I., Trushechkin V.G. Razmnozhenie vishni metodom *in vitro* // Sel'skohozyajstvennaya biologiya. M., 1983. № 7. S. 51–53.
13. Vysockij V.A., Oleshko E.V. Sovershenstvovanie pitatel'noj sredy dlya klonal'nogo mikrorazmnozheniya vishni // Agrotehnika i sortoizuchenie plodovykh kul'tur: sb. nauch. tr. M., 1985. S. 72–76.
14. Cerović R., Ružić D. Micropropagation of Sour Cherry (*Prunus cerasus* L.) cv. Šumadinka // Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 1987. Vol. 9. P. 151–157.
15. Mikroklonal'noe razmnozhenie vishni / V.V. Faustov [i dr.]. // Izvestiya TSHA. 1988. Vyp. 5. S. 131–148.
16. Tang H., Ren Z., Krczal G. Somatic Embryogenesis and Organogenesis from Immature Embryo Cotyledons of Three Sour Cherry Cultivars (*Prunus cerasus* L.) // Scientia Horticulturae. 2000. Vol. 83. P. 109–126.
17. Dzhigadlo M.I. Ispol'zovanie biotehnologicheskikh i biofizicheskikh metodov v selekcii i sortovozvedenii plodovykh i yagodnykh kul'tur: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. Michurinsk, 2003. 26 s.
18. Proliferation and Rooting Efficiency Studies in Sour Cherry (*Prunus cerasus*) Using *In Vitro* Techniques / S.R. Singh [et al.] // Journal of Horticultural Sciences. 2010. Vol. 5. № 1. P. 48–52.
19. Optimization of Nutrient Media of *In Vitro* Propagation for Some Cherry Rootstocks (*Prunus cerasus*) / A. Gashi [et al.] // Anglisticum Journal (IJLLIS). 2017. Vol. 6. Iss. 12. P. 54–61. DOI: 10.5281/zenodo.1134340.
20. Vliyanie sezonnogo faktora na prizhivaemost' `eksplantov vishni obyknovennoj v kul'ture *in vitro* / V.V. Shahov [i dr.] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2020. № 11-1 (101). S. 159-162. DOI: 10.23670/IRJ.2020.101.11.027.
21. Dospehov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij): uchebnik. 6-e izd. M.: Al'yans, 2011. 350 s.

Статья принята к публикации 26.09.2023 / The article accepted for publication 26.09.2023.



Информация об авторах:

**Сергей Сергеевич Макаров**<sup>1</sup>, заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения, профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, доктор сельскохозяйственных наук

**Ирина Борисовна Кузнецова**<sup>2</sup>, доцент кафедры агрохимии, биологии и защиты растений, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

**Хасян Вагизович Шарафутдинов**<sup>3</sup>, профессор кафедры декоративного садоводства и газоноведения, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

**Антон Игоревич Чудецкий**<sup>4</sup>, доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, кандидат сельскохозяйственных наук

**Лилия Рафисовна Ахметова**<sup>5</sup>, ассистент кафедры декоративного садоводства и газоноведения, аспирант

**Андрей Николаевич Кульчицкий**<sup>6</sup>, студент магистратуры кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов

Information about the authors:

**Sergei Sergeevich Makarov**<sup>1</sup>, Head of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Professor of the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Doctor of Agricultural Sciences

**Irina Borisovna Kuznetsova**<sup>2</sup>, Associate Professor at the Department of Agrochemistry, Biology and Plant Protection, Candidate of Agricultural Sciences, Docent

**Khasyan Vagizovich Sharafutdinov**<sup>3</sup>, Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

**Anton Igorevich Chudetsky**<sup>4</sup>, Associate Professor at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Candidate of Agricultural Sciences

**Liliya Rafisovna Akhmetova**<sup>5</sup>, Assistant at the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Postgraduate student

**Andrey Nikolaevich Kulchitsky**<sup>6</sup>, Master's Student at the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests

