

6. De Mik G., de Groot Y.— Appl. Env. micr., 1978, v. 35, p. 6.

7. Scoot D. B., Leshen E. C.— J. Bacteriol., 1963, v. 85, p. 567.

8. Heagle A. S.— Annu. Rev. Phytopathol., 1973, v. 11, p. 365.

Поступила в редакцию
07.09.81.

Проблемная НИЛ
экспериментальной биологии

УДК 581.132

Л. В. КАХНОВИЧ

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РАЗНОГО СВЕТОВОГО РЕЖИМА

Продуктивность растений зависит от совокупной работы фотосинтезирующих систем и их активности на разных уровнях организации: от фотосинтетических единиц до фитоценозов [1]. При создании высоких урожаев важно также оптимальное соотношение между фотосинтезом, ростом и органогенезом [2], что, в свою очередь, определяется рядом факторов, одним из которых является интенсивность и спектральный состав света [3, 4]. Свет влияет на структуру фотосинтетического аппарата, активируя реакции, контролирующие морфогенез хлоропластов в клетке и их метаболизм. Интенсивность света изменяет тонкую структуру хлоропластов [5], активность фотосинтетического аппарата и скорость ростовых процессов [6]. Реакция растений на изменение светового режима проявляется прежде всего в изменении показателей анатомической структуры листа [4]. Количество и поверхность хлоропластов в единице площади листа коррелируют с интенсивностью фотосинтеза, что убедительно показано в работах [7, 8].

Скорость образования биомассы растением в значительной степени зависит от состояния и функции фотосинтетического аппарата. При адаптации растений к определенному уровню освещенности происходят значительные изменения многих параметров. Однако вклад структурных элементов фотосинтетического аппарата в различных условиях его формирования в изменение продуктивности растений неясен. Настоящая работа посвящена изучению ответных реакций фотосинтетического аппарата на мощность светового потока и выявлению взаимосвязи его структурно-биохимических параметров и биологической продуктивности растений.

Материал и методика

Объектами исследования были растения пшеницы (сорт Московская), выращиваемые под искусственными источниками света (лампы ДРЛ-1000, интенсивность света 15, 40, 60, 80 и 115 тыс. эрг/см²·с). Комплексное изучение фотосинтетического аппарата проводили по методике [4]. Подчеркиваемые различия статистически достоверны.

Результаты и их обсуждение

Различная светообеспеченность растений формирует лист, отличающийся количеством клеток в единице его площади, что приводит к изменению объема мезофилла в листе (табл. 1). При увеличении интенсивности света с 15 до 80 тыс. эрг/см²·с объем ассимиляционной ткани возрастает вдвое, но увеличение мощности светового потока (до 115 тыс. эрг/см²·с) не способствует дальнейшему развитию мезофилла, что в первую очередь обусловлено уменьшением размеров клеток, а не их числа. Это подтверждают данные по отношению поверхности клеток мезофилла к листовой поверхности. Световые условия регулируют внутреннюю поверхность ассимиляционной ткани листа. При интенсивности света 80 тыс. эрг/см²·с она увеличивается в три раза по сравнению с растениями, адаптированными к относительно низкой интенсивности света (15 тыс. эрг/см²·с).

Световой режим определяет и удельную поверхность клеток (отношение поверхности клеток к их объему), что является важным показателем интенсивности обменных процессов растений [9]. Различные световые условия вызывали изменения поверхностной плотности хлоропластов в листе (количество в 1 см² листа). Повышение интенсивности света с 15 до 80 тыс. эрг/см² · с увеличивало этот показатель в 2,3 раза. Это существенно, так как большая поверхностная плотность хлоропластов в листе соответствует высокому уровню потенциального фотосинтеза [10], увеличение интенсивности которого обусловлено не столько функциональной активностью отдельно взятых хлоропластов, сколько их количеством [11]. Однако при относительно высоких интенсивностях света при возрастании числа хлоропластов в клетке размеры их могут уменьшаться, что приводит к снижению общей фотоактивной поверхности хлоропластов в единице ассимиляционной ткани (см. табл. 1). При интенсивности света, оптимальной для роста и развития растений (80 тыс. эрг/см² · с), поверхность хлоропластов в единице площади листа в 3,5 раза выше, чем при интенсивности света 15 тыс. эрг/см² · с.

