

МИКРОБИОЛОГИЯ

Т. Т. ДЕМИДЕНКО и Е. Ф. ТИМОФЕЕВА

**АЗОТОБАКТЕР КАК ИСТОЧНИК АЗОТНОГО ПИТАНИЯ ДЛЯ  
ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ**

(Представлено академиком А. А. Рихтером 7 XII 1936)

Азотобактер с момента выделения его Бейеринком привлекает внимание исследователей как энергичный фиксатор молекулярного азота. Многочисленные изучения процесса фиксации показали возможность применения азотобактера как азотособиравателя для питания высших растений. Фиксация эта, связанная с процессом синтеза аммиака, считается процессом экзотермическим, при этом молекулярный азот восстанавливается до аммиака, переходящего далее в аминокислоты, из которых строятся белковые молекулы.

С. П. Костычев <sup>(1)</sup> установил, что часть аммиака выделяется из клеток в окружающую среду и может стать сразу доступной растению, что опровергает существовавшее до этого мнение о необходимости минерализации клеток после их отмирания для питания растений.

Исследованиями лаборатории академика А. А. Рихтера <sup>(2)</sup> по выяснению химизма связывания молекулярного азота азотобактером найдено, что в качестве первого продукта усвоения свободного азота появляется аммиак, который может быть сейчас же использован высшими растениями для синтетических целей. Так как азотобактер является свободно живущим в почве микроорганизмом, то для своего развития и успешной фиксации азота требует создания ряда условий, а именно: благоприятной аэрации <sup>(3)</sup>, культурной обработки почвы, связанной с широким доступом кислорода в сферу деятельности азотобактера <sup>(4)</sup>, оптимальной температуры <sup>(5)</sup>, влажности почвы <sup>(6)</sup> и достаточного содержания энергетического материала в питательной среде.

В естественных условиях таким материалом являются продукты распада растительных клеток и ризосфера высших растений, заключающая в себе корневые выделения <sup>(7, 8)</sup>.

Не все растения способны давать азотобактеру питательный материал; в случае замены растения, в ризосфере которого наблюдается обильный рост азотобактера, другим растением, корневые выделения которого неблагоприятны для азотобактера, снижается его способность к усвоению азота, и он постепенно замирает. Таким образом азотобактер для своего развития требует подбора таких растений, ризосфера которых служила бы ему источником питания.

Шелумова<sup>(9, 10)</sup> получала довольно эффективные результаты, работая с табаком, кукурузой, сахарной свеклой и картофелем. Имеющиеся работы<sup>(11, 12, 13)</sup> по применению азотобактера в качестве биологического фактора по связыванию молекулярного азота для питания высших растений не дают однородной картины фиксации.

Наряду с положительными данными мы имеем ряд работ, где усвоение азота азотобактера культурным растением не давало резко выраженного эффекта<sup>(13, 14, 15)</sup>, что повидимому является причиной осторожного отношения к внедрению в практику азотобактера.

В целях расширения и пополнения имеющихся данных по изучению фиксации азота азотобактером нами в 1935 г. были поставлены опыты с применением азотобактера в качестве источника азотного питания.

### Экспериментальная часть

Опыты ставились на мощном черноземе Воронежской области. Почва предварительно проверялась на присутствие в ней азотобактера; анализ показал отсутствие его в почве. В качестве опытного растения была взята сахарная свекла. Схема опыта построена была таким образом, что действие азота азотобактера противопоставлялось внесению минерального и органического азота в виде аспарагина и мочевины. Минеральный азот давался в виде химически чистой соли  $\text{NaNO}_3$  по 1 г действующего начала. Органический азот давался также из расчета по 1 г на сосуд, в который внесли по 5 кг абсолютно сухой почвы. В качестве общего фона был взят  $\text{KCl}$  по 0.75 г  $\text{K}_2\text{O}$  на сосуд и фосфор в виде преципитата по 0.5  $\text{P}_2\text{O}_5$  на сосуд.

Азотобактер вводился в виде слизи по 50  $\text{см}^3$  на сосуд. Первое внесение его было в период посева вместе с семенами, второе через месяц, когда достаточно развилась сахарная свекла.

Опыты, заложенные со свеклой, проводились в весьма благоприятных внешних условиях, т. е. летом в домике, где стояла высокая температура, поливка производилась три раза в день; влажность поддерживалась при 50% от абсолютной почвы. Актуальная кислотность почвы была доведена до 7.2 рН.

