Wolbachia: внутриклеточный иммигрант беспозвоночных

Симбиоз и его виды

Симбио́з (от греч. συμ- — «совместно» и βίος — «жизнь») - сосуществование представителей разных биологических видов (немецкий миколог Антон де Бари, 1879г.)

Виды симбиоза:

«**+**» - приносящий пользу сожителю
«**-**» - приносящий вред сожителю
«**0**» - нет влияния на сожителя

Мутуализм (+/+)

рыба-клоун и морской анемон

Нейтрализм (0/0)

верблюд и щитень (пустыня Гоби)

Симбиоз и его виды

Конкуренция (-/-)

Anolis carolinensis

Anolis sagrei

Комменсализм или нахлебничество (+/0)

акула и рыбы прилипалы

Аменсализм (-/0)

деревья и трава

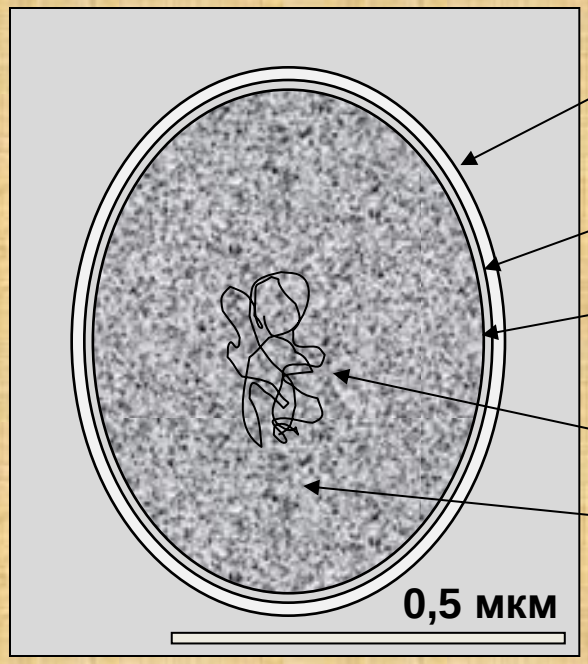
Паразитизм (+/-)

Anopheles stephensi

Эндосимбиотические бактерии *Wolbachia*

Эндосимбиоз – явление, при котором один из организмов живёт внутри тела другого (хозяина), вступая с ним в очень тесный контакт.

Wolbachia – эндосимбионты членистоногих и нематод.
грамотрицательные α-протеобактерии,
порядок Rickettsiales, семейство Anaplasmataceae



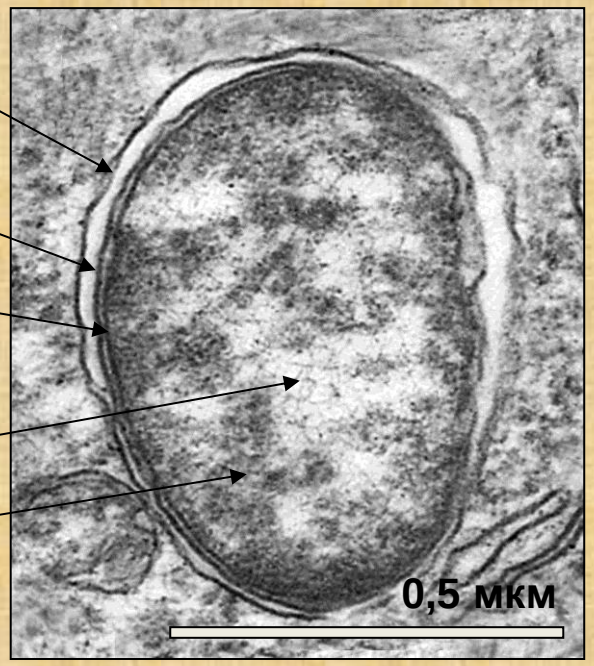
внешняя мембрана (хозяйская)

клеточная стенка

плазматическая мембрана

нити ДНК

рибосомы



Обнаружение бактерий *Wolbachia*

Неизвестная внутриклеточная бактерия была впервые обнаружена в репродуктивных тканях комаров *Culex pipiens* Гертигом и Вольбахом (Hertig, Wolbach, 1924).

