

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

С. С. БАСЛАВСКАЯ и Т. Е. КИСЛЯКОВА

**ДЕЙСТВИЕ АЗОТА И ФОСФОРА НА ФОТОСИНТЕЗ ВОДОРΟΣЛИ
SCENEDESMUS QUADRICAUDA**

(Представлено академиком А. Л. Курсановым 30 VI 1954)

Опыты по удобрению прудов степной полосы показали, что внесение азота и фосфора повышает в значительной степени общую ассимиляционную деятельность фитопланктона (¹, ²). Это может быть обусловлено как более интенсивным развитием водорослей, так и повышением интенсивности процесса фотосинтеза. Опыты, проведенные в условиях водоема, выявили положительное действие азота и фосфора на развитие планктонных водорослей. Лабораторными исследованиями было установлено и повышение интенсивности фотосинтеза водорослей при добавлении тех же элементов к прудовой воде. Однако данных, характеризующих действие питательных элементов на интенсивность ассимиляции отдельных видов водорослей, было получено сравнительно немного.

Излагаемая ниже работа проводилась в 1952—1953 гг. в Москве, в лабораторных условиях. Изучалось действие азота и фосфора на интенсивность фотосинтеза одноклеточной водоросли *Scenedesmus quadricauda*. Выбор этого объекта был обусловлен, с одной стороны, тем, что протококковые водоросли являются одними из наиболее распространенных в пресных водоемах растений и во многих рыбоводных прудах составляют основную массу фитопланктона. С другой стороны, работа с одноклеточными организмами имеет ряд преимуществ в том отношении, что позволяет определять и интенсивность фотосинтеза и прирост количества клеток. Это дает возможность выявить действие элементов минерального питания на размножение организмов и на их ассимиляционную деятельность.

Нами изучалось длительное и краткосрочное воздействие солей. В длительных опытах растения выдерживались на испытуемых растворах 2—4 суток, а в краткосрочных — несколько часов. Минеральные элементы вносились в виде $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ и NaH_2PO_4 из расчета в мг/л: азота 1—2; фосфора 0,5—1,0. Растворы готовились на водопроводной воде.

Фотосинтез определялся по выделению кислорода, учитывавшегося методом Винклера. В длительных опытах растения, предварительно выдержанные на растворах солей, для определения интенсивности фотосинтеза переносились в банки с притертыми пробками, заполненные водопроводной водой. В краткосрочных опытах кислород учитывался непосредственно в испытуемых растворах, в которых растения находились. На время опытной экспозиции банки с растениями выставлялись на северное окно. Опыты проводились обычно в утренние часы.

В опытах с длительным действием солей, где могли произойти изменения в количестве водорослей, интенсивность фотосинтеза рассчитана в $\mu\text{г}$ кислорода на 1 млн. клеток в час. Подсчет клеток производился по окончании опытов. В краткосрочных опытах количество клеток за время экспозиции практически не менялось. Так как во все склянки вносилось одинаковое количество взвеси водорослей, то о сдвигах в процессе фото-

синтеза можно было судить по количеству кислорода, выделяемого водорослями, находившимися в определенном объеме воды, в единицу времени. В этих опытах интенсивность фотосинтеза выражена в миллиграммах кислорода на 1 л взвеси в час. Контролем служили растения, находившиеся на водопроводной воде без добавки питательных элементов.

