

Библиографический список

1. Биологический контроль окружающей среды. Генетический мониторинг. М.: Издательский центр «Академия». - 2010.- 136с.
2. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование (под. ред. О.П. Мелеховой, Е.И. Сорапульцевой). – М.: Издательский центр «Академия». - 2010. - 156с.
3. Вельц Н.Ю. Изобретение «Способ оценки загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами» Патент №2257597 от 27.07.2005г, МПК: G01V9/00, G01 №33/48.
4. Жеруков Б.Х., Способ детоксикации почвы/ Жеруков Б.Х., Бекузарова С.А., Фарниев А.Т., Ханиева И.М., Цагараева Э.А., Сабанова А.А., Эрсмурзаев У.Б., Козырев А.Х.//Патент на изобретение RU 2455812 С2, 20.07.2012. Заявка № 2009147560/13 от 21.12.2009.
5. Заалишвили В.Б., Осикина Р.В. Изобретение «Способ оценки экологического состояния территории» Патент №2375869 от 20.12.2009, МПК: А01G 23/00.
6. Ханиева И.М., Бекузарова С.А., Ханиев М.Х.,и др. «Способ снижения радиоактивности почв». патент № 258027, опубликован 20.06.2016.- МПК В09С1/00.
7. Ханиева И.М., Биоиндикаторы и охрана окружающей среды/
Ханиева И.М. Бекузарова С.А.//В книге: Инновационная парадигма развития естественных наук. Монография. Петрозаводск, 2020. С. 38-49.
8. Цугкиев Б.Г., Басаев Т.Б., Гагиева Л.Ч. Экологические способы нейтрализации тяжелых металлов в почве. Земледелие, 2004, - №1, - с.15.
9. Ханиева И.М. Биоэнергетическая оценка технологий возделывания сельскохозяйственных культур и расчет экономической эффективности внесения удобрений/Ханиева И.М., Бекузарова С.А., Апажев А.К.//Нальчик, 2019.-с.251.

УДК 58.035.4

МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ НА РАЗНОЕ СООТНОШЕНИЕ КРАСНОГО, СИНЕГО И ЗЕЛЕННОГО СВЕТА В СПЕКТРЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ СВЕТОКУЛЬТУРЫ

Ранько Олеся Александровна, аспирант кафедры физиология растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, ranckoaa@gmail.com

Гаязов Владислав Валерьевич, аспирант кафедры экология ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, vlad-gajazov@rambler.ru

Научный руководитель: Тараканов Иван Германович, д.б.н., профессор кафедры физиология растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева, plantphys@rgau-msha.ru

Аннотация: В результате проведенного в контролируемых условиях эксперимента с выращиванием земляники садовой были изучены физиологические реакции растений на различное соотношение красного (К), синего (С) и зеленого (З) света в спектре оптического излучения, а также при квазимонохроматическом облучении синим (С) и красным (К) светом.

Ключевые слова: онтогенез, спектральный состав света, фотоморфогенез, земляника садовая (*Fragaria × ananassa*), светодиодное освещение

Земляника садовая (*Fragaria × ananassa*) является коммерчески важной культурой во всем мире, внося вклад в экономику сельского хозяйства и обеспечивая возможности для трудоустройства. Метод выращивания в контролируемых условиях позволяет получать урожай культуры круглый год и лучше контролировать факторы окружающей среды, что приводит к более высоким показателям производства продукции и более быстрым темпам роста по сравнению с традиционными методами.

Наиболее популярными источниками лучистой энергии для применения в СИКР стали лампы на основе светодиодов (СИД). Светодиодные лампы позволяют выполнить точную настройку светового спектра с учетом особенностей вида, сорта и фенологических фаз растений. А также регулировать продолжительность и интенсивность освещения, воспроизводя естественные циклы дневного света или создавая особые режимы освещения в соответствии со стадией роста растений [1].

Вегетационные опыты проводили в лаборатории искусственного климата РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Выращивали растения в почвенной культуре в вегетационных сосудах, объемом 2 л. На световых установках поддерживалась постоянная температура воздуха на уровне 18-20°C, влажность воздуха составляла 75 – 80%. Обеспечивался оптимальный полив растений по весу (70% ПВ). В течение всего эксперимента фотопериод составлял 18 ч. Продолжительность эксперимента составила 107 дней.

Предметом исследования данной работы выступает влияние различных соотношений красного, зеленого и синего света в спектре на физиологические реакции опытного растения земляники садовой. В качестве объекта исследования в данной работе был выбран сорт земляники «Азия».

Источником облучения служили облучатели на основе светодиодов с различным соотношением КС/СС/ЗС в спектре, а также квазимонохроматические (К и С свет в спектре). Плотность потока фотонов по вариантам составляла: 188 мкмоль/(сек·м²) на режиме облучения К/З/С – 50/25/25; 217 мкмоль/(сек·м²) на режиме облучения К/З/С – 37/26/37; 153 мкмоль/(сек·м²) на режиме облучения К/З/С – 24/28/48; 168 мкмоль/(сек·м²) на режиме облучения К/З/С – 63/16/21; 136 мкмоль/(сек·м²) на режиме облучения К/З/С – 46/30/23; 61 мкмоль/(сек·м²) и 121 мкмоль/(сек·м²) на

квазимонохроматических режимах с длинами волн 460нм (синий свет) и 660нм (красный свет) соответственно.

В данном опыте было заложено 7 вариантов с различным освещением по 4 повторности и количеством растений на повторность: 3 шт. в начале опыта. В дальнейшем, путем регулирования побегообразования мы провели разделение растений на серии: у одного из оставшихся растений в сосуде мы сохранили усы в количестве 2 шт. - серия «с усами» (А), у другого – удалили все имеющиеся на тот момент усы: серия «без усов» (В).

Результаты и их обсуждение. Проведенные нами исследованием показали сортоспецифичную реакцию растений земляники садовой на качество света, что предопределяет тщательный подбор сортов для выращивания в условиях светокультуры, учитывая особенности спектрального состава оптического облучения.

Различные условия освещения отразились на сроках прохождения этапов онтогенеза растений земляники садовой. На всех оптических спектрах, кроме монохромного красного и синего света, у большинства растений фаза начала бутонизации была отмечена через 4 недели после расставления растений по стеллажам с искусственным светодиодным освещением. Таким образом высокая доля синей и красной составляющей в спектре вызвала задержку перехода растений и к генеративному развитию на 1-2 недели по сравнению с остальными вариантами светового режима. Наиболее ранняя бутонизация была обнаружена на варианте освещения К/З/С – 50/25/25. Данный режим также способствовал сокращению продолжительности периода плодоношения.

Важной особенностью, отмеченной на всех вариантах освещения, был массовый переход к вегетативному размножению до наступления фазы бутонизации. Данное сортоспецифическое явление необходимо учесть при выращивании данного сорта в условиях светокультуры.

Известно, что ДК-излучение способствует увеличению площади листа, длины междоузлий, влияет на ориентацию и расположение листа и, как следствие, интенсифицирует фотосинтез. В ходе исследования выявлено влияние спектрального состава облучения на удлинение цветоносов и увеличение площади листа (Табл.1), то есть фитохромные реакции растения на красный и дальний красный свет, синергетический характер которых объясняется эффектом Эмерсона [2].

Известно, что удлинение стебля регулируется системой фитохрома и что фитохром позволяет растениям управлять распределением спектра естественной радиации в пределах листового полога. Поэтому добавление к излучению ФАР дальней красной составляющей (700-750 нм) может стимулировать рост площади листа и усиливать фотосинтез. К тому же большая длина цветоносов облегчает сбор плодов земляники при ее выращивании на подвесных лотках.