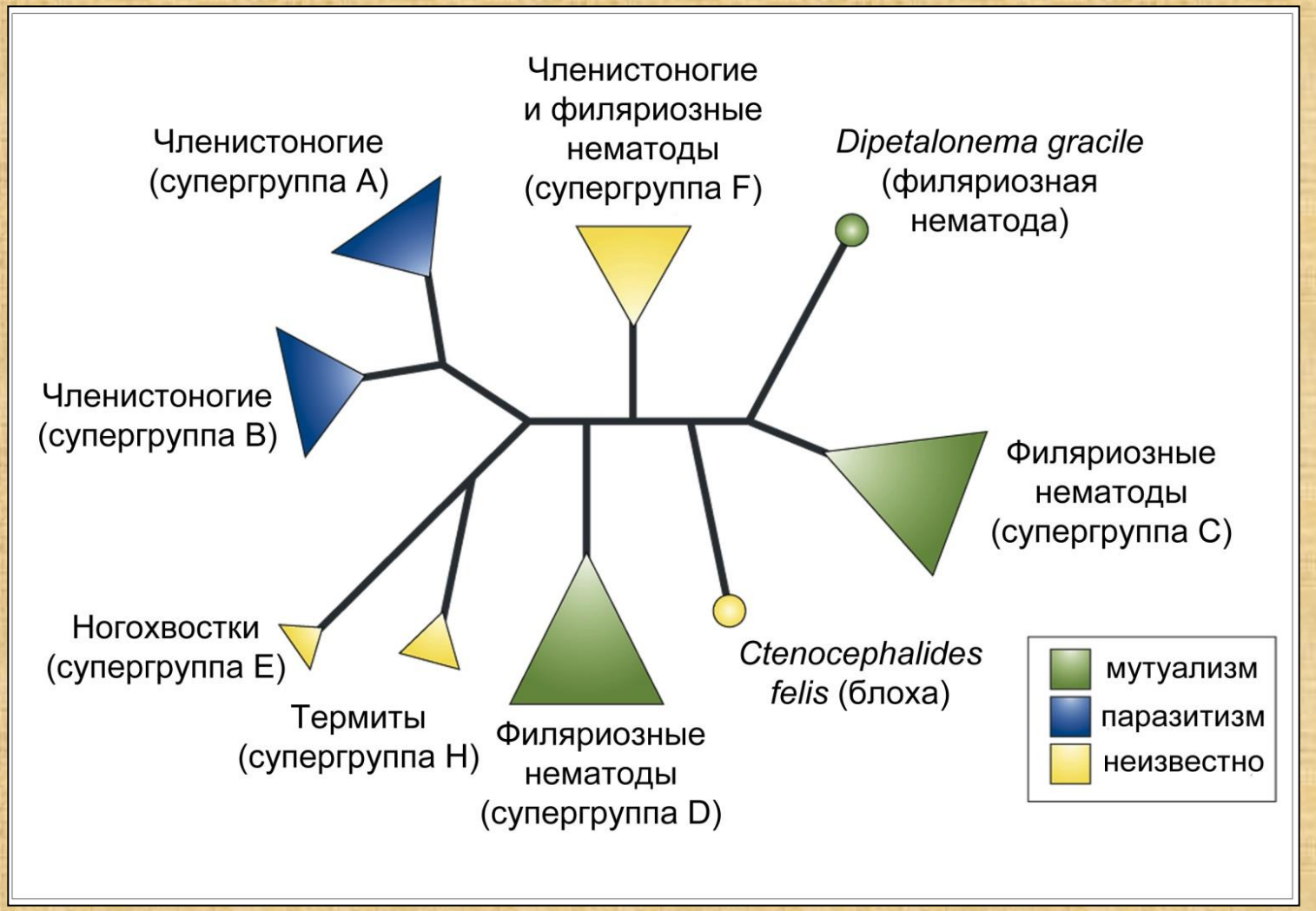
Микробиолог из Гарварда S. B. Wolbach

В 50-х годах Гелелович и Лавен (Ghelelovitch, Laven, 1951) обнаружили нежизнеспособность потомков межрасовых скрещиваний комаров комплекса видов *C. pipiens.*

