

## ФОТОСТИМУЛЯЦИЯ РАСТЕНИЙ ТОМАТОВ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДОВОГО СТРЕССА

Н.А. Шелухова

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Агрофизический научно-исследовательский институт», Санкт-Петербург, Россия, [batygin@mail.ru](mailto:batygin@mail.ru)

**Аннотация.** Эксперименты по разработке энергосберегающих технологий выращивания растений в условиях защищенного грунта показали, что воздействия красным светом на рассаду овощных культур сем. Solanaceae, активизирующие фоторецепторную систему фитохрома, способствуют получению качественной продукции и закаливанию растений с одновременным уменьшением энергозатрат.

**Ключевые слова:** *холодовой стресс, томаты, фитохром, фотостимуляция*

**DOI:** 10.31255/978-5-94797-319-8-817-820

Анализ результатов исследований действия спектрального состава облучения на рост и развитие растений, показывает, что пути экономически эффективного повышения продуктивности растений в регулируемых условиях следует искать в практическом применении новых теоретических разработок, в частности, касающихся действия фоторегуляторной системы фитохрома, активизация которой приводит к резким изменениям скорости прохождения физиологических процессов в растениях и открывает возможность управления продуктивностью растений. Регуляторное влияние света на морфогенетические реакции растений осуществляется фоторецептором фитохромом, состоящим из фитохромобилина, пигмента, аналогичного фикобилинам, в комплексе с белком. Особенность фитохрома (P) заключается в том, что он состоит из двух взаимопереходящих форм - P<sub>660</sub>, образующейся под воздействием дальнего красного света (ДКС,  $\lambda_{\text{макс}}=730\text{нм}$ ) и активной формы P<sub>730</sub>, образующейся под действием красного света КС, с максимумом излучения  $\lambda_{\text{макс}}=660\text{нм}$ . Установлено, что воздействие КС стимулирует все макромолекулярные синтезы (ДНК, РНК, белок), системы биосинтеза хлорофилла, каротиноидов, антоцианов, органических фосфатов и витаминов, ускоряет катаболический распад полисахаридов, жиров и резервных белков, активирует клеточное дыхание и окислительное фосфорилирование в митохондриях [Тертышная, Левина, 2016; Удалова, 2014].

Одно из проявлений оптимизирующей направленности P<sub>730</sub> – его явное участие в процессах адаптации растений. Активация КС фитохрома усиливает устойчивость растений к экстремальным факторам среды. В условиях закрытого грунта досветка растений КС вызывала ускорение роста и развития овощных растений. У опытных растений увеличивались высота, количество листьев и площадь ассимилирующей поверхности, а также содержание хлорофилла *a* [Астафурова и др., 2011]. Проблема светового управления в онтогенезе сводится к поиску способов активации фитохромной системы растений, стимулирующей развертывание онтогенетической программы первоначального роста и развития, а также оптимизации продукционного процесса. Технически такое мероприятие может быть осуществлено путем воздействия на фитохромную систему растений благоприятным фотопериодом с кратковременным облучением КС или ДКС [Виличко и др., 2010]. Путем подбора соответствующего фотопериода можно управлять содержанием в растении активной формы фитохрома P<sub>730</sub>, а через него — интенсивностью и направленностью роста и развития. При некоторых фотопериодах показатели продуктивности и отношение массы репродуктивных органов к массе растений могут быть увеличены в результате кратковременного облучения КС в начале темновых периодов. Управляющими

воздействиями на ход онтогенеза могут служить кратковременные световые воздействия КС ламп ЛФР-150, излучения которых во время световых воздействий переводит в активную форму  $P_{FR} \sim 75\%$  общего фитохрома.

Большинство сортов томата – растения короткого дня. Выращивание томата в фазе рассады на 12-часовом дне ускоряет развитие. Для теплолюбивых растений томата благоприятной является температура  $+22...+24$  °С с понижением в ночное время до  $+16...+18$  °С. При температуре ниже  $+15$  °С приостанавливается цветение, рост прекращается у растений томата при  $+10$  °С и ниже. Холодостойкие сорта могут расти при  $+8$  °С [Литвинов, 2008].

