

Светокультура как способ выявления потенциальной продуктивности растений.

Н. Н. ПРОТАСОВА

Институт физиологии растений им. К. А. Тимирязева Академии наук СССР, Москва

Применяемые сокращения:

КПД лампы - отношение энергии ФАР ко всей потребляемой энергии, $K_{хоз}$ - отношение полезной части урожая к общей биомассе, *МГЛ* - металлогалогенные лампы, *ФАР* - фотосинтетически активная радиация - излучение в области 380—720 нм, *Хл* - хлорофилл.

Исследовали рост, фотосинтез и продуктивность растений (салат, редис, подсолнечник, перец, левзея сафлоровидная) при выращивании их на свету различной интенсивности и спектрального состава в условиях фитотрона. Показано, что световое насыщение процессов роста наступает при более низкой интенсивности света, чем фотосинтез. Наиболее благоприятными для выращивания светолюбивых растений являются интенсивности ФАР в пределах 150—220 Вт/м². Синий свет вызывает торможение роста стебля и поверхности листьев, при этом формируются листья с большей удельной плотностью. На синем свету наблюдался самый высокий фотосинтез в расчете на единицу площади листа. Красная область спектра способствовала интенсивному росту площади листьев и вытягиванию осевых органов. В зеленой области спектра формировались тонкие листья с меньшим числом клеток и хлоропластов в 1 см² листа и регистрировался самый низкий фотосинтез на единицу площади листа, но самый высокий - в расчете на хлоропласт. Используя ксеноновые и металлогалогенные лампы в условиях фитотрона, получены урожаи в несколько раз более высокие, чем в теплицах и в поле в 1,5—2 раза более короткие сроки. Сделан вывод, что соотношение энергии по спектру ФАР в растениеводческих лампах желательно иметь следующее: 25-30% - в синей, 20% - в зеленой, 50%- в красной области. **Светокультура - интенсивность и спектр света - фотосинтез - урожай.**

Светокультура растений находит все более широкое применение в сельскохозяйственном производстве для досвечивания рассады овощных и декоративных культур и при выращивании растений при полном искусственном освещении в теплицах, на селекционных станциях и фитотронах.

В естественных условиях в период вегетации растения редко испытывают острый недостаток солнечной радиации, который приводил бы к их гибели. ФАР имеет особую значимость в условиях защищенного грунта, где из-за низкой облученности и короткой длины дня в осенне-зимние месяцы выращивание полноценных растений возможно только с применением источников искусственного света [1-3].

В связи с необходимостью расширения площадей под светокультурой растений значительно увеличивается потребность в источниках излучения, имеющих высокую биологическую эффективность. Для выполнения этой задачи необходим выпуск растениеводческих ламп, имеющих не только высокий КПД, но и благоприятный для растений спектральный состав. Высокая биологическая и энергетическая эффективность источников искусственного света в конечном счете определит экономический эффект

светокультуры растений и возможность более широкого ее использования в тепличных хозяйствах нашей страны.

В связи с тем, что до настоящего времени в нашей стране нет полноценного растениеводческого источника света, создание такого источника является важной задачей для дальнейшего развития светокультуры растений. В этом плане представляют интерес работы по изучению спектрального состава света, наиболее эффективного для выращивания растений.

Перед нами стояли задачи выяснить:

- 1) какие интенсивности белого света в условиях фитотрона являются оптимальными и минимально допустимыми для выращивания растений;
- 2) какова специфичность действия на рост и фотосинтез трех основных областей ФАР - синей, красной и зеленой;
- 3) как меняется продуктивность растений в зависимости от спектрального состава света;
- 4) какое распределение энергии по спектру ФАР желательно иметь в источнике света для светокультуры растений.

Учитывая то обстоятельство, что в естественных условиях произрастания растения никогда не получают чисто красный, чисто синий или чисто зеленый свет, а получают их сумму с разными максимумами излучения в зависимости от плотности посева и географической широты места, мы использовали источники, имеющие максимум излучения в той или другой области спектра, - цветные люминесцентные лампы.

При определении биологической эффективности источника искусственного света или отдельных областей спектра в качестве основных критериев оценки мы брали показатели интенсивности фотосинтеза и скорости роста — основные физиологические процессы, определяющие продуктивность растений.

Методика

Опыты проводили в кондиционированных камерах фитотрона Института физиологии растений АН СССР. В качестве опытных растений были взяты: салат (*Lactuca saliva* L.), редис (*Raphanus sativus* L., var. *minor*), перец сладкий (*Capsicum annuum* L.), подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) и левзея сафлоровидная (*Rhaphanistrum cariliamoides* Wild I). Растения выращивали в почвенной культуре при 23° днем и 20° ночью, влажности воздуха 75—80% при различной интенсивности ФАР и световом дне 16 ч. Интенсивность света (облученность) измерялась в Вт/м² ФАР.

