

Н. Г. ДОМАН, А. М. КУЗИН, Я. В. МАМУЛЬ и Р. И. ХУДЯКОВА

## К ВОПРОСУ О РАЗНООБРАЗИИ ПЕРВИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ФОТОСИНТЕЗА У РАЗНЫХ ВИДОВ РАСТЕНИЯ

(Представлено академиком А. И. Опариным 16 VII 1952)

Рядом исследователей (1-5) высказано предположение, что в процессе фотосинтеза, наряду с углеводами, образуются и другие продукты, например белки. Это предположение основывается, главным образом, на том, что растения не могут вполне нормально развиваться, получая углеводы с питательным раствором, а нуждаются в ассимиляции  $\text{CO}_2$  на свету, в результате чего, в зависимости от условий, в растениях образуются различные вещества в том или ином соотношении.

Так например, в одной из последних работ А. М. Печенициной (6) показано на высших растениях, что новообразование белков за счет углеводов возможно лишь с незначительной скоростью. А. А. Ничипоровичем (5) высказано предположение, что пути ассимиляции углекислоты при фотосинтезе, включая реакцию фиксации  $\text{CO}_2$ , многообразны. К такому же заключению приходит и Л. А. Незговорова (8) в своем исследовании фотосинтеза с помощью меченого  $\text{CO}_2$ . К сожалению, в ее опытах применялись слишком продолжительные экспозиции (20—60 мин.) в атмосфере, содержащей меченый  $\text{CO}_2$ , что не позволяет судить о том, изменяется ли состав конечных продуктов фотосинтеза, или это различие касается и веществ, возникающих в начальных его стадиях.

Наиболее прямым доказательством образования тех или иных продуктов в процессе фотосинтеза является последовательное выделение их по мере образования при ассимиляции  $\text{CO}_2$ . Именно таким путем проводилось настоящее исследование с целью выяснения возможных различий в образовании продуктов фотосинтеза у разных видов растений. В работе использован метод, предложенный одним из нас (7).

Было исследовано образование продуктов при фотосинтезе в молодых листьях 17 видов растений из 12 семейств. Как показали результаты исследований, в последовательности образования продуктов фотосинтеза, наряду с общими чертами, присущими всем указанным растениям, наблюдаются особенности, характерные для отдельных видов и семейств (см. табл. 1).

Например, общим является то, что по мере удлинения экспозиции у всех растений количество радиоактивного углерода  $\text{C}^{14}$  уменьшается во фракциях А и А + Б, содержащих вещества, нерастворимые в 80% спирте и осаждаемые спиртовым раствором  $\text{BaCl}_2$ . Одновременно увеличивается радиоактивность во фракции веществ, растворимых в 80% спирте и не осаждаемых спиртовым раствором  $\text{BaCl}_2$ , а также во фракции нерастворимых в воде соединений.

При 1-секундной экспозиции радиоактивность во фракции углеводов или совсем отсутствует или же очень мала. С удлинением экспозиции

Семейства	Виды	Дата	Продолжит. экспозиции в сек.		Количество	
			с меченым $C^{14}O_2$	с немеченым $C^{14}O_2$	нерастворимо в кипящей воде	растворимо в кипящей воде
Бобовые	Клевер	20 VII 1951	1	0	0,0	100
			1	4	0,8	99,2
			1	14	1,0	99,0
			1	29	5,5	94,5
			1	59	11,2	88,8
Пасленовые	Фасоль	23 VI	1	0	8,2	91,8
			1	299	42,3	57,7
			1	0	8,2	91,8
			1	299	45,4	54,6
			1	0	2,6	97,44
Маревые	Табак	20 VII	1	0	17,5	82,5
			1	299	40,5	59,5
			1	0	7,1	92,9
			1	299	38,0	62,0
			1	0	0,8	99,2
Сложноцветные	Свекла сах.	23 VI	2	0	8,4	91,6
			2	298	8,4	91,6
			1	0	0,6	99,4
			1	0	1,5	98,5
			1	298	3,9	96,1
Сложноцветные	Подсолнух	28 VII	1	0	0,0	100
			1	299	8,0	92,0
			1	0	0,0	100
			1	0	0,0	100
			1	299	10,6	89,4
Бегониевые	Земл. груша	15 VIII	1	0	0,0	100
			1	0	0,0	100
			1	0	0,0	100
			1	299	26,5	73,5
			1	299	20,0	80,0
Тыквенные	Бегония	22 VIII	1	0	0,0	100
			1	299	26,5	73,5
			1	299	20,0	80,0
			1	0	0,0	10,0
			1	299	37,4	62,6
Злаковые	Тыква	22 VIII	1	0	1,7	98,3
			2	0	7,2	92,8
			2	299	7,2	92,8
			1	0	0,0	100
			1	299	33,0	67,0
Эвкомиевые	Эвкомия	15 VIII	1	0	39,5	60,5
			1	299	39,5	60,5
			1	0	0,0	100
			1	0	0,0	100
			1	299	15,1	84,9
Розоцветные	Глух. крапива	22 VIII	1	0	1,1	98,9
			1	299	12,6	87,4
			1	0	0,0	100
			1	0	0,0	100
			1	299	10,0	90,0
Крестоцветные	Редька	22 VIII	1	0	0,0	100
			1	299	10,0	90,0
			1	0	0,0	100
			1	0	0,0	100
			1	299	10,0	90,0

радиоактивность этой фракции у всех исследованных растений увеличивается.

