

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Известия ТСХА, выпуск 4, 2003 год

УДК 633.51:631.524.8

ВЛИЯНИЕ ВОДНОГО СТРЕССА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ И ОБРАЗОВАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В РАСТЕНИЯХ У РАЗНЫХ СОРТОВ ХЛОПЧАТНИКА (*GOSSYPIUM* *HIRSUTUM* L.)

АКБАР ИЛАХУН

(Синьцзянский Аграрный университет, Китай)

Для выяснения стратегии адаптации растений хлопчатника к проявленной засухе были проведены эксперименты с тремя различными по засухоустойчивости сортами хлопчатника. Исследования показали, что при почвенной засухе в растениях возрастает содержание хлорофилла, а фотосинтетическая активность снижается. Между сортами и почвенной влажностью, а также между содержанием хлорофилла и фотосинтетической активностью отмечается достаточно высокая корреляция ($r=0,64$). Изменение фотосинтетической активности приводит к ослаблению засухоустойчивости сортов Скороспелка № 9, Скороспелка № 1. Однако сорт Скороспелка № 4 имеет сравнительно высокую засухоустойчивость и не реагирует на водный стресс легкой и средней степени.

Развитие фотосинтетического аппарата в листьях высших растений находится под контролем внешних условий, в числе которых ведущую роль играет почвенная влажность. Адаптация растений к водному дефициту определяется как генотипом, так и внешними условиями. Выде-

ляют три механизма адаптации: избежание — дегидратация, ее отсрочка и собственно устойчивость к обезвоживанию тканей [7]. Избежание стресса связано обычно с образом жизни видов и позволяет растениям закончить период вегетации до наступления засухи. Отсрочка

Статью рекомендует проф. И. П. Дерюгин.

дегидратации тканей обеспечивается рядом приспособлений, позволяющим растениям временно нормально функционировать при возрастающем водном дефиците в системе целого растения при недостатке влаги. Собственно устойчивость проявляется способностью выносить негативное влияние засухи.

Засухоустойчивость растений обусловлена множеством реакций. Так, по одним данным, почвенная и атмосферная засуха существенно снижает содержание хлорофилла в растениях и их фотосинтетическую активность. Содержание хлорофилла в листьях является одним из существенных показателей фотосинтетической активности и в определенной степени интенсивности снабжения развивающихся плодов хлопка-сырца ассимилянтами. В то же время содержание хлорофилла в листьях свидетельствует об их возрасте и физиологическом состоянии, поскольку при старении листьев уровень хлорофилла значительно понижается [3]. Однако в указанной работе проанализировано суммарное количество хлорофилла в листе. При этом не обращалось внимания на относительное содержание хлорофиллов *a* и *b*. Между тем известно, что хлорофилл *a* является компонентом как

коновых комплексов, так и периферической антенны ФС1 и ФСН, тогда как хлорофилл *b* является компонентом периферической антенны обеих фотосистем [1]. Изменение соотношения хлорофиллов *a/b* рассматривается поэтому как указание на нарушение в стехиометрии между комплексами реакционных центров фотосистем [6].

При некоторых стрессовых воздействиях растение теряет значительное количество воды, что сопровождается снижением тургорного давления клеток и ткани. Дольше других остаются тургесцентными точки роста и наиболее молодые части корней и побегов. При засухе также наблюдается значительное снижение скорости потока воды по сосудам ксилемы.

Вопрос о связи межсортовых различий фотосинтеза с урожайностью сельскохозяйственных культур исследуется долгое время, но до сих пор остается актуальным. Обзор работ, посвященных установлению этой связи, позволяет сделать заключение об отсутствии общих закономерностей ее выражения у сортов различных культур. Хлорофилловые показатели, успешно использованные для оценки общей продуктивности ценозов, имеют опосредованное отношение к скорости фотосин-

теза и мало приемлемы для прогноза продуктивности сообщества на основе оценок продуктивности отдельных растений [3].

В аридных условиях провинции Синьцзян Северо-Западного Китая растения с продолжительной вегетацией в процессе развития подвергаются воздействию контрастных, нередко экстремальных экологических факторов, к которым они адаптированы. В этом отношении представляет интерес культура хлопчатника. Первые этапы развития этого растения (апрель-май) протекают в умеренных температурах и сравнительно влажных условиях. Дальнейшее развитие хлопчатника проходит при высокой температуре. Для адаптации необходимы существенная перестройка физиологических процессов, в том числе фотосинтеза, и изменение содержания хлорофилла *a*, *b* и их соотношения.

В исследованиях ставилась задача оценить влияние различной влажности почвы на фотосинтетическую активность, а также образование хлорофилла *a* и *b* у разных по скороспелости сортов хлопчатника.

Методика

Объектом исследования были три различных по засухоустойчивости сорта хлоп-

чатника: (*Gossypier Hirsutum L.*): Синьцзян скороспелка № 1, № 4 и № 9. Хлопчатник выращивали в сосудах при влажности почвы 70% полной полевой влагоемкости (ППВ) в вегетационном домике Синьцзянского сельскохозяйственного университета. Сосуды набивали аллювиальной луговой карбонатной почвой в количестве 8 кг, взятой на опытном поле учхоза (из пахотного слоя 0–30 см), смешанной с 3,7 г мочевины и 3,6 г двойного суперфосфата. Исследование проводили с 22 мая по 30 сентября 1997 и 1998 гг. После образования 3-4 настоящих листьев всходы прореживали, оставляя в сосуде по 3 растения. Исследовали 4 варианта: 1 — контроль нормальное увлажнение 16,1% ППВ; 2 — легкая засуха (11,8% ППВ); 3 — средняя (10,1% ППВ); 4 — сильная засуха (7,7% ППВ). Повторность опыта 8-кратная. До начала бутонизации хлопчатник выращивали при полной влажности почв. Водный стресс создавали с начала бутонизации, который продолжался 15 дней. Каждый день утром в 10 ч и 15 ч (2 раза в день) взвешивали сосуды, а также регулярно поливали растения, обеспечивая тем самым необходимый уровень влажности почвы.

Агрохимические показатели почвы: гумус (по Тюрину) 2,02%, щелочно-гидролизующий азот 63,62 мг/кг, подвижный фосфор (P_2O_5) — 48 мг/кг почв.

Фотосинтетическую активность листьев определяли на аппарате LI-6200, а содержание хлорофилла — электрофотокolorиметрическим методом с использованием ацетоновой вытяжки.

Результаты

Влияние водяного стресса на содержание хлорофилла в растениях хлопчатника. Общеизвестно, что водный стресс не только вызывает снижение содержания хлорофилла у растений, но и стимулирует разрушение его и пожелтение листьев [9]. Водный стресс у растений хлопчатника обуславливают легкие, средние и сильные засухи. При легкой засухе растения хлопчатника

обладают саморегулируемостью, поэтому в данном случае можно получить хороший урожай. Содержание хлорофилла в листьях является одним из существенных показателей их фотосинтетической активности. При наличии рационального соотношения хлорофиллов *a/B* можно предотвратить фотоокисление свободных радикалов и ферментов, которые вызывают избыточную радиацию листьев [8]. Результаты опытов показали, что по мере того, как увеличивается водный стресс постепенно уменьшается как общая сумма хлорофилла *a* и *B*, так и их соотношение (табл. 1). Между водным стрессом и содержанием хлорофилла отмечена высокая корреляция.

При ППВ=55%, что соответствует влажности почвы 11,8%, у всех испытуемых сортов хлопчатника количе-

Т а б л и ц а 1

Влияние водного стресса на содержание хлорофилла в растениях хлопчатника (мг/л)

Вариант опыта (влажность почвы, % от ППВ)	Сорт хлопчатника								
	№ 1			№ 4			№ 9		
	a	b	a/b	a	b	a/b	a	b	a/b
1 — 16,1 (контроль)	16,2	14,6	1,11	14,9	12,2	1,22	16,6	12,2	1,36
2 — 11,8	15,5	10,7	1,07	14,4	12,0	1,20	15,4	12,0	1,28
3 — 10,1	10,8	10,5	1,03	12,3	11,0	1,12	13,3	11,30	1,18
4 — 7,7	10,2	10,3	0,99	9,8	10,5	0,93	11,2	11,20	1,00

ство хлорофилла *a* и *b* и их соотношение существенно не различались (внешний вид листьев был одинаковым и не отличался от контроля). В условиях средней засухи (влажность почвы 10,1% от ППВ, что составляет 45% от ППВ) листья хлопчатника начинают желтеть, что указывает на быстрое разрушение хлорофилла в листьях и снижение его количества.

Влияние водного стресса на фотосинтетическую активность растений хлопчатника. Известно, что снижение фотосинтетической активности, наблюдаемое при водном дефиците почвы, отрицательно сказывается на продуктивности растений. Показано [4], что в полдень водный потенциал листьев растений хлопчатника снижается с 1,4 МПа до 1,9 МПа, но при этом даже легкие водные стрессы не искажают как общую фотосинтетическую продуктивность, так и чистую фотосинтетическую продуктивность. При дальнейшем снижении водного потенциала листьев общая и чистая фотосинтетическая продуктивность быстро уменьшаются. Каждое снижение составляет -0,1 МПа, а фотосинтетическая скорость снижается до 1,2 мкмоль CO_2 / m^2 с. По мере увеличения водного стресса значительно снижается фотосинтетическая ско-

рость сортов растений хлопчатника. Между сортами и влиянием водного стресса на фотосинтетическую активность листьев растений наблюдалась высокая корреляция (у сорта Скороспелка № 9 $-F = 12,2 > F_{001} = 4,9$; Скороспелка № 1 $-F = 10,2 > F_{001} = 4,9$; Скороспелка № 4 $-F = 11,9 > F_{001} = 4,9$)