Источником света служили ксеноновые лампы мощностью 20 кВт марки ДКСТ-20 000 с водным экраном. Ксеноновые лампы по спектральной характеристике в области ФАР близки к солнечному спектру. Большая мощность ламп позволила получать облученность, равную максимальной солнечной - 500 Вт/м² ФАР (~100 тыс. лк). Использовали также цветные люминесцентные лампы с максимумом излучения в красной, синей или зеленой областях спектра: лампы красного света ЛК-65, излучение в области 600-710 нм с максимумом при 640-660 нм плюс 14% излучения в синей области; лампы синего света ЛС-150, излучение в области 380-600 нм с максимумом при 440-460 нм; лампы зеленого света ЛЗ-150, излучение в области 490-605 нм с максимумом при 520-550 нм; фитолампы ЛФР-150, излучение в области 590-720 нм с максимумом при 600-620 нм (лампы красного света с добавкой 25% синего).

Свет был выравнен по числу падающих квантов и составлял $19,69 \cdot 10^{15}$ квант*см⁻²*с⁻¹ (65-83 Вт/м² ФАР). Экстракцию хлорофиллов проводили с применением охлажденного 85%-ного ацетона. Интенсивность фотосинтеза определяли по изменению концентрации СО₂ в замкнутой системе, соединенной с инфракрасным газоанализатором «Infralyt-3» («Junkalor», ГДР). Определения проводили на листьях, не отделенных от растений с использованием камеры-щипцов. Световые кривые фотосинтеза получали при 0,04% СО₂,

потенциальный фотосинтез - при облученности 500 Вт/м² ФАР и 0,08% CO₂. Площадь листьев определяли весовым методом. Поглощение и отражение ФАР листом определяли на спектрофотометре СФ-14 (СССР). В таблицах и на рисунках приведены средние арифметические из 4-5 биологических повторностей и их стандартные ошибки.

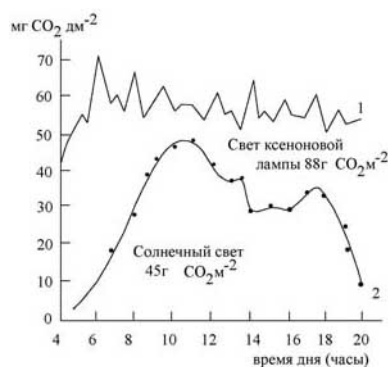


Рис. 1

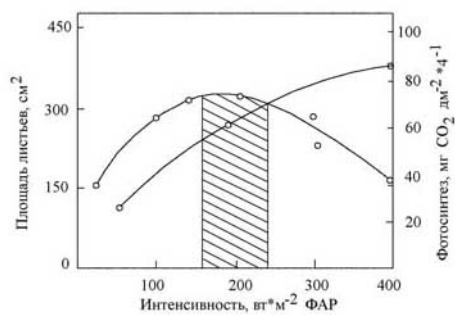


Рис. 2

Рис. 1. Суточное усвоение CO₂ (в расчете на кв.м площади листьев) у растений подсолнечника,

выращенных на свету ксеноновых ламп (1) и при естественном освещении (2).

Рис. 2. Зависимость фотосинтеза (1) и роста площади листьев (2) от интенсивности света у растений редиса.

Заштрихованная область - диапазон интенсивностей, наиболее благоприятных для выращивания светолюбивых растений.

Результаты и обсуждения

Фотосинтез и рост - два основных процесса жизнедеятельности растений, от сбалансированности которых зависит конечный урожай растений [4]. Оба эти процесса в свою очередь находятся в тесной зависимости от интенсивности и спектрального состава света [5, 6]. Известно, что в благоприятных условиях освещения и минерального питания у растений формируется листовая поверхность, фотосинтетическая деятельность которой способна полностью обеспечить ростовую функцию и репродуктивные процессы, закодированные в геноме. В неблагоприятных световых условиях у растений в процессе эволюции выработались компенсаторные механизмы, восполняющие недостаток одного параметра другим [7, 8]. Так, при низких интенсивностях света невысокий фотосинтез частично компенсируется усиленным ростом площади листьев, в то время как при высоких интенсивностях света меньшая листовая поверхность может компенсироваться повышенной скоростью ассимиляции CO₂. В итоге относительно улучшается количественный баланс поглощенной энергии как у теневых, так и у световых растений.

Заслуживает внимания тот факт, что в условиях фитотрона, когда подобран комплекс оптимальных факторов (световой и температурные режимы, минеральное питание и пр.), растения имеют высокий уровень фотосинтеза в течение всего светового дня без спадов и полуденных депрессий (рис. 1). На рис. 1 показан дневной ход фотосинтеза растений подсолнечника, выращенных в условиях искусственного и естественного освещения. На графике видно, что суточное усвоение углекислоты в расчете на 1 м² листа у растений под солнечным светом почти вдвое меньше, чем под светом ксеноновых ламп.

