

УДК 635.037

DOI: 10.31040/2222-8349-2023-0-4-22-30

КАЛЛУСООБРАЗОВАНИЕ КАК ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК НЕДОСТАТКА АУКСИНА В СОСТАВЕ СТИМУЛЯТОРА РИЗОГЕНЕЗА (НА ПРИМЕРЕ УКОРЕНЕНИЯ *IN VIVO* ЧЕРЕНКОВ ХВОЙНЫХ КУЛЬТУР)

© В.В. Боровков, Г.А. Демченко

Характеристиками эффективности укоренения хвойных культур являются процент укоренения, количество образовавшихся корней и их длина. Каллусообразование часто сопровождает процесс укоренения, но данные исследователей о взаимосвязи этого процесса с эффективностью укоренения противоречивы. В условиях пленочных черенковниц, обрудованных подогревом субстрата, были проведены исследования по взаимосвязи укоренения черенков хвойных культур с каллусообразованием. Для стимулирования укоренения полуодревесневших черенков *Juniperus scopulorum* S. сорта Skyrocket использовали ростовые пудры Хризатоп и Ризапон 1% с содержанием индоллил-3-масляной кислоты (ИМК) в разных концентрациях. В контрольном варианте без стимулятора все черенки образовали каллус без укоренения, при опудривании оснований черенков препаратом Хризатоп с содержанием 0.25% ИМК каллусообразование уменьшилось в 3.8 раза, а приживаемость составила 76%. В варианте с пудрой Ризапон с содержанием 1% ИМК каллусообразования вообще не наблюдалось, приживаемость достигла 81.4%. Для стимулирования укоренения зеленых черенков *Juniperus scopulorum* S. сорта Blue Arrow использовали водные растворы калиевой соли ИМК (ИМК-К) в диапазоне концентраций от 0 до 150 мг/л при замачивании оснований черенков на 16 часов. В диапазоне концентраций от 0 до 100 мг/л наблюдали увеличение приживаемости в 1.89 и 3.87 раза соответственно, каллусообразование снижалось в 3.38 раза. Для стимулирования укоренения полуодревесневших черенков *Thuja occidentalis* L. сорта Smaragd, *Juniperus sabina* L. видовой формы и зеленых черенков *Thuja occidentalis* L. сорта Brabant использовали ростовую пудру Корневин, содержащую 0.5% ИМК. Для получения градиента концентраций пудру разбавляли тальком. На фоне высокой приживаемости черенков *Thuja occidentalis* L. обоих сортов – 82.85–96.9% – каллусообразование снижалось с 92.9% в контрольном варианте до 6.3% в варианте с чистым Корневином у черенков сорта Smaragd и с 71.88% в контрольном варианте до 19.1% в варианте Корневин:тальк 1:1 у черенков сорта Brabant. При укоренении черенков *Juniperus sabina* L. с повышением концентрации ИМК в пудре от 0 до 0.25% ИМК приживаемость возросла с 10.71% до 89.29%, а образование каллуса на черенках снизилось с 44.59% до 0%.

Полученные данные свидетельствуют, что каллусообразование может служить признаком недостатка экзогенного ауксина в стимуляторе для укоренения и, соответственно, увеличение содержания ауксина при прочих равных условиях в пределах эффективного диапазона является одним из способов повышения процента приживаемости черенков хвойных культур.

Ключевые слова: каллус, ауксин, укоренение, хвойные, стимулятор корнеобразования.

Введение. Вегетативное размножение путем укоренения черенков является основным способом размножения видов и сортов хвойных культур в питомниках России. Такие виды, как туя западная (*Thuja occidentalis* L.), можжевельник казацкий (*Juniperus sabina* L.) считаются легко укореняемыми, другие виды, такие как тисс ягодный (*Taxus baccata* L.), ель колючая (*Picea pungens* E.) являются трудно укореняемыми. При укоренении и тех и других видов

имеется значительный разброс достигаемых результатов у различных исследователей и практиков питомниководства, который обусловлен индивидуальными особенностями технологии и условий укоренения. В связи с этим является актуальным определение показателей укоренения, оценка которых позволяет проводить анализ эффективности созданных условий и осуществлять их направленное изменение с целью достижения лучших результатов.

БОРОВКОВ Вадим Валентинович – к.б.н., Питомник декоративных растений «Вашутино», г. Химки,
e-mail: Vadim_borovkov@mail.ru

ДЕМЧЕНКО Глеб Александрович, Питомник декоративных растений «Вашутино», г. Химки,
e-mail: info@fittonia.ru

Безусловно, главной характеристикой эффективности укоренения является процент укоренения или число черенков, образовавших полноценную корневую систему, к нужному технологическому сроку, что позволяет использовать полученные растения для дальнейшего доращивания. Дополнительно многие исследователи оценивают характеристику образовавшейся корневой системы, оценивая количество корней, их среднюю длину или общую протяженность. Эти дополнительные параметры позволяют делать определенные выводы об условиях укоренения и определять лучшие варианты при одинаковом уровне приживаемости. Например, известно, что легко укореняемые культуры могут показывать высокие уровни укоренения без применения стимуляторов укоренения, но качество корневой системы к одному и тому же сроку в вариантах без применения регуляторов роста и с их использованием значительно различаются. Так, применение индоллил-3-масляной кислоты (ИМК) значительно ускорило образование придаточных корней и развитие корневой системы у черенков гибридной сосны (*Pinus elliotii* E. var. *elliottii* x *Pinus caribaea* M. var. *hondurensis*), что обеспечивало более раннюю перевалку растений из кассет, хотя значимо не влияло на итоговую приживаемость черенков к 20 неделе укоренения [1].

