

ВЛИЯНИЕ СУБСТРАТА И ПИТАТЕЛЬНОГО РАСТВОРА НА БИОМЕТРИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ЧИСТУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ ФОТОСИНТЕЗА САЖЕНЦЕВ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В УСЛОВИЯХ СВЕТОКУЛЬТУРЫ

Виталий Михайлович Кондратьев, кандидат сельскохозяйственных наук
Анна Николаевна Кононенко, кандидат сельскохозяйственных наук
Оксана Федоровна Ивахнова
Максим Владимирович Киселёв, кандидат сельскохозяйственных наук
Юлия Николаевна Логинова
*Санкт-Петербургский государственный аграрный университет,
г. Пушкин, г. Санкт-Петербург, Россия*
E-mail: vitsevsk@mail.ru

Аннотация. Исследовано влияние субстрата и питательного раствора на биометрические показатели и чистую продуктивность фотосинтеза саженцев земляники садовой сорта Белый швед, полученных *in vitro*, в условиях светокультуры при мощности облучения 126,8 и 172,3 мкмоль/м²/с. Наиболее высокие саженцы с диаметром рожка 0,8 см получены в вариантах с использованием минераловатного субстрата и питательных растворов при мощности облучения 126,8 мкмоль/м²/с. Мощность облучения 172,3 мкмоль/м²/с способствовала наибольшему количеству листьев в обоих вариантах МВ+ПР и МВ+1МС (по 10,0 ± 0,5 шт.) и активному развитию ассимиляционной площади листьев. Мощность облучения 126,8 мкмоль/м²/с и применение питательного раствора помогают лучше развивать корневую систему. Чистая продуктивность фотосинтеза на органическом субстрате с питательным раствором (КС + 1МС) в 1,5–2,5 раза выше, чем с применением заправленного удобрениями органического субстрата (ГТ + вода). Чистая продуктивность фотосинтеза листового аппарата саженцев, выращенных на минераловатном субстрате при мощности облучения 126,8 мкмоль/м²/с, была в интервале от 0,27 до 0,33 мг/см²/сут., а при 172,3 мкмоль/м²/с – от 0,23 до 0,29 мг/см²/сут.

Ключевые слова: земляника садовая, саженцы, *in vitro*, светокультура, субстрат, питательный раствор, биометрия, чистая продуктивность фотосинтеза

INFLUENCE OF SUBSTRATE AND NUTRIENT SOLUTION ON BIOMETRIC PERFORMANCE AND NET PRODUCTIVITY OF GARDEN STRAWBERRY SEEDLINGS PHOTOSYNTHESIS UNDER PHOTOCULTURE CONDITIONS

V.M. Kondratiev, PhD in Agricultural Sciences
A.N. Kononenko, PhD in Agricultural Sciences
O.F. Ivakhnova
M.V. Kiselev, PhD in Agricultural Sciences
Yu.N. Loginova

Saint-Petersburg State Agrarian University, Pushkin, St.-Petersburg, Russia
E-mail: vitsevsk@mail.ru

Abstract. The effect of substrate and nutrient solution on biometric parameters and net photosynthesis productivity of strawberry seedlings of the White Swede variety obtained *in vitro* under light culture conditions at irradiation power of 126.8 and 172.3 mmol/m²/s was investigated. The highest seedlings with a horn diameter of 0.8 cm were obtained in variants using a mineral wool substrate and nutrient solutions at an irradiation power of 126.8 mmol/m²/s. The irradiation power of 172.3 mmol/m²/s contributed to the largest number of leaves in the variants MV + PR and MV + 1 MS of 10.0 ± 0.5 pcs. in both cases, and the active development of the assimilation area of the leaves. The irradiation power of 126.8 mmol/m²/s and the use of a nutrient solution contributes to the better development of the root system. The net photosynthesis productivity on an organic substrate using a nutrient solution (CS + 1 MS) is 1.5–2.5 times higher than when using an organic substrate filled with fertilizers (GT + water). The net photosynthesis productivity of the leaf apparatus of seedlings grown on a mineral wool substrate at an irradiation power of 126.8 mmol/m²/s was in the range from 0.27 to 0.33 mg/cm²/day, and at an irradiation power of 172.3 mmol/m²/s – in the range from 0.23 to 0.29 mg/cm²/day.

