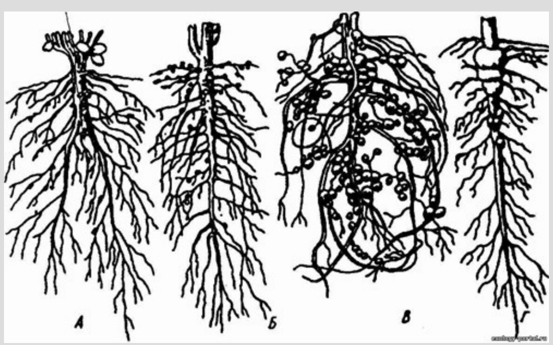
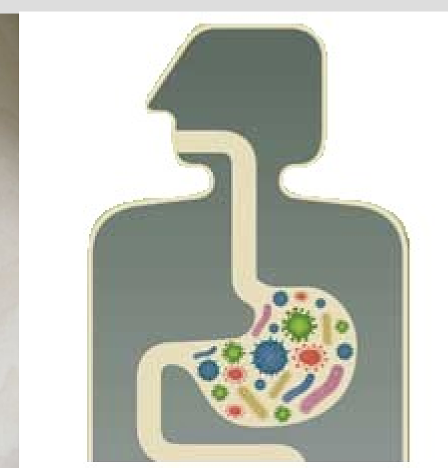
Симбиоз и симбиогенез… или чей геном?

Илинский Ю.Ю.
paulee@bionet.nsc.ru

Часто ли встречаются симбиозы?



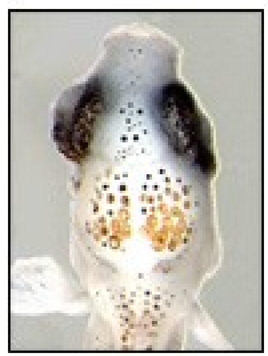


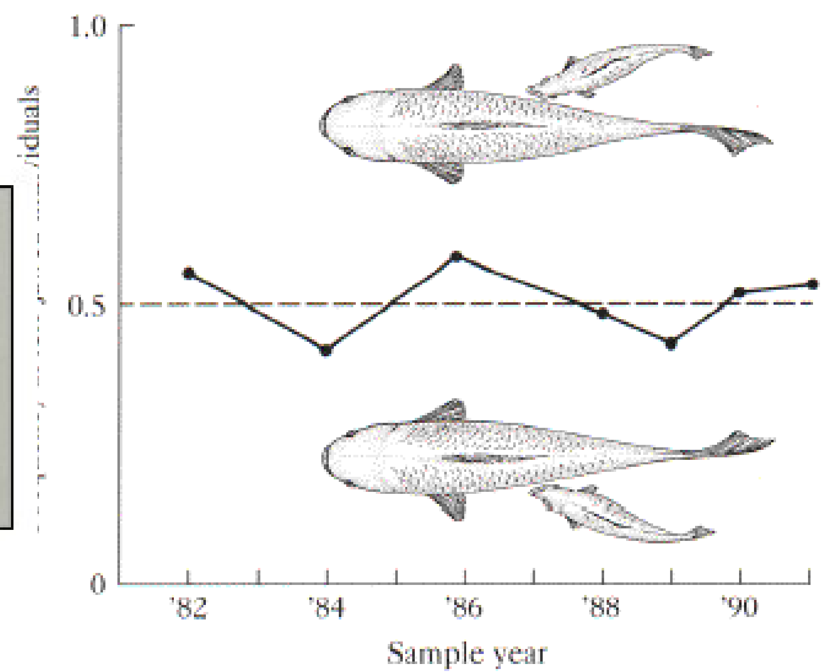
Терминология

- Симбиоз
- Мутуализм
- Паразитизм
- Комменсализм
- Аменсализм
- Нейтрализм

позвоночные паразиты

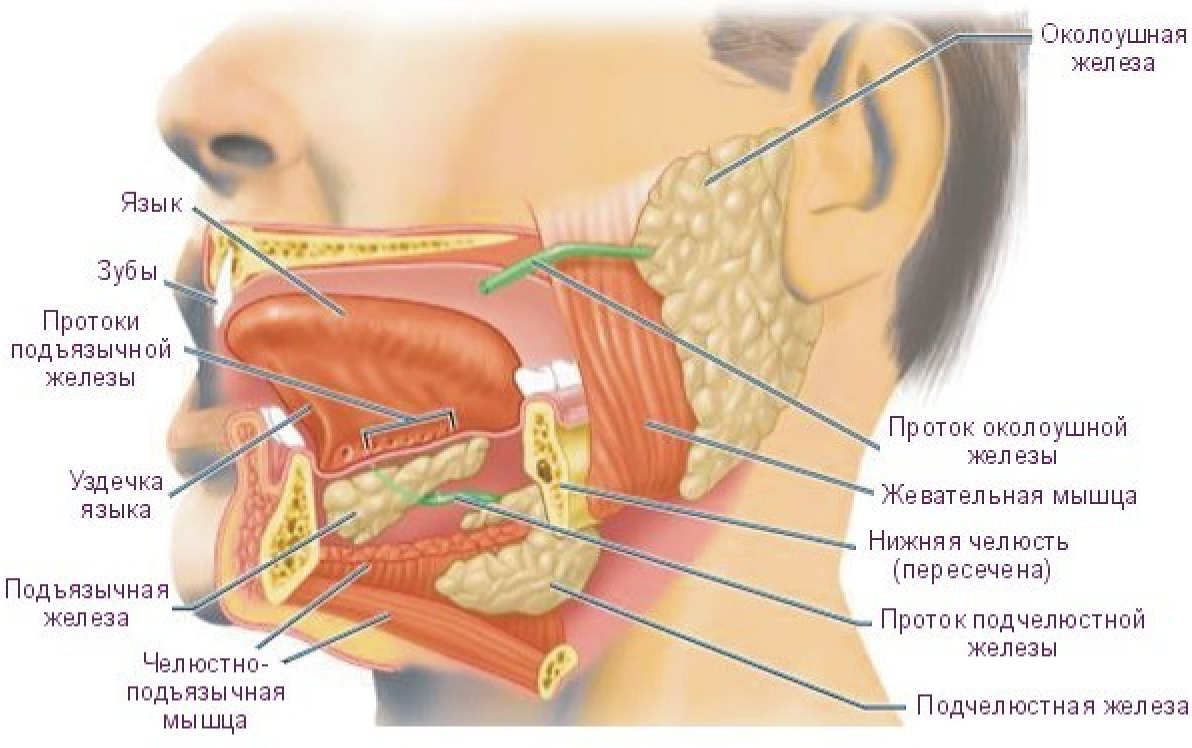
- *Perissodus microlepis* питается чешуей рыб (лепидофаги)





позвоночные паразиты:
Кандира (*Vandellia cirrhosa*), сомик обитающий в Амазонке

Ротовая полость



- огромное разнообразие бактерий, архей, простейших
- Роль? мутуализм, паразитизм, комменсализм

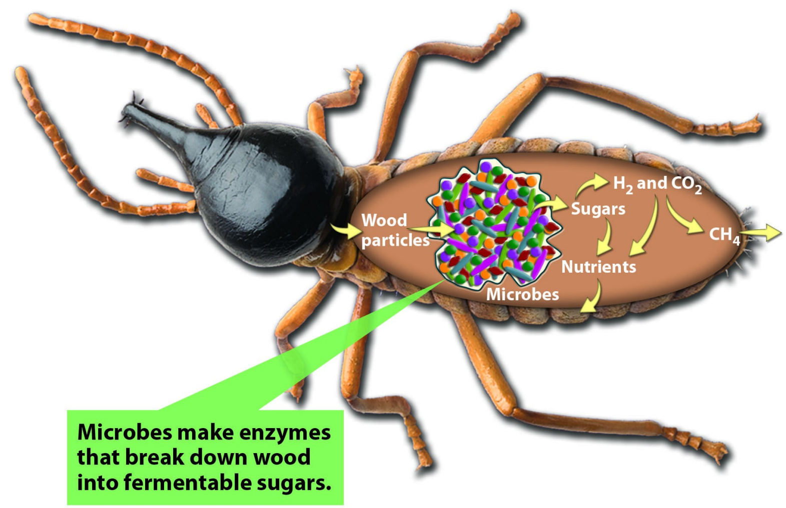
- Инфекционные заболевания можно рассматривать с позиции симбиоза

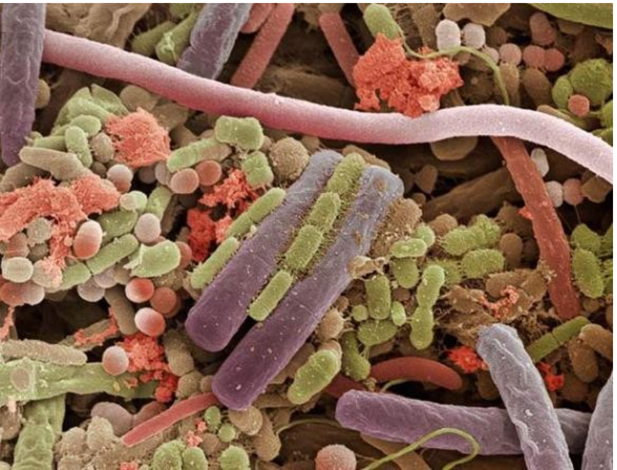
Чей геном? (вариант 1)

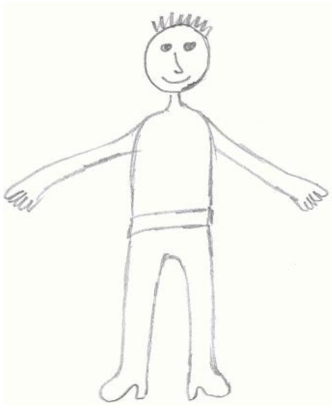
Берем насекомое в исследование

Что можем найти?

- яДНК насекомого
- мтДНК насекомого
- другого насекомого (яГ, мтГ)
- геномы бактерий
- геномы простейших
- геномы(ы) грибов
- геном(ы) «еды», другого насекомого, ДН
позвоночных, растений и т.п.







Чью ДНК можем найти у комара?

- слюные железы: *Plasmodium sp., филярия*
- гонады: *Wolbachia*
- пищеварительная система: *кровь животных*
- тело: *энтомопатогенные грибы*

Чьи гены?

- горизонтальный перенос генов от симбионта к хозяину
- бета-фруктозидаза тутового шелкопряда бактериального происхождения
- функция: защита от алколоида шелковицы (Daimon *et al*.,2008)

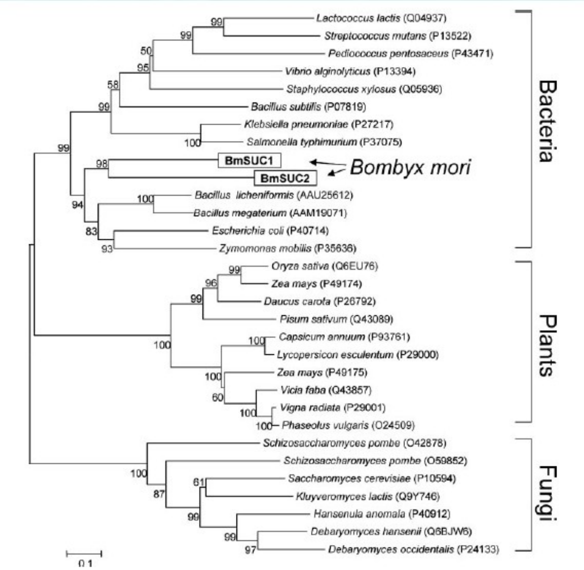


FIGURE 2. **Phylogenetic analysis of β-fructofuranosidases.** Amino acid sequences of β-fructofuranosidases were aligned by the ClustalX program, and the phylogenetic tree was constructed by the neighbor-joining method using the MEGA3 program package (20). Bootstrap values after 1,000 replications are shown. GenBank™ or SwissProt accession numbers of sequences are shown in *parentheses*.

