

РЕАЛИЗАЦИЯ БИОРЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА БАЗИЛИКА ОБЫКНОВЕННОГО, *OCIMUM BASILICUM* L. СОРТА СТЕЛЛА В УСЛОВИЯХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ФЕРМ МЕТОДАМИ АГРОБИОФОТОНИКИ

Л.А. Осинцева, А.О. Федосенко, В.Л. Петухов, А.И. Жёлтиков, В.Г. Маренков

Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

E-mail: lao08@mail.ru

Для цитирования: Реализация биоресурсного потенциала базилика обыкновенного, *Ocimum basilicum* L. сорта Стелла в условиях вертикальных ферм методами агробифотоники / Л.А. Осинцева, А.О. Федосенко, В.Л. Петухов, А.И. Жёлтиков, В.Г. Маренков // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2025. – № 4 (77). – С. 64–76. – DOI: 10.31677/2072-6724-2025-77-4-64-76.

Ключевые слова: базилик, морфогенез, эфирные масла, светодиоды, вертикальная ферма.

Реферат. Растения реагируют на спектральное соотношение интенсивности фотонных потоков, и это позволяет влиять на биомассу, морфогенез, содержание питательных веществ и вторичных метаболитов. Видовые и сортовые особенности растений, а также способы их культивирования определяют требования к типу освещения, и его выбор можно сделать экспериментальным путем. Цель работы: оценить влияние спектрального состава освещения коммерческих вертикальных ферм светодиодами Miniferneer 1.3 Quantum board 180 x 390 Samsung lm301b 3500K+660nm Osram SSL + UV380+FR740 +IR850 на морфогенез, накопление биомассы и эфирного масла базилика обыкновенного, *Ocimum basilicum* L. сорта Стелла. Спектральный состав изученного освещения отличается большей долей красной (600–700 нм) и дальней красной (700–800 нм) частей спектра, но с меньшим количеством зеленого (500–600 нм) света (172,96 и 155,19; 25,06 и 16,19; 117,92 и 139,01 $\mu\text{моль/м}^2\cdot\text{с}$ для варианта и контроля соответственно), присутствует ультрафиолет (380 нм) и инфракрасное излучение (850 нм). Соотношение красного к дальнему красному составляет 6,90 и 9,59 в варианте и контроле соответственно. Интенсивность освещения не оказала влияния на сырую массу растений: $30,7\pm 4,2$ и $31,0\pm 3,7$ г ($150\text{--}200 \mu\text{моль/м}^2\cdot\text{с}$), и $27,7\pm 1,5$ и $27,7\pm 1,5$ г ($>300 \mu\text{моль/м}^2\cdot\text{с}$) в варианте и контроле соответственно. Изменение спектра освещения привело к увеличению средней высоты растений на 14-, 20-, 22-й и 28-й день после посева. На момент срезки (37 дн.) увеличилась доля растений с 3-, 4-, 5- и 6-й парами листьев, с боковыми побегами и наступлением фазы бутонизации. Возросла сухая масса урожая с 3,43 до 5,17 %, повысился выход эфирного масла в 1,7 раза (с 3,81 до 4,03 мг/кг). По компонентному составу эфирного масла сорт Стелла может быть отнесен к линалоолово-эвгенольному хемотипу. Реализация биологического потенциала базилика обыкновенного сорта Стелла путем применения ламп с большей долей красного и дальнего красного спектра по сравнению с применяемыми на коммерческих вертикальных фермах лампами с присутствием ультрафиолета и инфракрасного излучения ускоряет прохождение фаз вегетативной стадии, способствует увеличению выхода сухой массы растений, что обеспечивает рост количества получаемого эфирного масла с повышенным содержанием линалоола, эвгенола и 1,8-цинеола.

REALIZATION OF THE BIORESOURCE POTENTIAL OF COMMON BASIL, *OCIMUM BASILICUM* L. STELLA VARIETIES IN VERTICAL FARMS BY AGROBIOPHOTONICS METHODS

L.A. Osintseva, A.O. Fedosenko, V.L. Petukhov, A.I. Zheltikov, V.G. Marenkov

Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

E-mail: lao08@mail.ru

Keywords: basil, morphogenesis, essential oils, LEDs, vertical farm.

Abstract. Plants respond to the spectral ratio of the intensity of photon fluxes and this allows them to influence biomass, morphogenesis, the content of nutrients and secondary metabolites. The specific and varietal characteristics of plants, as well as the methods of their cultivation, determine the requirements for the type of lighting, and its choice can be made experimentally. Objective: to evaluate the effect of the spectral composition of lighting commercial vertical farms with LEDs Miniferneer 1.3 Quantum board 180 x 390 Samsung lm301b 3500K+660nm Osram SSL + UV380+FR740 +IR850 on morphogenesis, accumulation of biomass and essential

oil of basil, *Ocimum basilicum* L. Stella varieties. The spectral composition of the studied illumination is characterized by a greater proportion of the red (600–700 nm) and far red (700–800 nm) parts of the spectrum, but with a smaller amount of green (500–600 nm) light (172.96 and 155.19; 25.06 and 16.19; 117.92 and 139.01 micromol/m²·c for the variant and control, respectively), ultraviolet (380 nm) and infrared (850 nm) radiation are present. The ratio of red to far red is 6.90 and 9.59 in the variant and control, respectively, the illumination intensity had no effect on the wet weight of plants: 30.7±4.2 and 31.0±3.7 g (150–200 mmol/m²·c), and 27.7±1.5 and 27.7±1.5 g (>300 mmol/m²·c) in option and control, respectively. The change in the lighting spectrum led to an increase in the average height of plants on the 14th, 20th, 22nd and 28th days after sowing. At the time of cutting (37 days), the proportion of plants with the 3rd, 4th, 5th and 6th pairs of leaves, with lateral shoots and the onset of the budding phase increased. The dry weight of the crop increased from 3.43% to 5.17 %, and the yield of essential oil increased by 1.7 times (from 3.81 to 4.03 mg/kg). According to the component composition of the essential oil, the Stella variety can be attributed to the linalool-eugenol chemotype. Conclusion: The realization of the biological potential of the ordinary Stella basil by using lamps with a higher proportion of the red and far red spectrum compared to lamps used on commercial vertical farms with the presence of ultraviolet and infrared radiation accelerates the passage of the phenophases of the vegetative stage, helps to increase the yield of dry plant mass, which ensures an increase in the amount of essential oil obtained with a high content of linalool, eugenol and 1,8-cineol.

