

РИЗОГЕНЕЗ ДВУХ СОРТОВ КАЛИНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO*

С.А. Муратова , Н.С. Субботина

ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, 393760, Россия, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Интернациональная 101, info@mgau.ru

Аннотация

В статье представлены результаты опытов по изучению влияния ауксинов на эффективность ризогенеза *in vitro* калины обыкновенной. Биологическими объектами исследования были перспективные сорта Гранатовый браслет и Красный коралл. Испытывали среды ризогенеза на основе разбавленной питательной среды Мурасиге-Скуга с добавлением различных концентраций двух регуляторов роста ауксиновой природы (ИМК и ИУК). Приведены данные морфологических параметров, таких как средняя длина растения (см), средняя длина корня (см) и среднее число корней на одно растение (шт.) на этапе ризогенеза *in vitro*. Определены эффективные концентрации и тип ауксина для каждого генотипа. Среда MSyк, содержащая 20 г/л сахарозы, с добавлением 0,5...1,0 мг/л ИМК была оптимальной на стадии ризогенеза сорта Гранатовый браслет. Частота укоренения составила 58,5...65,0 %. Максимальная частота ризогенеза (100 %) сорта Красный коралл получена на среде укоренения с 0,25 мг/л ИМК, а максимальное число корней на укорененный черенок этого сорта получено на среде с 0,25 мг/л ИУК.

Ключевые слова: калина обыкновенная, культура *in vitro*, микрочеренки, ризогенез, ауксин

IN VITRO ROOT FORMATION OF TWO *VIBURNUM OPULUS* CULTIVARS

S.A. Muratova , N.S. Subbotina

Michurinsk State Agrarian University, 393760, Russian Federation, Tambov region, Michurinsk, Internationalnaya st., 101, info@mgau.ru

Abstract

The article presents the study results of the of auxins effect on *in vitro* root formation efficiency of *Viburnum opulus* L. Perspective cultivars Granatovy Braslet and Krasny Coral were studied. Rhizogenesis media on the base of diluted culture medium Murashige-Skoog supplemented with the various concentration of two growth regulators of auxin nature (IBA and IAA) were tested. Data of morphological parameters such as average plant length (cm), average root length (cm) and average root number per plant at *in vitro* root formation stage is given. Effective concentrations and type of auxin for each genotype were determined. The MSr medium containing 20 g/l sucrose with 0.5—1.0 mg/l IBA was optimal at the stage of rhizogenesis of Granatovy Braslet. The frequency of rooting was 58.5—65.0 %. The maximum frequency of rhizogenesis (100 %) of Krasny Coral was obtained on the rooting medium with 0.25 mg/l IBA, but the maximum number of roots per rooted cutting of this cultivar was obtained in the medium with 0.25 mg/l IAA.

Key words: *Viburnum opulus* L., culture *in vitro*, microshoots, rhizogenesis, auxin

Введение

Калина – популярное декоративное и лекарственное растение. Наиболее широко используется человеком калина обыкновенная, красная – *Viburnum opulus* L. В Государственный реестр селекционных достижений включено 16 сортов этого вида. Этот вид широко используется в садово-парковом строительстве, практически все части растения служат источником лекарственного сырья, из плодов варят кисели, компоты, варенье, отжимают сок (Абрамчук, Карпухин, 2019; Милюкова и др., 2021; Павленко, Козонова, 2021). Являясь источником различных биологически активных соединений, плоды и листья калины обыкновенной представляют собой ценный продукт для производства продуктов функционального питания (Винницкая, Попова, 2013). Интересно, что антиоксидантная активность листьев калины обыкновенной даже выше чем у плодов калины и находится на уровне 739,3 мг/100г (Красный коралл) – 904,0 мг/100 г (Зарница), что дает возможность использовать их для получения ингредиентов, обогащающих продукты питания (Попова, 2017).

Несмотря на то, что посадочный материал калины постоянно востребован, биотехнологические методы размножения этой культуры практически не разрабатывались. Разработка эффективной технологии размножения перспективных сортов калины *in vitro* позволит получать требуемое количество высококачественного посадочного материала к нужному сроку.

Этап ризогенеза микрочеренков – важнейший этап клонального микроразмножения (Деменко и др., 2010), поскольку формирование качественной корневой системы и развитых побегов *in vitro* во многом определяет успех прохождения микрорастениями этапа адаптации и последующего быстрого развития (Трунов, Хорошкова, 2020). Процесс образования корней – это сложная цепочка биохимических, физиологических и гистологических реакций, которые, в первую очередь, зависят от генома растений и условий укоренения черенков. Большое внимание уделяется грамотному применению стимуляторов корнеобразования. По литературным данным и результатам наших исследований для укоренения древесных и кустарниковых культур в большинстве случаев применение индукторов ризогенеза является обязательным. Наиболее часто для этих целей используют β-индолил-3-уксусную кислоту (ИУК), индолил-3-масляную кислоту (ИМК) и α-нафтилуксусную кислоту (НУК), которые добавляют в среды ризогенеза в концентрации 0,5...1,0 мг/л (Криницына, Чурикова, 2018; Остапчук, Кухарчик, 2018; Субботина и др., 2018; Крахмалева, Молканова, 2020; Хорошкова и др., 2020; Alosaimi, Triperi, 2016; Hunková, Gajdošová, 2019; Raeva-Bogoslovskaya et al., 2019; Muratova et al., 2021). Оптимальный состав среды ризогенеза для каждого генотипа подбирается опытным путем индивидуально.

