

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ САХАРОЗЫ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РЕГЕНЕРАНТОВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ

А.А. Потешкина, В.А. Апарина, В.В. Пискарев

Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук (Сибирский научно-исследовательский институт растениеводства и селекции – филиал), пос. Краснообск Новосибирской обл., Россия

E-mail: aparina.viktoriya@yandex.ru

Для цитирования: Потешкина А.А., Апарина В.А., Пискарев В.В. Влияние концентрации сахарозы на рост и развитие регенерантов земляники садовой // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 2(75). – С. 79–87. – DOI 10.31677/2072-6724-2025-75-2-79-87.

Ключевые слова: земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* Duch.), сахароза, *in vitro*, адаптация, *ex vitro*.

Реферат. Цель исследования заключалась в оптимизации этапов микроклонального размножения земляники садовой. Для введения в культуру *in vitro* сорта Елизавета 2 и селекционной линии K_{10} в качестве экспланта использовали точки роста усов первого порядка с применением схемы стерилизации: мыльный раствор; проточная вода; 70 % этанол; 12 % H_2O_2 . На этапе собственно микроразмножения применяли среду Мурасиге–Скуга, с концентрацией сахарозы 0, 10, 20, 30 г/л, дополненную 0,5 мг/л 6-бензиламинопурином (БАП). Заключительный этап работы включал определение способности регенерантов адаптироваться к условиям *ex vitro*. В качестве субстрата использовали вермикулит, повторность опыта трехкратная. Произведен учет по количеству корней и микрорастений с экспланта, а также их жизнеспособности на этапе адаптации. Сорт Елизавета 2 и линия K_{10} не имели статистически значимых различий по увеличению количества микропобегов. У сорта Елизавета 2 на варианте с добавлением 30 г/л сахарозы отмечена тенденция снижения на 2,03 шт. ($HCP_{05} = 4,09$), а количество корней на 3,23 шт. статистически значимо превышало значение показателя на контрольной среде (20 г/л сахарозы; $HCP_{05} = 2,64$). На питательной среде с добавлением 10 г/л сахарозы количество корней снижалось на 3,77 шт., а на среде без сахарозы – на 8,38 шт. Селекционная линия K_{10} не формировала корни на варианте без добавления сахарозы, а на остальных вариантах статистически значимых отклонений не наблюдалось. В условиях *ex vitro* микрорастения характеризовались 88,8–100 % жизнеспособностью после культивирования *in vitro* на вариантах с 20–30 г/л сахарозы. Адаптированные микрорастения, культивируемые *in vitro* на питании с 30 г/л сахарозы, имеют мощную корневую систему (Елизавета 2 на 6,42 шт. больше, линия K_{10} на 4,23 шт., $HCP_{05} = 4,86$) в сравнении с показателями на контрольном варианте.

INFLUENCE OF SUCCAROSE CONCENTRATION ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF STRAWBERRY REGENERANTS

A.A. Poteshkina, V.A. Aparina, V.V. Piskarev

Federal Research Center the Institution of Cytology and Genetics (Siberian Research Institute of Plant Production and Breeding – branch), pos. Krasnoobsk, Novosibirskaya obl., Russia

E-mail: aparina.viktoriya@yandex.ru

Keywords: strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.), sucrose, *in vitro*, adaptation, *ex vitro*.

Abstract. The aim of the study was to optimize the stages of garden strawberry micropropagation. To introduce the Elizaveta 2 variety and the K_{10} selection line into *in vitro* culture, the growth points of the first-order runners were used as explants using the following sterilization scheme: soap solution; running water; 70% ethanol; 12 % H_2O_2 . At the stage of micropropagation itself, Murashige-Skoog medium was used with a sucrose concentration of 0, 10, 20, 30 g/l, supplemented with 0.5 mg/l 6-benzylaminopurine (BAP). The final stage of the work included determining the ability of the regenerates to adapt to *ex vitro* conditions. Vermiculite was used as a substrate. The experiment was repeated three times. The number of roots and microplants from the explant, as well as their viability at the adaptation stage, were recorded. The Elizaveta 2 variety and the K_{10} line did not have statistically significant differences in the increase in the number of microshoots. The Elizaveta 2 variety showed a tendency to decrease by 2.03 pcs. ($LSD_{05} = 4.09$) in the variant with the addition of 30 g/l sucrose, and the number of roots statistically significantly exceeded the value of the indicator on the control medium (20 g/l sucrose; LSD_{05}

= 2.64) by 3.23 pcs. On the nutrient medium with the addition of 10 g/l sucrose, the number of roots decreased by 3.77 pcs., and on the medium without sucrose – by 8.38 pcs. The K_{10} selection line did not form roots in the variant without the addition of sucrose, and no statistically significant deviations were observed in the other variants. Under *ex vitro* conditions, the micro plants were characterized by 88.8–100 % viability after *in vitro* cultivation on variants with 20–30 g/l sucrose. Adapted micro plants, cultivated *in vitro* on a diet containing 30 g/l of sucrose, have a powerful root system (Elizaveta 2 by 6.42 pcs. more, line K_{10} by 4.23 pcs., $LSD_{05} = 4.86$), compared to the indicators in the control variant.

Земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) относится к одной из самых востребованных ягодных культур в мире. Лидерами по производству плодов считают такие страны, как Китай, США, Турция, Мексика, Египет. На их долю приходится примерно 70 % всего мирового производства ягод земляники. В нашей стране выращивание и потребление свежих ягод значительно ниже, но тем не менее эта культура популярна [1, 2].

Плоды земляники имеют приятный вкус и непревзойденный аромат, их также используют в лечебных целях. Ягоды содержат уникальные биологические соединения, которые обладают антиоксидантной активностью и противовоспалительным действием. Употребление ягодных культур, в том числе плодов земляники, помогает снижать риски воспаления пищеварительной системы и развития рака толстой кишки, а также помогают в борьбе с диабетом второго типа. Все эти положительные качества делают землянику важной культурой для питания человека [1, 3].

Земляника садовая – теплолюбивая культура, поэтому в нашей стране выращивание ее в производственных масштабах ограничено из-за неподходящего климата. Валовый сбор земляники в России обеспечивает потребность лишь на 40 % свежей ягоды и на 20–30 % замороженного сырья. Большую часть спроса восполняют благодаря импорту, однако сегодня наблюдают трудности в полноценном обеспечении рынка этой ягодной культурой. В связи с этим появилась потребность в быстром увеличении производственных площадей. Однако в производстве зачастую применяют старые традиционные методы и технологии. Современные же методики могли бы улучшить качество посадочного материала [4, 5].

Период длительного вегетативного размножения растений земляники приводит к тому, что в посадочном материале накапливается большое количество патогенной микрофлоры, которая ведет к потерям урожая до 80 %. К основным патогенам этой культуры относят вирус морщинистости (SCV), вирус крапчатости (SMoV) и вирус окаймления жилок земляники (SVBV), а также ряд заболеваний, вызванных бактериальной

инфекцией. С помощью метода микроклонального размножения можно обеспечить производство безвирусным посадочным материалом. Это позволяет снизить применение химического метода защиты, тем самым уменьшает затраты и экологическую нагрузку в процессе выращивания [5–7].

Размножение *in vitro* – современный метод, который широко используют для получения оздоровленного посадочного материала земляники садовой во всем мире. При всех достоинствах микроклонального размножения существует значимый недостаток – его стоимость, однако оптимизация отдельных элементов позволит снизить некоторые затраты. Например, исследователи для этого вместо очищенной сахарозы используют обычный сахар или жидкие среды [8, 9].

Один из основных этапов микроклонального размножения – подбор питательной среды для эксплантов. Известно, что большое количество легкоусвояемых сахаров может привести к накоплению крахмала и сахарозы в листьях, что снижает синтез хлорофилла. Растения при этом могут терять способность к адаптации в условиях *ex vitro*. Для улучшения фотосинтезирующей способности необходимо уменьшать количество добавляемой сахарозы в питательной среде. Таким образом, уменьшение количества сахарозы в питании помогает оптимизировать затраты и тем самым сделать технологию более доступной [10].

Ряд исследователей предлагает заменить традиционную технологию *in vitro* на размножение на безуглеродной среде. Источником углерода служит CO_2 , который поступает в сосуд для культивирования с помощью прямого впрыскивания, через специальные мембраны. Выращивание земляники данным способом имело положительные результаты, все растения показали высокую фотосинтезирующую способность. Однако метод требует более сложных условий, таких как правильное освещение и вентиляция, а также дополнительное оборудование лаборатории, что приводит к новым затратам и удорожанию технологии [10].

Для размножения земляники традиционным методом *in vitro* используют среду MS (Murasige & Scoog medium), в которой концентрация сахара

варьирует от 20 до 50 г/л. В большинстве протоколов по размножению культуры указывают 30 г/л сахарозы [5, 9, 11].

По данным различных исследований, процесс адаптации к условиям *ex vitro* очень сложный. На этом этапе может погибать значительная часть микрорастений (до 95 %). В качестве субстрата для адаптации применяют торф, вермикулит, песок, перлит и их различные сочетания [12–14].

Однако не каждый субстрат одинаково подходит для адаптации растений в условиях *ex vitro*. Например, в работах отдают предпочтение вермикулиту, а применение его в составе почвосмеси может способствовать высокому развитию и росту растений. Некоторые исследователи отмечают высокую жизнеспособность (от 90,8 до 100 %) культивируемых микрорастений, посаженных на вермикулит на этапе адаптации. Показатели роста и развития земляники отличались в лучшую сторону от контрольной среды, состоящей из почвенного субстрата [15].