В своей работе мы поставили задачу расширить число показателей, которые характеризуют процесс укоренения хвойных культур. В качестве одного из них, как показывают наши исследования, можно использовать интенсивность каллусообразования – процент черенков, образовавших визуально определяемый каллус в основании черенка (с образованием или без образования адвентивных корней) от всего количества черенков, имеющих к определенному сроку наблюдения.

В настоящее время взгляды на явление образования каллуса при укоренении хвойных культур неоднозначны. Часть исследователей считают, что каллусообразование является одной из составляющих ризогенеза [2] и прямо связывают эти процессы, например, при укоренении кипариса вечнозеленого (*Cupressus sempervirens* L.) [3], ели колючей Глаука (*Picea pungens* E. Glauca) [4], ели европейской (*Picea abies* L.), можжевельника казацкого (*Juniperus sabina* L.) [5]. Авторы многих работ отмечают отсутствие взаимозависимости между каллусообразованием и ризогенезом [2, 6], а большин-

ство вообще не учитывает этот показатель как значимый. Небольшая часть исследований отмечает обратную зависимость между интенсивностью образования и размером каллуса с укореняемостью черенков. Показано, что отсутствие обработок стимуляторами роста способствует образованию каллуса [7] и, наоборот, при увеличении концентрации экзогенных ауксинов в стимуляторах корнеобразования процент каллусообразования снижался, а приживаемость увеличивалась у черенков таких хвойных видов как подокарп крупнолистный (*Podocarpus macrophyllus* S.) [1] и пихта изящная (*Abies gracilis* K.) [8].

В связи с неоднозначностью взаимоотношения укореняемости и каллусообразования при размножении хвойных культур мы провели ряд экспериментов, в которых одним из главных параметров наблюдений являлся процент черенков образовавших визуально определяемый каллус (каллусообразование). Для получения объективных данных предварительно нами была проведена экспериментальная работа по уточнению эффективных концентраций стимулирующих ризогенез регуляторов, что позволило выбрать их эффективные физиологические диапазоны.

Объекты и методы исследований. Исследования проводились на базе производственного питомника декоративных растений «Вашутино» в отделении, расположенном в г. Зубцов Тверской области. В исследованиях использовались полудревесневшие или зеленые черенки хвойных культур можжевельника скального сортов Skyrocket и Blue Arrow (*Juniperus scopulorum* S. Skyrocket, Blue Arrow), туи западной сортов Smaragd и Brabant (*Thuja occidentalis* L. «Smaragd», «Brabant»), можжевельника казацкого (*Juniperus sabina* L.). Укоренение черенков проводили в 2021–2022 гг. в пленочных двускатных черенковницах высотой 0.6–0.9 м, оборудованных туманом низкого давления и подогревом пола. Черенковницы размещались внутри пленочной ангарной теплицы оборудованной воздушным подогревом и мелкокапельным охлаждением воздуха [9]. Дополнительно в теплице под кровлей оборудована притенка из белого спанбонда плотностью 60 г/м. Средний режим включения туманообразующей установки в солнечные дни составлял 5 с в 30 мин, в пасмурные дни опрыскивание черенков производили один раз в день. С целью

стимулирования укоренения использовались водные растворы калиевой соли индолил-3-масляной кислоты (ИМК-К, Китай) в которых производили замачивание оснований черенков 2–3 см на 16 ч и ростовые пудры – Хризатоп грин 0.25% (содержание ИМК 2.5 г/кг, производство Ризопон, Нидерланды), Корневин (содержание ИМК 5 г/кг, производство Агросинтез, Россия), Ризапон АА 1% (содержание ИМК 10 г/кг, производство Ризопон, Нидерланды). В части опытов градиент концентрации действующего вещества получали путем разведения пудры Корневин тальком в соотношениях 1:1, 1:2, 1:3, соответственно. Согласно технологической схеме, черенки высаживались в кассеты, непосредственно перед высадкой они окунались полностью в раствор фундазола 5 г/10 л. В опытах с пудрами основания влажных черенков опудривались стимуляторами и высаживались в кассеты, путем втыкания черенков в субстрат на глубину 2–3 см (по [10]). Контролем служили черенки, укореняемые без стимулятора. В тех опытах, где проводили замачивание оснований черенков в растворах стимулятора, контрольные черенки замачивали в дистиллированной воде. В качестве субстрата для укоренения использовали смесь верхового слаборазложившегося торфа рН 4.8–5.3 с предварительным, за 4–5 дней внесением Трихоцина в дозе

30 г/м³ и агроперлита фракции 1–5 мм в соотношении 2 части торфа к 1 части перлита. Кассеты размещались в черенковницах блоками среди производственных кассет. Результаты опытов обрабатывались согласно дисперсионному анализу [11].