Выращивание зелени и овощей в городских условиях в специальных установках с использованием современных технологий управления (спектрально-временной состав света, гидро/аэропоники) позволяет добиться производительности в десятки раз больше классического земледелия. Вертикальные фермы, на которых производство растительной продукции происходит практически в изоляции от окружающей среды, обладают такими преимуществами, как экономичность, производительность, обеспечение круглогодичного производственного цикла, независимость от погоды, возможность обеспечения идеальных условий выращивания для конкретной культуры [1, 2]. Среди этих условий одним из ключевых является свет. Раздел науки и технологии, изучающие взаимодействие органического вещества со светом и другими формами излучений, в которых квантовой единицей служит фотон, – это биофотоника [3]. В последние годы в рамках биофотоники выделен специализированный сегмент – агрофотоника или агроббиофотоника. Агроббиофотоника изучает указанные явления для всех живых организмов, которые имеют отношение к получению продуктов питания в сельском хозяйстве. В настоящее время в рамках агроббиофотоники активно изучаются и внедряются фотонные системы стимулирования эффективного роста сельскохозяйственных культур [4, 5]. Область искусственного освещения в агросекторе интенсивно прогрессирует после распространения светодиодных источников света, которые, наряду с прочими выгодными особенностями, позволяют формировать необходимый спектральный состав. Светодиоды (LEDs) – это перспективная технология с низким тепловыделением и возможностью

оптимизации спектра, которая обеспечивает повышение продуктивности растений. В современных установках земледелия закрытого грунта люминесцентные лампы постепенно замещаются на светодиодные. Это связано в первую очередь с высокой энергетической эффективностью систем светодиодного освещения, которые позволяют варьировать спектральный состав света в широких диапазонах, подбирая разные световые решения в зависимости от вида и сорта растения [1, 6–8]. Влияние спектра света на морфологию, онтогенез и накопление биомассы растений в достаточной степени изучено и очевидно. Учет потребностей растений в определенном спектральном составе света необходим при правильном подборе источников искусственного освещения – светодиодов, важнейшим преимуществом которых является возможность управлять качеством световой среды, от которой непосредственно зависят рост, морфогенез, фотосинтез растений [9–13]. Роль спектрального состава на накопление вторичных метаболитов менее изучена и привлекает пристальное внимание исследователей. Результаты исследований однозначно свидетельствуют, что с помощью света можно влиять на накопление в растениях тех или иных веществ вторичного метаболизма [14, 15]. Активно проводятся подобные исследования в отношении базилика обыкновенного, *Ocimum basilicum* L. – ценного эфиромасличного растения, широко применяемого в различных отраслях народного хозяйства [16–18].

Базилик, различные его виды и сорта, которые разнятся по своим пряноароматическим характеристикам, связанным с накоплением эфирных масел, является популярной зеленой культурой

защищенного грунта. Максимальная реализация генетического потенциала растений определяется возможностями оптимизации его культивирования. Известно, что на выращивание базилика в помещении влияет световой спектр, плотность потока фотосинтетических фотонов и фотопериод. При сравнении влияния обычных условий выращивания базилика в поле и в теплице, а также на городской ферме со светодиодным освещением на уровень эфирного масла и на его компонентный состав в разных сортах базилика было установлено повышенное содержание этого метаболита в листьях некоторых сортов при контролируемом освещении [19]. Показано, что светодиоды с узкой длиной волны, включая синие, красные и сине-красные, оказывают значительное влияние на повышение общего содержания фенолов и антирадикальной активности микрозелени базилика [20]. Изменение качества дополнительного освещения влияет на высоту растений и площадь листьев, содержание основных ароматических веществ в базилике сорта Итальянский крупнолистный, выращенном на гидропонике в теплице [21]. Спектральное качество дополнительного освещения в теплице может напрямую влиять на выделение ароматических летучих веществ и вторичных метаболитических ресурсов (т.е. конкретных соединений и классов соединений) [22]. Время и продолжительность применения светодиодных и люминесцентных ламп по-разному влияют на урожайность, накопление питательных веществ и эффективность использования света базиликом в теплице в разные сезоны. При выращивании базилика в микрокосмах от рассады до полностью сформировавшихся растений в различных условиях фотопериода и интенсивности освещения белым светом были обнаружены почти одни и те же летучие органические соединения, относящиеся к терпенам, альдегидам, спиртам, эфирам и кетонам. Линалоол, эвкалиптол и эвгенол были основными компонентами независимо от условий освещения [23].

Следует отметить, что большинство имеющихся данных получены в лабораторных установках, что не позволяет напрямую применять результаты на коммерческих вертикальных фермах. Экспериментально доказано, что базилик выделяется не только видовой, но и сортовой специфичностью в отношении реакции на спек-

тральный состав освещения, поэтому необходимо учитывать этот факт.

Очевидно, что существенными факторами, влияющими на рост и развитие растений, являются количество, качество и продолжительность освещения. Сельскохозяйственные производители могут манипулировать этими параметрами с помощью светодиодов для оптимизации выхода биомассы и качества растений по уровню и специфике вторичных метаболитов.

Следовательно, изучение спектрального состава освещения базилика определенного сорта, культивируемого в условиях вертикальных ферм не только в качестве зеленой продукции, но и для получения вторичных метаболитов, является актуальной проблемой.

Цель проведенного исследования заключалась в оценке влияния спектрального состава освещения светодиодами вертикальных ферм на накопление вегетативной массы и получение эфирного масла базилика обыкновенного, *Ocimum basilicum* L. сорта Стелла.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились в условиях коммерческой вертикальной фермы (iFarm, г. Новосибирск). Семена базилика обыкновенного (душистый, огородный или камфорный), *Ocimum basilicum* L. (сем. Lamiaceae) сорта Стелла высевали в сетчатые сосуды для гидропоники диаметром 62 мм, заполненные смесью торфа и перлита в пропорции 3 : 1, по 7 семян в каждый сосуд. Два дня горшки находились в темноте, на третий день выставлялись на стеллажи под свет. Стеллажи из двух полок (1000×400 мм) на расстоянии 500 мм между ними (рис. 1).

Питание растений обеспечивалось слабоминерализованным раствором методом «затопления» первые 20 дней опыта и методом «глубоководной культуры» (DWC, Deep Water Culture) с 21 дня до окончания опыта (37 день после посева).

Для освещения применялись лампы Miniferer 1.3 Quantum board 180 × 390 Samsung lm301b 3500K+660nm Osram SSL + UV380+FR740+IR850 (вариант опыта) и лампы, используемые на коммерческой вертикальной ферме (контроль).



Рис. 1. Базилик обыкновенный, *Ocimum basilicum* L. сорта Стелла, культивируемый в условиях вертикальной фермы (фото А.О. Федосенко)

Common basil, *Ocimum basilicum* L., cultivar Stella, grown in a vertical farm (photo by A.O. Fedosenko)

Осветительные приборы были настроены на одинаковую выходную мощность, при которой создавалась максимальная плотность фотосинтетического потока фотонов (интенсивность светового излучения), равная $330 \text{ } \mu\text{моль/м}^2 \cdot \text{с}$. Фотопериод во время всего эксперимента 16/8 ч.

Спектры осветительных приборов и интенсивность светового излучения измеряли с помощью спектрофотометра «ТКА-Спектр» (ФАР) на расстоянии 280 мм от ламп. На протяжении эксперимента проводили мониторинг температуры и влажности воздуха с помощью датчиков DHT-11 и платформы Arduino, а также психрометрического гигрометра ВИТ-2.

При культивировании базилика температура воздуха менялась в диапазоне от $16,4$ до $28,4$ °С, влажность – от 40 до 95 %. Средние значения составили $23,8 \pm 0,16$ °С и $70 \pm 0,7$ % соответственно.

На 14, 20, 22, 28 и 37 день после посева определяли морфометрические и фенологические характеристики растений: высота побегов, количество пар листьев и наличие боковых побегов. На 37-й день (окончание эксперимента) проводили учет сырой массы срезованных с каждого горшка растений. Использовали весы ВК-1500.

Поскольку плотность светового потока распределялась на полках неравномерно, оценивали влияние данного фактора на сырую массу срезованных растений. Для этого в варианте и контроле отбирали по четыре сосуда, расположенных под освещением с низкой ($150\text{--}200 \text{ } \mu\text{моль/м}^2 \cdot \text{с}$) и высокой ($>300 \text{ } \mu\text{моль/м}^2 \cdot \text{с}$) плотностью.

Срезанные образцы надземной части базилика высушивали без доступа света, а затем измельчали вручную до частиц размером не более 5 мм.

