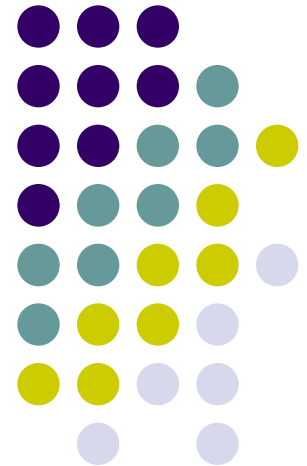


# Взаимодействия бактерий с различными формами жизни

Часть 2: Бактерии-симбионты беспозвоночных

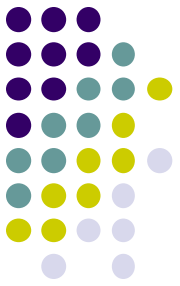
## Лекция 7

Лектор: Давыдова Ольга Константиновна, к.б.н., доцент



# План лекции:

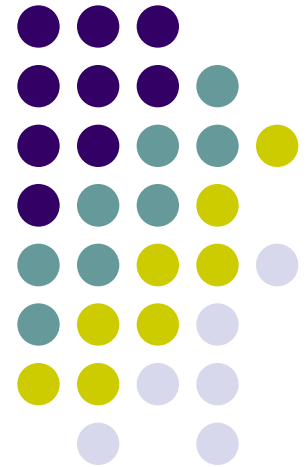
- Симбионты беспозвоночных
  - Погонофор
  - Червей
  - Моллюсков
  
- Симбионты членистоногих
  - Вольбахия микроб-манипулятор
  - Взаимодействие с тлями
  - Симбионты муравьёв
  - Симбионты термитов



# Симбионты погонофор, червей, моллюсков и губок



© <http://animals-world.ru/klass-dvustvorchatye/>



# Схема строения погонофоры

## *Riftia pachyptila*

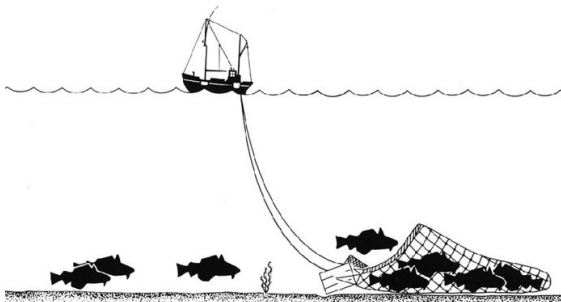


© <http://rybafish.umclidet.com/tip-pogonofory.htm>

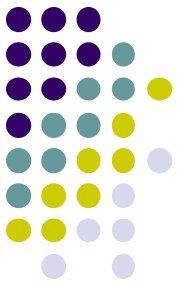
- 1- органическая трубка, окружающая тело животного;
- 2 – щупальце;
- 3 – трофосома, наполненная бактериями-симбионтами;
- 4 – опистосома (копающий орган)

В составе трофосомы клетки-бактериоциты с плотно упакованными метаноокисляющими или сероводородокисляющими бактериями

Погонофора – **автотрофное животное**, существующее за счет бактерий - хемосинтетиков. Пищеварительный тракт у этого животного полностью отсутствует и обмен веществами с внешней средой осуществляется непосредственно через эпидермис.



