

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Н. П. ВОСКРЕСЕНСКАЯ и А. А. НИЧИПОРОВИЧ

**АЗОТНОЕ ПИТАНИЕ и СВЕТОВАЯ АДАПТАЦИЯ РАСТЕНИЙ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 9 IV 1948)

Возможность рентабельного выращивания растений с использованием искусственных источников света (полностью или с подсвечиванием в периоды недостаточного естественного освещения) представляется крайне важной. Надлежащее разрешение этой проблемы может создать новые возможности для культуры наиболее ценных овощных растений на Крайнем Севере, для круглогодичного снабжения ими крупных индустриальных центров, для интенсификации процесса селекции ценных с.-х. растений.

Однако необходимо учитывать, что при использовании искусственных источников света в светокультуре практически создается освещенность, составляющая не более  $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{8}$  от полного дневного освещения<sup>(1)</sup>. При использовании ламп накаливания это обусловлено прежде всего повышенным содержанием в их излучении инфракрасной радиации (до 85%). Но и введение в практику люминесцентных ламп, более полно трансформирующих электроэнергию в энергию видимого света<sup>(2)</sup>, не дает пока возможности обеспечивать растения светом высокой интенсивности.

При этих условиях важно выяснить, в какой мере можно воздействовать на самые растения, чтобы сделать их наиболее способными расти при свете низкой интенсивности.

По отношению к свету растения делят на тенелюбивые и светолюбивые. Один из характерных признаков их различия — ход кривой фотосинтеза: компенсационный пункт у тенелюбов лежит при более низких интенсивностях; с увеличением освещения максимум фотосинтеза наступает ранее, чем у светолюбивых<sup>(3)</sup>, т. е. растение приспособлено к максимальной производительности в условиях относительно низкой интенсивности света. Причины этих особенностей фотосинтеза находят в различиях содержания хлорофилла, дыхания, морфологического и анатомического строения листьев<sup>(3-6)</sup>. Можно думать, что воздействия, приближающие растения к типу тенелюбов и в то же время повышающие общую активность фотосинтетического аппарата, могут способствовать увеличению продукции органической массы растений в условиях низкой освещенности при светокультуре.

Известно, что некоторые минеральные вещества приводят к увеличению количества хлорофилла в листьях и вместе с тем к повышению интенсивности фотосинтеза<sup>(7)</sup>. В наших опытах, в качестве средства, меняющего фотосинтез, был выбран азот. Опытными объектами служили: ячмень, сорт Винер и овес „Золотой дождь“. Растения выращивались в условиях вегетационного домика в водной культуре, на питательной смеси Гельригеля, с вариациями в содержании азота  $\frac{1}{4}$ , 1 и 2 нормы от полной питательной смеси. Для определения фото-

синтеза брались одновозрастные (25-дневные) растения. Фотосинтез измерялся при помощи манометрического метода Варбурга. Определялся компенсационный пункт, т. е. пункт равенства интенсивностей фотосинтеза и дыхания, и дальнейший ход фотосинтетической кривой в зависимости от освещения.

Последовательное снижение освещения в опыте достигалось путем затенения объекта медными сетками с величиной отверстий в 1 мм<sup>2</sup>. Наивысшая интенсивность освещения в опыте была 13—16 тыс. люкс. Как показали специальные определения, спектральный состав света при прохождении через несколько слоев сетки не менялся. Замеры интенсивности освещения производились при помощи люксметра, помещенного на уровне фотосинтетического сосудика. Одновременно с фотосинтезом определялось дыхание.

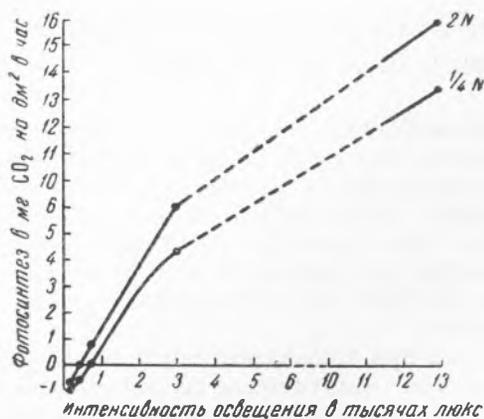


Рис. 1

Из 14 проведенных опытов (каждый с 3-кратной повторностью) для 13 получены идентичные данные для обоих опытных растений.