Чьи гены?

- горизонтальный перенос генов от симбионта к хозяину
- бета-фруктозидаза тутового шелкопряда бактериального происхождения
- функция: защита от алколоида шелковицы (Daimon *et al*.,2008)

- Zhu *et al*., 2011 полногеномный анализ, выявлено 10 горизонтальных переносов: 1 от растения, 9 от бактерий

Чьи гены?

An Ancient Horizontal Gene Transfer between Mosquito and the Endosymbiotic Bacterium *Wolbachia pipientis*

Megan Woolfit, Iñaki Iturbe-Ormaetxe, Elizabeth A. McGraw, and Scott L. O'Neill
School of Integrative Biology, University of Queensland, Brisbane, Queensland, Australia

Паразит враг или…

- П. снижает приспособленность особей
- но в определенных условиях может повышать приспособленность
- универсальных механизмов/принципов паразитизма или мутуализма нет (Hentschel *et al*., 2000)

Паразит враг или…

- П. снижает приспособленность особей.

- но в определенных условиях может повышать приспособленность

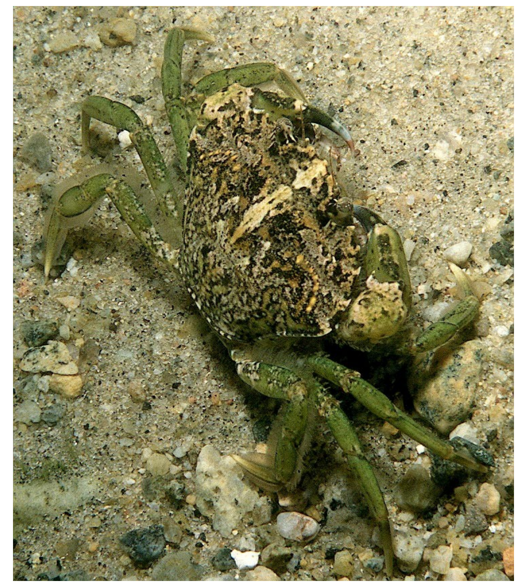
Паразит враг или…

- П. снижает приспособленность особей.

- но в определенных условиях может повышать приспособленность

Паразиты стабилизируют экосистему

- интродуцированные виды

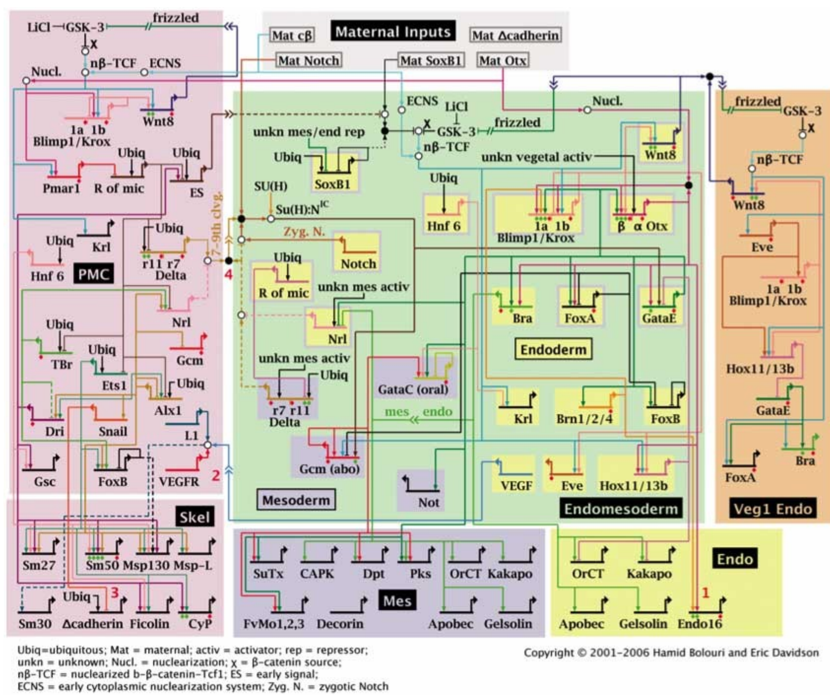


зеленый европейский краб

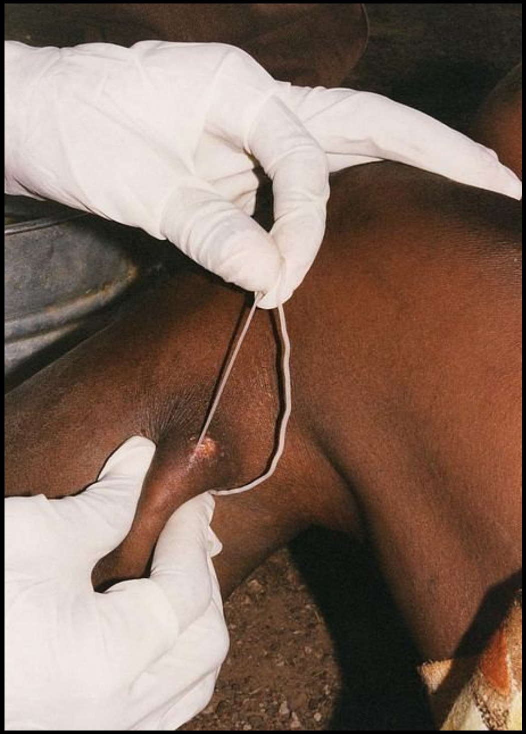
Carcinus maenas

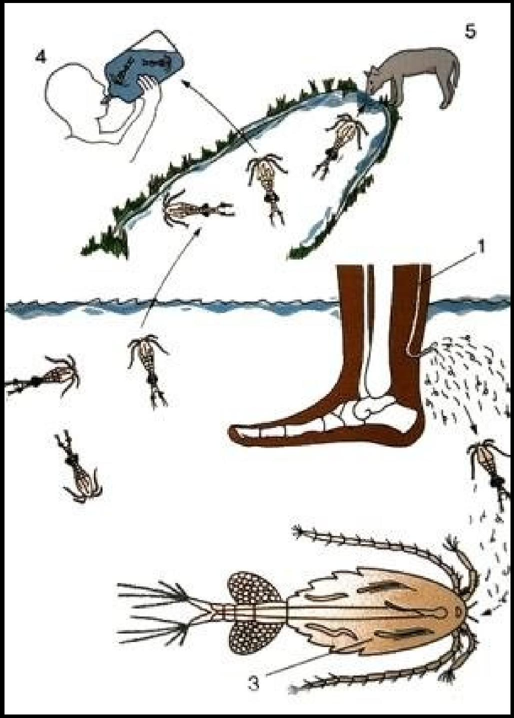
Чей геном? (вариант 2)

- чье поведение реализуется, хозяина или симбионта?

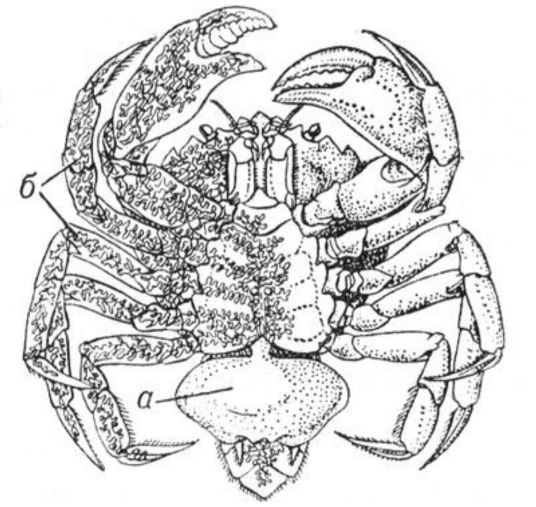


Ришта
Dracunculus medinensis





корнеголовые раки



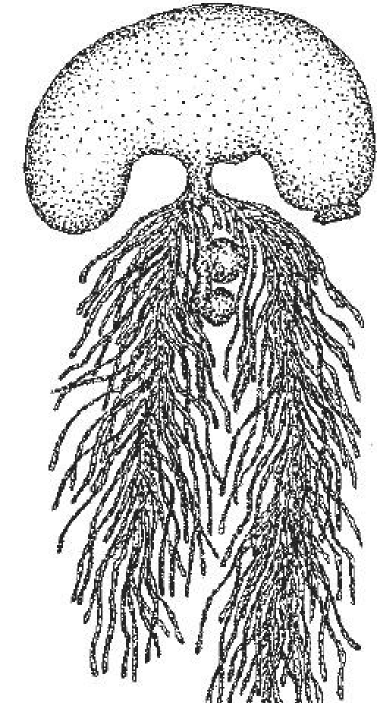
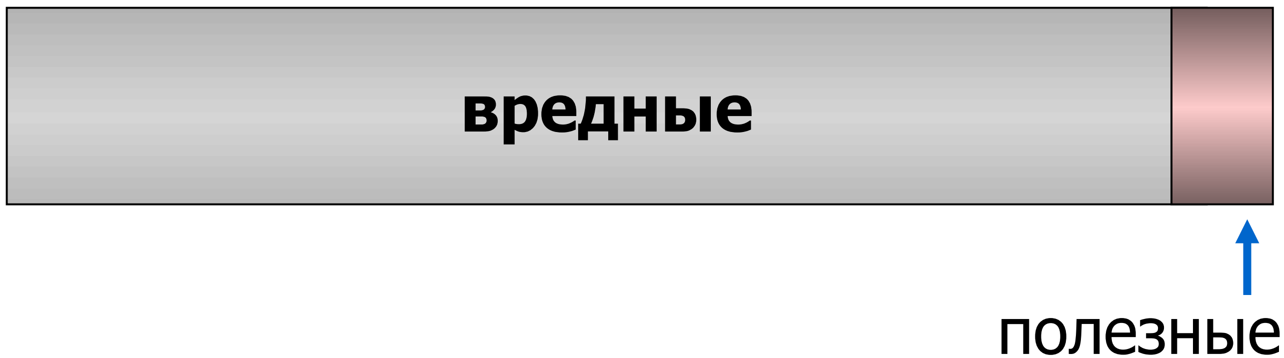


Схема строения *Peltogaster reticulatus* на паразитической стадии жизненного цикла. Экстерна соединена с интерной, представленной трофической системой (в виде "ламповых щеток") и дополнительными зачатками экстерн.

