

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Н. П. ВОСКРЕСЕНСКАЯ

**О ВОССТАНОВЛЕНИИ НИТРАТОВ В ЛИСТЬЯХ
ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ОСВЕЩЕНИЯ***(Представлено академиком Н. А. Максимовым 23 IV 1951)*

Восстановление нитратов может происходить в разных органах растений. Однако интенсивность, а возможно, и механизм этого процесса различны для зеленых и незеленых частей растений. Некоторые авторы (3, 10, 11) связывают восстановление нитратов с процессом фотосинтеза.

Высказывается предположение, что деятельность фотосинтетического аппарата многообразна (4, 6, 8) и что продуктами фотосинтеза являются не только углеводы, но и другие вещества, например белки. В ряде работ показано, что скорость образования последних зависит от спектрального состава и интенсивности света (1, 7, 8, 10). Поэтому возможно, что синтез азотистых соединений в листе уже на первых стадиях (восстановление NO_3) может зависеть от условий освещения. В настоящей работе была сделана попытка выяснить, как влияет спектральный состав света и его интенсивность на скорость восстановления в листьях нитратов, при наличии фотосинтеза и без него.

Опыт был поставлен следующим образом: высежки из листьев подсолнечника и кукурузы, выращенных на полевом участке, инфильтрировались 0,02 М KNO_3 и затем экспонировались на свету различного спектрального состава. В качестве источника длинноволновой части спектра употреблялись неоновые трубки, а коротковолновой — ртутные лампы высокого давления ИГАР-2. Выравнивание света проводилось по количеству поглощаемых хлорофиллом квантов. Падающая энергия в этом случае для неоновых трубок была в 1,7—1,6 раз меньше, чем для ИГАР-2. Мощность светопотока в зависимости от напряжения в электросети для неоновых трубок колебалась в пределах 12—16 000 эрг/см² · сек.

Экспонирование отрезков листьев проводилось в замкнутых стеклянных камерах, при повышенной концентрации CO_2 в воздухе (около 1%). Чтобы определить влияние света на восстановление нитратов в отсутствие фотосинтеза в тех же условиях освещения был поставлен опыт без CO_2 , которая в этом случае поглощалась 33% раствором NaOH , налитым на дно камеры. В качестве источника углеводов в листья инфильтрировался инверт.

Нитраты определялись по реакции с дисульфифеноловой кислотой. Предварительная подготовка материала производилась следующим способом. Мелконарезанные листья в течение 30 мин. кипятились с водой, вытяжка фильтровалась. Органические вещества, содержащиеся в фильтрате и дающие окраску с дисульфифеноловой кислотой, разрушались путем обработки фильтрата H_2O_2 (33%) и KOH (1%).

Определение нитратов показало, что они присутствуют в значительных количествах в листьях как подсолнечника, так и кукурузы. Замечена разница в их количестве у опытных растений: у кукурузы оно было

ниже. Сейчас трудно сказать, индивидуальная ли это особенность растений или результат неодинакового запаса азота в почве, так как растения росли на недостаточно выравненном участке. Заслуживает внимания наличие NO_3 в листьях растений, выросших на почве, относительно бедной азотом, когда отсутствовало явление «перекорма» растений этим элементом. Это, очевидно, свидетельствует, что значительная часть NO_3 доходит до листьев, не восстанавливаясь. Наши данные о наличии NO_3 в листьях находятся в согласии с результатами многих исследований (2, 9). Как видно из табл. 1, инфильтрация 0,02 М KNO_3 значительно увеличивала содержание нитратов в листьях.

Таблица 1

Растение	Мг NO_3 в листьях на 100 см ² площади	
	до инфильтрации	после инфильтрации 0,02 М KNO_3
Кукуруза	0,095	0,39
Подсолнечник	0,65	1,02
»	1,73	2,37
»	0,98	1,84

Так как величина межклетников и толщина листа у подсолнечника были больше, чем у кукурузы, то естественно, что количество вводимого NO_3 на 100 см² площади листьев было больше в случае подсолнечника.

Ниже мы приводим данные по исчезновению NO_3 в освещавшихся листьях в зави-

симости от спектрального состава света (см. табл. 2).

