

ВЛИЯНИЕ МАННИТА И АБСЦИЗОВОЙ КИСЛОТЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕПОНИРОВАНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ *ACTINIDIA* LINDL. ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ*

В. И. МАЛЯРОВСКАЯ, Ц. В. ТУТБЕРИДЗЕ, Т. А. СИМОНЯН

ФГБУН «Федеральный исследовательский центр
«Субтропический научный центр Российской академии наук»,
ул. Яна Фабрициуса, 2/28, г. Сочи, 354002, Россия,
e-mail: malyarovskaya@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

Субтропики России, благодаря природно-климатическим условиям, – единственный регион, где можно в промышленных масштабах выращивать *A. deliciosa* и другие виды рода *Actinidia* Lindl. В этом регионе растения и плоды актинидии не повреждаются вредителями и болезнями, что исключает целесообразность применения пестицидов. С целью увеличения количества посадочного материала для закладки плантаций необходимо применять оздоровленный высококачественный посадочный материал, выращенный с использованием современных биотехнологических методов. Цель исследований – изучение влияния маннита и абсцизовой кислоты на эффективность депонирования представителей *Actinidia* Lindl. при различных условиях культивирования. Показано, что способ минимализации роста растений актинидии при низкой положительной температуре и освещенности в условиях *in vitro* позволяет сохранить жизнеспособные микропобеги без субкультивирования в течение 90–120 сут. Установлено, что после депонирования микропобеги актинидии, пересаженные на питательную среду МС, обладали высокой восстановительной регенерационной способностью. Наибольший процент жизнеспособных микропобегов *A. arguta* (61,7–68,3 %) и *A. deliciosa* сорта Hayward (59,7–63,7 %) отмечен после субкультивирования (60–80 дней) с питательной среды, содержащей по 1 мг/л маннита и АБК, и в контроле (без маннита и АБК) при температуре +23 °С и освещенности 2000 лк.

Ключевые слова: *Actinidia deliciosa*, *A. arguta* Planch., депонирование, питательная среда, маннит, абсцизовая кислота, морфометрические показатели.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день актуальной задачей для обеспечения продовольственной безопасности России является интенсификация производства плодово-ягодной продукции, привлечение перспективных культур и расширение их сортимента. Среди плодово-ягодных культур высокой пищевой ценностью обладают плоды разных видов актинидии, в том числе *Actinidia deliciosa* (A. Chevalier) Liang et Ferg. Они являются отличным источником витаминов и других биологически активных веществ, а также отличаются высокими антиоксидантными свойствами, оказывающими положительный эффект на организм человека [1, 2].

Род актинидия (*Actinidia* Lindl.) относится к семейству актинидиевых (Actinidiaceae Hutch.), включает 110 таксонов и 60 видов [3]. Из литературных источников известно, что на территории России актинидии в диком виде произрастают в Приморском и Хабаровском краях, на Сахалине и южных островах Курильской гряды. Особо теплолюбивыми, произрастающими в Юго-Восточной Азии, считаются: актинидия пурпурная *A. purpurea* (Maxim.), актинидия китайская *A. chinensis* (var. *hispidula*) Planch., актинидия деликатесная *A. deliciosa* (A. Chevalier) Liang et Ferg. Влажные субтропики России, из-за своего географического положения, – единственный регион, где можно в промышленных масштабах выращивать *A. deliciosa* и другие виды рода *Actinidia* Lindl. Здесь растения и плоды актинидии не повреждаются вредителями и болезнями, что исключает целесообразность применения пестицидов. С целью увеличения количества посадочного материала для закладки плантаций необходимо применять оздоровленный высококачественный посадочный материал, выращенный с использованием современных биотехнологических методов.

* Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ФИЦ ШЦ РАН № FGRW-2024-0008, рег. № 1023110900223-6-4.1.1, и FGWR-2024-0003, рег. № 124022000093-1.

