

Научная статья

УДК 635.037

DOI 10.24419/LNI.2304-3083.2022.2.06

## Влияние водных растворов биологически активных веществ на укоренение полуодревесневших черенков можжевельника скального Скайрокет (*Juniperus scopulorum* Skyrocket)

Вадим Валентинович Боровков<sup>1</sup>Глеб Александрович Демченко<sup>2</sup>

**Аннотация.** Приведены результаты исследования стимуляции корнеобразования у полуодревесневших черенков можжевельника скального Скайрокет с использованием установки искусственного тумана низкого давления и подогревом субстрата. Выполнен анализ корневой системы черенков, обработанных водными растворами биологически активных веществ. Показано стимулирующее влияние на процесс укоренения калиевой соли индолил-3-масляной кислоты (ИМК-К). В вариантах с ее использованием количество основных корней превышало контроль в 1,4–1,5 раза. Наиболее эффективная концентрация ИМК-К в растворе для стимуляции укоренения при замачивании оснований черенков на 20 ч находится в пределах 50–100 мг/л. Сформулировано определение понятия «гнилого основания» черенка, характеризующее неживую базальную часть укоренившегося черенка от основания до первого нижнего живого корня. Предполагается, что наличие «гнилого основания» при оптимальных условиях укоренения – результат фитотоксического действия растворов, содержащих избыточное количество гормонов ауксинового ряда на ткани основания черенка. Так, раствор 50 мг/л ИМК + 50 мг/л α-НУК (α-нафтилуксусная кислота) оказывал частичное фитотоксичное действие, что выразалось в снижении степени укоренения и появлении у черенков «гнилого основания» длиной 1,1 см. Совместное применение с ИМК-К аминокислоты глицин 1 г/л и глюкозы 5 г/л не привело к существенному повышению укореняемости. Препараты Рибав-Экстра и Циркон в исследованных концентрациях не влияли на степень укоренения.

**Ключевые слова:** хвойные породы, размножение растений, черенкование, стимуляторы корнеобразования, ауксины.

**Для цитирования:** Боровков В.В., Демченко Г.А. Влияние водных растворов биологически активных веществ на укоренение полуодревесневших черенков можжевельника скального Скайрокет (*Juniperus scopulorum* Skyrocket) // Лесохозяйственная информация. 2022. № 2. С. 67–76. DOI 10.24419/LNI.2304-3083.2022.2.06

<sup>1</sup> Питомник декоративных растений «Вашутино», научный консультант, агроном (Химки, Московская обл., Российская Федерация), Vadim\_borovkov@mail.ru

<sup>2</sup> Питомник декоративных растений «Вашутино», руководитель питомника (Химки, Московская обл., Российская Федерация), info@fittonia.ru

Original article

DOI 10.24419/LHI.2304-3083.2022.2.06

## Study of the Effect of Aqueous Solutions of Biologically Active Substances on the Rooting of Semi-Lignified Cuttings of the Rock Juniper Skyrocket (*Juniperus scopulorum* Skyrocket)

Vadim V. Borovkov<sup>1</sup>Gleb A. Demchenko<sup>2</sup>

**Annotation.** The results of a study of the stimulation of root formation in semi-lignified cuttings of the rock juniper Skyrocket under conditions of installation of an artificial low-pressure fog with heating of the substrate are presented. A stimulating effect on the rooting process of the potassium salt of indolyl-3-butyric acid (IMK-K) was shown. It has been established that the value of the most effective concentration of IMC-C in the solution for stimulating rooting when soaking the bases of the cuttings for 20 hours lies in the range of 50–100 mg/l. An analysis of the root system of the studied variants was carried out. It was shown that in the variants with IMC-C, the number of main roots exceeded the control by 1.4–1.5 times. The definition of the concept of «rotten base» of the cutting is given, which characterizes the inanimate basal part of the rooted cutting from the base to the first lower living root. It is assumed that the presence of a «rotten base» under optimal rooting conditions is the result of the phytotoxic effect of solutions containing an excess amount of auxin hormones on the base tissue of the cutting. Thus, a solution of 50 mg/l IMA + 50 mg/l  $\alpha$ -NAA ( $\alpha$ -naphthylacetic acid) had a partial phytotoxic effect, due to a decrease in rooting and the presence of a «rotten base» in cuttings 1.1 cm in size. Combined use of the amino acid glycine 1 with IBA-K g/l and glucose 5 g/l did not give a significant increase in survival. Preparations Ribav-Extra and Zircon in the studied concentrations did not affect the degree of rooting.

