

АДАПТАЦИЯ *EX VITRO* РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ МАЛИНЫ СОРТА БАБЬЕ ЛЕТО ПОСЛЕ ДЕПОНИРОВАНИЯ*

Х. И. БОБОДЖАНОВА¹, О. А. ГАШЕНКО²

¹Центр биотехнологии Таджикского национального университета,
пр. Рудаки, 17, г. Душанбе, 734025, Таджикистан,
e-mail: bobojankh_7@bk.ru

²РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты исследований по оценке адаптации *ex vitro* растений-регенерантов малины сорта Бабье лето, выполненных в 2019–2022 гг. на базе лабораторий Центра биотехнологии Таджикского национального университета. Исследования проведены в рамках темы «Биотехнология производства оздоровленного посадочного материала и создание базовых коллекций оздоровленных растений плодовых и ягодных культур» (№ ГР 0119ТJ00971).

Дана оценка эффективности адаптации *ex vitro* растений-регенерантов малины сорта Бабье лето, размноженных и укорененных после 12 месяцев депонирования.

Показано, что по всем типам субстратов эффективность адаптации в среднем составляет 81,22 % и варьирует от 16,6 до 100 %. На субстрате БИОНА-111 и «биогрунт + песок» отмечена 100%-ная эффективность адаптации растений-регенерантов малины. Показано, что адаптированные растения-регенеранты малины сорта Бабье лето на адаптационных субстратах имеют хорошо развитую корневую систему, побеги и листовую массу. Существенная разница эффективности адаптации на стерильных и нестерильных субстратах не отмечена (биогрунт + песок (автоклавируемый) – 95,8 %, биогрунт + песок – 100 %; биогрунт + перлит (автоклавируемый) – 91,6 %, биогрунт + перлит – 83,3 %).

Ключевые слова: малина, растение-регенерант, субстрат, адаптация, *ex vitro*, Таджикистан.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленное выращивание ягодных культур с использованием методов клонального микроразмножения растений – потенциальный метод получения высококачественного посадочного материала в большом количестве в сжатые сроки. Размножение *in vitro* широко применяется в мировой практике для размножения растений ягодных культур, в частности сортов малины, земляники, голубики, клюквы, брусники и др. Заключительным и наиболее ответственным этапом клонального микроразмножения является адаптация размноженных растений к нестерильным условиям.

Эффективность адаптации растений в условиях *ex vitro* в значительной степени определяется правильным выбором питательного субстрата. В связи с рядом особенностей пробирочных растений, таких как слабое функционирование устьичного аппарата, отсутствие кутикулярного слоя и корневых волосков, могут наблюдаться значительные потери высаженного в субстрат материала, поэтому состав субстрата необходимо подбирать для каждого вида и сорта растений [1].

В процессе адаптации регенеранты, имеющие ряд анатомических и физиологических особенностей, испытывают состояние стресса, вызванное изменившимися параметрами среды (изменением температуры, освещения, влажности воздуха, действием патогенной микрофлоры и др.), что приводит к гибели части растений. Так, из-за отсутствия корневых волосков и несовершенной проводящей системы они не в состоянии обеспечить поглощение необходимого количества воды и элементов питания, чтобы компенсировать транспирацию и обеспечить дальнейший рост. Кроме того, растения не способны к эффективному фотосинтезу. Нередко после

* Авторы выражают благодарность М. Ш. Шокировой за участие в проведении экспериментальных исследований.

высадки микрорастений в субстрат наблюдается остановка роста, обезвоживание и опадение листьев [2–5]. Важными условиями успешной адаптации являются: создание высокой влажности для надземной части растений с последующим ее понижением; оптимальная интенсивность света, температура и состав субстрата. Ключевое значение имеет и качество адаптируемых регенерантов [4]. На сегодняшний день не существует универсальных технологий адаптации полученных микрорастений к нестерильным условиям, которые подходили бы ко всем растениям, определяли оптимальные условия влажности воздуха, субстрата, температуры и освещения. Разработка технологий укоренения *ex vitro*, то есть одновременного образования корней и адаптации в нестерильных условиях, позволит свести к минимуму потери растений-регенерантов, сократить сроки получения посадочного материала и повысить его качество. Исходя из этого, исследования по изучению особенностей роста и развития регенерантов в нестерильных условиях весьма актуальны и имеют как теоретическое, так и практическое значение [4].