Цель исследования заключалась в оптимизации этапов микроклонального размножения земляники садовой.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работы по микроклональному размножению земляники садовой осуществляли в лаборатории биотехнологии СибНИИРС – филиал ФИЦ ИЦИГ СО РАН. В качестве объекта исследования были выбраны ремонтантный сорт Елизавета 2 и ремонтантная селекционная линия К₁₀, требуемые для закладки питомника конкурсного сортоиспытания. Елизавета 2 используется как сорт-стандарт, а селекционная линия К₁₀ – перспективная селекционная линия.

Инициальным эксплантом были точки роста усов материнского растения первого порядка. Для стерилизации применили следующую схему: мыльный раствор (на ночь 16 ч); промывка проточной водой; 70%-й этанол (30 с); 12%-й H₂O₂ (5 мин).

Жизнеспособность и условия асептики экспланта оценивали визуально и выражали в процентах. Среди асептических образцов на 14–15 сут подсчитывали количество развивающихся эксплантов.

После размножения на модифицированной среде MS микрочеренки пересажены на варианты питания для определения зависимости корнеобразования и побегообразования от количества сахарозы в питательной среде: без сахарозы; 10 г/л

сахарозы; 20 г/л сахарозы (контрольная среда); 30 г/л сахарозы. Ряд исследователей проводят опыты по микроразмножению земляники с использованием 30 г/л сахарозы. В связи с этим самой высокой была выбрана концентрация сахарозы в питательной среде 30 г/л [5, 9, 11].

Условия культивирования на всех этапах эксперимента: фотопериод 16/8 ч при освещенности лампами 10 кЛк и температуре 24±2 °С. Опыт закладывали в трех повторениях, в трех повторностях во времени. Культивирование проводили в течение двух месяцев (период субкультивирования составлял 28–30 сут) с одной пересадкой на свежую питательную среду. Учет результатов проводили в конце каждого пассажа по таким показателям, как количество корней, шт., и число микрорастений с экспланта, шт.

Земляника в условиях *in vitro* часто образует корни без дополнительных гормонов роста [7], поэтому следующим этапом исследования была адаптация растений в условиях *ex vitro*. Для этого жизнеспособные микрорастения с развитой корневой системой были посажены в пластиковые теплички с крышкой, в заранее автоклавированный вермикулит фракцией 2–5 мм. Через одну неделю крышки тепличек приоткрыли на 1/3, через две недели крышки теплиц были полностью сняты. В таких условиях растения находились в течение месяца, затем были измерены показатели роста каждого микрорастения, а также определена жизнеспособность, %, культивируемых микрорастений. В некоторых работах было показано, что из-за повышения концентрации сахарозы в питательной среде может происходить снижение синтеза хлорофилла в растениях, как результат микрорастения хуже адаптируются и погибают [10].

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета данных Microsoft Office Excel 2010. Использовались формулы для вычисления статистических характеристик выборки: рассчитывали средние значения ($\bar{X}$), ошибки средних $S\bar{X}$. Использовался дисперсионный анализ (двухфакторный ANOVA, Snedecor), тесты Колмогорова–Смирнова и Лиллиефорса (для нормально распределенных данных) в программе Statistica v. 6.1. Различия проверялись на уровне $P \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сорт Елизавета 2 и линия К₁₀ статистически значимых различий по увеличению количества микрорастений на всех вариантах питания отно-

сительно контрольного варианта (концентрация сахарозы 20 г/л) не имели.

У сорта Елизавета 2 на варианте питания с добавлением 30 г/л сахарозы отмечена тенденция снижения количества микропобегов с экспланта на 2,03 шт. ($НСР_{05} = 4,09$). При отсутствии легкоусвояемого углевода (концентрация сахарозы 0 г/л) у сорта Елизавета 2 отмечено статистически значимое снижение (на 5,22 шт.) количества

микропобегов с экспланта ($НСР_{05} = 4,09$). На питательной среде с добавлением 30 г/л сахарозы количество корней на 3,23 шт. статистически значимо превышало значение показателя на контрольной среде (концентрация сахарозы 20 г/л, $НСР_{05} = 2,64$), в то время как на питательной среде с добавлением 10 г/л сахарозы количество корней снижалось на 3,77 шт., а на среде без сахарозы – на 8,38 шт. (табл. 1).