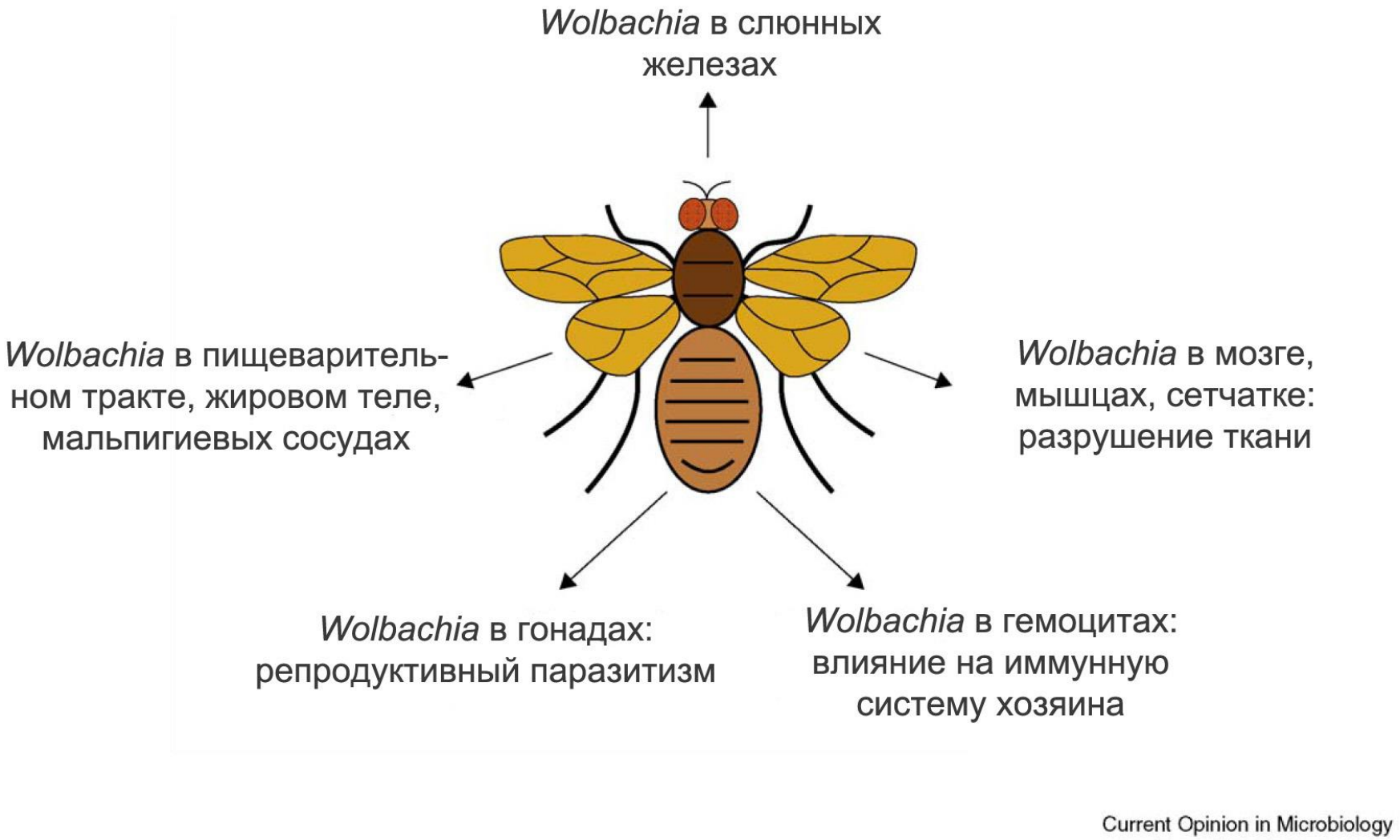
В 70-х годах была найдена взаимосвязь этих двух важных факторов, после того, как было показано, что ЦН проявляется в присутствии *Wolbachia* в организме хозяина (Yen, Barr, 1971).