Целью наших исследований было изучение особенностей ризогенеза двух сортов калины обыкновенной на безгормональной среде и средах с ауксинами.

Материалы и методы

Исследования проведены в учебно-исследовательской лаборатории биотехнологии Мичуринского государственного аграрного университета. В качестве растительного материала выбраны перспективные для производственного размножения сорта калины обыкновенной Гранатовый браслет и Красный коралл. Сорта калины были введены в стерильную культуру и размножены в условиях *in vitro*. Микрочеренки, достигшие длины 1,5...2,5 см, высаживали на среды укоренения. На этапе ризогенеза использовали минеральную основу питательной среды Мурасиге-Скуга (Murashige, Skoog, 1962) со сниженной вдвое концентрацией макросолей, дополненную мезоинозитолом – 50 мг/л, пиридоксимом HCl – 0,5 мг/л, никотиновой кислотой – 0,5 мг/л, тиаминном HCl – 0,4 мг/л, глицином – 2 мг/л, агаром – 8 г/л и сахарозой – 20 г/л, pH среды – 5,7...5,8. В среду добавляли ауксины: β-индолил-3-масляную кислоту (ИМК) или β-индолилуксусную кислоту

(ИУК) в концентрации 0,25...1,0 мг/л. Контролем служила среда без регуляторов роста. Стерилизация сред проводилась автоклавированием при температуре 120 °С, давлении 1,2 атм. в течение 20 мин. Витамины и регуляторы роста растений стерилизовали ультрафильтрацией через фильтры Millipore («Millipore» 0,22 µm, France) и добавляли в среду после автоклавирования.

Субкультивирование побегов осуществляли в широкогорлых конических колбах емкостью 250 мл с 80 мл среды. Колбы закрывали тонкой алюминиевой фольгой и герметизировали стрейч пленкой.

Культивирование растений осуществляли в культуральной комнате при 16-часовом световом дне с освещенностью 2400...2700 люкс (люминесцентные лампы Osram L36W/765 Cool Daylight), температуре воздуха 24 ± 2 °С и влажности воздуха 50...60 %. Микрочеренки находились на среде ризогенеза 6 недель.

Учет результатов производили с периодичностью 1 раз в 7 дней. На этапе укоренения микрочеренков учитывали число укоренившихся побегов, число и длину корней на каждый укорененный микрочеренок, измеряли длину побегов. На каждый вариант опыта брали по 25...30 эксплантов. Повторность опытов трехкратная. Статистическую обработку данных проводили с использованием программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение

Результаты опытов по укоренению микрочеренков калины обыкновенной в условиях *in vitro* показали, что эффективность ризогенеза зависит как от типа используемого ауксина и его концентрации в питательной среде, так и от индивидуального потенциала генотипа к образованию корней, определяемого в первую очередь эндогенным балансом фитогормонов. В нашем случае сорт калины Гранатовый браслет на контрольной среде без ауксина совсем не образовывал корней (рисунок 1), на средах с ауксинами через 13...16 дней началось образование корней. При этом на среде с 0,25 мг/л ИМК итоговая частота укоренения за шесть недель культивирования составила всего 11,9 %. Максимальное число укоренившихся побегов (до 65,0 %) получили при концентрации ИМК в среде укоренения 0,5...1,0 мг/л (рисунок 1). В этом случае сформировалось и наибольшее число корней на укорененный микрочеренок, появились корешки второго порядка. С ростом концентрации ИМК в питательной среде росло и число корней на укорененный микрочеренок (рисунок 2).

Наибольшее среднее число корней на укорененный микрочеренок калины сорта Гранатовый браслет получено при концентрации ИМК в среде ризогенеза 1,0 мг/л (рисунок 2). В этом случае отметили и максимальную интенсивность корнеобразования – 7 корней на одно микрорастение. Микропобеги с корнями интенсивно развивались на средах ризогенеза, формируя крепкие растения с крупными темно-зелеными листьями.