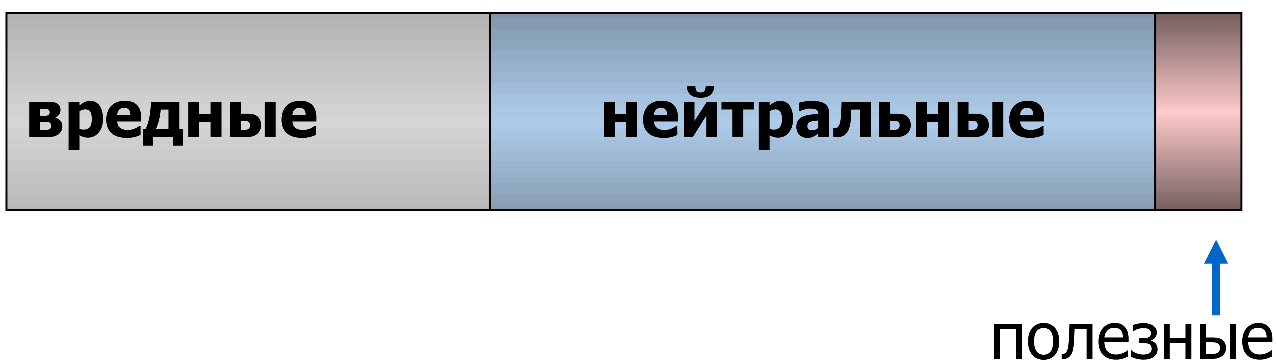
Исаева и др. 2005

Эволюция паразит-хозяин

Представления распределения мутаций до разработки теории Нейтральной молекулярной эволюции

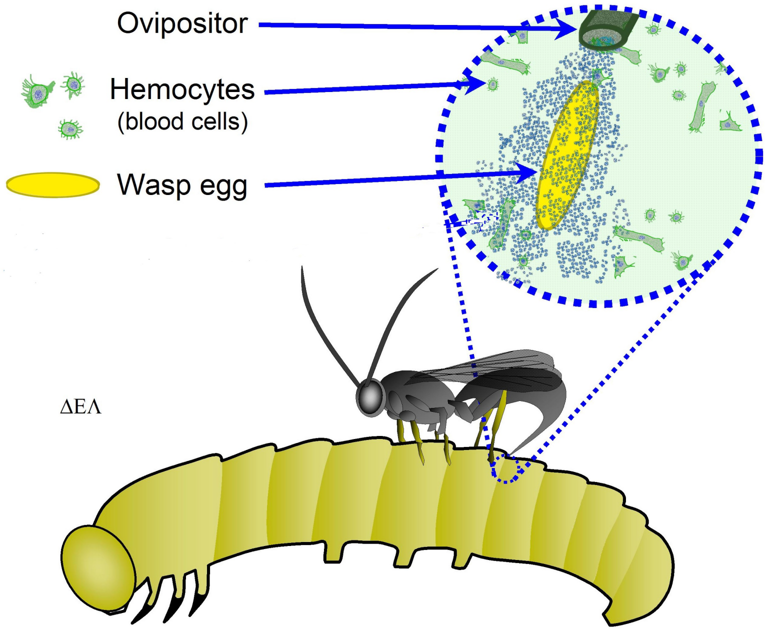


Нейтрализм Кимуры



Copidosoma floridanum

полиэмбриония, разные касты потомства



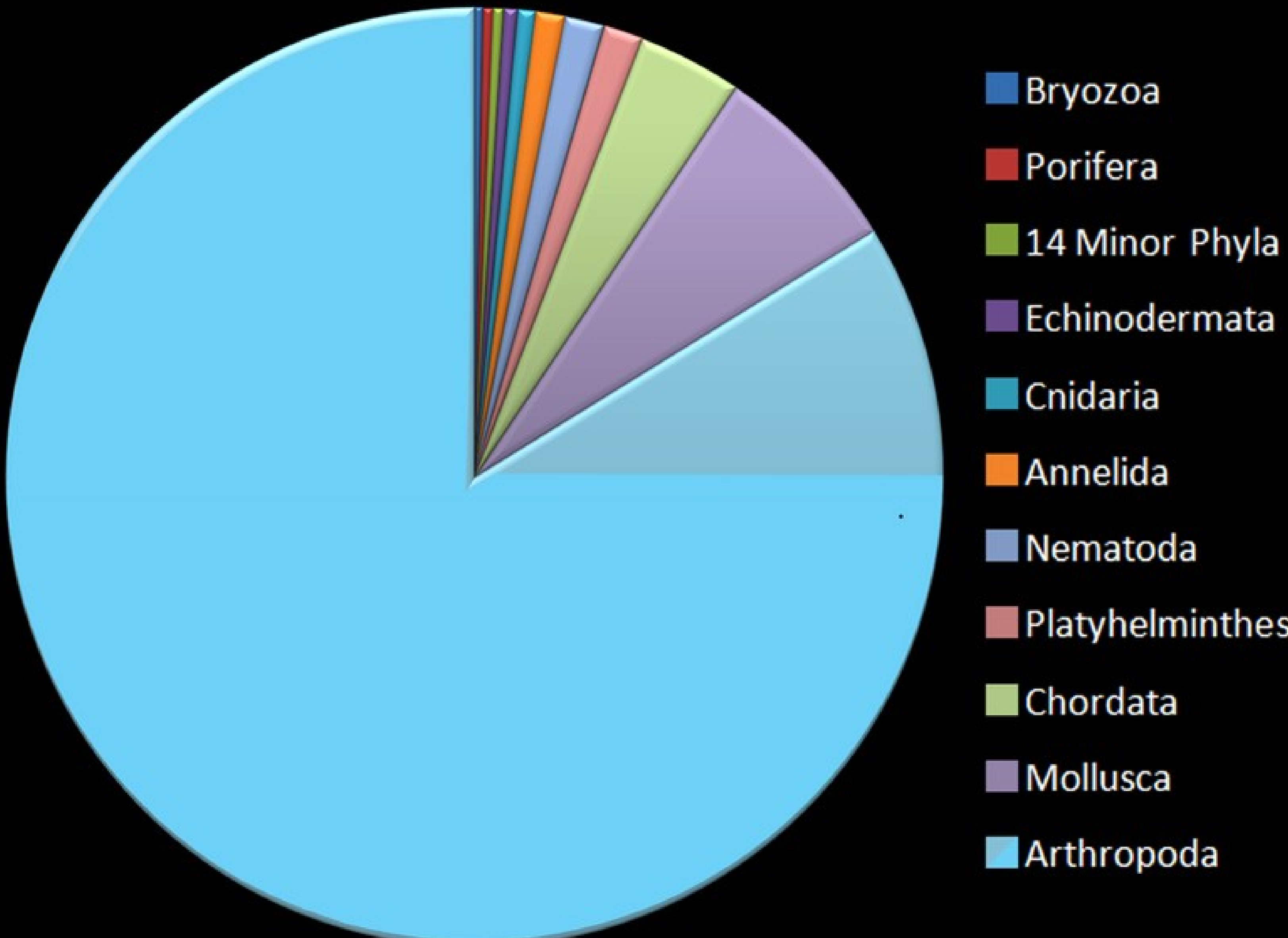
Trichoplusia ni

Grbic, 2003; Gordon, Strand, 2009

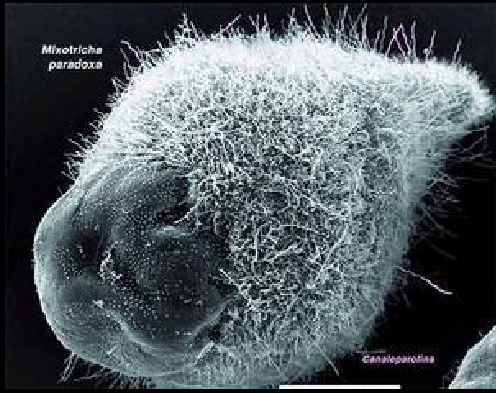
Эволюция паразит-хозяин

- *Cymothoa exigua*
- заменяет хозяину язык

Биоразнообразие животных



Симбионты симбионтов



- *Mixotricha paradoxa* переваривает целлюлозу для хозяина -

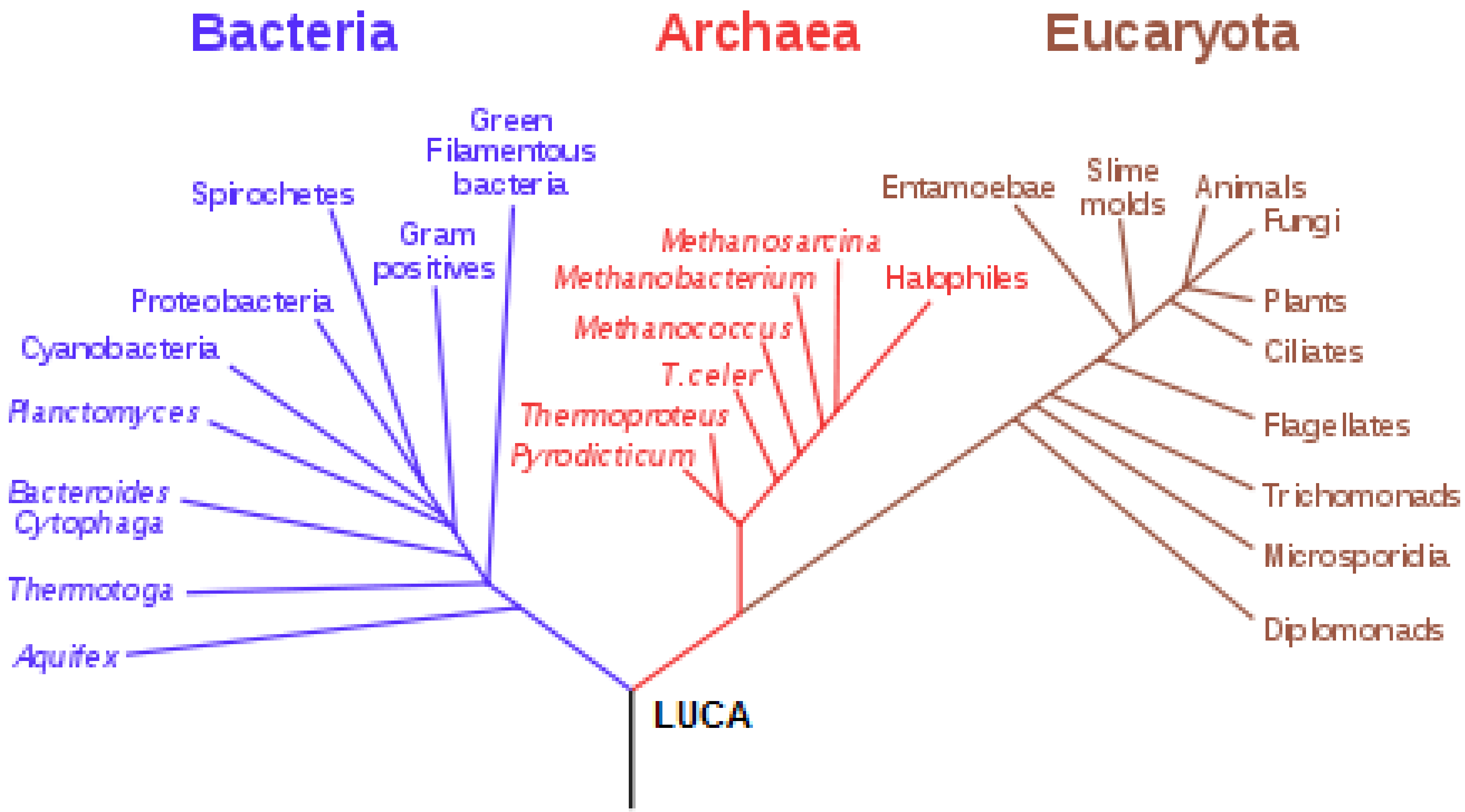
  Mastotermes darwiniensis
- нет митохондрий, но есть аэробные эндосимбионты
- на поверхности спирохеты - движение

