

С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) = Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). - 2021. - №4 (111). – С.22-31

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ ФИТОСВЕТИЛЬНИКОВ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ ТОМАТА

(Lycopersicon esculentum mill.)

А.С.¹Турбекова, С.К.²Джантасов, Г.В.⁴Иткинсон, В.А.³Столяров

¹Казахский агротехнический университет им.С.Сейфуллина,
г.Нур-Султан, Казахстан

²Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
г. Алматы, Казахстан

³ТОО «LedSystemMedia»

г.Нур-Султан, Казахстан

⁴АО «Инновационная фирма Акари-Центр»,

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

(E-mail: arysgul.turbekova.67@mail.ru)

Аннотация

Использование светодиодного освещения (СДО) в светокультуре растений представляется перспективным в связи с их высокой светоотдачей, возможностью регулировать спектр излучения, длительным рабочим ресурсом и рядом других характеристик.

В данной статье приведены результаты опыта с применением экспериментальных экземпляров тепличных светодиодных светильников отечественного производства, предназначенных для использования в качестве источника фотосинтетической активной радиации (ФАР) при выращивании рассады томата в стеллажных системах. Выявлено предпочтение в использовании светодиодного облучателя для выращивания рассады, как обеспечивающего больший рост диаметра стебля (на 14% относительно контрольной лампы). При использовании контрольного облучателя наблюдался больший рост высоты стебля, но с уменьшением его диаметра.

Ключевые слова: томат, рассада, светодиодное освещение, теплицы.

Введение

В Стратегии развития Республики Казахстан до 2050 года прямо указано на необходимость создания в Казахстане национальных,

конкурентоспособных брендов сельскохозяйственной продукции с акцентом на экологичность. Перед отечественным сельским

хозяйством поставлена задача «...стать глобальным игроком в области экологически чистого производства сельскохозяйственной продукции»[1].

По мере роста цен на электричество проблема модернизации тепличного оборудования, замены традиционных источников досветки тепличных овощных культур светодиодными облучателями (СДО) становится актуальным с каждым годом.

Себестоимость производства овощей в капитальных теплицах включает в себя затраты на приобретение тепловой и электрической энергии - более 60% [2]. Известно, что доля досветки в себестоимость овощной продукции защищенного грунта с использованием дуговых натриевых трубчатых (ДНаТ) ламп составляет 35-40%. В то же время, коэффициент полезного действия (КПД) ламп ДНаТ составляет величину порядка 70%. Остальная часть затраченной энергии излучается в виде тепла. У светодиодов же более 80 % потребляемой энергии идет на излучение света. К настоящему времени накоплено достаточно много информации, указывающей на высокую эффективность использования излучателей на основе светодиодов для возделывания овощных культур в регулируемых условиях [3].

Современные источники света (ИС) позволяют задать практически любой спектральный состав потока. В газоразрядных

лампах этого добиваются путем изменения наполнения лампы или состава люминофора в люминесцентных лампах (ЛЛ). Применение новых типов ИС – светодиодов (СД), позволяет путем комбинирования добиться практически любого спектрального состава [4].

Акмолинская область – один из основных сельскохозяйственных регионов Казахстана и он выполняет роль продовольственного пояса столицы г. Нур-Султан. В виду природно-климатических условий Акмолинской области производство овощей имеет ярко выраженный сезонный характер [5].

Когда наличие света ограничено из-за географического положения, климата или устаревшего оборудования, спрос возникает на искусственные системы освещения для сооружений защищенного грунта, при этом наиболее перспективным с точки зрения качества света и энергоэффективности является использование светодиодных систем освещения. Использование светодиодных систем освещения открывает новые перспективы не только для повышения энергоэффективности выращивания растений, но и создания условий для целенаправленного управления за ростом растений [6]. Причем экономический эффект достигается не только за счет высокой энергоэффективности светодиодных источников света, их высокой надежности (срок службы более чем в 10 раз выше, чем у

ламп ДНаТ), но и за счет принципиально новых возможностей агротехники по увеличению продуктивности выращивания, за счет оптимизации процессов роста и развития растений, управления спектральным составом и интенсивностью излучения светодиодов на всех этапах онтогенеза. Многочисленные исследования показали влияние светодиодных освещении на рост и развитие растения [7,8,9]. СДО безопасны и экологичны в эксплуатации: снижена возможность перегрева, отсутствует стекло, не содержится ни ртуть, ни свинец [10,11].

Физиологическая реакция на продолжительность искусственного освещения до сих пор остается не ясной. Martine Dorais и другие ученые утверждают, что при продолжительном искусственном освещении растение томата лучше развивается и раньше зацветает в течение первых 5-7 недель [12].