Светообеспеченность растений влияет на относительный объем хлоропластов и их число в расчете на 1000 мкм³ клетки (табл. 2). В зависимости от условий светового режима эти показатели могут увеличиваться в 2—2,5 раза, что указывает на стимуляцию светом образования

Таблица 1

Показатели структурной организации листа
в условиях разного светового режима

Интенсивность света, эрг/см ² · с · 10 ⁶	Число клеток в 1 см ² листа · 10 ⁴	Объем мезофилла в листе, см ³	Отношение поверхности клеток мезофилла к листовой поверхности	Удельная поверхность клеток	Поверхностная плотность хлоропластов в листе · 10 ⁶	Поверхность хлоропластов, мкм ²		Отношение числа хлоропластов в клетке к ее объему
						в 1 см ² листа · 10 ⁷	в листе · 10 ⁴	
15	80,1	0,287	189	0,18	21,0	86,0	11,36	9,59
40	90,3	0,381	517	0,40	28,2	125,9	19,48	11,97
60	101,6	0,376	586	0,41	41,1	205,4	33,57	16,51
80	120,3	0,553	565	0,32	48,8	307,7	56,96	18,59
115	123,1	0,468	549	0,34	56,1	212,4	39,14	21,31

Таблица 2

Изменение параметров хлоропластов и содержания хлорофилла
в зависимости от условий светового режима

Интенсивность света, эрг/см ² · с · 10 ³	Объем хлоропластов на 1000 мкм ³ клетки	Объем хлоропластов в клетке, % от объема клетки	Число хлоропластов на 1000 мкм ³ клетки	Индекс фотоактивной поверхности хлоропластов	Содержание хлорофилла a + b, мг			Число молекул хлорофилла в хлоропласте, млн.
					в хлоропласте × 10 — 10	в единице объема хлоропластов × 10 — 11	в единице поверхности хлоропластов · 10 — 11	
15	25,88	2,6	0,95	8,6	8,86	3,45	2,16	6,33
40	35,18	3,5	1,18	12,5	7,72	2,61	1,72	559
60	54,44	5,4	1,64	20,5	7,59	2,30	1,51	541
80	77,38	7,7	1,84	30,7	4,77	1,13	0,75	356
115	53,27	5,4	2,09	21,2	3,75	1,50	0,98	271

хлоропластов в листе и возможность регуляции данного процесса. Известно, что в период растяжения клеток репликация хлоропластов протекает под действием световой индукции [12].

Индекс фотоактивной поверхности (отношение поверхности хлоропластов в листе к площади листа) при интенсивности света 15 тыс. эрг/см² · с составлял 8,6, при 80 тыс. эрг/см² · с — увеличился в 3,5 раза (30,7). При различных интенсивностях света формируются хлоропласты с неодинаковой концентрацией пигментов (см. табл. 2). Адаптация к относительно низким интенсивностям света проявляется прежде всего в большей концентрации пигментов (в 1,8—3 раза) как в хлоропласте, так и в единице их объема и поверхности. Об этом свидетельствуют данные по числу молекул хлорофилла в хлоропласте.

Таблица 3

Изменение некоторых показателей биологической продуктивности растений в зависимости от условий светового режима

Интенсивность света, эрг/см ² · с · 10 ³	Толщина, мкм		Удельная поверхностная плотность листа, мг		Масса листа, мг		Содержание сухого вещества, %		Продуктивность работы 1 мг хлорофилла, мг	Отношение сухой массы листа к его площади
	лиственной пластины	хлоренхимы	сырая	сухая	сырая	сухая	в листе	на один хлоропласт × 10 ⁻⁷		
15	254,5	207,4	21,2	2,1	279,8	27,7	11,9	1,10	1,42	2,10
40	271,7	223,3	26,3	2,7	406,8	41,7	13,3	1,41	2,41	2,69
60	293,3	238,4	29,7	3,0	455,5	46,0	15,6	1,89	2,99	3,00
80	301,5	251,8	30,2	3,1	559,0	55,5	18,9	2,08	3,20	3,07
115	283,8	210,3	22,4	2,1	387,5	36,3	17,3	1,81	2,64	2,10

Как показывают данные (табл. 3), между структурно-биохимическими показателями и биологической продуктивностью растений существует прямая взаимосвязь. Определенные показатели анатомической структуры листа и его биохимического состава коррелируют с формированием листовой поверхности, накоплением сырой и сухой биомассы, развитием хлоренхимы, изменением удельной поверхностной плотности листьев и продуктивностью работы единицы хлорофилла. Расчет сухого вещества на один хлоропласт при низких интенсивностях света составлял $1,10 \cdot 10^{-7}$ мг, при более высоких — $1,90—2,08 \cdot 10^{-7}$ мг. Прирост сухой массы обеспечивался прежде всего увеличением числа хлоропластов и объема мезофилла в листе, что коррелирует с общей фотоактивной поверхностью хлоропластов в единице ассимиляционных тканей.

Условия светового режима выступают в качестве регулятора производительности единицы площади листа (отношение сухой массы листа к его площади): наблюдается возрастание его на 43 % при интенсивности света 80 тыс. эрг/см² · с по сравнению с растениями, адаптированными к интенсивности света 15 тыс. эрг/см² · с.