**Key words:** conifers, propagation, cuttings, root formation stimulators, auxins.

**For citation:** Borovkov V., Demchenko G. Study of the Effect of Aqueous Solutions of Biologically Active Substances on the Rooting of Semi-Lignified Cuttings of the Rock Juniper Skyrocket (*Juniperus scopulorum* Skyrocket) // Forestry information. 2022. № 2. P. 67–76. DOI 10.24419 / LHI.2304-3083.2022.2.06

<sup>1</sup> Ornamental Plant Nursery «Vashutino», Scientific Consultant, Agronomist (Khimki, Moscow region, Russian Federation), Vadim\_borovkov@mail.ru

<sup>2</sup> Ornamental Plant Nursery «Vashutino», Head of the Nursery (Khimki, Moscow region, Russian Federation), info@fittonia.ru

## Введение

Одной из главных проблем питомниководства является размножение сортовых хвойных культур. В настоящее время укоренение черенков – наиболее доступный метод получения посадочного материала большинства сортовых хвойных культур по сравнению с прививкой и микроклональным размножением, но его эффективность зависит от многих факторов, которые и являются предметом современных исследований.

Цель исследования – изучение укоренения полуодревесневших черенков востребованного в производстве сорта можжевельника скального Скайрокет (*Juniperus scopulorum Skyrocket*), который на практике показывает нестабильную приживаемость [1–7]. Так, из всех изучаемых в питомнике Крымского селекционного центра «Гавриш» можжевельников укореняемость этого вида была наименьшей (34,8 %). Его корнеобразование стимулировали погружением базальной части черенков на 3 с в 50 %-й спиртовой раствор индолил-3-масляной кислоты (ИМК) в концентрации 1 г/л [1]. В то же время данный вид можжевельника показал 100 %-ю укореняемость в опытах на базе Никитского ботанического сада, где основания черенков замачивали в течение 12 ч в водном растворе ИМК 50 мг/л [2]. Часть исследователей сообщают, что для получения стабильных результатов на трудноукореняемых хвойных культурах целесообразно в дополнение к ИМК вводить в стимулирующий раствор глюкозу и аминокислоты. Например, при стимулировании корнеобразования пихты изящной раствором ИМК 50 мг/л + глюкоза 5 г/л + глицин 1,3 г/л корни образовались у 42,5 % черенков, в то время как в варианте только с ИМК 50 мг/л этот показатель составлял всего 25 % [3]. Помимо ИМК, при укоренении хвойных видов с целью получения стабильных результатов успешно использовали такие биологически активные препараты, как Циркон [4, 5] и Рибав-Экстра [6].

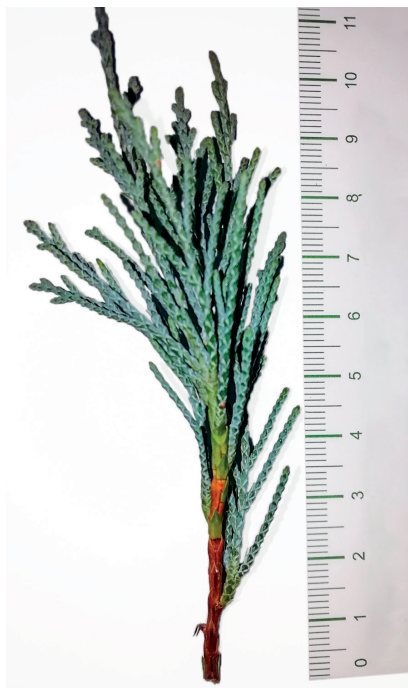
Необходимость подтверждения стимулирующего эффекта экзогенных биологически

активных веществ актуальна, потому что большинство исследований проводили при различных исходных условиях без одновременного сравнения вариантов с препаратами и контрольного варианта без стимуляторов, который, по некоторым данным, тоже демонстрирует высокий процент укоренения [7].