Томат - широко культивируемый вид овощных культур во всем мире. Томат выращивается в теплицах круглый год, что делает этот вид интересным для изучения эффектов дополнительного освещения по росту и физиологии растений. В последние годы были проведены множество экспериментов по

Материалы и методы исследований

Объектами исследования являются рассада томата Калланцо F1, выращенная в условиях тепличного комплекса ТОО «LedSystemMedia» в г. Нур-Султан

исследованию влияния световых спектров на рост, урожай и физиологию томатных растений [13]. Данные указывают, что недостаток синего или красного света ухудшает раннее развитие томатов с точки зрения морфологии и физиологии растения [14]. Это особенно важно при выращиваний рассады томата. Фактически, монохроматический красный свет уменьшал диаметр стебля, площадь листа, сухой вес побегов [15]. Комбинация светодиодного освещения синего и красного света увеличивает общее содержание сухого вещества [16], содержание фотосинтетических пигментов [17].

Таким образом, очевидно, что разработка и использование специализированного источника света с регулируемым спектральным составом, интенсивностью и длительностью излучения в соответствии с потребностями конкретного растения позволит увеличить урожайность, снизить энергопотребление и повысить производительность труда.

Целью работы является адаптация отечественных высокоэффективных светодиодных облучателей для овощных культур закрытого грунта на опытных гидропонных установках.

при освещении светодиодными облучателями (СДО) в специализированной экспериментальной установке (рисунок 1) и ДНаТ (контроль).



Рисунок 1 - Специализированная экспериментальная установка для выращивания рассады томата (г.Нур- Султан)

В качестве источника света в светильнике применены высокоэффективные энергосберегающие светодиоды в сочетании со специальной отечественной ноу-хау технологией получения оптимального спектра для освещения растений (патент №4763 на полезную модель, 2019, МЮ РК, Способ изготовления светодиодных филаментных ламп

с заливкой нанофосфора, Таукенов А.С. и др.).

Продолжительность освещения составляет 17 ч (01.00-19.00час.) Для освещения использовались светодиодные светильники двух типов СДО 1 и СДО 2 без воздействия естественного света в тепличном комплексе ТОО «LedSystemMedia» (рисунок 2).

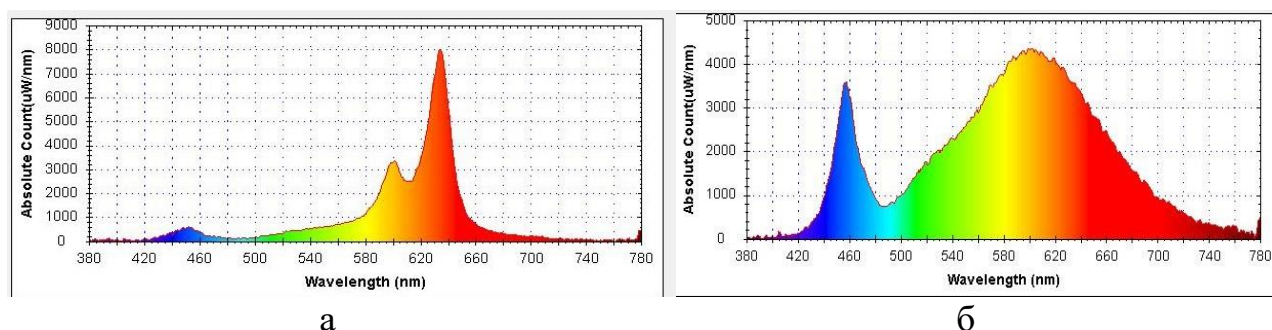


Рисунок 2 - Параметры облучения:

а - плотность фотосинтетического потока фотонов $100 \text{ мкмоль/м}^2\text{сек}$ (СДО1);

б - плотность фотосинтетического потока фотонов $180 \text{ мкмоль/м}^2\text{сек}$ (СДО2)

Эксперимент проводили согласно Методическим рекомендациям по проведению опытов с овощными культурами в сооружениях защищенного грунта С.Ф. Ващенко [18]. В ходе фенологических наблюдений зафиксированы следующие даты: посева; единичных и массовых всходов; появления настоящих

листьев; пикировки и пересадки на постоянное место рассады томата. Были учтены следующие показатели: высота главного стебля растений, см; диаметр стебля, мм. Фенологические и биометрические исследования проводились по 14 растениям каждого варианта. Для обработки полученных экспериментальных результатов, а также применялись стандартные

методы статистического анализа. Микроклимат контролировался с помощью многофункциональной метеостанции модели TERASEYA (Люксембург) (рисунок 3). Температура воздуха в установке



Рисунок 3 - Контроль микроклимата с помощью многофункциональной метеостанции модели Teraseya