Приведенные данные свидетельствуют о том, что на свету, при наличии фотосинтеза, количество нитратов в листе уменьшается. При этом процесс восстановления не заканчивался даже в течение 3—4,5 час., очевидно, вследствие небольших интенсивностей освещения в наших опытах. Интенсивность же восстановления нитратов на различных источниках оказалась практически одинаковой.

Вместе с тем, как это было показано нами ранее (1), интенсивность накопления сухого вещества для кукурузы и подсолнечника была ниже в коротковолновой части спектра. Поэтому необходимо было сопоста-

Таблица 2

Растение	Вариант	Продолжит. экспозиции	Несновые трубки		ИГАР-2	
			мг NO_3 на 100 см ²	% от контр.	мг NO_3 на 100 см ²	% от контр.
Кукуруза	Контр.	—	0,30	100	0,30	100
	Опыт	3 ч.	0,17	56,6	0,18	60,0
Подсолнечник	Контр.	—	1,84	100	1,84	100
	Опыт	3 ч. 30 м.	1,06	57,6	0,94	51,0
	Контр.	—	2,12	100	2,12	100
	Опыт	4 ч.	1,04	49,0	1,14	53,7
	Контр.	—	1,82	100	1,82	100
	Опыт	4 ч. 30 м.	0,75	41,2	0,74	40,6

вить интенсивность процесса восстановления NO_3 с количеством вновь образуемого сухого вещества на обоих источниках света (см. табл. 3).

Как видно из табл. 3, только в одном образце увеличение сухого веса за время экспозиции оказалось практически одинаковым для обоих источников света. В остальных образцах на ИГАР-2 оно было меньше. Однако и в этих опытах при расчете убыли NO_3 на 1 мг образованного в результате фотосинтеза сухого вещества не обнаружено сколько-ни-

будь заметной разницы в восстановлении NO_3 на свету различного спектрального состава.

В тех же условиях освещения, но в отсутствие CO_2 , мы вовсе не наблюдали исчезновения NO_3 ; наоборот, происходило некоторое увеличение его количества. Так, если исходный образец содержал 6,74 мг NO_3 на 1 г сухого вещества, то для неоновых трубок через 6 час. освещения без CO_2 оно было равно 7,22, для ИГАР-2 — 7,25 мг. В другом опыте, в случае экспозиции без CO_2 , при расчете убыли NO_3 на площадь листьев была получена аналогичная картина (см. табл. 4).

Таблица 3

Растение	Источник света	Вес абс.-сух. образца в мг (315 см ² листьев)	Увеличение веса 315 см ² листьев за 6 час. в мг	NO_3 мг в образце	Убыло NO_3 за 6 час. (на весь образец)	Убыло мг NO_3 на 1 мг вновь образцов сух. в-ва
Кукуруза	Исходн. контр.	737,1		2,10		
	Неон. трубки	781,5	44,0	0,80	1,30	0,03
	ИГАР-2	768,1	31,0	0,78	1,32	0,04
Кукуруза	Исходн. контр.	825,2		4,51		
	Неон. трубки	846,0	20,8	2,39	2,12	0,10
	ИГАР-2	849,3	24,1	2,38	2,13	0,08
Подсолнечник	Исходн. контр.	688,7		3,19		
	Неон. трубки	753,1	64,4	2,80	0,39	0,006
	ИГАР-2	732,6	43,9	2,89	0,30	0,006

Таблица 4

Растение	Вариант	Продолжит. экспозиции	NO_3 в мг на 100 см ²	
			неонов. трубки	ИГАР-2
Подсолнечник	Контр. Опыт	— 3 ч. 10 м.	1,08	1,08
			1,14	1,09
Кукуруза	Контр. Опыт	— 3 ч.	0,30	0,30
			0,34	0,33

Полученные результаты находятся в согласии с нашими прежними данными о некотором распаде белка при экспозиции отрезков листьев на свету без CO_2 (1). Возможно, в условиях, когда исключается процесс фотосинтеза, усиливаются процессы распада и окисления, что и приводит к увеличению количества NO_3 .