## Материалы и методика

Исследования осуществляли на базе производственного питомника декоративных растений «Вашутино» в отделении, расположенном в г. Зубцове Тверской обл. Укоренение черенков проводили с апреля по сентябрь 2021 г. в зимней теплице, внутри которой были оборудованы двухскатные пленочные тоннели – «черенковницы». В нашем исследовании использовались полуодревесневшие черенки можжевельника сорта Скайрокет длиной 10–12 см. Растительный материал (боковые ветви длиной 15–20 см) заготавливали за 4 сут до высадки из средней части 5–6-летних маточных растений и хранили до нарезки в холодильнике при температуре 0...1 °С в полиэтиленовых пакетах. В день закладки опыта ветви нарезали на черенки – нижний срез черенка делали в зоне полуодревеснения (светло-коричневое окрашивание коры) с таким расчетом, чтобы до места с зеленым окрашиванием оставалось расстояние 3–4 см, верхушку по необходимости укорачивали до нужной высоты – 10–12 см (рис. 1). При высадке в субстрат для укоренения помещали основание полуодревесневшего черенка светло-коричневого цвета.

С целью стимулирования укоренения нами изучены следующие водные растворы регуляторов и физиологически активных веществ в разных концентрациях: Циркон 0,5 и 1,0 мл/л; Рибав-Экстра 0,1 и 0,3 мл/л; ИМК-К (калиевая соль индолил-3-масляной кислоты) 50 мг/л; ИМК-К 50 мг/л + глицин 1 г/л + глюкоза 5 г/л; ИМК-К 50 мг/л +  $\alpha$ -НУК 50 мг/л + янтарная кислота 500 мг/л + глицин 3 г/л; Циркон 0,5 мл/л + Рибав-Экстра 0,1 мл/л; ИМК-К 50 мг/л + Рибав-Экстра 0,1 мл/л; ИМК-К 100 мг/л; Циркон



**Рис. 1. Исходный черенок можжевельника Скайрокет**

1 мл/л + Рибав-Экстра 0,3 мл/л; контроль – дистиллированная вода.

Полудревесневшие черенки нижними концами длиной 3–4 см от основания помещали в растворы при температуре 12...15 °С на 20 ч. В растворах с содержанием калиевой соли индолил-3-масляной кислоты (ИМК-К)



**Рис. 2. Размещение черенков в «Черенковнице»**

и  $\alpha$ -нафтилуксусной кислоты ( $\alpha$ -НУК) навески данных веществ предварительно растворяли в небольшом (5 мл) количестве этилового спирта, а затем доводили раствор до нужного объема дистиллированной водой. Остальные вещества растворяли в дистиллированной воде. Для исследований было заготовлено 1 056 черенков, по 8 черенков в 11 повторностях в каждом варианте. Высадку черенков в кассеты (96 ячеек «ель глубокая», размер 40×60 см, глубина ячеек – 9 см, объем ячейки – 85 мл) осуществляли 16 апреля 2021 г. Черенки высаживали в торфяно-перлитовый (2:1) субстрат на глубину обработанной части (3–4 см). Повторности располагали в 11 кассетах рандомизированно. Кассеты были размещены блоком среди производственных кассет в «черенковнице» с установкой искусственного тумана низкого давления. «Черенковница» с переменной высотой 0,6–0,9 м и подогревом субстрата была укрыта полиэтиленовой пленкой и находилась в пленочной ангарной теплице, оборудованной системами воздушного отопления и испарительного охлаждения. Дополнительно в теплице под кровлей была натянута затеняющая сетка из белого спанбонда плотностью 60 г/м<sup>2</sup> (рис. 2).

Средний режим включения туманообразующей установки в солнечные дни составлял 5 с в 30 мин, в пасмурные дни опрыскивание черенков проводили один раз в сутки. Результаты опыта обрабатывали методом дисперсионного анализа [8].

## Результаты и обсуждение

Результаты исследований свидетельствуют о стимулирующем воздействии ИМК-К на процесс укоренения черенков (таблица, рис. 3) по сравнению с контролем.

