

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Член-корреспондент АН СССР А. Л. КУРСАНОВ,
А. М. КУЗИН и Я. В. МАМУЛЬ

**О ВОЗМОЖНОСТИ АССИМИЛЯЦИИ РАСТЕНИЕМ КАРБОНАТОВ,
ПОСТУПАЮЩИХ С ПОЧВЕННЫМ РАСТВОРОМ**

Со времени открытия ассимиляции CO_2 у зеленых растений прошло уже более 170 лет ⁽¹⁾. За этот период среди огромной литературы, возникшей в связи с этой проблемой, особенно многочисленными были работы, посвященные определению интенсивности фотосинтеза у растений в зависимости от внешних и внутренних условий. На этом пути биологи и агрономы стремились составить себе представление о продуктивности культивируемых ими растений и найти способы для дальнейшего ее повышения. Однако во всех этих работах почти исключительное внимание уделялось усвоению листом CO_2 воздуха, вследствие чего и самый процесс получил название «воздушного питания» растений.

Между тем, многие почвы, особенно карбонатные, содержат большие количества свободной и связанной угольной кислоты, которая может, вероятно, засасываться корнями растений вместе с почвенным раствором. Ввиду того что движение воды в растениях, вызванное транспирацией, совершается, главным образом, в направлении к листьям и притом происходит особенно интенсивно в дневные часы, можно ожидать, что растворенная угольная кислота, поступающая к листьям из почвы через корневую систему, ассимилируется растением подобно той, которая диффундирует в листьях из воздуха.

Удельный вес каждого из этих источников CO_2 будет меняться в зависимости от условий, однако несомненно, что в ряде случаев подача угольной кислоты через корни может превращаться в существенный источник углерода для растений.

С сожалением, этот второй путь поступления CO_2 в растения почти не привлекал к себе внимания исследователей, вследствие чего в настоящее время мы располагаем только единичными наблюдениями, еще далеко недостаточными, чтобы удовлетворительно осветить эту сторону явления ⁽²⁻⁷⁾.

Между тем, можно ожидать, что дополнительное питание растений углекислотой через корневую систему, особенно при поливном хозяйстве, должно заметным образом влиять на урожай растений. Все это приобретает особенный интерес именно теперь, в связи со строительством крупных оросительных систем, благодаря которым удельный вес поливного хозяйства в СССР должен значительно возрасти.

Исходя из этих соображений, мы предприняли настоящее исследование, в котором, пользуясь современной изотопной методикой, постарались прежде всего установить самый факт поступления CO_2 через корни в растение, а также выяснить возможность ее ассимиляции зелеными частями при освещении. Дальнейшие опыты должны будут дать представление и об удельном весе этого источника CO_2 в питании растений.

Для исследования утилизации углерода из карбонатов почвенных растворов нами был использован питательный раствор Кнопа, содержащий бикарбонат натрия с C^{14} . Общее содержание бикарбоната равнялось 0,2%. Содержание радиоактивного углерода было взято небольшим, чтобы не подвергать растение интенсивному облучению. 10 мл питательного раствора содержали 0,5 μC .

Для исследования были взяты 30-дневные растения фасоли (*Phaseolus vulgaris*). Растение помещалось корнями в широкую пробирку, содержащую питательный раствор, так что стебель почти у основания проходил через пробку, герметически закрывавшую пробирку, благодаря чему исключалось поступление радиоактивной CO_2 в атмосферу, в которой находился стебель и листья. Растение экспонировалось при освещении лампой в 300 вт на расстоянии в 20 см. Через 3 часа экспозиции был удален один лист, а после 18 час. опыт заканчивался. Растение

Таблица 1

	Активность в имп/мин. на 10 мг ткани	
	до обработки HCl	после обработки HCl
Лист после 3 час. экспозиции	56	44
Лист " 18 "	292	279
Стебель после 18 час " экспозиции	3246	2969
Корень " 18 "	1463	1407

тщательно промывалось в проточной воде в течение 10 мин., после чего высушивалось между листами фильтровальной бумаги.

Радиоавтография растения дала картину, представленную на рис. 1 (см. вклейку).