Для проверки гипотезы возможности фотостимуляции продукционного процесса у томата в условиях пониженных температур в закрытом грунте были поставлены следующие эксперименты.

Для разработки режимов выращивания рассады томатов с применением КС использовали специальную установку. Так как активизация фитохромной системы происходит при очень низких уровнях облученности, порядка единиц  $Вт/м^2$  ФАР, не допускается искажение результатов действия кратковременных световых разрывов рассеянным светом посторонних источников. Установка для выращивания рассады состояла из 4 изолированных друг от друга светонепроницаемым материалом отсеков. В каждом отсеке использованы по 2 лампы ДРЛФ-400 (белый свет, БС), кроме того, в отсеках 2 и 4 в качестве источника КС были использованы лампы ЛФР-150. В табл. 1 представлено распределение энергии в спектре излучения использованных в эксперименте ламп.

Таблица 1.

Распределение энергии в спектре излучения ламп (%)

Тип лампы	Участки спектра $\Delta\lambda$ (нм)					
	400÷500	500÷600	600÷700	700÷920	920÷2700	2700
ДРЛФ-400	7	18	10	5	35	25
ЛФР-150	11	19	57	7	6	-

Средняя по поверхности освещенность растений на уровне вершин рассады при использовании ламп ЛФР-150 составляла – 5000 Лк, для ламп ДРЛФ-400 – 4000 Лк, тем самым сохранялся баланс освещенности по мощности при выбранном фотопериоде и времени действия КС.

В двух контрольных вариантах с попеременным включением ламп над рассадой фотопериод составлял 10 ч БС или 14 ч БС, таким образом, был использован 10-ти и 14-ти часовой период освещенности прямым светом. Два опытных варианта составили соответственно 9 ч БС + 1 ч КС и 13 ч БС + 1 ч КС.

Проращивание семян и начальный период выращивания рассады проводили весной при температуре  $+18...+23$  °С с понижением в темновой период до  $+16...+18$  °С. Далее, до конца вегетации растения подвергались холодовому стрессу, для этого дневная температура была понижена на 8 °С.

В опыте использовали два ранних сорта томатов *Lycopersicum esculentum* Mill.: Белый налив и Фонтанка.

В табл. 2 представлены данные состояния рассады по показателям высоты ювенильных растений. Как при 9-часовом, так и при 13-часовом фотопериоде, у обоих сортов показатели снижены даже на фоне их увеличения при 14 ч БС по сравнению с 10 ч БС. Исключение составил сорт Белый налив, у которого при 13-часовом фотопериоде показатели несколько выше контрольных.

Таблица 2.

## Число листьев и высота ювенильных растений томатов

Сорт	Режимы освещения							
	10 ч БС		9 ч БС + 1 ч КС		14 ч БС		13 ч БС + 1 ч КС	
	высота раст. <sup>1</sup> , см	число лист. <sup>2</sup> , шт	высота раст. <sup>1</sup> , см	число лист. <sup>2</sup> , шт	высота раст. <sup>1</sup> , см	число лист. <sup>2</sup> , шт	высота раст. <sup>1</sup> , см	число лист. <sup>2</sup> , шт
Белый налив	4,5	3,8	2,9	2,6	6,4	5,3	8,4	5,7
Фонтанка	5,1	3,7	4,7	4,2	11,4	6,0	4,8	5,5

$HCP_{0,05}^1=2,9$ ;  $HCP_{0,05}^2=1,3$

Таблица 3.

## Состояние растений томатов и показатели продуктивности

Режим освещения	Состояние растений через 1 мес. после высадки в грунт		Количество плодов на 1 растение, в т.ч.			Масса плодов, г/раст.
	высота раст., см	фаза развития	всего, шт	>3 см, % к общему	<3 см, % к общему	
Белый налив (ранний сорт)						
10 ч БС	59,0	бутон.-цвет.	20	0	100,0	240,0
9чБС+1чКС	50,0	нач.бут.	15	45,2	54,8	250,0
14 ч БС	70,0	вегет.	10	20,0	80,0	180,0
13ч БС+1чКС	58,3	нач.бут.	19	5,3	94,7	220,0
Фонтанка (ранний сорт)						
10 ч БС	69,0	цвет	23	82,6	17,4	400,0
9чБС+1чКС	33,3	вегет.	4	45,9	54,1	275,0
14 ч БС	67,5	плод.	14	28,5	71,4	415,0
$HCP_{0,05}$	16,4	—	8	35,5	35,5	113,0