При этом положительное влияние на укореняемость черенков препаратов Циркон и Рибав-Экстра и их смесей в исследуемых концентрациях не выявлено. Совместное применение препарата Рибав-Экстра 0,1 мл/л и ИМК-К 50 мг/л в варианте 9 (см. таблицу) показало лучшие результаты, однако дополнительная статистическая обработка вариантов опытов 5, 6, 9, 11

**Доля укоренившихся полуодревесневших черенков можжевельника скального Скайрокет после замачивания оснований (3–4 см) в жидких регуляторах на 20 ч, 16 апреля 2021 г. (дата учета 18.09.2021 г.)**

№ ОПЫТА	ВАРИАНТ	Доля черенков с корнями, %	Разница с контролем, %
1	Циркон 0,5 мл/л	72,7	1,1
2	Циркон 1,0 мл/л	73,9	2,3
3	Рибав-Экстра 0,1 мл/л	67,0	-4,5
4	Рибав-Экстра 0,3 мл/л	73,9	2,3
5	ИМК-К (калиевая соль ИМК) 50 мг/л *	94,3	22,7
6	Состав 1 (ИМК-К 50 мг/л + глицин 1 г/л + глюкоза 5 г/л)	94,3	22,7
7	Состав 2 (ИМК-К 50 мг/л + $\alpha$ -НУК 50 мг/л + янтарная кислота 500 мг/л + глицин 3 г/л)	81,8	10,2
8	Циркон 0,5 мл/л + Рибав-Экстра 0,1 мл/л	83,0	11,4
9	ИМК-К 50 мг/л + Рибав-Экстра 0,1 мл/л	97,7	26,1
10	Контроль	71,6	0,0
11	ИМК-К 100 мг/л	92,0	20,5
12	Циркон 1,0 мл/л + Рибав-Экстра 0,3 мл/л	62,5	-9,1
		НСР <sub>0,5</sub>	14,75

\* Желтым цветом выделены существенные варианты.

не установила существенного преимущества варианта 9. Таким образом, стимулирующее взаимодействие препарата Рибав-Экстра с ИМК-К на укоренение черенков не подтверждено, исследования необходимо продолжить после того, как будет установлена оптимальная концентрация ИМК-К.

В вариантах 5, 6, 9, 11 укореняемость была существенно выше, чем в контроле, – на 20,5–26,1%. В варианте 7 этот показатель снизился по отношению к лучшим вариантам с ИМК-К на 10,3–15,9% – до 81,8%. По нашему мнению, это произошло из-за превышения оптимального содержания стимуляторов ауксинового ряда в данном варианте, так как  $\alpha$ -НУК является более физиологически активной, чем ИМК-К. Например, при укоренении побегов ясеня *in vitro* на питательных средах с содержанием ИУК 0,2 мг/л, ИМК 0,2 мг/л и  $\alpha$ -НУК 0,2 мг/л степень укоренения побегов составляла 27,4%, 40,5% и 75,0% соответственно. То есть при одинаковой концентрации степень укоренения на среде, содержащей  $\alpha$ -НУК, была почти в 2 раза выше, чем на среде с ИМК. Однако при содержании  $\alpha$ -НУК



**Рис. 3. Доля укоренения и каллусообразования черенков можжевельника Скайрокет по вариантам, %. Высадка 16 апреля 2021 г. Дата учета 18 сентября 2021 г.**

в концентрации 1 мг/л укореняемость побегов резко снижалась – до 21% [9]. О фитотоксичности высоких концентраций  $\alpha$ -НУК свидетельствует и ряд других исследований [10]. Таким образом, можно предположить, что в варианте 7 снижение

укореняемости можжевельника произошло в результате превышения в зоне корнеобразования количества гормонов ауксинового ряда. Если допустить, что гормональная активность  $\alpha$ -НУК в 2 раза выше ИМК, то в эквиваленте ИМК данный раствор имел концентрацию 150 мг/л (50 мг/л ИМК-К+50 мг/л  $\alpha$ -НУК = 150 мг/л ИМК); и этот уровень уже выше оптимального

для укоренения полуодревесневших черенков данного сорта можжевельника.