Wolbachia одна из самых распространённых бактерий в природе (инфицировано более 65% видов насекомых)

Эндосимбиотические бактерии *Wolbachia*

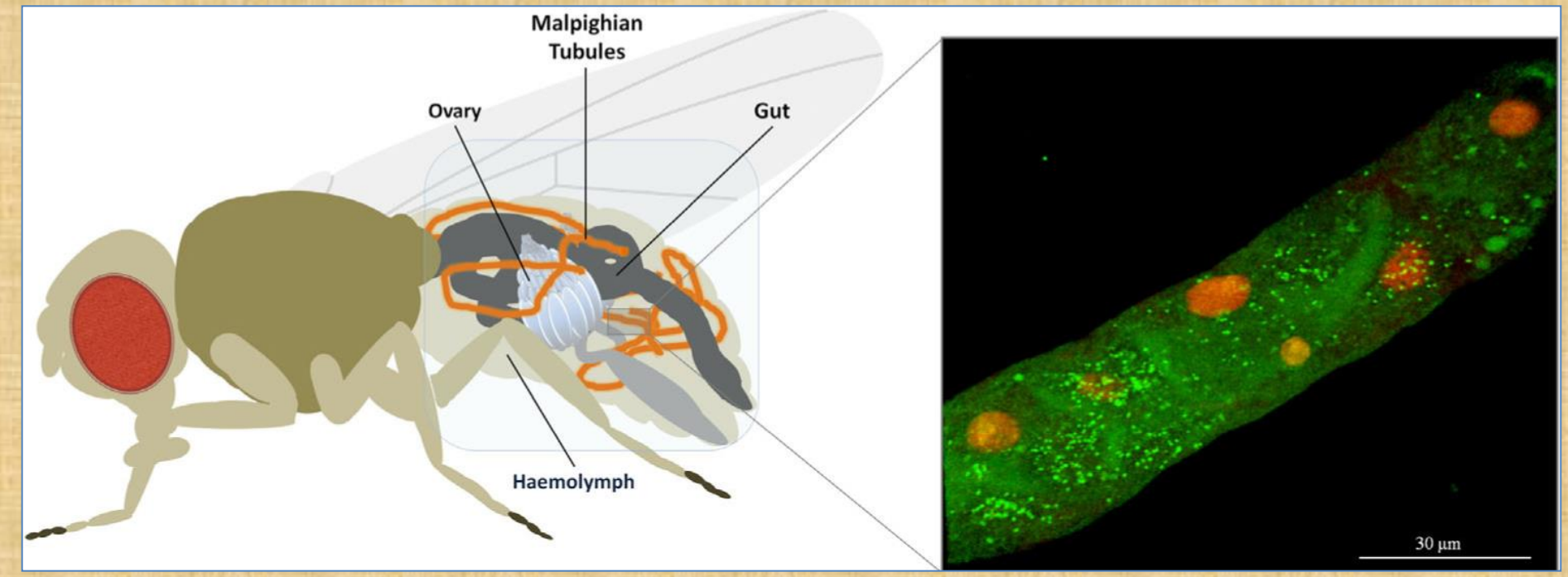


Распределение *Wolbachia* в тканях хозяина



(модифицировано из Saridaki, Bourtzis, 2010)

