

А. М. КУЗИН и Р. Я. ШКОЛЬНИК

**О ПРИРОДЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФЕНИЛУРЕТАНА НА ФОТОСИНТЕЗ**

(Представлено академиком А. И. Опариным 7 IV 1951)

Как известно еще из работ Варбурга (1) с водорослью хлорелла, фенилуретан при некоторых концентрациях, не оказывая заметного действия на дыхание водорослей, вызывает полное прекращение фотосинтеза. При развитии наших исследований о роли альдуруновых кислот в процессе фотосинтеза (2) нам казалось небезынтересным исследовать те изменения, которые произойдут в листьях высших растений, если и для них будет возможно использовать фенилуретан в качестве специфического ингибитора фотосинтеза.

В качестве объекта исследования был взят рдест остролистный (*Potamogeton perfoliatus*). Ветки рдеста помещались в 0,05 и 0,1% растворы фенилуретана, выдерживались в них от 30 мин. до 12 час., после чего тщательно промывались, и листья исследовались на дыхание и фотосинтез.

Как видно из сводки опытов, представленной в табл. 1, пребывание в растворе фенилуретана до 2 час. снижало активность дыхания на 15, 16 и 30%. Даже 12-часовое пребывание в растворе фенилуретана еще не «убивало» листа, оставляя активность дыхания равной примерно 1/3 нормы. 2-часовое пребывание в 0,05% растворе фенилуретана снижало интенсивность фотосинтеза на 88 и 90%, а более длительное приводило к полному прекращению фотосинтеза.

В самом растворе фенилуретана (0,05%) в первые часы дыхание несколько активировалось, в то время как фотосинтез полностью прекращался, как это видно из рис. 1, графически представляющего результаты опытов манометрического определения дыхания и фотосинтеза у листьев рдеста после пребывания и во время пребывания в растворе фенилуретана. Опыты проводились в карбонатном буферном растворе с рН 9,18.

Убедившись таким образом, что фенилуретан и для высших растений является специфическим ингибитором фотосинтеза, мы подвергли сравнительному исследованию листья рдеста до и после воздействия фенилуретана. Так как в предыдущих работах (2) было показано, что веще-

Таблица 1

Продолжит. пребывания в растворе фенилуретана в час.	Дыхание в % к норм.			Фотосинтез в % к норм.	
	оп. 1	оп. 2	оп. 3	оп. 1	оп. 2

Опыт с 0,05% раствором фенилуретана

0,5	93	85	95	—	—
1	—	85	92	—	—
2	84	70	85	12	10
12	—	—	35	0	0

Опыт с 0,1% раствором фенилуретана

2	43	42	—	0	0
---	----	----	---	---	---

ства, растворимые в воде и 80% спирте, но осаждаемые из 80% спирта хлористым барием, играют существенную роль в процессах фотосинтеза, то представляло интерес проследить, как отразится воздействие фенилуретана именно на этой фракции листа (условно названной фракцией Б). Параллельно исследовалась и фракция, осаждаемая 80% спиртом (фракция А), и остаток после осаждения фракции Б (фракция В).

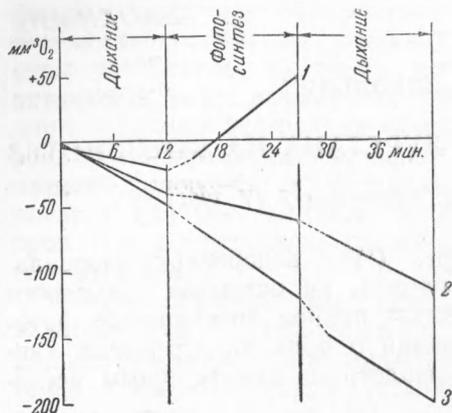


Рис. 1. 1 — контроль, нормальные листья; 2 — листья после 2-часового пребывания в 0,05% растворе фенилуретана; 3 — листья, находящиеся в 0,05% растворе фенилуретана

Были подвергнуты исследованию навески по 10 г листьев рдеста после 12-часового фотосинтеза в воде, обогащенной  $\text{CO}_2$  (контроль), и 10 г листьев рдеста после 12-часового пребывания в 0,05% растворе фенилуретана (опыт).

Как видно из результатов, приведенных в табл. 2, наряду с исчезновением простых углеводов (фракция В) и полисахаридов (фракция А), резко уменьшается количество фракции Б, т. е. веществ, осаждаемых барием из 80% спирта.

Наблюдение за раствором фенилуретана показало, что почти тотчас после того, как в него были помещены листья рдеста, начинается выход из листьев в раствор слабо окрашенных веществ. Через 2 часа эти вещества уже могут быть обнаружены химическими реакциями, а через 12 час. раствор фенилуретана приобретает явно бурое окрашивание. Сопоставление качественных реакций этого раствора и фракции В говорит о том, что часть веществ, присутствующих нормально во фракции В, извлекается из листа раствором фенилуретана, что отчетливо видно из табл. 3.