На рис. 1 приведена часть полученных результатов в виде относительных величин (в процентах к контролю). На рисунке приведены средние значения из двух повторностей. (Интенсивность фотосинтеза варьировала

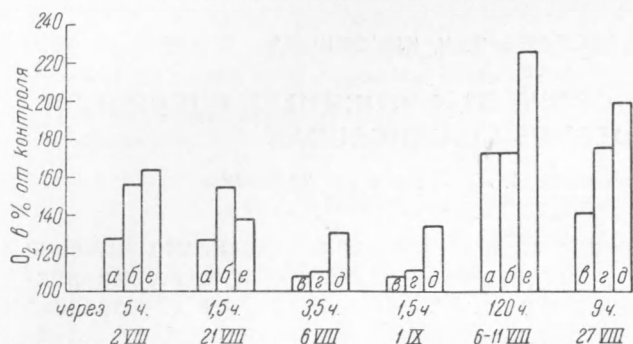


Рис. 1. Действие азота и фосфора на интенсивность фотосинтеза *Scenedesmus quadricauda*. Обозначения (в мг/л): а — N 1, б — N 2, е — P 0,5, г — P 1, д — N 1 + P 0,5, е — N 2 + P 1

в пределах 0,55—1,35 μ г кислорода на 1 млн. клеток в час).

Добавка к воде азота и фосфора в большей части опытов повышала интенсивность фотосинтеза. Почти во всех опытах более эффективными оказались большие дозы азота и фосфора. Водоросли сильнее реагировали на добавку азота, чем фосфора. Интенсивность фотосинтеза под влиянием азота возра-

стала на 30—60%, а

под влиянием фосфора на 10—15%. Наибольшее действие на интенсивность фотосинтеза почти во всех опытах оказывало совместное внесение азота и фосфора.

В вышеприведенных опытах определялась только наблюдаемая интенсивность ассимиляции. Интенсивность дыхания водорослей была незначительной и мало менялась при внесении питательных веществ, поэтому она не могла заметно отразиться на величине истинной интенсивности ассимиляции и изменить установленные закономерности.

Положительное действие азота и фосфора проявилось также и в краткосрочных опытах. Такая же быстрая реакция на действие элементов минерального питания наблюдалась в наших работах с другими водными растениями (3, 4). Это же явление отмечается и в работах других исследователей (5, 6). В ряде случаев положительное действие испытуемых элементов проявлялось через 15—30 мин. после постановки опыта.

В связи с этим представляло интерес выяснить динамику поглощения питательных веществ. С этой целью зимой 1953 г. было проведено несколько опытов, в которых изучалось поглощение водорослью *Scenedesmus* радиоактивного фосфора.

Удельная активность исходного раствора KN_2PO_4 , содержавшего P^{32} , 24 I, в день проведения первого опыта, была 8,5 μ к/мл, а общая концентрация фосфора, определенного по методу Дениже, 2350 мг/л. Для проведения опытов по поглощению исходный раствор разбавлялся в 2000 и 4000 раз. В колбу емкостью в 500—600 мл наливалось определенное количество исходного раствора с P^{32} , добавлялись водопроводная или дистиллированная вода и взвесь водорослей. Разбавление производилось таким образом, чтобы концентрация фосфора была 0,5 или 1 мг/л, как и в опытах по фотосинтезу. Колбы с растениями помещались в теплицу на северное окно. Одновременно в те же условия ставился контроль — исходный раствор, также разведенный в 2000 или 4000 раз, но без растений.

Через определенные промежутки времени из опытной колбы брались пробы по 20 мл для определения поглощения растениями P^{32} . Взвесь

водорослей фильтровалась через кружок фильтровальной бумаги, помещавшийся на дно пористого тигля. После фильтрования диски бумаги с задержанными на них водорослями вынимались из тигля, подсушивались в термостате, помещались на предметное стекло и в них определялась активность P^{32} на счетчике Гейгера — Мюллера. Одновременно, чтобы учесть количество P^{32} , которое может адсорбироваться самой фильтровальной бумагой, через такие же диски пропускать по 20 мл контрольного раствора, содержащего P^{32} в той же концентрации, что и испытуемый раствор. Активность фосфора выражена в имп/мин за вычетом фона и активности контрольных дисков. В работе приведены средние значения из двух повторностей, каждая из которых представляет среднее из 10 определений. Активность всех препаратов определялась в один день.