Изучение эфирных масел базилика проводилось на базе НИОХ СО РАН и было выполнено младшим научным сотрудником лаборатории терпеновых соединений Д.В. Домрачевым. Эфирное масло извлекали методом гидроdistилляции с параллельной экстракцией. Раствор эфирного масла в гексане сушили над безводным сульфатом натрия, фильтровали и отгоняли растворитель на ротационном испарителе при комнатной температуре. Полученный остаток взвешивали и запаивали в стеклянные ампулы, которые хранились в холодильнике до проведения анализа. Хромато-масс-спектры регистрировались на хроматографической системе Agilent (Agilent 5973N ГХ с масс-селективным детектором Agilent 5973N EI/PCI). Кварцевая капиллярная колонка HP5ms ($30 \text{ м} \times 0,25 \text{ мм}$). Газ-носитель гелий, 1 мл/мин. Температура колонки 50 °С в течение 2 мин, $50\text{--}240$ °С (4 °С/мин), $240\text{--}280$ °С (20 °С/мин), 280 °С в течение 5 мин. Полученные хроматограммы обрабатывали в программе Agilent Chemstation и AMDIS. Содержание компонентов определяли методом внутренней нормализации без использования поправочных коэффициентов. Данные по содержанию усредняли.

Для статистической обработки экспериментальных данных использовали методы описательной статистики и дисперсионного анализа в программах LibreOffice и Microsoft Excel LTSC 2021. При анализе принимали уровень значимости $p = 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Плотность потока фотонов, интенсивность освещения полки, занятой выращиваемой культурой, более равномерно распределялась в контроле

(рис. 2). В варианте уменьшение плотности потока фотонов от центра к краю полки более выражено, менее интенсивно освещались углы полки. Данная особенность объясняется конструктивными особенностями осветительных приборов.

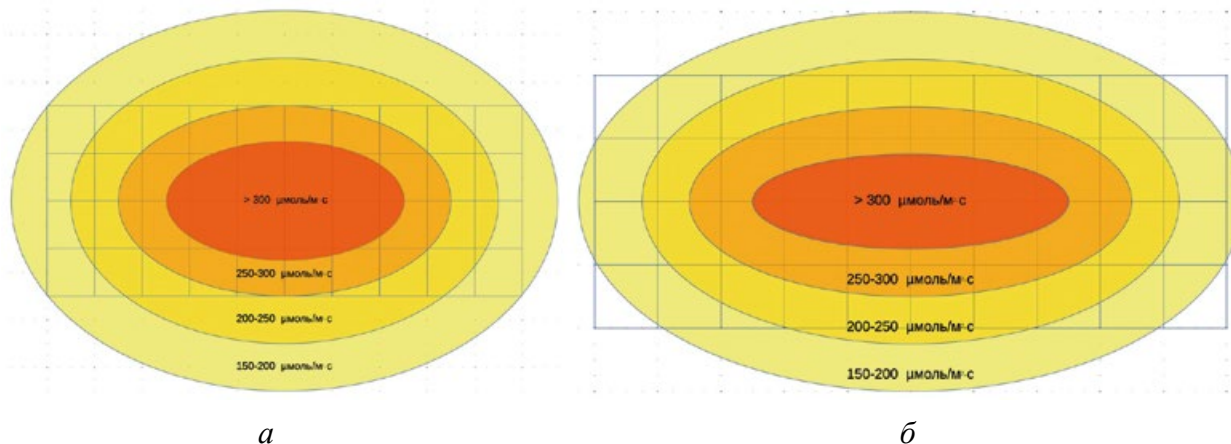


Рис. 2. Распределение плотности потока фотонов: а – контроль; б – вариант
Distribution of photon flux density: a – control; b – variant

Анализ спектрального состава освещения показывает, что при сопоставимых общей мощности и доле синего света вариант превышает контроль по содержанию красного и дальнего красного света, но при этом уступает по содержанию зеленого спектра (рис. 3). В спектральном

составе варианта присутствует ультрафиолет (380 нм) и инфракрасное (850 нм) излучение. Соотношение красного (600–700 нм) к дальнему красному (700–800 нм) свету составляет 6,90 и 9,59 в варианте и контроле соответственно.

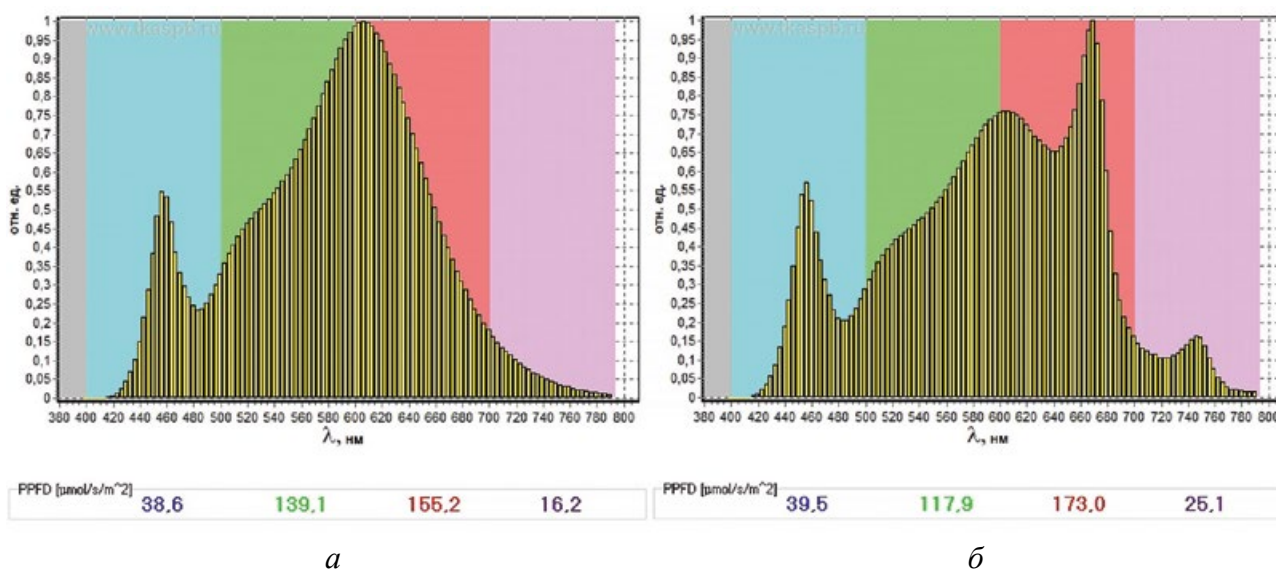


Рис. 3. Спектральный состав освещения: а – контроль; б – вариант
Spectral composition of lighting: a – control; b – variant

Различия в интенсивности освещения не оказало статистически значимого ($p = 0,74$) влияния на вегетативную массу срезанных растений, как и взаимодействие спектрального состава и интенсивности освещения ($F_{кр} > F_{ф}$, $p = 0,83$). Неравномерность плотности потока фотонов в

варианте опыта оказала влияние на существенное увеличение коэффициентов вариации изучаемого показателя. Таким образом, расположение сосудов на полке не оказало статистически значимого влияния на изучаемый показатель (табл. 1).