Перейдем к рассмотрению результатов со свеклой, получившей минеральный, органический азот и азотобактер как источник азота.

Таблица 1

Влияние азотобактера на урожай и состав сахарной свеклы

| № по порядку | Схема опыта                              | Урожай     |       | Всего азота в урож. (корень+лист) в г | Азот в почве после уборки в % |
|--------------|--|------------|-------|---------------------------------------|-------------------------------|
|              |  | Корень в г | В %   |                                       |                               |
| 1            | Контроль (почва без удобрен.) . . . . .  | 90.96      | 100.0 | 0.2013                                | 0.259                         |
| 2            | Почва + $\text{NaNO}_3$ . . . . .        | 165.28     | 181.7 | 0.8283                                | 0.296                         |
| 3            | » + РК . . . . .                         | 136.48     | 150.0 | 0.2414                                | 0.316                         |
| 4            | » + КР . . . . .                         | 496.48     | 545.5 | 1.4590                                | 0.404                         |
| 5            | » + РК + аспарагин . . . . .             | 285.94     | 314.3 | 0.7084                                | 0.256                         |
| 6            | » + РК + мочевина . . . . .              | 376.54     | 413.9 | 1.0962                                | 0.278                         |
| 7            | » + азотобактер . . . . .                | 154.42     | 169.7 | 0.4782                                | 0.295                         |
| 8            | » + РК + азотобактер . . . . .           | 160.14     | 176.0 | 0.5404                                | 0.375                         |
| 9            | » + РК + глюкоза + азотобактер . . . . . | 124.10     | 136.4 | 0.3811                                | 0.445                         |
| 10           | » + РК + маннит + азотобактер . . . . .  | 123.32     | 135.5 | 0.4534                                | 0.336                         |

Анализируя урожайные данные, видим, что минеральный азот, внесенный в виде  $\text{NaNO}_3$ , хорошо использовался растениями, которые резко повышали урожай по сравнению с контрольными сосудами; также достаточно продуктивно используется органический азот, причем мочевины дает урожай выше, чем аспарагин.

Что же касается вариантов с азотобактером, то биологический азот, фиксированный бактериями, усваивается свеклой, вследствие чего мы имеем повышение урожая растений. При внесении РК и азотобактера наблюдается также повышение урожая сахарной свеклы, что лишнее указывает на использование сахарной свеклой азота, связанного азотобактером. Внесение в почву углеводов в количестве 1 г на 5 кг почвы не дало резко положительного эффекта по видимому вследствие того, что азотобактер получал достаточное количество энергетического материала от самой свеклы, за счет чего и происходило усвоение азота. При учете азота, поглощенного растениями за период вегетации, наблюдается довольно простая зависимость, а именно: чем больше растения имели в своем распоряжении азота в почве, тем больше они поглотили его в течение своей вегетационной жизни.

Кроме данных по азоту в урожае мы имеем также аналитические результаты по азоту в почве, динамика которого по вариантам располагается в такой последовательности: в контроле мы имеем цифры по азоту—0.296% и азотобактеру—0.295%; таким образом опыт с азотобактером показывает, что часть азота во всех вариантах в присутствии этого микроорганизма остается неиспользованной, так как по видимому находится в органической форме, мало доступной для свеклы; особенно это видно в сосудах, получивших углеводы и азотобактер.

Наряду с вегетационными опытами нами в 1936 г. были заложены полевые опыты по изучению эффективности азотогена под сахарную свеклу. Величина делянок была равна 20 м<sup>2</sup> при четырехкратной повторности. Так как лето 1936 г. было весьма жаркое и сухое (за время вегетации в условиях станции выпало 150 мм осадков), то для выяснения роли азотогена в полевых условиях пришлось прибегнуть к поливу свеклы с тем, чтобы поддерживать влажность почвы на достаточной высоте и создать благоприятную среду для развития свеклы и азотобактера. В связи с этим пришлось полить участок 5 раз в течение лета, давая ей каждый раз по 30 мм осадков. Азотоген вносился в течение лета два раза: при посеве вместе с семенами и после появления 4—5 пар листьев, когда свекла могла снабжать азотобактер энергетическим материалом, необходимым для его жизнедеятельности.

Для того чтобы иметь представление об эффективности азотогена, приведем урожайные данные и анализ полевого опыта. Хотя опыты проведены только в течение одного года, тем не менее они настолько показательны и согласуются с вегетационными данными, что мы считаем целесообразным сообщить о них (табл. 2).

