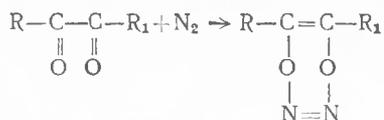


М. В. ФЕДОРОВ

**ДВУХКОМПОНЕНТНОЕ СТРОЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРА ФИКСАЦИИ  
АЗОТА У АЗОТОБАКТЕРА И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ ХОД ПРОЦЕССА  
ФИКСАЦИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО АЗОТА**

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

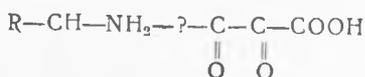
Экспериментальные данные, приведенные в опубликованных нами работах (1-3), позволили установить, что в протоплазме клеток азотобактера имеется специфический катализатор (фермент), обслуживающий фиксацию молекулярного азота. В составе этого катализатора было установлено наличие карбоксильной, аминной и карбонильной групп. Из этих трех групп только одна — карбонильная — оказалась способной принимать непосредственное участие в процессе фиксации атмосферного азота. На основе этих данных нами была развита предварительная схема фиксации (4,5), в которой принималось, что взаимодействие молекулярного азота происходит с гидратированной карбонильной группой. Однако исследования по влиянию аскорбиновой кислоты на фиксацию азота вымораживавшимися клетками азотобактера (6) показали, что в процессе фиксации принимают участие две рядом расположенные карбонильные группы по схеме:



Принимая во внимание ранее установленное нами (5) наличие белка в составе катализатора фиксации азота и учитывая подавляющее влияние поверхностно-активных веществ на фиксацию (2), необходимо признать, что катализатор имеет двухкомпонентное строение. Молекула белка выполняет в нем функции коллоидного носителя, а какое-то низкомолекулярное вещество — функции активной группы. Так как наши данные по наличию в составе катализатора карбоксильной, аминной и карбонильной групп могли относиться только к активной группе фермента, то встал вопрос об его истинной химической природе. На основе данных об участии в процессе фиксации двух рядом расположенных карбонильных групп, можно почти полностью установить химическую структуру соединения, выполняющего функции активной группы. Для того чтобы успешно осуществлялось окисление азота карбонильным кислородом, необходимо наличие карбоксильной группы, расположенной рядом с карбонильной. Для того чтобы первичные продукты фиксации хотя бы временно стабилизировались, необходимо рядом со второй карбонильной группой или вблизи от нее наличие аминной группы, так как при блокировке ее альдегидами фиксация азота прекращается вследствие понижения окислительной активности карбонильного кислорода, а при ее взаимодействии с борной или с молибденовой кислотой фиксация повы-

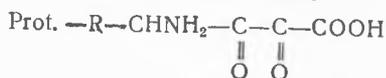
шается вследствие повышения окислительной активности этого кислорода.

Исходя из этих положений, следует признать, что активная группа катализатора фиксации азота имеет следующую структуру:

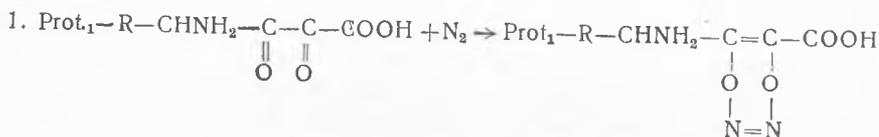


Природа радикала R пока остается еще неизвестной, но, принимая во внимание возможность взаимодействия активной группы с коллоидным носителем через карбоксильную группу, можно предполагать, что радикал представляет собою вторую карбоксильную группу, а сама активная группа является дикетоаминоглутаровой кислотой. С этим соединением связан коллоидный носитель. В ходе фиксации происходит смена коллоидного носителя. В первой фазе он представлен белком с окислительным потенциалом около +200 мв, а во второй — белком с окислительным потенциалом около -300 мв.