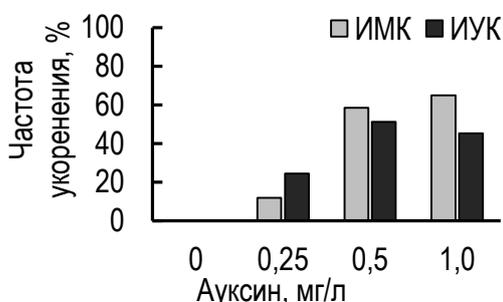


Рисунок 1 – Влияние типа и концентрации ауксина на эффективность укоренения калины обыкновенной сорта Гранатовый браслет

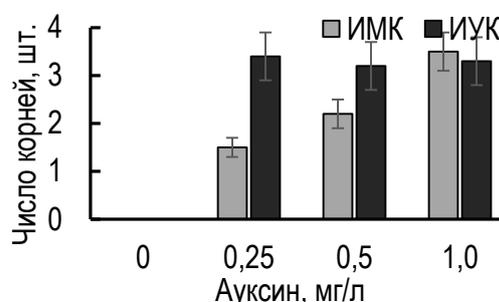


Рисунок 2 – Влияние типа и концентрации ауксина на образование корней у микрорастений калины обыкновенной сорта Гранатовый браслет

На средах с ИУК частота ризогенеза была ниже, максимальное значение 51,2 % достигнуто при концентрации ИУК в среде укоренения 0,5 мг/л. При этом если число корней на укорененный микрочеренок возрастало с ростом концентрации ИМК в среде, то на всех средах с ИУК оно было практически одинаковым и достаточно высоким (рисунок 2).

Интенсивность роста корней и побегов была схожей при использовании как одного, так и другого ауксина (рисунки 3, 4), за исключением варианта с самой низкой концентрацией ИМК, в этом случае длина корней была максимальной. Тот факт, что высокие концентрации ИМК в питательной среде замедляют рост корней, был показан ранее и на других культурах (Субботина и др., 2018; Крахмалева, Молканова, 2020; Хорошкова и др., 2020), кроме того, как правило, возрастание числа корней на укорененный черенок коррелирует с уменьшением их средней длины.

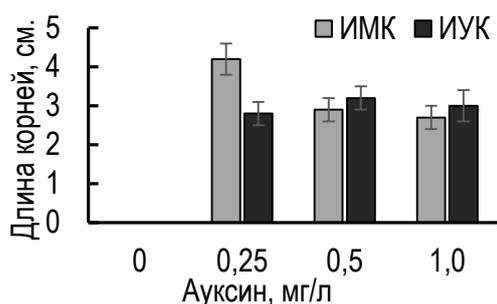


Рисунок 3 – Влияние типа и концентрации ауксина на рост корней у микрорастений калины обыкновенной сорта Гранатовый браслет

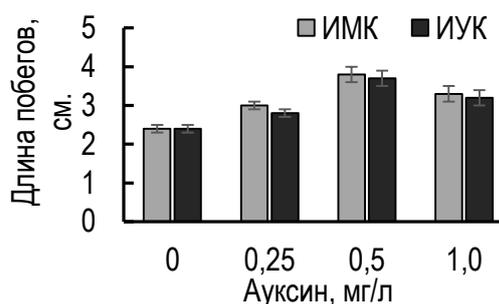
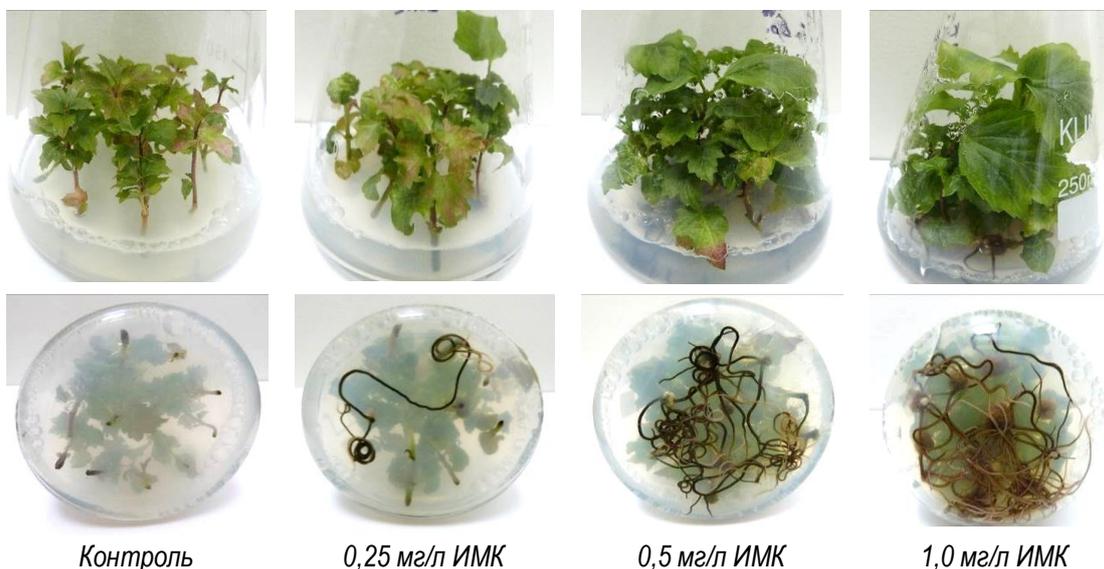