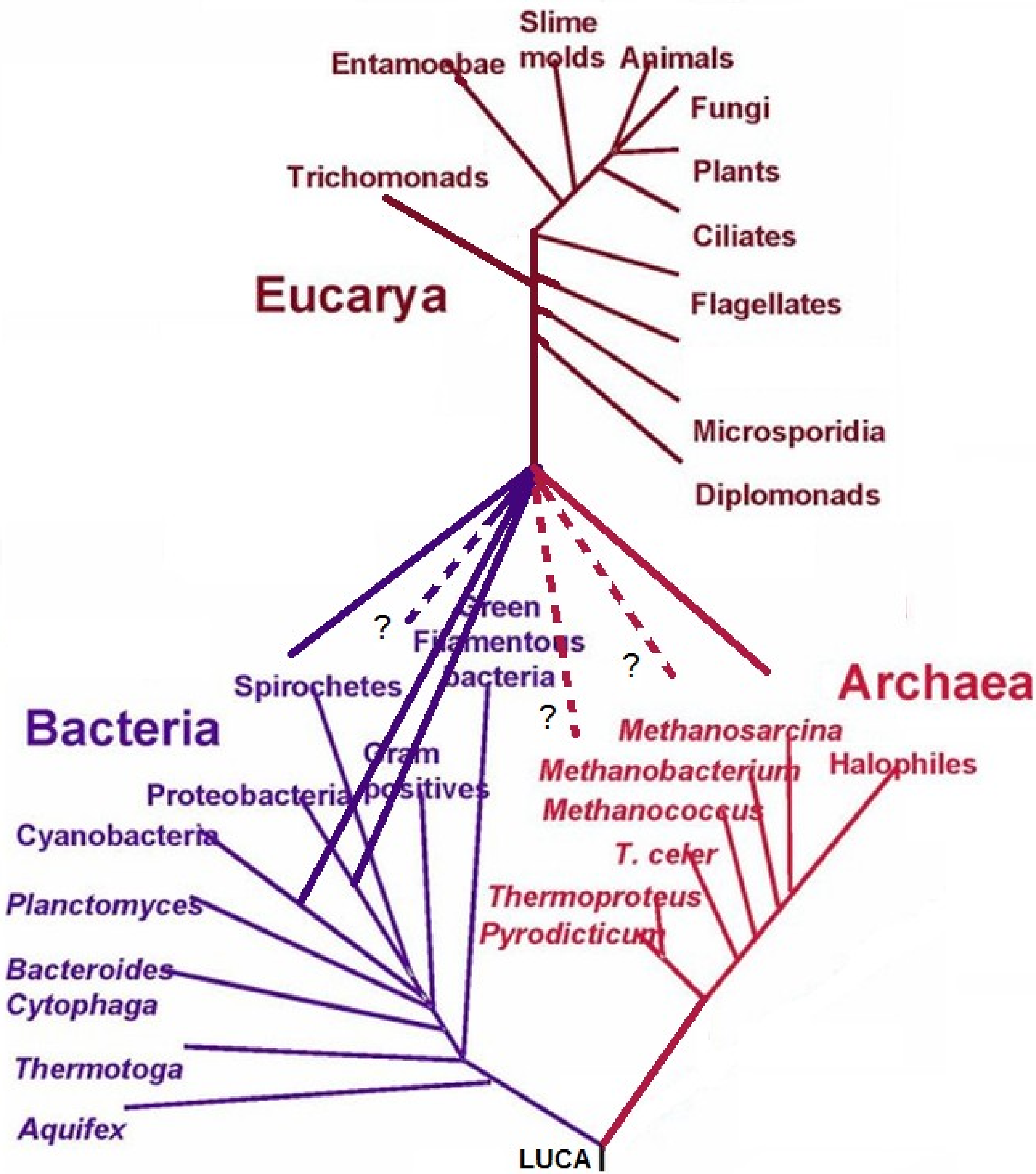
Симбиогенез

- хлоропласт возник из цианобактерии, К. Мережковский 1926
- Линн Маргулис – возникновение эукариотической клетки в результате симбиоза.
- "On the origin of mitosing cells,"
- *Journal of Theoretical Biology,* 1967

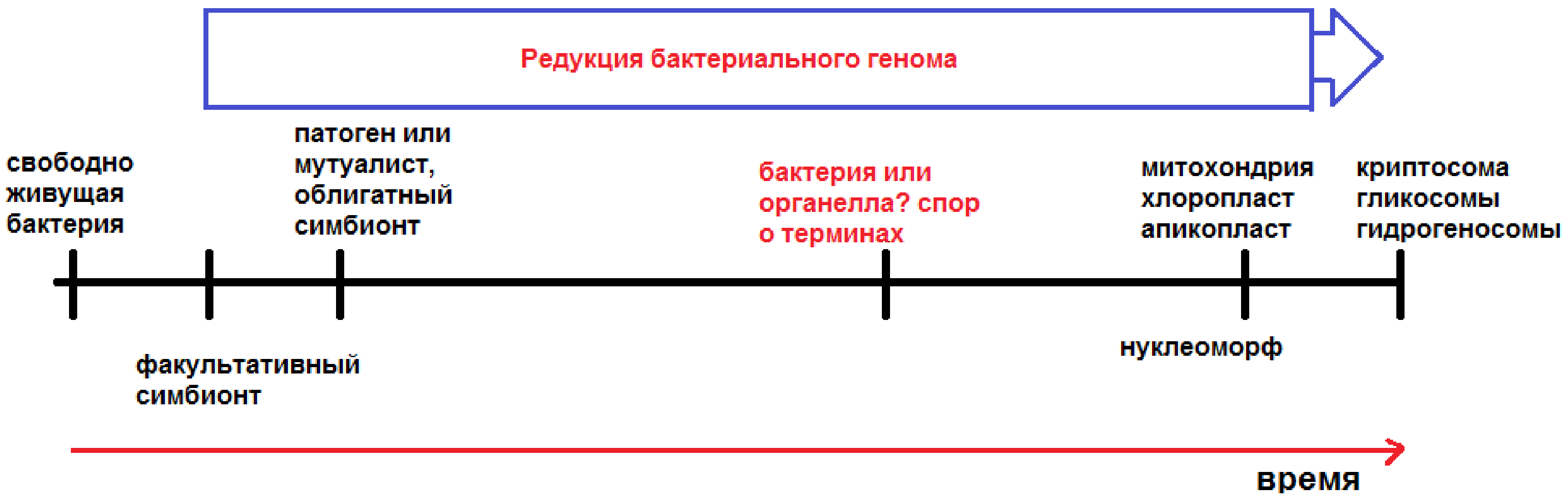
- во многих источниках до сих пор значится как гипотеза, хотя давно является теорией.

Phylogenetic Tree of Life



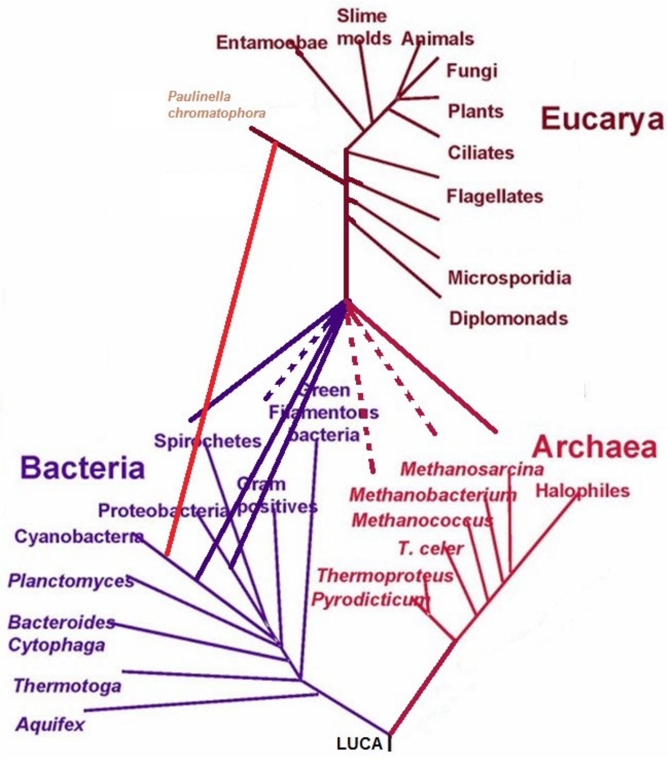


Slime molds
Entamoebae
Animals
Fungi
Plants
Trichomonads
Ciliates
Eucarya
Flagellates
Microsporidia
Diplomonads
?
Green Filamentous bacteria
?
Archaea
Spirochetes
?
Bacteria
Methanosarcina
Gram positives
Methanobacterium
Halophiles
Proteobacteria
Methanococcus
Cyanobacteria
T. celer
Planctomyces
Thermoproteus
Pyrodicticum
Bacteroides Cytophaga
Thermotoga
Aquifex
LUCA


Редукция бактериального генома
свободно живущая бактерия
факультативный симбионт
патоген или мутуалист, облигатный симбионт
бактерия или органелла? спор о терминах
митохондрия хлоропласт апикопласт
нуклеоморф
криптосома гликосомы гидрогеносомы
время

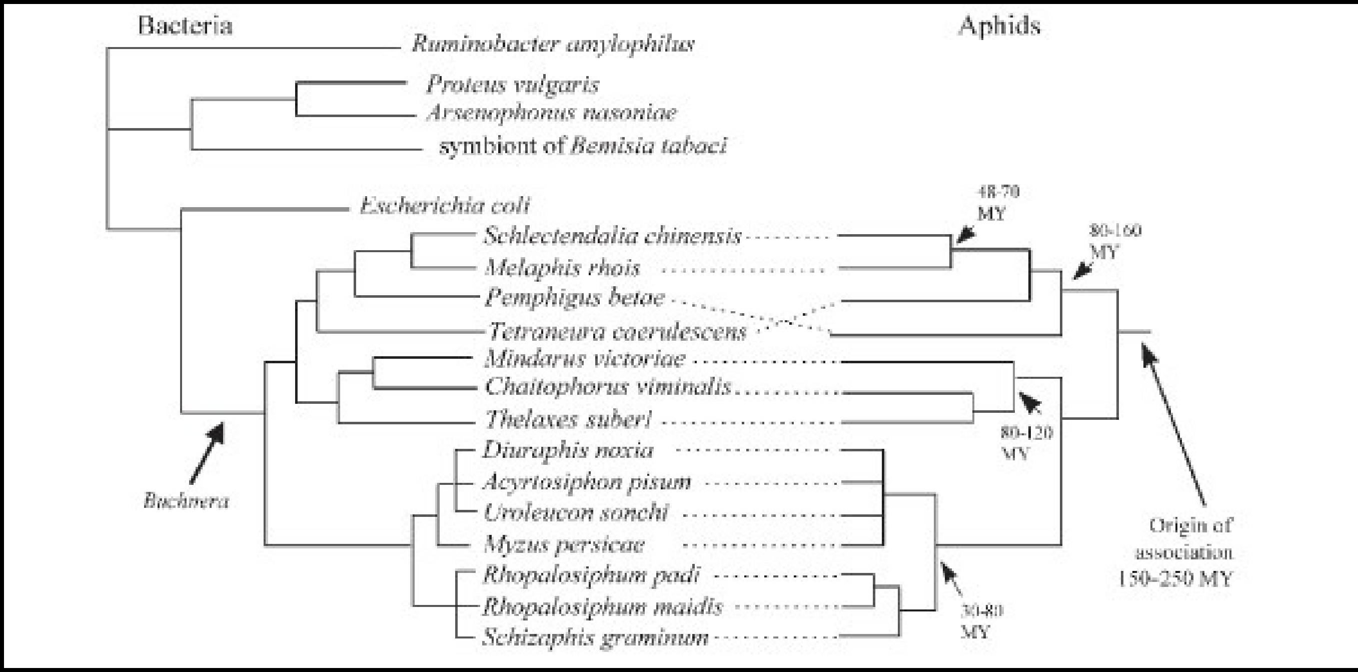
фотосинтетическая амеба *Paulinella chromatophora*

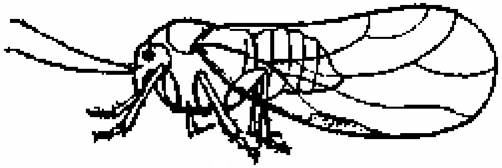
- Цианелла произошла от альфа-цианобактерии (пластиды растений от бета-цианобактерий)
- Возраст симбиоза 60 Mya (Nowack *et al*., 2008)
- Геном в три раза меньше свободноживущих цианобактерий



Бухнера - Тля

The main role of Buchnera *is the biosynthesis and provisioning of* *essential amino acids* *to its aphid host.*





A Small Microbial Genome: The End of a Long Symbiotic Relationship?