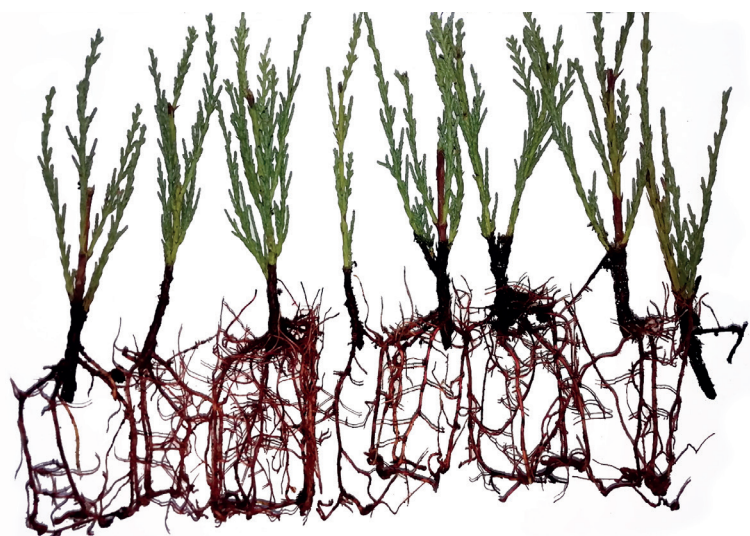
Эти выводы подтверждаются анализом корневой системы черенков в разных вариантах опыта. В данной работе мы впервые вводим определение и исследуем такие показатели корневой системы, как «гнилое основание» и «зона корнеобразования» черенка. Под зоной корнеобразования подразумевается часть основания черенка от самого нижнего до самого верхнего корня. «Гнилое основание» черенка – это неживая базальная часть укоренившегося черенка от основания до первого нижнего живого корня. Причиной наличия «гнилого основания» могут быть различные неблагоприятные факторы – инфекции, переувлажненность и высокая плотность субстрата, неблагоприятные температурные условия и др.

В эксперименте были созданы оптимальные условия для укоренения, повторности размещали рандомизированно, поэтому наличие в одних вариантах черенков с развитым каллусом в основании, в других – черенков с развитыми корнями в основании и в третьих – черенков, которые имели «гнилое основание», по нашему мнению, характеризует гормональный статус тканей основания черенка, а именно: избыток гормонов ауксинового ряда. Так, при базипетальном транспорте эндогенных ауксинов их максимальная концентрация находится в основании черенка. Экзогенные ауксины при замачивании оснований черенка равномерно распределяются в камбиальной зоне стволика. Таким образом, в основании черенка общая концентрация ауксинов наивысшая, а по мере удаления от основания вверх концентрация снижается. Если имеющаяся или созданная концентрация ауксинов в основании черенка минимальна для укоренения, то образование корней происходит по, как мы называем, «классическому типу» (рис. 4).

Если соответствующая концентрация оптимальна, то «гнилое основание» отсутствует, а расширяется зона корнеобразования. Когда концентрация ауксинов в основании превышает оптимальную и стремится к фитотоксичной, начинает образовываться «гнилое основание» (рис. 5).



**Рис. 4.** Черенки в контрольном варианте 10. Тип корнеобразования «классический» – корни образуются из основания черенка. На части неукорененных черенков виден каллус

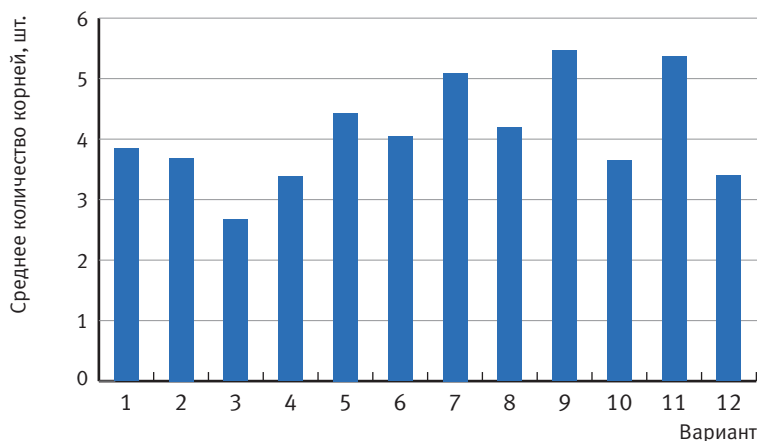


**Рис. 5.** Корневая система черенков в варианте 7. На крайних справа и слева черенках отчетливо видно «гнилое основание»