Keywords: strawberry, seedlings, *in vitro*, light culture, substrate, nutrient solution, biometrics, net photosynthesis productivity

Земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) – одна из наиболее востребованных ягодных культур в течение всего года благодаря своим вкусовым и питательным качествам. В зависимости от сорта и места выращивания ягоды содержат: воду – 80...90%; растворимые сухие вещества – 8,7...17,0% (сред-

нее – 12,4), сумму сахаров – 5,8...13,2% (среднее – 8,8); титруемые кислоты – 0,54...1,34% (среднее – 0,96); аскорбиновую кислоту – 44,0...110,4 мг/100 г (среднее – 72,9); антоцианы – 7,3...145,4 мг/100 г (среднее – 56,8); азотистые вещества – 0,9...1,7%; дубильные вещества – 0,16...0,25%; белки – 0,8...1,0%;

масла – 0,6%, фолиевую кислоту (витамин В9) – 0,5...0,6 мг%; фенольные соединения – 3,0...7,62 мг, эфирные масла, пектин; магний – 1218 мг; соединения кальция – 28...42; железа – 0,6...10,9; фосфора – 25...29; меди – 0,01...0,03; калия – 161; натрия – 18 мг. [2, 3, 16]

Валовый сбор ягод в России составил в 2019 году 701,8 тыс. т, 2020 – 695,3. [1] Производство земляники садовой в РФ в 2019 году, по данным ФАО ООН – 208,8 тыс. т, 2020 – 218,4 [9], что в среднем – 30% валового сбора ягод.

Получение качественного и обильного урожая начинается со здорового посадочного материала. Согласно данным Федеральной таможенной службы РФ с 2019 по 2021 годы в страну импортировано 76,33 млн шт. рассады земляники [8], когда за этот же период собственное производство составило 7,97 млн шт. [1] Чтобы быстро восполнить дефицит импортного материала, требуется использование современных агротехнологий.

Важную роль в оздоровлении растительного материала играют биотехнологические методы, например микроклональное размножение. Оно дает возможность получения большего количества однородных здоровых растений за короткое время. [5, 6] Оздоровленные растения земляники садовой увеличивают силу роста и способность к вегетативному размножению.

Для промышленного тиражирования посадочного материала лучше всего подходят технологии полной светокультуры, на вертикальных фермах в замкнутой системе (фабрика растений). Это сооружение предназначено для круглогодичного производства овощей. Регулирование и контроль параметров микроклимата и питания обеспечивают технические системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, гидро- и аэропонные методы питания и светокультура растений. Условия выращивания в замкнутых системах характеризуются минимальным негативным влиянием биотических факторов (микроводоросли, полезная или патогенная микрофлора), стабильностью и оптимальностью абиотических факторов (температурно-влажностный режим, содержание CO_2 , питание макро- и микроэлементами, фотопериод), но по сравнению с условиями открытого или защищенного грунта, мощность освещения ниже и спектр отличается от естественного, что приводит к сортовым реакциям при выращивании. В структуре себестоимости продукции замкнутых систем выращивания от 10 до 50% затрат приходится на электроэнергию, поэтому определение оптимальной мощности освещения актуально. [15]

При выращивании земляники садовой замкнутая система позволяет избежать риска заражения растений без использования сильных химических средств защиты и преодолеть сезонность в получении посадочного материала.

Влияние спектра света на рост и развитие саженцев земляники садовой изучено в других исследованиях. В работе И.А. Бьядовского [10] красный спектр света повышает процент укоренения в 1,15...1,25 раза, количество корней – 1,29...1,77 раза у микрорастений. Отмечена сортовая реакция микрорастений земляники садовой

по укореняемости под влиянием различных спектральных составов света.

В исследовании зарубежных авторов [14] утверждается, что с использованием светодиодных светильников с нейтральным спектром света и мощностью облучения 180 мкмоль/м²/с микрорастения формируют наибольшее количество листьев, площадь листа, соотношение сухого веса надземной части и корневой системы, количество вновь образовавшихся побегов. Авторы [13] указывают на то, что содержание сухого вещества в саженцах земляники садовой, выращиваемой гидропонным методом, выше при облучении белым и красным светом, чем синим.