Экспериментальные исследования, проведенные в условиях фитотрона [5, 6], позволили установить, что при длительном выращивании растений на различных интенсивностях света вплоть до насыщающих, равных максимальным солнечным -500 Вт/м² ФАР, при 16-ч фотопериоде по мере возрастания интенсивности света увеличиваются скорость фотосинтеза и размер листовой поверхности (рис. 2). Однако при интенсивностях, превышающих 250 Вт/м² ФАР, тормозится рост площади листьев и

подавляется рост стебля (рис. 2). При этом свет высоких интенсивностей (свыше 400 Вт/м² ФАР) настолько подавляет рост растений, что в этих условиях вырастают растения карликовой формы. В отличие от генетических карликов мы их назвали «световые карлики». Эти световые, или физиологические, карлики имели значительно меньшую биомассу по сравнению с растениями, выращенными при оптимальных интенсивностях света.

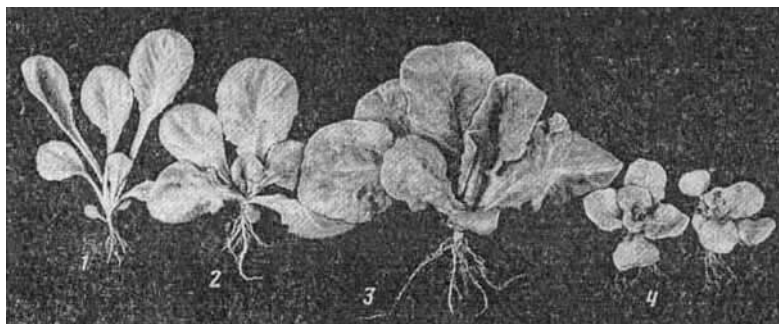


Рис. 3. Растения салата, выращенные при интенсивностях света (Вт/м² ФАР): 30 (1), 80 (2), 200 (3) и 420 (4)

Торможение ростовых процессов светом высоких интенсивностей наблюдалось как у светолюбивых (подсолнечник, редис и др.) так и у тенелюбивых растений (салат Московский парниковый). Световое насыщение фотосинтеза у светолюбивых растений при длительном выращивании на высокоинтенсивном свету наступало при интенсивности ФАР свыше 420 Вт/м². У теневыносливых растений ингибирование фотосинтеза наблюдалось при облученностях около 400 Вт/м², оно являлось следствием разрушения Хл, а при интенсивностях свыше 420 Вт/м² ФАР - также и деструкции пластид [6].

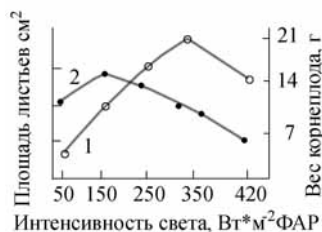


Рис. 4. Зависимость образования веса корнеплода (1) и площади листьев (2) растений редиса от интенсивности света.

Таким образом, исследования по изучению процессов роста и фотосинтеза растений, выращенных при различных (вплоть до насыщающих) интенсивностях света, позволили установить, что световое насыщение процессов роста наступает при более низких уровнях облученности, чем фотосинтез [5, 6].

В качестве иллюстрации приводятся фотографии растений, выращенных при низких, оптимальных и насыщающих интенсивностях ФАР. На рис. 3 показан внешний вид растений салата в возрасте 20 дней, выращенных под светом ксеноновых ламп при разных интенсивностях света. Видно, что для растений, выращенных при низких интенсивностях света, характерны длинные черешки, тонкие вытянутые листья. При оптимальных интенсивностях света (около 200 Вт/м² ФАР) растения имели не только достаточную площадь листьев, но и высокий фотосинтез с единицы ее поверхности, т. е. фотосинтез и рост были хорошо сбалансированы.

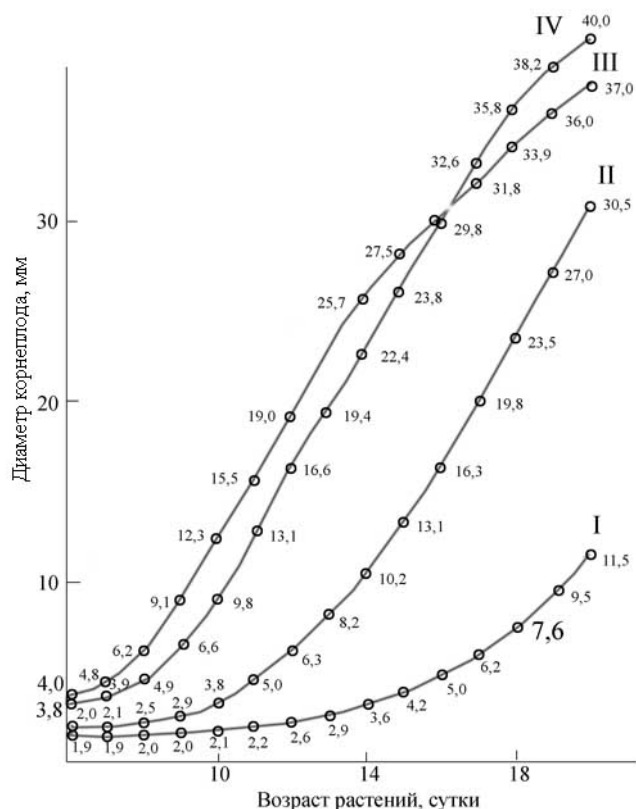


Рис. 5. Суточный прирост диаметра корнеплода у растений редиса от интенсивности света (ксеноновые лампы) I - 50, II - 140, III - 325, IV - 410 Вт/м²

На рис. 4 показана зависимость роста корнеплода и листьев редиса от интенсивности ФАР. Можно видеть, что по мере увеличения интенсивности света вес корнеплода растет, а площадь листьев уменьшается.