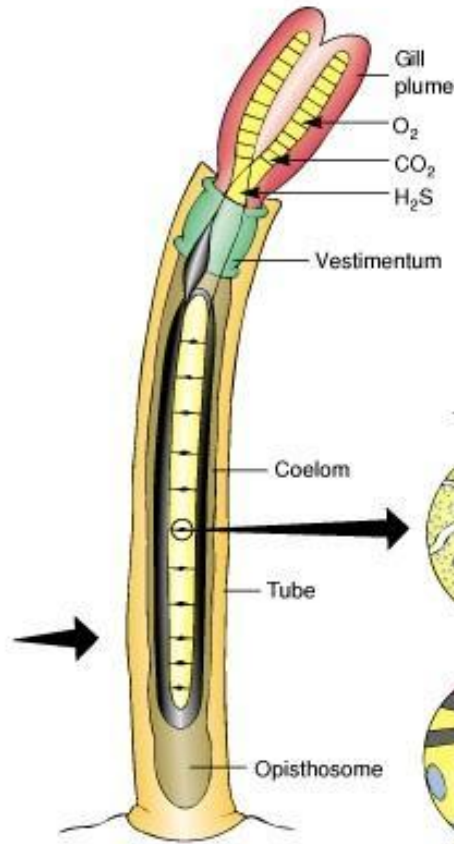
# Схема строения погонофоры



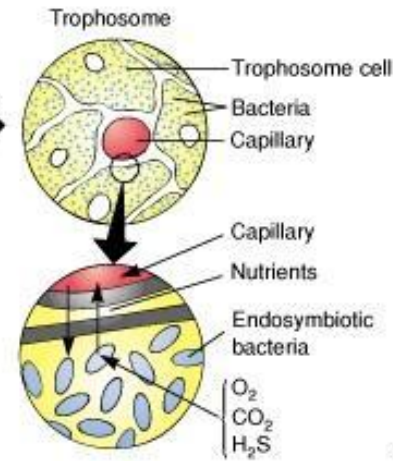
cms.daegu.ac.kr



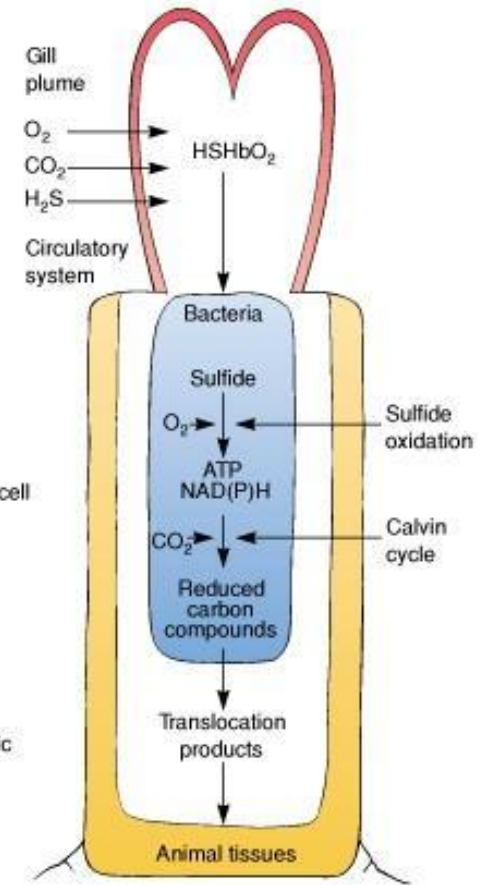
(a)



(b)



(c)



(d)



# Симбиоз между червями и бактериями



- У морского малощетинкового червя *Olavius algarvensis* нет органов питания: рта, кишки, нефридий
- Функции питания и утилизации «отходов» выполняют 3 вида бактерий-симбионтов (серо-окисляющие и сульфат-редуцирующие бактерии, способные к фиксации углерода, что обеспечивает организм хозяина питанием).

© <http://phys.org/news/2006-09-life-mouth-stomach-gut.html>



- Симбиотические бактерии имеет корабельный червь *Teredo*, питающийся преимущественно целлюлозой.



- У корабельного червя *Bankia setacea* эндосимбиотические грамотрицательные бактерии живут в мицетоцитах, находящихся в жабрах.

©

<http://naturfoto-hecker.photoshelter.com/gallery-image/Schiffsbohrewurm-Teredo-navalis/G00004cq.4OqJiBk/I0000vOigezJE2XA>

# Взаимодействие с моллюсками



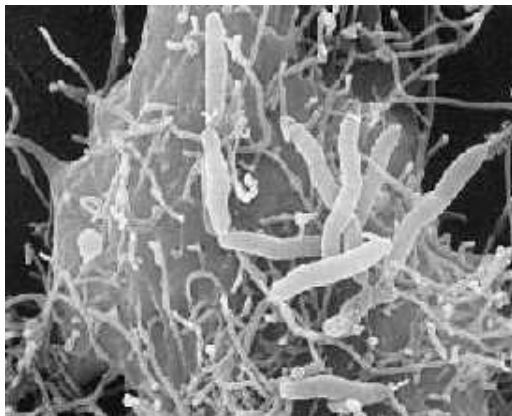
© <http://textbookofbacteriology.net/V.vulnificus.html>