Из радиоавтографии видно, что радиоактивный углерод имеется во всем растении: его особенно много в стебле и несколько меньше в листе. Лист, снятый

через 3 часа после начала опыта, почти не содержит радиоактивного углерода. Для количественного определения лист, стебель и корень в отдельности были растерты и на торцовом счетчике была определена их относительная активность (для измерения брали 10 мг ткани на диске диаметром 2 см). Чтобы выяснить, какая часть радиации обусловлена всосавшимися карбонатами, ткани подвергались нагреванию с 10% соляной кислотой с последующим высушиванием в вакууме после чего вновь измерялась их активность. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, количество ассимилированного углерода в стеблях (стебли взятых растений были богаты хлорофиллом) почти в два раза больше, чем в корнях, причем эти количества почти не изменяются при обработке соляной кислотой, что указывает на превращение карбонатов в нелетучие органические вещества. Чтобы показать, что всасываемые ионы CO_3^{2-} утилизируются растением так же как и CO_2 атмосферы, т. е. участвуют в процессе фотосинтеза, опыты были повторены, причем одно растение стояло 10 час. при освещении, а другое в тех же условиях, но в темноте. Радиоавтографии этих растений представлены на рис. 2 и 3.

Эти радиоавтографии показывают, что в течение 10 час. в темноте в стебле почти не фиксируются всасываемые карбонаты, при освещении же зеленого стебля происходит их отложение в тканях стебля, причем в части, непосредственно прилегающей к корню, но бедной хлорофиллом, углерод не фиксируется, а его фиксация интенсивно идет выше, где стебель окрашен в зеленый цвет. Еще более наглядно видна зависимость фиксации CO_3^{2-} от фотосинтеза в следующем опыте, где растение, погруженное своими корнями в питательный раствор, содер-

жащий карбонаты с меченым углеродом, освещалось 5 час., после чего была взята половина листа и фиксирована. Затем растение стояло ночь в темноте, после чего фиксировалась вторая половина листа и растение еще раз освещалось 3 часа и затем фиксировалось все растение. Полученная радиоавтография представлена на рис. 4.

Как видно из радиоавтографии, через 5 час. освещения карбонаты еще не дошли до листьев. Как следует из предыдущего опыта, они энергично фиксируются зеленым стеблем. За ночь стояния в темноте карбонаты накапливаются в листе в очень незначительном количестве, однако уже виден слабый отпечаток половины листа. Последующее освещение приводит к энергичной ассимиляции поступающих карбонатов, что отчетливо видно по интенсивной радиации третьего листа. Чтобы убедиться в том, что поступившие через корни карбонаты ассимилируются растением, аналогично углекислоте воздуха, т. е. превращаются в углеводы, мы предприняли их изолирование из растения, находящегося в течение суток на корневом питании меченым карбонатом. Растертое высушенное растение (стебли и листья) кипятили 30 минут с 1 *N* соляной кислотой. Полученная солянокислая вытяжка пропусклась через анионит и катионит для удаления кислот и оснований, концентрировалась в вакууме и к полученному раствору было добавлено 100 мг химически чистой глюкозы, в качестве носителя. После растворения глюкозы она была осаждена фенолгидразином. Выпавший озазон в виде характерных игл, собранных в снопы, был изолирован, тщательно промыт и перекристаллизован из водного спирта. Его активность 112 имп/мин. (10 мгр на диске диаметром 2 см). Озазон был пять раз перекристаллизован из водного спирта. Определение активности дало 100 имп/мин. в тех же условиях. Активность озазона указывает на активность углеводов, т. е. на образование углеводов из карбонатов, поступивших в растение через корни. Проведенное исследование показало, что карбонаты почвенных растворов могут ассимилироваться растением аналогично углекислоте воздуха.

Институт биохимии им А. Н. Баха и
Лаборатория биофизики, изотопов и излучений
Академии наук СССР

Поступило
3 VI 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ J. Ingen-Housz, Experiments upon Vegetables, London, 1779. ² M. Bergamaschi, Atti Inst. Bot. Univ. Pavia, 4, 1, 117 (1929). ³ E. A. Livingston and R. Beall, Plant Physiol., 9, 237 (1934). ⁴ O. Overkott, Zs. f. Gesamt. Naturwiss., 3, 480 (1938). ⁵ O. Härtel, Jahrb. wiss. Bot., 87, 173 (1939). ⁶ В. Купревич, Сов. бот., 1, 70 (1940). ⁷ R. Overstreet, S. Ruben and T. Broyer, Proc. Nation. Acad. of Sciences, 26, 688 (1940).