Были проведены также опыты, в которых ежедневно измерялся диаметр корнеплода у растений редиса, растущих при высоких и низких интенсивностях света ксеноновых ламп. Максимальный прирост диаметра корнеплода наблюдался при интенсивности ФАР 325 Вт/м² (рис. 5).

Следует отметить, что при высоком уровне облученности интенсивный рост корнеплода начинался уже с 6-дневного возраста, в то время как при низкой облученности заметный прирост наблюдался только с 14-дневного возраста. Однако при более высокой интенсивности света (410 Вт/м² ФАР) у растений с 16-дневного возраста начинали желтеть и отмирать нижние листья, а к 20 дню прирост корнеплода практически прекращался - наступало очень раннее старение растений. При сильном загущении посева уровень светового насыщения по росту и фотосинтезу можно поднять [9]. В этом случае верхние листья служат защитным экраном от чрезмерно высокого уровня облученности. В вариантах с интенсивностью ФАР 320 и 410 Вт/м² высокая продуктивность- растений была получена только при условии применения повышенных доз азота и магния (три нормы по Кнопу). Подкормка растений в почвенной культуре проводилась 2 раза в неделю.

На рис. 6 показаны растения подсолнечника сорта Передовик (высокорослый сорт), выращенные при двух интенсивностях ФАР: 250-300 и 130 Вт/м². Растения варианта 250-300 Вт/м² имели в 2 раза меньшую высоту стебля, меньшую площадь листьев, но значительно более высокий фотосинтез (табл. 1). Расчеты по суточному усвоению CO₂ показали, что относительно небольшая площадь листьев у растений подсолнечника на высоких интенсивностях ФАР компенсировалась высоким уровнем ассимиляции CO₂.



Рис. 6. Реакция ингибирования роста стебля подсолнечника (сорт Передовик) светом высокой интенсивности (Вт/м^2 ФАР) 1 - 250-300, 2 - 130.

В этом опыте в обоих вариантах распределение ассимилятов по органам было различным: при низкой облученности основная масса ассимилятов использовалась на рост вегетативных органов - листьев, стебля, а при высокой интенсивности ФАР ассимиляты в значительной степени использовались на рост репродуктивных органов - корзинки с большим содержанием в ней выполненных семян (рис. 6). Для удобства оценки и стандартизации получаемых результатов для условий светокультуры на основании наших экспериментальных данных можно дать следующие определения трем основным диапазонам применяемых интенсивностей ФАР.

1. *Низкая интенсивность ФАР* (минимально допустимая) - диапазон интенсивностей, при котором рост вегетативных органов происходит, но не образуются полноценные генеративные органы. При этом фотосинтез имеет низкие показатели. Для светолюбивых растений это интенсивности в диапазоне $15-30 \text{ Вт/м}^2$.

2. *Оптимальная интенсивность ФАР* - диапазон интенсивностей, при котором наблюдается максимальное накопление биомассы в единицу времени. При этом $K_{\text{хоз}}$ составляет 50-70%. Фотосинтез и рост хорошо сбалансированы. Для светолюбивых растений это диапазон ФАР $150-220 \text{ Вт/м}^2$.

3. *Насыщающая интенсивность ФАР* - максимальная интенсивность света, при которой достигается выход фотосинтеза на плато светового насыщения, т. е. максимальный фотосинтез. При этом, наблюдается торможение роста стебля и других осевых органов - растения приобретают низкорослую форму. $K_{\text{хоз}}$ высокий, но общей биомассы накапливается меньше, чем при оптимальной интенсивности, так как рост заторможен (400 Вт и более)

Показатели	Интенсивность света Вт/м^2 ФАР	
		250 - 300

		и			я, г.		
Синего света ЛС-150	31,66±2,38	29,33±1,706	10,02±0,682	133,3±4,095	204,33±3,341	8,078±0,31	24,5±1,36
Красного света ЛК-65	55,0±2,68	42,16±1,365	13,66±1,023	186,1±3,071	296,83±4,436	5,6±0,09	20,3±1,25
Зеленого света ЛЗ-150	39,66±3,07	31,66±1,706	8,3±0,375	99,33±6,143	178,95±8,156	5,01±0,06	18,2±1,45
ЛФР-150	48,0±1,36	40,66±1,365	18,0±0,682	216,0±5,119	322,6±4,778	5,78±0,2	22,4±1,01
Белого света ЛХБ-150	42,2±3,87	34,4±1,91	12,1±1,22	156,7±4,88	245,4±6,68	5,9±0,22	21,7±1,2

Таблица 2. Характеристика растений перца сорта Вини-пух, выращенных под излучением цветных люминисцентных ламп.

