



## Клональное микроразмножение декоративного злака молинии голубой (*Molinia caerulea* (L.) Moench)

© 2020. Т. Г. Леконцева✉, А. В. Федоров

ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского  
отделения Российской академии наук», г. Ижевск, Российская Федерация

Исследования посвящены разработке технологии клонального микроразмножения декоративного злака молинии голубой (*Molinia caerulea* (L.) Moench). Концентрация 2,0 мг/л цитокинина 6-бензиламинопурина (6-БАП) способствовала получению максимального количества микропобегов: 6,3 и 7,9 шт. на средах Андерсона и Мурасиге-Скуга (MS) соответственно, что превосходило контроль на 4,7 и 6,3 шт. ( $НСР_{05} = 2,3$ ). Наибольшая длина побегов была отмечена на безгормональных средах, с увеличением содержания 6-БАП данный показатель существенно снижался. На средах Андерсона и MS с 1,0 мг/л 6-БАП длина побегов в среднем составила 21,5 и 26,4 мм соответственно, что позволило пересадить их на укоренение, минуя высадку на среду для элонгации. Включение в состав среды MS микроудобрения «Силиплант» в дозах 1,0 и 2,0 мл/л способствовало существенному увеличению размеров побегов на 16,7 и 10,7 мм ( $НСР_{05} = 8,9$ ) соответственно в сравнении с контролем (MS). В качестве среды для ризогенеза рекомендуется использовать среду Андерсона и 0,5 мг/л индолил-3-уксусной кислоты: через две недели культивирования регенеранты имели стандартный вид с развитыми корнями, пригодными для высадки на адаптацию. На этапе адаптации полив субстрата биофунгицидом «Триходерма вериде» согласно инструкции и однократное опрыскивание злаков микроудобрением «Силиплант» в дозе 1,5 мл/л способствовали их 100 % приживаемости.

**Ключевые слова:** декоративная трава, *Molinia caerulea*, Силиплант, оздоровление, клонирование, стерилизация, питательная среда, адаптация, *in vitro*, регенерант, субстрат

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (тема № НИОКТР АААААА-А18-118031390077-4).

Авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Клональное микроразмножение декоративного злака молинии голубой (*Molinia caerulea* (L.) Moench). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):713-720. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.713-720>

Поступила: 20.10.2020

Принята к публикации: 25.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## Clonal micropropagation of decorative cereal *Molinia caerulea* (L.) Moench

© 2020. Tatyana G. Lekontseva✉, Alexander V. Fedorov

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy  
of Sciences, Izhevsk, Russian Federation

The research is devoted to the development of clonal micro-propagation technology of the decorative cereal *Molinia caerulea* (L.) Moench. The concentration of 2.0 mg/l of cytokinin 6-benzylaminopurine (6-BAP) contributed to obtaining the maximum number of microshoots: 6.3 and 7.9 pcs. on Anderson's and Murashige-Skoog's (MS) media, respectively, which exceeded the control (by 4.7 and 6.3, respectively, with  $LSD_{05} = 2.3$ ). The length shoots were observed on hormone-free media, this indicator significantly decreased with an increase in 6-BAP content. On Anderson and MS media with 1.0 mg/l 6-BAP, the shoot length averaged 21.5 and 26.4 mm, respectively, which made it possible to transplant them for rooting, bypassing planting on a medium for elongation. The inclusion of the Siliplant micro-fertilizer in the MS medium at doses of 1.0 and 2.0 ml/l contributed to a significant increase in shoot size, by 16.7 and 10.7 mm ( $LSD_{05} = 8.9$ ), respectively, in comparison with the control (MS). It is recommended to use Anderson's medium and 0.5 mg/l of indole-3-acetic acid as a medium for rhizogenesis: after two weeks of cultivation, the regenerants had a standard appearance with developed roots suitable for planting for adaptation. At the adaptation stage, watering the substrate with the biofungicide «Trichoderma veride» according to the instructions and a cereals single spraying with the micro-fertilizer «Siliplant» at a dose of 1.5 ml/l contributed to their 100 % survival rate.