Длительное сохранение растений в медленнорастущей культуре – один из этапов размножения в условиях *in vitro*. Замедления роста растений в условиях *in vitro* можно достичь за счет модификации питательных сред или условий культивирования – понижения температуры воздуха и освещенности [4–7]. В качестве ингибиторов роста в питательную среду часто добавляют осмотические вещества (маннит, сорбит) и абсцизовую кислоту. Использование биотехнологических приемов для длительного сохранения растений в условиях *in vitro* также тесно связано с их биологическими особенностями. Так, например, введение в питательную среду маннита и сорбита позволило сохранить жизнеспособность сортов голубики высокой и брусники обыкновенной в течение 4 месяцев без субкультивирований [8]. Есть также данные, что комплексное воздействие таких факторов, как температура +9 и +22 °С, освещенность 100 и 1200 лк, присутствие в питательной среде осмотических веществ (маннит, сорбит) и ингибитора роста – абсцизовой кислоты – способствовало сохранению жизнеспособности и снижению кинетики роста микропобегов *Campanula sclerophylla* в течение 360 сут депонирования [7].

Регенерационную способность представителей рода *Actinidia*, преимущественно *A. arguta* Planch., *A. kolomikta* (Rupr. et Maxim.) Maxim., *A. polygama* (Sieb. et Zucc.) Maxim., в условиях стерильной культуры активно изучают российские и зарубежные ученые [9–12]. Вместе с тем мало информации по микроразмножению и длительному сохранению *Actinidia deliciosa*.

Целью наших исследований являлось выявление влияния маннита и абсцизовой кислоты (АБК) на эффективность депонирования представителей *Actinidia* Lindl. при различных условиях культивирования.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования выполнены в лаборатории биотехнологии Федерального исследовательского центра «Субтропический научный центр Российской академии наук» в 2023–2024 гг. В эксперименте по изучению влияния различных факторов (температуры, освещенности, осмотического вещества (маннит) и АБК) на длительность культивирования в беспересадочной культуре в качестве объектов исследования использовали микропобеги *Actinidia deliciosa* сорта Hayward и вида *A. arguta* Planch. размером 1,5–2,0 см. Работа проведена в асептических условиях по классической методике [13]. Микропобеги актинидии высаживали на питательную среду по прописи 1/2 Мурасиге и Скуга (Murashige, Scoog, 1962) с добавлением маннита и АБК в концентрации 1–3 мг/л. Варианты опыта:

1. Маннит, 1 мг/л + АБК, 1 мг/л.
2. Маннит, 2 мг/л + АБК, 2 мг/л.
3. Маннит, 3 мг/л + АБК, 3 мг/л.
4. Контроль (1/2 МС без гормонов и осмотических веществ).

Учет проводили по следующим показателям: высота побегов, см; количество междоузлий, шт.; количество листьев, шт.; количество корней, шт.; длина корней, мм.

Длительное культивирование микропобегов актинидии проводили при разных режимах культивирования:

при пониженной температуре воздуха (+7 °С) и интенсивности освещения 1000 лк (холодильная камера Pozis-Paracels, Россия);

при температуре воздуха +23 °С и освещенности 2000 лк (культуральное помещение).

Исследования проводили в трехкратной повторности, в каждом варианте не менее 30 микропобегов. Математическая обработка данных проведена стандартными методами с использованием программы Microsoft Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате изучения влияния режимов культивирования и концентраций маннита и АБК на длительность сохранения (180 сут) в стерильных условиях микропобегов сорта Hayward и вида *A. arguta* установлено, что максимальный рост эксплантов наблюдался в стандартных

условиях при температуре +23 °С и освещенности 2000 лк (в контроле), при этом высота микропобегов увеличилась более чем в два раза и достигла 3,9 (Hayward) и 4,5 см (*A. arguta*) (табл. 1).