Суммируя изложенные данные о восстановлении NO_3 листьями в присутствии CO_2 на свету различного спектрального состава, можно заключить, что процесс этот проходит одинаково в различных участках спектра: при одинаковом количестве поглощаемых хлорофиллом квантов света процесс восстановления NO_3 оказался практически не зависящим от его спектрального состава. В то же время интенсивность восстановления NO_3 весьма значительно возрастает с увеличением освещенности (см. табл. 5).

Отсюда можно заключить, что если восстановление NO_3 и не является реакцией фотохимической, как это следует из работы Д. М. Михлина и П. А. Колесникова (5) и о чем как будто свидетельствует отсут-

Таблица 5

Растение	Вариант	Продолжит. экс-позиции	35 тыс. люкс.		Продолжит. экс-позиции	6—7 тыс. люкс.	
			в мг NO ₃ на 100 см ²	% от контр.		в мг NO ₃ на 100 см ²	% от контр.
Подсолнечник	Контр.	—	1,59	100	—	1,82	100
	Опыт	1 ч. 30 м.	0,88	55,3	1 ч. 40 м.	1,39	76,3
Подсолнечник (листья несколько подвяли на сильном свете)	Контр.	—	1,35	100	—	1,35	100
	Опыт	3 ч.	0,71	52,5	3 ч.	1,00	74,0
Кукуруза	Контр.	—	0,28	100	—	0,28	100
	Опыт	2 ч. 35 м.	0,05	17,8	2 ч. 35 м.	0,19	67,8

ствие восстановления NO₃ без CO₂ в наших опытах, то все же в листьях оно самым тесным образом связано с фотосинтезом. Возможно, что восстановление NO₃ зависит от образования в процессе фотосинтеза какого-то активного промежуточного продукта, способного реагировать с NO₃. То, что в данном случае можно говорить о каком-то ином, отличном от углеводов веществе, следует из опытов, проведенных на свету, в отсутствие CO₂. Введение в листья моноз в этих условиях не приводило к восстановлению нитратов. Образование вещества, способного восстанавливать NO₃, и скорость этого процесса определяются наличием условий для прохождения фотосинтеза, именно CO₂ и светом. С увеличением освещения скорость процесса увеличивается. Отсутствие влияния спектрального состава света на этот процесс не согласуется с ранее замеченным нами (1) неодинаковым накоплением белкового азота в листьях в этих условиях. Это различие объясняется, очевидно, тем, что восстановление NO₃ и включение азота в состав белков происходит в несколько ступеней, и что в зависимости от качества света находятся какие-то более поздние стадии процесса.

Итак, наши исследования над восстановлением NO₃ в листьях показали, что необходимым условием для этого процесса являлось наличие света и CO₂. Без CO₂ восстановления не происходило, что указывает на тесную связь в листе этого процесса с фотосинтезом. Спектральный состав света не оказывал сколько-нибудь значительного влияния на восстановление нитратов. Вместе с тем изменение интенсивности освещения резко сказывалось на процессе восстановления NO₃.

В заключение приношу глубокую благодарность проф. А. А. Ничипоровичу за руководство настоящей работой.

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

Поступило
23 IV 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. П. Воскресенская, ДАН, 72, № 1 (1950). ² П. А. Колесников, ДАН, 71, № 5 (1950). ³ А. А. Красновский и Г. П. Брин, ДАН, 73, № 6 (1950). ⁴ В. Н. Любименко, Фотосинтез и хемосинтез в растительном мире, М.—Л., 1935. ⁵ Д. М. Михлин и П. А. Колесников, Биохимия, 2, в. 2, 402 (1937). ⁶ А. А. Ничипорович, Докл. на Всесоюзн. съезде Ботанич. об-ва, 1950. ⁷ А. Палладин, Rev. Gén. de Bot., 2 (1899). ⁸ В. В. Сапожников, Белки и углеводы зеленых листьев, как продукты ассимиляции, Томск, 1894. ⁹ В. В. Церлинг, Сборн. памяти акад. Д. Н. Прянишникова, 1950. ¹⁰ Н. Burström, Die Naturwissenschaften, N. 41/42, 645 (1942). ¹¹ O. Warburg u. E. Negelein, Biochem. Zs., 110, 66, 118 (1920).