

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

А. М. ПЕЧЕНИЦИНА

**СТЕРИЛЬНЫЕ КУЛЬТУРЫ ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ
ГЕТЕРОТРОФНОГО ПИТАНИЯ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 20 VI 1950)

Как известно, одним из главных оснований для того, чтобы считать углеводы универсальными продуктами фотосинтеза, являются некоторые данные по культуре зеленых растений или их органов в темноте на углеводах. Однако Б. О. Таусон (¹) пришел к выводу, что указанные данные совершенно недостаточны для такого заключения в силу ряда существенных упщений в постановке опытов, делающих последние мало доказательными. Так, культивирование растений (на углеводах) производилось только в темноте и тем самым выключался не только процесс фотосинтеза (нормальный способ питания зеленых растений), но и многообразное и специфическое влияние света на растительный организм (²⁻⁵). К другим недостаткам имеющихся работ относится неполнота количественных данных, несоблюдение стерильности и другие (⁶⁻³). Исходя из этого, нам казалось целесообразным несколько полнее вновь исследовать данный вопрос. Наиболее убедительными с нашей точки зрения были бы опыты по культивированию растений (на углеводах) как в темноте, так и на свету при условии исключения процесса фотосинтеза с соответствующим количественным учетом использования углеводов для синтеза веществ клетки, в первую очередь белков.

Цель данной работы и заключалась в том, чтобы выяснить, в какой мере могут быть использованы углеводы для синтеза белков у высших растений в условиях гетеротрофного питания. Для этого нами в период с 1946 по 1948 гг. проводилась работа со стерильными культурами проростков некоторых растений. Производилось исследование характера использования углеводов проростками растений в зависимости от различных источников азотистого питания (нитратов, солей аммония и аспарagina) и витаминов (дрожжевого экстракта и витамина В₁, витамина В₆ и никотиновой кислоты). В данном сообщении приводятся лишь результаты опытов с проростками гречихи и редиса на минерально-глюкозной среде с нитратами.

Стерильные культуры (водные) ставились по методу, разработанному В. О. Таусоном, А. А. Прокофьевым и В. Э. Понтович (⁹). Культивирование растений производилось в специальных стеклянных сосудах (рис. 1). Питательной средой служил видоизмененный раствор Кно-па, в который вносились глюкоза в количестве 27,6 г на 1 л. Для опытов были выбраны: 1) редис, имеющий белково-масличные семена,



Рис. 1. Сосуд для культивирования растений в стерильных условиях

2) гречиха с белково-крахмалистыми семенами. Семена редиса имели средний вес 10—9 мг, семена гречихи — 28 мг, взвешивание семян редиса производилось с точностью $\pm 0,3$ мг, семян гречихи — с точностью $\pm 0,9$ мг. Отобранные для опыта здоровые, неповрежденные семена разделялись на три порции. Одна порция стерилизовалась, а затем ставилась на проращивание в термостат при температуре 26°. Проросшие семена пересевались в заранее простерилизованные сосуды. Другая порция семян шла на определение сухого вещества и третья — на анализы.

Опыты ставились в трех вариантах:

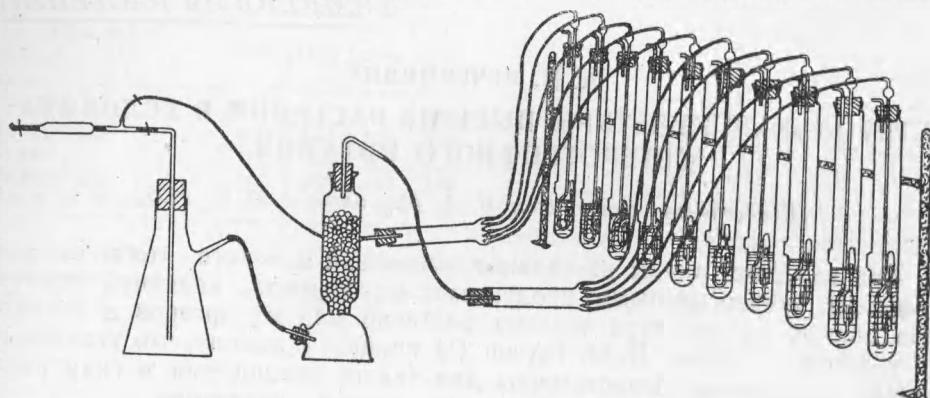


Рис. 2

1. Контроль. Растения культивировались на свету. Через сосуды продувался обычный воздух (с нормальным содержанием углекислоты).

