

М. В. ФЕДОРОВ

**ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АДсорбЕНТОВ
МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТА И МОЛЕКУЛЯРНОГО КИСЛОРОДА
НА АЗОТФИКСИРУЮЩУЮ АКТИВНОСТЬ АЗОТОБАКТЕРА**

(Представлено академиком Н. А. Максимовым 4 VI 1951)

По имеющимся в литературе данным, различные коллоиды, обладающие способностью адсорбировать на своей поверхности молекулярный азот и молекулярный кислород, оказывают заметное активирующее влияние на развитие азотобактера и фиксацию им азота атмосферы. Образуя коллоидную пленку вокруг клеток микроорганизма, они улучшают снабжение их кислородом и азотом и тем самым усиливают процессы жизнедеятельности (1-3).

Сравнительные испытания различных коллоидов показали, что их влияние связано в основном с их адсорбционной способностью по отношению к указанным выше газам и мало зависит от их индивидуальных химических свойств. Так например, коллоидная окись железа, алюминия, кремния, а также агар (в концентрации 0,05—0,10%) оказывают почти одинаковое активирующее влияние на азотобактер, несмотря на разницу в их химических свойствах.

Заметное повышение азотфиксирующей активности этого микроорганизма наблюдалось и в присутствии бентонита, цеолита и коллоидной глины. Природа их активирующего влияния вероятно та же самая, что и у предыдущей группы веществ, но, как это будет видно из далее описываемых опытов, в характере влияния различных адсорбирующих веществ на жизнедеятельность азотобактера все же наблюдаются большие различия.

Наши опыты ставились на безазотной среде для азотобактера (наша модификация) с инвертным сахаром в качестве источника углерода (1,8 г на 100 мл среды) и продолжались 4 недели при температуре 30°. Реакция в субстрате соответствовала рН 6,98. Результаты опыта приводятся в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, цеолит хотя и обладает значительной адсорбционной способностью по отношению к газообразному кислороду и газообразному азоту, однако в наших опытах он оказался совершенно неэффективным. Как использование сахара, так и фиксация азота атмосферы в присутствии этого вещества шли на том же уровне, как и в контроле. Никакого повышения физиологической активности азотобактера этот адсорбент не вызвал. Несколько лучшие результаты получились с кремнекислым натрием, но и здесь повышение продуктивности дыхания и азотфиксации не превышало 12—18%. Более эффективным оказался агар. В его присутствии, начиная с 0,10% и вплоть до 0,25%, продуктивность фиксации азота была на 20—30% выше контроля, хотя интенсивность дыхания и осталась во всех вариантах опыта почти рав-

Влияние адсорбентов азота и кислорода на фиксацию азота атмосферы *Azotobacter agilis*

Содержание коллоидальных веществ в г на 100 мл среды	Использовано сахара в г	Интенсивность использования сахара в %	Фиксировано азота атмосферы в мг			Интенсивность фиксации азота атмосферы в %	
			на 1 г сахара в отдельн. культуре	на 1 г сахара в среднем	на 1 г-моль гексоз		
Цеолит	0,00	1,70	100,0	11,04	11,28	2030,4	100,0
		1,80		11,53			
	0,05	1,55	95,7	12,01	11,52	2073,6	102,1
		1,80		11,04			
	0,10	1,80	102,8	10,90	10,75	1935,0	95,3
		1,80		10,61			
	0,15	1,80	102,8	12,49	11,80	2124,0	104,6
1,80			11,11				
0,20	1,80	102,8	11,90	11,76	2116,8	104,2	
	1,80		11,63				
0,25	1,80	102,8	12,55	12,11	2179,8	107,3	
	1,80		11,67				
Кремнекислый натрий	0,00	1,45	100,0	10,81	10,70	1926,0	100,0
		1,40		10,60			
	0,05	1,60	112,3	13,03	12,04	2167,2	112,5
		1,60		11,05			
	0,10	1,65	114,1	10,50	10,55	1899,0	98,6
		1,80		10,61			
	0,15	1,60	110,6	12,80	12,70	2286,0	118,7
1,55			12,61				
0,20	1,55	110,6	12,38	12,49	2248,2	116,7	
	1,60		12,60				
0,25	1,65	112,3	12,20	12,10	2178,0	113,1	
	1,55		12,00				
Агар	0,00	1,80	100,0	10,25	10,28	1850,4	100,0
		1,75		10,32			
	0,05	1,55	94,3	12,00	11,67	2100,6	113,5
		1,80		11,35			
	0,10	1,55	94,3	12,94	13,01	2341,8	126,5
		1,80		13,07			
	0,15	1,80	101,4	12,83	12,76	2296,8	124,1
1,80			12,70				
0,20	1,70	98,6	13,23	13,42	2415,6	130,5	
	1,60		13,61				
0,25	1,65	97,2	13,14	13,38	2408,4	130,1	
	1,80		13,61				