Таблица 1

Влияние интенсивности освещения на вегетативную массу срезанных растений при различных условиях освещения
The influence of illumination intensity on the vegetative mass of cut plants under different lighting conditions

Условия эксперимента		Вегетативная масса срезанных растений, г		
		$\bar{x} \pm S \bar{x}$	σ	$C_v, \%$
Вариант	Низкая освещенность (150–200 $\mu\text{моль/м}^2 \cdot \text{с}$)	30,7 \pm 4,2	71,8	233,9
	Высокая освещенность (>300 $\mu\text{моль/м}^2 \cdot \text{с}$)	31,0 \pm 3,7	54,9	177,1
Контроль	Низкая освещенность (150–200 $\mu\text{моль/м}^2 \cdot \text{с}$)	27,7 \pm 1,5	9,1	32,9
	Высокая освещенность (>300 $\mu\text{моль/м}^2 \cdot \text{с}$)	27,7 \pm 1,5	13,4	45,6

Различия в спектральном составе освещения определяли от 1,7 до 14,7 % вариации высоты растений, но на момент окончания эксперимента (37 день после посева) не выявлено влияния этого

фактора на изучаемый показатель (табл. 2). Это свидетельствует о целесообразности применения спектра освещения, представленного в варианте, в период вегетативной фазы развития базилика.

Таблица 2

Влияние спектрального состава освещения на динамику роста базилика
The influence of spectral composition of lighting on the growth dynamics of basil

Условия эксперимента	Дни после посева	Высота растений, мм $\bar{x} \pm S \bar{x}$	Влияние признака	
			F	$\%$
Вариант	14	25,48 \pm 0,27	$F_{кр} > F_{ф}$ $p = 1,59\text{e-}08$	4,2
Контроль		23,36 \pm 0,26		
Вариант	20	48,92 \pm 0,51	$F_{кр} > F_{ф}$ $p = 1,017\text{e-}14$	14,7
Контроль		44,07 \pm 0,32		
Вариант	22	51,5 \pm 1,33	$F_{кр} > F_{ф}$ $p = 0,010$	1,7
Контроль		46,71 \pm 1,3		
Вариант	28	93,69 \pm 4,25	$F_{кр} > F_{ф}$ $p = 0,028$	2,4
Контроль		80,71 \pm 4,06		
Вариант	37 (бутонизация)	143,65 \pm 13,5	$F_{кр} < F_{ф}$ $p = 0,059$	0
Контроль		184,72 \pm 16,66		

Не выявлено статистически значимого влияния ($t_{ф} < t_{кр}$) спектрального состава освещения на скорость формирования второй пары листьев у растений (рис. 4, а). На 37-й день после посева в варианте по сравнению с контролем увеличивается доля растений с третьей, четвертой, пятой

и шестой парами листьев, а также с боковыми побегами (рис. 4, б, в, рис. 5). Кроме ускорения морфогенеза отмечено начало фазы бутонизации у растений при освещении спектром светодиодов, примененных в варианте опыта.

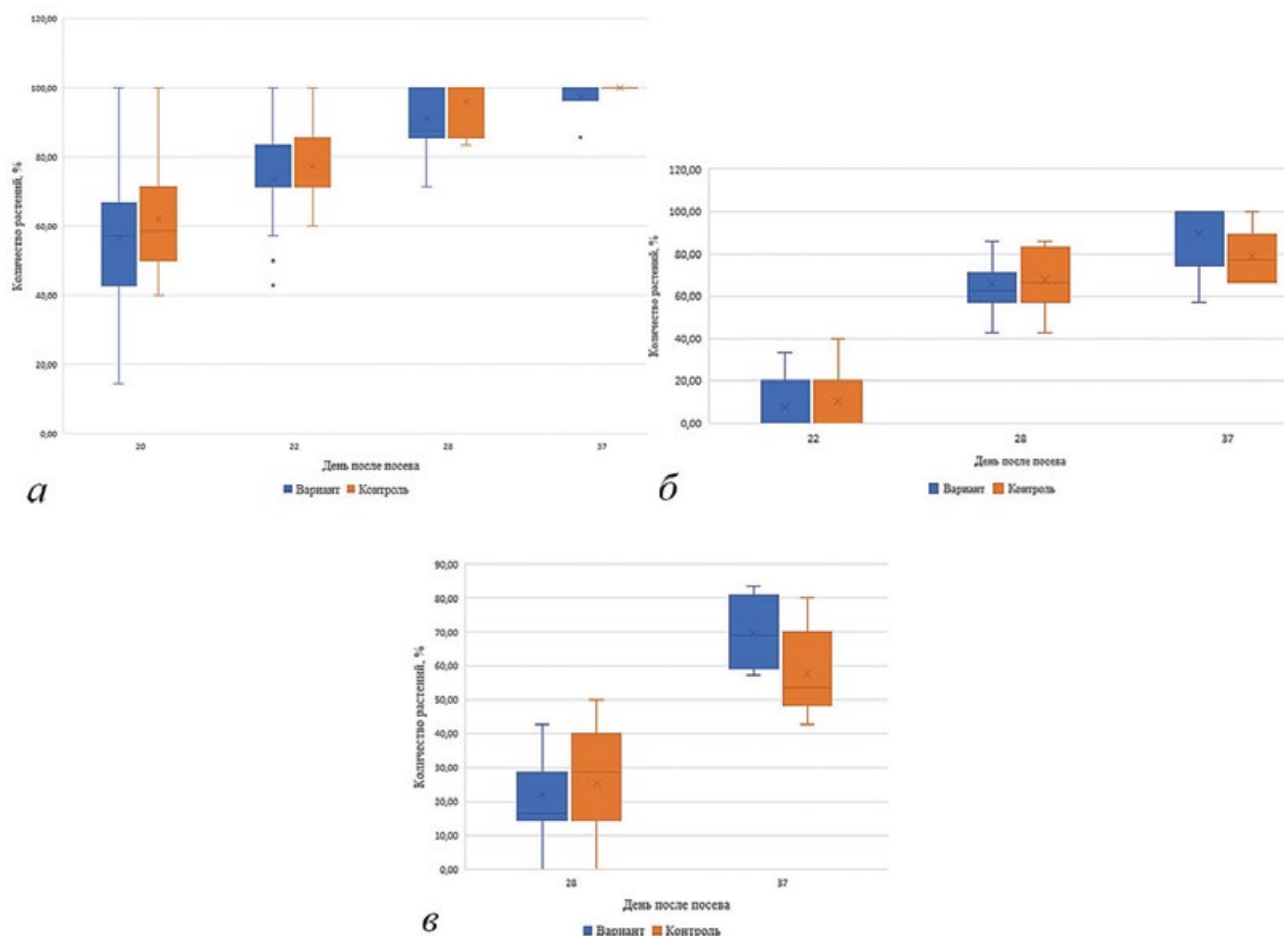


Рис. 4. Доля растений по дням учета со второй (а), третьей (б), четвертой (в) парой листьев, %
The proportion of plants by days of accounting with the second (a), third (b), fourth (c) pair of leaves, %