Wolbachia в Мальпигиевых сосудах: дополнительный источник бактерий

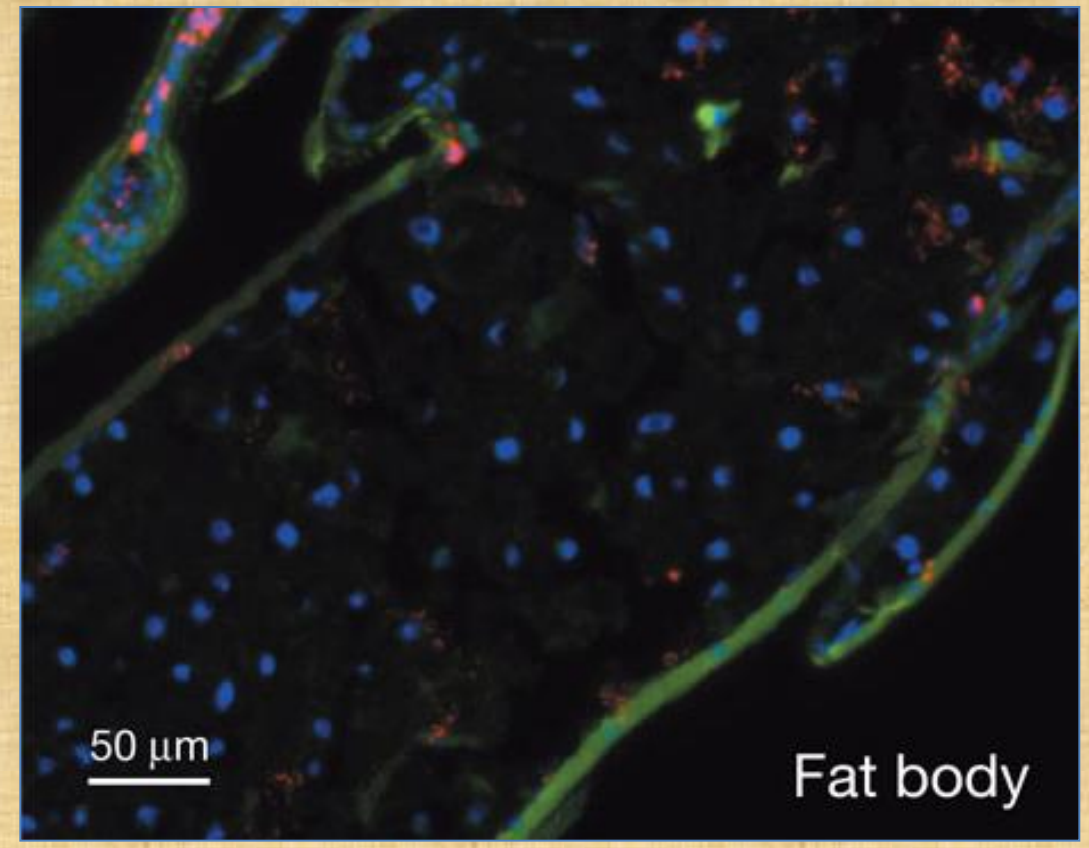


(Faria and Sucena, 2013)

Мальпигиевы сосуды (МС) сохраняются во время метаморфоза. Концы МС контактируют с гемолимфой, а также пищеварительной системой.

Бактерии в МС могут служить дополнительным источником, который усиливает инфекцию яичников для увеличения количества бактерий передающихся в следующее поколение.

Wolbachia в жировых тельцах: феромоны



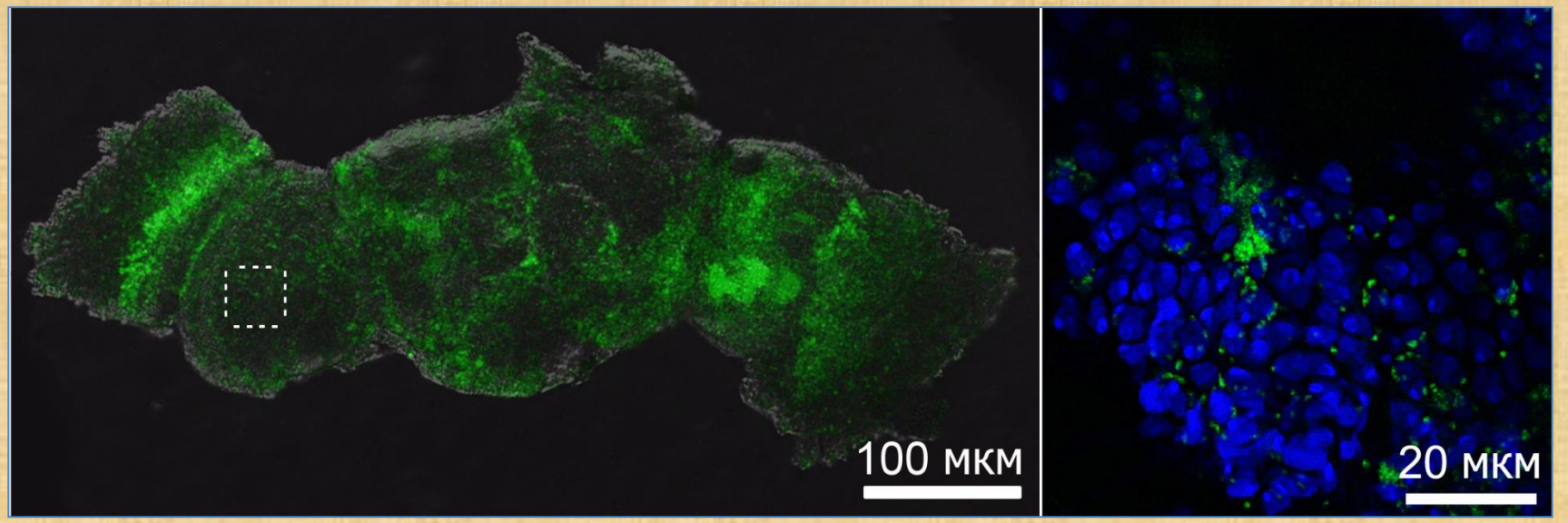
Влияние на продукцию феромонов хозяина (Koukou et al., 2006)