2. Сосуды с растениями стояли на свету, но продуваемый через них воздух предварительно освобождался от атмосферной CO_2 (в таблицах этот вариант условно обозначен «свет — CO_2 »). Освобождение от CO_2 достигалось пропусканием воздуха через колбу Бунзена с 33% раствором щелочи, а затем через колонку, заполненную кусочками пемзы, которая пропитывалась этим же раствором щелочи. Проверка едким баритом показала, что этим способом обеспечивалось полное удаление углекислоты из подаваемого в сосуды этого варианта воздуха.

3. Растения помещались в темноту. Продувка сосудов производилась обычным воздухом (условное обозначение в таблицах «темн. + CO_2 »).

В каждом варианте было 3—5—8 сосудов. Продувание культур производилось круглосуточно с помощью газгольдера. Воздух в газгольдер подавался через несколько ватных фильтров извне. Скорость продувания была приблизительно 2 л/час. Общий вид установки изображен на рис. 2. Снятие опыта обычно производилось по прекращении роста проростков в темноте.

Определялось содержание общего и белкового азота, а также количество поглощенной проростками глюкозы. Азот определялся по микрометоду Кельдаля. Определение белкового азота производилось осаждением по Барнштейну — Штутцеру и сжиганием осадка с концентрированной серной кислотой. Глюкоза определялась по методу Бертрана.

В опыте с гречихой (длительность опыта 41 день) проростки на свету (контроль) имели хорошо развитые листья и к моменту снятия опыта начали цветти. Высота растений достигала 21 см. Растения, находившиеся на свету в атмосфере без CO_2 имели 3—4 листа, высота их достигала 10—12 см. В темноте проростки имели лишь семядольные листья, которые к моменту снятия опыта начали завяздывать. Прямыми определениями установлено поглощение глюкозы растениями во всех вариантах. Как видно из табл. 1 у растений на свету без CO_2 наблюдалось некоторое увеличение сухого вещества за счет поглощенной глюкозы, но прирост сухого вещества у них был в 5 раз меньше при-

роста контрольных фотосинтезирующих растений. При прорастании в темноте на глюкозе была очень небольшая потеря сухого вещества. Вес проростков был почти равен весу исходных семян. В темноте же на питательной среде без глюкозы произошла значительная убыль сухого вещества. Далее, из данных табл. 1 следует, что увеличение белкового азота у растений на свету без CO_2 было значительно меньше, чем у контроля. В темноте у проростков на глюкозе количество белкового азота уменьшилось (на 12,5%); еще более сильное уменьшение белкового азота наблюдалось у проростков на среде без глюкозы.

Таблица 1

Характер использования глюкозы проростками гречихи при нитратном питании в различных условиях (на 10 растений) (рН: нач. 5,9, кон. 6,8)

Варианты	Сухое вещество мг	Общий азот мг	Белковый азот мг	Изменения за время опыта							
				Сухое вещество		Общий азот		Белков. азот			
				мг	в % к исходн.	мг	в % к исходн.	мг	в % к исходн.	мг	в % к исходн.
Исходные семена	248,0	4,51	4,16								
Св. + CO_2 + глюкоза	602,0	15,35	12,46	+354,0	+142,7	+10,84	+240,3	+8,30	+199,5		
Св. — CO_2 + глюкоза	316,0	8,28	5,66	+68,0	+27,4	+3,77	+83,6	+1,50	+36,4		
Темн. + CO_2 + глюкоза	243,0	5,34	3,64	-5,0	-2,0	+0,83	+18,4	-0,52	-12,5		
Темн. + CO_2 — глюкоза	176,6	4,58	3,44	-71,4	-28,8	+0,07	+1,5	-0,72	-17,3		

Проглощение глюкозы (на 10 растений): св. + CO_2 + гл. — 950,0 мг; св. — CO_2 + гл. — 1150,0 мг; темн.+ CO_2 + гл. — 1270,4 мг.

Опыты с редисом (сорт «Sparkler»), поставленные в тех же условиях, дали сходные результаты. К моменту снятия опыта (длительность опыта II — 21 день, опыта III — 26 дней), проростки всех трех вариантов, в которых процесс фотосинтеза исключался, прекращали рост. Начиналось пожелтение и завядание нижних листьев у растений на свету без CO_2 , завядание семядольных листочек у проростков в темноте. Контрольные растения оставались зелеными, и имели значительно более развитые листья, точка роста их не прекращала образования новых листьев. Проростки на свету без CO_2 были значительно меньшего размера и веса сравнительно с контрольными (см. табл. 2 и 3).