ФАР выравнена по числу падающих квантов и равна $19,7 \cdot 10^{15}$ квант*см⁻²*с⁻¹, возраст растений 80 дней.

Исследования по оценке действия света прямого спектрального состава на фотосинтез, рост и продуктивность растений мы проводили при длительном выращивании растений под источниками света, имеющими максимум излучения в красной, синей или зеленой области спектра. Световые кривые фотосинтеза получали на белом свете. Существует и другой метод оценки спектрального состава света при кратковременном его воздействии, например, при изучении спектров действия фотосинтеза, когда растения выращивают под белым светом, а фотосинтез определяют в разных участках спектра [13]. Однако этот второй метод оценки качества света мало пригоден для целей светокультуры, где у растений при длительной адаптации к определенному спектру наблюдаются изменения не только в скорости ассимиляции CO₂, но и в морфологическом и анатомическом строении растений [14] и в размерах урожая. В качестве примера такой адаптации можно привести результаты опытов с растениями перца. Лучшие результаты были получены под излучением фитоламп ЛФР-150, у которых к красному свету было добавлено 25% излучения в синей области (табл. 2). В этом варианте растения были правильно сформированы и имели наибольшую массу плодов. Хороший результат был получен также под излучением красных ламп с добавкой 14% синего света, где всегда наблюдался интенсивный рост площади листьев, плоды были хорошо сформированы и созревали на несколько дней раньше, чем под зеленым и синим светом. Наименьший урожай был получен под зеленым светом. Эти растения имели тонкие листья с низкой удельной и оптической плотностью, меньшим содержанием Хл (a+b) и худшими показателями интенсивности фотосинтеза в пересчете на единицу площади листа. У растений на синем свете, наоборот, наблюдался заторможенный рост листьев и осевых органов. Удельная плотность листьев, содержание в них пигментов, интенсивность фотосинтеза имели при этом максимальные показатели, а площадь листьев была наименьшей. По массе плодов растения значительно уступали варианту на красном свете. На белом свете (лампы ЛХБ-150) растения имели лучшие показатели, чем под синим и зеленым, но худшие, чем под излучением красных ламп, так как у белых ламп излучение в

красной области составляет всего 22-26%.

На основании этих опытов можно сделать вывод о том, что перец сладкий (*S. аспиит L.*) относится к числу растений, для которых максимум излучения в источнике должен быть в красной области спектра. Следует отметить, что растения перца, выращенные при невысокой интенсивности ФАР, содержали на 50-60% больше Хл, чем при 200 Вт/м² ФАР. Коэффициент поглощения ФАР у этих растений, выращенных под люминесцентными лампами, составлял 90-95%. Перец - очень пластичное растение с хорошей адаптацией к условиям выращивания и благодаря этому относительно теневыносливо. Однако наиболее высокие урожаи плодов в наших опытах были получены при уровнях облученности, равных примерно половине от максимальных солнечных 200- 250 Вт/м² ФАР (было получено 360-380 г с растения). Возник вопрос, какова причина столь низкой фотосинтетической активности листьев растений, выращенных под зеленым светом? Почему у растений, длительно адаптированных к синему свету, наблюдалось самое высокое поглощение СО₂ с единицы площади листа? Для ответа на эти вопросы была проведена серия опытов с левзеей сафлоровидной [14]. Левзея - дикорастущее растение, которое широко распространено в Сибири, Алтайском крае, встречается оно и в средней полосе нашей страны. Это растение интересно по двум показателям. Во-первых, в клетках столбчатой и губчатой паренхимы ее листьев содержится относительно небольшое число хлоропластов - 30-40 (у большинства культурных растений 100-150), что облегчает проведение анализа в расчете на хлоропласт. И во-вторых, как все дикорастущие растения, оно имеет более устойчивую наследственную основу по сравнению с культурными растениями. Перед нами стояла задача выяснить особенности адаптации фотосинтетического аппарата дикорастущего растения к качеству света. В этих опытах было показано, что на зеленом свету формируется вполне активный хлоропласт, он также интенсивно фиксирует СО₂, как и хлоропласт на синем свету [14]. Однако число клеток и хлоропластов в единице площади листа, сформированного на зеленом свету, было на 50-60% меньше, чем на синем свету, что, вероятно, и послужило причиной низкого фотосинтеза на единицу площади листа.