В этом опыте под основную пахоту было внесено на удобренные делянки по 120 кг действующего начала (РК и НРК). Из приведенных данных видно следующее: на всех делянках получен довольно высокий урожай свеклы; этот факт объясняется тем, что лето 1936 г. было очень жаркое и богатое инсоляцией, а при частых рыхлениях и поливе свекла развивалась довольно быстро и бурно, дав высокий урожай. По урожайности на первом месте стоит свекла, выросшая по полному удобрению и давшая 450 ц/га, на втором по РК и азотогену, на третьем по РК и на четвертом по одному азотогену.

Таблица 2

Влияние азотогена на урожай и состав сахарной свеклы

| № по порядку | Схема опыта                    | Урожай корней |       | % сахара | % общего азота в корнях | % общего азота в почве после уборки |
|--------------|--------------------------------|---------------|-------|----------|-------------------------|-------------------------------------|
|              |                                | в ц/га        | в %   |          |                         |                                     |
| 1            | Почва (без удобрен.) . . . . . | 329           | 100.0 | 15.4     | 0.2375                  | 0.2792                              |
| 2            | » +азотоген . . . . .          | 350           | 106.3 | 15.8     | 0.2537                  | 0.2865                              |
| 3            | » +РК . . . . .                | 362           | 110.0 | 16.1     | 0.2435                  | 0.2747                              |
| 4            | » +РК+азотоген . . . . .       | 375           | 113.9 | 16.5     | 0.2631                  | 0.2931                              |
| 5            | » +КРН . . . . .               | 456           | 138.6 | 17.1     | 0.3634                  | 0.3014                              |

Что же касается накопления сахара, то на делянках с полным удобрением свекла дала самый высокий процент сахара, так как здесь были предоставлены самые благоприятные условия для ее роста; на втором месте следует свекла, получившая РК и азотоген, на третьем—по РК и на четвертом—по азотогену.

Содержание общего азота, поглощенного растениями за период вегетации, подчиняется такой зависимости: если растения имели в своем распоряжении достаточное количество азота, то они и поглотили его значительно больше. Содержание азота в почве с азотогеном увеличилось за период вегетации благодаря усиленной жизнедеятельности азотобактера, который развивался при наличии энергетического материала, продуцируемого корнями свеклы в почвенный раствор.

В заключение по оценке азотобактера и азотогена как фактора, обогащающего почву биологическим азотом, можно отметить следующее:

1. Азотобактер и азотоген в полевых и вегетационных условиях могут быть использованы как азотное удобрение под сахарную свеклу, дающую значительную прибавку урожая.

2. Азотоген, повышая урожай свеклы, действует положительно на накопление сахара, увеличивая абсолютно и относительно содержание его в корне.

3. Наряду с повышением урожая свеклы применение азотогена способствует обогащению почвы азотом, что весьма благоприятно влияет на урожай последующих культур.

Воронежская областная опытная станция.  
Отдел физиологии.

Поступило  
7 XII 1936.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> S. P. Kostytschew, ZS. f. physiolog. Chemie, 154 (1926). <sup>2</sup> А. А. Рихтер, Труды Лабор. по биохимии и физ. (1934). <sup>3</sup> Реми, Цитировано по «Микробиологии» А. Ф. Войткевича (1933). <sup>4</sup> А. Шелоумова, Труды с.-х. микроб., 2 (1927). <sup>5</sup> Л. А. Гарднер, Труды с.-х. микроб., 2 (1927). <sup>6</sup> L ö h n i s, Zentralbl. f. Bakter. (1905). <sup>7</sup> Д. А. Сабинин и Е. Г. Микина, Химизация соц. землед., № 6 (1934). <sup>8</sup> Красильников, Микробиология, 3 (1934). <sup>9</sup> А. Шелоумова, Труды В. И. с.-х. микроб., 4 (1930). <sup>10</sup> А. Шелоумова, Труды В. И. с.-х. микроб., 5 (1933), 6 (1935). <sup>11</sup> N. D. Bessonoff, Sci. du Sol (1925). <sup>12</sup> С. П. Костычев, А. Шелоумова и О. Шульгина, Труды отд. с.-х. микроб., 1 (1926). <sup>13</sup> П. Генкель, Микробиология, 2, вып. 1 (1933). <sup>14</sup> И. Макринов и В. Троицкий, Иссл. микроб. для подпит. произв. почвы (1931). <sup>15</sup> Т. Н. Демиденко, Агр. жур. (1928).