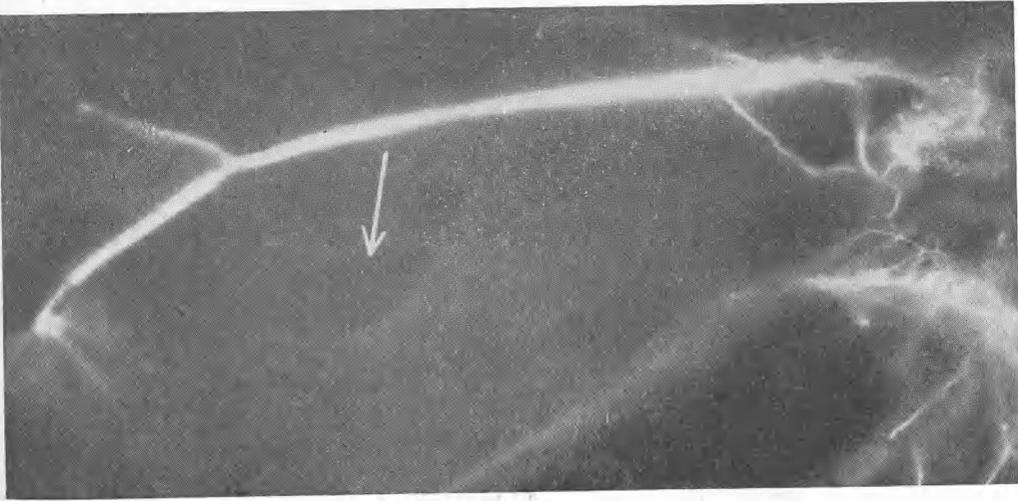


Рис. 1. Стрелкой показано расположение листа, снятого после 3 час. экспозиции

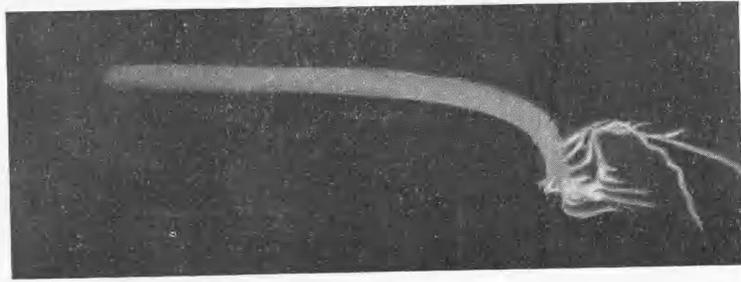
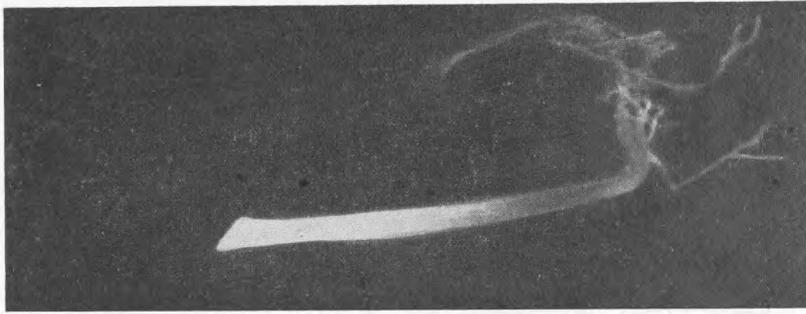
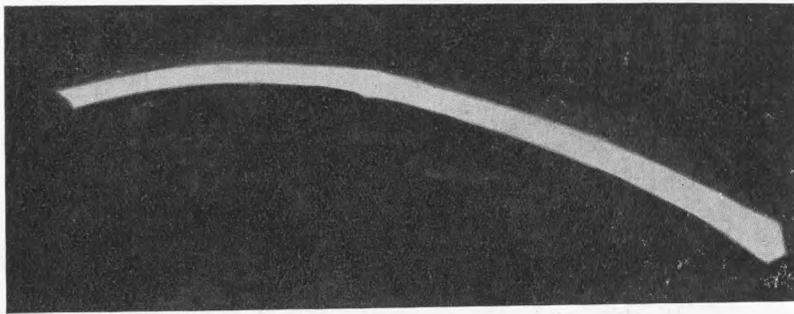