Результаты и их обсуждение. В 2021 г. при укоренении полудревесневших черенков можжевельника скального Skyrocket использовались ростовые пудры с разной концентрацией ИМК (рис. 1). Укоренения в контрольном варианте не происходило, все черенки образовали в основании визуально определяемый каллус. При использовании порошковых стимуляторов Хризатоп грин 0.25% и Ризапон АА 1% укоренение черенков на 230 день после высадки составило 76 и 81.4% соответственно. Существенного различия в этих вариантах не наблюдалось. Другие показатели укореняемости – каллусообразование и среднее количество корней существенно изменялись с увеличением ИМК в составе регулятора. В варианте с Хризатоп грин 0.25% по сравнению с контролем количество черенков с каллусом уменьшилось в 3.8 раза, в варианте с Ризапоном 1% каллусообразования вообще не наблюдалось, а среднее количество корней на черенок в вариантах увеличивалось до 3.1 и 6.1 шт. соответственно.



Рис. 1. Показатели укореняемости полудревесневших черенков можжевельника скального Скай Рокет. Возраст маточных растений 10 лет. Высадка на укоренение 22.03.2021 г., подсчет результатов – 10.10.2021 г.

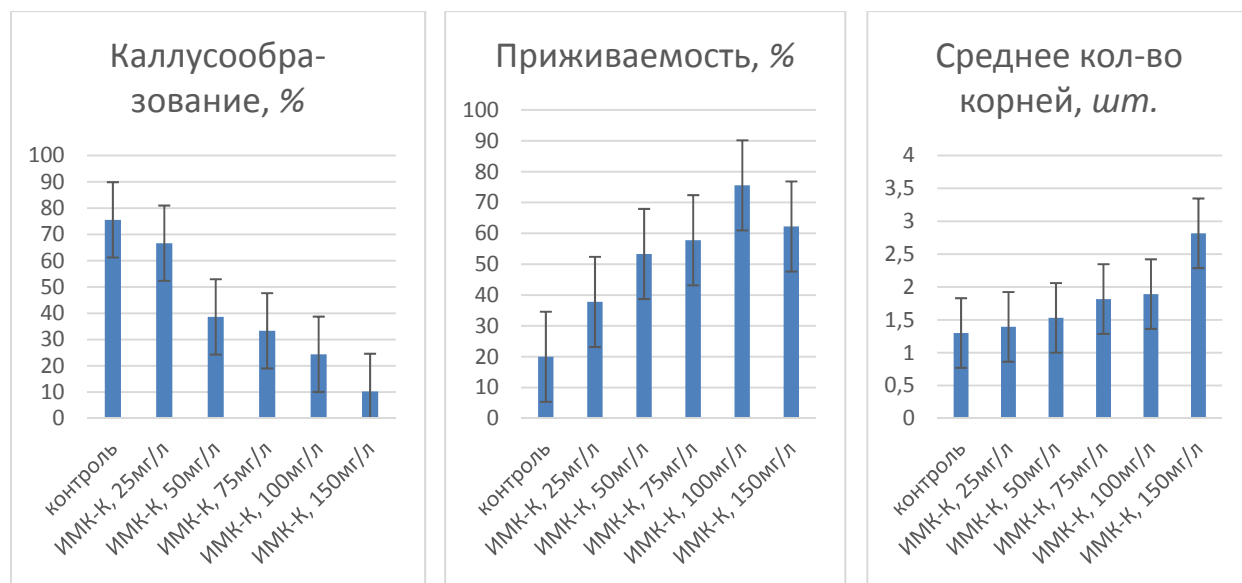


Рис. 2. Изменение показателей укореняемости зеленых черенков можжевельника скального Blue Agrow при увеличении содержания в стимулирующих растворах ИМК-К. Возраст маточных растений 7 лет. Высадка на укоренение 28.05.2022 г., подсчет результатов – 01.12.2022 г.

В 2022 г. провели ряд дополнительных экспериментов. Для стимулирования укоренения зеленых черенков можжевельника скального Blue Agrow, заготовленных в конце мая, использовали водные растворы ИМК-К различной концентрации, в которых замачивали базальные концы черенков 2.0–2.5 см в течение 16 ч при температуре 20°C (рис. 2). Приживаемость черенков в контрольном варианте на 180 день укоренения составляла 20%. С увеличением концентрации ИМК-К в стимулирующем растворе с 25 до 100 мг/л наблюдали увеличение укоренения черенков с 37.7 до 75.6%. Каллусообразование, наоборот, интенсивно снижалось с 80% в контроле до 24.4% в варианте с концентрацией ИМК-К 100 мг/л. Значимого изменения в среднем количестве образовавшихся корней в исследованных вариантах не выявлено.

