

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

Сидорова Е.К. Симбиоз с клубеньковыми бактериями // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2016. – № 04 (апрель). – АРТ 22-эл. – 0,2 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

## РУБРИКА: СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

**Е.К.Сидорова**

Студентка 2-го курса, факультет агробизнеса и экологии

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет»

Научный руководитель: Абокумов Н.И., к.с-х.н., доцент

г. Орел, Орловская область,

Российская Федерация

### Симбиоз с клубеньковыми бактериями

Ранее полагали, что образование клубеньков у бобовых вызывается заболеванием растений, пока в 1888г. Г. Гельригелем и Г. Вильфартом не была выявлена их роль в фиксации  $N_2$ . Эти исследователи показали, что бобовые, имеющие такие клубеньки, способны расти без азотных удобрений.

Клубеньковые бактерии включают роды *Phizobium*, *Bradyrhizobium* и *Azorhizobium* наряду с другими родами и именуются общим названием ризобии. Ризобии-строго аэробные грамотрицательные палочки, живущие в почве и растущие гетеротрофно в присутствии органических соединений. Некоторые виды способны так же расти автотрофно в присутствии  $H_2$ , хотя и с меньшей скоростью.

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

Внедрение рибозий в растение-хозяина представляет собой контролируемую инфекцию. Молекулярные основы специфичности и распознавания в настоящее время активно изучаются. Рибозии образуют видоспецифичные факторы образования клубеньков. Это липохитоолигосахариды, которые приобретают высокую структурную специфичность, например, при ацилировании, ацетилировании, сульфатировании. Они подобны ключу со многими выступами и «открывают дом» специфичного хозяина, с которым рибозии образуют ассоциацию. Nod-факторы связываются со специфичными рецепторными киназами хозяина, которые являются частью цепей трансдукции сигнала. Таким образом «ключ» индуцирует скручивание корневого волоска и деление клеток коры корня хозяина, что приводит к формированию клубенькового примордия. После того, как рибозии проникают в корневой волосок, образуется инфекционная нить, которая распространяется в кору корня, разветвляется там и инфицирует клетки клубенькового примордия. Таким образом, клубенек развивается из инфекционной нити. Морфогенез клубенька характеризуется такой же высокой степенью сложности, как и корня или побега. Клубеньки соединяются с корнем посредством сосудистых тканей, которые снабжают их веществами, образуемыми при фотосинтезе. Бактерии, которые включаются в растительную клетку, окружаются перибактероидной мембраной, формируемой растением. Таким образом бактерии оказываются включенными в цитоплазму растительной клетки в так называемой симбиосоме. В симбиосоме рибозии дифференцируются в бактериоиды. Объем этих бактериоидов может в 10 раз превышать объем отдельных бактерий. Перибактероидная мембрана может окружать не один, а несколько бактериоидов.

У рибозий имеется дыхательная цепь, комплексы которой соответствуют основным блковым комплексам митохондриальной дыхательной цепи. У вида *Bradyrhizobium* в процессе дифференциации свободноживущих бактерий в бактериоиды формируется дополнительный путь транспорта электронов. Этот путь ответвляется в точке цитохром-*b/c<sub>1</sub>*-комплекса дыхательной цепи и переносит электроны к другой терминальной оксидазе, что содействует повышению интенсивности дыхания. Соответствующий ген находится в *pSym*-плазмиде, контролирующими образование симбиоза.

Рибозии, способные вступать в симбиоз, содержат большое количество генов, которые «отключены» у свободноживущих бактерий и активируются лишь после вступления во взаимодействие с хозяином, чтобы внести вклад в формирование азотфиксирующего клубенька. Бактериальные гены, которые кодируют белки, необходимые для фиксации  $N_2$ , называются *nif* и *nif* генами, а гены, индуцирующие формирование азотфиксирующего клубенька-*nod* генами.

Сигналом о готовности растения-хозяина образовывать клубеньки служит выделение определенных флавоноидов в качестве сигнальных соединений. Эти флавоноиды связываются с бактериальным белком, который кодируется конститутивным *nod* геном. Белок, с которым флавоноид связывается, активирует транскрипцию других *nod* генов. Белки, кодируемые этими *nod* генами, включены в синтез вышеупомянутых Nod-факторов. Четыре так называемых «общих» *nod* гена присутствуют у всех рибозий. Кроме того, известны более 20 других *nod* генов, ответственных за специфичность узнавания хозяина.