Vicente Pérez-Brocal,[1,2] Rosario Gil,[1,2] Silvia Ramos,[1] Araceli Lamelas,[1,2] Marina Postigo,[3] José Manuel Michelena,[1,4] Francisco J. Silva,[1,2] Andrés Moya,[1,2] Amparo Latorre[1,2*]

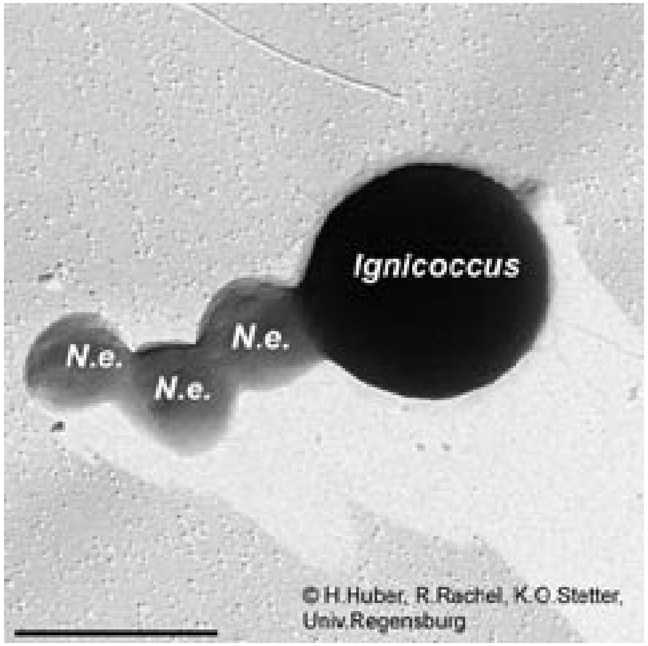
Published online 14 September 2006;

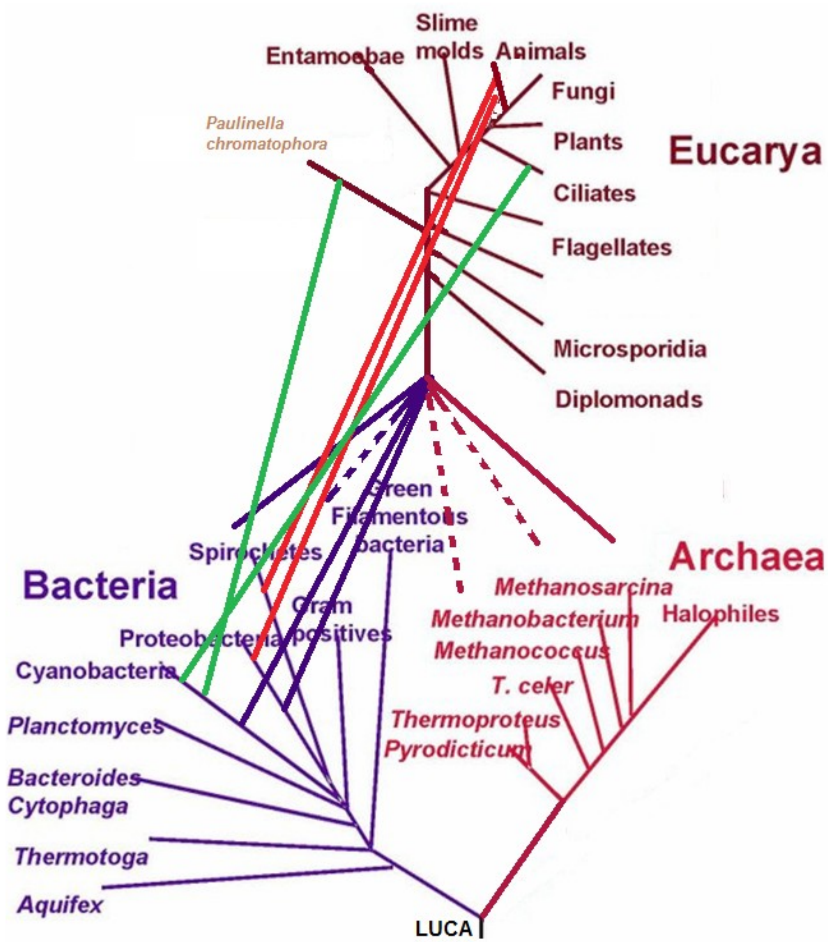
Carsonella ruddii – самый маленький бактериальный геном

- 160 Kb, 182 белок кодирующих генов
- гамма-протеобактерия
- живет в бактериоцитах у листоблошек

паразиты ?

- *Nanoarchaeum equitans*, экстремальный термофил
- 490 Kb, 536 генов (Waters *et al.,* 2003)
- паразит другой археи - *Ignicoccus*

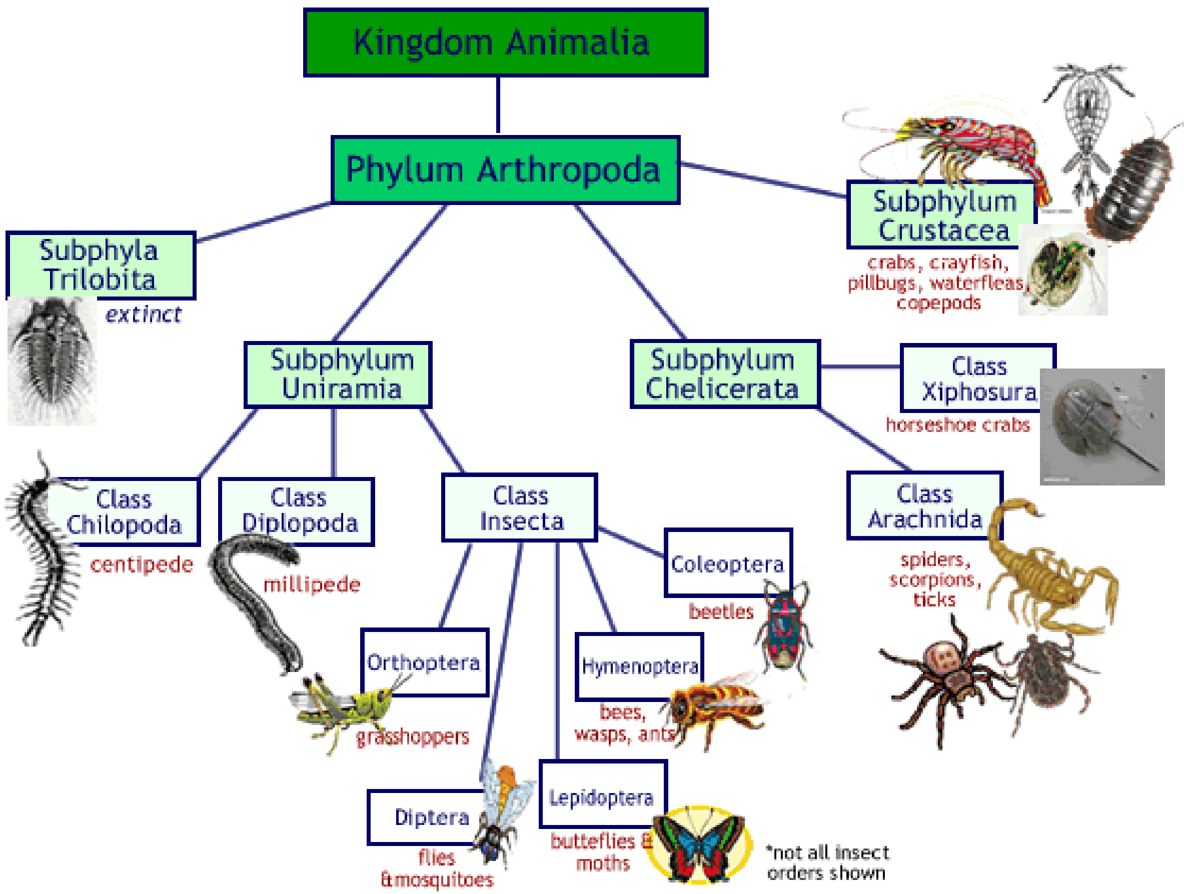




Slime
molds
Entamoebae
Animals
Fungi
Plants
Eucarya
Paulinella
chromatophora
Ciliates
Flagellates
Microsporidia
Diplomonads
Green
Filamentous
bacteria
Spirochetes
Archaea
Bacteria
Methanosarcina
Gram
positives
Methanobacterium
Halophiles
Proteobacteria
Methanococcus
Cyanobacteria
T. celer
Thermoproteus
Planctomyces
Pyrodicticum
Bacteroides
Cytophaga
Thermotoga
Aquifex
LUCA

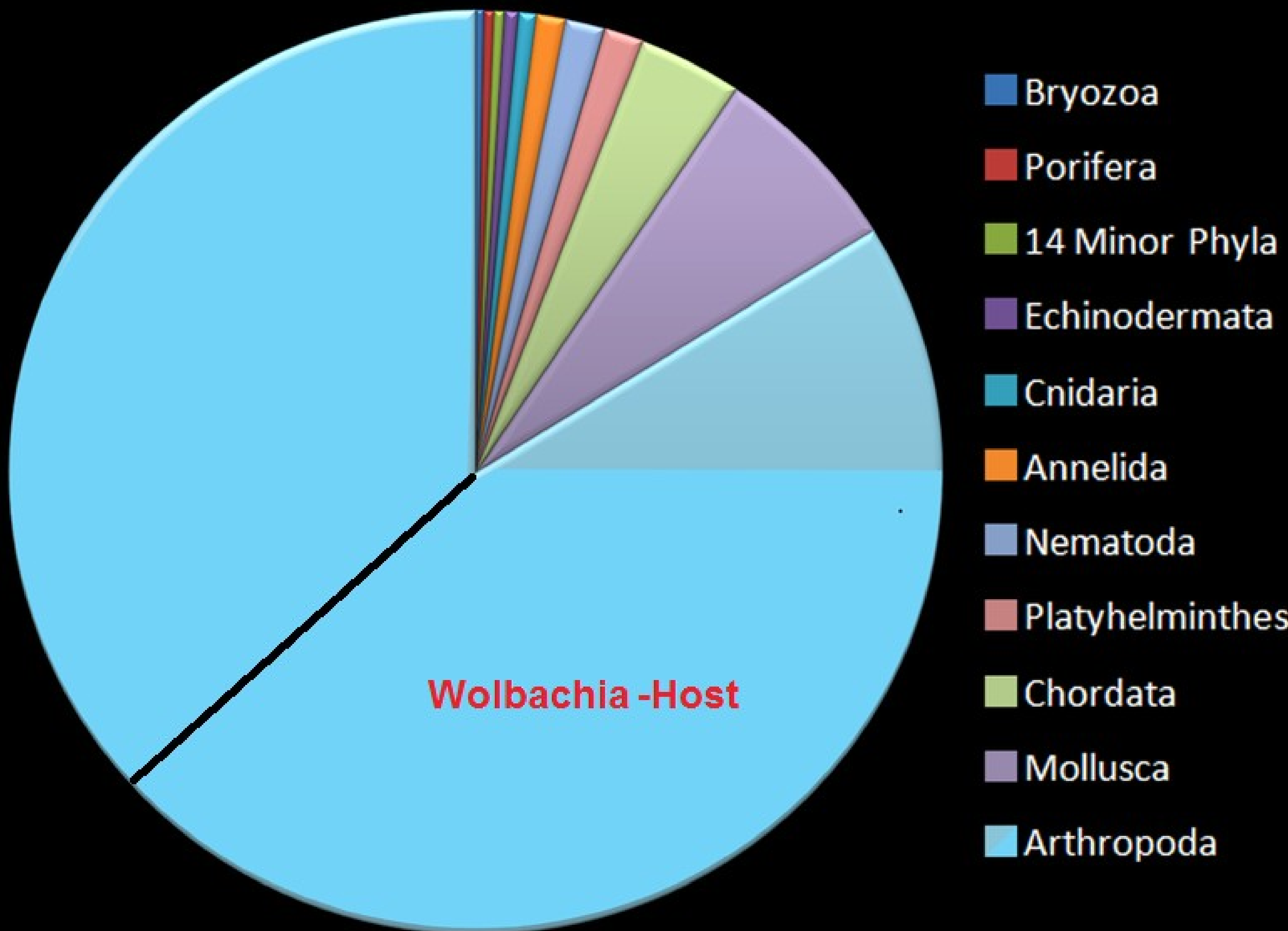
Wolbachia - Arthropoda

«...the proportion of Wolbachia-infected insecta species is estimated to be 66%...» (Hilgenboecker *et al.*, 2008)

