

DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-867

УДК 634.75:635.037



Научная статья

ПРОБЛЕМЫ КРУГЛОГОДИЧНОГО МИКРОРАЗМНОЖЕНИЯ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ И НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ИХ РЕШЕНИЮ

С.А. Корнацкий

Клональное микроразмножение земляники позволяет существенно ускорить начало массового использования новых высокопродуктивных сортов. Преимущественно такой материал нужен для закладки маточных насаждений. Однако, несовпадение годичного рабочего ритма лаборатории с циклом развития культуры в естественных условиях требует решения проблем обеспечения жизнеспособности микрорастений в течение периода с конца августа по начало марта до высадки в теплицу. В это время часто невозможно обеспечить полноценные условия для адаптации микрорастений из-за низкого притока солнечного света и дороговизны использования искусственных источников.

Цель. *Целью исследования была разработка новой схемы работы с пробирочным материалом, полученным в осенне-зимне-весенний период, которая позволила бы исключить необходимость его адаптации непосредственно после укоренения микрочеренков.*

Материалы и методы. *Изучали сорта земляники зарубежной селекции Кимберли, Азия, Флоренс. Культивирование проводили на среде Мурасиге-Скуга при температуре $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 16-часовом фотопериоде, освещенности 5-6 клк. У полученных в течение 1,5-2 месяцев микрорастений после укоренения сформировавшиеся корни и листья удаляли. Далее их в виде вегетирующих почек пересаживали на свежую среду, содержащую ауксин в концентрации 0,1 мг/л-для реабилитации. Высадку проводили по 6-7 вегетирующих почек в колбы объемом 250 мл.*

Результаты. *Восстановление листьев и корней у вегетирующих почек проходило в течение 20-30 дней, а их сохранность и приживаемость составила 100%. Последующие повторения данной процедуры также были успешными.*

Заключение. *Новая методика позволяет точно планировать выпуск адаптированных микрорастений земляники в течение года. Накопленный в*

лаборатории материал можно одномоментно адаптировать в теплице при достаточном солнечном освещении.

Ключевые слова: земляника; клональное микроразмножение; микрочеренок; микрорастение; адаптация; вегетирующая почка

Для цитирования. Корнацкий С.А. Проблемы круглогодичного микроразмножения земляники садовой и новые подходы к их решению // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2024. Т. 16, №4. С. 385-401. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-867

Original article

PROBLEMS OF YEAR-ROUND MICROPROPIATION OF STRAWBERRY AND NEW APPROACHES TO THEIR SOLUTION

S.A. Kornatskiy

Clonal micropropagation of strawberries can significantly accelerate the start of mass use of new highly productive cultivars. Mostly such material is needed for planting nurseries. However, the discrepancy between the annual working rhythm of the laboratory and the culture development cycle in natural conditions requires solving the problems of ensuring the viability of microplants during the period from late August to early March before planting in the greenhouse. At this time, it is often impossible to provide adequate conditions for the adaptation of microplants due to the low influx of sunlight and the high cost of using artificial sources.

Purpose. *The purpose of the study was to develop a new scheme for working with test tube material obtained in the autumn-winter-spring period, which would eliminate the need for its adaptation immediately after the rooting of microcuttings.*

Materials and methods. *Strawberry cultivars of foreign selection Kimberly, Asia and Florence are studied. Cultivation was carried out on Murashige-Skoog medium at a temperature of $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 16-hour photoperiod, illumination of 5-6 kLx. In microplants obtained within 1.5-2 months, after rooting, the formed roots and leaves were removed. Next, they were transplanted in the form of vegetating buds onto fresh medium containing auxin at a concentration of 0.1 mg L⁻¹ for rehabilitation. Planting was carried out with 6-7 vegetating buds in 250 ml flasks.*

Results. *The restoration of leaves and roots of vegetating buds took place within 20-30 days, and their safety and survival rate was 100%. Subsequent repetitions of this procedure were also successful.*

Conclusion. *The new technique allows you to accurately plan the release of adapted strawberry microplants throughout the year. The material accumulated in the laboratory can be immediately adapted in a greenhouse with sufficient sunlight.*

Keywords: *strawberry; clonal micropropagation; microcutting; microplant; adaptation; vegetating bud*

For citation. *Kornatskiy S.A. Problems of Year-Round Micropropagation of Strawberry and New Approaches to Their Solution. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture, 2024, vol. 16, no. 4, pp. 385-401. DOI: 10.12731/2658-6649-2024-16-4-867*