Так как радиоактивный фосфор, содержащийся в исходном растворе, все время распадался и активность раствора уменьшалась, то результаты сравнимы только в пределах одного опыта.

В течение опытов продолжительностью 24 или 48 час. производилось многократное определение поглощенного растениями P^{32} через различные промежутки времени. Определения начинались уже через 5—7 мин. после постановки опыта. В начале опытов и по окончании их подсчитывалось количество водорослей в опытных колбах. Результаты опытов приведены в табл. 1.

Таблица 1
Поглощение P^{32} водорослью *Scenedesmus quadricauda* (в имп/мин на 20 мл взвеси)

Время опред. после начала опыта	24 ч	30 ч	48 ч
5 мин.	—	—	308
7 "	—	126	—
15 "	16	138	—
20 "	—	—	358
30 "	113	136	418
1 час.	130	—	448
1,5 "	144	160	—
3 "	176	—	688
6 "	240	166	736
24 "	338	403	1280
48 "	—	817	2255
Число клеток * миллионы/л	145—160	530—570	750—815
миллионы/на диск .	2,9—3,2	10,6—11,4	15,0—16,3

* Первая цифра относится к началу опыта, вторая — к концу.

Из приведенных данных видно, что уже через 5—7 мин. после помещения водорослей на раствор происходит заметное поглощение фосфора клетками, обусловленное, очевидно, процессом адсорбции. С течением времени количество P^{32} в клетках продолжало увеличиваться, количество же клеток за это время почти не менялось. Опыты проводились в зимнее время, культура развивалась слабо и размножалась медленно. Продолжавшееся интенсивное поглощение фосфора после начальной адсорбции его клетками может быть поэтому объяснено только активным поглощением, проникновением и накоплением внутри клеток. Значительное поглощение фосфора наблюдалось уже через 30—60 мин. после начала

опыта, а в некоторых случаях и раньше. Поглощение фосфора активно размножающейся культурой происходит, несомненно, быстрее и интенсивнее. Полученные нами результаты согласуются с имеющимися в литературе указаниями относительно поглощения фосфора за короткие промежутками времени другими водными растениями (7-9).

Одним из больших преимуществ работы с водными растениями и, в частности, с водорослями является то, что элементы минерального питания через короткий промежуток времени попадают непосредственно в ассимилирующие ткани и могут оказать воздействие на протекающие в клетке физиологические процессы.

Итак, азот и фосфор, особенно при совместном их внесении, оказывают определенное положительное действие на интенсивность фотосинтеза водорослей. Следовательно, наблюдаемое обычно при внесении удобрений в водоемы повышение общей ассимиляционной деятельности фитопланктона обусловлено не только усиленным размножением планктонных водорослей, но и повышением их фотосинтетической деятельности, усилением способности синтезировать органическое вещество.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
7 V 1954

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ С. С. Баславская, О. И. Кобленц-Мишке и др., ДАН, 82, № 5 (1952). ² С. С. Баславская, О. И. Кобленц-Мишке и др., Сборн. Водоемы Госуд. лесной полезаш. полосы Камышин—Сталинград и вопросы их рыбохоз. освоения, Изд. МГУ, 1953. С. С. Баславская, Е. И. Журавлева, Бот. журн., 33, № 4 (1948). ⁴ С. С. Баславская, Г. Д. Михайлова, З. М. Шведская, Тр. Инст. физиол. раст. им. К. А. Тимирязева, 6, в. 2 (1949). ⁵ A. Pirson, *Planta*, 29, Н. 2 (1939). ⁶ A. Pirson, C. Tichy, G. Wilhelm, *ibid.*, 40, Н. 3 (1952). ⁷ K. Grube, *ibid.*, 42, Н. 4 (1953). ⁸ W. Simonis, K. Grube, *Zs. f. Naturforsch.*, 7b, Н. 3 (1952). ⁹ W. Simonis, K. Grube, *ibid.*, 8b, Н. 6 (1953).