**Keywords:** decorative grass, *Molinia caerulea*, Siliplant, recovery, cloning, sterilization, nutrient medium, adaptation, *in vitro*, regnerant, substrate

**Acknowledgments:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. АААААА-А18-118031390077-4).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

*For citation:* Lekontseva T. G., Fedorov A. V. Clonal micropropagation of decorative cereal *Molinia caerulea* (L.) Moench. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6) 713-720. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.713-720>

Received: 20.10.2020

Accepted for publication: 25.11.2020 Published online: 10.12.2020

Природный стиль – устойчивый тренд современного озеленения. Неотъемлемой частью садово-парковых композиций природного стиля являются декоративные злаки семейства Мятликовые. Злаковые культуры распространены по всей территории Российской Федерации, имеют большое разнообразие как внешнее, так и ботаническое. Одним из многочисленных плюсов использования злаков в озеленении является то, что они не требуют особого ухода и устойчивы к вредителям и болезням. Представители этого семейства отлично уживаются с другими культурами, что позволяет их применять в разнообразных комбинациях миксбордеров, альпийских горок, при создании садов злаковых трав, в одиночных посадках [1, 2].

Традиционный способ размножения сортовых декоративных злаков вегетативный – делением корневищ. Однако данный способ является трудоемким, малопродуктивным, подразумевает содержание маточных растений, школки для доращивания и т. д. Также есть риск попадания семенного материала злака при его созревании на маточные насаждения, что не гарантирует сортовую чистоту получаемых саженцев. Биотехнология стала важной альтернативой основным способам размножения. Биотехнологические приемы, в том числе методы клонального микро размножения, позволяют ускорить размножение ценных генотипов и получить оздоровленный безвирусный посадочный материал<sup>1</sup> [3].

Особенно важным для технологии размножения *in vitro* любой культуры является подбор регуляторов роста. Известно, что рост и развитие растения, прохождение этапов онтогенеза регулируется сложной системой баланса фитогормонов<sup>2</sup>. Применение регуляторов роста из групп цитокининов и ауксинов и варьирование их соотношением в процессе культивирования позволяет сдвинуть рост и развитие в желаемом направлении. Из цитокининов наиболее часто используют 6-бензил-аминопурин (6-БАП), а из ауксинов – индолил-3-уксусную кислоту (ИУК). При этом почти

каждый новый объект требует корректировки этих количеств<sup>3</sup>.

После выращивания растений *in vitro*, их адаптация к условиям почвы нередко вызывает затруднения и приводит к гибели растений, полученных в стерильных условиях. В связи с этим актуальным является использование веществ, способствующих улучшению адаптации регенерантов. В качестве таких веществ могут быть использованы соединения кремния, представленные в препаратах «НВ-101», «Черказ», «Мелафен», «Силиплант», «Биокремний» и других.

Кремний выполняет множество функций в растительном организме: оказывает влияние на рост и развитие, урожайность и его качество, повышает эффективность фотосинтеза и активность корневой системы, особую и удивительную роль играет в повышении устойчивости растений к стрессам различной природы (как биотическим, так и абиотическим) [4, 5].

Применение кремнийсодержащих препаратов при клональном микро размножении растений изучено недостаточно, поэтому исследования в этом направлении являются актуальными. При культивировании микро черенков *in vitro* создаются контролируемые условия: асептическая питательная среда; строго заданная рецептура среды с определенным химическим составом и кислотностью; оптимальная влажность; температурный режим и освещенность. Микро черенки и микро саженцы находятся в строго контролируемых условиях. Особую роль кремниевые препараты могут сыграть при выведении микро саженцев на адаптацию, когда они испытывают сильнейший стресс по отношению к условиям окружающей среды.

Положительные результаты получены при использовании микро удобрения «Силиплант» при адаптации микро растений жимолости синей, роз [6, 7, 8].

В исследованиях А. Н. Реброва [9] показано положительное влияние «Мелафена» на адаптацию микро саженцев винограда, М. Г. Марковой, Е. Н. Сомовой – «НВ-101» на адаптацию микро саженцев жимолости синей.

<sup>1</sup>Баранова О. Г. Основы микро размножения редких растений: учебно-методическое пособие. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. 64 с.

<sup>2</sup>Там же.

<sup>3</sup>Баранова О. Г. Указ. соч.

Совместное применение «Силипланта» и «ЭкоФуса» при клональном микроразмножении земляники садовой в составе питательной среды при освещении экспериментальными облучателями способствовало увеличению коэффициента размножения в 1,7 раза [11]. Введение в состав питательной среды MS «Силипланта» вместо комплекса микроэлементов дало положительные результаты при микроразмножении роз [12]. Таким образом, предварительные исследования показали, что кремнийсодержащие препараты оказывают положительное влияние при клональном микроразмножении растений.