Введение

Одной из наиболее популярных ягодных культур в мире является земляника садовая [16-17]. Интересна она прежде всего высокими вкусовыми качествами, но также ценится за скороплодность, скороспелость и богатый биохимический состав ягод, определяющий их пищевую и терапевтическую значимость. Товарные насаждения земляники достаточно широко распространены в открытом грунте в зоне умеренного климата и их поддержание на соответствующем уровне ежегодно требует большого количества посадочного материала [1]. Преимущественно, обеспечение таким материалом происходит за счет специализированных питомников, в маточных насаждениях которых можно быстро нарастить выпуск здоровых растений земляники. Еще более ускорить внедрение в производство новых, перспективных и высокопродуктивных сортов позволяет метод клонального микроразмножения, одним из преимуществ которого является очень высокий коэффициентом размножения уже на начальном этапе [5; 19]. Адаптированный материал после культивирования *in vitro* как раз наиболее целесообразно использовать при закладке маточников для получения рассады. Однако, несовпадение годового рабочего ритма лаборатории с циклом развития культуры в естественных условиях требует решения проблем обеспечения жизнеспособности микрорастений в течение периода с конца августа по начало марта до высадки в теплицу. В это время часто невозможно обеспечить полноценные условия для адаптации микрорастений из-за низкого притока солнечного света и дороговизны использования искусственных источников. Это обстоятельство, в целом, и является наиболее очевидной проблемой масштабирования использования метода микроразмножения, в том числе, и в отношении земляники. Мероприятия по обеспечению жизнеспособности микрорастений в этот период требу-

ют больших затрат ручного труда, специфических ресурсов, использования высокотехнологичного и всесезонного защищенного грунта [7; 22; 24]. Достаточно продолжительный отрезок времени научные изыскания и мероприятия по повышению эффективности клонального микроразмножения земляники сводились к оптимизации состава питательных сред и условий культивирования, о чем имеется много информации в соответствующей литературе [9; 15; 18; 23]. Разносторонне и неоднократно были рассмотрены вопросы выбора начальных эксплантов и их поверхностной стерилизации, выявлены особенности стабилизации пролиферирующих культур, изучена сортовая специфика ризогенеза микрочеренков, подобраны оптимальные питательные среды и эффективные концентрации регуляторов роста [3-4; 6; 10-11]. Кроме того, особое внимание было уделено вопросу, касающемуся генетической стабильности получаемого материала, поскольку подобный контроль важен как в лабораторных условиях, так и после посадки растений в полевые условия [8; 12-14; 21]. Общеизвестно, что выращивание растений *in vitro* сопряжено с высокой влажностью воздуха в культивационных сосудах, которая близка к 100%. Кроме того, относительно низкая освещенность (4-7 кЛк) очень слабо способствует автотрофному типу питания микрорастений. Эти обстоятельства во многом объясняют системные проблемы, возникающие при адаптации микрорастений. Преодоление микрорастениями на стадии адаптации комплекса стрессовых факторов, включающих принципиально иные уровни инфекционного фона, влажности воздуха и субстрата, интенсивности и спектральных характеристик света, состава субстрата часто сопровождается большими потерями материала и это постоянно служило объектом поиска решений многими исследователями. Было разработано большое число приемов и подходов к повышению эффективности адаптации микрорастений земляники, получивших впоследствии статус изобретений, однако успех достигался только локальный и не получал масштабирования. Совершенно очевидно, что результативность адаптации зависит от физических параметров самих микрорастений и календарного периода года, когда микрорастения переводят в нестерильные условия. Так как выращивание материала в лаборатории клонального микроразмножения осуществляется непрерывно и круглогодично, то адаптация как обязательная процедура является вынужденной, да еще и трудозатратной. И в то же время, затягивание ее проведения в течение 1-1,5 месяцев и более после укоренения микрочеренков приводит к прогрессирующей гибели пробирочных растений. Однако, наш опыт проведения подобных работ

свидетельствует, тем не менее, о невысокой целесообразности проведения адаптации микрорастений в период с сентября по апрель месяц, поскольку, чаще всего, нет возможности высаживать их куда-либо, согласно целевому назначению, в теплицу или полевые условия.

Цель исследования

Целью исследования была разработка новой схемы работы с пробирочным материалом, полученным в осенне-зимне-весенний период, которая позволила бы исключить необходимость его адаптации непосредственно после укоренения микрочеренков.