Типичные случаи представлены в табл. 1 и на рис. 1 (фотосинтез дан „кажущийся“, без поправок на дыхание).

Интенсивность дыхания для растений первого опыта (21 VI) составляла: для 1 нормы 3,32, для 1/4 нормы 2,71 мг СО<sub>2</sub> на дм<sup>2</sup> в час; для второго (2 VII) — для 2 норм 4,1, для 1/4 нормы 2,57 мг СО<sub>2</sub> на дм<sup>2</sup> в час.

Как видно из табл. 1 и рис. 1, при всех интенсивностях света фотосинтез растений, росших на

1/4 нормы азота, был ниже, чем у растений с 1 и 2 норм. Разница в 15—20% при высокой интенсивности света является подтверждением имеющихся в литературе многочисленных данных о снижении фото-

Таблица 1

Фотосинтез в зависимости от азотного питания и интенсивности освещения в опыте. Овес

Интенсивность освещения в люксах	Наименование вариантов	21 VI		2 VII			
		Фотосинтез		Интенсивность освещения в люксах	Наименование варианта	Фотосинтез	
		в мг $\frac{1}{4}$ СО <sub>2</sub> на дм <sup>2</sup> в час	в % к варианту 1 N			в мг СО <sub>2</sub> на дм <sup>2</sup> в час	в % к варианту 2 N
13 200	1 N	12,24	100	12 500	2 N	8,94	100
	1/4 N	10,39	84,8		1/4 N	7,28	81,4
2 750	1 N	4,15	100	2 730	2 N	3,08	100
	1/4 N	3,08	74,1		1/4 N	1,41	45,8
550	1 N	1,54	100	1 430	2 N	1,84	100
	1/4 N	0,99	64,2		1/4 N	0,79	42,9
				720	2 N	0,74	—
					1/4 N	0,00	—
				310	2 N	-0,38	—
					1/4 N	-0,38	—

синтеза при недостатке азота (8,9). В наших опытах, с уменьшением интенсивности освещения разница увеличивается, достигая у компенсационного пункта 50—60%. У растений богатых азотом, положение компенсационного пункта соответствует более низкой интенсивности освещения, чем при  $\frac{1}{4}$  нормы азота. Разница, как правило, составляла 300—400 люкс. Абсолютная величина фотосинтеза менялась в зависимости от погодных условий, которые предшествовали его определению: в пасмурные дни — в сторону снижения, в солнечные — в сторону повышения. Тем не менее, разница между компенсационным пунктом у растений, выращенных на богатом и бедном азотных фонах, оставалась неизменно. По положению компенсационного пункта первые соответствуют типу „тенелюбов“, вторые — „светолюбов“.

Определение концентрации хлорофилла (а + б) на спектрофотометре Кёниг — Мартенса показало во всех опытах большое различие в его содержании по вариантам азотного питания при пересчете как на площадь, так и на единицу сырого веса листьев. Например, для опыта 2 VII — овес: для 2 норм 1,86 мг на 1 г свежего овса, или 3,36 мг на  $\text{дм}^2$ , для  $\frac{1}{4}$  нормы 1,07 мг на 1 г свежего овса, или 1,78 мг на  $\text{дм}^2$ . Очевидно, причиной разного положения компенсационного пункта явилось различие в концентрации хлорофилла, а не дыхание, которое было выше на 2 нормах азота, чем на  $\frac{1}{4}$ .

Значит, по содержанию хлорофилла растения на двойной норме азота также принадлежат как бы к тенелюбам, а на  $\frac{1}{4}$  — к светолюбам, что соответствует данным В. Н. Любименко (5) и Вильштеттера и Штоля (6), которые считают, что признак тенелюбия связан с повышенной концентрацией хлорофилла в листе. Однако полного параллелизма в поведении типичных световых и теневых растений, с одной стороны, и богатых и бедных азотом, с другой, не наблюдалось. Это сказывается прежде всего в особенностях хода кривых фотосинтеза при высоких интенсивностях света.