Облучение саженцев синим спектром приводит к большему цветению, чем красным, способствующим раннему цветению. [17, 20]

В исследовании Zheng Jianfeng и др. [21] фотосинтетическая активность, максимальное количество корней (7,7) и наибольшая их длина (14,8 см) у земляники садовой были обнаружены при 90 мкмоль/м²/с на стадии укоренения. Более высокая интенсивность света в диапазоне 90...270 мкмоль/м²/с увеличивала устьичную проводимость новообразованных листьев, улучшая чистую продуктивность фотосинтеза и рост саженцев на стадии рассады. Диаметр розетки листьев, сухая масса надземной части и корневой системы, а также соотношение корней к побегам у укорененных саженцев увеличилась, когда интенсивность света выросла с 90 до 270 мкмоль/м²/с. С учетом качества саженцев и экономического баланса для быстрого получения гидропонных саженцев земляники садовой на основе некорневых побегов на вертикальной ферме была предложена интенсивность света 90 мкмоль/м²/с на стадии укоренения и 270 мкмоль/м²/с – рассады.

У растений, выращенных в условиях низкой мощности облучения, наблюдается снижение скорости фотосинтеза, проводимости устьиц и накопления сахара, образование черешков и урожайность плодов также резко снижаются пропорционально степени уменьшения мощности облучения, но увеличивается содержание пигментов, количество органических кислот и размер листьев существенно не изменяются. [11] При низкой мощности облучения (70,0 мкмоль/м²/с) влияние концентрации питательного раствора на рост саженцев земляники не так заметно, как при высокой (180,0 мкмоль/м²/с). [12]

Саженцы земляники садовой лучше растут при 16- и 24-часовых фотопериодах при мощности облучения 175 и 115 мкмоль/м²/с соответственно. [18]

По данным И.И. Козловой [4] отмечается, что лучший субстрат для развития корневой системы рассады земляники садовой – распушенный торф с перлитом.

В работе [19] изучали влияние субстратов на физиологические и морфометрические параметры саженцев земляники садовой. Установлено, что самая высокая концентрация азота в кокосовом субстрате, самая большая площадь листьев – в смеси кокосового субстрата с вулканическим туфом.

Вертикальные фермы активно используют для круглогодичного выращивания зеленных культур,

но отсутствует достаточное количество исследований по влиянию мощности облучения, субстрата и режима питания на рост саженцев земляники садовой, что не позволяет эффективно внедрять данную технологию в производство.

Цель работы – определить влияние субстрата, питательного раствора и мощности облучения на морфометрические показатели, чистую продуктивность фотосинтеза и баланс развития саженцев земляники садовой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2022 году в фитотроне Лаборатории светокультуры и сити-фарминга ФГБОУ ВО СПбГАУ. Объект исследования – сорт земляники садовой *Белый швед*. Микрорастения получены и проходили адаптацию к условиям *ex vitro* в Лаборатории микрклонального размножения ФГБОУ ВО СПбГАУ.

Схема опыта: 1. Мощность облучения, мкмоль/м²/с (фактор А) – 126,8 и 172,3; 2. Субстрат (фактор Б) – грунт торфяной (смесь торфа с добавлением очищенного песка, агроперлита, комплексных минеральных удобрений: NH₄ + NO₃ – 150 мг/л, P₂O₅ – 270 мг/л, K₂O – 300 мг/л, рН = 6,0–6,5) (ГТ), минеральная вата (МВ), кокосовый субстрат (КС); 3. Питательный раствор (фактор В) – вода (Ес – 0,1 мСм/см, рН – 7,0), питательный раствор (N – 19%; P – 6%; K – 20%; Mg – 1,5%; Fe, Zn, Cu, B, Mn, Mo < 1%; Ес – 2,1 мСм/см, рН – 5,5) (ПР), питательный раствор Мурасиге-Скуга (Ес – 5,8 мСм/см, рН – 4,8) (1 МС), 0,5 МС (Ес – 2,9 мСм/см, рН – 4,7). Поливали питательным раствором один раз в неделю. В остальное время влажность субстрата поддерживали водой. Повторность – трехкратная, по 18 растений.

В течение вегетации поддерживали температуру воздуха в пределах 22...23°С, относительную влажность – 65...75%, фотопериод – 16 ч. Спектрограмма источника облучения представлена на рисунке 1 (3-я стр. обл.). Вегетационный период – 43 дня.

Биометрические измерения включали: высоту растений, количество листьев, диаметр рожка, количество усов, ассимиляционную площадь листьев, сырую и сухую массы надземной части и корневой системы. Выполняли их согласно Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. [7] На основании проведенных измерений рассчитывали показатели чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) и баланс развития растений. Расчет ЧПФ осуществляли по А.А. Ничипоровичу для общей массы растения. Баланс развития растений определяли как соотношение сухой массы надземной части к сухой массе корневой системы.

Содержания сухого вещества находили гравиметрическим методом при сушке до постоянной массы при 105°С. Средние значения показателей указаны с ошибкой среднего.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В начале исследований в вариантах КС + ПР и КС + 0,5 МС выпадения растений составили 100%, поэтому в дальнейшем их не учитывали.

На рисунке 2 (3-я стр. обл.) изображен график зависимости высоты саженцев земляники садовой от субстрата и питательного раствора. Проанализировав полученные данные, мы пришли к заключению, что органический субстрат (ГТ, КС) не оказывает существенного влияния на высоту саженцев ни при использовании различных питательных растворов, ни при различной мощности облучения. Применение минераловатного субстрата показало существенную разницу между вариантами. Наиболее высокие саженцы получены с питательным раствором Мурасиге-Скуга (МВ + 1 МС, Ес – 5,8 мСм/см, рН – 4,8) при мощности облучения 126,8 мкмоль/м²/с – 8,5 ± 0,3 см. В вариантах МВ + ПР и МВ + 0,5 МС высота саженцев была существенно выше, чем в начале этапа, при мощности облучения 126,8 мкмоль/м²/с – 7,3 ± 0,3 см и 7,2 ± 0,3 см соответственно.

Высокая мощность облучения (172,3 мкмоль/м²/с) в нашем исследовании способствовала увеличению количества листьев, по сравнению с 126,8 мкмоль/м²/с, в вариантах МВ + ПР и МВ + 1 МС, количество листьев составило 10,0 ± 0,5 шт. и 10,0 ± 0,5 шт. соответственно. Применение кокосового волокна в качестве субстрата и питательного раствора 1 МС приводило к наибольшему количеству листьев независимо от мощности облучения – 10,5 ± 0,5 шт. в обоих случаях (рис. 3, 3-я стр. обл.).

Активное развитие ассимиляционной площади листьев к концу этапа во всех вариантах наблюдали при 172,3 мкмоль/м²/с – от 106,5 ± 9,0 до 174,5 ± 9,0 см². При мощности облучения 126,8 мкмоль/м²/с ассимиляционная площадь листового аппарата саженцев в вариантах ГТ и МВ составила – 65,9 ± 9,0...101,3 ± 9,0 см², за исключением варианта КС + 1 МС, где ассимиляционная площадь – 223,6 ± 9,0 см² (рис. 4, 3-я стр. обл.).

С увеличением мощности облучения количество усов в варианте ГТ + вода выросло с 1 до 4 шт., с минераловатным субстратом общее количество усов было на одном уровне (10,8 и 9,3 шт.), а с КС + 1 МС сократилось с 4,5 до 2,0 шт. К концу этапа диаметр рожка саженцев земляники садовой составил 0,8 см в вариантах МВ + 0,5 МС, МВ + 1 МС, КС + 1 МС при мощности облучения 126,8 мкмоль/м²/с и соответствовал второму товарному сорту рассады земляники садовой с закрытой корневой системой согласно ГОСТ Р 53135-2008 «Посадочный материал плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных, цитрусовых культур и чая. Технические условия». Чистая продуктивность фотосинтеза на органическом субстрате с питательным раствором (КС + 1 МС) в 1,5...2,5 раза выше, чем при использовании заправленного удобрениями субстрата (ГТ + вода). Чистая продуктивность фотосинтеза листового аппарата саженцев, выращенных на минераловатном субстрате при мощности облучения 126,8 мкмоль/м²/с, была в интервале от 0,27 до 0,33 мг/см²/сут., а при 172,3 мкмоль/м²/с – 0,23...0,29 мг/см²/сут. (табл. 1).

