

УДК 634.2

4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА СВЕТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ АДАПТАЦИИ РАСТЕНИЙ-РЕГЕНЕРАНТОВ ПОДВОЕВ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР

Айсанов Тимур Солтанович
кандидат сельскохозяйственных наук
SPIN-код: 4359-8476, AuthorID: 789826,
<https://orcid.org/0000-0002-2525-7465>

Селиванова Мария Владимировна
кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
SPIN-код: 7243-3618, AuthorID: 657773,
<https://orcid.org/0000-0001-5770-6272>

Миронова Елена Алексеевна
кандидат технических наук, доцент
SPIN-код: 8387-9985, AuthorID: 620944,
<https://orcid.org/0000-0002-2425-0528>

Машенцев Андрей Владимирович
заведующий лабораторией сельскохозяйственной биотехнологии

Долакова Аза Османовна
ассистент
SPIN-код: 3558-1539, AuthorID: 1297716,
<https://orcid.org/0009-0002-3474-0800>
ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, Россия, 350017, Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12

В статье представлены результаты исследований по оценке влияния спектрального состава света на биометрические показатели прироста надземной части и корневой системы растений-регенерантов подвоев косточковых культур на этапе адаптации ex vitro в технологии микроклонального размножения. Работу выполняли в 2024-2025 гг. в Научно-производственном центре питомниководства плодово-ягодных культур на базе ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет». Изучалась эффективность применения светодиодных светильников с различными сочетаниями красного, оранжевого, синего и зеленого световых спектров по сравнению с контролем (люминисцентной лампой холодного света). В результате проведенных учетов и наблюдений, показано, что в среднем по размножаемым подвоям, применение всех изучаемых типов светодиодных ламп обеспечивало существенное увеличение всех анализируемых критериев при развитии

UDC 634.2

4.1.4. Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops

INFLUENCE OF SPECTRAL COMPOSITION OF LIGHT ON THE ADAPTATION EFFICIENCY OF REGENERATING PLANTS OF STONE FRUIT ROOTSTOCKS

Aisanov Timur Soltanovich
Candidate of Agricultural Sciences
SPIN-code: 4359-8476, AuthorID: 789826,
<https://orcid.org/0000-0002-2525-7465>

Selivanova Maria Vladimirova
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
SPIN-code: 7243-3618, AuthorID: 657773,
<https://orcid.org/0000-0001-5770-6272>

Mironova Elena Alekseevna
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
SPIN-code: 8387-9985, AuthorID: 620944,
<https://orcid.org/0000-0002-2425-0528>

Mashenzev Andrey Vladimirovich
Head of the Laboratory of Agricultural Biotechnology

Dolakova Aza Osmanovna, assistant
SPIN-code: 3558-1539, AuthorID: 1297716,
<https://orcid.org/0009-0002-3474-0800>
Stavropol State Agrarian University, Russia, 350017, Stavropol, per. Zootekhnicheskyy, 12

This article presents the results of a study assessing the influence of light spectral composition on the biometric growth parameters of the aboveground portion and root system of regenerated stone fruit rootstocks during ex vitro adaptation using micropropagation technology. The study was conducted in 2024-2025 at the Scientific and Production Center for Fruit and Berry Nursery Production at the Stavropol State Agrarian University. The effectiveness of LED lamps with various combinations of red, orange, blue, and green light spectra was studied compared to a control (cold-light fluorescent lamp). Based on the conducted surveys and observations, it was shown that, on average, for the propagated rootstocks, the use of all studied LED lamp types resulted in a significant increase in all analyzed criteria during the development of regenerated plants relative to the corresponding control parameters. The highest efficiency was demonstrated by using LED lamps with a spectral illumination mode of 650-660 nm (40%) + 600-610 nm (40%) + 440-450 nm (20%),

растений-регенерантов относительно соответствующих контрольных показателей. Наибольшую эффективность обеспечило применение варианта светодиодных ламп со спектральным режимом освещения 650-660 нм (40%) + 600-610 нм (40%) + 440-450 нм (20%), позволившего существенно увеличить интенсивность ризогенеза и обеспечившего увеличение вегетативной массы растений-регенерантов относительно контроля и остальных вариантов светодиодных ламп по опыту на 29,8 и 2,4-21,7 мг. Для получения максимального выхода качественного посадочного материала при выращивании безвирусных подвоев косточковых культур на этапе адаптации рекомендуется использование светодиодных ламп с указанным спектральным режимом освещения