Самые высокие растения, с наибольшей длиной листьев, наблюдали на режиме К/З/С – 63/16/21 +10% ДК. Этот вариант облучения, благодаря наличию 10% ДК, способствовал значительному удлинению всех органов надземной

части растения (листовой пластины, черешка, цветоноса и усоплетей) (Табл.1). Также на этом варианте общее количество сформировавшихся розеток на усах было в 2-3 раза больше по сравнению с остальными вариантами освещения. Вместе с этим, мы отметили увеличение УППЛ, в связи с чем наблюдали и рост чистой продуктивности фотосинтеза.

Еще стоит отметить ростовые показатели усоплетей на варианте со спектральным составом облучения К/З/С – 37/26/37. При том, что общее количество розеток и длина усов были практически в 2 раза ниже, чем на варианте с 10% долей ДК, то есть наибольшими показателями, общий вес усов на этих двух вариантах отличается незначительно – всего на 15%. Розетки на этом варианте были более «облиственными» (Рис.1).

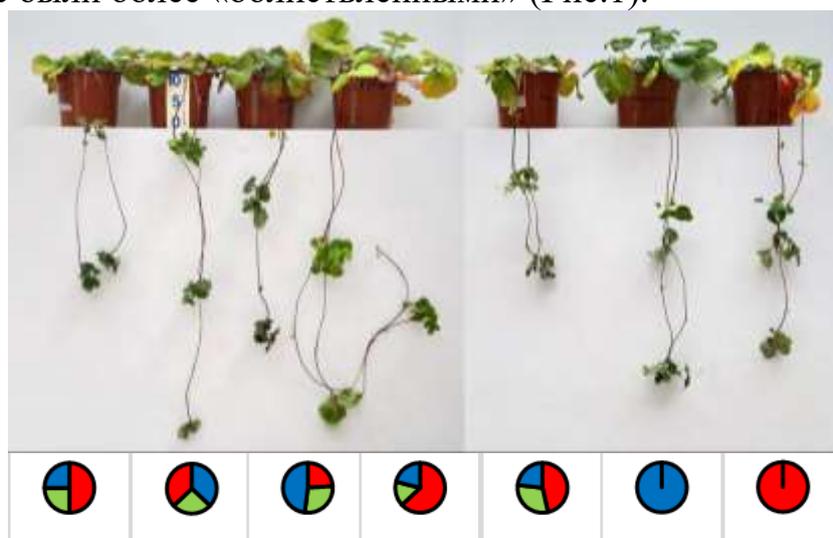


Рисунок 1. Растения земляники садовой сорта Азия в зависимости от спектрального состава оптического излучения

К концу вегетационного опыта на всех вариантах, кроме К/З/С – 63/16/21 +10% ДК, растения земляники перешли к следующей волне листообразования (набору вегетативной массы), что отразилось на общем количестве и площади листьев. Наибольшее количество «свежих» листьев было на варианте освещения К/З/С – 50/25/25, что отразилось и на общей площади листьев. Растения на данном варианте раньше остальных закончили период плодоношения и перешли к следующему этапу онтогенеза.