Рисунок 4 – Влияние типа и концентрации ауксина на рост побегов калины обыкновенной сорта Гранатовый браслет



Контроль
(без ауксина)

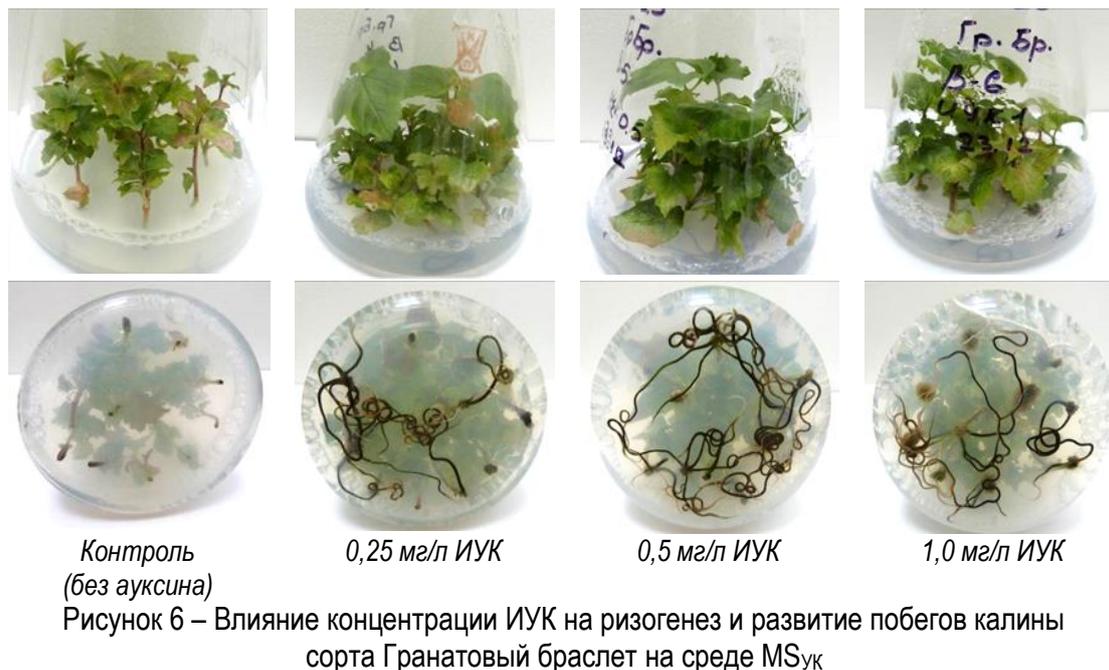
0,25 мг/л ИМК

0,5 мг/л ИМК

1,0 мг/л ИМК

Рисунок 5 -- Влияние концентрации ИМК на ризогенез и развитие побегов калины сорта Гранатовый браслет на среде MS_{ук}

Не отмечено принципиальных различий в развитии растений на средах с разными ауксинами. Микрорастения с корнями как на средах с ИМК, так и на средах с ИУК интенсивно развивались, формируя побеги до 5...6 см длиной, с крупными листьями длиной до 2,0...2,5 см (рисунки 5, 6).



Побеги не образовавшие корней на всех средах останавливались в развитии, листья у них начинали постепенно желтеть. Следовательно, перед высадкой на адаптацию требовалось добиться максимальной частоты ризогенеза микрочеренков, так как именно в этом случае качество полученных микрорастений могло обеспечить максимальный выход прижившихся растений на этапе адаптации.

Как следует из полученных нами данных, сорт калины Красный коралл характеризуется более высокой способностью к ризогенезу в условиях *in vitro*. Частота укоренения этого сорта на контрольной среде без гормонов составила 35,0 % (рисунок 7).

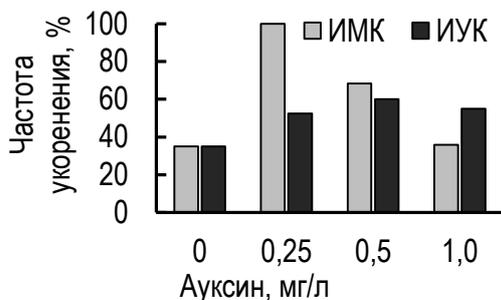


Рисунок 7 – Влияние типа и концентрации ауксина на эффективность укоренения калины обыкновенной сорта Красный коралл

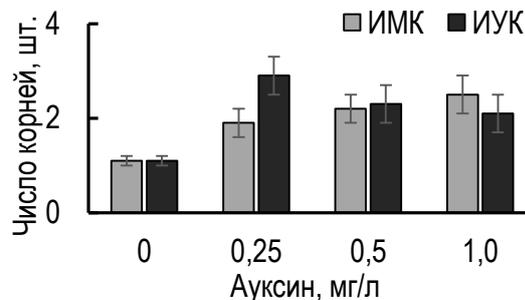


Рисунок 8 – Влияние типа и концентрации ауксина на образование корней у микрорастений калины обыкновенной сорта Красный коралл