©

<http://www.divetravels.ru/Pages/SeaAnimals/?%D0%9C%D0%BE%D1%80%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5%D0%96%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B5=%D0%A2%D1%80%D0%B8%D0%B4%D0%B0%D0%BA%D0%BD%D0%B0>



*Vibrio vulnificus* любит селиться в моллюсках



© [http://web.mst.edu/~microbio/BIO221\\_2004/A\\_hydrophila.htm](http://web.mst.edu/~microbio/BIO221_2004/A_hydrophila.htm)

Гигантская тридакна (*Tridacna gigas*) - самый крупный из двустворчатых моллюсков



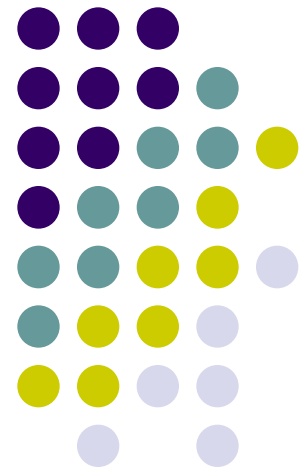
Бактериями *Aeromonas hydrophila* довольно часто заражены рыба, ракообразные, моллюски

© <http://www.npacific.ru/np/library/publikacii/tokranov1/17.htm>

# Взаимодействие микроорганизмов с членистоногими

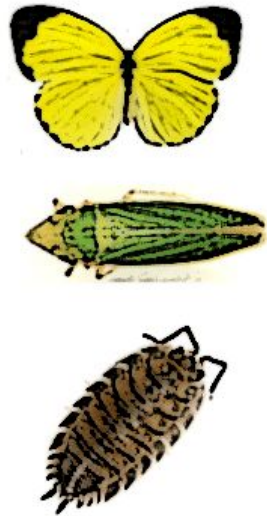
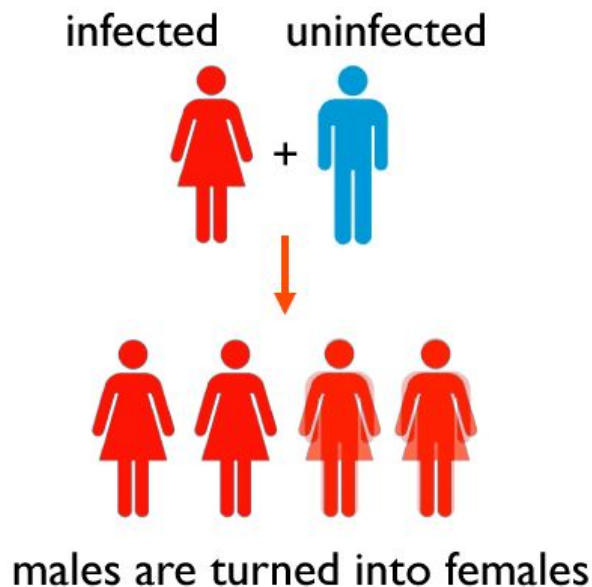