**Ростовые реакции растений земляники садовой сорта Азия на
разный спектральный состав света**

Вариант св. режима (% соотно. спектров света)	Серия	Кол-во листьев, шт	Ср.дл. пах лист. пластины, см	Ср.дл. пах черешка, см	Сырой вес листьев, г	Ср.дл. цветоноса, см	Ср.дл. столонов, см	Ср.вес розеток, г	Общ S лист. пов-ти, см ²	УППЛ, мг/см ²
1 К/З/С= 50/25/25	А	10±2,2	6,9±0,9	7,5±0,7	9±1,1	7,1±0,8	56,2±5,7	5,7±0,5	567,5±62,9	6,3±0,3
	В	14±2,1	7,8±0,3	8,5±1,0	16,5±2,6	7,6±0,6			749,8±74,9	8,8±0,5
2 К/З/С= 37/26/37	А	12±2,4	7,3±0,5	7,3±0,5	13,7±2,2	6,4±1,1	71,6±11,3	7,5±1,1	422,5±36,2	11,9±0,9
	В	13,25±1,5	7,3±0,6	7,9±0,9	18,4±1,7	6,8±1,0			540,3±51,8	12,5±1,1
3 К/З/С= 24/28/48	А	10,25±2,2	7±0,8	8,8±1,0	10,5±1,9	8,6±1,1	57,8±12,6	5,4±0,8	396,3±85,6	8,8±0,9
	В	14±0,8	7,3±0,5	9±1,2	15,7±2,2	8,6±1,3			499,8±97,8	10,9±1,1
4 К/З/С= 63/16/21	А	8,5±1,5	10,8±1,2	16,1±1,8	15,3±2,2	13,3±1,2	121,6±14,7	8,7±1,3	449,5±59,2	12,1±1,5
	В	13±2,4	8,3±0,9	17,5±1,4	20,2±2,8	12,1±1,1			502,3±90,2	15,2±1,1
5 К/З/С= 46/30/23	А	9,75±1,5	6,3±0,7	7,8±0,5	9,9±0,0	8±0,8	49±4,1	4,9±0,7	451,3±93,0	7,2±0,7
	В	11,25±1,2	7,3±0,5	8,8±1,0	14,7±1,8	7,5±0,6			448,8±90,6	10,8±1,0
6 С=100	А	10±1,4	6,9±0,9	13,8±1,0	12,8±2,0	12±1,1	74,1±8,8	5,3±0,6	503,5±66,6	6,5±0,4
	В	11,25±1,8	6,8±0,8	12,3±1,0	13,3±2,3	10,1±0,9			490,8±69,9	6,5±0,3
7 К=100	А	8,25±1,1	8,6±0,8	9,9±0,3	12,5±0,7	8,3±0,7	56,9±14,3	5,4±0,4	480,5±52,2	10±0,7
	В	11,5±0,6	6,6±0,8	9,9±1,7	15,9±1,3	8,7±0,5			503,3±75,2	11,4±0,8

Число листьев, сырой вес листьев и корней в серии с «усами» на всех вариантах оптического облучения были ниже по сравнению с серией «без усов» (Табл.1). Что соответствует теории донорно-акцепторных отношений: наблюдается отток ассимилятов из листьев и корней на рост и развитие вегетативных органов (усоплетей) растения [3].

Наибольшие значения УППЛ были выявлены в вариантах с добавлением 10% ДК, а также в варианте с монохроматическим красным светом и на варианте К/З/С – 37/26/37, при этом площадь листьев на данном варианте не была наибольшей и в среднем составила от 500 до 540 см².

Действие монохроматического синего света негативно отражалось на фотосинтезе, а, следовательно, и величине УППЛ. Исходя из этого, можно заключить, что растениям было тяжело адаптироваться в условиях данного режима облучения, и они малоэффективно использовали световую энергию.

На всех вариантах, кроме монохромного синего света, значение площади листового аппарата выше в серии «без усов», чем в серии «с усам». Следует также отметить, что при одинаковой средней площади листьев на варианте

монохроматического синего света и варианте с добавлением 10% ДК, УППЛ отличается более, чем в два раза. Данное явление является скорее всего сортоспецифичным и эту особенность будет необходимо учесть при подборе источников освещения для выращивания сорта в светокультуре.

Наибольшую интенсивность фотосинтеза (7,6 мкмоль/м²*с) у растений земляники сорта Азия наблюдали при выращивании на варианте с облучением К/З/С – 63/16/21 +10% ДК, что было существенно выше (более, чем в 6 раз) наименьшего значения, полученного на синем монохроматическом свете (1,4 мкмоль/м²*с). При облучении растений синим светом фотосинтез имел тенденцию к понижению более чем в 4 раза, по сравнению с другими режимами освещения (Табл.2), что, возможно связано с меньшей ППФ.