Инфицированные *Wolbachia* подвиды *D.melanogaster* (презиготическая изоляция)

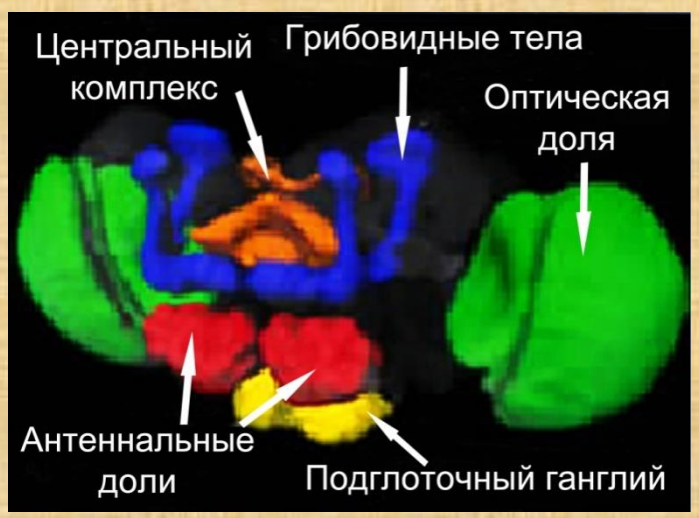
элиминация бактерий →

Снижение презиготической изоляции на 50%

Wolbachia в клетках мозга: управление хозяином

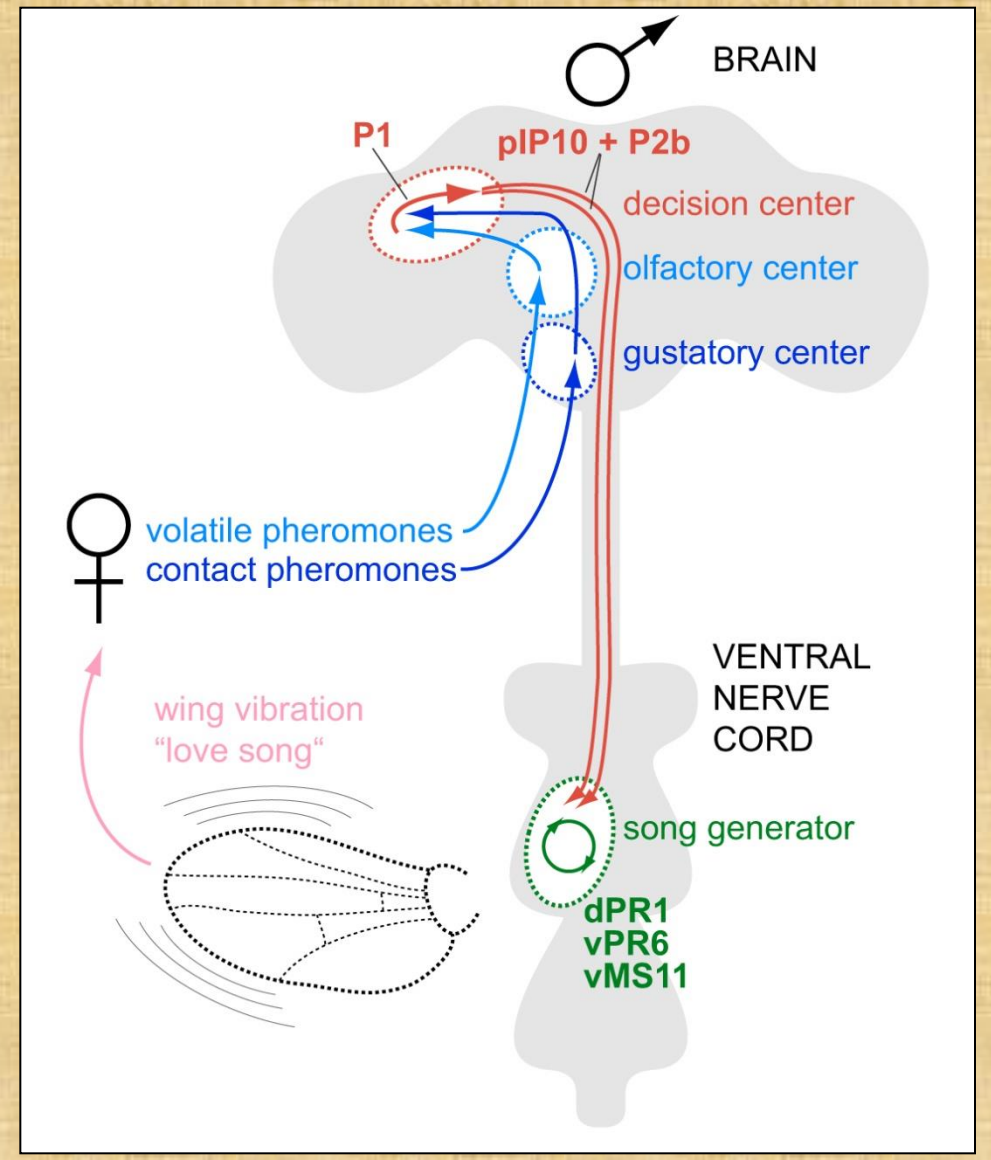


(Strunov et al., 2013)