Ключевые слова: ПОДВОЙ, КОСТОЧКОВЫЕ КУЛЬТУРЫ, МИКРОКЛОНАЛЬНОЕ РАЗМНОЖЕНИЕ, СВЕТ, ДОСВЕЧИВАНИЕ, АДАПТАЦИЯ, СПЕКТРАЛЬНЫЙ СОСТАВ

which significantly increased the intensity of rhizogenesis and resulted in an increase in the vegetative mass of regenerated plants by 29.8 and 2.4-21.7 mg, respectively, compared to the control and other LED lamp variants. To maximize the yield of high-quality planting material when growing virus-free stone fruit rootstocks during the adaptation stage, it is recommended to use LED lamps with this spectral illumination mode

Keywords: ROOTSTOCK, STONE FRUIT CROPS, MICROPROPAGATION, LIGHT, SUPPLEMENTARY LIGHTING, ADAPTATION, SPECTRAL COMPOSITION

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-213-019>

Введение. На протяжении многих десятков лет учеными сформирован обширный архив научных трудов, посвященных технологиям производства посадочного материала многолетних плодово-ягодных культур [1]. За последнее десятилетие под влиянием комплекса факторов, связанных с развитием и консолидацией профильных предприятий, садоводство сделало большой рывок в интенсификации отрасли.

К числу наиболее прогрессивных направлений в питомниководстве относится способ оздоровления и размножения с использованием клонального микроразмножения. Данную технологию можно рассматривать как инновационное направление, поскольку её интеграция в систему производства сертифицированного посадочного материала позволяет не только получать продукцию высшего качества, соответствующую мировым стандартам, но и существенно повышать продуктивность маточных и промышленных насаждений [2].

Микроразмножение растений представляет собой

надежный способ получения идентичного потомства и широко применяется для репродукции ценных генотипов, включая мутанты, гибридные формы, перспективные сорта и подвои. Особое значение этот метод имеет в рамках производства оздоровленного посадочного материала плодово-ягодных культур. Применение современных биотехнологий, таких как клональное микроразмножение в сочетании с контролируемыми условиями доращивания, обеспечивает получение генетически чистого и здорового посадочного материала [1].

Следует подчеркнуть, что ключевым и наиболее сложным этапом в системе микроклонального размножения является адаптация растений к условиям *ex vitro*. Данная фаза представляет собой стрессовый период для микрорастений, которые вынуждены приспосабливаться к нестерильным условиям внешней среды, где успешность адаптации напрямую зависит от оптимального формирования как надземной биомассы, так и корневой системы [3].

Оптимизация условий для интенсификации роста и развития растений на этапе адаптации *ex vitro* требует комплексного учета физиолого-биохимических особенностей их метаболизма, а также эдафических и климатических факторов конкретного региона [4, 5]. Ключевым абиотическим фактором, детерминирующим интенсивность фотосинтеза как фундаментального физиологического процесса, является световой режим. В целях повышения экономической эффективности биотехнологического производства посадочного материала применяются дополнительные энергоэффективные источники искусственного освещения на этапах *in vitro* (в культуральной комнате) и *ex vitro* (в теплице) [4, 6, 7].

Помимо фотопериодического режима и интенсивности излучения, критическое значение для фотосинтетической активности растений имеет его спектральный состав. В отличие от естественного солнечного света,

спектр которого включает как фотосинтетически активную радиацию (ФАР), так и неиспользуемые растениями диапазоны, технологии искусственного освещения позволяют селективно регулировать спектральный состав. Целенаправленное применение монохроматического освещения в физиологически эффективных зонах спектра представляет собой перспективное научно-прикладное направление в современном питомниководстве, направленное на индукцию сбалансированного роста и развития растений *in vitro* и *ex vitro* [5, 8].

Цель исследований – оценка влияния спектрального состава света на эффективность адаптации растений-регенерантов подвоев косточковых культур.

Материалы и методы исследований. Работу выполняли в 2024-2025 гг. в Научно-производственном центре питомниководства плодово-ягодных культур, расположенном в учебно-опытном хозяйстве ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет».

Биологическими объектами исследования служили растения-регенеранты подвоев косточковых культур, полученные в результате культивирования эксплантов в условиях *in vitro*.