Для этого сорта наиболее эффективной была определена концентрация ИМК в среде ризогенеза 0,25 мг/л, которая обеспечила 100 % укоренение микрочеренков. При этом как и в случае с сортом Гранатовый brasлет число корней увеличивалось с ростом концентрации ИМК (рисунок 8) и соответственно снижалась их средняя длина (рисунок 9). На средах с ИУК частота ризогенеза была ниже и не превышала 60 %, при использовании этого ауксина повышение его концентрации в питательной среде не вело к увеличению числа образовавшихся корешков (рисунок 8). Образование каллуса на срезах микрочеренков во

всех вариантах опыта было приемлемым, максимальное его количество вполне ожидаемо получено при самых высоких концентрациях ауксина. Укоренившиеся побеги росли практически с одинаковой интенсивностью во всех вариантах опыта (рисунок 9). По высоте побеги сорта Красный коралл на питательных средах с различной концентрацией ауксина статистически не отличались.

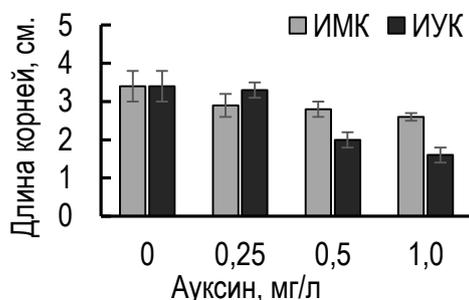


Рисунок 9 – Влияние типа и концентрации ауксина на рост корней у микрорастений калины обыкновенной сорта Красный коралл

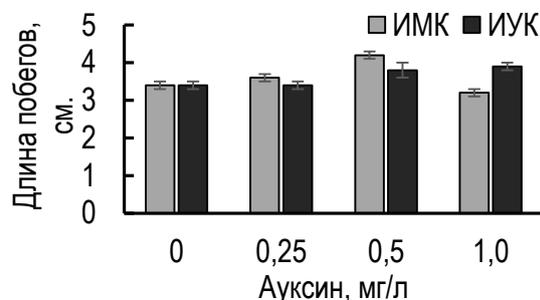
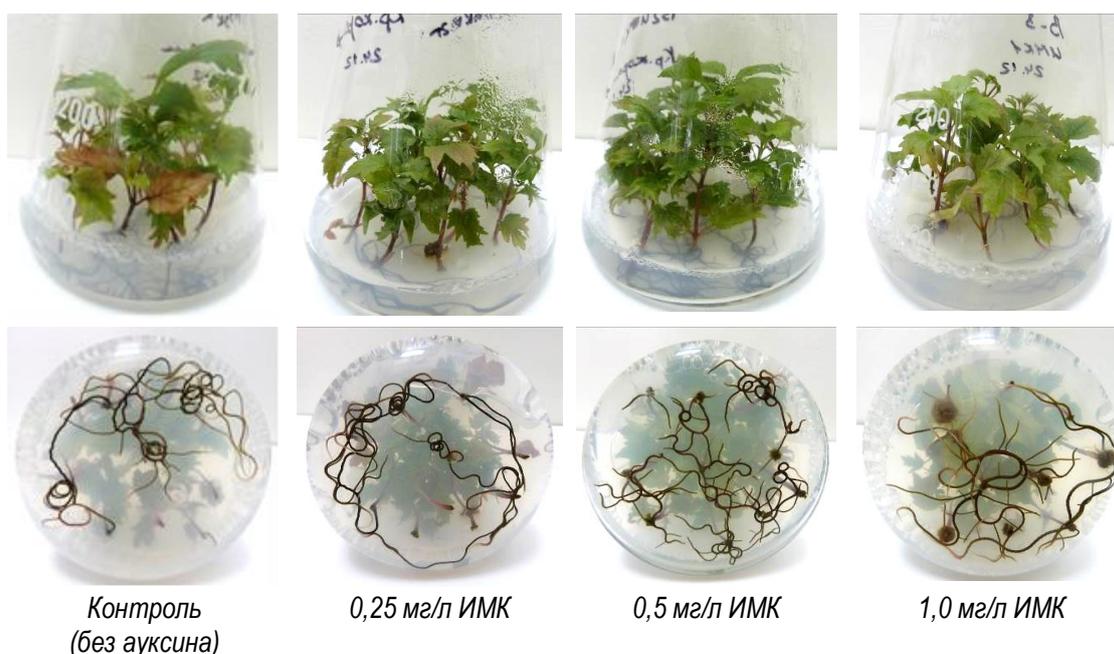


Рисунок 10 – Влияние типа и концентрации ауксина на рост побегов калины обыкновенной сорта Красный коралл

Ранее, при укоренении ягодных культур рода *Rubus* было показано, что морфология образовавшихся корней могла сильно отличаться в зависимости от типа применяемого ауксина (Субботина и др., 2018; Хорошкова и др., 2020). В отличие от ежевики у калины морфологические характеристики корней и общая структура корневой системы на средах с ИМК и ИУК была очень схожей (рисунки 5, 6, 11, 12), что говорит о том, что качество образовавшихся корней в большей степени зависело от биологических особенностей культуры и в меньшей от типа используемого ауксина.