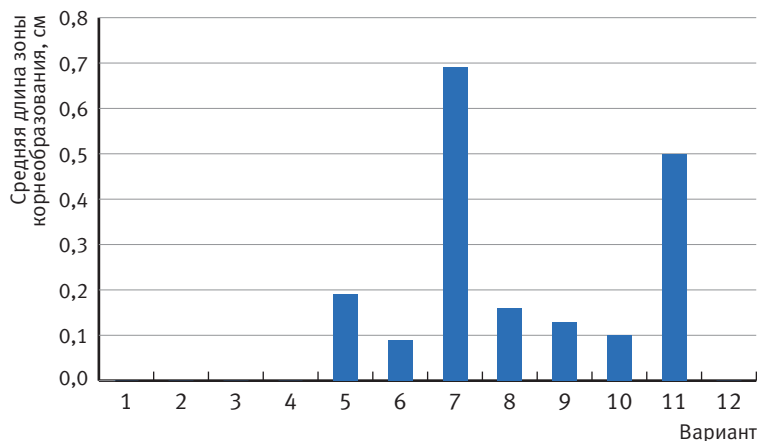
В вариантах 7, 9, 11 по сравнению с контролем произошло увеличение количества корней первого порядка в 1,4, 1,5, 1,48 раза соответственно, что свидетельствует о хорошем качестве корневой системы (рис. 6). В вариантах 7 и 11 длина зоны корнеобразования в 5–7 раз превышала аналогичный показатель в контрольном варианте (рис. 7). Однако в этих же вариантах значительно проявилась и зона «гнилого основания». Так, в варианте 11 она составила 0,27 см, а в варианте 7 – 1,1 см (рис. 8). Можно предположить, что концентрация ауксинов в варианте 7 (150 мг/л в эквиваленте на ИМК) избыточна для стимулирования черенков, о чем свидетельствует не только значительная зона «гнилого основания», но и снижение степени укоренения на 15,9 % по сравнению с лучшим вариантом 9. Несмотря на это, в варианте 7 наблюдаются высокое значение среднего количества корней на один черенок (5,095 шт.) и самая длинная зона корнеобразования (0,69 см). Данные результаты не противоречат друг другу, так как в устойчивых к такой концентрации черенках основание сгнило из-за фитотоксичной суммарной дозы эндогенных и экзогенных ауксинов, а зона корнеобразования сместилась вверх; и при отсутствии эндогенных ауксинов в более верхних частях стебля экзогенная обработка оказала стимулирующее влияние. Черенки, которые предположительно имели более высокий эндогенный ауксиновый статус, в результате своего физиологического состояния (возможно, более молодые, апикальные и пр.) в этом варианте погибли.

В варианте 11, где концентрация ИМК-К составляла 100 мг/л, также наблюдается появление «гнилого основания», но оно значительно меньше, чем в варианте 7; длина зоны корнеобразования вторая по величине, среднее количество корней – 5,45 шт., что является одним из лучших значений этого показателя (рис. 9).

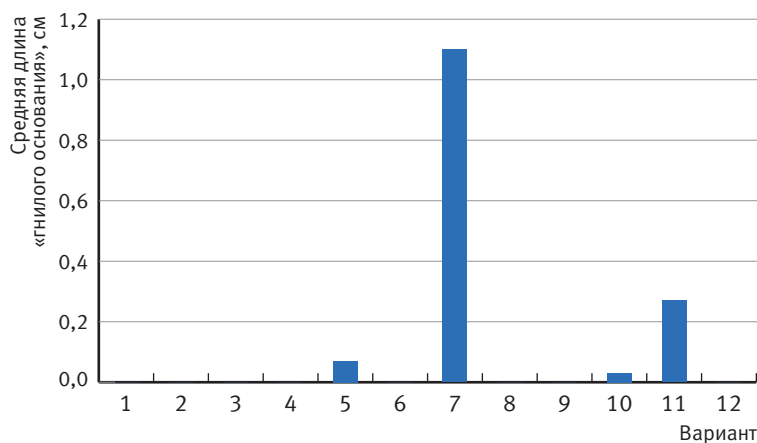
Наличие зоны «гнилого основания» и одного из лучших значений по укореняемости (92 %), по нашему мнению, свидетельствует о том, что концентрация ИМК-К в варианте 11 является эффективной, но физиологически высокой – на грани фитотоксичности. В других



**Рис. 6. Среднее количество корней на 1 черенок можжевельника Скайрокет, шт., по вариантам. 18 сентября 2021 г.**



**Рис. 7. Средняя длина зоны корнеобразования одного черенка можжевельника Скайрокет, см, по вариантам. 18 сентября 2021 г.**



**Рис. 8. Средняя длина «гнилого основания» на 1 черенок можжевельника Скайрокет, см, по вариантам. 18 сентября 2021 г.**