Исследования проводились в условиях защищенного грунта. За период проведения опытов было проанализировано влияние изучаемых агроприемов в 4 вегетационных оборотах.

На этапах мультипликации и ризогенеза растения-регенеранты находились в культуральной комнате при интенсивности освещенности 2000-2500 Лк, температуре 22-24С° и 16-часовом световом дне.

Адаптацию растений-регенерантов проводили в условиях стеклянной теплицы в рассадных кассетах по 90 ячеек объемом по 50 мл, заполненных питательным торфяным субстратом. В теплице поддерживали стабильный уровень температуры воздуха на уровне 22-24°С, влажности 65-70% при фотопериоде 16/8 часов.

Опыт включал три повторности (по 180 растений-регенерантов в повторности) и изучение двух факторов: фактор А – подвои, фактор В – различные варианты состава спектра при досвечивании стеллажей с растениями. Были изучены подвои отечественной селекции – ВСЛ-1 и ВСЛ-2, а также зарубежной – Гизела 5 и Гизела 6.

В факторе В по сравнению с контролем (люминисцентной лампой L 860), изучалась эффективность применения светодиодных светильников со следующим сочетанием световых спектров красного, оранжевого, синего и зеленого:

- СС 1: 650-660 нм (80%) + 440-450 нм (20%);
- СС 2: 650-660 нм (35%) + 600-610 нм (35%) + 440-450 нм (30%);
- СС 3: 650-660 нм (40%) + 600-610 нм (40%) + 440-450 нм (20%);
- СС 4: 650-660 нм (45%) + 440-450 нм (45%) + 510-520 нм (10%);
- СС 5: 650-660 нм (40%) + 440-450 нм (40%) + 510-520 нм (20%).

Учеты биометрических параметров микрорастений проводили после 4 недель культивирования на 28-е сутки по ГОСТ 54051-2010. Для анализа эффективности применения светодиодных светильников с различным сочетанием световых спектров в адаптивности растений-регенерантов подвоев косточковых культур были изучены биометрические показатели прироста надземной части и корневой системы растений. Статистическую обработку результатов произвели согласно Б.А. Доспехову и А.В. Исачкину с применением программы STATISTICA_10.0. Их использование подтвердило подлинность полученных результатов исследований.

Результаты исследований. Известно, что основными и самыми эффективными лучами для растений являются синие и красные с длинами волн 660 нм и 455 нм. При уровне освещения 350-400 мкмоль на 1 м² в секунду светильники на основе красных и синих светодиодов по плотности потока фотонов обеспечивают благоприятные условия освещения для

выращивания многих сельскохозяйственных культур [9, 10, 11].

Кроме того, у растений за поглощение света отвечают специальные пигменты. При этом фотосинтетический аппарат растений характеризуется избирательным поглощением электромагнитного излучения: ключевые пигменты – хлорофиллы а и b – обладают выраженными максимумами поглощения в синей (420-435 нм) и красной (642-660 нм) областях спектра. В сине-зеленом диапазоне (450-570 нм) поглощение света осуществляется вспомогательными пигментами – каротиноидами, которые также выполняют протекторную функцию, предотвращая фотоокислительную деструкцию хлорофилла. Свет, полученный разными пигментами, расходуется на разные цели.

Пигменты с пиком чувствительности в красной области спектра отвечают за развитие корневой системы, созревание плодов, цветение растений. Пигменты с пиком поглощения в синей области отвечают за увеличение зеленой массы [9].

В ходе проведения исследований по представленной теме были достигнуты определенные математически обоснованные результаты. На основании полученных данных можно констатировать, что анализируемые варианты состава спектрального состава при досвечивании растений-регенерантов на этапе *ex vitro* оказывали существенное влияние на интенсивность развития микрорастений.

В то же время необходимо отметить, что в среднем по рассматриваемым вариантам спектрального состава ламп досвечивания из размножаемых подвоев для косточковых культур наибольшее количество корешков в опыте отмечалось у среднерослого подвоя Гизела 6, показатель которого достоверно превосходил показатели остальных подвоев в опыте на 1,0-3,4 шт. Анализ показателей остальных подвоев в среднем по опыту показал, что, уступая лидеру, отечественный подвой ВСЛ-2 достоверно

превзошел результат остальных размножаемых подвоев на 1,9-2,4 шт. (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние спектрального состава света на среднее количество корешков у растений-регенерантов подвоев косточковых культур на этапе *ex vitro*, шт.