Таблица 1

Влияние концентрации сахарозы на формирование корней и микропобегов земляники в условиях *in vitro* ($n = 21, \bar{x} \pm S\bar{x}$)

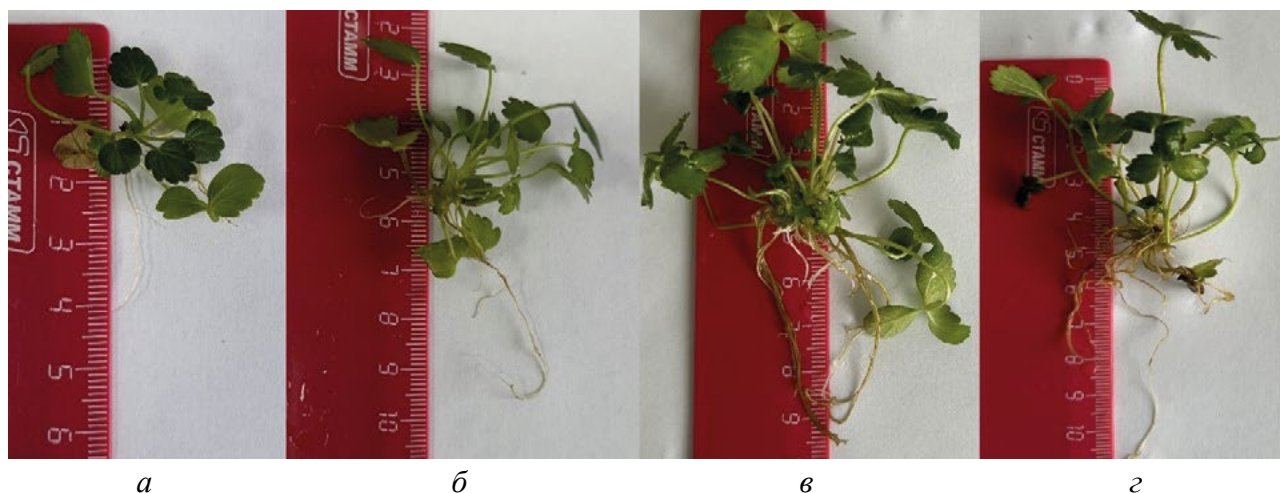
Effect of sucrose concentration on the formation of roots and microshoots of strawberries *in vitro* ($n = 21, \bar{x} \pm S\bar{x}$)

Сорт/линия	Сахароза, г/л	Корни, шт.	Микропобегов, шт.
K ₁₀	20 (контроль)	8,40±1,45	3,55±0,53
	0	0,00	2,50±0,41
	10	6,21±0,77	3,00±0,45
	30	10,35±0,82	2,35±0,29
Елизавета 2	20 (контроль)	9,81±1,17	6,86±1,54
	0	1,43±0,76	1,64±0,36
	10	6,04±0,83	5,08±0,89
	30	13,04±1,99	4,83±0,68
НСР ₀₅	Фактор А (сорт)	1,86	2,89
	Фактор В (концентрация сахарозы)	2,64	4,09

Селекционная линия K₁₀ (рис. 1, д) не формировала корни на варианте питания без добавления сахарозы, а на остальных вариантах питания статистически значимых отклонений от значения показателя на контрольной среде не наблюдалось.

Если сравнивать сорт Елизавета 2 и селекционную линию K₁₀, то по средним значениям трех повторностей опыта во времени можно сказать, что у сорта Елизавета 2 (рис. 1, в) показатель образования микропобегов на контрольном ва-

рианте статистически значимо превышает значение показателя линии K₁₀ (рис. 1, ж) на 3,31 шт. ($НСР_{05} = 2,89$). По образованию корней статистически значимые различия наблюдались на питании с добавлением 30 г/л сахарозы. Сорт Елизавета 2 (рис. 1, з) формировал больше корней на 2,69 шт., чем селекционная линия K₁₀ (рис. 1, з) ($НСР_{05} = 1,86$). На остальных вариантах питания существенной разницы между образцами не выявлено (см. табл. 1).