На синем свету число клеток и хлоропластов в 1 см² листа было значительно больше, чем на красном и зеленом свету, и наблюдался самый высокий фотосинтез на единицу площади листа [14]. Для листьев растений, выращенных на синем свету, был характерен и наиболее высокий уровень светового насыщения фотосинтеза [15], что, возможно, объясняется наличием наибольшего числа хлоропластов, приходящихся на единицу площади листа, а также особенностями внутренней организации хлоропласта и активацией под влиянием синего света биосинтеза ферментов фотосинтетического метаболизма углерода и реакций цепи переноса электронов [16]. На синем свету в листьях образуется значительно большее количество ингибиторов роста (абсцизовой кислоты, оксикоричных кислот и др.) по сравнению с растениями, выращенными на красном и тем более на зеленом свету [6], что приводит к формированию укороченных стеблей и более толстых листьев.

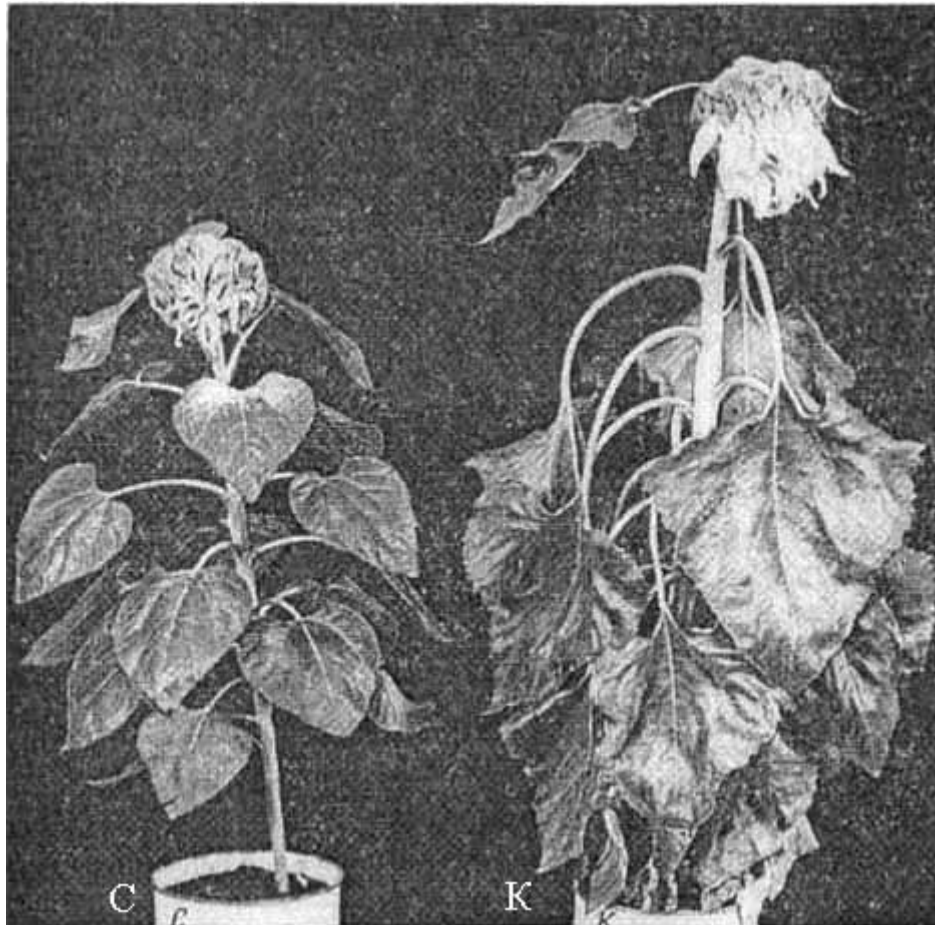


Рис. 7. Растения подсолнечника (сорт Передовик), выращенные на синем (С) и на красном (К), содержащем 14% синего (К), свету. Черешки листьев изогнуты книзу - реакция эпинастии на красный свет.

В опытах с другими растениями синий свет также вызывал торможение роста стебля и площади листьев. На рис. 7 показаны растения подсолнечника, выращенные на синем и на красном свету. Растения на красном свету имели почти в 3 раза большую площадь листьев - 79 дм^2 по сравнению с вариантом на синем свету (27 дм^2). Более высокий фотосинтез, наблюдаемый обычно на синем свету, не мог компенсировать дефицит площади листьев у этих растений, что приводило к снижению продуктивности. У растений подсолнечника на красном свету наблюдался избыточный «балластный» рост площади листьев в ущерб росту репродуктивных органов.

Итак, красный свет с максимумом излучения 640-670 нм способствует интенсивному росту листьев и осевых органов. На красном свету мы наблюдали самый высокий ростовой эффект, стимулированный, вероятно, и фоторецептором красного света - фитохромом.

Синий свет тормозит рост стебля и площадь листьев, что приводит к формированию растений с низкой продуктивностью. В зеленой области спектра (максимум излучения 520-550 нм) формировались тонкие листья с меньшим числом клеток и хлоропластов и самым низким фотосинтезом на единицу площади листа, но самым высоким фотосинтезом в расчете на хлоропласт; продуктивность растений была низкой.