При укоренении полуодревесневших черенков туи Smaragd, использовали в качестве стимулятора корнеобразования пудру Корневин (рис. 3). Для обеспечения градиента концентрации ИМК от 0 до 5 г/л использовали следующие весовые смеси талька и Корневина: 1 к 0, 3 к 1, 2 к 1, 1к1 и 0 к 1, что соответствует следующим концентрациям ИМК: 0 г/кг, 1.25 г/кг, 1.67 г/кг, 2.5 г/кг и 5г/кг. Туя западная Smaragd является легко укореняемой культурой и в варианте без обработки стимулятором уже показала высокое укоренение – 82.85%. Применение порошковых стимуляторов (пудры) с неразбавленным и разбавленным Корневином увеличило приживаемость черенков на 9.36–14.05%.

Одновременно почти до 0% снизилось каллусообразование. Так, в контрольном варианте при опудривании черенков чистым тальком каллус отмечался у 81.25% черенков. С добавлением в пудру ИМК процент черенков с каллусом стал снижаться от 75% в варианте с разведением Корневина тальком 1 к 3, до 6.3% при использовании чистого Корневина. Корневин также оказал значительное влияние на качество корневой системы. Так, например, если в варианте без него корневая система была образована в среднем 4–5 корнями первого порядка, то в вариантах с Корневином разбавленным тальком 1 к 1 и при использовании неразбавленного Корневина показатель был существенно выше и равнялся 12–13 шт. Этот показатель имеет большое практическое значение, так как к 120 дню укоренения в контрольном варианте при малом количестве корней укорененные черенки не сформировали полноценный ком для обеспечения дальнейшей пересадки растений, а черенки в варианте с опудриванием Корневином имели хорошо оплетенный неразваливающийся ком.

Различную степень разбавления Корневина тальком использовали также для укоренения зеленых черенков туи западной «Brabant» (рис. 4). Черенки заготавливали с укорененных растений прошлого года. Чистый Корневин не использовали, так как известно, что молодые черенки имеют хорошую укореняемость и высокая доза ИМК может вызывать фитотоксичность. В качестве контроля использовали чис-

тый тальк. Приживаемость во всех вариантах имела высокое значение и варьировала от 93.5 до 96.88%. Статистическая обработка результатов показала отсутствие влияния на степень укоренения исследуемого фактора в изучаемых пределах. Вместе с тем исследуемые варианты характеризовались значимым различием по уровню каллусообразования и среднему количеству корней на черенок. Увеличение в ростовой пудре доли Корневина, а соответственно, и ИМК, снижало каллусообразование с 71.88% при отсутствии Корневина в пудре до 19.1% в

пудре, где Корневин был разведен тальком в соотношении один к одному. Значение каллусообразования в вариантах разбавления Корневин-тальк 1 к 3 и 1 к 2 имело значимые промежуточные значения – 40.6 и 46.9% соответственно. Среднее количество корней первого порядка на один черенок напротив увеличилось и значимо отличалось между вариантами без Корневина и Корневин-тальк 1 к 1 в 1.54 раза и составляло соответственно 4.99 и 7.69 шт. Качество черенков значительно лучше было в вариантах с содержанием Корневина.

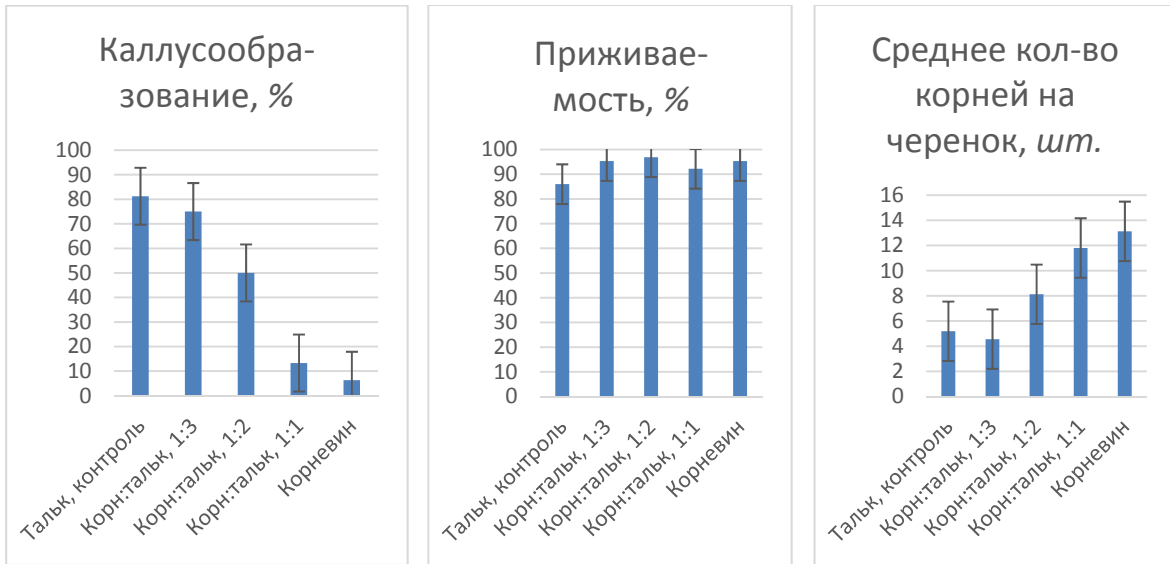


Рис. 3. Изменение показателей укореняемости полуодревесневших черенков туи западной Smaragd при увеличении содержания в стимулирующих пудрах ИМК. Возраст маточных растений 5 лет. Высадка на укоренение 25.02.2022 г., подсчет результатов – 21.06.2022 г.