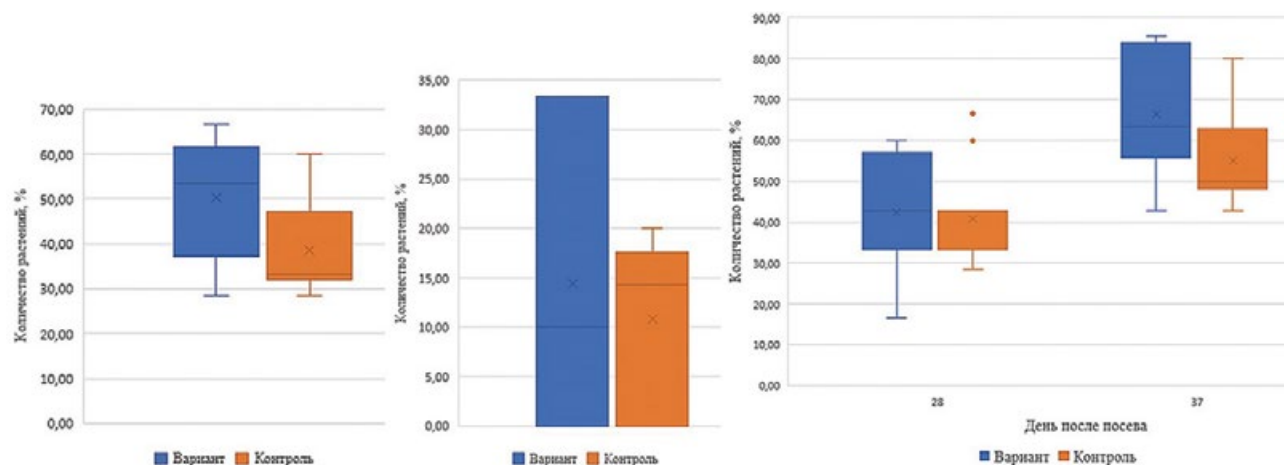


Рис. 5. Доля растений с пятой (а) и шестой (б) парой листьев, с боковыми побегами (в) на 37-й день после посева, %
The proportion of plants with the fifth (a) and sixth (b) pair of leaves, with lateral shoots (c) on the 37th day after sowing, %

Таким образом, морфометрические характеристики базилика, культивируемого при использовании различных спектров освещения, не показали значимых отличий на момент окончания эксперимента (начало фазы бутонизации) по высоте и сырой массе срезанных растений. Однако используемый в варианте источник освещения

влияет на скорость прохождения фенологических периодов вегетативной фазы, что способствует сокращению производственного цикла.

Используемый в варианте спектр освещения привел к увеличению накопления сухой массы растений (табл. 3).

Содержание эфирного масла в образцах
Essential oil content in samples

Показатель	Вариант	Контроль
Сухая масса сырья, г	50,25	31,48
Получено масла, мг	202,3	120,0
Выход масла, %	0,403	0,381
Выход масла, мг/г	4,03	3,81

Выход эфирного масла составил 0,403 и 0,381 %, но в результате различий в массе исходного материала получена существенная разница в количестве полученного масла: 202,3 и 120 мг для варианта и контроля соответственно. Сухая масса урожая базилика в варианте опыта составляла 5,17 % против 3,43 % в контроле (табл. 3).

Среди основных идентифицированных компонентов эфирного масла преобладают: 1,8-цинеол – $3,06 \pm 0,06$ и $1,86 \pm 0,02$ %; линалоол – $27,74 \pm 1,12$ и $22,3 \pm 0,7$ %; эвгенол – $28,02 \pm 0,43$ и $25,12 \pm 0,33$ % в варианте и контроле соответственно. В растениях контроля содержалось больше, чем в растениях варианта соответственно: транс- α -бергмотена – $7,08 \pm 0,12$ и $10,34 \pm 0,18$ %; Е- β -фарнезена – $1,5 \pm 0,04$ и $2,15 \pm 0,01$ %; γ -кадинена – $1,54 \pm 0,03$ и $2,32 \pm 0,02$ %; Т-кадинола – $4,08 \pm 0,09$ и $5,09 \pm 0,05$ %. Отмечены различия в содержании минорных компонентов (<1 %). В варианте обнаружены транс- β -оцимен, октанол-1; в контроле – транс-фуранолиналооксид, цис-фуранолиналооксид, α -куббен, Е-неролидол, интермедеол, гексагидрофарнезилацетон. Особенности состава эфирного масла заключаются в преобладании линалоола и эвгенола, что служит основанием для отнесения базилика обыкновенного, *O. basilicum* сорта Стелла к линалоолово-эвгенольному хемотипу.

Анализ компонентного состава эфирного масла базилика показывает зависимость его качества (доли отдельных компонентов) от спектра освещения растений. Спектр освещения в варианте опыта обеспечивает получение растений с более высоким содержанием линалоола, эвгенола и 1,8-цинеола.

В целом полученные результаты не противостоят устоявшимся взглядам на роль светового спектра в морфогенезе и физиологии растений и позволяют оптимизировать освещение при выращивании базилика сорта Стелла в условиях вертикальных ферм с целью повышения выхода эфирных масел.

Результаты, полученные при изучении интенсивности освещения, свидетельствуют об отсутствии статистически значимого влияния плотности фотонного потока при его изменении в диапазоне от 150–200 до >300 $\mu\text{моль/м}^2 \cdot \text{с}$ на получаемую сырую биомассу базилика. Это не согласуется с результатами авторов, установивших существенное влияние интенсивности освещения на сырую массу листьев и высоту растений базилика сорта Арарат [24]. Очевидна роль сортовых особенностей базилика, а также, вероятно, влияние различий в плотности посадки растений и неравномерности плотности потока фотонов.

Высота растений базилика сортов Анисовый аромат и Опал, выращенных в аналогичном нашем контролю спектре освещения, но с меньшей интенсивностью (180 против 330 $\mu\text{моль/м}^2 \cdot \text{с}$ в нашем эксперименте), составила 63 ± 7 и 135 ± 26 мм [11]. Учитывая существенное различие в интенсивности освещения, стоило ожидать большей высоты растений сорта Стелла в контроле, однако она составила $80,71 \pm 4,06$ мм. Вероятно, это связано не только с сортовой специфичностью, но и с высокой плотностью посадки растений, что вызвало большую вариабельность данного морфологического параметра: высота растений в контроле изменялась от 15 до 190 мм. В связи с этим важным является вопрос оптимизации плотности посадки растений в сосуде.

Данные по динамике роста и высоте растений как в контрольной группе, так и в варианте, сопоставимы с показателями, приведенными в литературе для базилика сорта Компатто, выращенного под светодиодной установкой красно-синего спектра [25].

Средняя высота 3-недельных растений базилика сорта Цезарь, выращенных под светодиодным освещением с синим, красным и дальним красным спектром и интенсивностью светового потока 180 $\mu\text{моль/м}^2 \cdot \text{с}$, составила 18 мм [26]. Это значительно меньше показателей, наблюдаемых в нашем опыте для сорта Стелла при 330 $\mu\text{моль/м}^2 \cdot \text{с}$

для аналогичного периода вегетации ($51,5 \pm 1,33$ и $46,7 \pm 1,3$ мм для варианта и контроля соответственно). Такая разница может быть связана с более высокой интенсивностью освещения в нашем опыте и более длительным световым периодом (фотопериод 16/8 и 12/12 ч для сорта Стелла и Цезарь соответственно). Также нельзя исключать влияние сортовой специфичности.

В ряде публикаций, как и в представленном исследовании, отмечается рост сухой массы базилика при высоком содержании дальнего красного света и более низком соотношении красного к дальнему красному [27–29].

В эксперименте не выявлено влияния изменений в спектре освещения на высоту и сырую массу растений на момент сбора урожая, однако в варианте с большей долей красного спектра возросло содержание эфирных масел, что согласуется с результатами, полученными другими авторами [30].

Исследования других авторов показывают, что выход эфирного масла колеблется от 0,07 до 1,92 % от сухой массы растений базилика в зависимости от сорта и условий выращивания [31]. Это подтверждается результатами проведенного анализа: базилик сорта Стелла характеризовался выходом эфирного масла 0,40 и 0,38 % в варианте и контроле соответственно. Этот показатель ниже, чем у сортов Русский гигант зеленый, Лимонный и Перечный (0,81, 0,67 и 0,78 % соответственно) [32].