Следовательно, интенсивность фотосинтетического аппарата во многом определяется структурой листа: размерами и плотностью хлоренхимы, числом составляющих ее клеток, насыщенностью единицы площади листа хлоропластами и пигментами. Различная светообеспеченность растений формирует неравноценную листовую поверхность как по структурным, так и по функциональным показателям, что приводит к неодинаковому накоплению биомассы и сухого вещества растениями. При длительной адаптации растений к разным световым условиям происходит структурно-функциональная перестройка фотосинтетического аппарата, проявляющаяся прежде всего в изменении удельной поверхности клеток, поверхностной плотности хлоропластов в листе и индекса фотоактивной поверхности хлоропластов. Это и есть четкая ответная реакция фотосин-

тетического аппарата на воздействие условий, формирующих его активность.

Структурное состояние хлоропластов определяет направленность биосинтетических процессов и является основой функциональной оптимизации фотосинтетического аппарата при отборе высокопродуктивных форм, что показано и другими авторами [13].

Интенсивность света может быть регулирующим фактором потенциальной продуктивности растений, что реализуется в изменении ведущих параметров фотосинтетического аппарата как фототабильной системы. Таким образом, у растений пшеницы проявилась положительная взаимосвязь между увеличением количества и поверхности хлоропластов в единице ассимиляционной поверхности и накоплением сырой и сухой биомассы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ничипорович А. А.— Физиол. растений, 1978, т. 25, № 5, с. 922.
2. Ничипорович А. А.— С.-х. биол., 1979, т. 14, № 6, с. 683.
3. Цельникер Ю. Л. Физиологические основы теневыносливости древесных растений.— М., 1978.
4. Кахнович Л. В. Фотосинтетический аппарат и световой режим.— Минск, 1980.
5. Власова М. П., Осипова О. П.— Физиол. растений, 1973, т. 20, № 1, с. 96.
6. Андреева Т. Ф., Строгова Л. Е., Степаненко С. Ю. и др.— Физиол. растений, 1979, т. 26, № 6, с. 1156.
7. Karija K., Tsunoda S.— J. Agric. Res., 1972, v. 23, № 1.
8. Karija K., Tsunoda S.— J. Agric. Res., 1973, v. 24, № 1.
9. Епифанова О. И. Клеточный цикл: Проблемы регуляции.— М., 1973.
10. Горышина Т. К.— Экология, 1978, № 6, с. 14.
11. Абдулаев А. Х., Хаджибаев Х., Ходжаева Р. и др.— Докл. АН ТаджССР, 1978, т. 21, № 9, с. 48.
12. Цельникер Ю. Л., Май В. В.— Физиол. растений, 1979, т. 26, № 5, с. 1062.
13. Атрашенок Н. В., Хотылева Л. В., Ильченко В. П. и др.— Докл. АН БССР, 1979, т. 23, № 10, с. 941.

Поступила в редакцию
22.04.81.

Кафедра физиологии растений

УДК 591.53

В. Х. РЫБАК

РОЛЬ БАКТЕРИОПЛАНКТОНА В ПИТАНИИ МАССОВЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ЗООПЛАНКТОНА ОЗЕР РАЗНОГО ТИПА

Известно, что водные бактерии служат ценным питательным кормом для планктонных животных [1—8]. Однако для выяснения реального значения бактерий в пищевом рационе водных животных данные литературы малопригодны, так как большинство работ выполнено на высоких концентрациях микроорганизмов, редко или никогда не встречаемых в природе.

Материал и методика

В июле 1975 г. на Нарочанской биологической станции проведено изучение бактериального питания пяти массовых представителей озерного зоопланктона на естественном бактериопланктоне мезотрофных озер Рудаково, Нарочь и эвтрофного оз. Мястро. Объектами исследования были *Asplanchna priodonta* Gosse (средний вес $\bar{W}=0,016$ мг сырого веса), *Daphnia cucullata* Sars ($\bar{W}=0,036$), *Eudiaptomus graciloides* Lill ($\bar{W}=0,054$), *Sida crystallina* O. F. Müller ($\bar{W}=0,35$), *Eurycercus lamellatus* O. F. Müller ($\bar{W}=0,73$). Все животные, за исключением *D. cucullata* (из планктона оз. Мястро), отловлены в оз. Нарочь. Кроме того, в опытах была использована *D. longispina* O. F. Müller ($\bar{W}=0,036$) из небольшого лесного пруда. Предварительно, в течение 6—20 ч, животные адаптировались к условиям опыта.

В 500-мл склянки, предварительно заполненные озерной водой, добавляли в каждом отдельном случае по 40 экз. сид (или эврицеркусов) и по