Таким образом каждая из трех основных областей ФАР (синяя, зеленая и красная), взятая в отдельности, мало пригодна для выращивания растений и только излучение, взятое в определенном соотношении энергии по всему спектру, может обеспечить

выращивание полноценных растений. Сильное нарушение этого соотношения, например, когда растения получают максимум излучения только в синей области спектра, приводит к формированию низкорослых растений с высоким фотосинтезом, но низкой продуктивностью. Сильный «перекос» по спектру в красную область спектра, наоборот, приводит к излишнему росту вегетативных органов в ущерб генеративным.

Таким образом, спектральный состав света, так же как и его интенсивность, является сильным морфогенетическим фактором, регулирующим как ростовые, так и фотосинтетические реакции в системе целого растения. При этом желательно иметь следующее соотношение энергии по спектру ФАР в растениеводческих лампах для многих сельскохозяйственных растений: 25-30%-в синей области (380-490 нм), 20% в зеленой (490-590 нм) и 50% - в красной области (600-700 нм).

Ниже приводятся максимальные показатели продуктивности растений, получаемые в условиях фитотрона при оптимальных световых режимах (с соблюдением комплекса других факторов). В этих условиях фотосинтез поддерживался в течение всего светового дня без полуденных депрессий, суточное усвоение CO₂ было значительно выше, чем при солнечном освещении, фотосинтез и рост были хорошо сбалансированы. В итоге получены урожаи с 1 м² площади значительно более высокие, чем в поле, при сокращенном вегетационном периоде: пшеница - 2,2- 2,7 кг зерна за 75 дней (от посева), огурцы - 24 кг плодов за 76 дней (от посева), томаты - 27 кг плодов за 70 дней (от посева).

Результаты этой работы показали, что растения обладают большим генетическим потенциалом, который обычно не реализуется полностью в полевых условиях, где фотосинтез и рост трудно сбалансировать.

Литература

1. Клешнин А. Ф., Лебедева Е. В., Протасова Н. Н. и др. Выращивание растений при искусственном освещении. М.: Сельхозгиз, 1959. 128 с.
2. Машков Б. С. Выращивание растений при искусственном освещении. Л. Колос, 1966. 287 с.
3. Ломан В. М. Курс светокультуры растений. Изд. 2-е. М: Высш. школа, 1976. 272 с.
4. Нишпорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повышения их продуктивности. Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. М.: Наука, 1972. С. 511.
5. Протасова Н. Н., Кефели В. И., Коф Э. М. и др. Фотосинтетическая активность, рост и уровень природных регуляторов у растений, выращенных на свету различной интенсивности. Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. М.: Наука, 1972. С. 385.
6. Протасова Н. Н., Кефели В. И. Фотосинтез и рост высших растений, их взаимосвязь и корреляции. Физиология фотосинтеза. М.: Наука, 1982. С. 251.
7. Куперман И. А. Физиологические механизмы адаптации и устойчивости растений. Новосибирск: Наука, 1972. С. 5.
8. Цельникер Ю. Л. Физиологические основы теневыносливости древесных растений. М.: Наука, 1978. 212 с.
9. Тихомиров А. А., Сидько Ф. Я. Состояние пигментного аппарата и формирование структуры ценозов редиса в связи с их продуктивностью при различной интенсивности и спектре излучения. Физиология растений. 1982. Т. 29. Вып. 3. С. 457.
10. Мокронос А. Т. Эндогенная регуляция фотосинтеза в целом растений. Физиология растений. 1978. Т. 25. Вып. 5. С. 938.
11. Кефели В. И. Природные ингибиторы роста и фитогормоны. М.: Наука, 1974. 247 с.
12. Протасова Н. Н., Ложникова В. Н., Ничипорович А. А. и др. Рост, активность фитогормонов и ингибиторов и фотосинтез у карликовых мутантов гороха в разных

- условиях светового режима. Изв. АН СССР. Сер- биол., 1980. № 1. С. 94.
13. McCree K. J. The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. Agric. Meteorol. 1972. V. 9. P. 192.
14. Карначук Р. А., Протасова Н. Н., Добровольский М. В. и др. Физиологическая адаптация листа левзеи к спектральному составу света. Физиология растений. 1987. Т. 34. Вып. 4. С. 51.
15. Тихомиров А. А., Сидько Ф. Я., Лисовский Т. /VI. и др. Проблема оптимизации спектральных и энергетических характеристик излучения растениеводческих ламп. Красноярск. Ротапринт. 1983. 47 с.
16. Воскресенская Н. П. Фоторегуляторные аспекты метаболизма растений: 38-е Тимиряз. чт. М: Наука, 1979. 48 с.

Памяти Нины Николаевны Протасовой

18 июня 2005 года не стало Нины Николаевны Протасовой известного физиолога растений, одного из ведущих специалистов в области светокультуры растений. Нина Николаевна родилась 30 ноября 1922 года в семье служащих, после школы она поступила в Тимирязевскую сельскохозяйственную академию, которую успешно окончила в 1946 году. Затем она работала в системе Министерства сельского хозяйства и одновременно занималась научной работой. В 1949 году она поступила в очную аспирантуру Института физиологии растений им. К.А.Тимирязева АН СССР, с которой затем уже не расставалась никогда.