В таблице 2 представлены данные для расчета баланса развития саженцев земляники садовой. Данный показатель позволяет определить смещение развития от листовой массы к корневой системе или обратно в зависимости от условий выращивания. Хо-

Таблица 1.
Количество усов, диаметр рожка и ЧПФ саженцев земляники садовой в зависимости от мощности облучения, субстрата и питательного раствора, 2022 год

Вариант	Количество усов, шт.	Диаметр рожка, см	ЧПФ, мг/см ² /сут.
Мощность облучения 126,8 мкмоль/м ² /с			
ГТ+вода	1,00	0,40	0,20
МВ+ПР	5,00	0,60	0,33
МВ+1 МС	3,00	0,80	0,30
МВ+0,5 МС	2,80	0,80	0,27
КС+1 МС	4,50	0,80	0,50
Мощность облучения 172,3 мкмоль/м ² /с			
ГТ+вода	4,00	0,30	0,24
МВ+ПР	4,00	0,70	0,23
МВ+1 МС	2,80	0,70	0,29
МВ+0,5 МС	2,50	0,50	0,24
КС+1 МС	2,00	0,70	0,36

Таблица 2.
Сырая и сухая массы надземной части и корневой системы, содержание сухих веществ и баланс развития саженцев земляники садовой в зависимости от мощности облучения, субстрата и питательного раствора, 2022 год

Вариант	Сырая масса, г		Содержание сухих веществ в, %		Сухая масса, г		Баланс развития
	надземной части	корневой системы	надземной части	корневой системы	надземной части	корневой системы	
Начало этапа							
ГТ+вода	0,73	0,13	13,70	7,69	0,10	0,01	9,65
МВ+ПР	0,95	0,15	14,74	13,33	0,14	0,02	5,86
МВ+1 МС	1,00	0,30	16,00	13,33	0,16	0,04	4,00
МВ+0,5 МС	1,50	0,28	16,67	14,29	0,25	0,04	5,69
КС+1 МС	1,00	0,20	16,00	15,00	0,16	0,03	5,33
Мощность облучения 126,8 мкмоль/м ² /с, конец этапа							
ГТ+вода	1,88	0,37	29,79	16,22	0,56	0,06	10,08
МВ+ПР	3,12	1,60	25,00	15,63	0,78	0,25	3,18
МВ+1 МС	3,20	1,90	25,00	13,68	0,80	0,26	3,08
МВ+0,5 МС	3,80	1,82	29,21	15,38	1,11	0,28	4,02
КС+1 МС	6,22	8,19	29,42	15,14	1,83	1,24	1,47
Мощность облучения 172,3 мкмоль/м ² /с, конец этапа							
ГТ+вода	2,54	0,64	29,92	15,63	0,76	0,10	7,82
МВ+ПР	3,40	1,10	30,00	14,55	1,02	0,16	6,32
МВ+1 МС	4,10	2,20	29,27	15,00	1,20	0,33	3,64
МВ+0,5 МС	4,07	2,33	29,98	15,02	1,22	0,35	3,46
КС+1 МС	4,83	3,18	29,40	15,09	1,42	0,48	2,95

рошо развитая корневая система обеспечивает лучшую приживаемость саженцев и развитие, поэтому мы постарались определить влияние мощности облучения, субстрата и питательного раствора на баланс развития. Полученные результаты указывают на то, что использование питательного раствора смещает баланс развития в сторону корневой системы. На начальном этапе в варианте ГТ + вода показатель баланса развития составляет 9,65, а с любым питательным раствором он сокращается в 1,6...2,4 раза. Данная тенденция сохранялась на протяжении всего этапа. Сильное влияние на баланс развития оказала

мощность облучения 126,8 мкмоль/м²/с. Она сместила баланс в сторону развития корневой системы как на органическом субстрате, так и минераловатном с питательными растворами. На начальном этапе в вариантах МВ и КС баланс развития составлял от 4,00 до 5,86, а к концу при мощности облучения 126,8 мкмоль/м²/с сместился в диапазон – 1,47...4,02, 172,3 мкмоль/м²/с – 2,95...6,32.