Wolbachia в антеннальных долях – влияние на перемещение мух и восприятие феромонов.

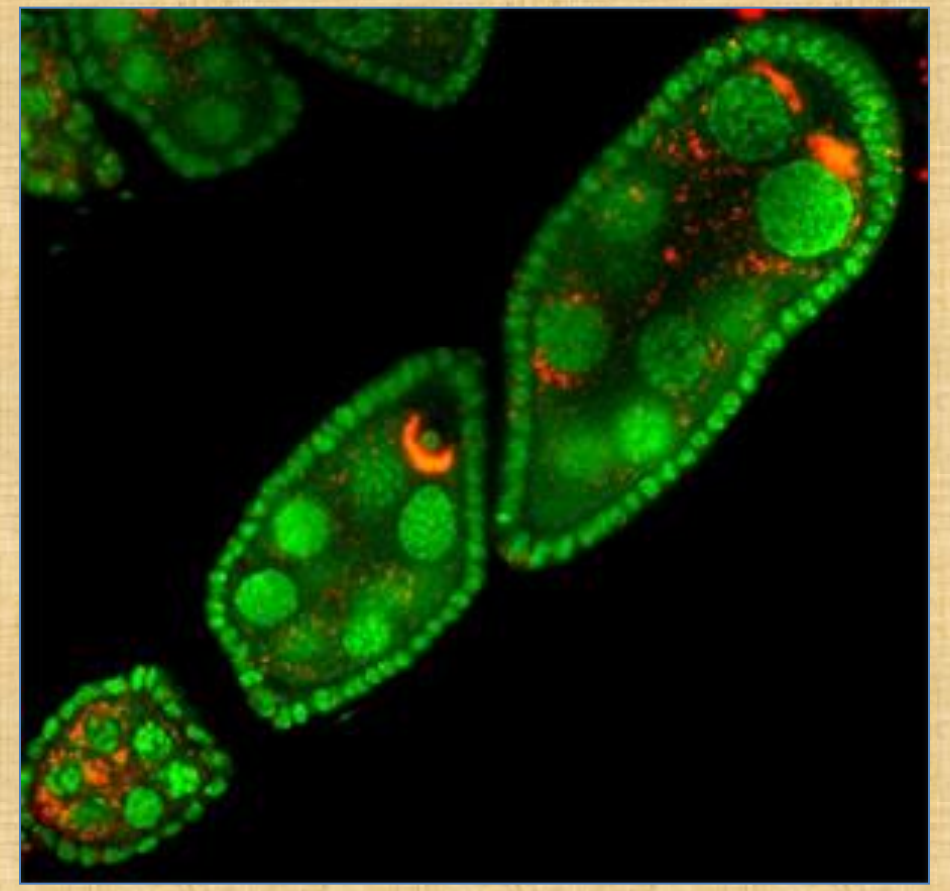
Wolbachia в клетках мозга: управление хозяином



Поведение самца при встрече с самкой

Wolbachia в центральном комплексе – влияние на процесс ухаживания (самцы *Drosophila paulistorum*, фенотип Cacofonix)