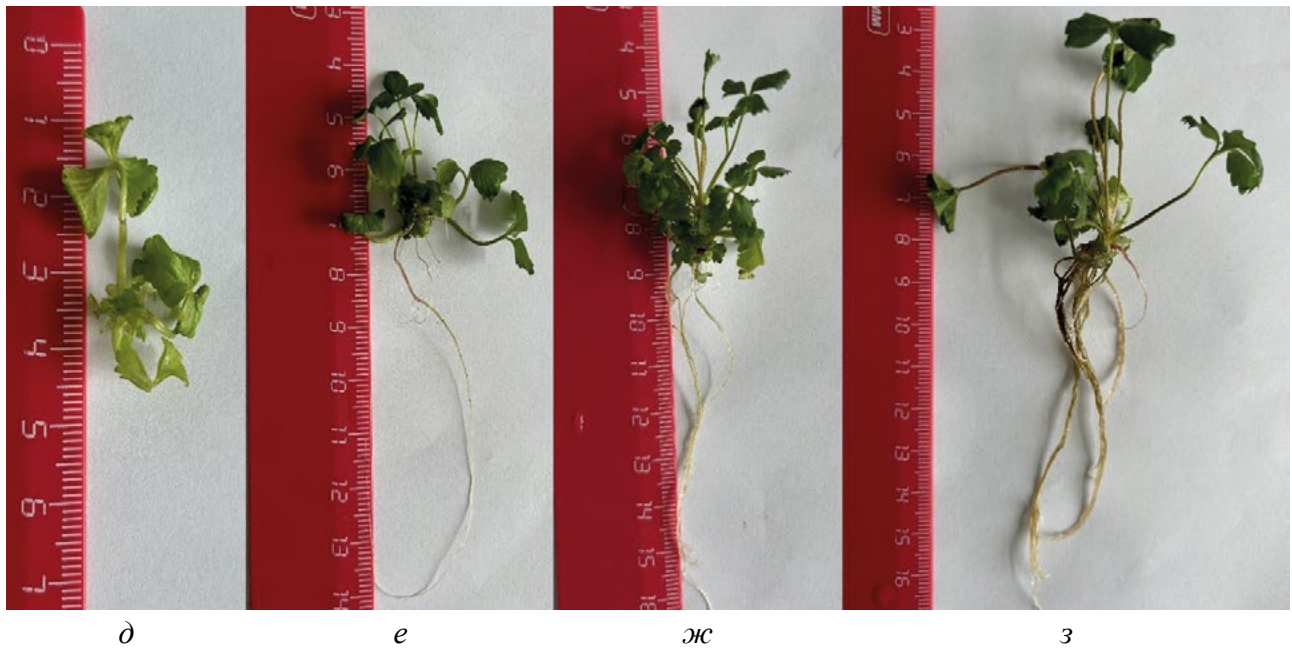


Рис. 1. Растения земляники садовой после культивирования *in vitro*: Елизавета 2 – а – 0 г/л, б – 10 г/л, в – 20 г/л, г – 30 г/л и К₁₀ – д – 0 г/л, е – 10 г/л, ж – 20 г/л, з – 30 г/л
Garden strawberry plants after *in vitro* cultivation: Elizaveta 2 – а – 0 g/l, б – 10 g/l, в – 20 g/l, г – 30 g/l and К₁₀ – д – 0 g/l, е – 10 g/l, ж – 20 g/l, з – 30 g/l

В связи с отсутствием корней у линии К₁₀ из данных для расчета доли влияния фактора на проявление признака были исключены показатели, полученные на варианте без добавления сахарозы, как для селекционной линии К₁₀, так и для сорта Елизавета 2.

Доля влияния фактора В (концентрация сахарозы) на побегообразование в общем варьировании признаков составила 14,3 %, критерий Фишера достоверен ($F_{\text{факт}} = 7,06$, $F_{\text{табл}} = 3,07$), в то время

как влияние фактора А (сорт) составило 80,97 %, критерий Фишера достоверен ($F_{\text{факт}} = 52,45$, $F_{\text{табл}} = 3,92$) – рис. 2.

Доля влияния концентрации сахарозы в питательной среде (фактор В) на корнеобразование в общем варьировании признаков составила 82,47 %, критерий Фишера достоверен ($F_{\text{факт}} = 15,14$, $F_{\text{табл}} = 3,07$), в то время как влияние фактора А (сорт) составило 5,86 %, критерий Фишера не достоверен ($F_{\text{факт}} = 2,51$, $F_{\text{табл}} = 3,07$) – см. рис. 2.