Выращивание сеянцев томата для эксперимента. Посев семян гибрида томата Калланцо F1 РЦ в количестве 80 шт производился в кассеты с минераловатными пробками 15 февраля 2021 года. Кассеты были установлены в рассадном отделении теплицы с общим микроклиматом. Для дружного получения всходов температура субстрата поддерживали на уровне $+23-24^{\circ}\text{C}$ и относительную влажность 86-90%. Семена высевали вручную. После посева семена присыпали вермикулитом. Перед посевом минераловатные пробки напитали питательным раствором, Электропроводность питательного раствора поддерживалась на уровне $\text{ЕС} = 1,3-1,8$, $\text{pH} = 5.5$. Рекомендуемый питательный раствор по Ладогиной М.П. Для оптимального вегетативного роста молодых растений томата в течении всего периода проведения

поддерживался на уровне $20-22^{\circ}\text{C}$, а относительная влажность воздуха на уровне 60-70%. Облученность измеряли с помощью портативного спектрометра RAINBOWLIGHT (Китай) в $\text{мкмоль}/\text{м}^2\text{сек}$.

опыта был использован питательный раствор для полива с высоким содержанием кальция и без аммиачных форм удобрений.

Единичные всходы наблюдались через 9 суток, а массовые всходы наблюдали через 11 суток после посева (таблица 1). Всхожесть семян 100%. Первые и вторые настоящие листья появились на 8 сутки после появления всходов.

Пересадка рассады томата на экспериментальную установку. 09 марта 2021 года выращенные для эксперимента в общем рассадном отделении теплицы сеянцы томата в фазе 2-х настоящих листьев были пикированы (пересажены) в минераловатные кубики. Кубики предварительно были установлены на экспериментальной установке под светодиодными светильниками двух типов СДО 1, СДО 2 и ДНаТ (контроль) без воздействия естественного света.

Результаты и их обсуждение

Дата появления последующих с 3 до 8 настоящих листьев зафиксированы в среднем от 6,1 до 3,0 суток во всех вариантах опыта (таблица 1).

Таблица 1 - Результаты фенологических наблюдений, 2021

Варианты опыта	Дата посева	Посев-всходы единичные, сутки	Посев-всходы, массовые, сутки	Всходы-1 наст лист, сутки	от 1 до 2 наст. лист, сутки	от 2 до 3 наст. лист, сутки	от 3 до 4 наст. лист, сутки	от 4 до 5 наст. лист, сутки	от 5 до 6 наст. лист, сутки	от 6 до 7 наст. лист, сутки	от 7 до 8 наст. лист, сутки	от всходов до пересадки на постоянное место,
СДО 1	15.02. 2021	9,0	11,0	4,5	8,0	6,1	3,0	3,4	3,1	3,3	3,6	33,0
СДО 2	15.02. 2021	9,0	11,0	4,3	8,0	6,5	3,0	3,4	3,0	3,4	3,2	33,0
ДНАТк	15.02. 2021	9,0	11,0	4,0	8,0	6,5	3,0	3,7	3,1	3,7	3,0	33,0

Во всех вариантах опыта готовую рассаду для пересадки на постоянное место в теплице получили на 33 сутки после появления всходов. По результатам фенологических наблюдений, необходимо отметить, что все экспериментальные растения, выращенные под разными вариантами освещения не существенно отличились по дате наступления всех фенологических фаз от появления всходов до получения готовой рассадной продукции. *Высота главного стебля* сеянцев томата до начала эксперимента отмечались в среднем 5,6 см во всех вариантах опыта. *Толщина стебля* была

зафиксирована в среднем 1,7 мм.

Диаметр стебля является важным параметром, описывающим рост растения томата в течение вегетационного периода[19]. Стебель растений играет ключевую роль в транспортировке воды и перемещении углеводов[20]. Результаты обработки данных исследований роста стебля растений, а также зависимость роста от вида облучателя представлены на следующих рисунках. Зависимости средней высоты стебля и средней толщины стебля от вида облучателя и времени роста представлена на рисунках 4 и 5 соответственно