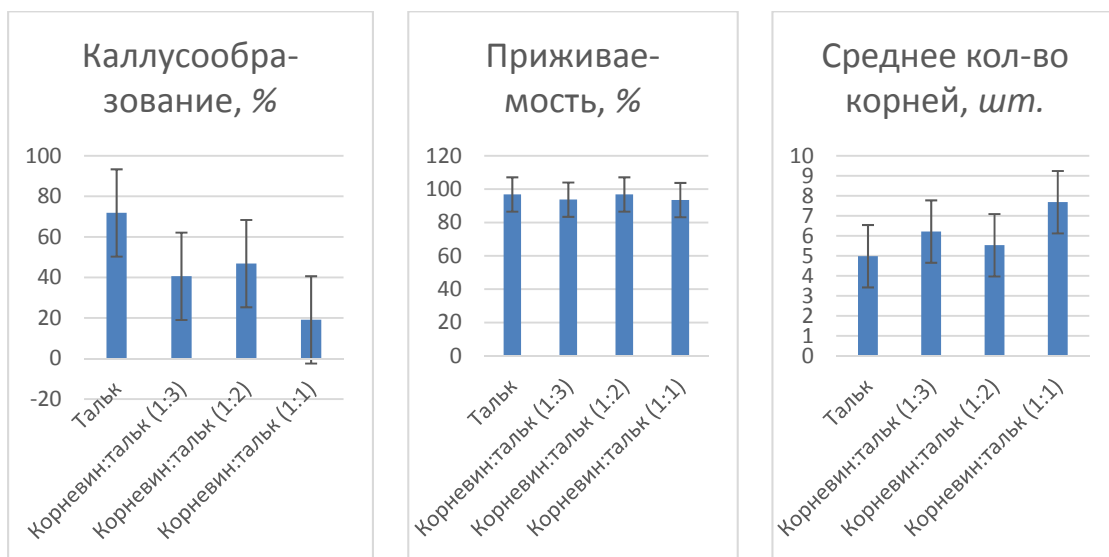


Рис. 4. Изменение показателей укореняемости зеленых черенков туи западной Brabant при увеличении содержания в стимулирующих пудрах ИМК. Возраст маточных растений менее 1 года. Высадка на укоренение 28.03.2022 г., подсчет результатов – 29.09.2022 г.

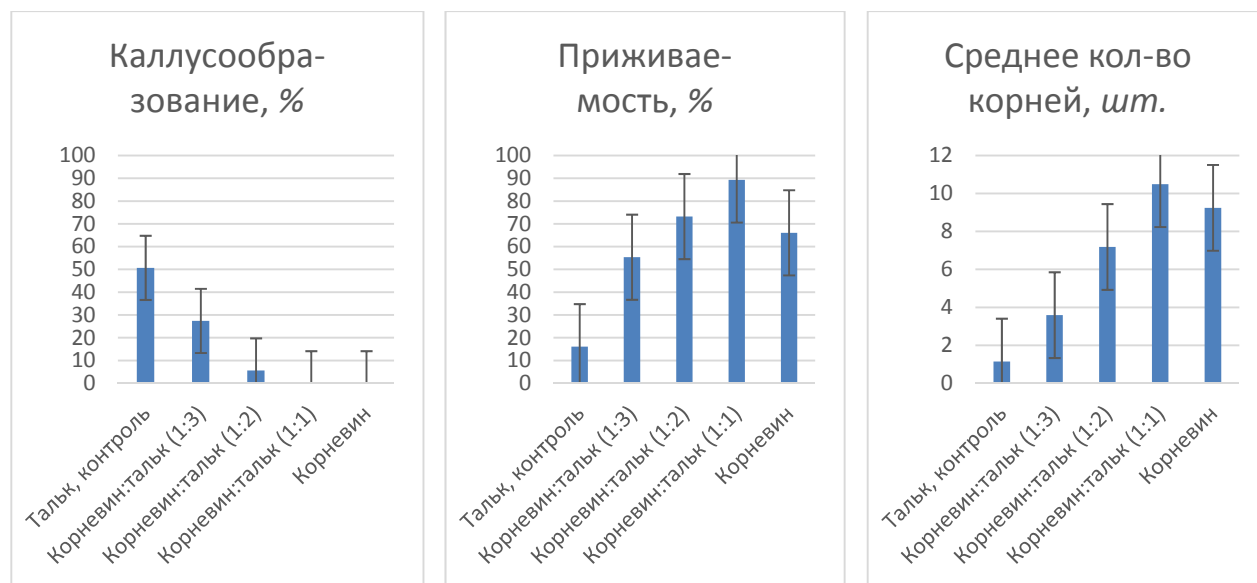


Рис. 5. Изменение показателей укореняемости полуодревесневших черенков можжевельника казацкого при увеличении содержания ИМК в стимулирующих пудрах. Возраст маточных растений 8 лет. Высадка на укоренение 30.04.2022 г., подсчет результатов – 04.11.2022 г.