© <https://www.flickr.com/photos/midnightinfinite/1023471171>





# Wolbachia – микроб-манипулятор

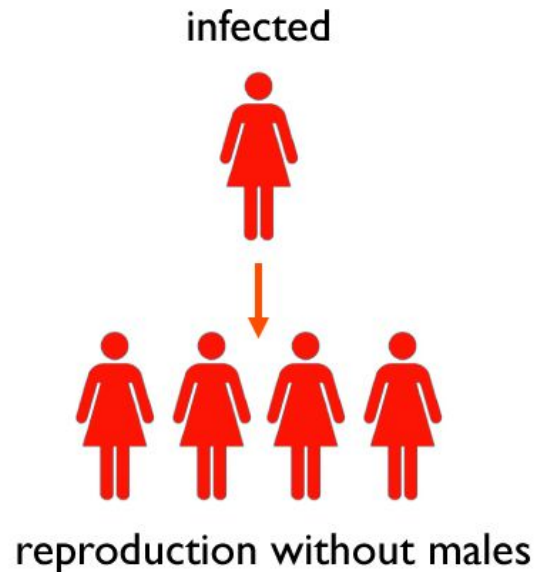


- **Феминизация:** *вольбахии* научились превращать генетических самцов в самок, воздействуя на систему выработки так называемого «анδροгенного гормона» (подавляя развитие андрогенной железы, вырабатывающей данный гормон).

©

[http://www.rochester.edu/college/bio/labs/WerrenLab/WerrenLab-WolbachiaBiology\\_files/feminizationFULL.gif](http://www.rochester.edu/college/bio/labs/WerrenLab/WerrenLab-WolbachiaBiology_files/feminizationFULL.gif)

# Wolbachia – микроб-манипулятор

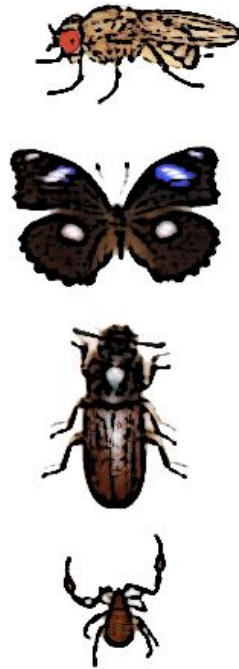
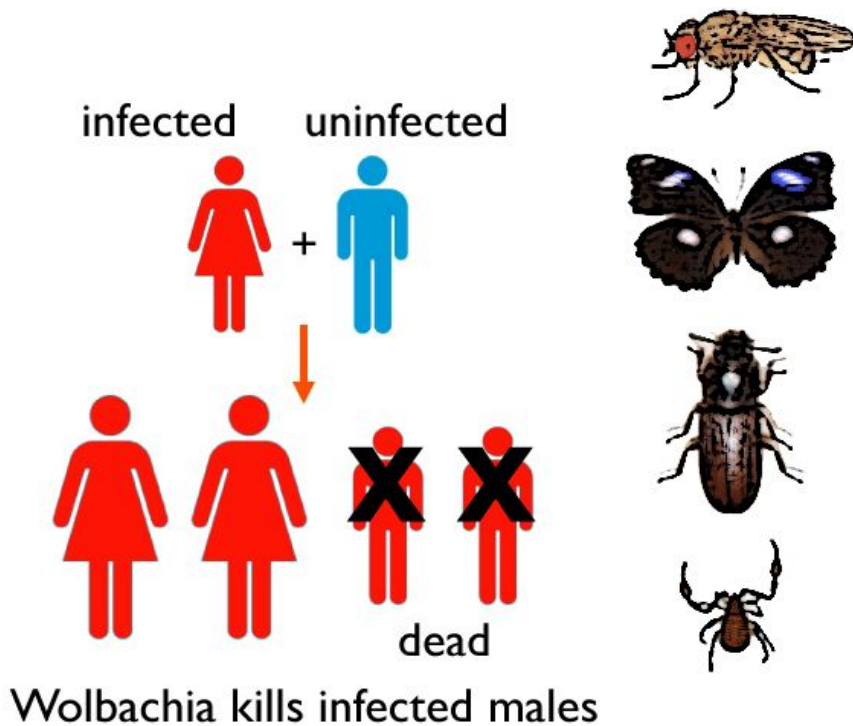


- Кроме того, зараженные вольбахиями насекомые способны к **партеногенезу**, при котором самки без оплодотворения рожают самок, содержащих вольбахий. Когда неоплодотворенное гаплоидное яйцо (из которого должен развиваться самец) начинает делиться, *вольбахия* останавливает процесс митоза на этапе когда хромосомы уже удвоились, а дочерние клетки еще не разделились. В результате в клетке оказывается двойной набор хромосом, и из нее развивается самка. Это тоже приводит к накоплению в популяции зараженных насекомых.