Исследования по теме клонального микроразмножения декоративных злаков являются актуальными и востребованными по причине развития садово-парковых композиций природного стиля.

**Цель исследований** – разработка технологии производства посадочного материала декоративного злака молинии голубой на основе *in vitro*.

**Материал и методы.** Объектом исследования служили микропобеги декоративного злака молинии голубой (*Molinia caerulea* (L.) Moench) сорта Heidebraut.

В качестве исходных эксплантов для введения в стерильную культуру использовали одиночные побеги, полученные нами в период начала их роста в весеннее время. Для удаления поверхностной загрязненности побеги промывали в течение 30 минут под проточной водой и 20-30 минут обрабатывали в мыльном растворе с 2-3 каплями «Лока» (универсальное многофункциональное чистящее средство L.O.C., Amway). Стерилизацию побегов проводили в условиях ламинар-бокса в концентрированной перекиси водорода (33 %) в течение 8-10 минут с последующей 5-кратной промывкой стерильной дистиллированной водой. Экспланты высаживали в биологические пробирки с агаризованной питательной средой Андерсона, дополненной 6-БАП в концентрации 0,2 мг/л. Дальнейшее культивирование проводили на средах Андерсона и Мурасиге-Скуга с различным содержанием 6-БАП в стеклянных банках объемом 100-150 мл в светоконате освещенностью 1,5-2,0 клк при

температуре  $25 \pm 2$  °C, фотопериод 16 часов. Продолжительность каждого субкультивирования составляла 30-35 суток.

Среду MS использовали в опыте следующего состава: макро-, микроэлементы и Fe-хелат по MS<sup>4</sup>, мезоинозит – 100,0, глицин – 4,0, никотиновая кислота, тиамин, пиридоксин по 0,5 мг/л, аскорбиновая кислота – 1,0 мг/л, сахароза – 25,0, агар-агар – 4,2 г/л, pH – 5,6-5,8. Данная среда характеризуется как богатая, соотношение аммиачной и нитратной форм азота в ней оптимально для процессов органоге́неза [13].

Среда Андерсона по содержанию элементов питания характеризуется как бедная. Содержание макро-, микроэлементов и Fe-хелат по Андерсону<sup>5</sup>, мезоинозит – 100,0, глицин – 1,0, никотиновая кислота, тиамин, пиридоксин по 0,5 мг/л, аскорбиновая кислота – 1,0 мг/л, сахароза – 20,0, агар-агар – 4,2 г/л, pH – 5,2-5,4.

Коэффициент размножения учитывали как количество микропобегов, полученных за одно субкультивирование от одного микрочеренка. Определяли морфометрические показатели растений (длину побегов и корней) через 3-4 недели культивирования.

Для ризоге́неза применяли среды Андерсона и MS с половинной концентрацией макросолей, концентрация ауксина – индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) – 0,5 мг/л.

Для адаптации злаков также была применена технология, отработанная нами при адаптации микросаженцев роз с использованием микроудобрения «Синиплант» [12]. Для оценки её эффективности рассчитывали процентное соотношение выживших регенерантов к общему количеству высаженных в субстрат.

«Силиплант» (производство НЭСТ-М, Россия) – это кремнийсодержащее удобрение, в состав которого, кроме кремния (7 %) и калия (1 %), входят в легко доступной для растений хелатной форме микроэлементы (мг/л): Fe – 300; Mg – 100; Cu – 70-240; Zn – 80; Mn – 150; Co – 15; B – 90. Гибберелловую кислоту (ГК) использовали в составе питательной среды с целью увеличения размеров микрочеренков, который способствует увеличению длины побегов путем растяжения клеток.

<sup>4</sup>Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*. 1962;15:473-497.

URL: [http://priede.bf.lu.lv/groz/AuguFiziologijas/Augu\\_audu\\_kulturas\\_MAG/literatura/03\\_Murashige%20Skoog1962.pdf](http://priede.bf.lu.lv/groz/AuguFiziologijas/Augu_audu_kulturas_MAG/literatura/03_Murashige%20Skoog1962.pdf)

<sup>5</sup>Anderson W. C. A revised tissue culture medium for shoot multiplication of rhododendron. *J. Amer.Soc. Hort. Sci.* 1984;109:343-347.