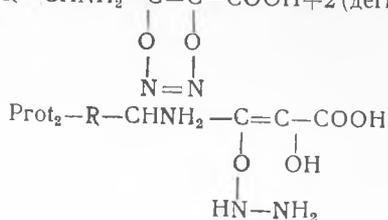
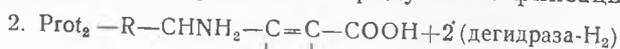
Катализатор в целом будет иметь следующее строение:



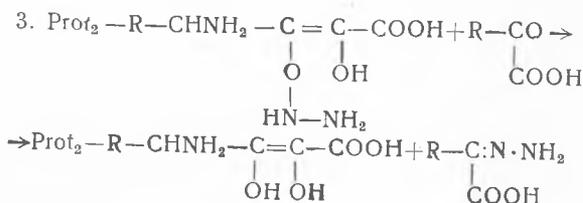
Ход же процесса фиксации с его участием можно представить следующей схемой:



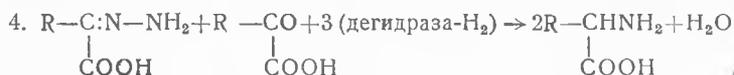
На этой реакции заканчивается первая фаза процесса, вслед за которой идет вторая фаза, связанная с восстановлением первичных продуктов фиксации активным водородом, мобилизуемым из органического вещества дегидразами. Для выполнения этой фазы требуется более низкий окислительный потенциал. Он получается за счет смены первого коллоидного носителя (Prot<sub>1</sub>) на второй (Prot<sub>2</sub>) с более низким окислительным потенциалом (около -300 мв). Благодаря такому понижению потенциала становится возможным взаимодействие между активным водородом и первичными продуктами фиксации.



Получающиеся при этом восстановленные формы азота, повидимому, взаимодействуют с кетокислотами и переходят в производные гидразина соответствующих кетокислот:



Гидразинные же производные кетокислот восстанавливаются до аминокислот и идут на построение белковых веществ протоплазмы азотобактера:



При разобранном ходе процесса все факты, связанные с ходом фиксации атмосферного азота бактериями, получают свое объяснение. Положительное действие кислорода, перекиси водорода и других окислителей связано с образованием свободных карбонильных групп у катализатора фиксации азота, а угнетающее действие молекулярного водорода, гидрохинона, сероводорода и других восстановителей связано с восстановлением карбонильных групп.

Угнетающее действие альдегидов, реагирующих с аминной группой, связано с введением в молекулу активной группы восстановленных соединений, мешающих окислению азота и меняющих химические свойства катализатора. Активирующее действие борной и молибденовой кислот основано на введении в молекулу активной группы катализатора окисленных соединений, благоприятствующих окислению азота. Угнетающее же действие поверхностно-активных веществ можно объяснить блокировкой пограничных поверхностей между активной группой и коллоидным носителем, а угнетающее действие тяжелых металлов — изменением состояния как активной группы, так и коллоидного носителя.

Все известные до сих пор факты получают, наконец, вполне обоснованное объяснение, а возможность частичного отвлечения продуктов фиксации в раствор служит прямым подтверждением вероятности образования гидразинов в качестве первичных продуктов связывания азота атмосферы.

Лаборатория физиологии растений и микробиологии  
Московской сельскохозяйственной академии  
им. К. А. Тимирязева

Поступило  
27 V 1949

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> М. Федоров, Микробиология, 14, в. 2 (1945). <sup>2</sup> М. Федоров, Микробиология, 14, в. 3 (1954); 15, в. 1 (1946). <sup>3</sup> М. Федоров, ДАН, 49, № 9 (1945); 51, № 1 (1945); 55, № 1 (1946). <sup>4</sup> М. Федоров, Микробиология, 15, в. 6 (1946). <sup>5</sup> М. Федоров, Биологическая фиксация азота атмосферы, М., 1948. <sup>6</sup> М. Федоров, ДАН, 66, № 5 (1949).