Цель работы – определить потенциал адаптации к условиям *ex vitro* и развития растений малины сорта Бабье лето после депонирования в течение 12 месяцев.

ОБЪЕКТЫ, УСЛОВИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом исследований являлся сорт малины Бабье лето. Микропобеги в культуре *in vitro* для проведения исследований предоставлены РУП «Институт плодоводства».

Бабье лето является ремонтантным сортом малины, полученным русским ученым И. В. Казаковым от скрещивания сортов малины Костинбродской и Новости Кузьмина. Куст среднерослый, слабораскидистый, побегообразовательная способность средняя, побеги пряморослые, сильно ветвящиеся, зона плодоношения превышает половину их длины. Однолетние побеги средней толщины, серо-коричневые, с восковым налетом, шиповатые. Шипы жесткие, тонкие, прямые, светло-пурпурные, расположены по всей длине побега. Листья средних размеров, почти плоские, зеленые. Ягоды среднего размера (масса – 2–3 г и до 4 г), округло-конические, ярко-красные, транспортабельные, хорошо отделяются от плодоложа, с неоднородными, но прочно сцепленными костянками. Ягоды кисло-сладкие с тонким малинным ароматом, пригодны для потребления в свежем виде и переработки [6].

Для культивирования растений малины использовали минеральный состав питательной среды Мурасиге и Скуга (MS) [7] с дополнениями, обеспечивающими размножение и ризогенез эксплантов [8, 9]. Культивирование изолированных тканей растений *in vitro* осуществляли в биологических пробирках 22 × 220 в светокультуральной комнате при температуре +22...+24 °С, влажности воздуха 70–80 %, фотопериоде 16/8 ч, освещенности 2,5–3,0 тыс. лк. Длительность субкультивирования составляла 4–5 недель.

Депонирование проводили после 6-го пассажа микроразмножения при температуре +8...+10 °С, без освещения, без пассажирования, в течение 12 месяцев. Питательная среда для депонирования содержала 1/2 макросолей, В₁ и В₆ – по 0,8 мг/л, никотиновую кислоту и 6-БАП – по 0,5 мг/л, аскорбиновую кислоту – 5 мг/л, сахарозу – 30 г/л. После депонирования растения размножали *in vitro* и укореняли на среде Мурасиге и Скуга (1/2 макросолей, микросоли, хелат железа – 10 мл/л; В₁, В₆, РР, С – по 0,5 мг/л, сахароза – 30 г/л, агар-агар – 6 г/л, ИМК – до 0,5 мг/л).

Стерильные растения вынимали из пробирок, проводили обработку слабым раствором марганцовокислого калия и высаживали в наполненные предварительно увлажненным субстратом минипарники для рассады с прозрачной крышкой. Для высадки на адаптацию использовали растения, имеющие корневую систему из 3–4 корней длиной не менее 2 см, с 4–5 листьями.

Адаптацию проводили в два этапа. Для первого этапа адаптации растений-регенерантов малины *ex vitro* использовали разные субстраты и смеси (табл. 1).

Адаптацию растений производили в условиях культуральной комнаты при освещенности 2,5–3,0 тыс. лк, температуре +21...+23 °С, влажности воздуха 70–80 % и фотопериоде 16/8 ч. Ежедневно осуществляли опрыскивание растений и полив водой по мере необходимости. Период адаптации – 30 дней, после чего адаптированные растения пересаживали в отдельные горшки.

Таблица 1. Варианты состава адаптационных субстратов

Вариант опыта	Вид субстрата	Соотношение компонентов
1-й	Биогрунт + песок (автоклавированный)	2 : 1
2-й	Биогрунт + песок	2 : 1
3-й	Биогрунт + перлит (автоклавированный)	2 : 1
4-й	Биогрунт + перлит	2 : 1
5-й	БИОНА-111	—
6-й	Перлит	—

Успешность первого этапа адаптации растений малины оценивали по следующим показателям: доля адаптированных растений-регенерантов, %; длина побега, см; количество корней, шт.; средняя длина корней, см.

Второй этап адаптации (постадаптации) проводили на смеси «биогрунт + песок». Адаптированные на первом этапе растения малины ремонтантной по мере роста рассаживали в емкости объемом 0,5 л со свежим субстратом (биогрунт + песок – 2 : 1), длительность постадаптации – 35–45 дней.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Максимальная (100 %) результативность адаптации растений-регенерантов малины сорта Бабье лето отмечена на адаптационной смеси «биогрунт + песок» (автоклавированный – 95,8 %, неавтоклавированный – 100 %) и БИОНА-111 (100 %) (табл. 2).