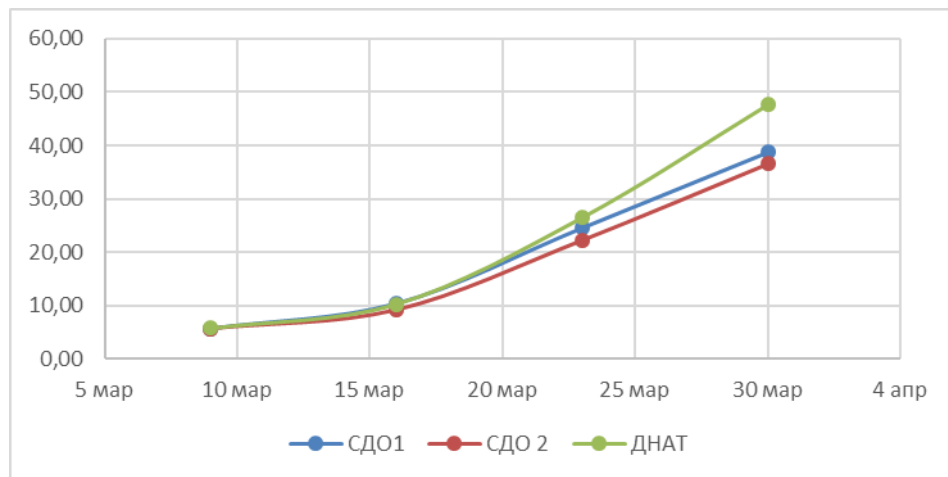


Рисунок 4 - Среднее значение высоты стебля , см

Из рисунка 4 следует, что рост стебля по высоте не зависит от вида светодиодного облучателя и режимов облучения. Под облучателем на лампе ДНаТ рост стебля в высоту сильнее, чем под светодиодными облучателями. Скорость роста стебля в высоту начинается после 7 суток наблюдения .

Рост стебля под светодиодными облучателями хорошо аппроксимируется функцией вида $Y_2=1,4916 * e^{0,0924t}$

где t время в сутках с момента посадки растений (в нашем случае измерения начались через 14 дней после посадки растений), значение Y_2 в см. Высота растений, выращенных под облучателем ДНаТ более чем на 25% превышает высоту растений, выращенных под светодиодными облучателями. В ходе работы проводился анализ развития растений по результатам измерений диаметра стебля и высоты растений с интервалом 7 дней (рисунок 5).

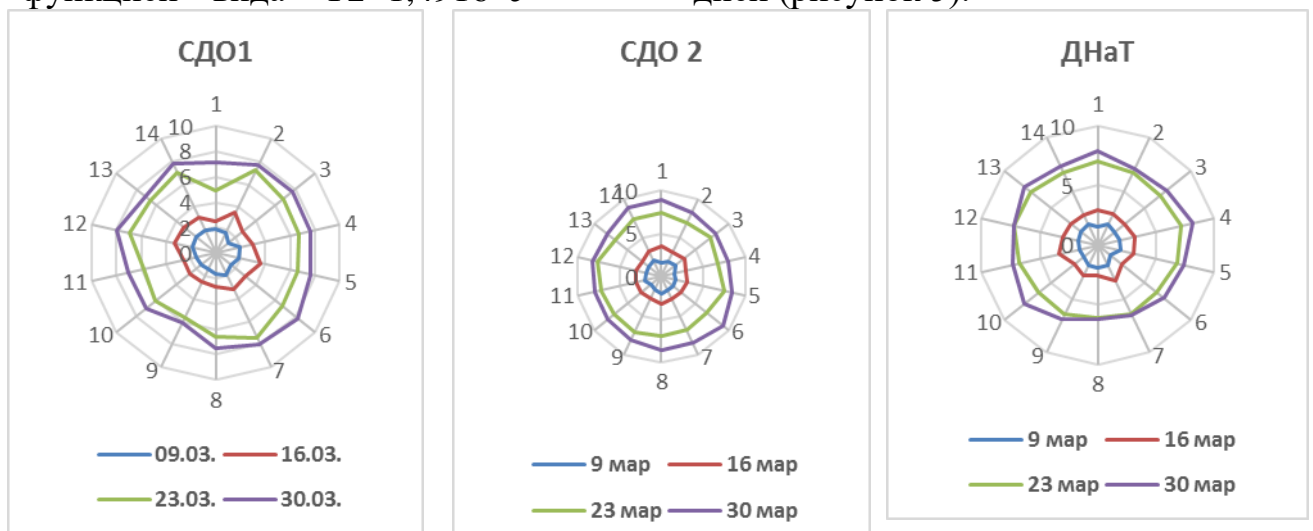


Рисунок 5 - Диаметр стебля рассады томата в мм

На рисунке 5 по окружности цифрами обозначены номера измеренных растений, по радиусу

значения диаметра стебля в мм. Цветные линии соответствуют датам измерений с интервалом 7

дней. Из рисунка следует хорошая однородность роста растений (близость значений параметров к

окружности), а также различия в скорости роста в период 16.03-23.03.2021.

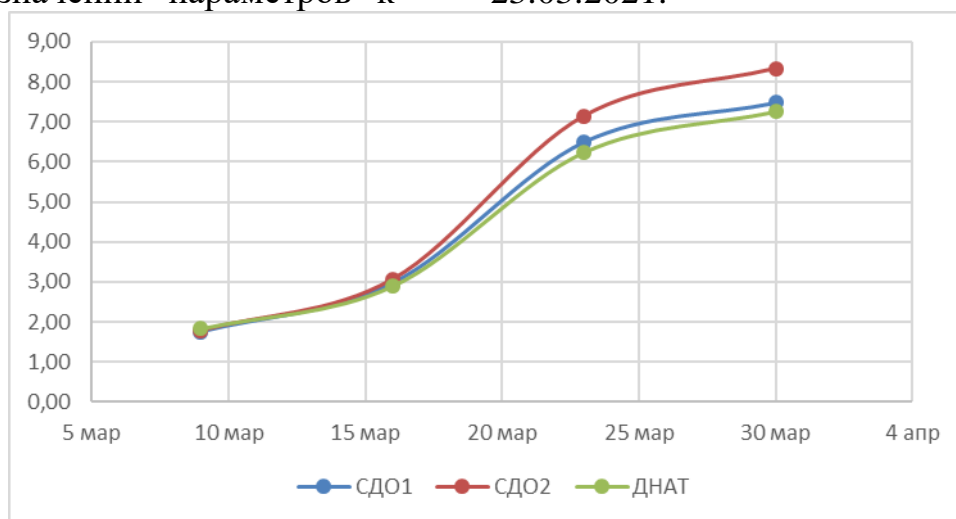


Рисунок 6 - Среднее значение толщины стебля, мм

Из рисунка 6 следует, что рост стебля в толщину для светодиодных облучателей СДО2 на 11% превышает СДО1. При стандартном облучении лампой ДНАТ значение толщины стебля на 14% меньше, чем при облучении светодиодным светильником СДО2. Скорость роста стебля в толщину увеличивается после 7 суток наблюдения и падает после 14 суток наблюдения, достигая при этом среднего значения для светодиодного облучения 7,8 мм.

Рост стебля в толщину имеет принципиально другой вид и может быть на данном этапе для

светодиодного облучателя СДО2 аппроксимирован полиномом 3-ей степени вида $Z_2 = -0,0028t^3 + 0,2034t^2 - 4,3529t + 30,47$, где, t время в сутках момента посадки растений (в нашем случае измерения начались через 14 дней после посадки растений), значение Z_2 в мм.

Оценка существенности различий использования светотехнических приборов проводилась по критерию Стьюдента для средних значений параметров высоты и диаметра стебля в системе независимых опытов (таблица 2,3).

Таблица 2 - Результаты расчета существенности различий для светотехнических приборов при росте длины стебля представлены

Сравнение значимости различий светотехнических приборов при росте длины стебля			
Сравниваемые светотехнические приборы	Критерий t фактический	t табличное	Результат сравнения
ДНАТ и СДО1	6,54	2,06	Различие значимо
ДНАТ и СДО2	9,51	2,06	Различие значимо
СДО1 и СДО2	1,71	2,06	Различие не значимо

Таблица 3- Результаты расчета существенности различий для светотехнических приборов при росте диаметра стебля представлены

Сравнение значимости различий светотехнических приборов при росте диаметра стебля

Сравниваемые светотехнические приборы	Критерий t фактический	t табличное	Результат сравнения
ДНАТ и СДО1	0,85	2,06	Различие не значимо
ДНАТ и СДО2	5,54	2,06	Различие значимо
СДО1 и СДО2	5,56	2,06	Различие значимо

Заключение

Фенологические наблюдения по фенофазам роста растений не выявили различий в использовании всех типов облучателей СДО1, СДО2 и ДНАТ.

На основании статистического анализа, результаты которого представлены в Таблице 2 и 3, можно сделать следующие выводы: при росте стебля в длину СДО1 и СДО2 оказывают одинаковое влияние на растения. Существенно различие при использовании ДНАТ, при котором средняя длина стебля на 29% больше. При росте стебля в диаметре значимое различие получено для СДО2.

Выявлено предпочтение в использовании светодиодного облучателя СДО2 для выращивания рассады, как обеспечивающего большей рост диаметра стебля (на 11% относительно СДО1 и 14% относительно лампы ДНАТ).

При использовании облучателя ДНАТ наблюдается больший рост высоты стебля с уменьшением его диаметра, что отрицательно влияет на качество рассады.

Получены математические выражения, описывающие рост рассады томата гибрида Калланцо F1 под светодиодным освещением: для высоты стебля $Y_2 = 1,4916 * e^{0,0924t}$; для диаметра стебля $Z_2 = -0,0028t^3 + 0,2034t^2 - 4,3529t + 30,47$. Полученные математические выражения для роста рассады томата гибрида Калланцо F1 характеризуют конкретные условия выращивания и агротехнологию, а также позволяют оперативно оценивать ход роста растений и прогнозировать результат и время готовности рассады для последующего использования.