©

[http://www.rochester.edu/college/bio/labs/WerrenLab/WerrenLab-WolbachiaBiology\\_files/ParthenogenesisFULL.gif](http://www.rochester.edu/college/bio/labs/WerrenLab/WerrenLab-WolbachiaBiology_files/ParthenogenesisFULL.gif)

# Wolbachia – микроб-манипулятор

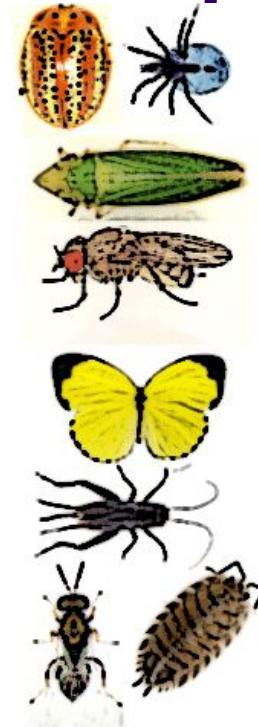
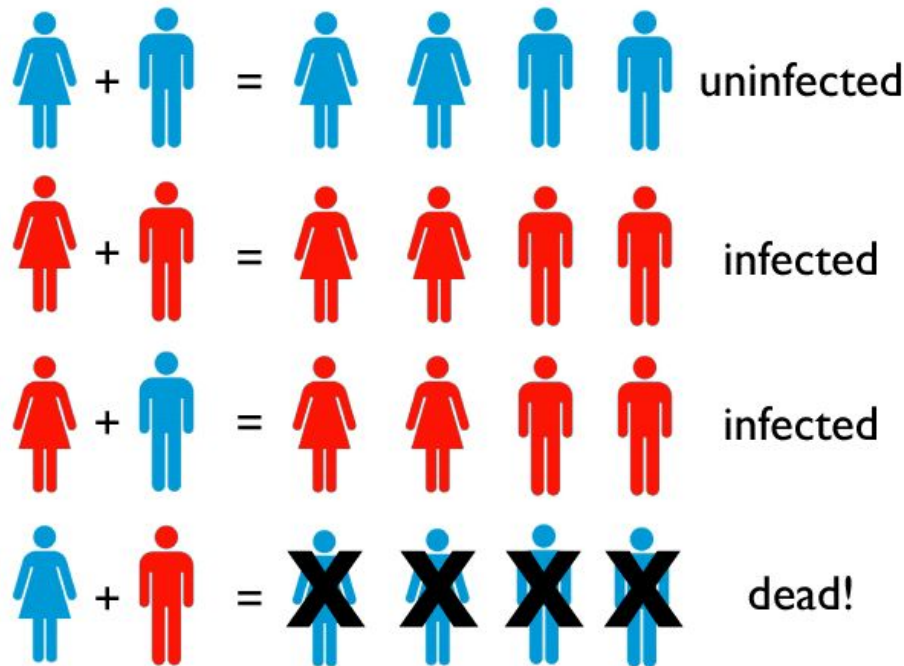


- **Андроцид** - гибель зараженных самцов и повышение плодовитости и жизнеспособности самок

©

[http://www.rochester.edu/college/bio/labs/WerrenLab/WerrenLab-WolbachiaBiology\\_files/MaleKillingFULL.gif](http://www.rochester.edu/college/bio/labs/WerrenLab/WerrenLab-WolbachiaBiology_files/MaleKillingFULL.gif)

# Wolbachia – микроб-манипулятор



Infected males are incompatible with uninfected females

© [http://www.rochester.edu/college/bio/labs/WerrenLab/WerrenLab-WolbachiaBiology\\_files/CIFULL.gif](http://www.rochester.edu/college/bio/labs/WerrenLab/WerrenLab-WolbachiaBiology_files/CIFULL.gif)

• **Цитоплазматическая несовместимость:** зараженные самки производят нормальное потомство независимо от того, какой самец их оплодотворит - зараженный или "здоровый", в то время как у здоровых самок потомство выживает только во втором случае, а в первом - гибнет. Таким образом, зараженные самцы используются вольбахией **как средство снижения плодовитости незараженных самок**. Это приводит к росту относительного числа зараженных особей в популяции хозяев, т.е. к распространению вольбахий.