Опыты проводили в 3-кратной повторности, в каждом варианте анализировали не менее 30-60 микропобегов и регенерантов. Статистическая обработка данных проведена дисперсионным методом по Б. А. Доспехову<sup>6</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** Процесс клонального микроразмножения принято делить на несколько этапов. Первый этап – эксплантрование исходной ткани растения и получение хорошо растущей стерильной культуры. Второй этап – собственно микроразмножение, т.е. максимальное увеличение количества меристематических клонов, основанное на пролиферации почек и побегов. Третий этап – укоренение размноженных побегов и последующая адаптация к нестерильным условиям внешней среды<sup>7</sup>.

Этап введения побегов молинии голубой в культуру *in vitro* является сложным ввиду того, что в качестве эксплантов используют побеги, выращенные в почве и, следовательно, обсемененные различными микроорганизмами.

Применение стандартной технологии подготовки побегов и стерилизация в условиях ламинар-бокса в концентрированной перекиси водорода (33 %) в течение 8-10 минут с последующей 5-кратной промывкой стерильной дистиллированной водой позволили получить 15 % стерильных эксплантов. По-видимому, высокая инфицированность эксплантов связана с особенностями морфологии злаковых растений – расположением побегов в период отрастания в почвенном слое, где высокая концентрация микроорганизмов.

С целью подбора оптимальной среды для микроразмножения молинии голубой были использованы питательные среды MS и модифицированная Андерсона, дополненные цитокинином 6-БАП в вариантах концентрации 1,0, 2,0 и 3,0 мг/л.

Во всех вариантах питательных сред отмечали хорошее развитие и частичное укоренение побегов (табл. 1).

**Таблица 1 – Коэффициент размножения молинии голубой сорта Heidebraut в зависимости от состава питательной среды, шт/черенок /**

**Table 1 – Reproduction coefficient of MaliniacaeruleaHeidebraut variety, depending on nutrient medium composition, pcs/cutting**

Вариант среды (фактор A) / Environment variant (factor A)	Концентрация 6-БАП, мг/л (фактор B) / Density 6-BAP, mg/l (factor B)				Среднее по фактору A / Average by factor A	Отклонение / Deviation
	0 (K)	1,0	2,0	3,0		
Андерсона (K) / Anderson (K)	1,6	2,4	6,3	4,4	3,7	-
Мурасиге-Скуга / MS Medium	1,6	4,4	7,9	5,2	4,8	+1,1
Среднее по фактору B / Average by factor B	1,6	3,4	7,1	4,8	-	-
Отклонение / Deviation	-	+1,8	+5,5	+3,2	-	-

HCP<sub>05</sub> / LSD<sub>05</sub> частных различий / specific differences 2,3  
 по фактору A / by factor A 1,1; по фактору B / by factor B 2,0

Концентрация цитокинина 2,0 мг/л способствовала получению максимального количества микропобегов: на среде Андерсона – 6,3, на среде MS – 7,9 шт/черенок соответственно, что существенно превосходило контроль (на 4,7 и 6,3 шт/черенок соответственно при HCP<sub>05</sub> = 2,3). С повышением содержания 6-БАП до 3,0 мг/л эффективность микроразмножения ухудшалась, но была выше, чем в контроле и при добавлении 1,0 мг/л 6-БАП.

В целом содержание цитокинина 2,0 и 3,0 мг/л на двух исследуемых средах способствовало получению значительно большего

количества микропобегов по сравнению с контролем (на 5,5 и 3,2 шт/черенок соответственно при HCP<sub>05</sub> = 2,0). Среда MS превосходила по этому показателю среду Андерсона (в среднем на 1,1 шт/черенок при HCP<sub>05</sub> = 1,1). Таким образом, оптимальная питательная среда для этапа собственного микроразмножения молинии голубой Heidebraut – MS с 2,0 мг/л 6-БАП.

Микропобеги, высаженные на безгормональные среды MS и Андерсона, имели высокую укореняемость (50,0 и 83,3 % соответственно) и были готовы для высадки на адаптацию.

<sup>6</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1968. 336 с.

<sup>7</sup>Баранова О. Г. Указ. соч.

Регенеранты, выращенные на среде MS, превосходили регенеранты, полученные на среде Андерсона, по габитусу. Однако развитие корней на среде Андерсона было лучше (рис. 1). Это могло быть обусловлено тем, что среда MS характеризуется высокой концентрацией азота, что снижает интенсивность корнеобразовательных процессов [13].