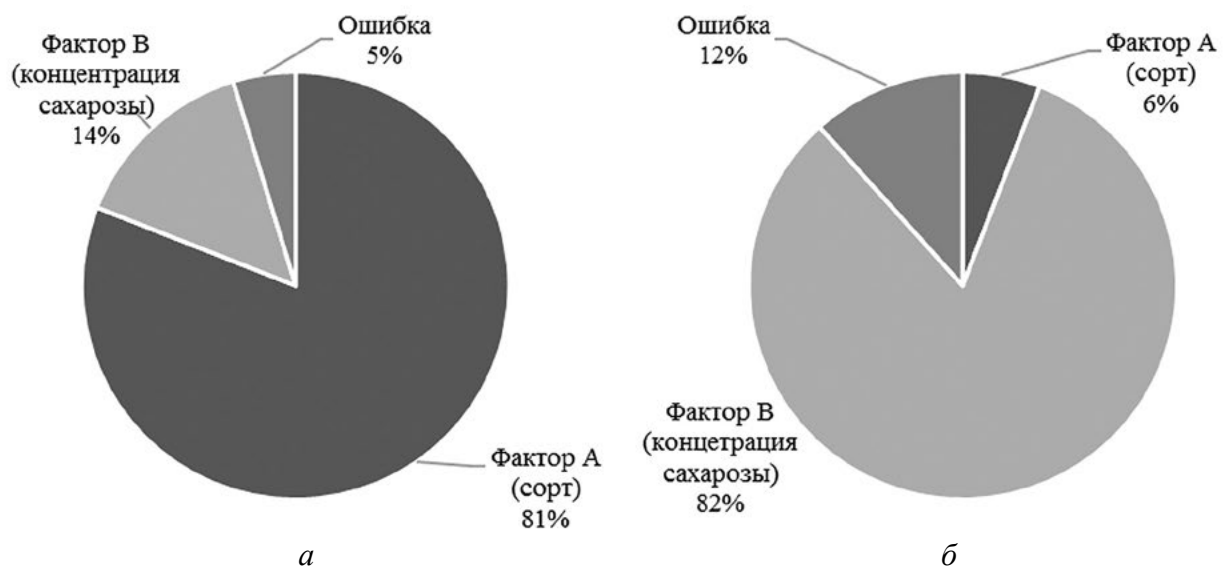


Рис. 2. Доля влияния факторов, %, на количество микропобегов – а и корнеобразование в период размножения – б
The share of influence of factors, %, on the number of microshoots – а and root formation during the reproduction period – б

Второй этап исследования заключался в определении влияния концентрации сахарозы в питательной среде на дальнейшее развитие и

возможность адаптироваться растениям в условиях *ex vitro*.

Таблица 2

Влияние концентрации сахарозы на жизнеспособность и развитие микропобегов в условиях *ex vitro* ($n = 9$, $\bar{x} \pm S_x$)
Effect of sucrose concentration on viability and development of microshoots under *ex vitro* conditions ($n = 9$, $\bar{x} \pm S_x$)

Сорт	Сахароза, г/л	Корни, шт.	Микропобеги, шт.	Жизнеспособность, %
K ₁₀	20 (контроль)	11,33±1,22	1,78±0,66	100
	10	8,00±2,18	1,11±0,58	88,8
	30	15,56±1,72	1,22±0,22	100
Елизавета 2	20 (контроль)	16,78±2,74	1,33±0,29	88,8
	10	16,43±2,42	1,00±0,00	77,8
	30	23,50±1,89	2,00±0,63	100
НСР ₀₅	Фактор А (сорт)	3,97	1,58	15,92
	Фактор В (концентрация сахарозы)	4,86	1,93	19,50

В результате исследования было выявлено, что в условиях *ex vitro* растения земляники имеют высокую (88,8–100 %) жизнеспособность после культивирования *in vitro* на вариантах с концентрацией сахарозы 20–30 г/л (табл. 2).

Микрорастения сорта Елизавета 2, выращенные на питательной среде с концентрацией сахарозы 10 г/л, в процессе адаптации теряли свою жизнеспособность до 77,8 %, что на 22,5 % ниже, чем микрорастения, полученные на варианте питания с 30 г/л сахарозы. Корневая система сорта лучше развивается после культивирования эксплантов на варианте с добавлением 30 г/л сахарозы (рис. 3, в), формируя на 7,07 шт. больше, чем на контрольном варианте (НСР₀₅ = 4,86). Статистически значимых отклонений по количеству микропобегов от значения показателя на контрольной среде не наблюдалось.

Микрорастения селекционной линии K₁₀ в процессе адаптации формируют 11,33 шт. корня после выращивания на контрольной среде, в то время как при повышении концентрации сахарозы до 30 г/л (рис. 3, е) отмечается тенденция к увеличению количества корней на 4,23 шт. При снижении в питании сахарозы до 10 г/л наблюдается тенденция к снижению количества корней на 3,33 шт. (рис. 3, з). При сравнении сорта Елизавета 2 и селекционной линии K₁₀ на этапе адаптации было выявлено, что сорт Елизавета 2 после культивирования на всех вариантах питания *in vitro* имеет лучшее развитие корневой системы. Так, на контрольном варианте превышение по количеству корней составило 5,45 шт., после 10 г/л сахарозы – на 8,43 шт., а после 30 г/л – на 7,94 шт. (НСР₀₅ = 3,97) (см. табл. 2, рис. 3).



Рис. 3. Растения земляники садовой после адаптации: Елизавета 2 – а – 10 г/л, б – 20 г/л, в – 30 г/л и К₁₀ – г – 10 г/л, д – 20 г/л, е – 30 г/л

Garden strawberry plants after adaptation: Elizaveta 2 – а – 10 g/l, б – 20 g/l, в – 30 g/l and К₁₀ – г – 10 g/l, д – 20 g/l, е – 30 g/l

ВЫВОДЫ

1. Для снижения затрат на этапе собственно микроразмножения концентрацию сахарозы допустимо уменьшить до 10 г/л, так как количество микропобегов у образцов (Елизавета 2 – 5,08 шт., K_{10} – 3,00 шт.) было на уровне с контрольным значением (20 г/л, Елизавета 2 – 6,86 т., K_{10} – 3,55 шт., $НСР_{05} = 4,09$). При увеличении концентрации сахарозы до 30 г/л наблюдается тенденция снижения количества микропобегов. У сорта Елизавета 2 формируется на 2,03 шт. меньше, чем на контрольном варианте, а у селекционной линии K_{10} – на 1,20 шт. с экспланта.

