НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Ботанические сады как центры изучения и сохранения фиторазнообразия

Труды Международной научной конференции, посвященной
140-летию Сибирского ботанического сада
Томского государственного университета

Томск, 28–30 сентября 2020 г.

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

Структурно-функциональные особенности растений салата в условиях различного светового режима

Е.Н. Сурнина¹, А.А. Буренина², Т.П. Астафурова^{1,2}, С.Б. Туранов³

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, ensurnina@mail.ru

² Сибирский ботанический сад Томского государственного университета, Томск, Россия, baa888@mail.ru

³ Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия, tyrsb@yandex.ru

Аннотация. Представлены результаты изучения влияния светодиодного освещения на рост и развитие растений салата (*Lactuca sativa* L.). Изучали стационарный и динамический режимы, при которых соотношение отдельных участков спектра в области ФАР изменялось с заданной периодичностью. Выявлены разные стратегии адаптации растений к спектральному составу света. Применение разных участков спектра оптического излучения позволяет влиять не только на структурно-функциональные характеристики растений, но и регулировать урожайность, изменять обмен веществ, улучшать питательные свойства.

Ключевые слова: *Lactuca sativa* L., интенсивность фотосинтеза, интенсивность транспирации, нитраты.

Structural and functional features of lettuce plants under dynamic lighting conditions

E.N. Surnina¹, A.A. Burenina², T.P. Astafurova^{1,2}, S.B. Turanov³

¹ National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia, ensurnina@mail.ru

² Siberian Botanical Garden of Tomsk State University, Tomsk, Russia, baa888@mail.ru

³ National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia, tyrsb@yandex.ru

Abstract. The results of studying the effect of LED lighting on the growth and development of lettuce plants (*Lactuca sativa* L.) Stationary and dynamic modes were studied in which the ratio of individual spectral regions in the PAR region changed with a given periodicity. Various strategies of plant adaptation to the spectral composition of light have been identified. The use of different parts of the spectrum of optical radiation allows you to influence not only the structural and functional characteristics of plants, but also to regulate yield, change metabolism, and improve nutritional properties.

Key words: *Lactuca sativa* L., photosynthesis rate, transpiration rate, nitrates.

В условиях светокультуры рост и развитие растений в значительной степени лимитируется спектральными и энергетическими характеристиками искусственных источников освещения, которые не имеют оптимальных соотношений спектральных диапазонов и требуют постоянного совершенствования (Коломейцева, 2014, Lakshman et al., 2015). В настоящее время существенно расширился спектр применения искусственных источников освещения в различных отраслях деятельности. Большой интерес проявляется к выращиванию растений при полном отсутствии естественного света – в фитотронах, на орбитальных станциях и других замкнутых системах жизнеобеспечения (Berkovich et al., 2017). Активно развивается идея вертикального земледелия, где наряду с традиционными зелеными культурами планируется выращивание ягодных, эфиромасличных, лекарственных и других нетрадиционных культур. Большую популярность для функционального питания приобретает выращивание микрозелени, ассортимент которой постоянно расширяется. Различными условиями освещения возможно регулировать урожайность, химический состав, питательную ценность, качество продукции до и после сбора урожая и др. (Pinho et al., 2014, Bantisa et al., 2018).

Целью исследования являлось выявление особенностей роста и развития растений салата при стационарном и динамическом режимах освещения.

Материалы и методы исследований. Объектом исследования являлся салат-латук (*Lactuca sativa* L.) сорт Московский Парниковый. В качестве субстрата использовали кокосовое волокно в бри-

кетах. Полив производился ежедневно раствором Хьюитта. Салат выращивали в светодиодной установке, при температуре +22–25°C и влажности воздуха 70–80 %.

Изучали стационарный и динамический режимы, при которых соотношение отдельных участков спектра в области ФАР изменялось с заданной периодичностью. Динамический режим облучения сформирован с помощью двух цветовых компонентов – белого (4500 К) и красного светодиодов (660 нм). Стационарный – квазимонохроматическое излучение с максимумами в красной и синей областях, соотношение фитопотоков в областях 400–500, 500–600, 600–700 составили 1:0:5 соответственно. Сравнительную оценку растений салата проводили на 16-, 23- и 35-дневных растениях по морфометрическим и функциональным показателям. Площадь листьев определяли с применением компьютерного сканирования в программе ImageJ. Фотосинтетический CO₂-газообмен и транспирацию листьев измеряли с помощью высокоточного портативного инфракрасного газоанализатора GFS-3000 (Heinz Walz GmbH, Германия). Содержание нитратов измеряли ионометрическим методом.