Рис. 9. УКОРЕНЕННЫЕ ЧЕРЕНКИ, ВАРИАНТ 11

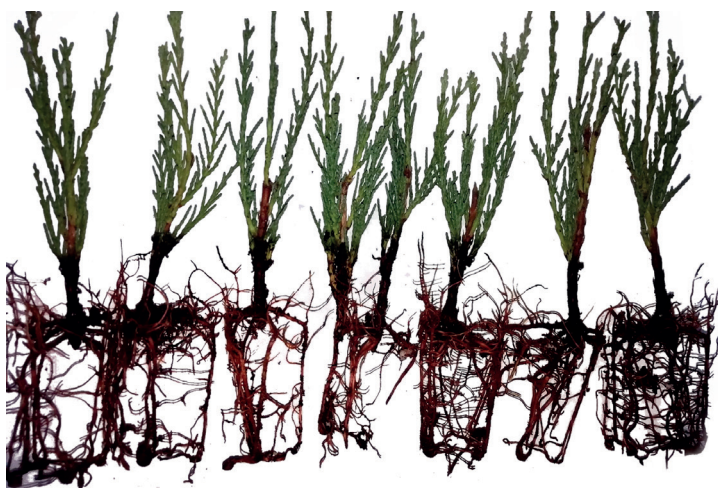


Рис. 10. УКОРЕНЕННЫЕ ЧЕРЕНКИ, ВАРИАНТ 9 (ЛУЧШИЙ)



Рис. 11. УКОРЕНЕННЫЕ ЧЕРЕНКИ, ВАРИАНТ 6

лучших вариантах по показателю укореняемости (5, 6, 9) зона «гнилого основания» отсутствует, длина зоны корнеобразования варьирует в пределах 1–2 мм. В варианте 9 сформировавшаяся корневая система наиболее качественная за счет большего числа корней – в среднем 5,46 шт. на черенок (рис. 10).

Наличие в вариантах 5 и 6 небольшой доли черенков с каллусом свидетельствует о возможном недостатке для их укоренения гормонов ауксиновой природы (рис. 11).

Можно предположить, что обработка растворами с ИМК-К 50 мг/л не обеспечивает часть черенков достаточным уровнем ауксинов. Возможно, это является следствием разнокачественности черенков. В остальных вариантах показатели корневой системы существенно не отличаются от контрольных.

## Выводы

Таким образом, из исследованных регуляторов роста и физиологически активных веществ в разных концентрациях существенное положительное влияние на степень укоренения полуодревесневших черенков можжевельника скального Скайрокет оказали растворы с ИМК-К.

Препараты Рибав-Экстра и Циркон в исследованных концентрациях не влияли на степень укоренения.

При концентрации ИМК-К в растворе 100 мг/л начинаются явления фитотоксичности для исследуемой культуры.

При концентрации ИМК-К в растворе 50 мг/л части черенков не хватает гормонов ауксиновой природы для формирования корневой системы.

Наиболее эффективная концентрация ИМК-К в растворе стимулятора для полуодревесневших черенков можжевельника скального Скайрокет варьирует в пределах 50–100 мг/л.

Необходимо продолжить изучение использования ИМК-К и препарата Рибав для стимулирования укоренения хвойных культур.