Таблица 1. Влияние маннита, АБК и режимов культивирования (+23 °С, освещенность 2000 лк) на морфометрические показатели представителей рода *Actinidia* (через 180 сут)

Морфометрические показатели	Вариант 1 Маннит, 1 мг/л + АБК, 1 мг/л		Вариант 2 Маннит, 2 мг/л + АБК, 2 мг/л		Вариант 3 Маннит, 3 мг/л + АБК, 3 мг/л		Контроль	
	Hayward	<i>A. arguta</i>	Hayward	<i>A. arguta</i>	Hayward	<i>A. arguta</i>	Hayward	<i>A. arguta</i>
Высота побегов, см	2,9 ± 0,01	3,3 ± 0,03	1,5 ± 0,01	2,2 ± 0,01	2,1 ± 0,02	1,5 ± 0,02	3,9 ± 0,03	4,5 ± 0,03
Количество листьев, шт.	2,3 ± 0,02	3,7 ± 0,02	1,9 ± 0,02	2,1 ± 0,02	1,5 ± 0,01	1,7 ± 0,02	4,3 ± 0,04	5,1 ± 0,04
Количество корней, шт.	1,3 ± 0,01	2,3 ± 0,01	–	2,7 ± 0,02	–	0,7 ± 0,01	3,3 ± 0,03	5,2 ± 0,02
Длина корней, см	1,4 ± 0,01	1,8 ± 0,02	–	1,6 ± 0,01	–	0,2 ± 0,01	3,1 ± 0,02	4,5 ± 0,01
Количество междоузлий, шт.	3,1 ± 0,03	3,8 ± 0,01	2,1 ± 0,02	3,3 ± 0,03	1,5 ± 0,01	1,7 ± 0,03	3,5 ± 0,02	4,3 ± 0,04
Жизнеспособность микропобегов <i>Actinidia</i> , %	51,3	57,4	41,8	45,2	31,5	33,8	53,9	57,8

Также у изучаемых генотипов на питательной среде с содержанием маннита и АБК в концентрации 1 мг/л отмечен рост микропобегов 2,9 и 3,3 см соответственно. Вместе с тем в вариантах с повышенным содержанием изучаемых веществ (варианты № 2 и 3) через 90 сут рост микропобегов у актинидии прекратился, отмечено пожелтение и опадение листьев. При этом процент жизнеспособности микропобегов актинидии в зависимости от варианта питательной среды варьировал: для сорта Hayward – от 31,5 (вариант № 3) до 53,9 % (контроль); для *A. arguta* – от 33,8 (вариант № 3) до 57,8 % (контроль).

Выявлено, что микропобеги актинидии, культивируемые в условиях пониженной температуры (+7,7 °С) и освещенности (1000 лк), по всем морфометрическим показателям были ниже, чем в опыте со стандартными условиями культивирования (табл. 2).

Таблица 2. Влияние маннита, АБК и режимов культивирования (+7 °С, освещенность 1000 лк) на морфометрические показатели представителей рода *Actinidia* (через 180 сут)

Морфометрические показатели	Вариант 1 Маннит, 1 мг/л + АБК, 1 мг/л		Вариант 2 Маннит, 2 мг/л + АБК, 2 мг/л		Вариант 3 Маннит, 3 мг/л + АБК, 3 мг/л		Контроль	
	Hayward	<i>A. arguta</i>	Hayward	<i>A. arguta</i>	Hayward	<i>A. arguta</i>	Hayward	<i>A. arguta</i>
Высота побегов, см	2,1 ± 0,01	2,4 ± 0,03	2,0 ± 0,02	2,1 ± 0,01	1,8 ± 0,02	1,9 ± 0,02	3,2 ± 0,04	3,8 ± 0,02
Количество листьев, шт.	2,3 ± 0,02	2,8 ± 0,02	1,1 ± 0,01	1,7 ± 0,02	1,7 ± 0,01	–	2,7 ± 0,03	2,9 ± 0,01
Количество корней, шт.	–	1,1 ± 0,01	–	3,1 ± 0,04	–	1,1 ± 0,02	–	2,3 ± 0,01
Длина корней, см	–	0,5 ± 0,01	–	1,7 ± 0,01	–	0,5 ± 0,01	–	0,8 ± 0,01
Количество междоузлий, шт.	2,4 ± 0,01	2,7 ± 0,03	1,9 ± 0,02	2,1 ± 0,02	1,5 ± 0,02	1,7 ± 0,03	3,1 ± 0,03	3,3 ± 0,04
Жизнеспособность микропобегов <i>Actinidia</i> , %	43,1	47,7	31,2	35,8	21,3	23,8	43,9	49,8

Процент жизнеспособных микропобегов также был ниже, чем в опыте с повышенной температурой и освещенностью, и варьировал для сорта Hayward от 21,3 до 43,9 %; для *A. arguta* – от 23,8 до 49,8 %.