Таблица 2. Результативность адаптации *ex vitro* растений-регенерантов малины сорта Бабье лето

Вариант опыта	Количество растений-регенерантов				
	высажено		некротизировано		адаптировано
	шт.	шт.	%	шт.	%
1-й: биогрунт + песок (автоклавированный)	24	1	4,2	23	95,8
2-й: биогрунт + песок	24	—	—	24	100
3-й: биогрунт + перлит (автоклавированный)	24	2	8,3	22	91,6
4-й: биогрунт + перлит	24	4	16,6	20	83,3
5-й: БИОНА-111	24	—	—	24	100
6-й: перлит	20	16	66,6	4	16,6

Выход адаптированных растений на субстрате «перлит» составил 16,6 %. Также наблюдаются случаи остановки роста растений, опадение листьев и гибель растений на данном субстрате.

Адаптированные растения-регенеранты имели хорошее развитие корневой системы, побегов и листьев (рис. 1, табл. 3). Среднее значение количества корней варьирует от ($3,0 \pm 0,2$) шт. (адаптационный субстрат – биогрунт + перлит) до ($4,7 \pm 0,3$) шт. (адаптационный субстрат – биогрунт + песок). Среднее значение длины корней также варьирует от ($3,3 \pm 0,8$) см (адаптационный субстрат – перлит) до ($5,3 \pm 0,5$) см (адаптационный субстрат – БИОНА-111).

Таблица 3. Среднее значение морфофизиологических показателей адаптированных растений малины сорта Бабье лето

Вариант опыта	Морфофизиологические показатели ($n = 20$)				
	Среднее количество побегов	Средняя длина побегов	Среднее количество листьев	Средняя длина корней	Среднее количество корней
	шт.	см	шт.	см	шт.
1-й	$1,25 \pm 0,10$	$6,0 \pm 0,2$	$9,4 \pm 0,5$	$4,5 \pm 0,4$	$4,5 \pm 0,3$
2-й	$1,25 \pm 0,10$	$5,9 \pm 0,3$	$9,0 \pm 0,4$	$4,1 \pm 0,3$	$4,7 \pm 0,3$
3-й	$1,10 \pm 0,10$	$5,6 \pm 0,2$	$8,2 \pm 0,5$	$4,6 \pm 0,4$	$3,3 \pm 0,2$
4-й	$1,10 \pm 0,10$	$5,4 \pm 0,2$	$6,7 \pm 0,4$	$3,4 \pm 0,2$	$3,0 \pm 0,2$
5-й	$1,15 \pm 0,20$	$4,2 \pm 0,2$	$6,8 \pm 0,6$	$5,3 \pm 0,5$	$3,5 \pm 0,2$
6-й ($n = 4$)	$1,00 \pm 0,00$	$3,5 \pm 0,3$	$5,0 \pm 1,1$	$3,3 \pm 0,8$	$4,0 \pm 0,4$