Подвой, А	Спектральный состав света, В						А, НСР ₀₅ =0,8
	ЛЛ (контроль)	СС 1	СС 2	СС 3	СС 4	СС 5	
ВСЛ-1	6,9	12,8	11,0	13,2	9,6	8,1	10,3
ВСЛ-2	8,8	14,6	13,0	15,4	11,5	9,9	12,2
Гизела 5	6,5	12,2	10,7	12,8	9,1	7,6	9,8
Гизела 6	9,2	15,4	14,1	16,6	12,4	11,2	13,2
В, НСР ₀₅ =1,0	7,9	13,8	12,2	14,5	10,7	9,2	НСР ₀₅ =1,9 Sx=4,3%

Результативность укоренения подвоев ВСЛ-1 и Гизела 5 была существенно ниже, чем у остальных вариантов, а сравнительный анализ их результатов математически обоснованной разницы не выявил, что указывает на то, что их разница находилась в пределах ошибки опыта.

Оценка эффективности применения изучаемых вариантов состава спектра при досвечивании микрорастений показала, что все анализируемые варианты спектров оказывали существенное влияние на интенсивность корнеобразования микрорастений, и в среднем по размножаемым подвоям способствовали достоверному увеличению среднего числа корешков у растений на 1,3-6,6 шт. Полученные результаты указывают на то, что освещенность, создаваемая классическими люминисцентными лампами значительно хуже влияет на растения-регенеранты на этапе адаптации, чем светодиодные лампы.

Сравнительная оценка эффективности применения изучаемых светодиодных ламп показала, что в среднем по размножаемым подвоям наибольшее среднее число корешков в опыте отмечалось на фоне применения варианта СС3 с комплексным составом света, включающего красный, оранжевый и синий спектры, показатель которого был выше контроля и остальных вариантов опыта на 6,6 и 0,7-5,3 шт. При этом необходимо отметить, что результат применения варианта досвечивания СС 1 был несущественно ниже лидирующего варианта. Согласно полученным данным, наименьшее среднее количество корешков из анализируемых в опыте вариантов отмечалось на фоне применения светодиодного типа ламп СС 5, показатель которого достоверно превосходя контроль, был существенно ниже результатов остальных вариантов применения светодиодных ламп на 1,5-5,3 шт.

Математическая обработка полученных результатов показала, что максимальное среднее количество корешков в опыте было отмечено при укоренении подвоя Гизела 6 с применением варианта СС 3, включающего красный, оранжевый и синий спектры, показатель которого составив 16,6 шт., превысил результаты остальных вариантов опыта на 1,2-9,7 шт.

Как известно, наряду с количеством образовавшихся корешков, еще одним немаловажным критерием эффективности технологии является их длина. В этой связи в ходе проведения адаптации микрорастений размножаемых подвоев косточковых культур были проведены учеты средней длины образовавшихся корешков. Опираясь на полученные результаты учетов можно констатировать, что в среднем по изучаемым вариантам досвечивания микрорастений, из размножаемых подвоев наибольшая средняя длина корешков была зафиксирована в опыте у подвоя Гизела 6, результат которого составив 48,3 мм, превысил результаты остальных подвоев на 2,0-9,5 мм, причем достоверное

преимущество отмечалось лишь относительно показателей подвоев ВСЛ-1 и Гизела 5 (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние спектрального состава света на среднюю длину корешков у растений-регенерантов подвоев косточковых культур на этапе *ex vitro*, мм

Подвой, А	Спектральный состав света, В						А, НСР ₀₅ =3,0
	ЛЛ (контроль)	СС 1	СС 2	СС 3	СС 4	СС 5	
ВСЛ-1	24,7	50,2	46,5	52,8	41,6	33,4	41,5
ВСЛ-2	28,9	55,3	51,0	56,7	46,8	38,9	46,3
Гизела 5	22,1	47,6	43,8	50,1	38,3	31,0	38,8
Гизела 6	30,1	56,8	53,3	58,5	49,1	41,8	48,3
В, НСР ₀₅ =8,0	26,5	52,5	48,7	54,5	44,0	36,3	НСР ₀₅ =11,3 S _x =4,1%