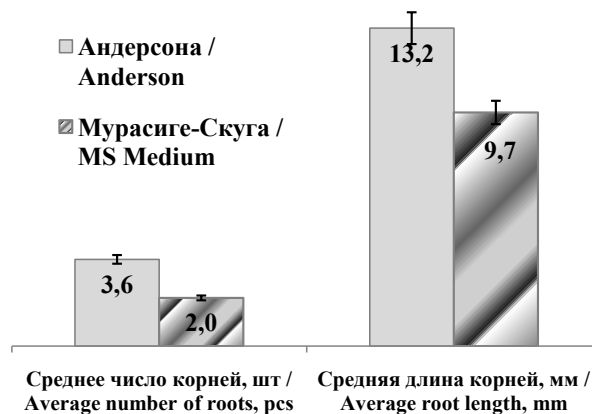


Рис. 1. Корнеобразование на безгормональных питательных средах молинии голубой сорта Heidebraut / Fig. 1. Root formation on hormone-free nutrient media of *Molinia caerulea* Heidebraut

Развитие побегов на разных питательных средах отличалось (табл. 2). Наибольшая длина побегов была отмечена на безгормональных средах, с увеличением содержания цитокинина данный показатель существенно снижался. Побеги длиной 20,0-25,0 мм можно высаживать на среду для укоренения, минуя высадку на среду для элонгации. На средах MS и Андерсона с содержанием 6-БАП 1,0 мг/л длина побегов составила 26,4 и 21,5 мм соответственно. Таким образом, они были готовы для пересадки на укоренение, что позволяет сэкономить на питательной среде и увеличивает эффективность работы по размножению *in vitro*. Визуально микропобеги на среде MS выглядели лучше: имели насыщенно зеленый цвет и оптимальные размеры для укоренения (16,5 мм на среде с 2,0 мг/л 6-БАП и 29,7 мм на контрольной среде без гормонов).

Таким образом, применение для размножения молинии голубой сорта Heidebraut питательных сред Андерсона и MS с содержанием 1,0 мг/л 6-БАП позволяет высаживать черенки на укоренение, минуя высадку на среду для элонгации.

Таблица 2 – Длина микропобегов молинии голубой сорта Heidebraut, мм / Table 2 – Microshoots length of *Molinia caerulea* Heidebraut, mm

Вариант среды (фактор A) / Environment variant (factor A)	Концентрация 6-БАП, мг/л (фактор B) / Density 6-BAP, mg/l (factor B)				Среднее по фактору A / Average by factor A	Отклонение / Deviation
	0 (K)	1,0	2,0	3,0		
Андерсона (K) / Anderson (K)	32,3	21,5	12,4	20,0	21,6	-
Мурасиге-Скуга / MS Medium	29,7	26,4	16,5	18,6	22,8	+1,2
Среднее по фактору B / Average by factor B	31,0	24,0	14,5	19,3	-	-
Отклонение / Deviation	-	-7,0	-16,5	-11,7	-	-

НСР<sub>05</sub> / LSD<sub>05</sub> частных различий / specific differences 8,3  
по фактору A / by factor A 4,2; по фактору B / by factor B 5,8

С целью увеличения размеров побегов базовую среду MS с 6-БАП 0,2 мг/л модифицировали путем введения в состав микроудобрения «Силиплант» и гибберелловой кислоты.

«Силиплант» в составе питательной среды способствовал увеличению длины побегов по сравнению с контролем (табл. 3). Существенное увеличение исследуемого параметра получено в вариантах питательных сред с применением «Силипланта» в дозах 1,0 и 2,0 мл/л, на 16,7 и 10,7 мм соответственно (НСР<sub>05</sub> = 8,9).

Прирост черенков также был выше в вариантах с «Силиплантом» на 7,8 и 11,1 мм

соответственно при НСР<sub>05</sub> = 7,4. В то время как коэффициент размножения был больше на средах с ГК, однако разница была незначительна.

Таким образом, для элонгации побегов в состав среды MS можно рекомендовать включение микроудобрения «Силиплант» в дозах 1,0 и 2,0 мл/л.