Возможность применения ИУК в составе питательных сред для укоренения микрочеренков была ранее показана и на других кустарниковых породах (Криницына, Чурикова, 2018).



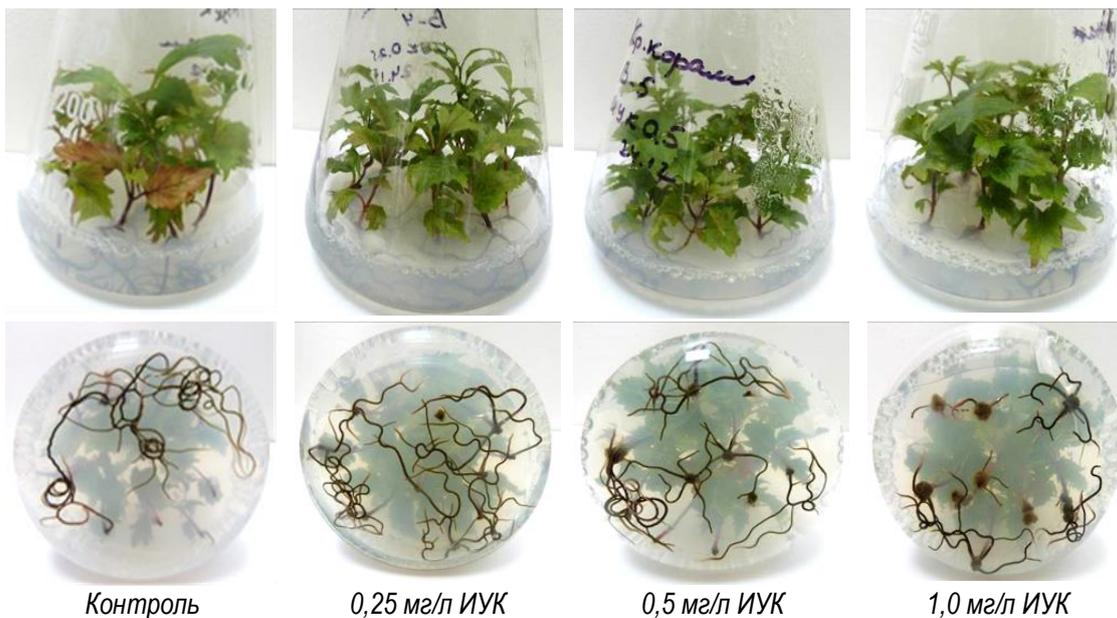
Контроль
(без ауксина)

0,25 мг/л ИМК

0,5 мг/л ИМК

1,0 мг/л ИМК

Рисунок 11 – Влияние концентрации ИМК на ризогенез и развитие побегов калины сорта Красный коралл на среде MS_{ук}



Контроль
(без ауксина)

0,25 мг/л ИУК

0,5 мг/л ИУК

1,0 мг/л ИУК

Рисунок 12 – Влияние концентрации ИУК на ризогенез и развитие побегов калины сорта Красный коралл на среде MS_{ук}

Наиболее качественные микрорастения получены на среде с 0,5 мг/л ИМК (рисунок 13). Эти растения хорошо перенесли переход в условия *ex vitro*.



Рисунок 13 – Укорененные на среде MS_{ук} с 0,5 мг/л ИМК растения калины сорта Гранатовый браслет