Таблица 2

Характер использования глюкозы проростками редиса при нитратном питании в различных условиях (опыт II) (на 10 растений) (рН: нач. 5,9, кон. 6,7)

Варианты	Сухое вещество мг	Общий азот мг	Белковый азот мг	Изменения за время опыта							
				Сухое вещество		Общий азот		Белков. азот			
				мг	в % к исходн.	мг	в % к исходн.	мг	в % к исходн.	мг	в % к исходн.
Исходные семена	97,5	4,32	3,72								
Св. + CO_2 + глюкоза	383,0	18,76	9,34	+285,5	+292,8	+14,44	+334,2	+5,62	+151,1		
Св. — CO_2 + глюкоза	180,0	8,71	4,10	+82,5	+84,6	+4,39	+101,6	+0,38	+10,2		
Темн. + CO_2 + глюкоза	141,6	7,24	3,17	+44,1	+45,2	+2,92	+67,6	-0,55	-14,8		

Таблица 3

Характер использования глюкозы проростками редиса
при нитратном питании в различных условиях (опыт III)
(на 10 растений)
рН: нач. 5,8, кон. 6,9

Варианты	Изменения за время опыта									
	Сухое вещество		Сухое вещество		Общий азот		Белков. азот			
	Сухое вещество мг	Общий азот мг	Белков. азот мг	Сухое вещество мг	в % к ис- ходн.	мг	в % к ис- ходн.	мг	в % к ис- ходн.	
Исходные семена	90,7	4,02	3,46							
Св.+ CO ₂ — глюкоза	459,6	23,54	12,0	+368,9	+406,7	+19,52	+485,6	+8,54	+246,8	
Св.— CO ₂ + глюкоза	195,0	11,38	4,50	+104,3	+115,0	+7,36	+183,1	+1,04	+30,1	
Темн. + CO ₂ + глю- коза	121,4	6,88	2,55	+30,7	+33,8	+2,86	+71,1	-0,91	-26,3	
Темн. + CO ₂ — глю- коза	89,0	—	2,06	-1,7	-1,9	—	—	-1,40	-40,5	

Поглощение глюкозы за время опыта (на 10 растений): Св.— CO₂ 450 мг.

У этих проростков хотя и наблюдалось некоторое новообразование белка, но содержание белкового азота у них было в несколько раз меньше чем в контрольных растениях. Интересно отметить, что проростки в темноте накапливали сухое вещество за счет поглощаемой из среды глюкозы, однако никакого новообразования белковых веществ у них не было обнаружено. Наоборот, количество белкового азота при прорастании даже упало. В темноте без глюкозы падение белкового азота было еще больше (см. табл. 3).

Таким образом поглощение глюкозы на нитратной среде в условиях гетеротрофного питания проростками редиса (в темноте и на свету без CO₂) и гречихи (на свету без CO₂) сопровождалось некоторым накоплением сухого вещества. При этом прирост сухого вещества был больше на свету, чем в темноте. В соответствии с этим увеличение белкового азота происходило только у растений светового варианта. В темноте же имело место падение белкового азота. Глюкоза лишь задерживала несколько распад белка в темноте как у гречихи, так и у редиса. Следует однако отметить, что малая скорость синтетических реакций в условиях гетеротрофного питания ни в какой мере не обеспечивала потребностей нормального роста растений. Рост растений в этих условиях быстро прекращался, а затем наступало и отмирание надземных органов растений. Из этого следует, что углеводы в опытных условиях лишь в незначительной степени подвергались перестройке в более сложные вещества — в первую очередь в белки.

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

Поступило
27 V 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ В. О. Таусон. Изв. АН СССР, сер. биол., № 3 (1947). ² Г. Г. Петров, Усвоение азота высшим растением на свету и в темноте, 1917. ³ И. Шуллов. Исследование в области физиологии питания высших растений при помощи методов изоляции и стерильных культур, М., 1913. ⁴ W. K. Zaleski, Bei. Deutsch. Bot. Ges., 27, 202 (1909). ⁵ W. K. Zaleski и N. Tutorski, Biochem. Zs., 43, 7 (1912). ⁶ P. Maze, C. R., 128, 185 (1899). ⁷ Y. Tanaka, Japan. Journ. Sinapis alba, besonders in Bezug auf das Licht, 1936. ⁸ В. О. Таусон, А. А. Прокофьев и В. Э. Понтович, ДАН, 42, № 3 (1944).