решены химическими реакциями, а через 12 час. раствор фенилуретана приобретает явно бурое окрашивание. Сопоставление качественных реакций этого раствора и фракции В говорит о том, что часть веществ, присутствующих нормально во фракции В, извлекается из листа раствором фенилуретана, что отчетливо видно из табл. 3.

Таблица 2

№№ опытов	Материал и его предварительная обработка	Изолиров. фракции в мг		Содержание углеводов в фракции В (реакция Молиша)
		А	Б	
1	Контроль . . . . .	49,6	46,8	Интенсивно положит. Отрицат.
	Опыт . . . . .	20,2	3,8	
2	Контроль . . . . .	45,0	38,6	Интенсивно положит. Отрицат.
	Опыт . . . . .	11,6	2,2	
3	Контроль . . . . .	62,2	39,6	Интенсивно положит. Отрицат.
	Опыт . . . . .	12,0	12,2	

Так как дыхание при взятых концентрациях фенилуретана существенно не изменялось, а фотосинтез практически прекращался, то было естественно предположить, что извлекаемые из листьев вещества принимают какое-то участие в процессе фотосинтеза.

Отчетливые реакции на фенолы (с  $\text{FeCl}_3$ ) и углеводы (реакция Молиша) указывали на возможность извлечения из листа глюкозидов, дубильных веществ. Об этом говорила почти полная осаждаемость их кожным порошком (по методу Левенталья).

Качеств. реакция	Опыт в 0,05% растворе фенилуретана		Контроль в бикарбонатном буфере	
	внешн. раствор	фракция В	внешн. раствор	фракция В
Реакция Молиша . . . . .	+	—	—	+
Реакция с хлорн. железом . . . .	Зеленое окрашив.	—	—	Зеленое окрашив.

Извлекаемые фенилуретаном вещества были подвергнуты дальнейшему исследованию. Было показано наличие редуцирующих веществ при определении по Берtrandу. После кислотного гидролиза 0,5 N соляной кислотой в течение 2 час. количество редуцирующих веществ возрастало на 10%. При этом часть бурых веществ коагулировала и выпадала в осадок. Хлороформ, серный эфир, этилацетат и бензол не извлекали ни окрашенных соединений, ни соединений, дающих реакции на фенолы. Не удалось также получить извлекаемых эфиром фенолов и после 4-часового гидролиза с 5%  $H_2SO_4$ .

Проба на уроновые кислоты с нафторезорцином и последующим извлечением бензола дает слабую положительную реакцию. Реакция Биаля дает желто-зеленое окрашивание, характерное для метилпентоз.

Испытание с цистеин-гидрохлоридом показало наличие резкой разницы в величинах адсорбции при 4300 и 3960 Å, что характерно для метилпентоз. Измерения адсорбционного спектра окрашенных веществ в реакциях Биаля дали картину, представленную на рис. 2, из которой видна близость полученной кривой к кривой, даваемой рамнозой. В контрольных опытах с рдестом в растворах бикарбоната и воды аналогичных веществ найдено не было.

Из проведенных исследований видно, что при воздействии на листья рдеста 0,05% раствором фенилуретана параллельно исчезновению фотосинтеза из листьев извлекаются вещества углеводной природы (положительные реакции на уроновые кислоты, метилпентозы, общие реакции на углеводы), что стоит в прямом соответствии с развиваемой нами гипотезой<sup>(2)</sup> о синтезе углеводов на сложном высокомолекулярном «станке» углеводной природы.

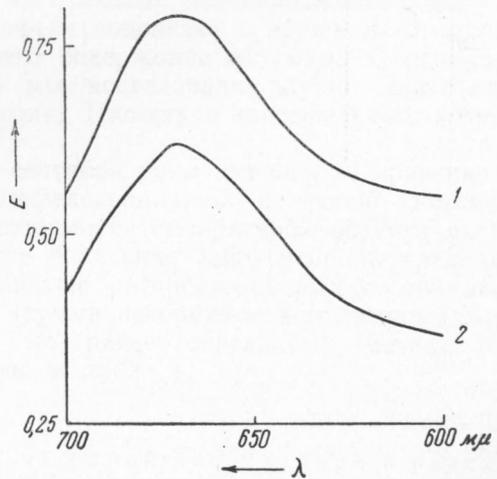


Рис. 2. 1 — адсорбционный спектр рамнозы, 2 — спектр исследуемого раствора

Поступило  
30 III 1951

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> O. Warburg, *Biochem. Zs.*, **100**, 230 (1919). <sup>2</sup> А. Кузин и Р. Школьник, *ДАН*, **73**, 355 (1950). <sup>3</sup> S. Ruben, M. Kamen and W. Hassid, *Journ. Am. Chem. Soc.*, **62**, 3443 (1940).