Также нами установлено, что добавление 2–3 г/л маннита и АБК в питательную среду оказывало ингибирующее действие на рост микропобегов актинидии при разных режимах культивирования и сокращало период депонирования на 60 сут.

В то же время Irina Pavlova с соавторами (2021 г.) в своих исследованиях показали, что растения другой культуры – винограда – способны к морфогенезу в условиях низкой положительной температуры и крайне низкой освещенности. Растения культивировали пять месяцев без изменения показателя длины побегов. При этом жизнеспособность растений в этих условиях во многом зависит от сортовых особенностей культуры [14].

Скрининг депонируемых микропобегов актинидии показал, что после их субкультивирования со среды с маннитом и АБК на питательную среду МС процент восстановления жизнеспособности был неодинаков. Выявлено, что наибольший процент жизнеспособных микропобегов у *A. deliciosa* сорта Hayward и вида *A. arguta* был отмечен при субкультивировании со среды, содержащей маннит, 1 мг/л + АБК, 1 мг/л – 61,7 и 68,3 % соответственно, и в контроле – 59,7 и 63,7 % соответственно (рис. 1).

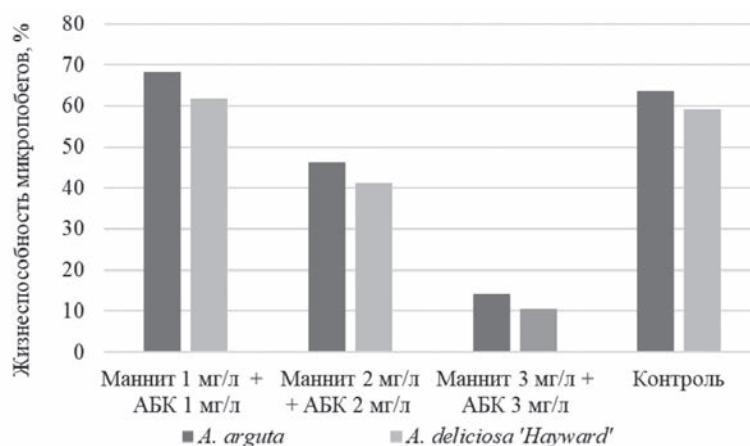


Рис. 1. Жизнеспособность микропобегов представителей рода *Actinidia* после субкультивирования со среды с осмотическими веществами (культивирование при температуре +23 °С и освещенности 2000 лк) на питательную среду МС, %

В опыте с пониженной температурой и освещенностью процент жизнеспособных микропобегов был ниже и варьировал у *A. deliciosa* сорта Hayward с 0,5 (маннит, 3 мг/л + АБК, 3 мг/л) до 35,5 % (контроль), у *A. arguta* – с 0,9 (маннит, 3 мг/л + АБК, 3 мг/л) до 41,2 % (контроль) (рис. 2). При этом, как и в опыте с повышенной температурой и освещенностью, наилучшие результаты были у генотипов актинидии на варианте с содержанием маннита, 1 мг/л + АБК, 1 мг/л и в контроле (без маннита и АБК).