2. На этапе размножения оба образца способны к образованию корней. Самое большое количество корней у сорта Елизавета 2 и у селекционной линии K_{10} (13,04; 10,35 шт. соответственно) наблюдалось на варианте с концентрацией сахарозы

30 г/л. Корни образовывались без гормона для укоренения. Следовательно, для этапа образования корней необходимо повышать концентрацию сахарозы в питательной среде до 30 г/л.

3. На этапе адаптации лучшая жизнеспособность у микрорастений (от 88 до 100 %) была после выращивания на вариантах питания с концентрациями 20 и 30 г/л. Адаптированные микрорастения, культивируемые *in vitro* на питании с 30 г/л сахарозы, имеют мощную корневую систему (Елизавета 2 на 6,42 шт. больше, а линия K_{10} – на 4,23 шт., $НСР_{05} = 4,86$) в сравнении с микрорастениями на контрольном варианте.

Работа поддержана бюджетным проектом ИЦиГ СО РАН FWNr-2022-0008.

В работе отсутствуют исследования на человеке или животных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Плоды земляники садовой (Fragaria × ananassa Duch.) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ* / М.Ю. Акимов, И.В. Лукьянчук, Е.В. Жбанова [и др.] // Химия растительного сырья. – 2020. – № 1. – С. 5–18. – DOI: 10.14258/jcprm.2020015511.
2. *The status and future of the strawberry industry in the United States* // J.B. Samtani, C.R. Rom, H. Friedrich [et al.] // HortTechnology. – 2019. – Vol. 29. – N 1. – P. 11–24. – DOI:10.21273/HORTTECH04135-18.
3. *Protective effects of non-extractable phenolics from strawberry against inflammation and colon cancer in vitro* / M. Huang, Y. Han, L. Li [et al.] // Food Chemistry. – 2022. – Vol. 374. – Article 131759. – DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131759.
4. *Козлова И.И., Лукьянчук И.В., Жбанова Е.В. Сортимент и технология производства высококачественных ягод земляники садовой* // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33, № 2. – С. 45–49. – DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10211.
5. *Айсанов Т.С. Результаты апробации модифицированной питательной среды в промышленной технологии производства безвирусного посадочного материала земляники методом in vitro* // Научные труды СКФНЦСВВ. – 2023. – Т. 37, № 1. – С. 95–99. – DOI: 10.30679/2587-9847-2023-37-95-99.
6. *Franova J., Pribylova J., Koloniuk I. Molecular and biological characterization of a new strawberry cytorhabdovirus* // Viruses. – 2019. – Vol. 11, No. 11. – Article 982. – DOI: 10.3390/v11110982.
7. *Матушкина О.В., Пронина И.Н. Технологические аспекты размножения земляники in vitro* // Селекция и сорторазведение садовых культур. – 2019. – Т. 6, № 1. – С. 74–77.
8. *Ламонова И.А., Верзилин А.В. Влияние стерилизатора на введение в культуру in vitro земляники садовой* // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2015. – № 4. – С. 57–61.
9. *Puscan R., Castro E.R.V., Chaname C.E.M. Combined effect of cytokinins on the in vitro propagation of three strawberry cultivars* // Revista Caatinga. – 2024. – Vol. 37. – Article e12180-e12180. – DOI: 10.1590/1983-21252024v3712180rc.
10. *Mixotrophic in vitro cultivations: the way to go astray in plant physiology* / H. Sevcikova, Z. Lhotakova, J. Hamet [et al.] // Physiologia plantarum. – 2019. – Vol. 167, N 3. – P. 365–377. – DOI: 10.1111/ppl.12893.
11. *Naser S.M., Abdulhussein M.A.A. Effect of sucrose in strawberry micro-propagation using platform bioreactor under temporary immersion system* // Revista Bionatura. – 2023. – Vol. 4. – P. 1–7. – DOI: 10.21931/RB/CSS/2023.08.04.94.
12. *Kornatskiy S. The final stage of micropropagation of garden strawberries* // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences. – 2024. – Vol. 486. – Article 01016. – DOI: 10.1051/e3sconf/202448601016.
13. *Efficient ex vitro rooting, acclimatization, and cultivation of Curcuma longa L. from mycorrhizal fungi* / M.P.S. Ferrari, R.M.S. Cruz, M.S. Queiroz [et al.] // Journal of Crop Science and Biotechnology. – 2020. – Vol. 23. – P. 469–482. – DOI: 10.1007/s12892-020-00057-2.
14. *Гусев Д.А., Плаксина Т.В. Развитие микрорастений сортов малины (Rubus idaeus L.) алтайской селекции на этапах ризогенеза in vitro и адаптации ex vitro* // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2022. – № 9(215). – С. 31–36. – DOI: 10.53083/1996-4277-2022-215-9-31-36.