Для своей научной работы Нина Николаевна избрала новое перспективное направление - светокультуру растений, которому она оставалась верной всю свою жизнь. В своих исследованиях она придавала большое значение разработке приёмов выращивания растений, имеющих большое хозяйственное значение. Нина Николаевна успешно защитила диссертацию на соискание кандидата биологических наук по теме: "Применение искусственного досвечивания при выращивании рассады огурцов и томатов".

Нина Николаевна внесла важный вклад в изучение физиологических особенностей выращивания растений в условиях защищенного грунта с использованием искусственного света как в условиях досвечивания, так и при полностью искусственном свете. Эта работа имела большое значение для продвижения промышленной светокультуры в северные районы страны. Ценными были и выводы о физиологической оценке эффективности излучения ламп. Много сил и времени потратила она при выработке требований к техническим характеристикам новых источников света, их биологическим испытаниям и последующему внедрению в практику промышленной светокультуры. С её именем связано внедрение в светокультуру трубчатых ксеноновых ламп в 60-70 годы, трёхфазных металлогалогенных ламп в 70-80 годы. Она опубликовала более 60 научных работ, получила несколько авторских свидетельств, её трижды награждали медалью на ВДНХ СССР за внедрение научных разработок в тепличное растениеводство. Много раз Н. Н. Протасова возглавляла межведомственные и государственные аттестационные комиссии по приемке новых ламп для растениеводства, участвовала в работе научных конференций, её приглашали для чтения лекций на методических сборах для работников сельского хозяйства. Для всех, кто её знал или работал с нею, Н. Н. Протасова навсегда осталась очень доброжелательным, оптимистичным, неравнодушным и веселым человеком, знающим и отзывчивым, готовым поделиться своими знаниями и опытом специалистом. Она по праву стоит в одном ряду с такими пионерами светокультуры в нашей стране, как

академик Н. А. Максимов, член кор. А. А. Ничипорович, чл. кор. Б. А. Мошков, профессор А.Ф. Клешнин, профессор В.М. Леман, доктор биологических наук Н. П. Воскресенская с которыми ей посчастливилось не только быть знакомой, но и работать.

Выпускница Тимирязевской академии, заслуженный светофизиолог

Нина Николаевна Протасова

(1922 – 2005)

«Мир Теплиц» №6/05

30 ноября 2002 г. отмечалось 80-летие Нины Николаевны Протасовой - ведущего специалиста в области светофизиологии и светокультуры растений, старшего научного сотрудника Института физиологии растений РАН.

Очень скоро после окончания Тимирязевской сельскохозяйственной академии (ТСХА) в 1946г, приоритетной для молодого специалиста стала научная работа и уже в 1949г, К.Н.Протасова поступила в очную аспирантуру при ИФР АН СССР. С тех пор ее жизнь неразрывно связана с этим институтом.

Она успешно защитила диссертацию по теме "Применение искусственного досвечивания при выращивании рассады огурцов и томатов - в те годы это была новаторская работа, не утратившая своей актуальности и в наши дни. Работая бок о бок с такими выдающимися отечественными светофизиологами растений, как А.А.Ничипорович, А.Ф.Клешнин, Н.П.Воскресенская, Нина Николаевна внесла большой вклад не только в разработку физиологических основ интенсивной светокультуры но и в формирование современных представлений о характеристиках эффективности оптического излучения для выращивания высших растений в защищенном грунте.

Творческий диапазон Н.Н.Протасовой как исследователя был необычайно широк; об этом свидетельствуют выполненные ею в разные годы значительные работы по изучению влияния спектрального состава оптического излучения на фотосинтез растений с использованием, в т.ч., метода "световых кривых", и эксперименты, установившие решающее значение фактора, интенсивности света при выращивании сельскохозяйственных растений в искусственных условиях, а также исследования фитофизиологической значимости различных участков ФАР, УФ области спектра и др.

Особо следует отметить постоянный интерес Н.Н.Протасовой к проблеме обоснования и внедрения в практическое растениеводство новых эффективных газоразрядных источников излучения. После длительных и детальных биологических испытаний в 60-е годы получили "путевку в жизнь" трубчатые ксеноновые лампы, и в 70-80-е годы - трехфазные МГЛ. Неоднократно К.Н.Протасова возглавляла межведомственные и государственные аттестационные комиссии по новым растениеводческим лампам.

Нина Николаевна - автор более 60 научных работ, а также нескольких авторских свидетельств. За внедрение достижений биологической науки в тепличное растениеводство она трижды удостоивалась медалей ВДНХ СССР,

Мы помним ее как истинно интеллигентного высококультурного, доброжелательного человека знающего и отзывчивого специалиста, готового поделиться своим опытом и знаниями. Такой ее знают все, кому пришлось с ней работать.