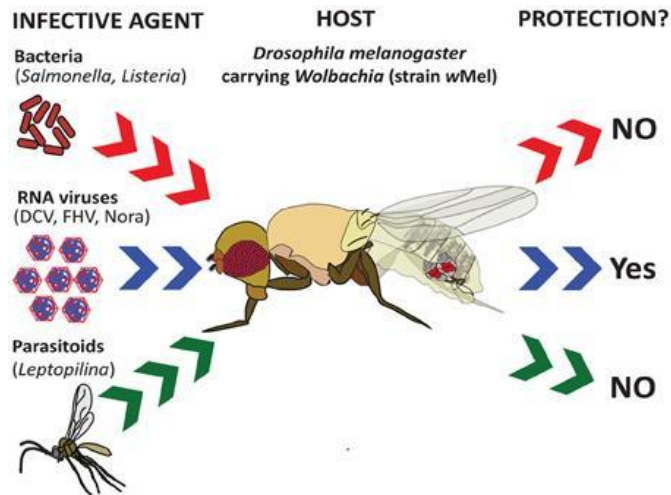
# Wolbachia – микроб-манипулятор



## СТРАТЕГИЯ:

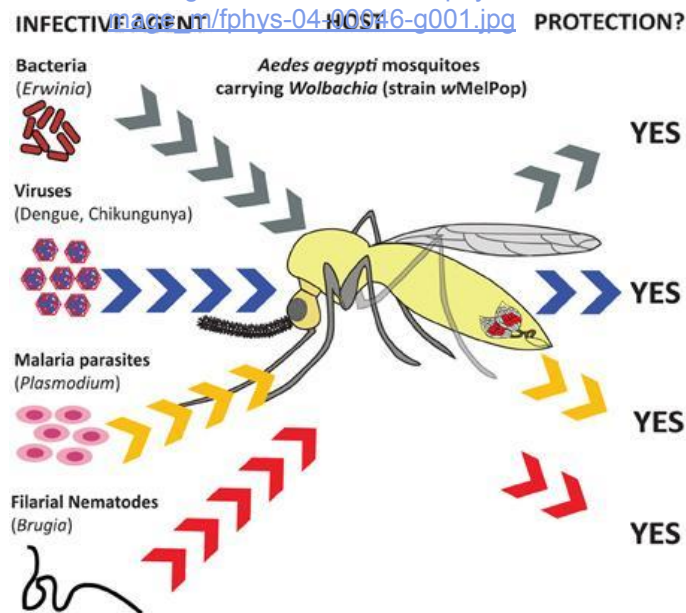
- 1) Проникнуть по возможности в каждое **яйцо**, откладываемое зараженной самкой.
- 2) Причинить **как можно меньше вреда зараженной самке**, а по возможности - даже повесить ее жизнеспособность;
- 3) **Повысить плодовитость зараженных самок**, а если возможно - еще и снизить плодовитость незараженных самок (чтобы доля зараженного потомства в популяции хозяев росла).
- 4) **Самцы - ненужный балласт**. Бактерии, попавшие в организм самца, обречены умереть вместе с ним - у них нет никаких шансов передать свое потомство следующему поколению хозяев. Вольбахия не может передаваться со сперматозоидами, которые для этого слишком малы. Значит, с точки зрения вольбахии, нужно либо сократить численность самцов в популяции (чтобы не конкурировали с самками за ресурсы), либо вообще от них избавиться, если возможно; либо, наконец, использовать их в своих целях - как орудие воздействия на самок.

# Wolbachia – микроб-манипулятор



©

<http://www.frontiersin.org/files/Articles/43127/fphys-04-00046-HTML/i>



©

[http://www.frontiersin.org/files/Articles/43127/fphys-04-00046-HTML/image\\_m/fp](http://www.frontiersin.org/files/Articles/43127/fphys-04-00046-HTML/image_m/fp)

- Влияние вольбахий на иммунный ответ насекомых:
- Наличие вольбахий у дрозофилы придает устойчивость к инфекции различными РНК-вирусами, но не внутриклеточным бактериальным патогенам или паразитам.
- Комары, инфицированные вольбахиями, защищены от заражения патогенными бактериями, вирусами и паразитами.