Заключение

Калина обыкновенная достаточно хорошо укореняется в условиях *in vitro*. При этом сорт калины Красный Коралл характеризуется более высокой способностью к укоренению микрочеренков по сравнению с сортом Гранатовый браслет. Для ризогенеза *in vitro* включенных в исследования сортов калины обыкновенной рекомендуется использовать разбавленную питательную среду Мурасиге-Скуга со сниженной вдвое концентрацией макросолей, дополненную мезоинозитолом – 50 мг/л, пиридоксимом HCl – 0,5 мг/л, никотиновой кислотой – 0,5 мг/л, тиамином HCl – 0,4 мг/л, глицином – 2 мг/л, агаром – 8 г/л и сахарозой – 20 г/л с добавлением β-индолил-3-масляной кислоты (ИМК). Для укоренения сорта Гранатовый браслет рекомендуется добавлять в среду ризогенеза 0,5...1,0 мг/л ИМК, для эффективного укоренения сорта Красный Коралл снизить концентрацию ауксина в среде до 0,25 мг/л. На средах с ИМК частота ризогенеза сорта калины Гранатовый браслет доходит до 65,0 %, сорта Красный коралл до 100 %. На средах с ИУК эффективность ризогенеза микрочеренков калины не превышает 60,0 %. На безгормональной среде сорт Гранатовый браслет не укореняется совсем, частота укоренения сорта Красный коралл существенно ниже.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Абрамчук А.В., Карпухин М.Ю. Калина в садово-парковом строительстве // Вестник биотехнологии. 2019. № 4(21). С. 16. EDN [LDSIWH](#).
2. Винницкая В.Ф., Попова Е.И. Новые виды продуктов из калины для функционального питания // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2013. №2. С. 66-71. EDN [RRQJMN](#)
3. Деменко В.И., Шестибратов К.А., Лебедев В.Г. Укоренение – ключевой этап размножения растений *in vitro* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2010. № 1. С.73-85. EDN [LAJJIR](#)
4. Крахмалева И.Л., Молканова О.И. Особенности размножения сортов крыжовника в культуре *in vitro* // Плодоводство и ягодоводство России. 2020. Т. 62. С.105-114. DOI: 10.31676/2073-4948-2020-62-105-114. EDN [GJGGV](#)
5. Криницына А.А., Чурикова О.А. Влияние экзогенных ауксинов на заложение и развитие придаточных корней двух сортов сирени в культуре *in vitro* // Плодоводство и ягодоводство России. 2018 Т.54. С. 93-96. DOI 10.31676/2073-4948-2018-54-93-96. EDN [XYUSLZ](#)
6. Милюкова Е.Ф., Борисов М.Ю., Макриди Н.В., Сахоненко А.Н., Сорокопудов В.Н. Калина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.): биолого-хозяйственная ценность // Вестник ландшафтной архитектуры. 2021. № 28. С. 39-42. EDN [ZUJDBT](#).
7. Остапчук И.Н., Кухарчик Н.В. Ризогенез хеномелеса японского в культуре *in vitro* // Плодоводство. 2018. Т.30. С. 148-152. EDN [COGYBC](#)
8. Павленко Н.В., Козонова З.Г. Полезные свойства калины // Тенденции развития науки и образования. 2021. №. 73-2. С. 52-54. DOI: 10.18411/lj-05-2021-56. EDN [DLYHJD](#)
9. Попова Е.В. Инновационная технология приготовления фруктовых снеков для функционального питания из калины обыкновенной // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. №3. С. 122-126. EDN [ZOFLNV](#)
10. Субботина Н.С., Хорошкова Ю.В., Муратова С.А. Влияние ауксинов на ризогенез ежевики сортов Дирксен Торнлесс и Блэк Сэтин в культуре *in vitro* // Научные инновации - аграрному производству. Материалы Междунар. науч.-практич. конф. посвящ. 100-

- летнему юбилею Омского ГАУ (21 февраля 2018 года (Эл. сборник). Омск: Омский ГАУ 2018. С. 933-938. EDN [UOGGFB](#)
11. Трунов И.А., Хорошкова Ю.В. Оптимизация условий роста микрорастений садовых культур на этапе адаптации // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 1. С. 90-97. EDN [JBTIMI](#)
 12. Хорошкова Ю.В., Трунов И.А., Мелехов И.Д. Применение ауксинов в составе питательной среды на этапе ризогенеза микрочеренков ягодных и декоративных культур // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2020. № 4. С. 83-91. EDN [PIWJGU](#)
 13. Alosaimi A.A., Tripepi R.R. Micropropagation of a selected clone of *Amelanchier alnifolia* // Acta Horticulturae. 2016. Vol. 1140. P. 297-298. DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1140.66
 14. Hunková J., Gajdošová A. In vitro rooting and acclimatization of *Amelanchier alnifolia* (Nutt.) Nutt. ex M. Roem: Testing of auxin, spermidine, and gibberellin for overcoming dormancy // Journal of Berry Research. 2019. Vol. 9, T 3. P. 549-561. DOI : 10.3233/JBR-180376
 15. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Physiologia Plantarum. 1962. Vol. 15, N 3. P. 473-497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
 16. Muratova S., Papikhin R., Subbotina N., Melekhov I., Regulation of rhizogenetic process at clonal micropropagation of horticultural crops // Acta Horticulturae. 2021. Vol. 1324. P. 117-122. DOI: 10.17660/Acta Hortic.2021.1324.18. EDN [RADBSZ](#)
 17. Raeva-Bogoslovskaya E.N., Molkanova O.I., Kryuchkova V.A. Some aspects of clonal micropropagation of *Amelanchier* Medik. genus representatives // E3S Web of Conferences. 2021. Vol. 254. C. 04005. DOI: 10.1051/e3sconf/202125404005. EDN [GHQCYE](#)