Аналогичный опыт был проведен с полуодревесневшими черенками можжевельника казацкого (рис. 5). Черенки заготавливали с растений восьмилетнего возраста. Несмотря на то, что эта культура также считается легко укореняемой, черенки в контрольном варианте укоренились всего на 10.71%. Возможно, это связано с достаточно большим для данной культуры возрастом маточных растений. Каллусообразование в контрольном варианте отмечено на уровне 44.59%, среднее количество корней первого порядка, которые образовались на укоренившемся черенке, составило 1.36 шт. В варианте с содержанием в пудре 1.25 г/кг ИМК (Корневин разбавлен тальком 1 к 3) приживаемость черенков увеличилась в 5.17 раз и составила 55.35%, каллусообразование снизилось в 1.63 раза и составило 27.38%, среднее количество корней первого порядка возросло в 2.6 раза до 3.69 шт. В дальнейшем при возрастании концентрации ИМК в пудре приживаемость черенков и среднее количество корней первого порядка увеличивались, а каллусообразование снижалось. В максимально эффективном варианте – разбавление Корневина тальком 1 к 1, приживаемость достигла 89.29%, что выше контроля в 8.3 раза, среднее количество корней первого порядка на черенке увеличилось до 10.49 шт., что выше контроля в 7.7 раза, каллусообразования не наблюдалось.

Контрольные черенки всех исследованных культур в условиях эксперимента в большем

или меньшем количестве образовывали каллус. Процент таких черенков в контроле всегда был выше, чем в вариантах с обработкой экзогенным ауксином. Увеличение его концентрации в стимуляторе в эффективном физиологическом диапазоне приводило к снижению каллусообразования и увеличению количества корней.

Известно определяющее влияние регуляторов роста на процессы размножения хвойных *in vitro* [12], в т.ч., когда смещение гормонального цитокинин-ауксинового фона среды в сторону ауксина приводит к началу ризогенеза [13]. Наши результаты показывают, что и в условиях *in vivo* укоренение черенков возможно определяется цитокинин-ауксиновым статусом черенка. Так, при преобладании цитокининнов не образуется ни каллуса, ни корней. При повышении содержания ауксинов в тканях черенка до определенного уровня образуется каллус и не происходит инициации корневых зачатков. Более высокое содержание приводит к ризогенезу.

Такой вывод позволяет объяснить многие противоречивые ситуации в укоренении хвойных культур. Например, когда в опытах используются слишком низкие для каллусообразования и ризогенеза концентрации ауксина (ниже эффективных), исследователь может фиксировать одновременное увеличение этих показателей с течением времени и говорить о их прямой зависимости, но как правило в этих случаях укоренение наблюдается на очень

низких значениях. При низких эффективных концентрациях ауксина изначально каллусогенез также превышает ризогенез, но с течением времени в черенке хвойных культур за счет процессов ассимиляции и транспорта ауксинов *de novo* в основании черенка ризогенез активизируется. Корни в данном случае выходят из тканей каллуса, так как он также в большинстве случаев локализуется на основании черенка и напрашивается вывод об каллусогенезе как обязательном предшественнике ризогенеза и каллусе как источнике образования корней. При выборе доз ауксиновых стимуляторов в середине и выше в пределах оптимального диапазона происходит снижение интенсивности каллусообразования, которое в большинстве случаев сходит на нет, процент укоренения растёт, зона корней расширяется. В таком случае прослеживается обратная зависимость между каллусообразованием и укоренением, что позволяет сделать вывод об отрицательной роли каллусообразования при укоренении. Превышение оптимального диапазона концентраций экзогенного ауксина вновь, как при сильном недостатке, приводит к ситуации, когда отсутствует и каллус и корни вследствие фитотоксичности стимулятора, и проследить какую-либо зависимость невозможно, как мы отмечали ранее [14–16].

Выводы. При анализе укоренения черенков хвойных культур наравне с подсчетом приживаемости и количества корней необходимо учитывать показатель каллусообразования как процент укоренившихся и неукоренившихся черенков, образовавших визуально определяемый каллус. При укоренении черенков можжевельника скального сортов Skyrocket и Blue Arrow, туи западной сортов Smaragd и Brabant и можжевельника казацкого без использования или при малых дозах экзогенного ауксина в стимуляторе наблюдается высокий процент каллусообразования. Применение стимуляторов укоренения ауксинового ряда с увеличением концентрации в пределах эффективного диапазона приводит к таким физиологическим эффектам, как увеличение процента укоренения черенков и/или увеличение количества корней с расширением зоны корнеобразования, а каллусообразование снижается до минимальных значений. Таким образом, каллусообразование является важной характеристикой процесса укоренения черенков

хвойных культур, высокая интенсивность которого свидетельствует о недостатке экзогенного ауксина в стимуляторе укоренения.