Результат нашего эксперимента подтверждает данные о повышении концентрации в эфирном масле определенных соединений (1,8-цинеол, линалоол, эвгенол) при выращивании базилика в присутствии ультрафиолетового спектра [33]. Последнее свидетельствует о близких механизмах реакции сортов Стелла и Генуэзский на данный фактор.

ВЫВОДЫ

1. Спектральный состав изученного освещения отличается большей долей красной (600–700 нм) и дальней красной (700–800 нм) частей спектра, но с меньшим количеством зеленого (500–600 нм) света (интенсивность 172,96 и 155,19; 25,06 и 16,19; 117,92 и 139,01 $\mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ для варианта и контроля соответственно), присутствует ультрафиолет (380 нм) и инфракрасное излучение (850 нм). В контроле освещение распределено более равномерно, чем в варианте,

где менее интенсивно освещаются углы полок вертикальной фермы.

2. Интенсивность освещения в изученном диапазоне не оказывает влияния на сырую массу срезанных растений, которая составляла $30,7 \pm 4,2$ и $31,0 \pm 3,7$ г (при 150–200 $\mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$), и $27,7 \pm 1,5$ и $27,7 \pm 1,5$ г (при $>300 \mu\text{моль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$) для варианта и контроля соответственно. Взаимодействие спектрального состава и интенсивности освещения существенного влияния на накопление вегетативной массы растений не оказывает ($F_{\text{табл.}} > F_{\text{факт.}}$, $p = 0,83$).

3. Изменение спектра освещения обеспечивает повышение накопления сухой массы базилика (5,17 против 3,43 % в контроле), но не оказывает существенного влияния на сырую массу срезанных растений.

4. Изменение спектра освещения оказало влияние на скорость морфогенеза базилика обыкновенного сорта Стелла: увеличилась средняя высота растений на 14, 20, 22 и 28 дни после посева ($F_{\text{факт.}} > F_{\text{кр.}}$). На момент срезки (37 дн.) значимого влияния на высоту не выявлено ($p = 0,059$), но увеличилась доля растений с третьей, четвертой, пятой и шестой парами листьев, а также с боковыми побегами.

5. Изменение спектра освещения растений обеспечило повышение выхода эфирного масла в 1,7 раза. Среднее содержание в его составе 1,8-цинеола увеличилось в 1,64, линалоола – в 1,24 и эвгенола – в 1,11 раз. По компонентному составу эфирного масла сорт Стелла базилика обыкновенного может быть отнесен к линалоолово-эвгенольному хемотипу.

6. Реализация генетического потенциала базилика обыкновенного сорта Стелла, культивируемого на вертикальных фермах для получения эфирного масла, обеспечивается за счет использования ламп Miniferner 1.3 Quantum board 180 x 390 Samsung lm301b 3500K + 660nm Osram SSL + UV380 + FR740 + IR850 с большей долей красного и дальнего красного спектра по сравнению с применяемыми на коммерческих вертикальных фермах лампами с присутствием ультрафиолета и инфракрасного излучения, поскольку ускоряет прохождение фенологических периодов вегетативной фазы, способствует увеличению выхода сухой массы растений, что увеличивает количество получаемого эфирного масла с повышенным содержанием линалоола, эвгенола и 1,8-цинеола.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. «Светодиодная революция» и новые возможности повышения эффективности светокультуры растений / Г.В. Боос, Л.Б. Прикупец, В.И. Трухачев [и др.] // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. – 2022. – № 5. – С. 36–41.
2. Филатов Д.А., Авдеева Е.А., Опонин И.Ю. Оптимальные параметры и режимы работы системы освещения вертикальных ферм: обзор мировых исследований // Электротехнологии и электрооборудование в АПК. – 2023. – Т. 70, № 2 (51). – С. 10–18.
3. Фотоника: Словарь терминов / Т.Е. Ковалевская [и др.]. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2004. – 342 с.
4. Соснин Э.А., Кульчин Ю.Н., Астафурова Т.П. Становление агробиофотоники как закономерное развитие научных направлений / ВКВО-2019 Агробиофотоника. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/stanovlenie-agrobiofotoniki-kak-zakonomernoe-razvitie-nauchnyh-napravleniy> (дата обращения: 29.05.2025).
5. Applications of photonics in agriculture sector: A review / J.Y. Tan, P.J. Ker, K.Y. Lau [et al.] // Molecules. – 2019. – Vol. 24, № 10. – P. 2025.
6. Прикупец Л.Б. Светодиоды в тепличном освещении: возможности и реальность // Светотехника. Спец. вып. Международная научно-техническая конференция по применению светодиодных фитооблучателей. – 2019. – С. 8–12.
7. ФГБУН Институт автоматики и процессов управления Дальневосточного отделения Российской академии наук. – URL: <https://www.iacp.dvo.ru/structure/collective/2614/2621/2625> (дата обращения: 29.05.2025).
8. НИПЛ «Агробиофотоника» ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет». – URL: <https://abiofotonica.ru/#> (дата обращения: 29.05.2025).
9. Park Y., Runkle E.S. Spectral effects of light-emitting diodes on plant growth, visual color quality, and photosynthetic photon efficacy: White versus blue plus red radiation // PloS ONE. – 2018. – Vol. 13 (8): e0202386. – DOI: 10.1371/journal.pone.0202386.
10. Кульчин Ю.Н. Агробиофотоника – влияние света на развитие растений // Фотон-экспресс. – 2019. – № 6 (158). – С. 64.
11. Продуктивность базилика сладкого (*Ocimum basilicum* L.) при выращивании в оранжереях с использованием светодиодного освещения / В.В. Кондратьева, Т.В. Воронкова, М.В. Семанова [и др.] // Вестник КрасГАУ. – 2022. – № 9. – С. 3–10. – DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-3-10.
12. Hammock H.A., Kopsell D.A., Sams C.E. Application timing and duration of LED and HPS supplements differentially influence yield, nutrient bioaccumulation, and light use efficiency of greenhouse basil across seasons // Frontiers in plant science. – 2023. – Vol. 14. – P. 1174823. – DOI: 10.3389/fpls.2023.1174823.
13. Влияние спектрального состава светодиодных источников искусственного освещения на функциональную активность фотосинтетического аппарата листьев базилика / Е.М. Кабачевская, С.В. Суховеева, Ю.В. Трофимов [и др.] // Журнал прикладной спектроскопии. – 2023. – Т. 90, № 6. – С. 910–916.
14. Фотонная регуляция биосинтеза вторичных метаболитов в салате *Eruca sativa* / Ю.Н. Кульчин, В.П. Булгаков, Е.П. Субботин [и др.] // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2021. – № 4. – С. 87–98. – DOI: 10.37102/0869-7698_2021_218_04_10.
15. Исследование влияния излучения в различных диапазонах области ФАР на продуктивность и биохимический состав биомассы салатно-зеленных культур / Л.Б. Прикупец, Г.В. Боос, В.Г. Терехов [и др.] // Светотехника. – 2018. – № 5. – С. 6–2.
16. Иваницких А.С., Тараканов И.Г. Действие спектрального состава света на накопление эфирных масел растениями базилика в условиях светокультуры // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2022. – Т. 25, № 11. – С. 3–9.
17. Шайдуллин А.Х. Продуктивность и питательная ценность зеленных культур (*Ocimum basilicum* L., *Eruca sativa* Mill.) в условиях светокультуры // Агробиоинженерия 2021: сб. ст. Всерос. конф.-конкурса молодых исследователей, Москва, 1 февраля – 30 апреля 2021 г. – М., 2021. – С. 269–273.
18. Effect of Light Intensity and Light Spectrum of LED Light Sources on Photosynthesis and Secondary Metabolite Synthesis in *Ocimum basilicum* / L. Jokic, I. Pappert, T.Q. Khanh [et al.] // Plants (Basel, Switzerland). – 2025. – Vol. 14 (9). – P. 1334. – DOI: 10.3390/plants14091334.
19. Treasures Induced by Narrow-Spectrum: Volatile Phenylpropanoid and Terpene Compounds in Leaves of Lemon Basil (*Ocimum × citriodorum* Vis.), Sweet Basil (*O. basilicum* L.) and Bush Basil (*O. minimum* L.) Under Artificial Light City Farm Conditions / S.L. Belopukhov, V.L. Dmitrieva, V.E. Luneva [et al.] // Plants (Basel, Switzerland). – 2025. – Vol. 14 (9). – P. 403. – DOI: 10.3390/plants14030403.
20. Effect of light emitting diodes (LEDs) irradiation on the functional quality and shelf life of basil microgreens / Z. Narouei, S.A.H. Goil, M.R. Sabzalian [et al.] // J. Essential Oil Research. – 2024. – Vol. 36 (4). – P. 367–379.