Материалы и методы исследования

Изучали сорта земляники зарубежной селекции *Кимберли*, *Азия*, *Флоренс*. В качестве питательной среды использовали пропись Мурасиге-Скуга [20]. Культивирование проводили при температуре $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 16-часовом фотопериоде, освещенности на уровне культур 5-6 кЛк. Пролиферацию стерильных культур земляники выполняли круглогодично в пробирках размером 200x21 мм. Материал на свежие питательные среды пересаживали с интервалом 3-5 недель. На этапе размножения в питательную среду в качестве регулятора добавляли 6-бензиламинопурин (БАП) в концентрации $1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$. Для обеспечения устойчивого культивирования в очередном пассаже по каждому сорту высаживали по 120 пробирок, для чего использовали 15-20% материала из предыдущего пассажа. Оставшийся материал переносили на питательную среду для элонгации в колбы емкостью 100 мл на питательную среду с добавлением 6-БАП в концентрации $0,05 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$. Микрочеренки с диаметром основания 2-5 мм и 3-5 листьями, которые визуально были классифицированы как пригодные для укоренения, извлекали из колб через 1 месяц после пересадки на элонгацию. Для посадки микрочеренков на укоренение использовали пробирки размером 150x16, в которые была добавлена питательная среда, содержащая индолмасляную кислоту (ИМК) в концентрации $1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$. Микрорастения, полученные через 1,5 месяца в результате укоренения микрочеренков, к последующему культивированию начиная с сентября месяца готовили дифференцированно. Для очередной пересадки нами был использован принципиально новый тип растительного материала земляники, названный нами как «вегетирующая почка». При его подготовке, имеющиеся корни и листья у всех микрорастений полностью удаляли, после чего их пересаживали в виде вегетирующих почек на свежую питательную среду.

Для посадки вегетирующих почек при диаметре основания 4-5 мм использовали питательную среду для реабилитации с концентрацией ауксина $0,1 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ (индолилмасляная кислота (ИМК) или нафтилуксусная кислота (НУК). Их высаживали по 6-7 штук в колбы объемом 250 мл, содержащие 70 мл питательной среды Мурасиге-Скуга. Вегетирующие почки диаметром 2-3 мм высаживали аналогично, но питательную среду с содержанием ауксина увеличенным до $1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$, которую использовали для стимуляции корнеобразования. С интервалом 1,5-2 месяца процедуру периодически и кратно повторяли с очередной дифференциацией материала по размерам. Посадку на адаптацию выращенных таким способом микрорастений проводили, начиная с апреля месяца в теплице, оборудованной системой мелкодисперсного дождевания или под временным пленочным укрытием для поддержания повышенной влажности. Для посадки микрорастений применяли пластиковые контейнеры размером $40 \times 20 \times 30$ (ДхВхШ) см, заполненные торфом. В эксперименте использовали нормализованный торф Агробалт (Агробалт Трейд, Российская Федерация) (фракция 0-35 мм, рН H_2O - 5,6). Торф предварительно увлажняли, какую-либо высокотемпературную стерилизацию не проводили. Микрорастения высаживали по схеме 4×4 см. В каждом варианте наблюдали по 30 растений. Против развития патогенных грибов субстрат после посадки в профилактических целях обрабатывали 0,2% раствором фундозола. Достоверность различий в экспериментах оценивали с помощью дисперсионного анализа при 5% уровне значимости [2; 25].

Результаты исследований и их обсуждение

Длительное культивирование изучаемых сортов земляники в асептических условиях выявило определенные особенности их реакции на различных этапах размножения. В целом, при использовании в составе питательной среды 6-бензиламинопурина в концентрации $1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ коэффициент размножения по сортам в пассажах составлял в среднем 5-6 крат. То есть 20 пробирок из предыдущего пассажа было, как правило, достаточно для посадки 120 пробирок очередного пассажа. Такая схема позволила успешно поддерживать стабильное многолетнее культивирование материала изучаемых сортов. Стерильная полиэтиленовая пленка толщиной 7-9 микрон, используемая для укупорки пробирок, хорошо показала себя с сортами *Азия* и *Флоренс*, однако оказалась недостаточно пригодной в отношении сорта *Кимберли*. В последнем случае, у пересаженных конгломератов уже через 2 недели начинали проявляться признаки гипергидратации и задержка с их

пересадкой вела к потерям материала. Предположительно, причиной данной ситуации стало накопление определенных количеств этилена, мономера полиэтилена во внутреннем объеме пробирок. Сообщения о подобных эффектах на других культурах периодически появлялись и появляются в научной печати. В нашем случае проблема была устранена с переходом на использование поливинилхлоридной пленки аналогичной толщины, что подтверждает предположение. Остальную часть материала из предыдущего пассажа (ориентировочно по 100 пробирок каждого сорта) использовали для изучения особенностей побегообразования после высадки на питательную среду с относительно низкой концентрацией 6-БАП ($0,05 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$). Этап с названием «элонгация» проводили с применением колб объемом 100 мл, в ходе которого изучаемые сорта показали различную продуктивность по выходу побегов (микрочеренков), пригодных для укоренения. Таковыми считали побеги с диаметром основания 2-3 мм и 3-5 нормально развитыми листьями длиной 3-5 см. Критерием для подобной дифференциации служил факт очень низкой жизнеспособности слабее развитых, чем отбираемые, микрочеренков при их укоренении и последующих операциях. В ходе изучения было установлено, что на их выход существенное влияние оказывала освещенность на уровне эксплантов (таблица 1).