Для ризогенеза микропобеги высаживали на среды MS с половинной концентрацией макросолей и Андерсона, концентрация ИУК 0,5 мг/л. На питательной среде Андерсона через две недели культивирования регенеранты имели стандартный вид с развитыми корнями, пригодными для высадки на адаптацию.



Таблица 3 – Влияние добавок «Силиплант» и ГК на морфометрические параметры побегов молинии голубой сорта Heidebraut /

Table 3 – Influence of additives "Siliplant" and gibberellic acid on the shoots morphometric parameters of *Molinia caerulea* Heidebraut

Вариант среды / Environment variant	Морфометрические параметры / Morphometric parameters					
	длина, мм / length, mm	откло- нение / deviation	прирост, мм / growth, mm	откло- нение / deviation	коэфф. размноже- ния, шт/черенок / reproduction coeffi- cient, pcs/cutting	откло- нение / deviation
MS (К)	23,1	-	12,6	-	2,1	-
MS + Силиплант 1,0 мл/л / MS + Siliplant 1,0 ml/l	39,8	+16,7	20,4	+7,8	1,7	-0,4
MS + Силиплант 2,0 мл/л / MS + Siliplant 2,0 ml/l	33,8	+10,7	23,7	+11,1	2,2	+0,1
MS + ГК 1,0 мг/л / MS + GA 1,0 ml/l	28,2	+5,1	14,9	+2,3	2,4	+0,3
MS + ГК 2,0 мг/л / MS + GA 2,0 mg/l	26,0	+2,9	12,5	-0,1	2,6	+0,5
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	8,9	-	7,4	-	0,7

Заключительным и наиболее трудоемким этапом при клональном микроразмножении является адаптация регенерантов к условиям внешней среды. При «неумелом» подходе возможна их массовая гибель. Нами была отработана технология адаптации микроса-

женцев роз, которая успешно применяется в настоящее время для многих видов растений [12]. Адаптацию регенерантов злаков осуществляли в кассетах, заполненных питательным субстратом на основе верхового торфа (рис. 2).



а / а

б / б

Рис. 2. Внешний вид растений молинии голубой: а) после высадки на адаптацию в кассеты на 144 ячейки; б) однолетних в контейнерах Р9 /

Fig. 2. The appearance of *Molinia caerulea* а) after planting for adaptation in containers for 144 cells; б) annuals in P9 containers

Перед высадкой на адаптацию корни промывали в децимолярном растворе марганцовокислого калия от остатков питательной среды, субстрат перед посадкой проливали раствором «Триходерма вериде» согласно инструкции по применению препарата. На этапе адаптации применение данного препарата является особенно актуальным, так как регенеранты в значительной мере подвержены воздействию патогенной микрофлоры. Адаптируемые регенеранты после посадки в кассеты обильно опрыскивали раствором «Си-

липланта» в дозе 1,5 мл/л. Влажность поддерживали путем ежедневного опрыскивания обычной водой кассет с растениями и нетканого материала, которым укрывали стеллажи с кассетами. При соблюдении данной технологии нами была получена 100 % приживаемость адаптируемых злаков.

**Выводы.** Таким образом, на примере молинии голубой сорта Heidebraut нами разработана технология производства посадочного материала декоративных злаков на основе культивирования *in vitro*. В результате прове-

денных исследований можно сделать следующие выводы:

- на этапе введения в стерильную культуру *in vitro* способ обеззараживания побегов 33 % раствором перекиси водорода в экспозиции 8-10 минут способствует получению стерильных эксплантов до 15 %;
- оптимальной питательной средой для этапа собственного микроразмножения является среда MS с добавлением 2,0 мг/л 6-БАП, на которой достигается максимальный выход побегов;
- применение питательных сред Андерсона и MS с содержанием 6-БАП 1,0 мг/л

для размножения позволяет высаживать побеги на укоренение, минуя высадку на среду для элонгации;

- включение в состав среды MS микроудобрения «Силиплант» в дозах 1,0 и 2,0 мл/л способствует увеличению размеров побегов;
- положительные результаты получены при укоренении микропобегов на средах Андерсона и MS половинной концентрации с содержанием ИУК 0,5 мг/л;
- полной приживаемости регенерантов молинии голубой сорта Heidebraut в почве способствовало применение разработанной нами ранее методики адаптации растений *ex vitro*.