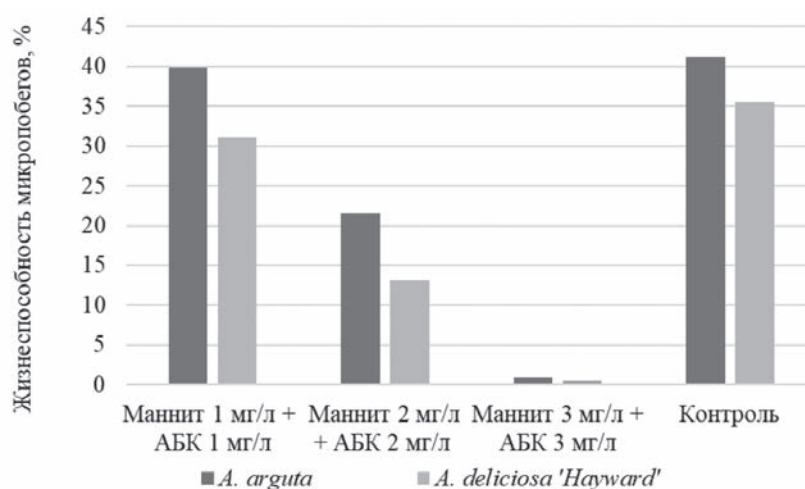


Рис. 2. Жизнеспособность микропобегов представителей рода *Actinidia* после субкультивирования со среды с маннитом и АБК (культивирование при температуре +7 °С и освещенности 1000 лк) на питательную среду МС, %

ВЫВОДЫ

В результате изучения режимов культивирования, влияния маннита и АБК на период депонирования актинидии в условиях культуры *in vitro* установлено, что виды актинидии отличались по жизнеспособности и интенсивности морфогенеза. Выявлено также, что способ мини-мализации роста растений актинидии при низкой положительной температуре и освещенности в условиях *in vitro* является приемлемым и позволяет сохранить жизнеспособные микропобеги без субкультивирования в течение 90–120 сут. Кроме того, после депонирования микропобеги актинидии, пересаженные на питательную среду МС, обладали высокой восстановительной регенерационной способностью. Так, высокий процент жизнеспособных микропобегов *A. arguta* (61,7–68,3 %) и *A. deliciosa* сорта Hayward (59,7–63,7 %) отмечен после субкультивирования (60–80 дней) с питательной среды, содержащей по 1 мг/л маннита и АБК, и в контроле (без маннита и АБК) при температуре +23 °С и освещенности 2000 лк.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беседина, Т. Д. Экологическая характеристика интродуцированных сортов *A. deliciosa* в условиях влажных субтропиков России / Т. Д. Беседина, Ц. В. Тутберидзе, С. В. Добежина // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 100 (06). – С. 79–86.
2. Беседина, Т. Д. Научно обоснованный сортимент актинидии деликатесной для возделывания во влажных субтропиках России / Т. Д. Беседина, Ц. В. Тутберидзе, Н. С. Киселева // Плодоводство и ягодоводство России. – 2019. – № 59. – С. 108–118. – DOI: 10.31676/2073-4948-2019-59-108-118.
3. Ferguson, A. R. Kiwifruit (*Actinidia*) / A. R. Ferguson // Acta Horticulturae. – 1990. – Vol. 290. – P. 603–653.
4. Разработка режимов среднесрочного хранения *in vitro* эндемичного вида *Campanula sklerophylla* Kolak. / Т. М. Коломиец, В. И. Маляровская, С. Л. Губаз, Л. С. Самарина // Роль ботанических садов в сохранении и мониторинге биоразнообразия Кавказа : материалы юбилейн. междунар. науч. конф., Сухум, 6–10 сент. 2016 г. / Ин-т ботаники Акад. наук Абхазии, Гл. ботан. сад им. Н. В. Цицина, Абхаз. отд-ние Рус. ботан. о-ва ; редкол.: Э. Ш. Губаз (отв. ред.) [и др.]. – Сухум, 2016. – С. 240–244.
5. Крицкая, Т. А. Особенности длительного депонирования культуры *in vitro* некоторых редких и исчезающих видов растений Саратовской области / Т. А. Крицкая, А. С. Кашин // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология. – 2016. – Т. 16, вып. 1. – С. 74–80. – DOI: 10.18500/1816-9775-2016-16-1-74-8.
6. Особенности депонирования хризантемы садовой в условиях *in vitro* / И. В. Митрофанова, Н. Н. Иванова, О. В. Митрофанова, Н. П. Лесникова-Седошенко // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. – 2019. – № 131. – С. 110–117. – DOI: 10.25684/NBG.boolt.131.2019.15.
7. Маляровская, В. И. Влияние факторов культивирования на длительность депонирования *in vitro* эндемичного вида *Campanula sclerophylla* Kolak. / В. И. Маляровская, Е. С. Шуркина // Субтропическое и декоративное садоводство. – 2022. – № 81. – С. 98–106. – DOI: 10.31360/2225-3068-2022-81-98-106.
8. Сидорович, Е. А. Влияние осмотических ингибиторов на сохранение жизнеспособности интродуцированных сортов *Vaccinium corymbosum* L. и *Vaccinium vitis-idaea* L. в культуре *in vitro* / Е. А. Сидорович, Е. Н. Кутас, В. Л. Филипеня // Доклады Академии наук Беларуси. – 1995. – Т. 39, № 1. – С. 63–66.
9. Modeling and optimizing culture medium mineral composition for *in vitro* propagation of *Actinidia arguta* / R. Nameg, T. A. Arteta, M. Landin [et al.] // Frontiers in Plant Science. – 2020. – Vol. 11. – P. 2088.
10. Малаева, Е. В. Использование биотехнологических методов для сохранения и поддержания коллекции актинидии в культуре *in vitro* / Е. В. Малаева, Л. Н. Коновалова, О. И. Молканова // Плодоводство и ягодоводство России. – 2009. – Т. 21. – С. 212–218.
11. Крахмалева, И. В. Особенности клонального микроразмножения разных форм перспективных сортов *Actinidia kolomikta* (Rupr. et Maxim.) Maxim. / И. В. Крахмалева, О. И. Молканова, Е. В. Малаева // Бюллетень ГНБС. – 2019. – Вып. 133. – С. 80–86. – DOI: 10.36305/0513-1634-2019-80-86.
12. Крахмалева, И. Л. Изменение микрометрических признаков устьичного аппарата видов рода актинидия (*Actinidia arguta*, *A. kolomikta*, *A. polygama*) при культивировании *in vitro* и адаптации *ex vitro* / И. Л. Крахмалева, О. И. Молканова, Ю. К. Виноградова // Вестник Тверского государственного университета. Серия «Биология и экология». – 2024. – № 1 (73). – С. 123–136.
13. Бутенко, Р. Г. Биология клеток высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе / Р. Г. Бутенко. – М. : ФБК-ПРЕСС, 1999. – 160 с.
14. The effect of cultivation conditions on the growing processes of grape plants *in vitro* / I. Pavlova, E. Luschay, M. Kosyuk [et al.] // BIO Web of Conferences. – 2021. – Vol. 39. – DOI: 10.1051/bioconf/20213903001.