## Список источников

1. Проворченко, А.В. Особенности укоренения черенков различных видов можжевельника в условиях пленочных теплиц / А.В. Проворченко, Ю.В. Седина // Гавриш. – 2010. – № 5. – С. 26–30.
2. Гончаренко, В.А. Вегетативное размножение декоративных форм растений семейства *Cupressaceae* в условиях искусственно прерывистой туманообразующей установки / В.А. Гончаренко, О.И. Коротков, Э.А. Шиловская // Биология растений и садоводство: теории и новации. – 2020. – № 1. – С. 84–89.
3. Trofimuk, L.P. Application of biostimulants for vegetative propagation of endangered *Abies gracilis* / L.P. Trofimuk, P.S. Kirillov, A.A. Egorov // Journal of Forestry Research. – 31(1). – 2019. – 5 p.
4. Севастьянов, В.Е. Изучение элементов технологии размножения хвойных пород методом черенкования в условиях степного Крыма / В.Е. Севастьянов // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2018. – № 16 (179). – С. 30–39.
5. Цепляев, А.Н. Комплексное применение стимуляторов корнеобразования и системы подогрева субстрата при укоренении хвойных интродуцентов в условиях производственного питомника / А.Н. Цепляев // Вестник ИрГСХА. – 2011. – С. 132–139.
6. Резвяков, А.В. Экологизированные приемы повышения укореняемости зеленых черенков хвойных пород / А.В. Резвяков, А.Г. Гурин, С.В. Резвякова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2014. – Т. XXXX. – Ч. 1. – С. 261–263.
7. Захаренко, Г.С. Вегетативное размножение и выращивание посадочного материала видов и форм семейства кипарисовые в условиях южного берега Крыма / Г.С. Захаренко, А.И. Репецкая, В.Е. Севастьянов // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. – 2015. – № 2. – С. 32–42.
8. Доспехов, В.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
9. Лебедев, В.Г. Эффективный способ получения посадочного материала ясеня обыкновенного *in vitro* / В.Г. Лебедев, К.А. Шестибратов // Лесной вестник. – 2010. – № 3. – С. 112–118.
10. Иванова, З.Я. Биологические основы и приемы вегетативного размножения древесных растений стеблевыми черенками / З.Я. Иванова. – Киев : Наукова думка, 1982. – 288 с.

## References

1. Provorchenko, A.V. Osobennosti ukoreneniya cherenkov razlichnyh vidov mozhzhevel'nika v usloviyah plenochnyh teplic / A.V. Provorchenko, Yu.V. Sedina // Gavrish. – 2010. – № 5. – S. 26–30.
2. Goncharenko, V.A. Vegetativnoe razmnnozhenie dekorativnyh form rastenij semejstva Cupressaceae v usloviyah iskusstvenno preryvistoj tumanoobrazuyushchej ustanovki / V.A. Goncharenko, O.I. Korotkov, E.A. Shilovskaya // Biologiya rastenij i sadovodstvo: teorii i novacii. – 2020. – № 1. – S. 84–89.
3. Trofimuk, L.P. Application of biostimulants for vegetative propagation of endangered *Abies gracilis* / L.P. Trofimuk, P.S. Kirillov, A.A. Egorov // Journal of Forestry Research. – 31(1). – 2019. – 5 p.
4. Sevast'yanov, V.E. Izuchenie elementov tekhnologii razmnnozheniya hvojnyh porod metodom cherenkovaniya v usloviyah stepnogo Kryma / V.E. Sevast'yanov // Izvestiya sel'skohozyajstvennoj nauki Tavridy. – 2018. – № 16 (179). – S. 30–39.
5. Ceplyaev, A.N. Kompleksnoe primenenie stimulyatorov korneobrazovaniya i sistemy podogreva substrata pri ukorenении hvojnyh introducentov v usloviyah proizvodstvennogo pitomnika / A.N. Ceplyaev // Vestnik IrGSKHA. – 2011. – S. 132–139.
6. Rezvyakov, A.V. Ekologizirovannye priemy povysheniya ukorenyaemosti zelenyh cherenkov hvojnyh porod / A.V. Rezvyakov, A.G. Gurin, S.V. Rezvyakova // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. – 2014. – T. XXXX. – Ch. 1. – S. 261–263.

7. Zaharenko, G.S. Vegetativnoe razmnozhenie i vyrashchivanie posadochnogo materiala vidov i form semejstva kiparisovye v usloviyah yuzhnogo berega Kryma / G.S. Zaharenko, A.I. Repeckaya, V.E. Sevast'yanov // Izvestiya sel'skokozyajstvennoj nauki Tavridy. – 2015. – № 2. – S. 32–42.
8. Dospekhov, V.A. Metodika polevogo opyta/ B.A. Dospekhov. – M. : Agropromizdat, 1985. – 351 s.
9. Lebedev, V.G. Effektivnyj sposob polucheniya posadochnogo materiala yasena obyknovennogo *in vitro* / V.G. Lebedev, K.A. Shestibratov // Lesnoj vestnik. – 2010. – № 3. – S. 112–118.
10. Ivanova, Z.Ya. Biologicheskie osnovy i priemy vegetativnogo razmnozheniya drevesnyh rastenij steblevymi cherenkami / Z.Ya. Ivanova. – Kiev : Naukova dumka, 1982. – 288 s.