Анализ влияния вариантов спектрального состава света на интенсивность корнеобразования показал, что в среднем по размножаемым подвоям применение всех вариантов досвечивания светодиодными лампами обеспечивало существенное увеличение интенсивности корнеобразования у растений-регенерантов относительно показателя контроля с применением люминисцентной лампы холодного света на 9,8-28,0 мм. Сравнение эффективности применения изучаемых светодиодных ламп показало, что наибольшая средняя длина корешков в среднем по опыту отмечалась на варианте СС 3, содержащем равное соотношение красного и оранжевого спектров по 40% и синий спектр, показатель которого превзошел результаты контроля и остальных анализируемых вариантов досвечивания на 28,0 и 2,0-18,2 мм соответственно. Полученные данные указывают на то, что наиболее активное развитие корневой системы и наибольший выход саженцев на этапе адаптации обеспечивает

досвечивание светодиодными лампами, включающими в равной мере красный и оранжевый спектры, а также 20% синего спектра.

Итоговый анализ полученных результатов показал, что вне зависимости от размножаемых подвоев и рассматриваемых вариантов досвечивания микрорастений в опыте, наибольшая средняя длина корешков отмечалась у подвоя Гизела 6 при использовании ламп СС 3, показатель которого был выше, чем у остальных вариантов опыта на 1,7-36,4 мм. При этом необходимо отметить, что, уступая лидеру, достаточно высокую укореняемость показал подвой ВСЛ-2.

Наряду с развитием корневой системы, на этапе адаптации микрорастений плодовых культур имеет большое значение и развитие надземных органов. Итоговым показателем активности развития растений-регенерантов на этапе адаптации является интенсивность наращивания суммарной вегетативной массы. В ходе проведения исследований после 28 суток адаптации был проведен учет вегетативной массы микрорастений.

Проведенные замеры показали, что в среднем по изучаемым вариантам досвечивания микрорастений из размножаемых подвоев косточковых культур наибольшая биомасса была зафиксирована у среднерослого иностранного подвоя Гизела 6, показатель которого был достоверно выше, чем у остальных размножаемых подвоев на 2,9-12,6 мг. Наряду с этим, необходимо отметить, что, уступая лидеру, отечественный подвой ВСЛ-2 показал уровень биомассы существенно выше, чем у подвоев ВСЛ-1 и Гизела 5 на 7,2-9,7 мг (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние спектрального состава света на прирост вегетативной массы растений-регенерантов подвоев косточковых культур на этапе *ex vitro*, мг

Подвой, А	Спектральный состав света, В						А, НСР ₀₅ =2,7
	ЛЛ (контроль)	СС 1	СС 2	СС 3	СС 4	СС 5	
ВСЛ-1	53,5	80,2	75,6	83,5	68,2	62,4	70,6
ВСЛ-2	60,3	88,1	83,2	90,7	76,5	68,1	77,8
Гизела 5	51,3	77,6	73,1	80,8	65,9	60,0	68,1
Гизела 6	63,5	92,3	85,7	93,0	79,1	70,6	80,7
В, НСР ₀₅ =4,2	57,2	84,6	79,4	87,0	72,4	65,3	НСР ₀₅ =7,1 Sx=4,2%

Сравнительная оценка эффективности досвечивания лампами различного состава спектра показала, что у всех изучаемых вариантов использования светодиодных типов ламп прирост вегетативной массы был достоверно больше, чем на контроле по опыту на 8,1-29,8 мг.

Оценка эффективности применения изучаемых типов ламп показала, что в среднем по размножаемым подвоям наибольшая биомасса микрорастений отмечалась на варианте СС 3, показатель которого был выше, чем на контроле и на остальных вариантах на 29,8 и 2,4-21,7 мг соответственно. При этом необходимо отметить, что преимущество лидирующего варианта было достоверно относительно всех остальных вариантов, кроме СС 1, где высокая насыщенность красным светом спектра обеспечивала активное развитие надземных вегетативных частей у растений-регенерантов на этапе адаптации.

Анализ полученных результатов показал, что из всех рассматриваемых вариантов опыта наиболее активное наращивание вегетативной массы в опыте в ходе адаптации микрорастений

размножаемых подвоев отмечался у подвоя Гизела 6 при досвечивании вариантом СС 3, показатель которого составив 93,0 мг, превзошел результаты остальных вариантов опыта на 0,7-41,7 мг.

