

ПРИМЕНЕНИЕ АЭРОПОНИКИ ДЛЯ АДАПТАЦИИ *EX VITRO* МИКРОКЛОНОВ ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Гущин Артем Владиславович, ассистент кафедры биотехнологии, E-mail: temagushchin@yandex.ru

Киракосян Рима Нориковна, к.б.н., доцент, доцент кафедры биотехнологии, E-mail: mia41291@mail.ru

Калашникова Елена Анатольевна, д.б.н., профессор, зав.кафедрой биотехнологии, E-mail: kalash0407@mail.ru

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А.Тимирязева»

Аннотация. В работе приведены результаты по адаптации клонированных растений мяты и Melissa к условиям *ex vitro*. Установлено, что применение аэропонной установки и питательного раствора, содержащего ИМК в концентрации 0,5 мг/л были наиболее благоприятными для приживания микроклонов к нестерильным условиям.

Ключевые слова: адаптация, микроклоны, лекарственные растения, аэропоника

Введение. В настоящее время население мира составляет 7,89 миллиарда человек, а к 2050 году его количество, по прогнозам ученых, увеличится до 9,7 миллиардов. Все это приведет к повышенному спросу на продовольствие и лекарственные препараты, а вместе с этим и на землю для выращивания растений. Чтобы решить данную проблему, необходимо искать альтернативные пути получения высококачественных и высокопродуктивных растений. В последнее десятилетие популярными технологиями выращивания растения стали гидропонные установки. Данные технологии широко применяются для выращивания, как правило, овощных культур, а также для вертикального озеленения. В последнее время пользуется популярностью другой способ выращивания растений – это применение аэропонных установок, которые сейчас широко применяются в сельском хозяйстве, например, в качестве вертикальных ферм.

Поскольку аэропонные технологии до конца не изучены и не отработаны режимы выращивания растений разных таксономических групп, то интерес к данным технологиям постоянно растет. Например, на сегодняшний момент до конца не изучено влияние различных составов питательных растворов на накопление зеленой биомассы некоторых лекарственных растений, которые являются источником ценных вторичных метаболитов, широко применяемых в пищевой промышленности, медицине, косметологии и т.д. [1,4,5].

Одна из проблем перевода растений из условий *in vitro* – это гибель микроклонов в условиях закрытого и открытого грунта, поэтому процесс

адаптации является дорогостоящим и трудоемким. У растений после выращивания в пробирках нарушено поглощение воды и минеральных веществ из почвы, так как корневых волосков либо мало, либо нет [2]. Соответственно, с помощью современного метода выращивания, а именно aeropоники, можно адаптировать микроклоны лекарственных растений к условиям *ex vitro* благодаря тому, что осуществляется подача питательного раствора на нижнюю часть – на корни или на гипокотиль [3].

Цель работы – усовершенствовать технологию адаптации микроклонов лекарственных растений *Mentha piperita* L. и *Melissa officinalis* L. к условиям *ex vitro*.

Материалы и методы. Объектом исследования служили микроклоны *Mentha piperita* L. и *Melissa officinalis* L. Образцы первоначально были размножены на безгормональной питательной среде, содержащей минеральные соли по прописи Мурасиге и Скуга (МС). Микроклоны выращивали в пробирках в условиях световой комнаты, где поддерживался 16-часовой фотопериод, температура $22 \pm 1^\circ\text{C}$ и освещение белыми люминесцентными лампами с интенсивностью 3 тыс. лк. Работу проводили в соответствии с методиками, разработанными на кафедре биотехнологии РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева.