Таблица 1.

Зависимость выхода черенков, пригодных для укоренения от показателей освещенности на уровне культур на стадии элонгации в течение 1 месяца

Сорт земляники	Выход черенков, пригодных для укоренения, шт.			НСР ₀₅
	Диапазон уровней освещенности, Лк			
	3000-4000	4000-5000	5000-6000	
Кимберли	2,1	6,2	11,5	3,6
Азия	2,3	5,5	9,8	3,1
Флоренс	1,9	4,7	12,3	2,7
НСР ₀₅	Ффакт < Fтеор	Ффакт < Fтеор	2,4	

Ранее нами уже отмечался очевидный эффект снижения побеговой продуктивности по мере снижения уровня освещенности культур. Данные таблицы 1 наглядно иллюстрируют существенные различия вегетативной продуктивности по всем изучаемым сортам в сторону повышения с увеличением освещенности культур. Между сортами существенным оказалось различие только в диапазоне освещенности 5-6 тыс. лк, но это, скорее всего, связано с сортовыми особенностями, присущими сорту *Азия*, дающим более крупные побеги. Очевидно, что причиной этому явился естествен-

ный физический процесс потери эмиссии люминесцентных ламп в ходе длительной эксплуатации. Процесс этот, конечно, не одномоментный и не всегда равнозначный, но в течение 1-2 лет непрерывного использования ламп освещенность может падать в 1,5-2 раза, то есть с 5,5-6 кЛк до 3,0 кЛк и менее. Это ведет к тому, что микрочеренки не успевают достичь требуемых параметров до того момента, когда исчерпывается ресурс питательной среды, то есть к этому времени она фактически пересыщается окисляющимися продуктами жизнедеятельности и становится токсичной для растительного материала. Единственным выходом в подобной ситуации является повторная элонгация, но это уже удлинение цикла еще на 1-1,5 месяца, снижение продуктивности работы и лишние затраты.

Изучение ризогенной активности у микрочеренков на питательной среде с ауксином позволило выявить ее уже на 5-8-й день по всем изучаемым сортам. ИМК в концентрации $1,0 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ способствовала разрастанию оснований микрочеренков за счет активного корнеобразования и формирования каллуса в этой зоне. Очевидно, что при этом улучшалось питание развивающихся листьев и стеблей, однако пребывание укорененных микрорастений на питательной среде более 1-1,5 месяцев уже отрицательно сказывалось на их дальнейшей жизнеспособности. Нежелательные эффекты от длительного контакта растительных тканей с ауксинами хорошо известны и в данном случае заканчиваются дедифференциацией клеток корней, что ведет к гибели микрорастений, когда момент пересадки упущен. Традиционно проблему решают в ходе адаптации микрорастений к нестерильным условиям, но для этого требуется круглогодично функционирующая световая камера или теплица. Достижение достаточной эффективности процесса возможно при уровне освещенности 15-20 кЛк, но чаще всего в световой камере технически сложно получить показатели более 5-6 кЛк. В этом случае приживаемость растений при адаптации может снизиться до 20-30% и менее, сопровождаться при этом развитием конкурентной патогенной микрофлоры и затягиваться до 2-3 месяцев. В то же время уход за такими растениями обязателен, очень сложен и весьма трудоемок даже при небольших объемах. И его нельзя прекратить до тех пор, пока не появится возможность переместить растения в теплицу или высадить в открытый грунт. Этот комплекс проблем послужили нам основанием для пересмотра принципов работы с материалом, полученным в неблагоприятный для адаптации микрорастений период. Было решено не проводить адаптацию сразу после укоренения микрочеренков, а периодически с интервалом 1,5-2 месяца пересаживать их на свежие питательные среды в виде вегетирующих почек, для получения которых прибегали к

полному удалению у всех микрорастений уже сформировавшихся листьев и корней. Весь цикл периодически проводимых работ с материалом иллюстрируют Рисунки 1-5.