21. *Pre-harvest supplemental LED treatments led to improved postharvest quality of sweet basil leaves* / A.I. Sale, A. Uthairatanakij, N. Laohakunjit [et al.] // *J. Photochem Photobiol.* – 2023. – 248. – P. 112788. – DOI: 10.1016/j.jphotobiol.2023.112788.
22. *Hammock H.A., Sams C.E. Variation in supplemental lighting quality influences key aroma volatiles in hydroponically grown 'Italian Large Leaf' basil* // *Frontiers in plant science.* – 2023. – Vol. 14. – P. 11846–11864. – DOI: 10.3389/fpls.2023.1184664.
23. *Light Flux Density and Photoperiod Affect Growth and Secondary Metabolism in Fully Expanded Basil Plants* / L. d'Aquino, R. Cozzolino, L. Malorni [et al.] // *Foods (Basel, Switzerland).* – 2024. – Vol. 13 (14). – P. 2273. – DOI: 10.3390/foods13142273.
24. *Фотосинтез и продуктивность у растений базилика (Ocimum basilicum L.) при облучении различными источниками света* / М.Н. Полякова, Ю.Ц. Мартиросян, Т.А. Диловарова [и др.] // *Сельскохозяйственная биология.* – 2015. – Т. 50, № 1. – С. 124–130.
25. *Тимошенко П.В. Продуктивность базилика Ocimum basilicum L., выращенного в условиях светодиодного освещения* // *Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР.* – 2020. – № 1–2. – С. 291–293.
26. *Light Quality Dependent Changes in Morphology, Antioxidant Capacity, and Volatile Production in Sweet Basil (Ocimum basilicum)* / S.D. Carvalho, M.L. Schwieterman, C.E. Abrahan [et al.] // *Frontiers in Plant Science.* – 2016. – Vol. 7. – URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.01328/full> (дата обращения: 29.05.2025).
27. *Bantis F., Ouzounis T., Radoglou K. Artificial LED lighting enhances growth characteristics and total phenolic content of Ocimum basilicum, but variably affects transplant success* // *Scientia Horticulturae.* – 2016. – Vol. 198. – P. 277–183.
28. *Supplementary UV-B irradiation effects on basil (Ocimum basilicum L.) growth and phytochemical properties* / J. Sakalauskaite, P. Viškelis, P. Duchovskis [et al.] // *Journal of Food, Agriculture & Environment.* – 2012. – Vol. 10 (3, 4) – P. 342–346.
29. *Optimization of basil (Ocimum basilicum L.) production in LED light environments – a review* / L. Sipos, L. Balazs, G. Szekely [et al.] // *Scientia Horticulturae.* – 2021. – Vol. 289. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423821005938?via%3Dihub> (дата обращения: 29.05.2025).
30. *Влияние спектрального состава освещения на выход биомассы, флуоресценцию хлорофилла фотосистемы 2 и общее содержание эфирных масел у Ocimum basilicum* / В.С. Зотов, Ю.В. Большевская, С.А. Хапчаева [и др.] // *Прикладная биохимия и микробиология.* – 2020. – Т. 56, № 3. – С. 283–291.
31. *Zheljazkov V.D., Callahan A., Cantrell Ch.L. Yield and Oil Composition of 38 Basil (Ocimum basilicum L.) Accessions Grown in Mississippi* // *J. of Agricultural and Food Chemistry.* – 2008. – Vol. 56 (1). – P. 241–245.
32. *Анализ морфолого-анатомических признаков и оценка содержания эфирного масла в листьях базилика камфорного (Ocimum basilicum L.)* / К.И. Кравчук, Н.В. Нестерова, В.Ю. Ермакова [и др.] // *Медицинское образование и вузовская подготовка.* – 2018. – № 3(13)–4(14). – С. 133–137.
33. *Chang X., Alderson P., Wright C. Enhanced UV-B radiation alters basil (Ocimum basilicum L.) Growth and stimulates the synthesis of volatile oils* // *Horticulture and Forestry.* – 2009 – Vol. 1 – P. 27–31.

REFERENCES

1. Boos G.V., Prikupec L.B., Truhachjov V.I. [i dr.], *Vestnik Rossijskoj sel'skhozjajstvennoj nauki*, 2022, No. 5, pp. 36–41. (In Russ.)
2. Filatov D.A., Avdeeva E.A., Oponin I.Ju., *Jelektrotehnologii i jelektrooborudovanie v APK*, 2023, Vol. 70, No. (51), pp. 10–18. (In Russ.)
3. Kovalevskaja T.E. i dr., *Fotonika: slovar' terminov* (Photonics: Glossary of Terms), Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2004, 342 p. (In Russ.)
4. Sosnin Je.A., Kul'chin Ju.N., Astafurova T.P., *VKVO-2019 Agrobiofotonika*: <https://cyberleninka.ru/article/n/stanovlenie-agrobiofotoniki-kak-zakonomernoe-razvitie-nauchnyh-napravlenij> [data obrashhenija 29.05.2025]. (In Russ.)
5. Tan J.Y., Ker P.J., Lau K.Y. [et al.], *Applications of photonics in agriculture sector: A review*, *Molecules*, 2019, Vol. 24, No. 10, pp. 20–25.
6. Prikupec L.B., Svetotekhnika. *Special'nyj vypusk: Mezhdunarodnaja nauchno-tehnicheskaja konferencija po primeneniju svetodiodnyh fitoobluchatelej*, 2019, pp. 8–12. (In Russ.)
7. *FGBUN Institut avtomatiki i processov upravlenija Dal'nevostochnogo otdelenija Rossijskoj akademii nauk* (Federal State Budgetary Scientific Institution Institute of Automation and Control Processes of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences): <https://www.iacp.dvo.ru/structure/collective/2614/2621/2625> [data obrashhenija 29.05.2025]. (In Russ.)
8. *NPL «Agrobiofotonika» FGAOU VO «Nacional'nyj issledovatel'skij Tomskij politehnicheskij universitet»* (Scientific and Production Laboratory “Agrobiofontika” of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Edu-