Для адаптации микроклонов использовали аэропонную установку «Пропагатор X-Stream 120». Объектом служили две группы растений: 1 – с корнями, 2 – без корней. Обязательным условием было наличие двух пар листьев. Рабочий раствор установки содержал $\frac{1}{2}$ минеральных солей по прописи МС, а также различные ауксины. В качестве ауксинов исследовали ИУК в концентрации 0,5 мг/л и ИМК в концентрации 0,5 мг/л. Учет результатов проводили каждые 5 суток, при этом учитывали длину корневой системы (см) и высоту растений (см). На основе полученных результатов подсчитывали индекс роста (I) и удельную скорость роста (μ) по формулам:

$$I = \frac{X_{\max} - X_0}{X_0}, \quad (1)$$

где X_{\max} и X_0 – максимальное и начальное значения высоты побегов или длины корней, см.

$$\mu = \frac{\ln X_2 - \ln X_1}{t_2 - t_1}, \quad (2)$$

где X_2 и X_1 – высота побега/длина корневой системы (см), в моменты времени t_2 и t_1 , сут⁻¹, соответственно.

Исследования проведены в двухкратной повторности. В каждом варианте протестировано по 25 микроклонов. Статистическая обработка результатов проведена по стандартным методикам, изложенных в работах Лакина (1990). Для проведения обработки данных использовалась программа MS Excel.

Результаты и их обсуждение. В результате проведенных исследований установлено, что независимо от применяемых ауксинов, уже на третьи сутки было отмечено начало роста побегов и корней на аэропонной установке. Средний прирост побегов составил 0,2–0,3 см, а корней – 0,2 см. Следует отметить, что в процессе выращивания микроклонов на aeropонике, проявился разный эффект

применяемых ауксинов на морфофизиологические показатели растений. Так, например, при выращивании микроклонов при использовании раствора с ИМК, уже на седьмые сутки отмечался активный рост побегов и корневой системы. Данные учитываемые показатели в 2 раза превышали первоначальные значения. Что касается выращивания микроклонов при использовании раствора с ИУК, то в этих условиях прирост корней и побегов не превышал 0,2–0,3 см.

Показано, что применяемые ауксины оказали существенное влияние и на формирование и рост адвентивных побегов. Наилучшие результаты по удельной скорости роста, индексу роста и количеству адвентивных побегов были получены при использовании ИМК. Учитываемые показатели существенно отличались от варианта с ИУК на 5%-ном уровне значимости. Следует отметить, что при использовании микрорастений с корнями и без корней, влияние ауксинов на учитываемые показатели проявлялся в большей степени (Табл. 1) (Рис. 1). Например, микрорастения без корней формировали в 2 раза больше адвентивных побегов по сравнению с микрорастениями с корнями, выращиваемые с применением ИМК или ИУК.

Таблица - Ростовые характеристики микропобегов *Mentha piperita* L. и *Melissa officinalis* L. в условиях аэропоники

Раствор	Тип микроклонов	Ср. кол-во побегов, шт	Индекс роста (I)		Удельная скорость роста (μ), сут^{-1}	
			корней	побегов	корней	побегов
<i>Mentha piperita</i> L.						
½ МС, 0,5 мг/л ИУК	с корнями	2,3 ± 0,2	1,89	2,54	0,035	0,030
	без корней	7,0 ± 0,4	1,60	0,50	0,053	0,021
½ МС, 0,5 мг/л ИМК	с корнями	3,5 ± 0,1	7,16	2,23	0,097	0,050
	без корней	7,8 ± 0,3	5,95	2,89	0,082	0,063
<i>Melissa officinalis</i> L.						
½ МС, 0,5 мг/л ИУК	с корнями	1,2 ± 0,1	6,69	0,78	0,089	0,035
	без корней	1,1 ± 0,1	7,31	1,09	0,100	0,048