Рис. 1. Микрорастения земляники после 2 мес. пребывания на среде для реабилитации (сорт Кимберли)

Высадка микрорастений, полученных после первичного укоренения микрочеренков или прошедших цикл реабилитации на питательную среду для содержащую ауксин в концентрации $0,1 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ позволила обеспечить успешное восстановление листьев и корней у всех вегетирующих почек (таблица 2).

Восстановление (реабилитация) успешно проходила в течение 20-30 дней, а сохранность и приживаемость вегетирующих почек составила по всем сортам 100%. Очевидных достоверных различий в развитии микрорастений изучаемых сортов по названным показателям к окончанию периода наблюдений не было выявлено. Несколько отличался сорт *Флоренс*, однако его микрочеренки изначально были объективно слабее в развитии, что дало более низкую скорость реабилитации по сравнению с другими сортами.



Рис. 2. Материал перед подготовкой «вегетирующих почек» (сорт Кимберли)



Рис. 3. Подготовленные к посадке «вегетирующие почки» (сорт Кимберли)

Таблица 2.

Динамика восстановления листьев и корней у вегетирующих почек после их высадки на питательную среду с ИМК в концентрации 0,1 мг·л⁻¹ (среда для реабилитации вегетирующих почек)

Сорт земляники	Число дней до начала восстановления вегетативных органов после посадки		Морфометрические показатели микрорастений после посадки через:						Выживаемость, (%)
			10 дней	20 дней	30 дней	10 дней	20 дней	30 дней	
	Листья	Корни	Число листьев, шт.			Число корней, шт.			
Кимберли	3-5	10-12	1,9	4,3	5,4	1,1	4,5	5,8	100
Азия	3-6	10-12	1,6	4,1	5,2	0,9	4,2	5,4	100
Флоренс	5-7	12-14	1,1	3,9	4,9	0,4	3,1	4,5	100
НСР ₀₅					Fфакт < Fтеор			0,9	

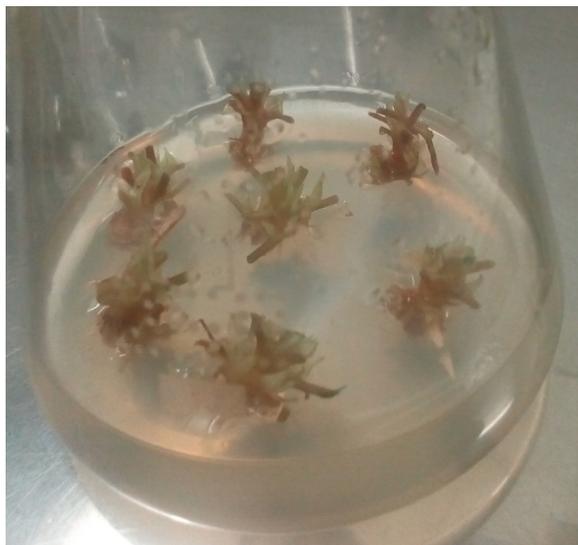


Рис. 4. Посаженные на очередную реабилитацию «вегетирующие почки» (сорт Кимберли)



Рис. 5. Вегетирующие почки через 10 дней после посадки на реабилитацию (сорт Флоренс)

Основываясь на полученных результатах, есть все основания полагать, что поставленная в работе цель была достигнута. Удалось полностью исключить потери материала в неблагоприятный для адаптации период, работая с разработанной схемой и, как следствие, существенно выровнять параметры развития микрорастений, к моменту адаптации в нестерильных условиях.

Заключение

Использование разработанной методики позволяет с достаточно высокой степенью точности прогнозировать выпуск адаптированных микрорастений в течение календарного года. Расчетное количество такого материала можно компактно накопить в светоконнате, существенно сэкономив при этом время и материальные ресурсы. Это стало реализуемо благодаря тому, что все микрорастения, полученные при размножении, хорошо сохраняются до удобного момента адаптации в жизнеспособном состоянии в виде вегетирующих почек. После окончания циклов реабилитации микрорастения могут быть одномоментно высажены в теплицу ранней весной при уровне естественной освещенности, исключающей потери материала.