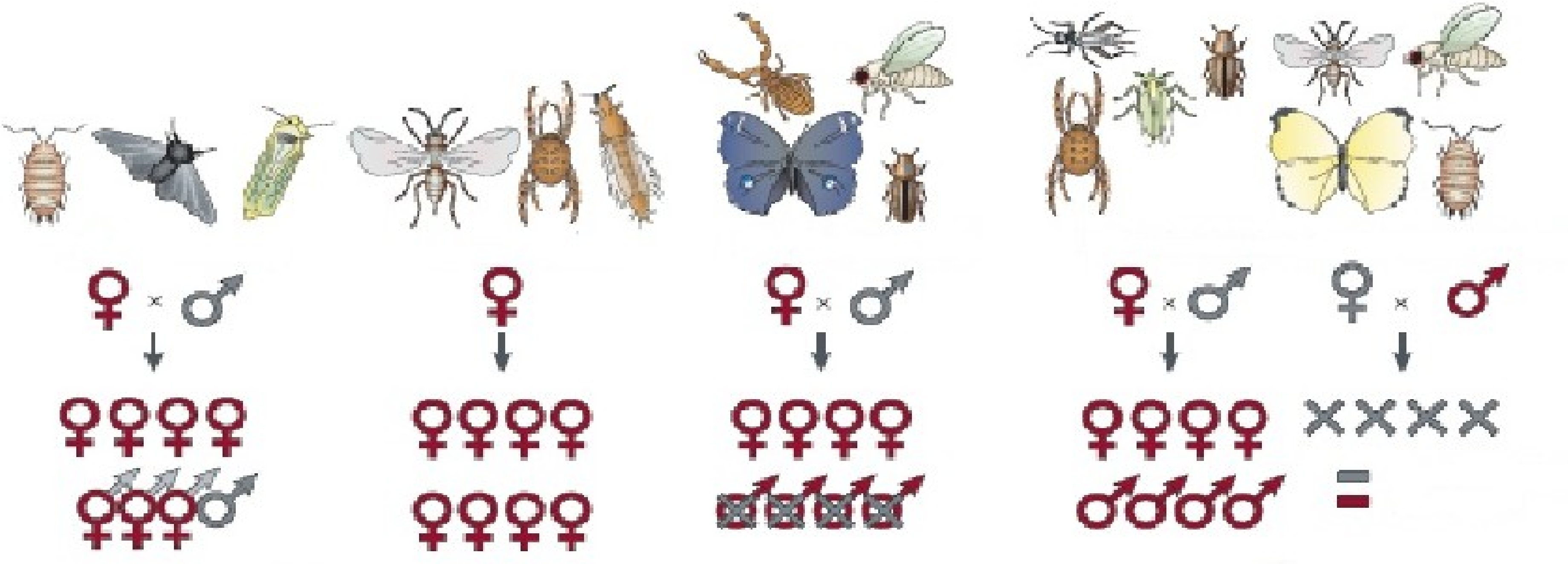


http://www.biologycorner.com/bio1/notes-arthropods.html

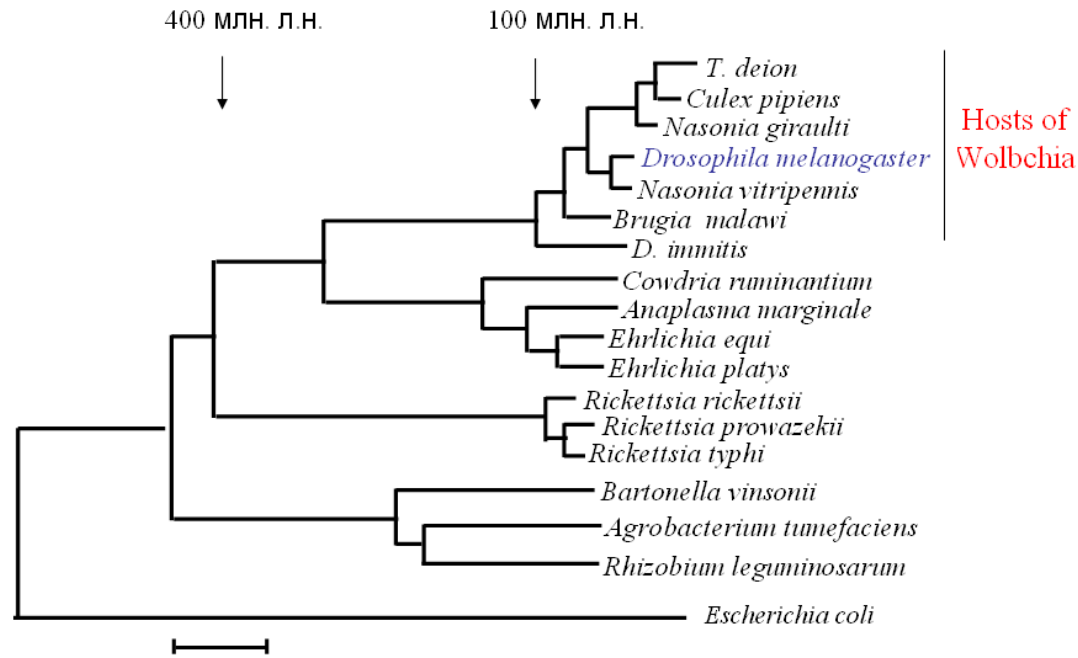
Биоразнообразие животных



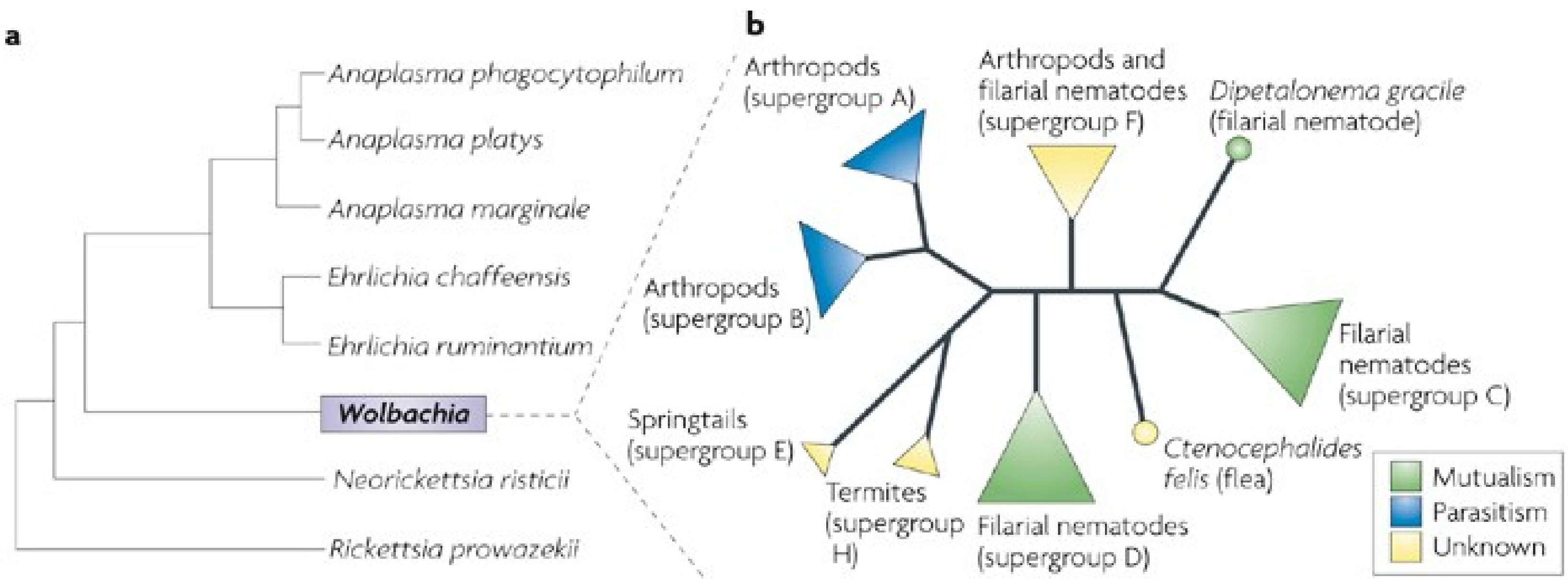
Wolbachia вызывает репродуктивные аномалии



феминизация партеногенез андроцид ЦН



Werren 2006



Werren et al., 2008 Wolbachia: master manipulators of invertebrate biology

Nature Reviews | Microbiology

Open access, freely available online PLoS

The *Wolbachia* Genome of *Brugia malayi*: Endosymbiont Evolution within a Human Pathogenic Nematode

Jeremy Foster[1], Mehul Ganatra[1], Ibrahim Kamal[1¤a], Jennifer Ware[1], Kira Makarova[2], Natalia Ivanova[3¤b],

Brugia malayi (filarial Nematoda) lacks a complete biosynthetic pathway for both heme and riboflavin.

In contrast, the much reduced genome of its infecting *Wolbachia* strain, *w*Bm contained a complete suite of genes for both pathways.

OPEN ACCESS Freely available online PLoS PATHOGENS

Evidence for Metabolic Provisioning by a Common Invertebrate Endosymbiont, *Wolbachia pipientis*, during Periods of Nutritional Stress

Jeremy C. Brownlie[¤a], Bodil N. Cass, Markus Riegler[¤b], Joris J. Witsenburg, Iñaki Iturbe-Ormaetxe, Elizabeth A. McGraw, Scott L. O'Neill*

School of Biological Sciences, The University of Queensland, St. Lucia, Queensland, Australia