15. Рост и развитие регенерантов земляники ананасной (*Fragaria* × *ananassa* (Weston) Duchesne ex Rozier) на различных вермикулитовых субстратах при переводе из *in vitro* в *ex vitro* / М.А. Ярцева, А.Б. Хвостова, Л.А. Иванова, М.В. Слуковская // Труды Карельского научного центра РАН. – 2024. – № 7. – С. 91–101. – DOI: 10.17076/eb1915.

REFERENCES

1. Akimov M.Yu., Luk'yanchuk I.V., Zhbanova E.V., Lyzhin A.S., *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, No. 1, pp. 5–18, DOI: 10.14258/jcprm.2020015511. (in Russ.)
2. Samtani J.B., Rom C.R., Friedrich H. et al., The status and future of the strawberry industry in the United States, *Hort-Technology*, 2019, Vol. 29, No. 1, pp. 11–24, DOI: 10.21273/HORTTECH04135-18.
3. Huang M., Han Y., Li L., Rakariyatham K., Wu X., Gao Z., Xiao H., Protective effects of non-extractable phenolics from strawberry against inflammation and colon cancer *in vitro*, *Food Chemistry*, 2022, Vol. 374, pp. 131759, DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131759.
4. Kozlova I.I., Lukyanchuk I.V., Zhbanova E.V., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2019, Vol. 33, No. 2, pp. 45–49, DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10211. (in Russ.)
5. Aysanov T.S., *Nauchnye trudy SKFNTsSVV*, 2023, Vol. 37, No. 1, pp. 95–99, DOI: 10.30679/2587-9847-2023-37-95-99. (in Russ.)
6. Fránová J., Příbylová J., Koloniuk I., Molecular and biological characterization of a new strawberry cytorhabdovirus, *Viruses*, 2019, Vol. 11, No. 11, pp. 982, DOI: 10.3390/v11110982.
7. Matushkina O.V., Pronina I.N., *Selektsiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur*, 2019, Vol. 6, No. 1, pp. 74–77. (in Russ.)
8. Lamonova I.A., Verzilin A.V., *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, No. 4, pp. 57–61. (in Russ.)
9. Puscan R., Castro E.R.V., Chanamé C.E.M., Combined effect of cytokinins on the *in vitro* propagation of three strawberry cultivars, *Revista Caatinga*, 2024, Vol. 37, pp. e12180–e12180, DOI: 10.1590/1983-21252024v3712180rc.
10. Sevcikova H., Lhotakova Z., Hamet J., Lipavska H., Mixotrophic *in vitro* cultivations: the way to go astray in plant physiology, *Physiologia plantarum*, 2019, Vol. 167, No. 3, pp. 365–377, DOI: 10.1111/ppl.12893.
11. Naser S.M., Abdulhussein M.A.A., Effect of sucrose in strawberry micro-propagation using platform bioreactor under temporary immersion system, *Revista Bionatura*, 2023, Vol. 4, pp. 1–7, DOI: 10.21931/RB/CSS/2023.08.04.94.
12. Kornatskiy S., The final stage of micropropagation of garden strawberries, *Proceedings of the Conference Title AG-RITECH-IX 2023*, 2024, Vol. 486, pp. 01016, DOI: 10.1051/e3sconf/202448601016.
13. Ferrari M.P.S., Cruz R.M.S., Queiroz M.S., Andrade M.M., Alberton O., Magalhães H.M., Efficient *ex vitro* rooting, acclimatization, and cultivation of *Curcuma longa* L. from mycorrhizal fungi, *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 2020, Vol. 23, pp. 469–482, DOI: 10.1007/s12892-020-00057-2.
14. Gusev D.A., Plaksina T.V., *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2022, Vol. 9(215), pp. 31–36, DOI: 10.53083/1996-4277-2022-215-9-31-36. (in Russ.)
15. Yartseva M.A., Khvostova A.B., Ivanova L.A., Slukovskaya M.V., *Trudy Karel'skogo nauchnogo tsentra RAN*, 2024, No. 7, pp. 91–101, DOI: 10.17076/eb1915. (in Russ.)

Информация об авторах:

А.А. Потешкина, младший научный сотрудник

В.А. Апарина, младший научный сотрудник

В.В. Пискарев, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией

Contribution of the authors:

A.A. Poteshkina, Junior Researcher

V.A. Aparina, Junior Researcher

V.V. Piskarev, PhD in Agricultural Sciences, Head of Laboratory

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.