Те белки, которые особенно нужны для формирования клубеньков и которые синтезируются растением-хозяином в ходе формирования

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

клубенька, называются нодулинами. В число нодулинов входят леггемоглобин, ферменты, разлагающие углеводы, ферменты цикла лимонной кислоты и синтеза глутамина и аспарагина, а также синтеза уреидов в определенных случаях. К ним относят и аквапорин перибактероидной мембраны. Растительные гены, кодирующие эти белки, называются нодулиновыми генами. Их подразделяют на «ранние» и «поздние» нодулины. Ранние нодулины включаются при инфицировании и формировании клубеньков, где экспрессия соответствующих генов индуцируется частично сигнальными соединениями, выделяемыми ризобиями. Поздние нодулины синтезируются лишь после формирования клубеньков. Во многих случаях нодулины являются изоформами белков, обнаруживаемых в других растительных тканях.

Основным субстратом, которым клетки растения-хозяина снабжают бактериоды, служит малат, образуемый из сахарозы, поставляемой в клубенек по флоэме. Сахароза метаболизируется сахарозосинтазой, разлагается в процессе гликолиза до фосфоенолпирувата, который карбоксилируется в оксалоацетат, и последний восстанавливается в малат. Клетки клубеньков обладают высокой фосфоенолпируваткарбоксилазной активностью.  $NH_4^+$  как продукт азотфиксации поставляется в клетку хозяина, где он затем превращается главным образом в глутамин и аспарагин, а далее транспортируется по ксилемным сосудам в другие части растения. Недавно было показано, что из бактерий может также экспортироваться аланин.

Из клубеньков некоторых бобовых фиксированный азот экспортируется в виде уреидов, главным образом аллантиина и аллантииновой кислоты. В этих соединениях особенно велико отношение азот/углерод. Для образования уреидов в клетках растения-хозяина требуется

сложный путь синтеза. Сначала синтезируется инозинмонофосфат в процессе синтеза пурина, который имеется во всех клетках для синтеза АМФ и ГМФ, а затем он разлагается через образование ксантина и мочевой кислоты до указанных выше уреидов.

Малат, поступающий в бактериоды, окисляется в цикле Кребса. Генерируемые таким образом восстановительные эквиваленты служат «горючим» для азотфиксации.

#### Список использованной литературы:

1. Хворова Л.А. Моделирование влияния азотного питания на продукционный процесс посева люцерны : дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 1992.
2. Howard J.B., Rees D.C. Structural bases of biological nitrogen fixation // Chem. Rev. – 1996. – №96.
3. Пошон Ж., Баржак Г. де. Почвенная микробиология. – М., 1960.
4. Кретович В.Л., Романов В.И. Фотоассимиляты и азотфиксация в клубеньках бобовых растений // Минеральный и биологический азот в земледелии СССР. – М., 1985.
5. Месяц И.И. Новые исследования по биологической фиксации азота // Достиж. с.-х. науки и практики. Сер. 1. Земледелие и растениеводство. – 1980. – № 12.
6. Хайлова Г.Ф., Жизневская Г.Я. Симбиотическая азотфиксирующая система бобовых растений // Агрехимия. – 1980. – №12.
7. Pate J.S., Atkins C.A. Theoretical and experimental costing of nitrogen fixation and related process in nodules of legumes // 4-th Intern. symp. N<sub>2</sub>-fixation. Camberra, 1980.
8. Patterson Rue N. How much nitrogen do legumes fix? 1. Effect of photosynthetic source – sink manipulations // Advances in agronomy. – 1980. – Vol. 34.
9. Натмен П.С. Клубеньковые бактерии в почве // Почвенная микробиология. – М., 1979.
10. Мишустин Е.Н., Шильникова В.К. Клубеньковые бактерии и инокуляционный процесс. – М., 1973.

#### Рекомендовано к публикации:

*Н.В. Камеровой, к.и.н., доцент, профессор Российской Академии Естествознания  
гл. редактор журнала «Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»*

*Дата поступления в редакцию: 07.04.2016 г.*

*Опубликовано: 09.04.2016 г.*

*© Академия педагогических идей «Новация», электронный журнал, 2016*

*© Сидорова Е.К., 2016*