Выводы. Наиболее высокие саженцы получены в вариантах с использованием минераловатного субстрата и питательных растворов при мощности облучения 126,8 мкмоль/м²/с: МВ+ПР – 7,3 ± 0,3 см, МВ + 0,5 МС – 7,2 ± 0,3 см, МВ + 1 МС – 8,5 ± 0,3 см.

Мощность облучения 172,3 мкмоль/м²/с способствовала наибольшему количеству листьев в вариантах МВ + ПР и МВ + 1 МС по 10,0 ± 0,5 шт. в обоих случаях.

Активное развитие ассимиляционной площади листьев наблюдали при 172,3 мкмоль/м²/с – 106,5 ± 9,0... 174,5 ± 9,0 см².

Диаметр рожка саженцев земляники садовой – 0,8 см в вариантах МВ + 0,5 МС, МВ + 1 МС, КС + 1 МС при 126,8 мкмоль/м²/с.

Чистая продуктивность фотосинтеза на органическом субстрате с питательным раствором (КС + 1 МС) в 1,5...2,5 раза выше, чем при использовании заправленного удобрениями органического субстрата (ГТ + вода). Чистая продуктивность фотосинтеза листового аппарата саженцев, выращенных на минераловатном субстрате при 126,8 мкмоль/м²/с, была от 0,27 до 0,33 мг/см²/сут., а при 172,3 мкмоль/м²/с – 0,23...0,29 мг/см²/сут.

Использование питательного раствора приводит к лучшему развитию корневой системы как и мощность облучения 126,8 мкмоль/м²/с.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бюллетени о состоянии сельского хозяйства (электронные версии) // Федеральная служба государственной статистики: [сайт]. 2022. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (дата обращения: 15.11.2022).
2. Говорова Г.Ф. Земляника: прошлое, настоящее, будущее (Таксономия, эволюция, биология, агротехника, болезни, генетика, селекция, биотехнология, сорта). М.: ФБГНУ Росинформагротех, 2004. 348 с.
3. Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В. Вариативность химического состава плодов отборных гибридных форм земляники // Плодоводство и ягодоводство России. 2021. 64. С. 46–53. DOI: 10.31676/2073-4948-2021-64-46-53
4. Козлова И.И. Влияние субстрата и фиторегуляторов на развитие корневой системы рассады земляники садовой в малообъемных плагах // Плодоводство и ягодоводство России. 2021. 65. С. 54–59. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-65-54-59>
5. Куликов И.М. Инновационные технологии возделывания земляники садовой. М.: ФБГНУ Росинформагротех, 2010. 88 с.
6. Мацнева, О.В., Ташматова Л.В. Клональное микро-размножение земляники – перспективный метод современного питомниководства (обзор) // Современное садоводство. 2019. № 4. С. 113–119. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10411.