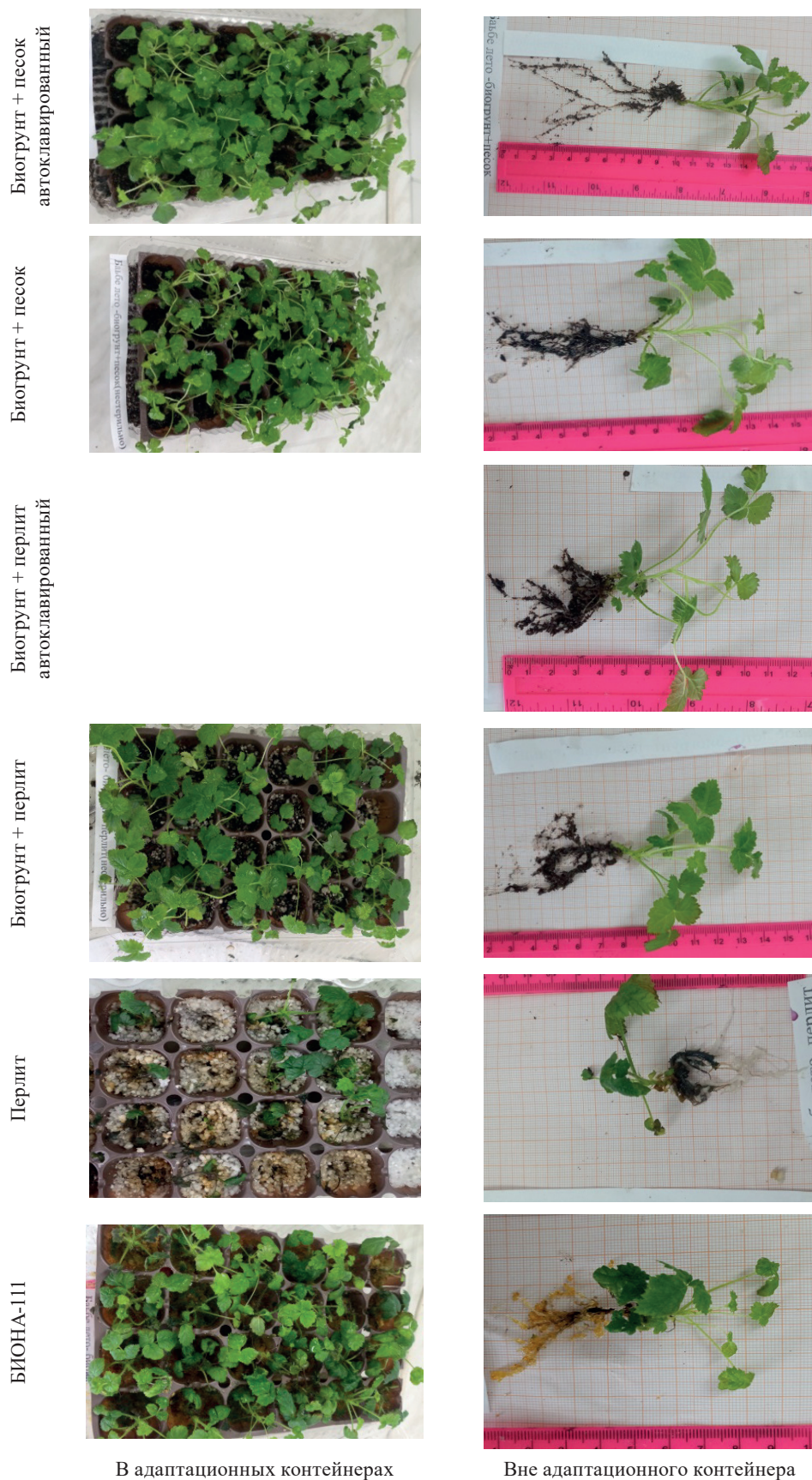


Рис. 1. Растения-регенеранты малины сорта Бабы лето через 30 дней на первом этапе адаптации

Адаптированные растения-регенеранты малины сорта Бабье лето были пересажены на смесь «биогрунт + песок» (соотношение 2 : 1) в емкости больших размеров. Всего высажено 117 растений, из которых адаптировались 74 шт. (63,3 %) (рис. 2).



Рис. 2. Растения-регенеранты малины сорта Бабье лето: *а* – на втором этапе адаптации через 60 дней после высадки в субстрат «биогрунт + песок» (2 : 1); *б* – перед высадкой в открытый грунт

Для растений-регенерантов, прошедших этап постадаптации, характерно хорошее развитие корневой системы и наземной части (длина побега – $(8,0 \pm 0,42)$ см, количество побегов – $(1,2 \pm 0,2)$ шт., количество листьев – $(20,1 \pm 2,5)$ шт., количество корней – $(2,5 \pm 0,3)$ шт., длина корней – $(11,0 \pm 0,9)$ см).

Адаптацию растений-регенерантов малины проводили в контролируемых условиях светокультуральной комнаты в летний период. Затем адаптированные растения в количестве 65 шт. переданы для размножения на приусадебном участке К. М. Шерова (рис. 3).



Рис. 3. Адаптированные растения-регенеранты малины сорта Бабье лето в открытом грунте на участке К. М. Шерова, район Рудаки, Махаллинский совет Рохаты, кишлак Тепай Самарканди (2022 г.)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показана высокая эффективность адаптации растений-регенерантов малины сорта Бабые лето как на смесях «биогрунт + песок» (автоклавируемый) – 95,8 %, «биогрунт + песок» – 100 %, «биогрунт + перлит» (автоклавируемый) – 91,6 %, «биогрунт + перлит» – 83,3 %, так и на чистом субстрате БИОНА-111 – 100 %. Субстрат «перлит» оказался непригодным, так как выход адаптируемых растений составил 16,6 %.