У различных растений распределение меченого углерода между фракциями далеко не одинаково. Например, при 1-секундной экспозиции содержание меченого углерода  $C^{14}$  во фракции А ± Б у фасоли составляет 82,3%, у сахарной свеклы 43,17%, а у бегонии только 20,8%. У клевера радиоактивность веществ, поглощаемых катионитом, составляет 8,1%, анионитом 1,2% и нейтральных 0,0%, тогда как у сахарной свеклы распределение радиоактивности между этими фракциями выражается, соответственно, числами 14,0, 29,9 и 12,2%, а у бегонии 11,5, 57,6 и 10,1%.

Можно отметить более заметное сходство в распределении меченого углерода по некоторым фракциям у родственных видов растений, объединенных в одно семейство. Например, в водонерастворимой фракции при 5-минутной экспозиции радиоактивного углерода  $C^{14}$  содержатся у

Таблица 1

ство меченого углерода в %

растворимо в 80% спирте	нераствори- мо в 80% спирте (фракц. А)	осаждено спирт. раств. ВаСl <sub>2</sub> (фракц. В)	фракции А + Б	растворено после оса- ждения фрак- ций А + Б	на катиони- те (амино- кислоты)	на анионите (кислоты)	нейтр. ве- щества, ра- створимые в спирте (углеводы)
13,4	86,6	4,1	90,7	9,3	8,1	1,2	0,0
24,2	75,0	9,3	84,3	14,9	6,4	1,9	6,6
29,0	70,0	7,8	77,8	21,2	8,7	4,1	8,4
47,9	46,4	18,1	64,5	29,8	12,8	7,8	9,2
63,8	25,0	28,0	53,0	35,8	17,6	10,8	7,3
37,6	20,1	1,4	21,9	36,2	14,2	4,9	16,1
—	—	—	82,3	9,5	3,0	6,3	0,2
—	—	—	16,5	38,1	6,5	4,5	17,1
18,5	78,9	6,0	84,9	12,5	3,4	1,7	7,4
40,8	41,7	8,0	49,7	32,8	11,1	8,8	12,9
48,0	11,5	4,1	15,6	43,9	11,7	20,5	11,7
41,8	51,1	11,9	63,0	29,9	15,8	6,3	7,8
55,7	5,7	8,8	14,5	46,9	22,1	12,5	12,4
—	—	—	43,1	56,1	14,0	29,9	12,2
—	—	—	8,3	83,3	5,1	2,7	75,5
—	—	—	38,9	60,5	16,8	39,4	4,3
—	—	—	45,5	53,0	14,3	30,9	6,6
84,1	12,0	14,0	26,0	70,1	36,2	10,0	23,9
—	—	—	61,3	38,7	13,9	24,7	0,0
79,0	13,0	16,5	29,5	62,5	22,6	23,6	16,3
—	—	—	74,2	25,8	9,1	13,1	3,2
—	—	—	73,6	26,4	13,9	10,3	2,2
64,7	24,7	3,2	27,9	61,5	24,3	15,1	22,1
—	—	—	78,0	22,0	—	—	—
—	—	—	14,9	85,1	—	—	—
—	—	—	20,8	79,2	11,5	57,6	10,1
—	—	—	5,5	68,0	—	—	—
—	—	—	11,7	68,3	6,3	41,3	20,7
—	—	—	63,9	36,1	19,9	15,5	0,7
—	—	—	30,8	31,8	—	—	—
—	—	—	78,7	19,6	3,2	7,2	9,2
—	—	—	32,8	60,0	16,4	12,0	31,6
15,9	84,5	—	—	—	—	—	—
—	—	—	34,0	33,0	8,9	16,4	7,6
—	—	—	54,1	6,5	2,4	4,1	0,0
—	—	—	70,7	29,3	8,0	18,4	2,8
73,6	11,3	10,8	22,1	62,8	10,2	32,5	20,1
—	—	—	85,2	13,7	—	—	—
—	—	—	36,1	51,3	—	—	—
—	—	—	71,6	28,4	16,6	11,8	0,0
—	—	—	37,6	52,4	28,1	12,7	11,6

бобовых 42,3% (клевер) и 54,4% (фасоль), у пасленовых 40,5% (табак) и 38,0% (цифомандра), у маревых 8,4% (сахарная свекла) и 3,9% (лебеда), у сложноцветных 8,0% (подсолнух) и 10,6% (лопух). Это подтверждает, что генетическая близость растений дополняется биохимической близостью.