ной контролю. Такой результат мог определяться двумя причинами: или 1) кислород и азот адсорбируются этим коллоидом в неодинаковой степени и в конечном итоге создают изменения аэрации в среде в сторону более благоприятную для выполнения процесса азотфиксации, или 2) небольшие дозы связанного азота, всегда содержащиеся в агаре, могут быть неравномерно распределены в нем и дать некоторую разницу в конечных результатах анализа, хотя азот агара и вычтен из общего азота субстрата. Но так как, начиная с 0,1% и кончая 0,25% агара, по-

вышение продуктивности азотфиксации держится на одном и том же уровне, то вторую возможность следует считать исключенной. Повидимому, благоприятное влияние агара связано только с адсорбцией газов и с улучшением окислительно-восстановительных условий в среде в сторону более успешного хода процесса фиксации азота. Все эти данные определенно указывают, что различные адсорбирующие вещества могут оказывать разное влияние на физиологическую активность азотобактера и должны быть подвергнуты специальному исследованию. Но даже и те адсорбенты, которые оказывают благоприятное влияние на фиксацию атмосферного азота, сравнительно малоактивны и повышают продуктивность этого процесса только на 20—30%.

В следующем опыте сравнивалось активирующее влияние на жизнедеятельность азотобактера коллоидальных и неколлоидальных адсорбентов газообразного кислорода и азота (адсорбенты вносились в количестве 0,25 г на 100 мл среды). Опыт был закончен в 2 приема. Первые номера колб выдерживались в термостате 21 день, а вторые — 28 дней. Результаты анализов приводятся в табл. 2.

Таблица 2

Сравнительное влияние различных адсорбентов молекулярного азота и молекулярного кислорода на азотфиксирующую активность азотобактера

Испытывавшиеся адсорбенты	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 средн.	на 1-г моль гексоз	
Контроль	1,15 1,45	100,0	10,96 10,81	10,88	1958,4	100,0
Кремнекислый натрий	1,40 1,65	116,9	12,48 12,72	12,60	2268,0	115,9
Окись алюминия	1,20 1,50	103,9	12,30 14,38	13,34	2401,2	122,4
Каолин	1,15 1,40	98,1	10,96 10,00	10,48	1884,4	96,3
Уголь из сахарозы	1,25 1,60	109,6	11,10 9,50	10,30	1854,0	94,9

Явно активирующее влияние на азотфиксирующую способность азотобактера оказали только кремнекислый натрий и окись алюминия. В присутствии этих адсорбентов, обладающих резко выраженными коллоидными свойствами, продуктивность фиксации была на 10—20% выше, чем в контроле. При этом любопытно отметить, что кремнекислый натрий одинаково стимулировал как интенсивность дыхания, так и продуктивность фиксации, не оказав заметного влияния на дыхание.

Выявившаяся разница между этими коллоидами определяется, вероятно, их адсорбционной способностью по отношению к газообразному азоту и газообразному кислороду. Повидимому, во всех случаях использования адсорбентов этих газов степень активизирующего влияния их находится в прямой зависимости от их коллоидальных свойств. Только адсорбенты, не имеющие коллоидальной природы, могут составить из этого правила известное исключение, так как они остаются на дне колбы и не имеют прямого соприкосновения с клетками азотобактера или

же соприкосновение их крайне ограничено. К такого рода адсорбентам можно отнести, например, угольный порошок, цеолит, каолин и некоторые другие. Что это действительно так, можно судить хотя бы по следующим данным: 1 г цеолита может адсорбировать в 6,5 раза больше молекулярного азота, чем 1 г угольного порошка (соответственно 52 мл и 8 мл газообразного азота), однако в присутствии цеолита продуктивность фиксации азота остается на том же уровне, что и при наличии в среде угольного порошка, хотя колбы с добавленными адсорбентами и взбалтывались утром и вечером (по 2 минуты) для создания лучших условий адсорбирования газов. Приведенные выше цифры показывают, что при добавлении в среду обоих адсорбентов продуктивность азотфиксации осталась практически равной контролю. Они не оказали никакого влияния ни на жизнедеятельность азотобактера, ни на фиксацию им азота атмосферы. Из этого факта следует вывод, что активирующее влияние на азотобактер могут оказать только те адсорбенты азота или кислорода, у которых резко выражена коллоидная природа. Они будут находиться в коллоидной взвеси в растворе и, адсорбируя, газы создадут условия лучшего снабжения клеток азотобактера азотом и кислородом. Только в этом случае можно ожидать эффекта от их внесения в среду. В силу этого следует признать, что и индивидуальные особенности адсорбирующих веществ будут иметь важное значение и могут объяснить нам, почему одни авторы получали заметное повышение азотфиксирующей активности азотобактера при добавлении в среду одних адсорбирующих веществ, а другие авторы при добавлении других адсорбирующих веществ не получали такого результата.

Московская сельскохозяйственная академия
им. К. А. Тимирязева

Поступило
4 V 1951

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. В. Федоров, Биологическая фиксация азота атмосферы, М., 1948.
² A. Rippe l, Arch. Mikrobiol., 7, 3 (1936). ³ N. L. S ö h n g e n, Centralbl. f. Bakteriolog., II Abt., 40, № 22—25, 545 (1914).