Список литературы

1. Послание Президента Республики Казахстан «Стратегия «Казахстан-2050»: новый политический курс состоявшегося государства» [Текст]. - Алматы: Адилет, 2012. -16 с.
2. Каримов, И.И. Повышение эффективности облучения растений с использованием светодиодных светильников в сооружениях закрытого грунта (на примере семенного картофеля) [Текст]: автореф. дис, канд. техни, наук /И.И.Каримов. - Уфа: ФГБОУ, 2017. -20 с.
3. Сытников, В. Современные системы освещения [Текст]/В. Сытников// Мир теплиц. - 2013. № 6. – С. 24-25.
4. Ракутько, С.А. Исследование различий в качестве рассады томата, выращенной под излучением люминесцентных ламп и светодиодных

источников [Текст] / С.А. Ракутько, А.Е. Маркова, А.П. Мишанов, Е.Н. Ракутько // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12-1. – С. 9-13.

5. Турбекова, А.С. Влияние продолжительности искусственного освещения на урожайность томата в продленном культурообороте Акмолинской области [Текст] / А.С. Турбекова, Т. Сырбачева // Материалы Республиканской научно-теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 13: сохраняя традиции, создавая будущее», посвященная 60-летию КазАТУ им. С. Сейфуллина. - 2017. - Т. I, Ч. I. - С. 209-212.

6. Musa Al Murad, Kaukab Razi, Byoung Ryong Jeong, Prakash Muthu Arjuna Samy and Sowbiya Muneer, Light Emitting Diodes (LEDs) as Agricultural Lighting: Impact and Its Potential on Improving Physiology, Flowering, and Secondary Metabolites of Crops, Sustainability 2021, 13, 1985. <https://doi.org/10.3390/su13041985> <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>

7. Tanaka Y, Kimata K, Aiba H (2000). A novel regulatory role of glucose transporter of Escherichia coli: membrane sequestration of a global repressor Mic. EMBO J. 19: 5344-5352.

8. Wu JS, Fu S, Zheng J, Zhou GQ (2008). Epipremnum aureum : growth and photosynthetic response to light-emitting diodes (LED). J. Zhejiang Forestry College 25(6): 739-742.

9. Miyamoto Y, Nisbett RE Masuda T (2006). Culture and the physical environment. Holistic versus analytic perceptual affordances. Psychol. Sci. 17: 113-119.

10. Преимущества светодиодных светильников // Светодиодное и энергосберегающее освещение [Электронный ресурс]. 2020. Режим доступа: <https://www.est22.ru/tech/preemushestvo-svetodiodnogo-osvecheniya> Дата доступа: 28.06.2020.

11. Yeh, Чанг, Дж. High brightness LEDs are energy efficient light sources and their potential for indoor plant growing. Refresh. Support. Energy Rev. 2009, 13, 2175-2180. DOI: 10.1016 / j.rser.2009.01.027.

12. Dorais M. Influence of extended photoperiod on photosynthate partitioning and export in tomato and pepper plants / M. Dorais, S. Yelle, A. Gosselin // New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. – 1996. - № 24. P 29-37.

13. [Onofrio Davide Palmitezza](#), [Marco Antonio Pantaleo](#), [Pietro Santamaria](#), Applications and Development of LEDs as Supplementary Lighting for Tomato at Different Latitudes, Agro 2021, 11(5), 835; <https://doi.org/10.3390/agronomy11050835>

14. Izzo, L.G.; Hay Mele, B.; Vitale, L.; Vitale, E.; Arena, C. The role of monochromatic red and blue light in tomato early photomorphogenesis and photosynthetic traits. Environ. Exp. Bot. 2020, 179, 104195.

15. Gomez, C.; Mitchell, C.A. Growth responses of tomato seedlings to different spectra of supplemental lighting. HortScience 2015, 50, 112–118.

16. Ouzounis, T.; Rosenqvist, E.; Ottosen, C.O. Spectral effects of artificial light on plant physiology and secondary metabolism: A review. HortScience 2015, 50, 1128–1135.

17. Wei, H.; Xiaoxiao, W.; Min, P.; Xiaoying, L.; Lijun, G.; Zhigang, X. Effect Different Spectral LED on Photosynthesis and Distribution of Photosynthate of Cherry Tomato Seedlings. In Proceedings of the 14th China International Forum on Solid State Lighting: International Forum on Wide Bandgap Semiconductors China (SSLChina: IFWS), Beijing, China, 1–3 November 2017; pp. 78–84.

18. Ващенко С.Ф. Методические рекомендации по проведению опытов с овощными культурами в сооружениях защищенного грунта / С.Ф. Ващенко, Г.А. Набатова, О.Д. Рожанская. М., 1976. – 87с.

19. ZhiyuZuo et al. Modelling of tomato stem diameter growth rate based on physiological responses. Pak. J. Bot., 49 (4): 1429-1434, 2017.