#### Список литературы

1. Шеремет Е. В., Барышников Д. С. Злаковые культуры в озеленении. Наука, образование, общество. Тенденции и перспективы развития: мат-лы XVIII Международ. научн.-практ. конф. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2020. С. 9-10.
2. Жигунов О. Ю., Анищенко И. Е. Малораспространенные декоративные злаки для озеленения. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018;3(71):120-122. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35173246>
3. Егорова Н. А., Ставцева И. В. Микроразмножение сортов эфиромасличной розы в культуре *in vitro*. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2016;26(2):45-52. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26301085>
4. Крамарев С. М., Поляничков С. П., Ковбель А. И. Кремний и защита растений от стресса: теория, практика, перспективы. Quantum. Режим доступа: [http://quantum.ua/articles/art\\_06.pdf](http://quantum.ua/articles/art_06.pdf)
5. Козлов А. В., Куликова А. Х., Яшин Е. А. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах. Вестник Мининского университета. 2015;2(10):23 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23526053>
6. Высоцкий В. А., Валиков В. А. Клональное микроразмножение жимолости в производственных условиях. Садоводство и виноградарство. 2014;(6):18-23. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22762511>
7. Семенова Н. А., Акимов С. В., Аладина О. Н. Влияние препарата силиплант на рост и развитие *ex vitro* растений жимолости съедобной на этапах адаптации и доращивания. Плодоводство и ягодоводство России. 2015;41:325-329. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23589203>
8. Леконцева Т. Г., Худякова А. В., Исаева А. Н., Федоров А. В. Оптимизация некоторых этапов микрклонального размножения чайно-гибридной розы сорта Анжелика. Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2017;(3):240-244. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30592244>
9. Ребров А. Н. Некоторые аспекты адаптации к нестерильным условиям среды при создании коллекций из оздоровленных *in vitro* растений винограда в условиях открытого грунта (post vitro). Плодоводство и виноградарство юга России. 2018;(49 (1)):33-46. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32497066>
10. Маркова М. Г., Сомова Е. Н. Получение стандартного посадочного материала жимолости синей с использованием биотехнологических методов. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2018;(1 (46)):43-51. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32723610>
11. Маркова М. Г., Сомова Е. Н. Использование регуляторов роста и экспериментального светодиодного фитооблучателя в клональном микроразмножении земляники садовой (*Fragaria ananassa*). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20 (4):324-333. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.324-333>
12. Худякова А. В., Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Использование кремнийсодержащего препарата «силиплант» при микрклональном размножении плетистых роз. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2019;(2):66-71. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38168281>
13. Черевченко Т. М., Лаврентьева А. Н., Иванников Р. В. Биотехнология тропических и субтропических растений *in vitro*. Киев: Наукова Думка, 2008. 560 с.

#### References

1. Sheremet E. V., Baryshnikov D. S. *Zlakovye kul'tury v ozelenenii*. [Cereals in gardening]. *Nauka, obrazovanie, obshchestvo. Tendentsii i perspektivy razvitiya: mat-ly XVIII Mezhdunarod. nauchn.-prakt. konf.* [Science, education, society. Trends and prospects of development: Proceedings of the XVIII International scientific and practical Conf.]. Cheboксary: TsNS «Interaktivplus», 2020. pp. 9-10.
2. Zhigunov O. Yu., Anishchenko I. E. *Malorasprostrannyye dekorativnye zlaki dlya ozeleneniya*. [Rare decorative cereals for gardening]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018;3(71):120-122. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35173246>