На втором этапе адаптации растений-регенерантов малины сорта Бабые лето рекомендуется использовать в качестве адаптационного субстрата смесь «биогрунт + песок» 2 : 1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рундя, А. П. Особенности адаптации ремонтантной малины в условиях *ex vitro* / А. П. Рундя // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 1 (54). – С. 223–230.
2. Pierik, R. L. M. *In vitro* culture of higher plants / R. L. M. Pierik. – Dordrecht [etc.] : Martinus Nijhoff Publishers, 1987. – 344 p.
3. Митина, А. А. Изучение развития и вопросов адаптации сортов сирени обыкновенной, полученных *in vitro*, в нестерильных условиях / А. А. Митина, О. Е. Ханбабаева // Вестник ландшафтной архитектуры. – 2014. – Вып. 4. – С. 75–78.
4. Шакина, Т. Н. Опыт адаптации растений-регенерантов к условиям *ex vitro* некоторых декоративных и плодово-ягодных культур в Учебно-научном центре «Ботанический сад» Саратовского государственного университета им. Н. Г. Чернышевского / Т. Н. Шакина // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии. – 2020. – Т. 19, № 1. – С. 315–320.
5. Деменко, В. И. Адаптация растений, полученных *in vitro*, к нестерильным условиям / В. И. Деменко, В. А. Лебедев // Известия ТСХА. – 2011. – Вып. 1. – С. 60–70.
6. Казаков, И. В. Ремонтантная малина в России / И. В. Казаков, А. И. Сидельников, В. В. Степанов. – Изд. 3-е, с изм. и доп. – Челябинск : Науч.-произв. об-ние «Сад и огород» : Челяб. Дом печати, 2010. – 136 с.
7. Murashige, T. A revised medium for rapid growth and bio assay with tobacco tissue cultures / T. Murashige, F. Skoog // Physiologia Plantarum. – 1962. – Vol. 15, iss 3. – P. 473–497.
8. Шокирова, М. Ш. Длительное хранение малины в условиях *in vitro* / М. Ш. Шокирова, Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик // Экологические особенности биологического разнообразия : материалы IX Междунар. науч. конф., г. Куляб Хатлонской обл., 7–8 окт. 2021 г. – Таджикистан, 2021. – С. 127–128.
9. Шокирова, М. Ш. Ризогенез микропобегов малины после депонирования *in vitro* при низких положительных температурах / М. Ш. Шокирова, Х. И. Бободжанова, Н. В. Кухарчик // Плодоводство Беларуси: от традиций к инновациям : материалы Междунар. науч. конф., Самохваловичи, 18–19 авг. 2022 г. / НАН Беларуси, Ин-т плодоводства ; редкол.: А. А. Таранов (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2022. – С. 42–46.

EX VITRO ADAPTATION OF RASPBERRY REGENERANT PLANTS OF THE BABYE LETO CULTIVAR AFTER STORAGE

Kh. I. BOBODZHANOVA, O. A. GASHENKO

Abstract

The paper presents the results of studies evaluating the *ex vitro* adaptation of raspberry regnerant plants of the Babye Leto cultivar, conducted during 2019–2022 at the laboratories of the Biotechnology Center of Tajik National University. The research was carried out within the framework of the project ‘Biotechnology for the production of pathogen-free planting material and the creation of basic collections of sanitized fruit and berry crops’ (State Registration No. 0119TJ00971).

The efficiency of *ex vitro* adaptation of raspberry regnerant plants of the Babye Leto cultivar, propagated and rooted after 12 months of storage, was assessed.

It was shown that across all substrate types, the average adaptation efficiency was 81.22 %, ranging from 16.6 % to 100 %. On BIONA-111 substrate and bio-soil : sand mixtures, a 100 % adaptation efficiency of raspberry regnerant plants was observed. The study demonstrated that the adapted regnerant plants of the Babye Leto raspberry cultivar developed a well-formed root system, shoots, and leaf mass on the adaptation substrates. No significant differences were noted in adaptation efficiency between sterile and non-sterile substrates (bio-soil + sand (autoclaved) – 95.8 % and bio-soil + sand – 100 %; bio-soil + perlite (autoclaved) – 91.6 % and bio-soil + perlite – 83.3 %).

Keywords: raspberry, regnerant plant, substrate, adaptation, *ex vitro*, Tajikistan.

Поступила в редакцию 07.03.2025