20. Kanai, S., J. Adu-Gymfi, K. Lei, J. Ito, K. Ohkura, R.E.A. Moghaieb, H. El-Shemy, R. Mohapatra, P.K. Mohapatra, H. Saneoka and K. Fujita. 2008. N-deficiency damps out circadian rhythmic changes of stem diameter dynamics in tomato plant. Plant Sci., 174: 183-191.

References

1. Poslanie Prezidenta Respubliki Kazahstan «Strategiya «Kazahstan-2050»: novyj politicheskij kurs sostoyavshegosya gosudarstva» [Tekst]. -Almaty: Adilet, 2012. -16 s.

2. Karimov, I.I. Povyshenie effektivnosti oblucheniya rastenij s ispol'zovaniem svetodiodnyh svetil'nikov v sooruzheniyah zakrytogo grunta (na primere semennogo kartofelya) [Tekst]:avtoref. dis, kand. tekhn, nauk /I.I.Karimov. - Ufa: FGBOU, 2017. -20 s.

3. Sytnikov, V. Sovremenyje sistemy osveshcheniya [Tekst]/V. Sytnikov// Mir teplic. - 2013. № 6. – S. 24-25.

4. Rakut'ko, S.A. Issledovanie razlichij v kachestve rassady tomata, vyrashchennoj pod izlucheniem lyuminescentnyh lamp i svetodiodnyh istochnikov [Tekst] / S.A. Rakut'ko, A.E. Markova, A.P. Mishanov, E.N. Rakut'ko // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij. – 2015. – № 12-1. – S. 9-13.

5. Turbekova, A.S. Vliyanie prodolzhitel'nosti iskustvennogo osveshcheniya na urozhajnost' tomata v prodlennom kul'turooborote Akmolinskoj oblasti [Tekst] / A.S. Turbekova, T. Syrbacheva // Materialy Respublikanskoj nauchno-teoreticheskoj konferencii «Sejfullinskie chteniya – 13: sohranyaya tradicii, sozdavaya budushchee», posvyashchennaya 60-letiyu KazATUim. S. Sejfullina. - 2017. - T.I, CH.1. - S.209-212.

6. Musa Al Murad, Kaukab Razi, Byoung Ryong Jeong, Prakash Muthu Arjuna Samy and Sowbiya Muneer, Light Emitting Diodes (LEDs) as Agricultural Lighting: Impact and Its Potential on Improving Physiology, Flowering, and Secondary Metabolites of Crops, Sustainability 2021, 13, 1985. <https://doi.org/10.3390/su13041985> <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>

7. Tanaka Y, Kimata K, Aiba H (2000). A novel regulatory role of glucose transporter of Escherichia coli: membrane sequestration of a global repressor Mic. EMBO J. 19: 5344-5352.

8. Wu JS, Fu S, Zheng J, Zhou GQ (2008). Epipremnum aureum : growth and photosynthetic response to light-emitting diodes (LED). J. Zhejiang Forestry College 25(6): 739-742.

9. Miyamoto Y, Nisbett RE Masuda T (2006). Culture and the physical environment. *Holistoc versus analytic perceptual affordances*. *Psychol. Sci.* 17: 113-119.
10. Preimushchestva svetodiodnyh svetil'nikov // Svetodiodnoe i energosberegayushchee osveshchenie [Elektronnyj resurs]. 2020. Rezhim dostupa: <https://www.est22.ru/tech/preemushchestvo-svetodiodnogo-osvecheniya> Data dostupa: 28.06.2020.
11. Yeh, CHang, Dzh. High brightness LEDs are energy efficient light sources and their potential for indoor plant growing. *Refresh. Support. Energy Rev.* 2009, 13, 2175-2180. DOI: 10.1016 / j.rser.2009.01.027.
12. Dorais M. Influence of extended photoperiod on photosynthate partitioning and export in tomato and pepper plants / M. Dorais, S. Yelle, A. Gosselin // *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*. – 1996. -№ 24. P 29-37.
13. Onofrio Davide Palmitessa, Marco Antonio Pantaleo, Pietro Santamaria, Applications and Development of LEDs as Supplementary Lighting for Tomato at Different Latitudes, *Agronomy* 2021, 11(5), 835; <https://doi.org/10.3390/agronomy11050835>
14. Izzo, L.G.; Hay Mele, B.; Vitale, L.; Vitale, E.; Arena, C. The role of monochromatic red and blue light in tomato early photomorphogenesis and photosynthetic traits. *Environ. Exp. Bot.* 2020, 179, 104195.
15. Gomez, C.; Mitchell, C.A. Growth responses of tomato seedlings to different spectra of supplemental lighting. *HortScience* 2015, 50, 112–118.
16. Ouzounis, T.; Rosenqvist, E.; Ottosen, C.O. Spectral effects of artificial light on plant physiology and secondary metabolism: A review. *HortScience* 2015, 50, 1128–1135.
17. Wei, H.; Xiaoxiao, W.; Min, P.; Xiaoying, L.; Lijun, G.; Zhigang, X. Effect Different Spectral LED on Photosynthesis and Distribution of Photosynthate of Cherry Tomato Seedlings. In *Proceedings of the 14th China International Forum on Solid State Lighting: International Forum on Wide Bandgap Semiconductors China (SSLChina: IFWS)*, Beijing, China, 1–3 November 2017; pp. 78–84.
18. Vashchenko S.F Metodicheskie rekomendacii po provedeniyu opytov s ovoshchnymi kul'turami v sooruzheniyah zashchishchennogo grunta / S.F. Vashchenko, G.A. Nabatova, O.D. Rozhanskaya. M., 1976. – 87s.
19. ZhiyuZuo et al. Modelling of tomato stem diameter growth rate based on physiological responses. *Pak. J. Bot.*, 49 (4): 1429-1434, 2017.
20. Kanai, S., J. Adu-Gymfi, K. Lei, J. Ito, K. Ohkura, R.E.A. Moghaieb, H. El-Shemy, R. Mohapatra, P.K. Mohapatra, H. Saneoka and K. Fujita. 2008. N-deficiency damps out circadian rhythmic changes of stem diameter dynamics in tomato plant. *Plant Sci.*, 174: 183-191.