Литература

1. Hunt M.A., Trueman S.J., Amanda Rasmusen A. Indole-3-butyric acid accelerates adventitious root formation and impedes shoot growth of *Pinus elliottii* var. *elliottii* × *P. caribaea* var. *hondurensis* cuttings // *New Forests*. 2011. № 41(3). P. 349–360.
2. Торчик В.И. и др. Ризогенез у декоративных садовых форм хвойных растений и способы его интенсификации. Минск: Беларуская навука, 2017. 219 с.
3. Буторова О.Ф. Черенкование кипариса вечнозеленого в оранжерее // *Ярославский педагогический вестник*. 2012. № 4. С. 112–114.
4. Нурманбетова А.Т., Ахматов М.К. Влияние стимуляторов роста Clonex и VitroClon Rooting Complex на укоренение и каллусообразование черенков *Picea pungens* 'Glaucous' // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2021. № 2. С. 11–15.
5. Велегуров А.С., Барайщук Г.В. Влияние субстратов на укоренение зеленых черенков можжевельника казацкого в условиях южной лесостепи Омской области // *Вестник Омского государственного аграрного университета*. 2017. № 2 (26). С. 11–19.
6. Келько А.Ф. Особенности формирования придаточных корней у стеблевых черенков садовых форм видов рода *Juniperus* L. // *Материалы международной конференции «Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры»* 19–22 июня 2012 г., Минск, Беларусь. С. 128–132.
7. Иванова З.Я. Биологические основы и приемы вегетативного размножения древесных растений стеблевыми черенками. Киев: Наукова думка, 1982. 288 с.
8. Trofimuk L.P., Kirillov P.S., Egorov A.A. Application of biostimulants for vegetative propagation of endangered *Abies gracilis* // *Journal of Forestry Research*. 2019. № 31(1). 5 p.
9. 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.
10. Поликарпова Ф.Я. Размножение плодовых и ягодных культур зелеными черенками // *Агропромиздат*. 1990. 96 с.
11. Доспехов В.А. Методика полевого опыта // *Агропромиздат*. 1985. 351 с.

12. Третьякова И.Н., Пак М.Э. Размножение листовницы сибирской с использованием биотехнологии соматического эмбриогенеза // Лесоведение. 2023. № 5. С. 526–536.

13. Котляров Д.В. и др. Физиологически активные вещества в агротехнологиях. Краснодар: КубГАУ, 2016. 224 с.

14. Демченко Г.А., Боровков В.В. Применение стимулятора Корневин, СП при укоренении полудревесневших черенков можжевельника Пфизера // Питомник и частный сад. 2023. № 3. С. 2–3.

15. Демченко Г.А. и др. Применение ростовых пудр при укоренении можжевельников *Juniperus scopulorum* 'Skyrocket' // Питомник и частный сад. 2022. № 6. С. 2–5.

16. Демченко Г.А., Боровков В.В. Применение водных растворов биологически активных веществ при укоренении можжевельника скального «Скай рокет» (*Juniperus scopulorum* 'Skyrocket') // Питомник и частный сад. 2023. № 2. С. 2–5.

References

1. Hunt M.A., Trueman S.J., Amanda Rasmussen A. Indole-3-butyric acid accelerates adventitious root formation and impedes shoot growth of *Pinus elliottii* var. *elliottii* × *P. caribaea* var. *hondurensis* cuttings // *New Forests*, 2011, no. 41(3), pp. 349–360.

2. Torchik V.I. i dr. Rizogenez u dekorativnykh sadovykh form khvojnykh rastenij i sposoby ego intensivatsii. Minsk: Belaruskaya navuka, 2017, 219 p.

3. Butorova O.F. Cherenkovanie kiparisa vechnozelenogo v oranzherii // *Yaroslavskij pedagogicheskij vestnik*, 2012, no. 4, pp. 112–114.

4. Nurmanbetova A.T., Akhmatov M.K. Vliyanie stimulyatorov rosta Clonex i VitroClon Rooting Complex na ukorenenie i kallyusoobrazovanie cherenkov *Picea pungens* 'Glaucula' // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2021, no. 2, pp. 11–15.

5. Velegurov A.S., Barajshchuk G.V. Vliyanie substratov na ukorenenie zelenykh cherenkov mozgzhevel'nika kazackogo v usloviyakh yuzhnoj lesostepi Omskoj oblasti // *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no. 2 (26), pp. 11–19.

6. Kel'ko A.F. Osobennosti formirovaniya pridatochnykh kornej u stebel'nykh cherenkov sadovykh form vidov roda *Juniperus* L. // *Materialy mezhdunarodnoj konferencii «Introdukciya, sokhranenie i ispol'zovanie biologicheskogo raznoobraziya mirovoj flory»*, 19–22 iyunya 2012 g., Minsk, Belarus', pp. 128–132.

7. Ivanova Z.YA. Biologicheskie osnovy i priemy vegetativnogo razmnozheniya drevesnykh rastenij stebel'nykh cherenkami. Kiev: Naukova dumka, 1982, 288 p.

8. Trofimuk L.P., Kirillov P.S., Egorov A.A. Application of biostimulants for vegetative propagation of endangered *Abies gracilis* // *Journal of Forestry Research*, 2019, no. 31(1), 5 p.