# Взаимодействие с тлями



Листоблошка (сверху) – насекомое из семейства тли. Желтое пятно (внизу), видимое на просвет и под лупой в брюшке листоблошки – бактериом, участок кишечника, в котором бактерии переваривают целлюлозу и растительные соки, которые богаты сахаром, но не содержат протеинов. Протеины вырабатывают живущие в ней микроскопические бактерии.

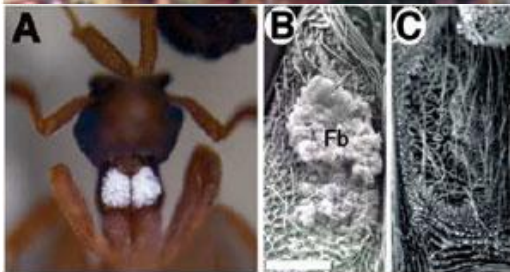


Рекордно малым геномом обладает симбиотическая бактерия *Carsonella ruddii* обитающая в кишечнике псиллиды (листоблошки). *Carsonella ruddii* - содержит всего 160 пар ДНК, которые образуют 182 протеин-кодирующих гена.

# Взаимодействие с муравьями



Муравьи-листорезы строят огромные гнезда под землей, где имеется специально устроенная плантация грибов, которые служат практически единственной пищей. Когда матка основывает новый муравейник, она переносит во рту культуру пищевого гриба, и таким образом обеспечивает пропитанием свою новую семью. Муравьи-листорезы (сверху) выращивают грибы *Escovopsis* на компосте из листьев. Для защиты своих плантаций муравьи применяют антибиотики, вырабатываемые актинобактериями - *Pseudonocardia*. Эта бактерия живет на поверхности тела муравьев-листорезов (снизу) и также переносится муравьиной маткой при основании новой семьи. На теле муравьев имеются крошечные полости, в которые открываются каналцы железистых клеток и концентрируются актиномицеты.



**A** — симбиотические бактерии на нижней стороне переднего сегмента груди муравья-листореза;  
**B** — колония бактерий (Fb) в углублении на теле муравья;  
**C** — углубление, очищенное от бактерий;  
**E** — другой вид муравья-листореза, сплошь покрытый углублениями с симбиотическими бактериями



# Взаимодействие с термитами



Расщепление целлюлозы в кишечнике **термитов** ведут в основном простейшие. Бактерии играют менее заметную роль в кишечнике термитов, чем в рубце жвачных, но они, по-видимому, участвуют в двух особых случаях мутуализма.

1. Важными представителями бактериальной флоры являются спирохеты; они вместе с палочковидными формами концентрируются на поверхности жгутиконосцев. Это взаимодействие бактерий и простейших мутуалистическое — спирохеты получают от жгутиковых питательные вещества и одновременно придают им подвижность. Итак, в данном случае пара видов мутуалистически обитает в третьем виде.

2. Бактерии в кишечнике термитов способны фиксировать газообразный азот.



Выращивание монокультур — ключ к эффективности сельского хозяйства у термитов

Термит-грибовод *Macrotermes* и его урожай — плодовые тела грибов *Termitomyces*.

Камеры для выращивания грибов в гнезде термитов *Macrotermes*.



Aanen D.K. et al. High Symbiont Relatedness Stabilizes Mutualistic Cooperation in Fungus-Growing Termites // Science. 2009. V. 326. P. 1103–1106.

# Симбиоз членистоногих и вирусов



- Паразитические осы используют токсины для обездвиживания гусениц, в которых они откладывают яйца.
- Токсины производятся яичниками ос и представляют собой отрезок двуспиральной ДНК, упакованный в белковую оболочку.
- Такая структура характерна для вирусных частиц, поэтому осиные токсины назвали полиднавирусами