- cation “National Research Tomsk Polytechnic University”), <https://abiofotonica.ru/#> [data obrashhenija 29.05.2025]. (In Russ.)
9. Park Y., Runkle E.S., Spectral effects of light-emitting diodes on plant growth, visual color quality, and photosynthetic photone efficacy: White versus blue plus red radiation, *PLoS ONE*, 2018, Vol. 13 (8), pp. e0202386, DOI: 10.1371/journal.pone.0202386.
 10. Kul'chin Ju.N., *Foton-jekspress*, 2019, No. 6 (168), pp. 64. (In Russ.)
 11. Kondrat'eva V.V., Voronkova T.V., Semonova M.V. i dr., *Vestnik KrasGAU*, 2022, No. 9, pp. 3–10, DOI: 10.36718/1819-4036-2022-9-3-10. (In Russ.)
 12. Hammock H.A., Kopsell D.A., Sams C.E., Application timing and duration of LED and HPS supplements differentially influence yield, nutrient bioaccumulation, and light use efficiency of greenhouse basil across seasons, *Frontiers in plant science*, 2023, Vol. 14, pp. 1174823, DOI: 10.3389/fpls.2023.1174823.
 13. Kabachevskaja E.M., Suhoveeva S.V., Trofimov Ju.V. [i dr.], *Zhurnal prikladnoj spektroskopii*, 2023, Vol. 90, No. 6, pp. 910–916. (In Russ.)
 14. Kul'chin Ju.N., Bulgakov V.P., Subbotin E.P. [i dr.], *Vestnik DVO RAN*, 2021, No. 4, pp. 87–98, DOI: 10.37102/0869-7698_2021_218_04_10. (In Russ.)
 15. Prikupec L.B., Boos G.V., Terehov V.G. [i dr.], *Svetotekhnika*, 2018, No. 5, pp. 6–2. (In Russ.)
 16. Ivanickih A.S., Tarakanov I.G., *Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy khimii*, 2022, Vol. 25, No. 11, pp. 3–9. (In Russ.)
 17. Shajdullin A.H., *Agrobioinzhenerija 2021* (Agrobioengineering 2021), Conference papers collection, Moscow, 2021, pp. 269–273. (In Russ.)
 18. Jokic L., Pappert I., Khanh T.Q. [et al.], Effect of Light Intensity and Light Spectrum of LED Light Sources on Photosynthesis and Secondary Metabolite Synthesis in *Ocimum basilicum*, *Plants (Basel, Switzerland)*, 2025, Vol. 14 (9), pp. 1334, Doi: 10.3390/plants14091334 [data obrashhenija 20.05.2025].
 19. Belopukhov S.L., Dmitrieva V.L., Luneva V.E. [et al.], Treasures Induced by Narrow-Spectrum: Volatile Phenylpropanoid and Terpene Compounds in Leaves of Lemon Basil (*Ocimum × citriodorum* Vis.), Sweet Basil (*O. basilicum* L.) and Bush Basil (*O. minimum* L.) Under Artificial Light City Farm Conditions, *Plants (Basel, Switzerland)*, 2025, Vol. 4 (9), pp. 403, DOI: 10.3390/plants14030403 [data obrashhenija 29.05.2025].
 20. Narouei Z., Goil S.A.H., Sabzalian M.R. [et al.], Effect of light emitting diodes (LEDs) irradiation on the functional quality and shelf life of basil microgreens, *J. Essential Oil Research*, 2024, Vol. 36 (4), pp. 367–379 [data obrashhenija 29.05.2025].
 21. Sale A.I., Uthairatanakij A., Laohakunjit N. [et al.], Pre-harvest supplemental LED treatments led to improved post-harvest quality of sweet basil leaves, *J. Photochem Photobiol*, 2023, Vol. 248, pp. 112788, DOI: 10.1016/j.jphoto-biol.2023.112788.
 22. Hammock H.A., Sams C.E., Variation in supplemental lighting quality influences key aroma volatiles in hydroponically grown ‘Italian Large Leaf’ basil, *Frontiers in plant science*, 2023, Vol. 14, pp. 11846–11864, DOI: 10.3389/fpls.2023.1184664 [data obrashhenija 20.05.2025].
 23. d’Aquino L., Cozzolino R., Malorni L. [et al.], Light Flux Density and Photoperiod Affect Growth and Secondary Metabolism in Fully Expanded Basil Plants, *Foods (Basel, Switzerland)*, 2024, Vol. 13 (14), pp. 2273, DOI: 10.3390/foods13142273 [data obrashhenija 29.05.2025].
 24. Poljakova M.N., Martirosjan Ju.C., Diloarova T.A. [i dr.], *Sel'skhozjajstvennaja biologija*, 2015, T. 50, No. 1, pp. 124–130. (In Russ.)
 25. Timoshenko P.V., *Sbornik izbrannyh statej nauchnoj sessii TUSUR*, 2020, No. 1–2, pp. 291–293. (In Russ.)
 26. Carvalho S.D., Schwieterman M.L., Abrahan C.E. [et al.], Light Quality Dependent Changes in Morphology, Antioxidant Capacity, and Volatile Production in Sweet Basil (*Ocimum basilicum*), *Frontiers in Plant Science*, 2016, Vol. 7: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.01328/full>.
 27. Bantis F., Ouzounis T., Radoglou K., Artificial LED lighting enhances growth characteristics and total phenolic content of *Ocimum basilicum*, but variably affects transplant success, *Scientia Horticulturae*, 2016, Vol. 198, pp. 277–283.
 28. Sakalauskaite J., Viškelis P., Duchovskis P. [et al.], Supplementary UV-B irradiation effects on basil (*Ocimum basilicum* L.) growth and phytochemical properties, *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2012, Vol. 10 (3, 4), pp. 342–346.
 29. Sipos L., Balazs L., Szekely G. [et al.], Optimization of basil (*Ocimum basilicum* L.) production in LED light environments – a review, *Scientia Horticulturae*, 2021, Vol. 289: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423821005938?via%3Dihub>.
 30. Zotov V.S., Bolychevskaja Ju.V., Hapchaeva S.A. [i dr.], *Prikladnaja biokhimiya i mikrobiologija*, 2020, Vol. 56, No. 3, pp. 283–291. (In Russ.)
 31. Zheljazkov V.D., Callahan A., Cantrell Ch.L., Yield and Oil Composition of 38 Basil (*Ocimum basilicum* L.) Accessions Grown in Mississippi, *J. of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, Vol. 56 (1), pp. 241–245.

32. Kravchuk K.I., Nesterova N.V., Ermakova V.Ju. [i dr.], *Medicinskoe obrazovanie i vuzovskaja podgotovka*, 2018, No. 3 (13)–4 (14), pp. 133–137. (In Russ.)
33. Chang X., Alderson P., Wright C., Enhanced UV-B radiation alters basil (*Ocimum basilicum* L.) Growth and stimulates the synthesis of volatile oils, *Horticulture and Forestry*, 2009, Vol. 1, pp. 27–31.

Информация об авторах:

Л.А. Осинцева, доктор биологических наук, профессор

А.О. Федосенко, магистр

В.Л. Петухов, доктор биологических наук, профессор

А.И. Жёлтиков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В.Г. Маренков, кандидат биологических наук, доцент

Contribution of the authors:

L.A. Osintseva, Doctor of Biological Sciences, Professor

A.O. Fedosenko, Master's degree

V.L. Petukhov, Doctor of Biological Sciences, Professor

A.I. Zheltikov, Doctor of Agricultural Sciences, Professor

V.G. Marenkov, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor

Вклад авторов:

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.