Рис 2. Растения после 10 час. экспозиции в темноте



А



Б

Рис. 3. Растения после 10 час. экспозиции при освещении. Б — продолжение стебля

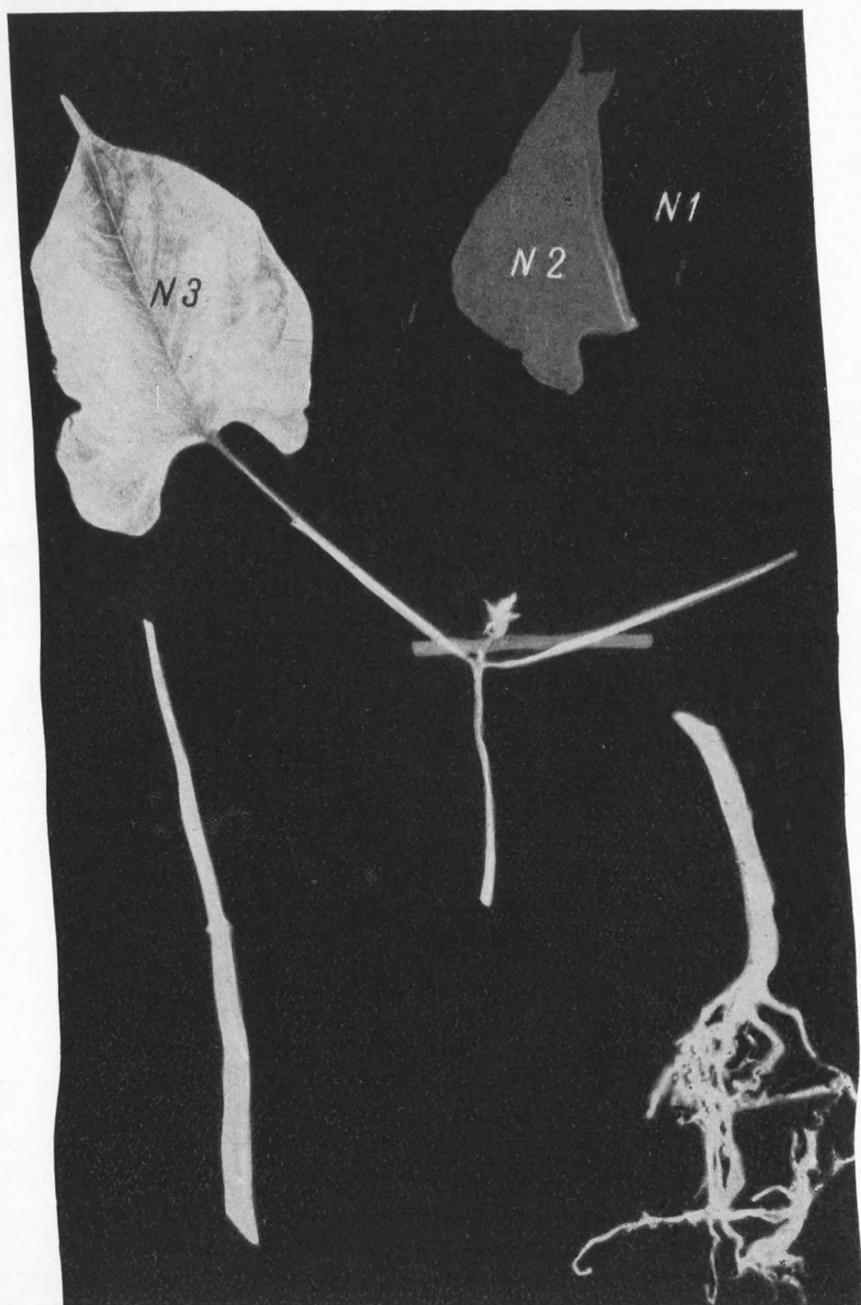


Рис. 4. 1— место расположения листа через 5 час. после начала опыта, 2— место половинки листа после ночи в темноте, 3— все растение после дополнительного освещения в течение 3 час.