Анализируя постепенное изменение фотосинтетической активности разных сортов хлопчатника, нами отмечено, что сорт Скороспелка № 9 является самым чувствительным к почвенной влажности. При изменении нормальной почвенной влажности (контроль ППВ = 70%) до легкого водного стресса фотосинтетическая скорость снижалась с 100% (контроль) до 67,5%; при среднем водном стрессе фотосинтетическая скорость снижалась до 38,1%; при сильном водном стрессе — не превышала 26,3%. Аналогичная картина наблюдается у сорта Скороспелка № 1. Сорт Скороспелка № 4 при легком и среднем водном стрессе имеет относительную стабильность фотосинтетической скорости, при легком водном стрессе интенсивность фотосинтеза снижается до 80%, при среднем водном стрессе наблюдается снижение до 65,7%. При сильном недостатке влаги фотосинтетическая

активность составила 13,8%. Таким образом, сорт Скоропелка № 4 по сравнению с № 1 и № 9 имеет высокую засухоустойчивость, на которую не влияют легкий и средний водный стресс (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Влияние водного стресса на фотосинтетическую активность растений хлопчатника (мкмоль CO_2/M^2C)

Вариант опыта (влажность почвы, % от ППВ)	Сорт хлопчатника		
	№1	№4	№9
1 — 16,13 (контроль)	14,92	10,07	9,69
2 — 11,83	9,24	8,07	6,54
3 — 10,08	7,30	6,62	3,64
4 — 7,73	3,10	1,39	2,55

Корреляционный анализ показывает, что при водном стрессе между содержанием хлорофилла в листьях хлопчатника и их фотосинтетической активностью отмечается достаточно высокая корреляция ($r=0.64$).

Выводы

1. При почвенной засухе у растений исследуемых сортов хлопчатника возрастает общее содержание хлорофилла, однако соотношение

хлорофиллов *a* к *b* значительно снижается. У Скоропелки № 1 содержание хлорофилла снижается с 30,6 мг/л (контроль ППВ = 16,13%) до 20,5 мг/л; у Скоропелки №4 — с 27,1 до 20,3 мг/л; у сорта № 9 — с 28,8 до 22,4 мг/л. У сорта Скоропелка № 4 как легкий, так и средний водный стресс не оказывают большого отрицательного влияния на эти показатели.

2. Водный стресс снижает фотосинтетическую активность, причем у различных сортов хлопчатника по-разному. Так, у сорта Скоропелка № 1 она падает с 14,9 (контроль) до 3,7 мкмоль CO_2/M^2C (при ППВ=10,1%); у сорта Скоропелка № 4 — с 10,1 до 1,4 мкмоль CO_2/M^2C (при ППВ=7,7%); у сорта Скоропелка № 9 с 9,7 (при ППВ=16,1%) до 2,5 мкмоль CO_2/M^2C (при ППВ=7,7%).

3. Между сортами и почвенной влажностью, а также между содержанием хлорофилла и фотосинтетической активностью отмечается достаточно высокая зависимость ($r = 0,64$).

4. Сорт Скоропелка № 4 имеет самые высокие показатели засухоустойчивости, а сорта Скоропелка № 1 и № 9 характеризуются слабой засухоустойчивостью, что необходимо учитывать при орошении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бухо Н.Г., Бондарь В.В., Дроздова И.С. Действие интенсивного синего и красного света на содержание хлорофилла а и Ы и световые кривые фотосинтеза у листьев ячменя. — Физиол. растений, 1998, т. 45, № 4, с 507-512. — 2. Воронин П.Ю., Ефимцев Е.И., Васильев А.А. и др. Проективное содержание хлорофилла и биоразнообразии растительности основных ботанико-географических зон России. — Физиол. растений, 1995, т. 42, вып 2, с. 295-302. — 3. Жданова Л.П., Карягина Т.Б. Динамика со-

держания хлорофилла в листьях в связи с развитием семян и старением растений подсолнечника. — Физиол. растений. 1997, т. 44, № 2, с. 242-247. — 4. Физиология хлопчатника (под ред. Чуньбушэнь). Китай: Сельхозиздат, 1994. — 5. Kramer P.J. Water Relations of plants. N.Y.: Acad. Press, 1983. — 6. Lindahl M, Yand D-H, Anderson B. — Eur.J. Biochem, 1995, vol. 231, с. 503-509. — 7. Lewitt J. D. N.Y.: Acad. Press, 1980. — 8. Long S.P. Plant cell Enriron, 1963. — 9. Stewart C. R. — Plant Physiol, 1978, № 61, с. 775-778.

Статья поступила
2003 г.

SUMMARY

To find out the strategy of adapting cotton plants to drought we conducted experiments with three cotton varieties (*Gossipium Hirsutum L.*) having different degree of drought-resistance. Investigations have shown that with soil drought the content of ohlorophyll in plants increases, while photosynthetic activity gets lower. There is rather high correlation between varieties and soil moisture, as well as between chlorophyll content and photosynthetic activity ($r = 0,64$). Change in photosynthetic activity results in lower drought-resistance in varieties Skorospelka № 9, Skorospelka № 4. However, the variety Skorospelka № 4 has shown, rather high drought-resistance and didn't react on water stress of light and middale degree.