Заключение. В результате проведенных учетов и наблюдений, можно констатировать, что в среднем по изучаемым вариантам досвечивания на этапе адаптации наиболее активное развитие растений-регенерантов по всем описываемым критериям отмечалось у подвоя Гизела 6, что объясняется более высокой силой роста и высоким адаптивным потенциалом данного подвоя, обеспечившим ему преимущество относительно остальных подвоев в активности наращивания вегетативной массы по опыту на 2,9-12,7 мг. При этом, необходимо отметить, что, уступая лидеру, отечественный подвой ВСЛ-2 также показал высокую интенсивность корнеобразования, показав преимущество относительно подвоев ВСЛ-1 и Гизела 5 в количестве и средней длине корней по опыту в 1,9-2,4 шт. и 4,8-7,5 мм соответственно.

Анализ эффективности различных спектров света на развитие микрорастений показал, что в среднем по размножаемым подвоям, применение всех изучаемых типов светодиодных ламп обеспечивало существенное увеличение всех анализируемых критериев при развитии растений-регенерантов относительно соответствующих контрольных показателей. Сравнительная оценка анализируемых составов спектра света показала, что наибольшую эффективность обеспечило применение варианта СС 3, позволившего существенно увеличить интенсивность ризогенеза и обеспечившего увеличение вегетативной массы растений-регенерантов относительно контроля и остальных вариантов светодиодных ламп по опыту на 29,8 и 2,4-21,7 мг.

Таким образом, для получения максимального выхода качественного посадочного материала при выращивании безвирусных подвоев косточковых культур, на этапе адаптации рекомендуется использование

светодиодных ламп со спектральным режимом освещения 650-660 нм (40%) + 600-610 нм (40%) + 440-450 нм (20%). Эта комбинация гарантирует развитие регенерантов с наиболее мощной корневой системой и надземной частью.

Список литературы

1. Инновационные технологии выращивания высококачественного посадочного материала многолетних плодово-ягодных культур : монография [Текст] / Н. П. Мишуров, В. Ф. Федоренко, А. И. Завражнов [и др.]. – М., 2020. – 96 с.
2. Трунов, И. А. Оптимизация условий роста микрорастений садовых культур на этапе адаптации [Текст] / И. А. Трунов, Ю. В. Хорошкова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2020. – № 1. – С. 90–97.
3. Маркова, М. Г. Влияние регуляторов роста и светодиодных фитооблучателей на адаптацию земляники садовой / М. Г. Маркова, Е. Н. Сомова // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2019. – № 6. – С. 12–15.
4. Кобринец, Т. П. Влияние спектрального состава света на развитие растений сливы на этапе адаптации *ex vitro* [Текст] / Т. П. Кобринец, Е. В. Поух, О. С. Иванова // Сельское хозяйство – проблемы и перспективы : сб. науч. тр. – Гродно, 2023. – С. 108–114.
5. Влияние спектрального состава светодиодного досвечивания на рост и развитие микрорастений рода *Rubus* L. на этапе адаптации [Текст] / М. Л. Дубровский, Р. В. Папихин, С. А. Муратова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2024. – Т. 38. – № 9. – С. 17–24.
6. LED lighting affects the biomass accumulation and leaf stomatal characteristics of raspberry (*Rubus idaeus* L.) *in vitro* / M. Stefanova, L. Nacheva, T. Ganeva, N. Dimitrova // Journal of Central European Agriculture. – 2024. – Vol. 25. – No. 2. – P. 492–501. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/25.2.4232>.
7. Effect of LED lighting on the rooting of micropropagated raspberry (*Rubus idaeus* L.) plants / L. Nacheva, N. Dimitrova, L. Koleva [et al.] // Acta Horticulturae. – 2023. – 1359. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1359.13>.
8. Бьядовский, И. А. Влияние различных по спектральному составу светодиодных источников света на укореняемость земляники садовой (*Fragaria x ananassa*) *in vitro* / И. А. Бьядовский // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – Т. 180. – № 1. – С. 33–37.
9. Поух, Е. В. Методические рекомендации по режимам освещения при выращивании сливы домашней на этапах микроразмножения, укоренения *in vitro* и адаптации *ex vitro** [Текст] / Е. В. Поух, Т. П. Кобринец, О. С. Иванова // Плодоводство : сб. науч. тр. – Минск, 2022. – С. 178–187.
10. Воздействие светодиодных облучателей различного спектрального состава на рост и развитие *Betula pubescens* Ehrh. и *Rubus idaeus* L. в культуре *in vitro* [Текст] / П. М. Евлаков, Т. А. Гродецкая, О. А. Федорова [и др.] // Лесотехнический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 4 (48). – С. 14–30.
11. Особенности адаптации меристемных растений земляники садовой *Fragaria x ananassa* Duch. в условиях светодиодного освещения [Текст] / Д. С. Мороз, М. Ю. Шпак, Е. А. Петровская, С. Е. Медведик // Вестник БарГУ. Серия: Биологические науки. Сельскохозяйственные науки. – 2019. – № 7. – С. 73–82.

