

М. В. ФЕДОРОВ

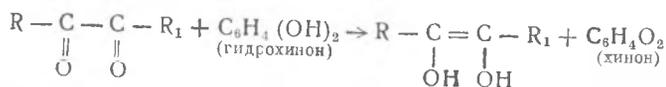
**ВЛИЯНИЕ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ НА ФИКСАЦИЮ АЗОТА  
АТМОСФЕРЫ АЗОТОБАКТЕРОМ**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 27 V 1949)

В предыдущем сообщении<sup>(2)</sup> приводились данные об активирующем влиянии аскорбиновой кислоты на фиксацию молекулярного азота азотобактером. Особенно значительный эффект был отмечен для клеток этого организма, предварительно подвергавшихся вымораживанию. Так как малые и большие дозы этого соединения оказывали одинаково повышающее воздействие, то было высказано предположение о возможном наличии в составе катализатора фиксации азота двух рядом расположенных карбонильных групп. При переходе двойной связи от атомов кислорода к смежным атомам углерода возникают свободные связи у атомов кислорода, по месту которых, возможно, и присоединяется азот. В этом случае молекулярный кислород не только не мешал бы фиксации азота, но даже, напротив, способствовал бы ей, содействуя образованию свободных карбонильных групп. Однако такое предположение требует дополнительных экспериментальных подтверждений. Пока их весьма немного, но нижеописываемые опыты дают новые материалы, частично подтверждающие такую возможность.

Все опыты ставились с *Azotobacter agile* на питательной среде (наша модификация) с 0,1 моля инвертного сахара в качестве источника углерода (в каждой колбе 100 мл питательной среды). По окончании опыта неиспользованный сахар определялся по Бертрану, а общий азот по Кьельдалю. Первый опыт был поставлен с добавлением в среду гидрохинона, который понижал окислительный потенциал и должен был мешать образованию свободных карбонильных групп (табл. 1).

В культурах с гидрохиноном пленка азотобактера на поверхности субстрата приобрела черную окраску. Видимо, гидрохинон подвергался частичному окислению в хинон, а водород этого соединения частью направлялся к катализатору фиксации азота и вызывал восстановление карбонильных групп по уравнению:



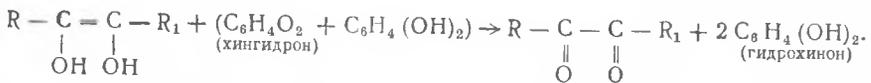
В результате устанавливается подвижное равновесие между хиноном и гидрохиноном (при повышенных дозах этого соединения) и фиксация азота понижается. При добавлении же в среду хингидрона подобного влияния не получается, так как хингидрон не содержит избыточных доз подвижного водорода и не может тормозить образования свободных карбонильных групп. Более того, эта смесь веществ обладает даже явно выраженными окислительными свойствами и может

Таблица 1

Влияние гидрохинона на фиксацию азота атмосферы  
*Azotobacter agilis*

Концентрация гидрохинона в среде в молях	Использовано сахара в г	Интенсивность использования сахара в %	Фиксировано азота атмосферы в мг			Интенсивность фиксации азота атмосферы в % от контроля
			на 1 г сахара в отдельной культуре	на 1 г сахара в среднем	на 1 г-моль гексоз	
0,000	1,70	100,0	16,52	15,98	2876	100,0
	1,75		15,44			
0,001	1,70	100,0	16,80	16,37	2946	102,5
	1,75		15,93			
0,005	1,55	85,1	15,25	14,17	2551	88,7
	1,30		13,10			

присоединять атомы водорода и способствовать образованию свободных карбонильных групп:



Благодаря этому процесс фиксации атмосферного азота в присутствии хингидрона должен идти более продуктивно, чем в присутствии гидрохинона. Такое положение оправдывается в опыте, что легко установить из данных табл. 2.

Таблица 2

Влияние хингидрона на фиксацию азота атмосферы  
*Azotobacter agilis*

Концентрация хингидрона в среде в молях	Использовано сахара в г	Интенсивность использования сахара в %	Фиксировано азота атмосферы в мг			Интенсивность фиксации азота атмосферы в % от контроля
			на 1 г сахара в отдельной культуре	на 1 г сахара в среднем	на 1 г-моль гексоз	
0,000	1,70	100,0	16,52	15,98	2876	100,0
	1,75		15,44			
0,001	1,80	101,4	16,33	16,21	2918	101,3
	1,70		16,08			
0,005	1,05	75,4	16,17	15,95	2871	100,0
	1,55		15,73			

Так как срок этого опыта и его условия были одинаковыми с предыдущим опытом с гидрохиноном, то полученные результаты вполне сравнимы между собой; они ясно показывают, что хингидрон и гидрохинон действуют на фиксацию азота противоположно. Хингидрон повышает, а гидрохинон понижает продуктивность этого процесса. Такое действие их можно понять только в том случае, если мы допустим, что свободные карбонильные группы имеют важное значение в процессе фиксации азота.

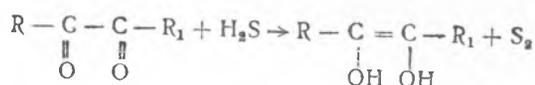
В соответствии с этим будет понятным и угнетающее действие сероводорода на фиксацию азота. Это соединение также имеет более низкий окислительный потенциал и должно восстанавливать карбонильную группу катализатора фиксации азота, понижая интенсивность этого процесса. Цифры табл. 3 показывают, что это действительно так.

Таблица 3

Влияние цистина и сероводорода на фиксацию азота атмосферы *Azotobacter agilis*

Варианты опыта	Использовано сахара в г	Интенсивность использования сахара в %	Фиксировано азота атмосферы в мг			Интенсивность фиксации азота атмосферы в %
			на 1 г сахара в отдельной культуре	на 1 г сахара в среднем	на 1 г-моль гексоз	
Спокойные культуры						
Контроль {	1,80	100,0	15,16	16,05	2889	100,0
	1,80		16,93			
+ 0,001 M цистина {	1,80	100,0	21,70	20,34	3661	126,7
	1,80		18,97			
+ 0,005 M Na <sub>2</sub> S {	1,55	86,1	10,40	9,72	1750	60,6
	1,55		9,04			
Взбалтываемые культуры						
Контроль {	1,75	100,0	7,67	8,92	1596	100,0
	1,80		10,17			
+ 0,005 M Na <sub>2</sub> S {	1,50	84,5	8,65	7,95	1431	89,7
	1,50		7,25			

Особенно резким становится влияние этого соединения в спокойных культурах, где взаимодействие с карбонильной группой, видимо, легче обеспечивается из-за меньшей возможности окисления сероводорода молекулярным кислородом:



Цистин, в отличие от сероводорода, способствует образованию свободных карбонильных групп и усиливает фиксацию в спокойных культурах на 26,7%. Аналогично влияют фумаровая и аконитовая кислоты.

Восстановители подавляют фиксацию, повидимому, за счет восстановления карбонильных групп, поэтому становится вероятным предположение, что в фиксации молекулярного азота азотобактером принимают участие свободные карбонильные группы (1) по следующей схеме:

