

Микроорганизмы в агробiotехнологии. Симбиозы (азотфиксация, микориза).

7 лекция

- Микроорганизмы играют ключевую роль в агробиотехнологии благодаря симбиотическим отношениям с растениями, таким как азотфиксация и микориза. Азотфиксирующие бактерии, например, обогащают почву доступным азотом, а микоризные грибы улучшают поглощение растением воды и питательных веществ.



Основные направления использования микроорганизмов

1. Биологическое удобрение (биофертилизация)
2. Биологическая защита растений (биотехнологические пестициды)
3. Биоремедиация почв:
4. Биостимуляция роста растений:
5. Силосование и кормовая биотехнология:
6. Генетическая инженерия в агrobiотехнологии:

1. Биологическое удобрение (биофертилизация):

Азотфиксирующие бактерии (*Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum*) связывают атмосферный азот и делают его доступным растениям.

Фосфатмобилизующие микроорганизмы (*Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorescens*) переводят нерастворимые формы фосфора в доступные.

Калиймобилизующие бактерии (*Bacillus mucilaginosus*) улучшают поступление калия из минеральных соединений.

2. Биологическая защита растений (биотехнологические пестициды):

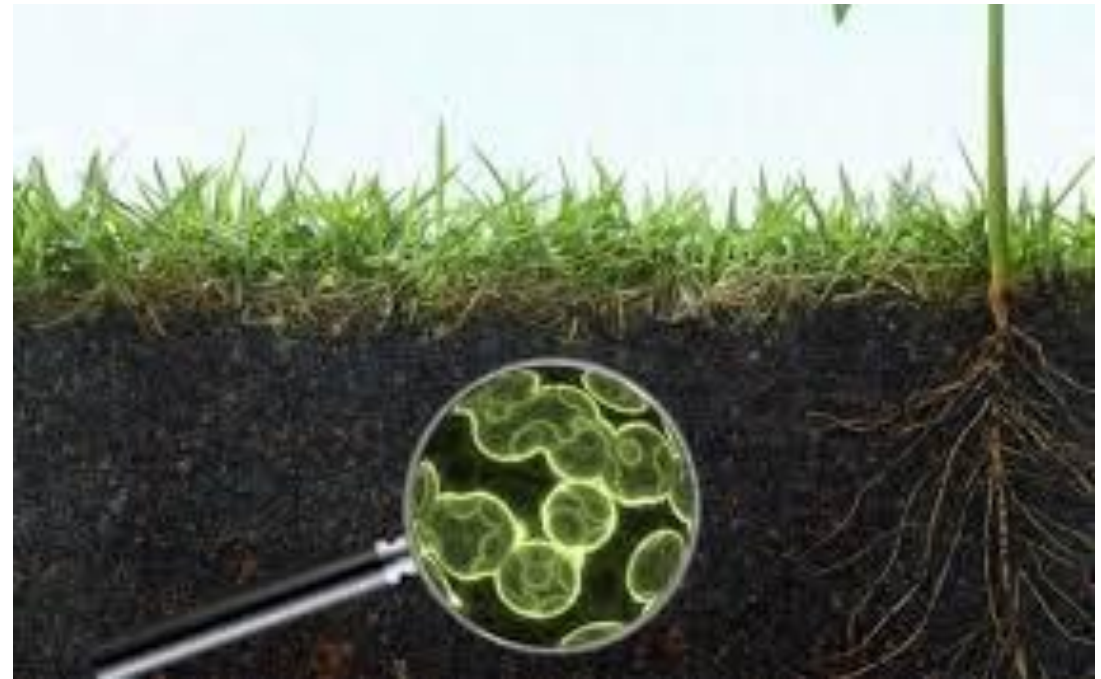
Bacillus thuringiensis —
источник природного
инсектицида (Bt-
токсина).

Trichoderma spp. и
Pseudomonas
fluorescens подавляют
фитопатогенные грибы
и бактерии.

Beauveria bassiana и
Metarhizium anisopliae
— энтомопатогенные
грибы против
насекомых-вредителей.

3. Биоремедиация почв:

- Микроорганизмы (*Pseudomonas*, *Mycobacterium*) разрушают токсичные вещества, пестициды, нефть и тяжелые металлы в почве.



4. Биостимуляция роста растений:

Продуценты фитогормонов
(индолуксусной кислоты,
гиббереллинов,
цитокининов) — *Bacillus*,
Azospirillum, *Streptomyces*.

Повышают устойчивость
растений к стрессам
(засуха, засоление).

5. Силосование и кормовая биотехнология:

- Молочнокислые бактерии (*Lactobacillus plantarum*, *Pediosoccus*) обеспечивают ферментацию кормов, улучшая их качество и сохранность.



6. Генетическая инженерия в агrobiотехнологии:

Использование ***Agrobacterium tumefaciens*** как вектора для переноса генов в растения (трансгенные культуры).

Создание микроорганизмов-продуцентов биопестицидов, витаминов и аминокислот.

Примеры агrobiотехнологических продуктов:

Продукт	Микроорганизм	Назначение
Азотобактерин	<i>Azotobacter chroococcum</i>	Биоускоритель роста растений
Ризоторфин	<i>Rhizobium leguminosarum</i>	Для бобовых культур
Фосфобактерин	<i>Bacillus megaterium</i>	Фосфатмобилизующее удобрение
Планриз	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Биозащита растений
Битоксибациллин	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Биопестицид против насекомых

Значение микроорганизмов в агrobiотехнологии:

- Повышают **плодородие почвы** без химических удобрений.
- Снижают использование **пестицидов** и **гербицидов**.
- Повышают **экологическую устойчивость** сельского хозяйства.
- Способствуют **устойчивому развитию агросистем**.





Понятие симбиоза

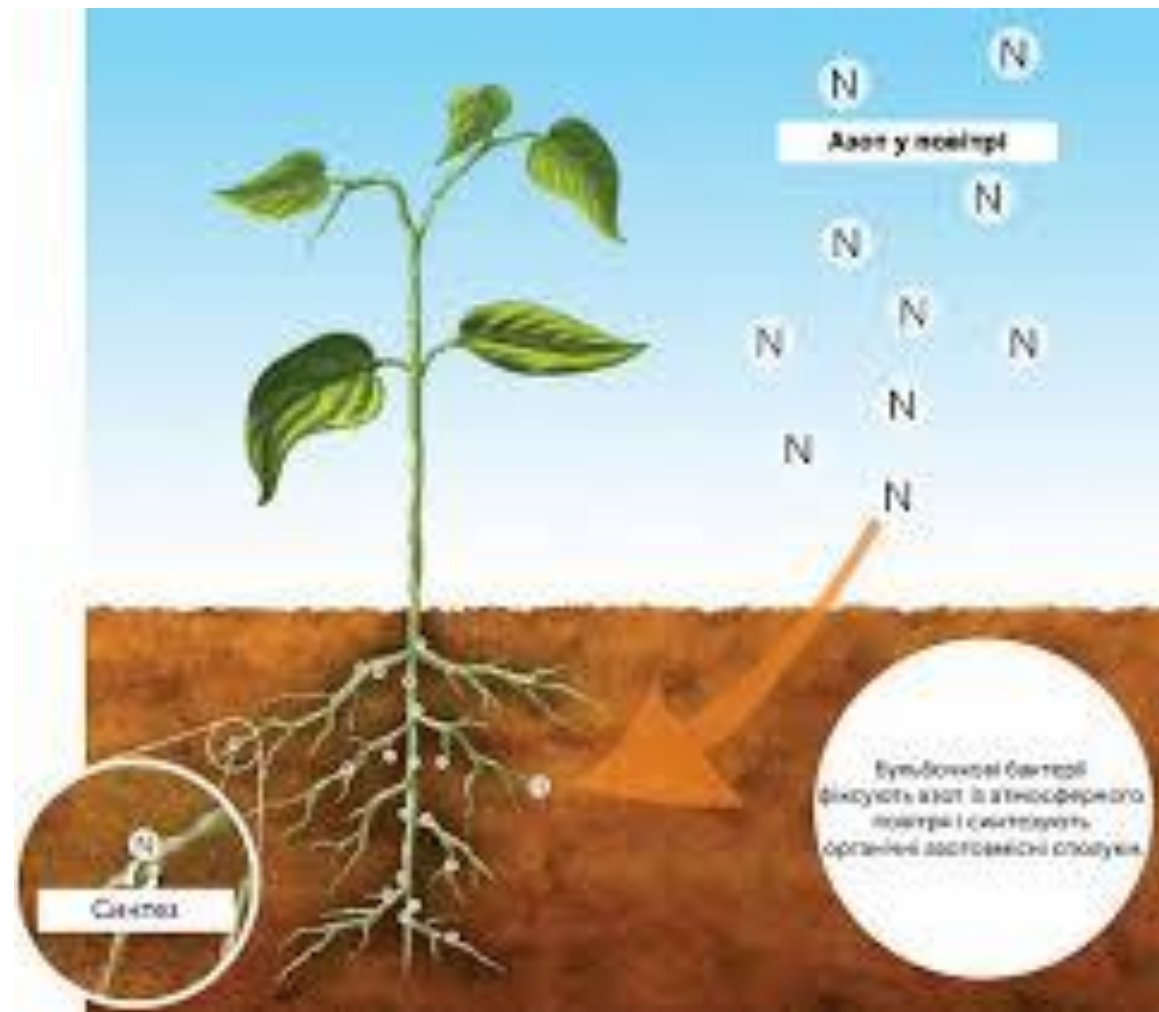
- **Симбиоз** — это форма взаимоотношений между организмами разных видов, при которой оба партнёра получают взаимную выгоду. В агробиотехнологии симбиотические взаимодействия играют ключевую роль в повышении плодородия почв и устойчивости растений.

1. Азотфиксация

- **Азотфиксация** — это процесс преобразования атмосферного азота (N_2), недоступного растениям, в соединения, которые могут усваиваться (аммоний NH_4^+ , нитраты NO_3^-). Этим занимаются **азотфиксирующие микроорганизмы**.
- **♦ Типы азотфиксации:**
- **Свободноживущие бактерии** — живут в почве самостоятельно.
 - Примеры: *Azotobacter*, *Clostridium*, *Beijerinckia*.
 - Фиксируют азот без участия растений.
- **Симбиотические бактерии** — живут в симбиозе с растениями, чаще всего бобовыми.
 - Примеры: *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*.
 - Образуются **клубеньки** на корнях, где бактерии превращают азот в доступные формы.
- **Ассоциативные бактерии** — живут в ризосфере (на поверхности корней).
 - Примеры: *Azospirillum*, *Herbaspirillum*.



- Первый биопрепарат на основе азотфиксирующих клубеньковых бактерий — нитрагин — был произведен в Германии в 1896 г. В Советском Союзе создан и получил широкое распространение препарат ризоторфин — торфяной субстрат с питательными добавками, содержащий высокоактивный, конкурентоспособный штамм ризобий для конкретного вида бобовых растений



Биологическое значение:

- Обеспечивает растения доступным азотом.
- Уменьшает потребность в минеральных удобрениях.
- Улучшает структуру и плодородие почв.

Использование микробно- растительных взаимодействий для улучшения питания растений

- **Симбиозы растений с азотфиксирующими микроорганизмами**

Усвоение молекулярного азота атмосферы бактериями носит название биологической азотфиксации.

Азотфиксирующие микробно-растительные симбиозы могут быть разделены на три группы: внутриклеточные, эндофитные и ассоциативные.

К группе **внутриклеточных** (симбиотических) азотфиксаторов относят бактерий, развивающиеся внутри клеток в образованных на корнях, листьях или стеблях клубеньках.

Эндофитные бактерии развиваются в межклетниках, сосудах или внутренних полостях растения.

Ассоциативные бактерии локализуются на поверхности корней и надземной части растений.

Симбиозы азотфиксирующих микроорганизмов и растений (по Тихонович И.А., Проворов Н.А., 2009 с изм.)

Группы симбиозов	Симбиозы с участием		
	эубактерий	цианобактерий	актиномицетов
внутриклеточные	Ризобии- бобовые	<i>Nostoc-Gunnera</i>	<i>Frankia</i> - лох, облепиха
эндофитные	<i>Azoarcus</i> , <i>Acetobacter</i> , <i>Herbaspirillum</i> - злаковые	<i>Nostoc/Anabaena</i> - <i>Azolla</i> ; <i>Nostoc</i> - печеночники	Нет данных
ассоциативные	<i>Azospirillum</i> , <i>Enterobacter</i> - разные растения	<i>Nostoc-Sphagnum</i>	Нет данных

- Микроорганизмы, усваивающие молекулярный азот атмосферы, — diaзотрофы, имеют сходный биохимический механизм фиксации азота.
- Существуют две основные группы фиксирующих атмосферный азот микроорганизмов — вступающие в симбиоз с высшими растениями (роды бактерий *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mezorhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium*) и свободноживущие.
- Ко второй группе относятся ассоциативные азотфиксаторы (роды бактерий *Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, *Klebsiella*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Flavobacterium*, *Arthrobacter* и др.) и микроорганизмы, более приспособленные к свободному существованию в почве (роды бактерий *Clostridium*, *Azotobacter*, *Beijerinckia* и др.; азотфиксирующие фототрофные бактерии, цианобактерии)

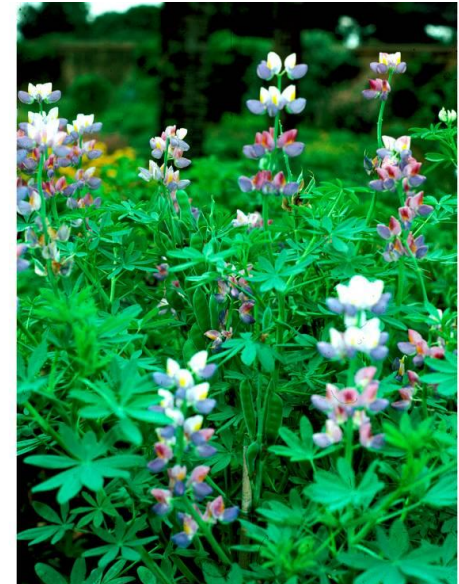
Основные типы микробно-растительных симбиозов

(по Тихонович И.А., Проворов Н.А., 2009)

Роль в жизни растений	Механизмы действия	Наиболее изученные микросимбионты
Улучшение минерального питания	Фиксация молекулярного азота	Ризобии (<i>Rhizobium</i> , <i>Sinorhizobium</i> , <i>Bradyrhizobium</i> , <i>Mezorhizobium</i> , <i>Azorhizobium</i>), <i>Frankia</i> , <i>Nostoc</i> , <i>Azospirillum</i> и др.
	Мобилизация минеральных веществ из почвы	Микоризные грибы, фосфатмобилизующие бактерии
Защита от фитопатогенов	Ингибирование патогенов (синтез антибиотиков, конкуренция за питательные субстраты), активация защитных систем растений	Ризосферные и эндосимбиотические бактерии и грибы
Защита от растительноядных животных	Синтез токсинов	Эндوفитные микроорганизмы: грибы-аскомицеты (сем. <i>Clavicipitaceae</i>), коринеформные бактерии (<i>Clavibacter</i>)
Адаптация к стрессам	Накопление пролина, адсорбция тяжелых металлов	Ризосферные бактерии
Регуляция развития	Модификация развития корней (синтез фитогормонов)	Микоризные грибы, ризосферные бактерии
	Образование новых органов	Ризобии, <i>Frankia</i> , <i>Nostoc</i>
	Стимуляция эмбриогенеза	Микоризные грибы в симбиозе с орхидными

Бобово- ризобиальный симбиоз

- Симбиоз бобовых растений и клубеньковых бактерий - одна из наиболее эффективных систем биологической азотфиксации, имеющая огромное экологическое и практическое значение.



Онтогенез клубеньков

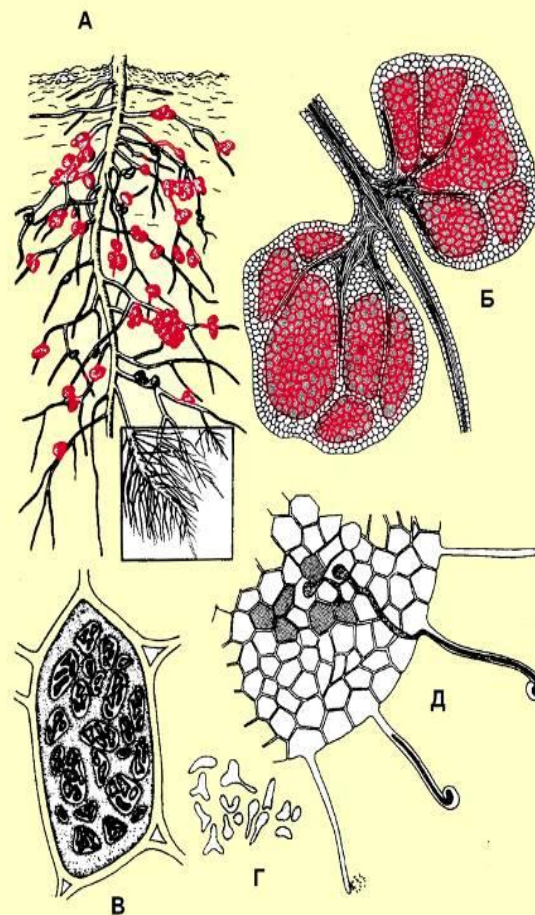
А – корень гороха с клубеньками

Б – клубеньки в разрезе

В – растительная клетка, заполненная бактериями

Г – бактериоиды

Д – внедрение бактерий через корневые волоски



Видовая специфичность клубеньковых бактерий

Клубеньковые бактерии формируют симбиотические ассоциации с бобовыми растениями семейства *Leguminosae*.

Клубеньковые бактерии характеризуются видовой специфичностью (избирательностью) по отношению к растению-хозяину.

Определенный вид бактерий обычно образует клубеньки только на одном или нескольких видах бобовых растений. Так, *Rhizobium leguminosarum* инфицирует горох, вику, кормовые бобы и чечевицу; *Rhizobium phaseoli* – фасоль; *Bradyrhizobium japonicum* – сою; *Bradyrhizobium lupini* – люпин; *Bradyrhizobium vigna* – вигну, маш и арахис и т.д.

2. Микориза

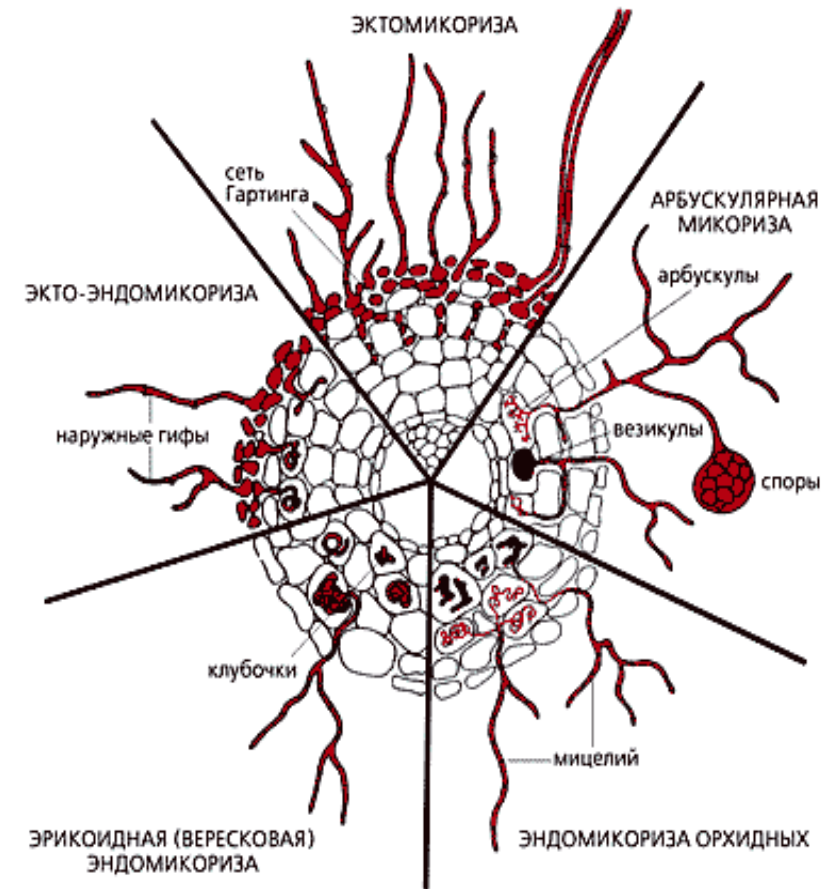


- **Микориза** — это симбиоз между корнями растений и грибами. Гифы грибов проникают в корень или окружают его, образуя единую систему поглощения воды и минеральных веществ.

Типы микоризы:

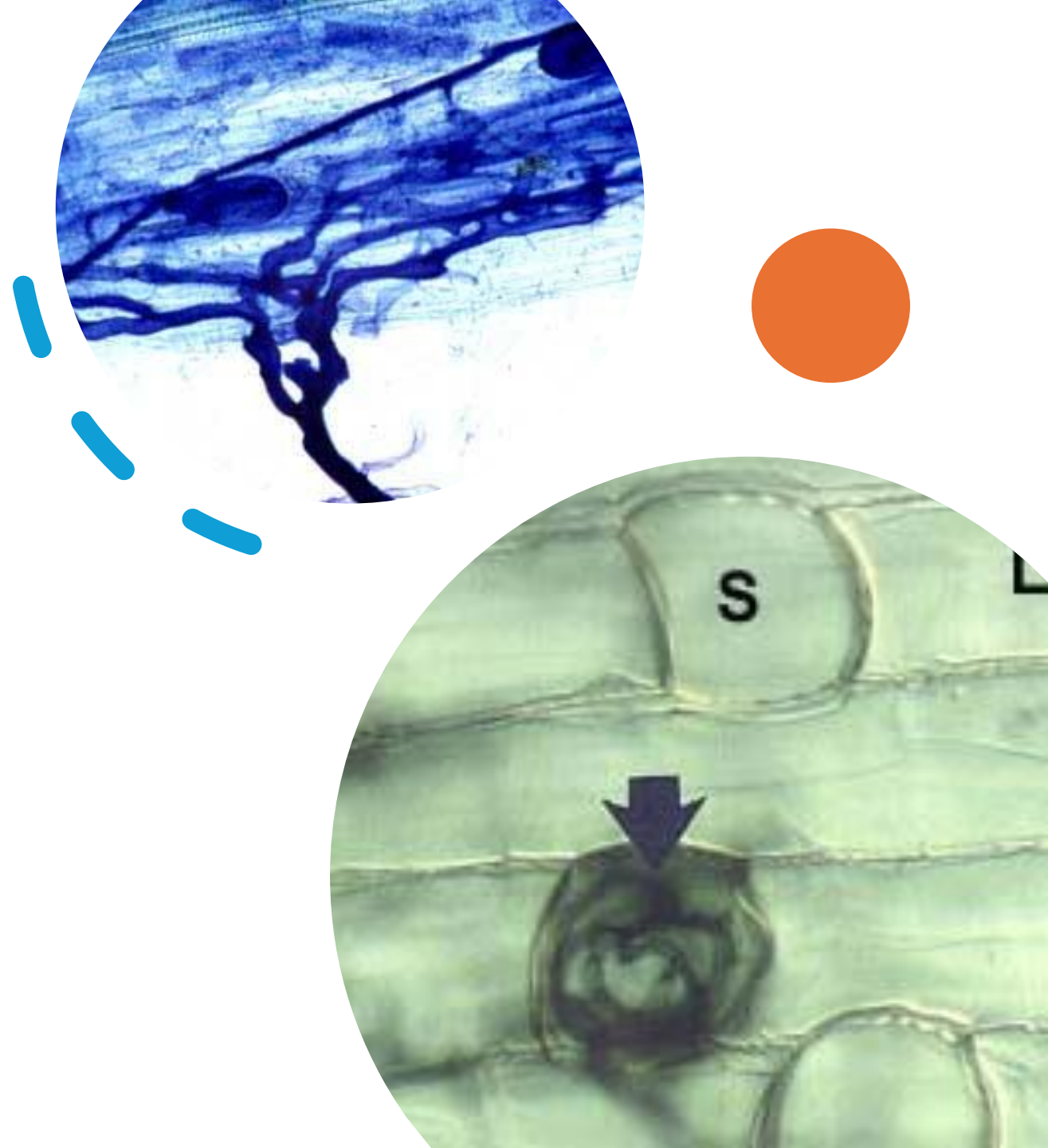
- **Эктомикориза** — гриб оплетает корни снаружи.
 - Встречается у древесных пород (берёза, дуб, сосна).
 - Гифы формируют «грибную мантию» вокруг корня.
- **Эндомикориза (арбускулярная)** — гриб проникает внутрь клеток корня.
 - Встречается у травянистых растений и сельскохозяйственных культур.
 - Примеры грибов: *Glomus*, *Gigaspora*.

Экто-эндотрофная микориза

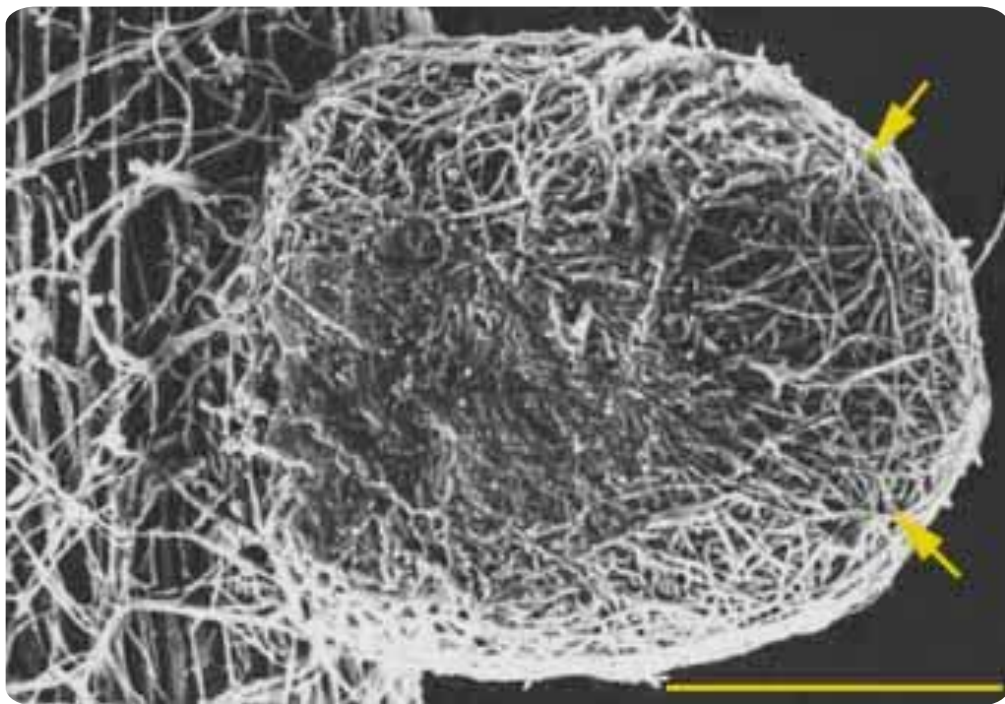


Эндотрофная микориза

- Мицелий гриба распространяется преимущественно внутри тканей корня и относительно мало выходит наружу.
- При этом часто образуются клубки гиф – везикулы и внутриклеточные разветвления в виде гаусторий – арбускулы.
- Такой тип микоризы называют арбускулярной.
- Она образуется микроскопическими грибами из отделов *Zygomycota*, *Ascomycota* или анаморфными грибами.
- Эндотрофная микориза встречается у многих травянистых растений.



Эктотрофная микориза



- На корнях формируется чехол из гиф. Собственных корневых волосков корень при этом не образует.
- Такая микориза характерна для древесных растений и редко встречается у травянистых.

Экто-эндотрофная микориза

- При таком типе микоризы гифы гриба густо оплетают корень снаружи и в тоже время проникают в коровую паренхиму.
- Мицелий идет по межклетникам, отчасти внутриклеточно, образуя в клетках везикулы и арбускулы.
- Наружные свободные гифы гриба широко расходятся в почве от корня, заменяя ему корневые волоски.
- Такая микориза характерна для древесных пород, Ее образуют микромицеты из отдела Basidiomycota (это преимущественно шляпочные грибы)



Значение микоризы:

Повышает поглощение воды и минеральных веществ (особенно фосфора).

Защищает растения от патогенов.

Улучшает рост растений в стрессовых условиях (засуха, бедные почвы).

Способствует устойчивости растений к загрязнению тяжелыми металлами.

Использование **азотфиксирующих бактерий** и **микоризных грибов** позволяет снизить

применение химических удобрений.

Создаются **биотехнологические препараты** — инокулянты для обработки семян и почв:

Ризоторфин (с *Rhizobium*)

Азотобактерин

МикоВитал и др.



Таблица 1. Биопрепараты на основе азотфиксирующих микроорганизмов, применяемые в растениеводстве [6]

Название препарата	Препаративная форма	Применение
Азотобактерин	Жидкая, лигниновая	Под овощные и кормовые культуры, сахарную свеклу. Улучшает азотное питание, защищает растения от фитопатогенов, повышает урожайность на 10–25%
Азогран	Гранулированный азотобактерин	
Ризобифит (Ризоторфин)	Жидкая, геляная, вермикулитная, перлитная	Обеспечивает бобовые растения биологическим азотом на 30% и более, повышает урожайность на 10–30%
Диазифит (Ризоагрин) Ризоэнтерин Диазобактерин	Жидкая, геляная, вермикулитная, торфяная	Оптимизируют азотное питание, угнетают развитие фитопатогенных грибов. Повышают урожайность озимой и яровой пшеницы — на 3–7 ц/га, ячменя — на 4–5 ц/га
Флавобактерин	Геляная, торфяная	Под озимую пшеницу, рожь, ячмень, злаковые травы. Оптимизирует азотное питание и повышает урожайность
Полимиксобактерин	Жидкая	Улучшает фосфорное и азотное питание сахарной свеклы и других культур, продуцирует стимуляторы роста и антибиотики, создан на основе бактерий рода <i>Bacillus</i> , повышает урожайность на 6–14%
Биоторфяное удобрение комплексного действия	Торфяная	Бинарный препарат на основе азотобактера и фосфатмобилизирующих бактерий, применяемый под овощные, ягодные и цветочные культуры. Улучшает азотное и фосфорное питание, защищает от фитопатогенов, повышает урожайность на 20–25%