7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 5: Плодовые, ягодные, субтропические, цитрусовые, орехоплодные культуры, виноград и чай / Подгот. агр. Ю.А. Роговской, А.С. Киселева, А.Д. Крестников [и др.]. М.: Изд-во М-ва сел. хоз-ва СССР, 1970. 160 с.
8. Таможенная статистика внешней торговли РФ // Федеральная таможенная служба: [сайт]. 2022. URL: <http://stat.customs.ru/analysis> (дата обращения: 15.11.2022).
9. ФАОСТАТ // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: [сайт]. 2022. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (дата обращения: 15.11.2022).
10. Byadovsky I. The effect of led light sources with varied spectral composition on the in vitro rooting ability of garden strawberry (*Fragaria × ananassa*) // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. 180. P. 33–37. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-33-37.
11. Choi, Hyo Gil. Correlation among phenotypic parameters related to the growth and photosynthesis of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) grown under various light intensity conditions // Frontiers in Plant Science. 2021. 12. 647585. 10.3389/fpls.2021.647585.
12. Hayashi Makio, Shirasaka M., Sato K., Yamamoto T. Effects of light intensity and concentration of culture solution on the growth of strawberry plantlets rooted by the direct ex-vitro rooting method // Shokubutsu Kojo Gakkaishi. 1997. 9. P. 60–66. 10.2525/jshita.9.60.
13. Hikosaka Sh., Sasaki K., Goto E., Aoki T. Effects of in vitro culture methods during the rooting stage and light quality during the seedling stage on the growth of hydroponic everbearing strawberry // Acta Horticulturae. 2009. 842. P. 1011–1014. 10.17660/ActaHortic.2009.842.225.
14. Hyein L., Seon P., Duy Ph. et al. Effect of the light spectrum of white LEDs on the productivity of strawberry transplants in a plant factory with artificial lighting // Horticulture, Environment, and Biotechnology. 2020. 61. P. 1–9. 10.1007/s13580-020-00284-0.
15. Kondratev V.M., Osipova G.S., Kiselyov M.V., Gudiev O. Yu. Influence of led lighting power on indau (*Eruca Sativa* (Mill.)) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture. 2021. 723. C. 032078. DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032078
16. Lema-Rumińska J., Kulus D., Tymoszek A. et al. Physiological, biochemical, and biometrical response of cultivated strawberry and wild strawberry in greenhouse gutter cultivation in the autumn-winter season in poland-preliminary study // Agronomy. 2021. 11. P. 1633. 10.3390/agronomy11081633.
17. Nishiyama M., Kanahama K. Effect of light quality on growth of everbearing strawberry plants // Acta Horticulturae. 2009. 842. P. 151–154. 10.17660/ActaHortic.2009.842.17.
18. Tsuruyama J., Shibuya T. Growth and flowering responses of seed-propagated strawberry seedlings to different photoperiods in controlled environment chambers // Hort. Technology. 2018. 28. P. 453–458. 10.21273/HORTTECH04061-18.
19. Unal N., Pekmezci M. Various plant development parameters for strawberries grown in soilless culture // Journal of Food, Agriculture and Environment. 2014. 12. P. 692–696.
20. Yoshida H., Mizuta D., Fukuda N., Hikosaka S., Goto E. Effects of varying light quality from single-peak blue and red light-emitting diodes during nursery period on flowering, photosynthesis, growth, and fruit yield of everbearing strawberry // Plant Biotechnol. (Tokyo). 2016. 33(4). P. 267–276. DOI: 10.5511/plantbiotechnology.16.0216a.
21. Zheng Jianfeng, Ji Fang, He Dongxia, Niu Genhua. Effect of light intensity on rooting and growth of hydroponic strawberry runner plants in a led plant factory // Agronomy. 2019. 9. 10.3390/agronomy9120875.