В серии опытов с растениями, выращенными на одинаковом азотном фоне, но в одном случае при затенении (интенсивность освещения колебалась в зависимости от погодных условий от 4 до 12 тыс. люкс), в другом — при естественном освещении, получены световые кривые фотосинтеза — в первом случае типичные для теневых, во втором — для световых листьев (рис. 2). Положение компенсационного пункта ниже у теневых растений; фотосинтез у них при низких интенсивностях света выше, при увеличении же интенсивности освещения наблюдалось пересечение кривых, и дальше фотосинтез теневых листьев при тех же интенсивностях освещения имел более низкие величины, чем у световых.

Из рис. 1 и 2 видно, что ход световой кривой фотосинтеза типичных теневых растений отличается от кривой фотосинтеза растений, выросших на 2 нормах азота (аналог тенелюбов по положению компенсационного пункта), которые при всех взятых интенсивностях освещения имели более высокие показатели, чем на  $\frac{1}{4}$  нормы азота. В то же время дыхание типичных тенелюбов было значительно ниже, чем у светолюбов: 2,7 мг  $\text{CO}_2$  на  $\text{дм}^2$  в час вместо 4,82 мг.

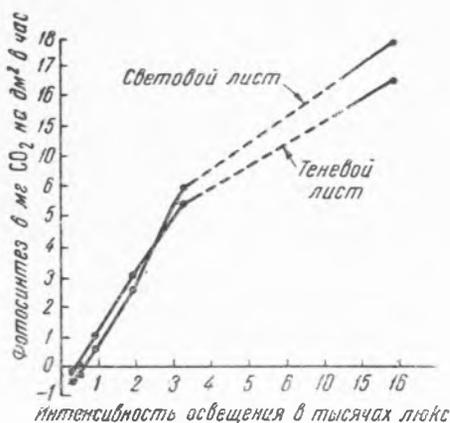


Рис. 2

Все вышесказанное дает основание считать, что явление „тенелюбия“ — сложное и может объясняться рядом сопряженно действующих факторов: изменением дыхания, концентрации пигмента, анатомии и морфологии листа<sup>(10)</sup>. Изменение некоторых из указанных компонентов (например содержание хлорофилла или положения компенсационного пункта) не изменяет еще растения так, чтобы его можно было считать типично изменившим свойства светолюбия или тенелюбия.

Как вытекает из наших опытов, усиленное азотное питание, повышая содержание хлорофилла, а также снижая уровень компенсационного пункта, обеспечивает растениям возможность лучшего использования света низких интенсивностей. В этом отношении изменения, вызываемые усиленным азотным питанием, аналогичны приобретению свойств теневыносливости.

Однако в отличие от того, что наблюдается у типичных теневых растений, усиленное азотное питание увеличивает интенсивность дыхания и обеспечивает повышенную интенсивность фотосинтеза не только при низких, но и при относительно высоких интенсивностях света. Можно думать, что рациональное регулирование азотного питания может быть, таким образом, одним из действенных факторов, повышающих коэффициент полезного использования света растениями при светокультуре. Действие азота на растение с этой точки зрения более выгодно, чем придание ему свойств теневыносливости в обычном смысле, когда наряду с понижением компенсационного пункта снижается энергия дыхания и общая активность работы ассимиляционного аппарата на свету более или менее высоких интенсивностей.

Институт физиологии растений  
им. К. А. Тимирязева  
Академии Наук СССР

Поступило  
6 IV 1948

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

<sup>1</sup> Н. А. Максимов, Природа, № 5—6, 61 (1933). <sup>2</sup> Н. А. Максимов и А. Ф. Клешнин, ДАН, 57, № 2 (1947). <sup>3</sup> P. Boysen-Jensen, Die Stoffproduktion der Pflanzen, Jena, 1932. <sup>4</sup> В. Н. Любименко и Т. Б. Форш, Изв. Научн. ин-та им. Лесгафта, 6, 24 (1923). <sup>5</sup> В. Н. Любименко, Тр. СПб. об-ва естествоиспыт., 41, в. 1—2 (1910). <sup>6</sup> R. Willstätter u. A. Stoll, Untersuchungen über Chlorophyll, Berlin, 1913. <sup>7</sup> W. E. Fleischer, J. Gen. Physiol., 18, 4, 573 (1935). <sup>8</sup> G. Gassner u. G. Goeze, Z. Bot., 27, 5—6, 257 (1934). <sup>9</sup> Д. М. Головкин, Вести. с.-х. науки, техн. культ., 2, 32 (1940). <sup>10</sup> Л. А. Иванов, Лекции о светолюбии растений, Петроград, 1914.