Относительно продвинутой по генеративным фазам развития (табл. 3) можно сказать, что КС при 9 ч БС задерживал развитие, а при 13 ч БС – ускорял, хотя сортовые различия сохранялись. Результат разной динамики развития растений сказанся и на их продуктивности. У опытных растений томатов сорта Белый налив под воздействием КС улучшались показатели хозяйственно-полезных признаков: формирование плодов определённого размера либо количество плодов, однако, следует отметить снижение доли плодов размером более 3 см в диаметре при действии КС и увеличении фотопериода у этого сорта (табл. 3). Сорт Фонтанка не показал положительных результатов под воздействием КС.

Таким образом, использование КС при 9-часовом фотопериоде улучшило качество рассады у испытанных сортов. Далее в онтогенезе воздействие КС повышало устойчивость растений томатов некоторых сортов в сравнении с контролем (БС) в условиях пониженной температуры.

Следовательно, одним из способов экономически эффективного повышения продуктивности растений в регулируемых условиях служит активизация фоторегуляторной системы фитохрома, что открывает возможность для улучшения продуктивности у сортов овощных растений при пониженной температуре с экономией энергозатрат.

#### Литература

Астафурова Т.П., Лукаш В.С., Верхотурова Г.С., Зайцева Т.А. Влияние досветки красными полупроводниковыми приборами на рост и развитие овощных культур // Физиология растений – фундаментальная основа экологии и инновационных биотехнологий. Мат-лы докл. VII Съезда ОФРР и докл. на Межд. науч. шк. "Инновации в биологии для развития биоиндустрии сельскохозяйственной продукции": в 2-х частях / Ред. В.В. Кузнецов, А.П. Веселов, Г.А. Романов. – 2011. – С. 58–59.

Виличко А.К., Судаков В.Л., Лыкова Н.А. Влияние активизации фоторецепторной системы фитохрома на рост и развитие рассады томатов и перца в условиях пониженных температур в культивационных сооружениях закрытого грунта // II Межд. науч.-практ. конф. "Современные тенденции в селекции и семеноводстве овощных культур. Традиции и перспективы", посвящ. 90-летию ВНИИССОК. – 2-4 авг. 2010. – 2010. – С.154–161.

Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства. – М.: ВНИИО, 2008. – 771 с.

Тертышная Ю.В., Левина Н.С. Влияние спектрального состава света на развитие сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2016. № 5. – С. 24–29.

Удалова О.Р. Технологические основы культивирования растений томата в условиях регулируемой агроэкологической системы. Автореф. дисс. на соиск.уч. степ. канд. с.-х. наук. – СПб, 2014. – 29 с.

Kabachevskaya A.M., Liakhnovich G.V., Kisel M.A., Volotovskii I.D. Red/far-red light modulates phospholipase D activity in oat seedlings: Relation of enzyme photosensitivity to photosynthesis // J. of Plant Physiology. – 2007. – V. 164. – P. 108–110.

Kasperbauer M.J. Phytochrome involvement in regulation of the photosynthetic apparatus and plant adaptation // Plant Physiol. Biochem. – 1988. – V. 26, No. 4. – P. 519–524.

### PHOTOSTIMULATION OF TOMATO PLANTS IN CONDITIONS OF COLD STRESS

N.A. Sheloukhova

Agrophysical Research Institute, Saint-Petersburg, Russia, [nsheloukhova@agrophys.ru](mailto:nsheloukhova@agrophys.ru)

**Abstract.** Experiments on the development of energy-saving technologies for growing plants in greenhouse conditions showed that the impact of red light on the vegetable seedlings into the Solanaceae family, activating phytochrome system photoreceptors, which would produce high quality products and tempering plants with simultaneous reduction of energy consumption.

**Keywords:** cold stress, tomatoes, phytochrome, photostimulation