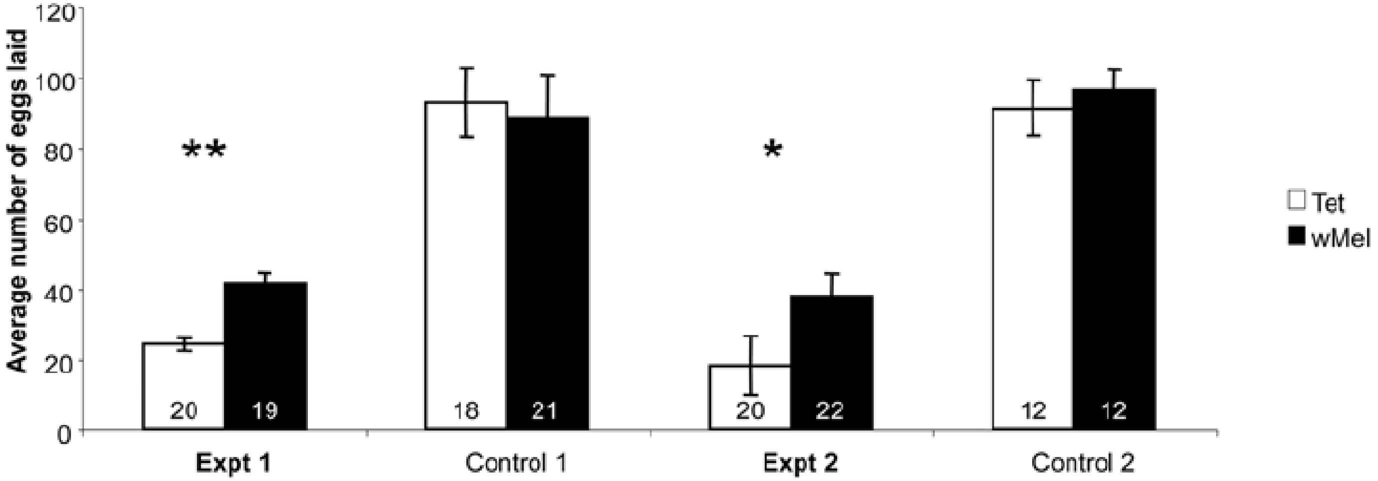


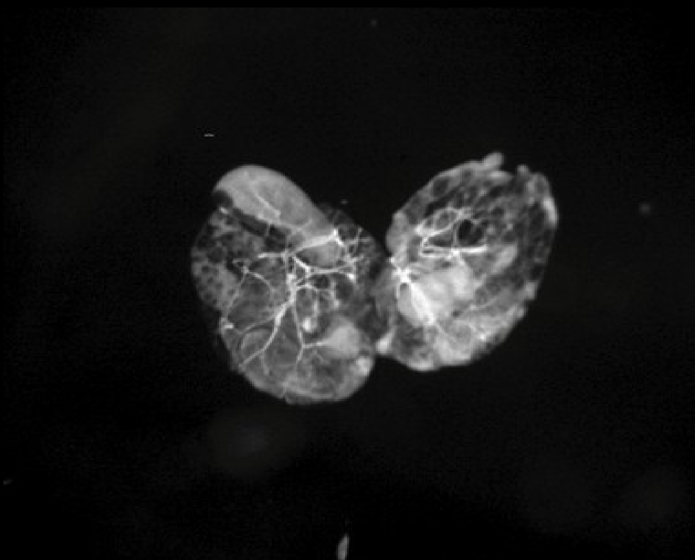
Figure 4. Mean fecundity measures of female *D. melanogaster* reared on high iron food ($FeCl_3$). The total number of eggs laid by a single female was counted over a three-day period and the average calculated. Standard error bars are indicated; replicate numbers are noted within the columns. Uninfected females are denoted by an open bar, *Wolbachia*-infected females by a filled bar. Female flies reared on cornmeal fly diet are described as "Control." Mean fecundities that are significantly different are denoted by *($p<0.05$) or ** ($p<0.001$; Mann-Whitney U Test).
doi:10.1371/journal.ppat.1000368.g004

A host–parasite interaction rescues *Drosophila* oogenesis defects

Diana J. Starr & Thomas W. Cline
Department of Molecular and Cell Biology, 401 Barker Hall, University of California, Berkeley, California 94720-3204, USA

NATURE | VOL 418 | 4 JULY 2002 | www.nature.com/nature

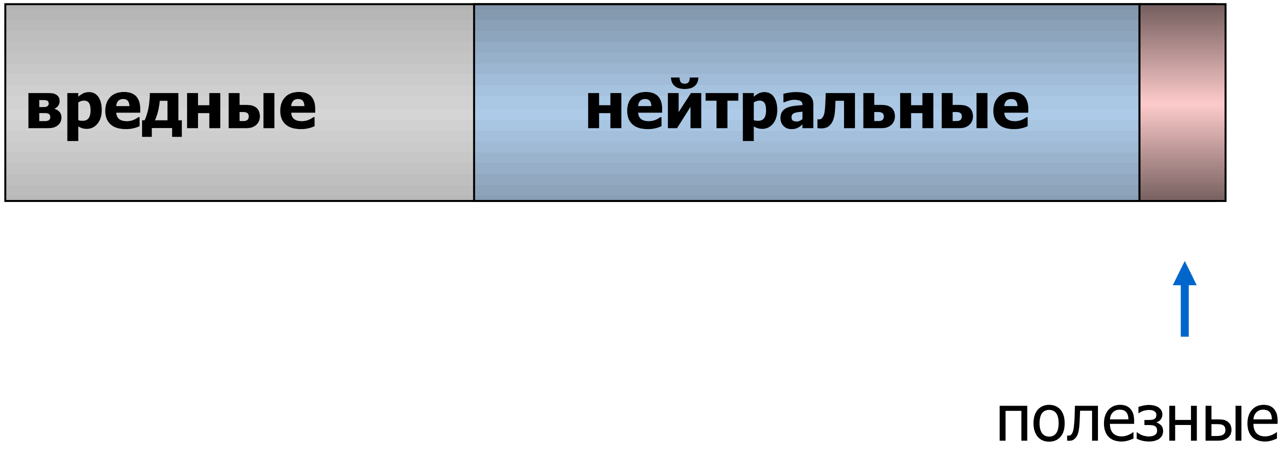
Ovaries from 4-day-old Wolbachia-infected and unifected female ***D. melanogaster*** *Sxl^{f4}/Sxl^{f4}*



uninfected female, sterile

infected female, *fertile*

Нейтрализм Кимуры



PROCEEDINGS OF THE ROYAL SOCIETY B BIOLOGICAL SCIENCES

The endosymbiont *Wolbachia* increases insulin/IGF-like signalling in *Drosophila*

Tomoatsu Ikeya, Susan Broughton, Nazif Alic, Richard Grandison and Linda Partridge

Proc. R. Soc. B published online 19 August 2009

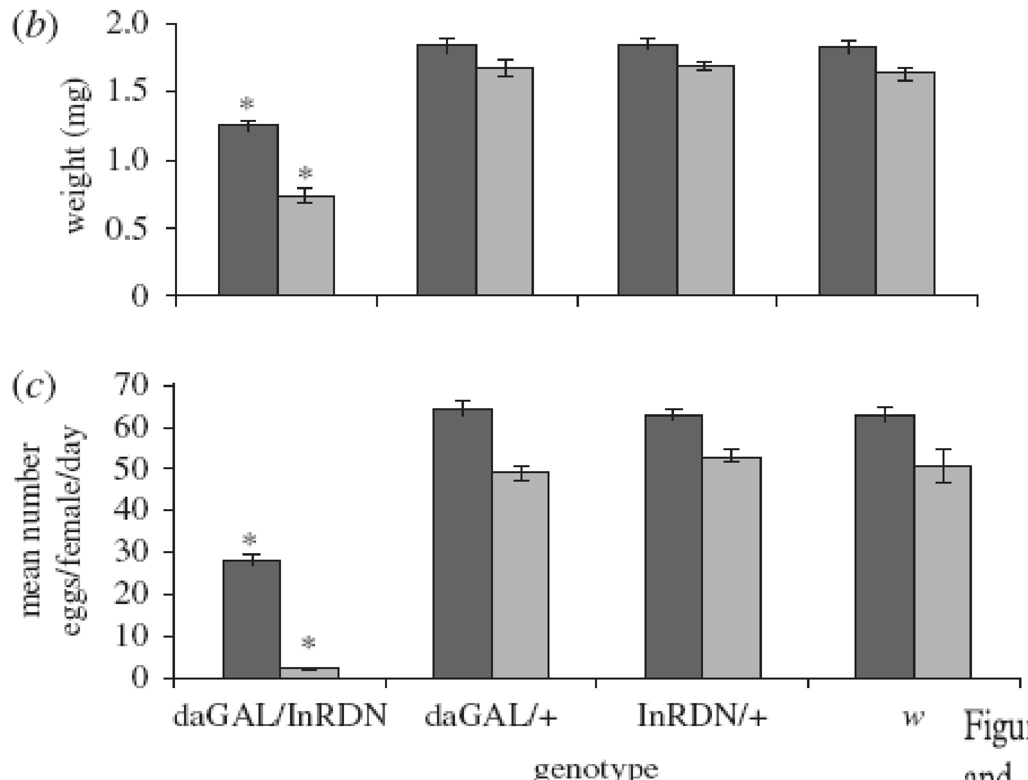


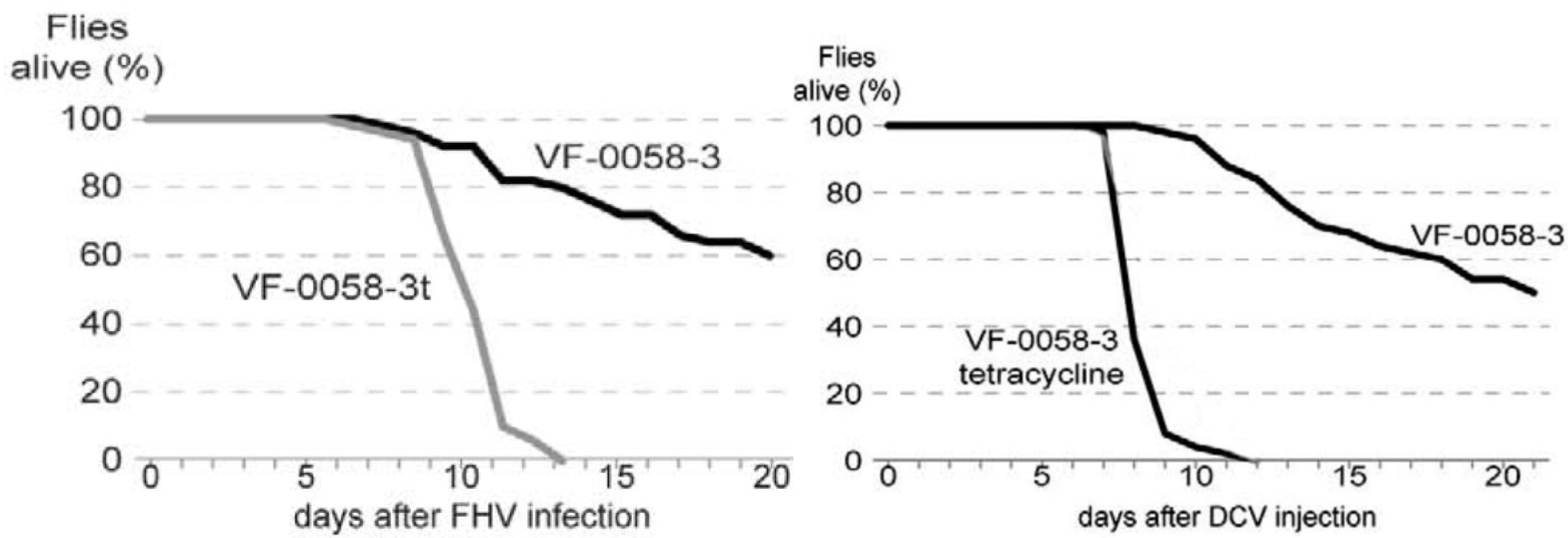
Figure 1. The effect of *Wolbachia* infection status on weight and fecundity of IIS mutant and control female flies.