9. Borovkov V.V., Demchenko G.A. Vliyanie vodnykh rastvorov biologicheskii aktivnykh veshchestv na ukorenenie poludrevesnevshikh cherenkov mozgzhevel'nika skal'nogo Skajroket (*Juniperus scopulorum* Skyrocket) // *Lesokhozyajstvennaya informaciya*, 2022, no. 2, pp. 67–76.

10. Polikarpova F.YA. Razmnozhenie plodovykh i yagodnykh kul'tur zelenymi cherenkami // *Agropromizdat*, 1990, 96 p.

11. Dospekhov V.A. Metodika polevogo opyta // *Agropromizdat*, 1985, 351 p.

12. Tret'yakova I.N., Pak M.EH. Razmnozhenie listvennicy sibirskoj s ispol'zovaniem biotekhnologii somaticheskogo ehmbriogeneza // *Lesovedenie*, 2023, no. 5, pp. 526–536.

13. Kotlyarov D.V. i dr. Fiziologicheski aktivnyye veshchestva v agrotekhnologiyakh. Krasnodar: KubGAU, 2016, 224 p.

14. Demchenko G.A., Borovkov V.V. Primenenie stimulyatora Kornevin, SP pri ukorenenii poludrevesnevshikh cherenkov mozgzhevel'nika Pficera // *Pitomnik i chastnyj sad*, 2023, no. 3, pp. 2–3.

15. Demchenko G.A. i dr. Primenenie rostovykh pudr pri ukorenenii mozgzhevel'nikov *Juniperus scopulorum* 'Skyrocket' // *Pitomnik i chastnyj sad*, 2022, no. 6, pp. 2–5.

16. Demchenko G.A., Borovkov V.V. Primenenie vodnykh rastvorov biologicheskii aktivnykh veshchestv pri ukorenenii mozgzhevel'nika skal'nogo «Skaj rokeT» (*Juniperus scopulorum* 'Skyrocket') // *Pitomnik i chastnyj sad*, 2023, no. 2, pp. 2–5.


**CALLUS FORMATION AS A PHYSIOLOGICAL SIGN OF AUXIN LACK
 IN THE COMPOSITION OF A RHIZOGENESIS STIMULANT
 (BASED ON THE EXAMPLE OF IN VIVO ROOTING OF CONIFEROUS CROPS CUTTINGS)**

© V.V. Borovkov, G.A. Demchenko

Nursery of ornamental plants "Vashutino",
 712, Vashutino village, 141400, Khimki, Russian Federation

Characteristics of the effectiveness of rooting of coniferous crops are the percentage of rooting, the number of roots formed and their length. Callus formation often accompanies the rooting process, but research data on the relationship of this process with the effectiveness of rooting is contradictory. In the conditions of film cuttings equipped with heated substrate, studies were carried out on the relationship between the rooting of cuttings of coniferous crops and callus formation. To stimulate the rooting of semi-lignified cuttings of *Juniperus scopulorum* S. cultivar Skyrocket, growth powders Chrysatop and Rizapon 1% containing indolyl-3-butyric acid (IBA) in different concentrations were used. In the control treatment without a stimulant, all cuttings formed callus without rooting; when the bases of the cuttings were dusted with Chrysatop containing 0.25% IBA, callus formation decreased by 3.8 times, and the survival rate was 76%. In the variant with Rizapon powder containing 1% IBA, no callus formation was observed at all, the survival rate reached 81.4%. To stimulate the rooting of green cuttings of *Juniperus scopulorum* S. variety Blue Arrow, aqueous solutions of potassium salt IBA (IBA-K) were used in the concentration range from 0 to 150 mg/l when the bases of the cuttings were soaked for 16 hours. In the concentration range from 0 to 100 mg/l, an increase in survival rate by 1.89 and 3.87 times was observed, respectively, callus formation decreased by 3.38 times. To stimulate the rooting of semi-lignified cuttings of *Thuja occidentalis* L. variety Smaragd, *Juniperus sabina* L. species form and green cuttings of *Thuja occidentalis* L. variety Brabant, Kornevin growth powder containing 0.5% IBA was used. To obtain a concentration gradient, the powder was diluted with talc. Against the background of high survival rate of cuttings of *Thuja occidentalis* L. of both varieties – 82.85–96.9%, callus formation decreased from 92.9% in the control variant to 6.3% in the variant with pure Kornevin in cuttings of the Smaragd variety and from 71.88% in the control variant to 19.1% in variant Kornevin:talc 1:1 in cuttings of the Brabant variety. When rooting cuttings of *Juniperus sabina* L. with an increase in the concentration of IBA in the powder from 0 to 0.25% IBA, the survival rate increased from 10.71 to 89.29%, and the formation of callus on the cuttings decreased from 44.59 to 0%.

The data obtained indicate that callus formation can serve as a sign of a lack of exogenous auxin in the rooting stimulator and, accordingly, an increase in the auxin content, all other things being equal, within the effective range is one of the ways to increase the percentage of survival of cuttings of coniferous crops.

Keywords: callus, auxin, rooting, conifers, root formation stimulator.