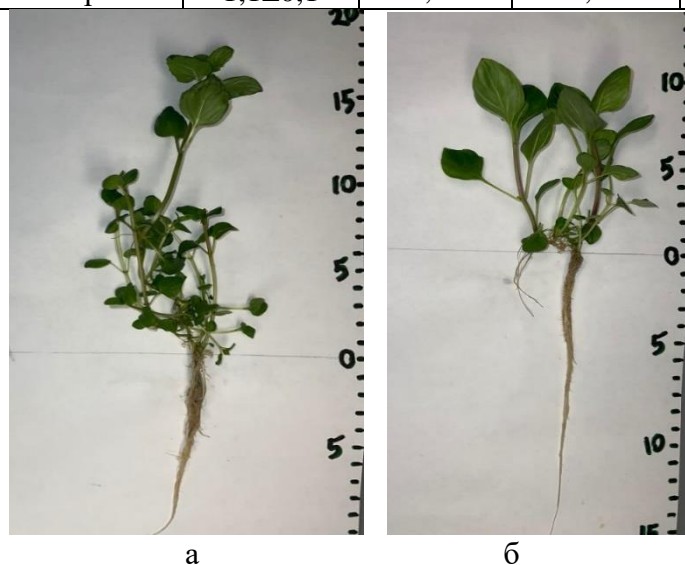


Рисунок 1 - Растения мяты перечной после 3 недель выращивания на аэропоники: а - микроклоны первоначально были без корней; б - микроклоны первоначально были с корнями

Заключение. Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что включение в состав питательного раствора ИМК в концентрации 0,5 мг/л приводит к формированию высококачественного посадочного материала, характеризующегося интенсивным ростом побегов и корневой системы.

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с соглашением № 075-15-2022-746 от 13 мая 2022 года (внутренний номер МК-3084.2022.1.4) о предоставлении гранта в виде субсидии из Федерального бюджета Российской Федерации в рамках гранта Президента Российской Федерации на государственную поддержку молодых российских ученых - кандидатов наук, докторов наук и ведущих научных школ Российской Федерации, а также при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в соответствии с соглашением № 075-15-2020-905 от 16 ноября 2020 года о предоставлении гранта в виде субсидии из федерального бюджета Российской Федерации. Грант был предоставлен для государственной поддержки создания и развития Научного центра мирового уровня «Агротехнологии будущего».

Библиографический список

1. Доан Т.Т., Калашникова Е.А., Зайцева С.М., Киракосян Р.Н. Фенольные соединения растений диоскореи кавказской (*Dioscorea Caucasica* Lipsky), особенности их образования и локализации. // Естественные и технические науки. 2018. – № 2 (116). – С. 24-27.
2. Калашникова Е.А. Клеточная инженерия растений. Учебник и практикум для вузов. 2-е изд. / Е.А. Калашникова. – М.: Издательство Юрайт, 2020. – 333 с.
3. Киракосян Р.Н., Гуцин А.В., Болотина Е.А., Бунякова А.Д., Калашникова Е.А. Технология адаптации микроклонов разных таксономических групп к условиям *ex vitro* // Естественные и технические науки. 2021. – № 11 (162). – С. 46-50.
4. Макаров С.С., Калашникова Е.А., Киракосян Р.Н. Вегетативное размножение жимолости синей (*Lonicera ceruleae* L.) в условиях *in vivo* и *in vitro* // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018. – № 1. – С. 82-91.
5. Tarakanov I. G., Kosobryukhov A. A., Tovstyko D. A., Anisimov A. A., Shulgina A. A., Sleptsov N. N., Kalashnikova E. A., Vassilev A. V., Kirakosyan R. N. Effects of Light Spectral Quality on the Micropropagated Raspberry Plants during Ex Vitro Adaptation // Plants. – 2021. – Т. 10. – №. 10. – С. 2071.
6. Агробиотехнология-2021 : Сборник статей Международной научной конференции, Москва, 24–25 ноября 2021 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. – 1320 с. – ISBN 978-5-9675-1855-3.
7. Вклад студентов в развитие аграрной науки : Сборник статей студенческой научно-практической конференции, Москва, 31 октября 2018 года. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2018. – 134 с. – ISBN 978-5-9675-1702-0. – EDN YTLELB.