References

1. Abramchuk, A.V., & Karpukhin, M.Yu. (2019). The kalina in landscape construction. *Bulletin of Biotechnology*, 4, 16. EDN [LDSIWH](#). (In Russian).
2. Vinnitskaya, V.F., & Popova, E.I. (2013). New functional food produced from arrow-wood. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2, 66-71. EDN [RRQJMN](#). (In Russian, English abstract).
3. Demenko, V.I., Shestibratov, K.A., & Lebedev, V.G. (2010). Rooting is the key stage in plant propagation *in vitro*. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*, 1, 73-85. EDN [LAJJIR](#). (In Russian).
4. Krakhmaleva, I.L., & Molkanova, O.I. (2020). Peculiarities of *in vitro* propagation of gooseberry varieties. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 62, 105-114. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-62-105-114>. EDN [GJGGVV](#). (In Russian, English abstract).
5. Krinitsina, A.A., & Churikova, O.A. (2018). Influence of different exogenous auxins on initiation and development of adventitious roots of two lilac varieties *in vitro*. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 54, 93-96. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-54-93-96>. EDN [XYUSLZ](#). (In Russian, English abstract).
6. Milyukova, E.F., Borisov, M.Yu., Makridi, N.V., Sakhonenko, A.N., & Sorokopudov, V.N. (2021). *Viburnum opulus* L.: biological and economic value. *Bulletin of Landscape Architecture*, 28, 39-42. EDN [ZUJDBT](#). (In Russian).
7. Ostapchuk, I.N., & Kukharchyk, N.V. (2018). In vitro root formation of Japanese quince. *Fruit Growing*, 30, 148-152. EDN [COGYBC](#). (In Russian, English abstract).

8. Pavlenko, N.V., & Kozonova, Z.G. (2021). Useful properties of viburnum. *Trends in the development of science and education*, 73(2), 52-54. <https://doi.org/10.18411/ij-05-2021-56>. EDN [DLYHJD](#). (In Russian).
9. Popova, E.I. (2017). Innovative technology of fruit snacks production from european cranberrybush for functional nutrition. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 3, 122-126. EDN [ZOFLNV](#). (In Russian, English abstract).
10. Subbotina, N.S., Khoroshkova, Yu.V., & Muratova, S.A. (2018). Influence of auxins on rizogenezis of blackberry cultivars Dirksen Tornless and Black Satin in culture *in vitro*. In *Scientific innovations for agricultural production: materials of the International scientific-practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Omsk State Agrarian University* (pp. 933-938). Omsk State Agrarian University. EDN [UOGGFB](#). (In Russian).
11. Trunov, I.A. & Khoroshkova, Yu.V. (2020). Optimization of growing conditions of microplants of horticultural crops on the adaptation stage. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2020, 1, 90-97. EDN [JBTIMI](#). (In Russian, English abstract).
12. Khoroshkova, Yu., Trunov, I., & Melekhov, I. (2020). The application of auxins in the nutritional medium at the stage of rhysoygenesis of microshoots berry and ornamental crops. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 4, 83-91. EDN [PIWJGU](#). (In Russian, English abstract).
13. Alosaimi, A.A., & Tripepi, R.R. (2016). Micropropagation of a selected clone of *Amelanchier alnifolia*. *Acta Horticulturae*, 1140, 297-298. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1140.66>
14. Hunková, J., & Gajdošová, A. (2019). *In vitro* rooting and acclimatization of *Amelanchier alnifolia* (Nutt.) Nutt. ex M. Roem: Testing of auxin, spermidine, and gibberellin for overcoming dormancy. *Journal of Berry Research*, 9(3), 549-561. <https://doi.org/10.3233/JBR-180376>
15. Murashige, T., & Skoog, F.A (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
16. Muratova, S., Papikhin, R., Subbotina, N., & Melekhov, I. (2021). Regulation of rhizogenetic process at clonal micropropagation of horticultural crops. *Acta Horticulturae*, 1324, 117-122. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1324.18>. EDN [RADBSZ](#)
17. Raeva-Bogoslovskaya, E.N., Molkanova, O.I., & Kryuchkova, V.A. (2021). Some aspects of clonal micropropagation of *Amelanchier* Medik. genus representatives. *E3S Web of Conferences*, 254, 04005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125404005>. EDN [GHQCYE](#)

Авторы:

Светлана Александровна Муратова, кандидат биологических наук, заведующий учебно-исследовательской лабораторией биотехнологии ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ), smuratova@yandex.ru

Наталья Сергеевна Субботина, младший научный сотрудник учебно-исследовательской лаборатории биотехнологии ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ), subbotinanatali1982@yandex.ru

Authors details:

Svetlana Muratova, PhD in Biology, Head of the Educational and Research Laboratory of Biotechnology of Michurinsk State Agrarian University, smuratova@yandex.ru

Natalia Subbotina, junior researcher in the Educational and Research Laboratory of Biotechnology of Michurinsk State Agrarian University, subbotinanatali1982@yandex.ru