Таблица 2

Показатели газообмена растений земляники садовой сорта Азия в зависимости от спектрального состава оптического излучения

Вариант светового режима (% соотношение спектров света)	Интенсивность фотосинтеза, мкмоль/м ² *с	Устьичная проводимость, моль/м ² *с	Интенсивность транспирации, ммоль/м ² *с
1 К/З/С= 50/25/25	5,04±0,23	0,192±0,021	2,20±0,14
2 К/З/С= 37/26/37	5,76±0,21	0,230±0,019	4,05±0,21
3 К/З/С= 24/28/48	4,13±0,14	0,227±0,018	4,78±0,23
4 К/З/С= 63/16/21	7,63±0,34	0,097±0,009	3,49±0,17
5 К/З/С=46/30/23	4,89±0,16	0,318±0,017	5,12±0,22
6 С=100	1,45±0,04	0,180±0,006	3,91±0,18
7 К=100	5,23±0,14	0,224±0,018	3,46±0,16

В данном опыте под действием режима К/З/С – 46/30/23 мы наблюдали высокую устьичную проводимость у растений, а также интенсивное испарение влаги листьями земляники (Табл.2). Наличие красного света в спектре оптического излучения стимулировало оба эти процесса в зелёной биомассе растения земляники. Наибольший показатель устьичной проводимости и (0,32 моль/м²*с) транспирации (5,1 ммоль/м²*с) был в варианте облучения К/З/С – 46/30/23. Действие ДК в варианте освещения К/З/С – 63/16/21 +10% ДК и преобладание синего света (монохром) снижало проводимость устьиц у листьев земляники. На данных режимах УП варьировалась в очень низких пределах 0,09 – 0,18 моль/м²*с.

Библиографический список

1. Емелин, А.А. Спектральный аспект при использовании облучателей со светодиодами для выращивания салатных растений в условиях светокультуры [Текст]/ А.А. Емелин, Л.Б. Прикупец, И.Г. Тараканов // Светотехника. –2015. – вып. №4
2. Медведев, С.С. Физиология растений [Текст]: учебник/ С.С. Медведев. – СПб: БХВ-Петербург, 2013. – 512с.

3. Копылов, В. И. Земляника [Текст]: учебное пособие для вузов / В. И. Копылов, В. В. Николенко: под редакцией В. И. Копылова. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2023. — 387 с.

УДК 635.64:581.4

ИЗУЧЕНИЕ МОРФОГЕНЕЗА И ПРОДУКЦИОННОГО ПРОЦЕССА ТОМАТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИНТЕГРАЛА СУТОЧНОЙ РАДИАЦИИ

Товстыко Дарья Андреевна, аспирант кафедры Физиологии растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, tov.dasha@mail.ru

Медведков Максим Станиславович, магистр кафедры Физиологии растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, тахунит@gmail.com

Научный руководитель: Тараканов Иван Германович, д.б.н., профессор кафедры физиологии растений ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, ivatar@yandex.ru

Аннотация: исследовали влияние разного интеграла суточной радиации на морфогенез и продукционный процесс томата детерминантного типа при выращивании в условиях светокультуры.

Ключевые слова: томат, интеграл суточной радиации, фотоморфогенез.

Изучение механизмов регуляции фотоморфогенеза и продукционного процесса с.-х. культур чрезвычайно важно для разработки технологий светокультуры растений [1]. Наши фотобиологические исследования были направлены на разработку эффективных методов регулирования морфогенеза растений томата детерминантного типа [2,3].

Целью нашего исследования было изучить физиологические реакции и продукционный процесс томата при выращивании в условиях световых режимов, отличающиеся между собой по фотопериоду и интенсивности облучения при сопоставимых значениях ИСР.

Научно-исследовательскую работу проводили в Лаборатории искусственного климата РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Растения томата выращивали вегетационным способом. Субстратом служил верховой сфагновый торф низкой степени разложения «Агробалт С», с влажностью не более 65%. Источником облучения служили белые светодиоды (СД). Световой блок содержал варианты облучения 6, 12, 18 ч, с интенсивностью облучения 146,220 и 440 мкмоль/ м²*с (табл.1). На световых установках поддерживалась постоянная температура 18-20°С. Обеспечивался оптимальный полив растений (70% ПВ).

Объектом исследования служили растения томата линии № 1. Данная линия была выведена в Лаборатории искусственного климата РГАУ-МСХА