3. Yegorova N. A., Stavtseva I. V. *Mikrorazmnozhenie sortov efiromaslichnoy rozy v kul'ture in vitro*. [Micropropagation of essential oil rose cultivars *in vitro*]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle* = Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. 2016;26(2):45-52. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26301085>
4. Kramarev S. M., Polyanchikov S. P., Kovbel' A. I. *Kremniy i zashchita rasteniy ot stressa: teoriya, praktika, perspektivy*. [Silicon and plant protection from stress: theory, practice, prospects]. *Quantum*. URL: [http://quantum.ua/articles/art\\_06.pdf](http://quantum.ua/articles/art_06.pdf)
5. Kozlov A. V., Kulikova A. Kh., Yashin E. A. *Rol' i znachenie kremniya i kremniysoderzhashchikh veshchestv v agroekosistemakh*. [Role and value of silicon and siliceous substances in agroecosystems]. *Vestnik Mininskogo universiteta* = Vestnik of Minin University. 2015;2(10):23 c. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23526053>
6. Vysotskiy V. A., Valikov V. A. *Klonal'noe mikrorazmnozhenie zhimolosti v proizvodstvennykh usloviyakh*. [Clonal micropropagation of honey suckle for commercial purposes]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* = Horticulture and viticulture. 2014;(6):18-23. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22762511>
7. Semenova N. A., Akimova S. V., Aladina O. N. *Vliyaniye preparata siliplant na rost i razvitiye ex vitro rasteniy zhimolosti s'edobnoy na etapakh adaptatsii i dorashchivaniya*. [Siliplant influence on ex vitro honeysuckle growth and development on adaptation stage and following growing]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* = Pomoculture and small fruits culture in Russia. 2015;41:325-329. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23589203>
8. Lekontseva T. G., Khudyakova A. V., Isaeva A. N., Fedorov A. V. *Optimizatsiya nekotorykh etapov mikroklonal'nogo razmnozheniya chayno-gibridnoy rozy sorta Anzhelika*. [Optimization of some stages of microclonal propagation of a tea-hybrid rose of angelic sort]. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya Biologiya* = Bulletin of Perm University. Biology. 2017;(3):240-244. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30592244>
9. Rebrov A. N. *Nekotorye aspekty adaptatsii k nesteril'nym usloviyam sredy pri sozdani kolektsiy iz ozdorovlennykh in vitro rasteniy vinograda v usloviyakh otkrytogo grunta (post vitro)*. [Some aspects of adaptation to unsterile conditions of the environment during creation of collections from revitalized *in vitro* grapes plants in the conditions of the open ground (*post vitro*)]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo yuga Rossii* = Fruit growing and viticulture of South Russia. 2018;(49 (1)):33-46. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32497066>
10. Markova M. G., Somova E. N. *Poluchenie standartnogo posadochnogo materiala zhimolosti siney s ispol'zovaniem biotekhnologicheskikh metodov*. [Standard planting stock of sweet-berry honeysuckle applying biotechnological methods]. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)* = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2018;(1 (46)):43-51. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32723610>
11. Markova M. G., Somova E. N. *Ispol'zovanie regulatorov rosta i eksperimental'nogo svetodiodnogo fitoobluchatelya v klonal'nom mikrorazmnozhenii zemlyaniki sadovoy (Fragaria ananassa)*. [Use of growth regulators and experimental LED phytoirradiator in clonal micropropagation of garden strawberry (*Fragaria* × *ananassa*, Duchesne ex Weston)]. *AgrarnayanaukaEvro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20 (4):324-333. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.324-333>
12. Khudyakova A. V., Lekontseva T. G., Fedorov A. V. *Ispol'zovanie kremniysoderzhashchego preparata «siliplant» pri mikroklonal'nom razmnozhenii pletistykh roz*. [The use of the silicone-containing preparation "siliplant" at clonal propagation of climbing roses]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* = Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2019;(2):66-71. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38168281>
13. Cherevchenko T. M., Lavrentieva A. N., Ivannikov R. V. *Biotehnologiya tropicheskikh i subtropicheskikh hraseniy in vitro*. [Biotechnology of tropical and subtropical plants *in vitro*]. Kiev: *Naukova Dumka*, 2008. 560 p.

**Сведения об авторах**

✉ **Леконцева Татьяна Германовна**, научный сотрудник, отдел интродукции и акклиматизации растений, ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Т. Барамзиной, д. 34, г. Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация, 426067,

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-6659-0504>, e-mail: [t.lekontseva@udman.ru](mailto:t.lekontseva@udman.ru)

**Федоров Александр Владимирович**, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, отдел интродукции и акклиматизации растений, ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Т. Барамзиной, д. 34, г. Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация, 426067,

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-2759-2037>, e-mail: [oiar@udman.ru](mailto:oiar@udman.ru)

**Information about the authors**

✉ **Tatyana G. Lekontseva**, researcher, Department of Introduction and Acclimatization of Plants, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS, 34 T. Baramzinoj St., Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426067, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-6659-0504>, e-mail: [t.lekontseva@udman.ru](mailto:t.lekontseva@udman.ru)

**Alexander V. Fedorov**, DSc in Agricultural Science, main scientist researcher, Department of Introduction and Acclimatization of Plants, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS, 34 T. Baramzinoj St., Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426067, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-2759-2037>, e-mail: [oiar@udman.ru](mailto:oiar@udman.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author