REFERENCES

1. Byulleteni o sostoyanii sel'skogo hozyajstva (elektronnye versii) // Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki: [sajt]. 2022. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13277> (data obrashcheniya: 15.11.2022).
2. Govorova G.F. Zemlyanika: proshloe, nastoyashchee, budushchee (Taksonomiya, evolyuciya, biologiya, agrotekhnika, bolezni, genetika, selekciya, biotekhnologiya, sorta). M.: FBGNU Rosinformagrotekh, 2004. 348 s.
3. Zhananova E.V., Luk'yanchuk I.V. Variabel'nost' himicheskogo sostava plodov otbornyh gibridnyh form zemlyaniki // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2021. 64. S. 46–53. DOI: 10.31676/2073-4948-2021-64-46-53
4. Kozlova I.I. Vliyanie substrata i fitoregulyatorov na razvitiye kornevoj sistemy rassady zemlyaniki sadovoj v maloob'emnyh plagah // Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii. 2021. 65. S. 54–59. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-65-54-59>
5. Kulikov I.M. Innovacionnye tekhnologii vzdelyvaniya zemlyaniki sadovoj. M.: FBGNU Rosinformagrotekh, 2010. 88 s.
6. Macneva, O.V., Tashmatova L.V. Klonal'noe mikrorazmnozhenie zemlyaniki – perspektivnyj metod sovremennogo pitomnikovodstva (obzor) // Sovremennoe sadovodstvo. 2019. № 4. S. 113–119. DOI: 10.24411/2312-6701-2019-10411.
7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh kul'tur. Vyp. 5: Plodovye, yagodnye, subtropicheskie, citrusovye, orekhoplodnye kul'tury, vinograd i chaj / Podgot. agr. Yu.A. Rogovskoj, A.S. Kiseleva, A.D. Krestnikov [i dr.]. M.: Izd-vo M-va sel.hoz-va SSSR, 1970. 160 s.
8. Tamozhennaya statistika vneshnej torgovli RF // Federal'naya tamozhennaya sluzhba: [sajt]. 2022. URL: <http://stat.customs.ru/analysis> (data obrashcheniya: 15.11.2022).
9. ФАОСТАТ // Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций: [сайт]. 2022. URL: <https://www.fao.org/faostat/ru/#data/QCL> (дата обращения: 15.11.2022).
10. Byadovsky I. The effect of led light sources with varied spectral composition on the in vitro rooting ability of garden strawberry (*Fragaria × ananassa*) // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2019. 180. R. 33–37. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-1-33-37.
11. Choi, Hyo Gil. Sorrelation among phenotypic parameters related to the growth and photosynthesis of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) grown under various light intensity conditions // Frontiers in Plant Science. 2021. 12. 647585. 10.3389/fpls.2021.647585.
12. Hayashi Makio, Shirasaka M., Sato K., Yamamoto T. Effects of light intensity and concentration of culture solution on the growth of strawberry plantlets rooted by the direct ex-vitro rooting method // Shokubutsu Kojo Gakkaishi. 1997. 9. R. 60–66. 10.2525/jshita.9.60.
13. Hikosaka Sh., Sasaki K., Goto E., Aoki T. Effects of in vitro culture methods during the rooting stage and light qual-

- ity during the seedling stage on the growth of hydroponic everbearing strawberry // *Acta Horticulturae*. 2009. 842. R. 1011–1014. 10.17660/ActaHortic.2009.842.225.
14. Hyein L., Seon P., Duy Ph. et al. Effect of the light spectrum of white LEDs on the productivity of strawberry transplants in a plant factory with artificial lighting // *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2020. 61. R. 1–9. 10.1007/s13580-020-00284-0.
 15. Kondratev V.M., Osipova G.S., Kiselyov M.V., Gudiev O. Yu. Influence of led lighting power on indau (*Eruca Sativa* (Mill.)) // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Mechanization, engineering, technology, innovation and digital technologies in agriculture*. 2021. 723. S. 032078. DOI: 10.1088/1755-1315/723/3/032078
 16. Lema-Rumińska J., Kulus D., Tymoszek A. et al. Physiological, biochemical, and biometrical response of cultivated strawberry and wild strawberry in greenhouse gutter cultivation in the autumn-winter season in poland—preliminary study // *Agronomy*. 2021. 11. R. 1633. 10.3390/agronomy11081633.
 17. Nishiyama M., Kanahama K. Effect of light quality on growth of everbearing strawberry plants // *Acta Horticulturae*. 2009. 842. R. 151–154. 10.17660/ActaHortic.2009.842.17.
 18. Tsuruyama J., Shibuya T. Growth and flowering responses of seed-propagated strawberry seedlings to different photoperiods in controlled environment chambers // *Hort. Technology*. 2018. 28. R. 453–458. 10.21273/HORTTECH04061-18.
 19. Unal N., Pekmezci M. Various plant development parameters for strawberries grown in soilless culture // *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 2014. 12. R. 692–696.
 20. Yoshida H., Mizuta D., Fukuda N., Hikosaka S., Goto E. Effects of varying light quality from single-peak blue and red light-emitting diodes during nursery period on flowering, photosynthesis, growth, and fruit yield of everbearing strawberry // *Plant Biotechnol. (Tokyo)*. 2016. 33(4). R. 267–276. DOI: 10.5511/plantbiotechnology.16.0216a.
 21. Zheng Jianfeng, Ji Fang, He Dongxia, Niu Genhua. Effect of light intensity on rooting and growth of hydroponic strawberry runner plants in a led plant factory // *Agronomy*. 2019. 9. 10.3390/agronomy9120875.

Поступила в редакцию 07.12.2022

Принята к публикации 21.12.2022