Наглядное подтверждение качественных различий, возникающих в процессе фотосинтеза у различных видов растений, дает ионофоретический анализ на фильтровальной бумаге водорастворимой фракции веществ, образовавшихся в наших опытах.

Капля исследуемого раствора наносилась на середину длинной полоски фильтровальной бумаги, концы которой были прикреплены к электродам и опущены в 1% раствор КСl, служащий электролитом. Полоска бумаги равномерно смачивалась этим же электролитом и по ней пропусклся постоянный электрический ток 5—7 ма при напряжении 150 в.

Через 2 часа после разделения веществ полоска фильтровальной бумаги была высушена при замкнутой цепи и экспонирована на рентгеновской пленке.

Полученные радиоавтограммы (см. рис. 1) ясно показывают, что пути углерода при фотосинтезе после фиксации  $\text{CO}_2$  неодинаковы у разных растений. Например, в то время как у одних растений (фасоль) в одинаковых условиях опыта при 1-секундной экспозиции образуются почти исключительно кислые вещества, движущиеся к аноду, у других, кроме кислот, образуется заметное количество веществ катионной природы (цифомандра), а также нейтральных веществ (ячмень, цифомандра).

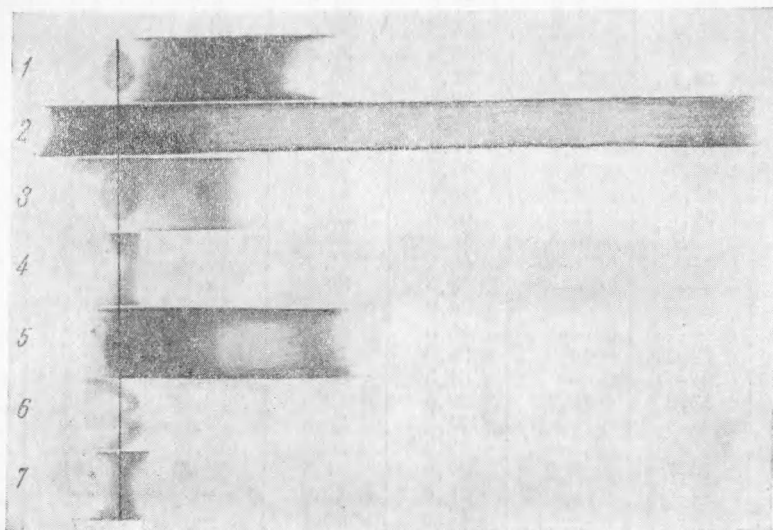


Рис. 1. Радиоавтограммы ионофоретического анализа веществ после 1-секундной экспозиции листьев различных растений: 1 — фасоль, 2 — цифомандра, 3 — сахарная свекла, 4 — подсолнух, 5 — ячмень, 6 — глухая крапива, 7 — рьдка

В настоящее время нет сколько-нибудь убедительных данных, позволяющих утверждать, что в качестве первичных продуктов фотосинтеза образуются разнообразные вещества. Если в природе и имеет место образование у разных растений не одного, а различных веществ при фиксации  $\text{CO}_2$  в процессе фотосинтеза, то число их должно быть весьма ограничено. Результаты наших опытов показывают, что после образования первичного продукта уже при 1-секундной экспозиции, т. е. на первых ступенях фотосинтеза, до образования углеводов и наряду с ними, в ассимилирующих листьях образуются различные вещества, и соотношения их меняются в зависимости от типа обмена веществ данного растения.

Поступило  
19 VI 1952

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> В. В. Сапожников, Белки и углеводы зеленых листьев как продукт ассимиляции, Томск, 1894. <sup>2</sup> Ф. Н. Крашенинников, Усвоение солнечной энергии растением, М., 1901. <sup>3</sup> E. Godlewski, Zur Kenntnis der Eiweissbildung in den Pflanzen, Crakovie, 1903. <sup>4</sup> В. О. Таусон, Изв. АН СССР, сер. биол., № 3, 423 (1947). <sup>5</sup> А. А. Ничипорович, Вестн. АН СССР, 9, 101 (1950). <sup>6</sup> А. М. Печенидина, Тр. Ин-та физиол. раст. им. К. А. Тимирязева, 7, 2, 212 (1951). <sup>7</sup> Н. Г. Доман, ДАН, 84, № 5 (1952). <sup>8</sup> Л. А. Незговорова, ДАН, 79, № 3, 537 (1951).