Конфликт интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Финансирование. Публикация подготовлена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (номер проекта FSSF-2023-0014)

Список литературы

1. Высоцкий В.А. Биотехнологические методы в современном садоводстве // Плодоводство и ягодоводство России. Т. XXVI. Изд-во ВСТИСП, 2011. С. 3–10.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 1985 г. М.: Альянс, 2011. 350 с.
3. Есаулко А.Н. Изучение эффективности новых питательных сред для производства растений земляники *in vitro* / Есаулко А.Н., Раджабов А.К., Айсанов Т.С., Величко В.Ю., Акимова С.В., Нинулина Е.А., Мацнева А.Е. // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. Т. 5. С. 21-34. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-5-21-34>
4. Иванова Н.Н. Клональное микроразмножение и сохранение земляники садовой сорта 'Крымчанка 87' *in vitro* / Иванова Н.Н., Лесникова-Седошенко Н.П., Корзина Н.В. // Бюллетень Государственного Никитского ботани-

- ческого сада. 2023. Т. 146. С. 124-141. <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2023-146-134-141>
5. Карпушина М.В., Винтер М.А. Микроклональное размножение земляники садовой // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия. 2021. Т. 31. С. 108–113.
 6. Ashrafuzzaman M., Faisal S.M., Yadav D., Khanam D., Raihan F. Micropropagation of strawberry (*Fragaria ananassa*) through runner culture // Bangladesh J. Agric. Res. 2013. Vol. 38, No. 3. P. 467–472. <https://doi.org/10.3329/bjar.v38i3.16973>
 7. Batukaev A.A., Kornatskiy S.A., Gaplaev, M.S. Block-container system for growing strawberry planting material in greenhouses // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 624. P. 1-5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012116>
 8. Capocasa F., Balducci F., Marcellini M., Bernardini D., Navacchi O., Mezzetti B. Comparing nursery behavior, field plant yield and fruit quality of in vitro and in vivo propagated strawberry mother plants // Plant Cell Tissue Organ Cult. 2019. Vol. 136. No 1. P. 65–74. <https://doi.org/10.1007/s11240-018-1492-8>
 9. Cappelletti R., Sabbadini S., Mezzetti, B. The use of TDZ for the efficient in vitro regeneration and organogenesis of strawberry and blueberry cultivars // Sci. Hortic. (Amsterdam). 2016. Vol. 207. P. 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.05.016>
 10. El-Sayed S.F., El-Sawy A.M., Taha S.S., Gomah M.Sh. Effect of Benzyl aminopurine Concentration and Number of Subcultures on Behavior of Some Strawberry Cultivars in Vitro // Egyptian Journal of Plant Breeding. 2017. Vol. 21. P. 1-12. <https://doi.org/10.12816/0046534>
 11. Emarah H. Factors Affecting Propagation of Strawberry (*Fragaria spp.*) through Tissue Culture Techniques // Journal of Productivity and Development. 2008. Vol. 13. P. 191-212. <https://doi.org/10.21608/jpd.2008.44837>
 12. Gaafar R.M., Saker M.M. Monitoring of Cultivars Identity and Genetic Stability in Strawberry Varieties Grown in Egypt // World Journal of Agricultural Sciences. 2006. Vol. 2. P. 29-36. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.439.8>
 13. Gantait S., Mandal N., Bhattacharyya S., Das P.K. Field Performance and Molecular Evaluation of Micropropagated Strawberry // Recent Research in Science and Technology. 2010. Vol. 2. P. 12-16.
 14. Karmaker S., Hossain Md.M., Hoque Md.A., Kaium Md.A., Ali T.B., Ferdous M. In Vitro Propagation of Three Strawberry Varieties and Field Evaluation // American Journal of Plant Sciences. 2023. Vol. 14. P. 1214-1222. <https://doi.org/10.4236/ajps.2023.1411082>