ҚАЗАҚСТАНДЫҚ ФИТОШАМДАРДЫҢ ҚЫЗАНАҚ КӨШЕТТЕРІНІҢ ӨСУІ МЕН ДАМУЫНА ӘСЕРІ

А.С.¹Турбекова, С.К.²Джантасов, Г.В.⁴Иткинсон, В.А.³Столяров

¹*Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан, Қазақстан*

²*Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті,
Алматы, Қазақстан*

³*LLC «LedSystemMedia»
Нұр-Сұлтан, Қазақстан*

⁴*«Акари-Центр инновациялық фирмасы» АҚ,
Санкт -Петербург, Ресей Федерациясы
(E-mail: arysgul.turbekova.67@mail.ru)*

Түйін

Жарықдиодты шамдарды (ЖДШ) өсімдіктерді жарықтандыруда қолдану олардың жоғары жарықтық тиімділігіне, сәулелену спектрін реттеу мүмкіндігіне, ұзақ жұмыс мерзіміне және басқа да бірқатар сипаттамаларына байланысты болашағы зор саналады. Бұл мақалада қызанақ көшеттерін сөрелік жүйелерде өсіру кезінде фотосинтетикалық белсенді радиация көзі (ФБР) ретінде пайдалануға арналған отандық эксперименттік жарықдиодты шамдар сыналған тәжірибе нәтижелері ұсынылған. Көшеттерді өсіру үшін жарықдиодты сәулелендіргішті қолдануда оның артықшылық анықталды, себебі ол сабақтың диаметрінің (бақылау шамына қатысты 14% -ға) ұлғаюын қамтамасыз етті. Бақылау сәулелендіргішті қолданған кезде сабақтың биіктігінің жоғарылауы байқалды, алайда оның диаметрі төмендеді.

Кілт сөздер: қызанақ, көшеттер, жарықдиодты жарықтандыру, жылыжай.

INFLUENCE OF KAZAKHSTAN LIGHTING FOR GROWTH AND DEVELOPMENT OF TOMATO SEEDLING

A.S. ¹Turbekova, S.K. ²Dzhantasov, G.V. ⁴Itkinson, V.A. ³Stolyarov

¹*Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Nur-Sultan, Kazakhstan*

²*Kazakh National Agrarian Research University,
Almaty, Kazakhstan*

³*LLC "LedSystemMedia"
Nur-Sultan, Kazakhstan*

⁴*JSC "Innovation Firm Akari-Center",
Saint Petersburg, Russian Federation
(E-mail: arysgul.turbekova.67@mail.ru)*

Abstract

The use of LED lighting (LED) in the photoculture of plants seems to be promising due to their high luminous efficiency, the ability to regulate the radiation spectrum,

long working life and a number of other characteristics. This article presents the results of an experiment using experimental copies of domestically produced greenhouse LED lamps intended for use as a source of photosynthetic active radiation (PAR) when growing tomato seedlings in rack systems. The preference was revealed in the use of an LED irradiator for growing seedlings, as it provides a greater growth in the diameter of the stem (by 14% relative to the control lamp). When using the control irradiator, a greater increase in the height of the stem was observed, but with a decrease in its diameter.

Key words: tomato, seedlings, LED lighting, greenhouses.

Благодарность. Исследование финансировалось Комитетом Науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP08956527 «Адаптация казахстанских фитосветильников с автоматизированным управлением изменения спектра для возделывания овощей защищенного грунта в различных световых зонах Казахстана»).