OPEN ACCESS Freely available online PLoS BIOLOGY

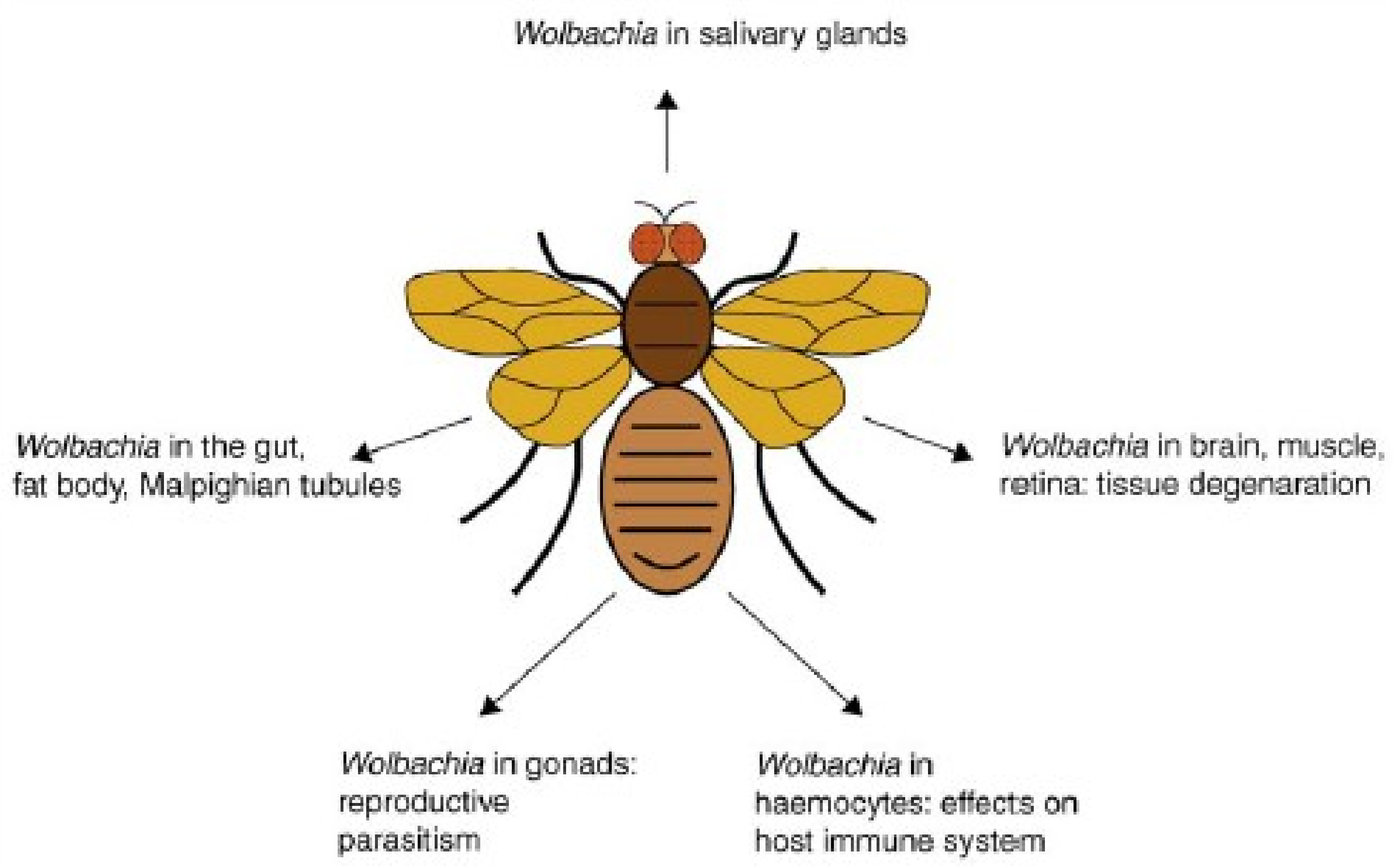
The Bacterial Symbiont *Wolbachia* Induces Resistance to RNA Viral Infections in *Drosophila melanogaster*

Luís Teixeira*, Álvaro Ferreira, Michael Ashburner

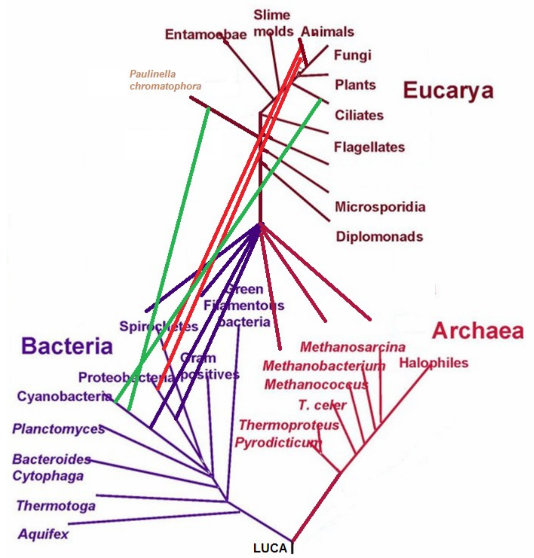
Department of Genetics, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom

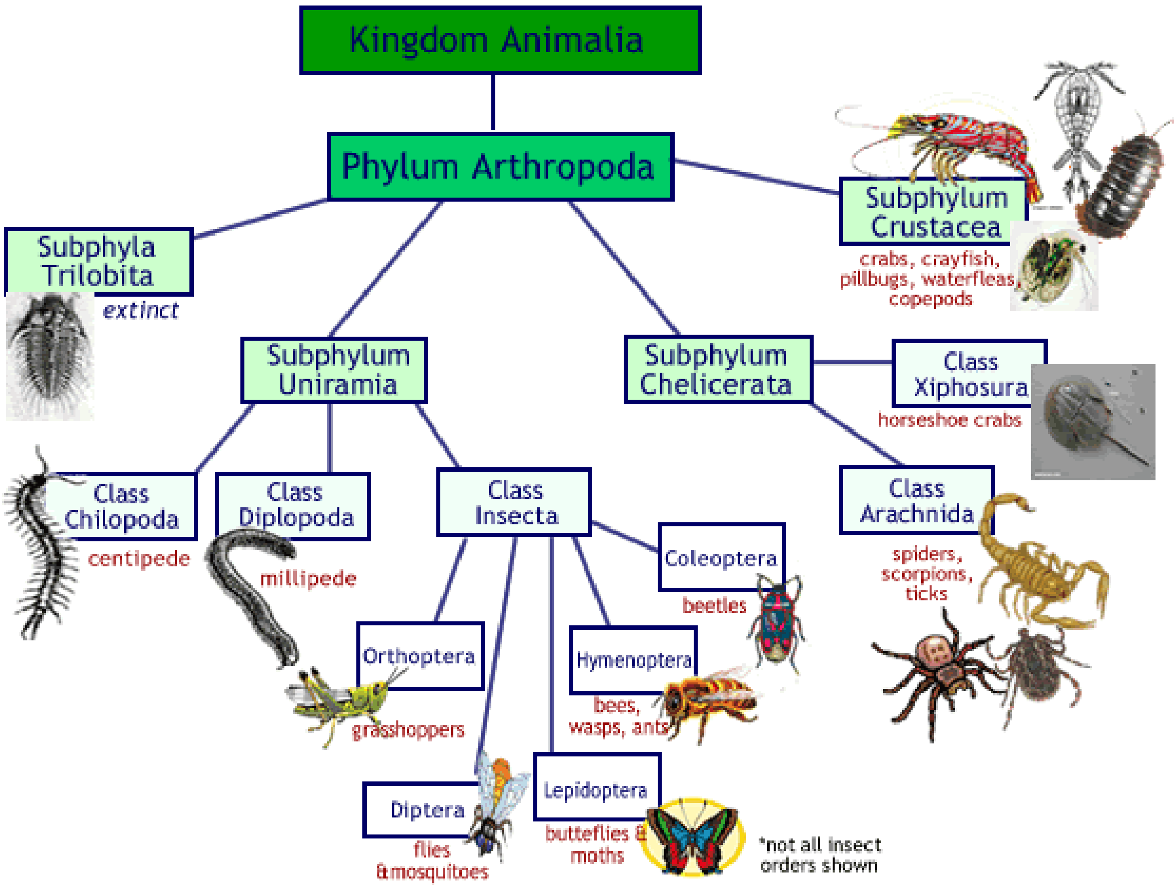


в каждой ткани свой отбор?



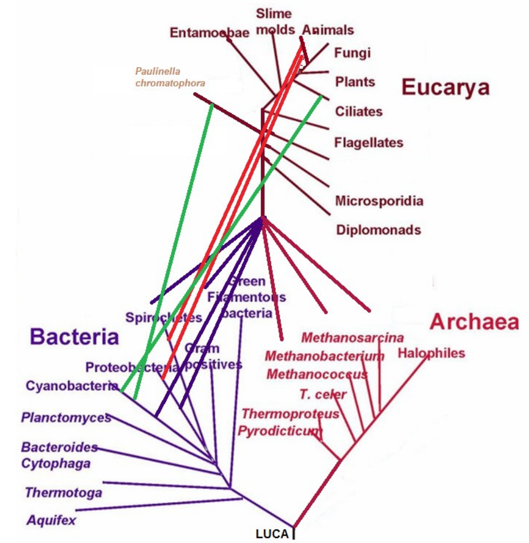
Как Wolbachia распространяется?

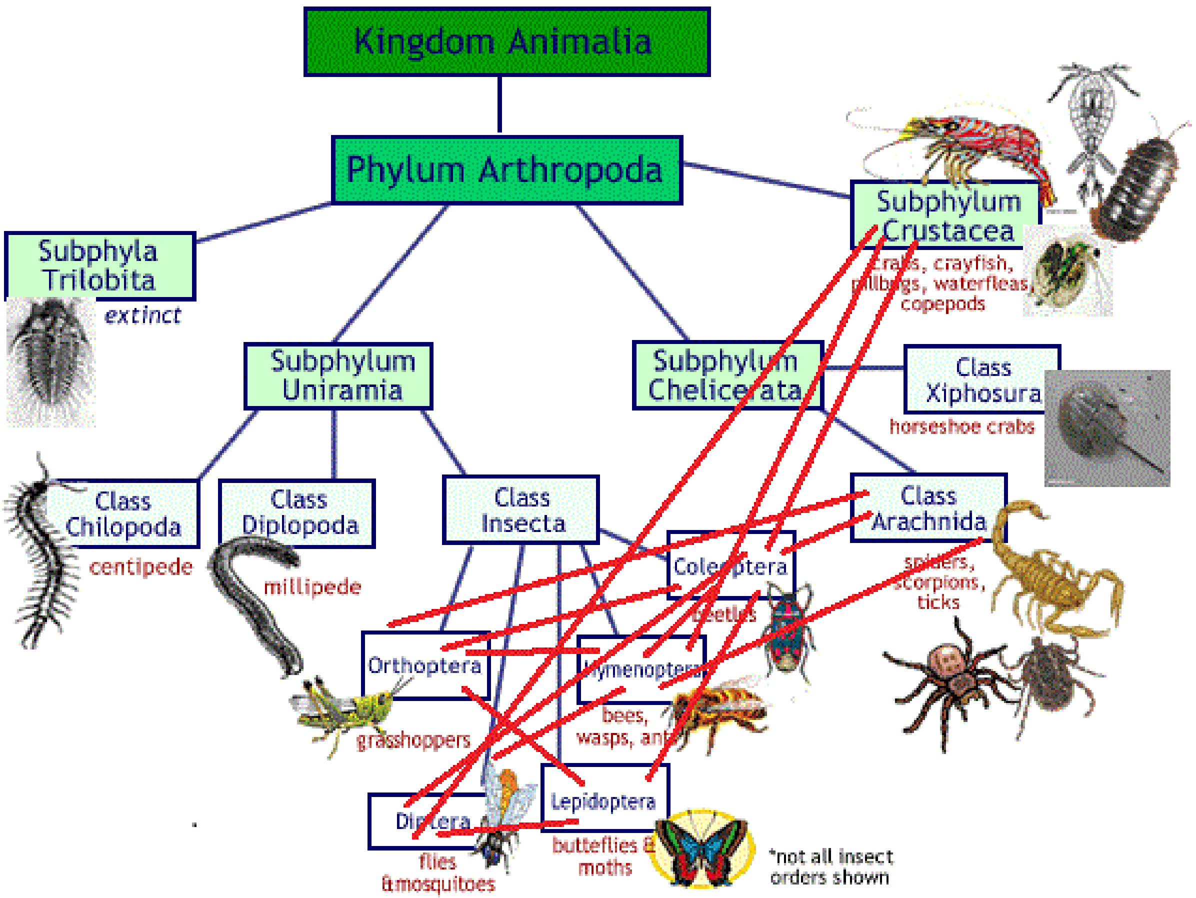




- К моменту когда началась дивергенция рода Wolbachia **все отряды насекомых** уже существовали

Как бактерия распространяется?





На «малой эволюционной шкале» перенос бактерии идет вертикально,

На «большой» горизонтальный перенос