15. Karmaker S., Hossain Md.M., Hoque Md.A., Kaium Md.A., Al Amin Md., Islam Md.S. In Vitro Propagation of Three Strawberry Cultivars through Runner Tips Culture // American Journal of Plant Sciences. 2023. Vol. 14. P. 1296-1304. <https://doi.org/10.4236/ajps.2023.1411087>
16. Lal M., Sharma S., Hegde M.V. Micropropagation of Strawberry (*Fragaria × ananassa Duch.*) // Indian Journal of Horticultural Research. 2003. Vol. 37. P. 231-234.
17. López-Aranda J.M., Soria C., Sanots B.M., Mirand L., Domínguez P., Medina-Mínguez J. Strawberry production in mild climates of the world: a review of current cultivar use // Intl. Journal of Fruit Sciences. 2011. Vol. 11. P. 232-224. <https://doi.org/10.1080/15538362.2011.608294>
18. Moradi K., Otroshy M., Azimi M.R. Micropropagation of strawberry by multiple shoots regeneration tissue cultures // Journal of Agricultural Technology. 2011. Vol. 7, No. 6. P. 1755-1763.
19. Munir M., Iqbal S., Baloch J.U.D., Khakwani A.A. In vitro explant sterilization and bud initiation studies of four strawberry cultivars // J. Appl. Hortic. 2015. Vol. 17, No. 03. P. 192–198. <https://doi.org/10.37855/jah.2015.v17i03.36>
20. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco cultures // Physiol. Plant. 1962. Vol. 15. P. 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
21. Naing A.H., Kim S.H., Chun M.Y., Park S.K., Kim, C.K. In vitro propagation method for production of morphologically and genetically stable plants of different strawberry cultivars // Plant Methods. 2019. Vol. 15, No. 1. P. 36. <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0421-0>
22. Park S.W., Kwack Y., Chun C. Growth of runner plants grown in a plant factory as affected by light intensity and container volume // Horticultural Science and Technology. 2017. Vol. 35, No. 4. P. 439-445. <https://doi.org/10.12972/kjhst.20170047>
23. Sabbadinia S., Marcellini M., Mezzetti B., Capocasa F. Establishing micropropagation protocols for new strawberry (*Fragaria × ananassa*) breeding lines // Acta Hortic. 2021. Vol. 1309. P. 573-578. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.82>
24. Sakila S., Ahmed M.B., Roy U.K., Biswas M.K., Karim R., Razvy M.A., Hos-sain M., Islam R., Hoque A. Micropropagation of Strawberry (*Fragaria x anan-assa Duch.*) a Newly Introduced Crop in Bangladesh // American-Eurasian Journal of Scientific Research. 2007. Vol. 2. P. 151-154.
25. Steel R.G.D., Torrie J.H. Principle of statistics. A biometrical approach 2nd. McGraw-Hill Kogakusha (Ltd). 1980. 245 p.

References

1. Vysotsky V.A. Biotechnological methods in modern horticulture. *Fruit and berry growing in Russia*. Vol. XXVI. VSTISP, 2011, pp. 3-10.
2. Dospekhov B.A. *Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)*. 1985. M.: Alliance, 2011, 350 p.
3. Esaulko AN Study of the effectiveness of new nutrient media for the production of strawberry plants in-vitro / Esaulko A.N., Rajabov A.K., Aisanov T.S., Velichko V.Y., Akimova S.V., Ninulina E.A., Matsneva A.E. *Izvestia Timiryazevskaya Agricultural Academy*, 2022, vol. 5, pp. 21-34. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-5-21-34>
4. Ivanova N.N. Clonal micropropagation and conservation of garden strawberry variety 'Krymchanka 87' in-vitro / Ivanova N.N., Lesnikova-Sedoshenko N.P., Corzine N.B. *Bulletin of the State Nikita Botanical Garden*, 2023, vol. 146, pp. 124-141. <https://doi.org/10.36305/0513-1634-2023-146-134-141>
5. Karpushina MV, Winter MA Microclonal propagation of garden strawberries. *Scientific Proceedings of the North Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Winemaking*, 2021, vol. 31, pp. 108-113.
6. Ashrafuzzaman M., Faisal S.M., Yadav D., Khanam D., Raihan F. Micropropagation of strawberry (*Fragaria ananassa*) through runner culture. *Bangladesh J. Agric. Res.*, 2013, vol. 38, no. 3, pp. 467–472. <https://doi.org/10.3329/bjar.v38i3.16973>
7. Batukaev A.A., Kornatskiy S.A., Gaplaev M.S. Block-container system for growing strawberry planting material in greenhouses. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2021, vol. 624, pp. 1-5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/624/1/012116>
8. Capocasa F., Balducci F., Marcellini M., Bernardini D., Navacchi O., Mezzetti B. Comparing nursery behavior, field plant yield and fruit quality of in vitro and in vivo propagated strawberry mother plants. *Plant Cell Tissue Organ Cult.*, 2019, vol. 136, no. 1, pp. 65–74. <https://doi.org/10.1007/s11240-018-1492-8>
9. Cappelletti R., Sabbadini S., Mezzetti, B. The use of TDZ for the efficient in vitro regeneration and organogenesis of strawberry and blueberry cultivars. *Sci. Hortic. (Amsterdam)*, 2016, vol. 207, pp. 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.05.016>
10. El-Sayed S.F., El-Sawy A.M., Taha S.S., Gomah M.Sh. Effect of Benzyl amino-purine Concentration and Number of Subcultures on Behavior of Some Strawberry Cultivars in Vitro. *Egyptian Journal of Plant Breeding*, 2017, vol. 21, pp. 1-12. <https://doi.org/10.12816/0046534>