THE EFFECT OF MANNITOL AND ABSCISIC ACID ON STORAGE EFFICIENCY OF *ACTINIDIA* LINDL. UNDER DIFFERENT CULTIVATION CONDITIONS

V. I. MALYAROVSKAYA, T. V. TUTBERIDZE, T. A. SIMONYAN

Abstract

Due to its natural and climatic conditions, the subtropical region of Russia is the only area in the country suitable for industrial-scale cultivation of *A. deliciosa* and other *Actinidia* Lindl. species. In this region, *Actinidia* plants and fruits are not affected by pests or diseases, eliminating the need for pesticide application. To establish plantations, it is essential to use sanitized, high-quality planting material produced via modern biotechnological methods. The aim of the study was to investigate the effect of mannitol and abscisic acid on the storage efficiency of *Actinidia* Lindl. under various cultivation conditions. It was shown that growth minimization of *Actinidia* plants under low positive temperature and light intensity *in vitro* allows for the preservation of viable microshoots for 90–120 days without subculturing. It was found that after storage the microshoots of *Actinidia* transplanted to the MS nutrient medium had a high regenerative ability. The highest percentage of viable microshoots of *A. arguta* (61.7–68.3 %) and *A. deliciosa* ‘Hayward’ (59.7–63.7 %) was recorded after subculturing (60–80 days) from a nutrient medium containing 1 mg/L of mannitol and ABA, and in the control (without mannitol and ABA) under light conditions of 2000 lux and an ambient temperature of +23 °C.

Keywords: *Actinidia deliciosa*, *A. arguta* Planch., storage, culture medium, mannitol, abscisic acid, morphometric parameters.

Поступила в редакцию 24.03.2025