Результаты и обсуждение. Исследования, проведенные с растениями салата показали, что по таким параметрам морфогенеза, как масса и площадь листьев, а также высота растений, при динамическом режиме освещения показатели были значительно выше, чем при стационарном во все сроки измерений (табл. 1). Так, на начальной стадии развития масса листьев увеличилась в 2 раза, высота 35-дневных растений была на 28 %, а площадь листьев на 39 % больше (рис. 1).

Таблица 1

Влияние освещения на морфометрические показатели *Lactuca sativa* L.

Вариант	Возраст, сут	Высота растений, см	Масса листьев, г	Площадь листьев, см ²
Дн	16	12,71 ± 0,37*	2,31 ± 0,16*	15,93 ± 1,15*
	23	16,78 ± 0,57*	11,32 ± 0,45*	53,61 ± 1,71*
	35	20,95 ± 0,46*	73,00 ± 6,70*	103,97 ± 4,26*
Ст	16	7,61 ± 0,15	1,25 ± 0,13	11,05 ± 0,80
	23	11,19 ± 0,42	5,66 ± 0,67	34,66 ± 2,67
	35	15,03 ± 0,51	44,53 ± 3,74	63,84 ± 1,56

* – статистически значимое отличие от варианта Ст (p < 0,05).

Рис. 1. Растения салата в 35-дневном возрасте, выращенные при разных режимах облучения: динамическом (1) и стационарном (2)

Исследование интегральных функциональных характеристик листового аппарата – фотосинтеза и транспирации – также выявило различия в реакции растений на условия светового режима. При измерениях интенсивности фотосинтеза отмечена противоположная направленность процессов – уменьшение поглощения CO₂ с увеличением возраста растений при стационарном режиме и увеличение при динамическом. Наиболее высокий уровень интенсивности транспирации наблюдался у 23 дневных растений и наиболее отчетливо проявлялся при стационарном режиме (рис. 2).

Содержание нитратов в овощах является важным показателем питательной ценности. Отмечено, что в 35-дневных листьях салата содержание нитратов, выращенных при динамическом режиме, было на 21 % меньше, чем в листьях, выращенных при стационарном режиме освещения (табл. 2). В обоих вариантах содержание нитратного азота в листьях салата было в пределах ПДК (не превышало 4000 мг/кг) (Цыденданбаев, 2011).

Рис. 2. Интенсивность фотосинтеза (а) и транспирации (б) листьев салата при разных режимах освещения при освещенности

Таблица 2

Содержание нитратов в листьях салата (мг-экв/ кг сырого веса)

Возраст, сут	Дн	Ст
16 дн	16,22±3,93*	19,34±1,13
23 дн	19,89±1,37	19,10±0,74
35 дн	19,98±2,93*	25,32±2,01

* Статистически значимое отличие от варианта Ст ($p < 0,05$).

Закключение. Как показало проведенное исследование, выращивание салата при динамическом режиме с помощью двух цветовых компонент: белый (4 500 К) и красный светодиод (660 нм) привело к увеличению общей биомассы растений, при этом содержание нитратов в 35-дневных листьях салата оказалось меньше, чем при выращивании в стационарном режиме.

Выявлены разные стратегии адаптации растений к спектральному составу света. Применение разных участков спектра оптического излучения позволяет влиять не только на структурно-функциональные характеристики растений, но и регулировать урожайность, изменять обмен веществ, улучшать питательные свойства.

В статье использованы результаты, полученные в ходе выполнения проекта в рамках Программы повышения конкурентоспособности ТГУ, проект № 8.1.29.2018.

ЛИТЕРАТУРА

- Коломейцева Г.Л. Крупноцветковые орхидеи в коллекции Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН (Cattleya, Cymbidium, Dendrobium, Paphiopedilum, Phalaenopsis). М.: ГЕОС, 2014. 296 с.
- Цыденданбаев А.Д. Новые ПДК для нитратов в ЕС // Мир теплиц. 2011. № 6. 10. с.
- Bantisa F., Smirnakou S., Ouzounis T. et al. Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (LEDs) // Scientia Horticulturae. 2018. № 235. P. 437–451.
- Berkovich Y.A., Konovalova I.O., Smolyanina S.O. et al. LED crop illumination inside space greenhouses // REACH – Reviews in Human Space Exploration. 2017. Vol. 6. P. 11–24.
- De Lakshman, Pathak P., Rao A.N., Rajeevan P.K. Commercial orchids. Walter de Gruyter GmbH, India. 2015. P. 1–301.
- Pinho P., Halonen L. Agricultural and horticultural lighting // Handbook of advanced lighting technology. Switzerland: Springer International Publishing, 2014. P. 703–720.