References

1. Innovacionnye tehnologii vyrashhivaniya vysokokachestvennogo posadochnogo materiala mnogoletnih plodovo-jagodnyh kul'tur : monografija [Tekst] / N. P. Mishurov, V. F. Fedorenko, A. I. Zavrazhnov [i dr.]. – M., 2020. – 96 s.
2. Trunov, I. A. Optimizacija uslovij rosta mikrorastenij sadovyh kul'tur na jetape adaptacii [Tekst] / I. A. Trunov, Ju. V. Horoshkova // Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – № 1. – S. 90–97.
3. Markova, M. G. Vlijanie reguljatorov rosta i svetodiodnyh fitoobluchatelej na adaptaciju zemljaniki sadovoj / M. G. Markova, E. N. Somova // Vestnik rossijskoj sel'skohozjajstvennoj nauki. – 2019. – № 6. – S. 12–15.
4. Kobrinec, T. P. Vlijanie spektral'nogo sostava sveta na razvitie rastenij slivy na jetape adaptacii ex vitro [Tekst] / T. P. Kobrinec, E. V. Pouh, O. S. Ivanova // Sel'skoe hozjajstvo – problemy i perspektivy : sb. nauch. tr. – Grodno, 2023. – S. 108–114.
5. Vlijanie spektral'nogo sostava svetodiodnogo dosvechivaniya na rost i razvitie mikrorastenij roda Rubus L. na jetape adaptacii [Tekst] / M. L. Dubrovskij, R. V. Papihin, S. A. Muratova [i dr.] // Dostizhenija nauki i tehniki APK. – 2024. – T. 38. – № 9. – S. 17–24.
6. LED lighting affects the biomass accumulation and leaf stomatal characteristics of raspberry (*Rubus idaeus* L.) in vitro / M. Stefanova, L. Nacheva, T. Ganeva, N. Dimitrova // Journal of Central European Agriculture. – 2024. – Vol. 25. – No. 2. – P. 492–501. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/25.2.4232>.
7. Effect of LED lighting on the rooting of micropropagated raspberry (*Rubus idaeus* L.) plants / L. Nacheva, N. Dimitrova, L. Koleva [et al.] // Acta Horticulturae. – 2023. – 1359. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1359.13>.
8. Bjadovskij, I. A. Vlijanie razlichnyh po spektral'nomu sostavu svetodiodnyh istochnikov sveta na ukorenjaemost' zemljaniki sadovoj (*Fragaria h ananassa*) in vitro / I. A. Bjadovskij // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. – 2019. – T. 180. – № 1. – S. 33–37.
9. Pouh, E. V. Metodicheskie rekomendacii po rezhimam osveshhenija pri vyrashhivanii slivy domashnej na etapah mikrorazmnozhenija, ukorenenija in vitro i adaptacii ex vitro* [Tekst] / E. V. Pouh, T. P. Kobrinec, O. S. Ivanova // Plodovodstvo : sb. nauch. tr. – Minsk, 2022. – S. 178–187.
10. Vozdejstvie svetodiodnyh obluchatelej razlichnogo spektral'nogo sostava na rost i razvitie *Betula pubescens* Ehrh. i *Rubus idaeus* L. v kul'ture in vitro [Tekst] / P. M. Evlakov, T. A. Grodeckaja, O. A. Fedorova [i dr.] // Lesotekhnicheskij zhurnal. – 2022. – T. 12. – № 4 (48). – S. 14–30.
11. Osobennosti adaptacii meristemnyh rastenij zemljaniki sadovoj *Fragaria* × *ananassa* Duch. v uslovijah svetodiodnogo osveshhenija [Tekst] / D. S. Moroz, M. Ju. Shpak, E. A. Petrovskaja, S. E. Medvedik // Vestnik BarGU. Serija: Biologicheskie nauki. Sel'skohozjajstvennye nauki. – 2019. – № 7. – S. 73–82.