11. Emarah H. Factors Affecting Propagation of Strawberry (*Fragaria spp.*) through Tissue Culture Techniques. *Journal of Productivity and Development*, 2008, vol. 13, pp. 191-212. <https://doi.org/10.21608/jpd.2008.44837>
12. Gaafar R.M., Saker M.M. Monitoring of Cultivars Identity and Genetic Stability in Strawberry Varieties Grown in Egypt. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2006, vol. 2, pp. 29-36. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.439.8>
13. Gantait S., Mandal N., Bhattacharyya S., Das P.K. Field Performance and Molecular Evaluation of Micropropagated Strawberry. *Recent Research in Science and Technology*, 2010, vol. 2, pp. 12-16.
14. Karmaker S., Hossain Md.M., Hoque Md.A., Kaium Md.A., Ali T.B., Ferdous M. In Vitro Propagation of Three Strawberry Varieties and Field Evaluation. *American Journal of Plant Sciences*, 2023, vol. 14, pp. 1214-1222. <https://doi.org/10.4236/ajps.2023.1411082>
15. Karmaker S., Hossain Md.M., Hoque Md.A., Kaium Md.A., Al Amin Md., Islam Md.S. In Vitro Propagation of Three Strawberry Cultivars through Runner Tips Culture. *American Journal of Plant Sciences*, 2023, vol. 14, pp. 1296-1304. <https://doi.org/10.4236/ajps.2023.1411087>
16. Lal M., Sharma S., Hegde M.V. Micropropagation of Strawberry (*Fragaria × ananassa Duch.*). *Indian Journal of Horticultural Research*, 2003, vol. 37, pp. 231-234.
17. López-Aranda J.M., Soria C., Sanots B.M., Mirand L., Domínguez P., Medina-Mínguez J. Strawberry production in mild climates of the world: a review of current cultivar use. *Intl. Journal of Fruit Sciences*, 2011, vol. 11, pp. 232-224. <https://doi.org/10.1080/15538362.2011.608294>
18. Moradi K., Otroshy M., Azimi M.R. Micropropagation of strawberry by multiple shoots regeneration tissue cultures. *Journal of Agricultural Technology*, 2011, vol. 7, no. 6, pp. 1755-1763.
19. Munir M., Iqbal S., Baloch J.U.D., Khakwani A.A. In vitro explant sterilization and bud initiation studies of four strawberry cultivars. *J. Appl. Hortic.*, 2015, vol. 17, no. 03, pp. 192–198. <https://doi.org/10.37855/jah.2015.v17i03.36>
20. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco cultures. *Physiol. Plant.*, 1962, vol. 15, pp. 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
21. Naing A.H., Kim S.H., Chun M.Y., Park S.K., Kim, C.K. In vitro propagation method for production of morphologically and genetically stable plants of different strawberry cultivars. *Plant Methods*, 2019, vol. 15, no. 1, pp. 36. <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0421-0>
22. Park S.W., Kwack Y., Chun C. Growth of runner plants grown in a plant factory as affected by light intensity and container volume. *Horticultural Science*

- and Technology*, 2017, vol. 35, no. 4, pp. 439-445. <https://doi.org/10.12972/kjhst.20170047>
23. Sabbadinia S., Marcellini M., Mezzetti B., Capocasa F. Establishing micropropagation protocols for new strawberry (*Fragaria × ananassa*) breeding lines. *Acta Hortic.*, 2021, vol. 1309, pp. 573-578. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1309.82>
24. Sakila S., Ahmed M.B., Roy U.K., Biswas M.K., Karim R., Razvy M.A., Hos-sain M., Islam R., Hoque A. Micropropagation of Strawberry (*Fragaria x ananassa Duch.*) a Newly Introduced Crop in Bangladesh. *American-Eurasian Journal of Scientific Research*, 2007, vol. 2, pp. 151-154.
25. Steel R.G.D., Torrie J.H. *Principle of statistics. A biometrical approach*, 2nd. McGraw-Hill Kogakusha (Ltd), 1980, 245 p.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Корнацкий Сергей Аркадьевич, канд. с.-х. наук, доцент, заведующий полнофункциональной биотехнологической лабораторией оздоровления и первичного размножения сельскохозяйственных растений

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов»

ул. Миклухо-Маклая, 6, г. Москва, 117198, Российская Федерация
kornatskiy_sa@pfur.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Sergey A. Kornatskiy, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of a Full-Functional Biotechnological Laboratory for the Healing and Primary Propagation of Agricultural Plants

RUDN University

6, Miklukho-Maklaya Str., Moscow, 117198, Russian Federation

kornatskiy_sa@pfur.ru

SPIN-code: 7064-5197

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1721-4529>

Scopus Author ID: 57218892023

kornatskiy_sa@pfur.ru

Поступила 06.12.2023

После рецензирования 25.12.2023

Принята 06.01.2024

Received 06.12.2023

Revised 25.12.2023

Accepted 06.01.2024