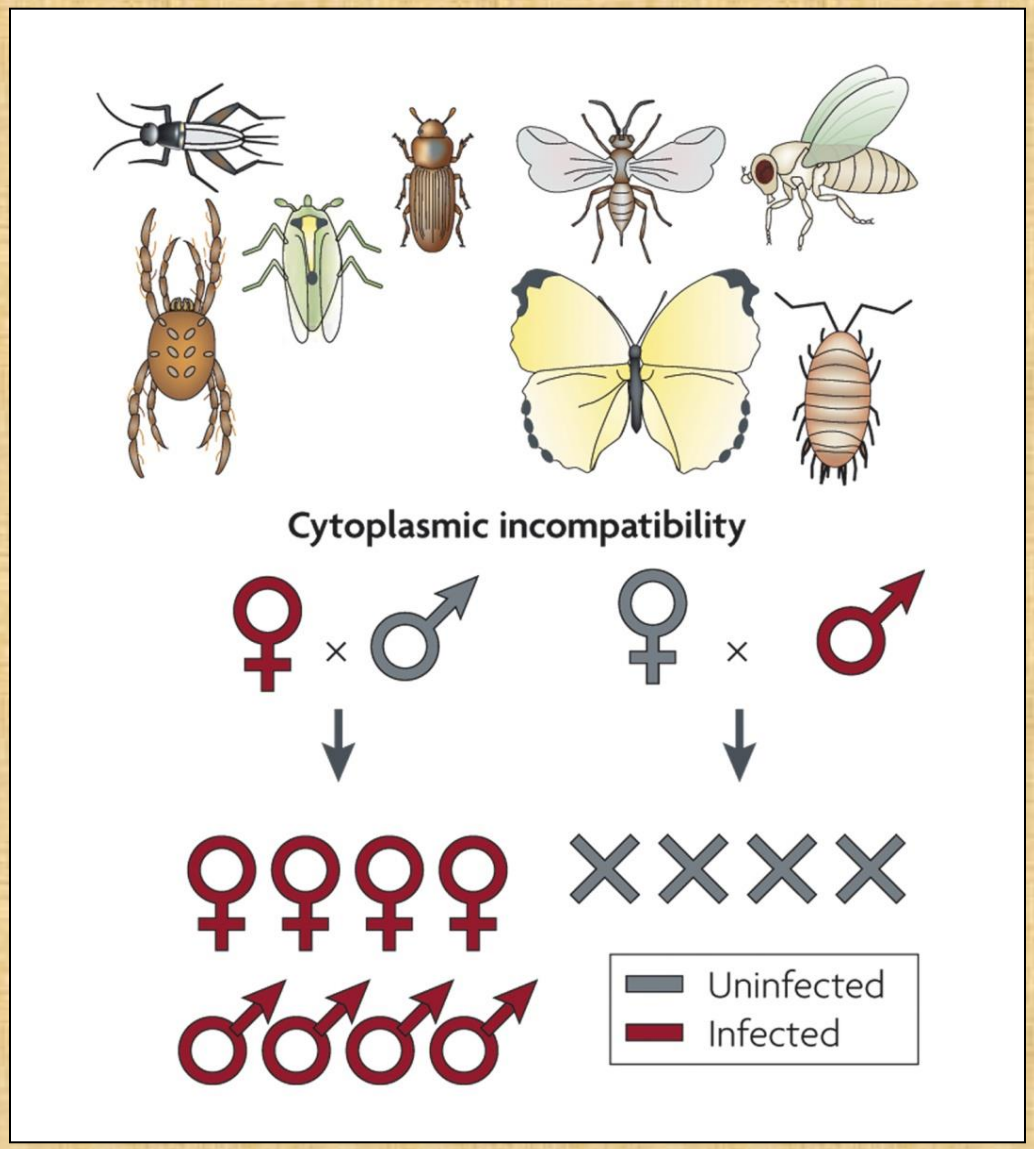
Wolbachia в гонадах: репродуктивный паразитизм



Репродуктивные органы хозяина являются самым распространённым местом локализации бактерий *Wolbachia.*

Бактерии имеют несколько специальных стратегий репродуктивного паразитизма, которые помогают им увеличить шанс передачи в следующее поколение.

Цитоплазматическая несовместимость (ЦН)

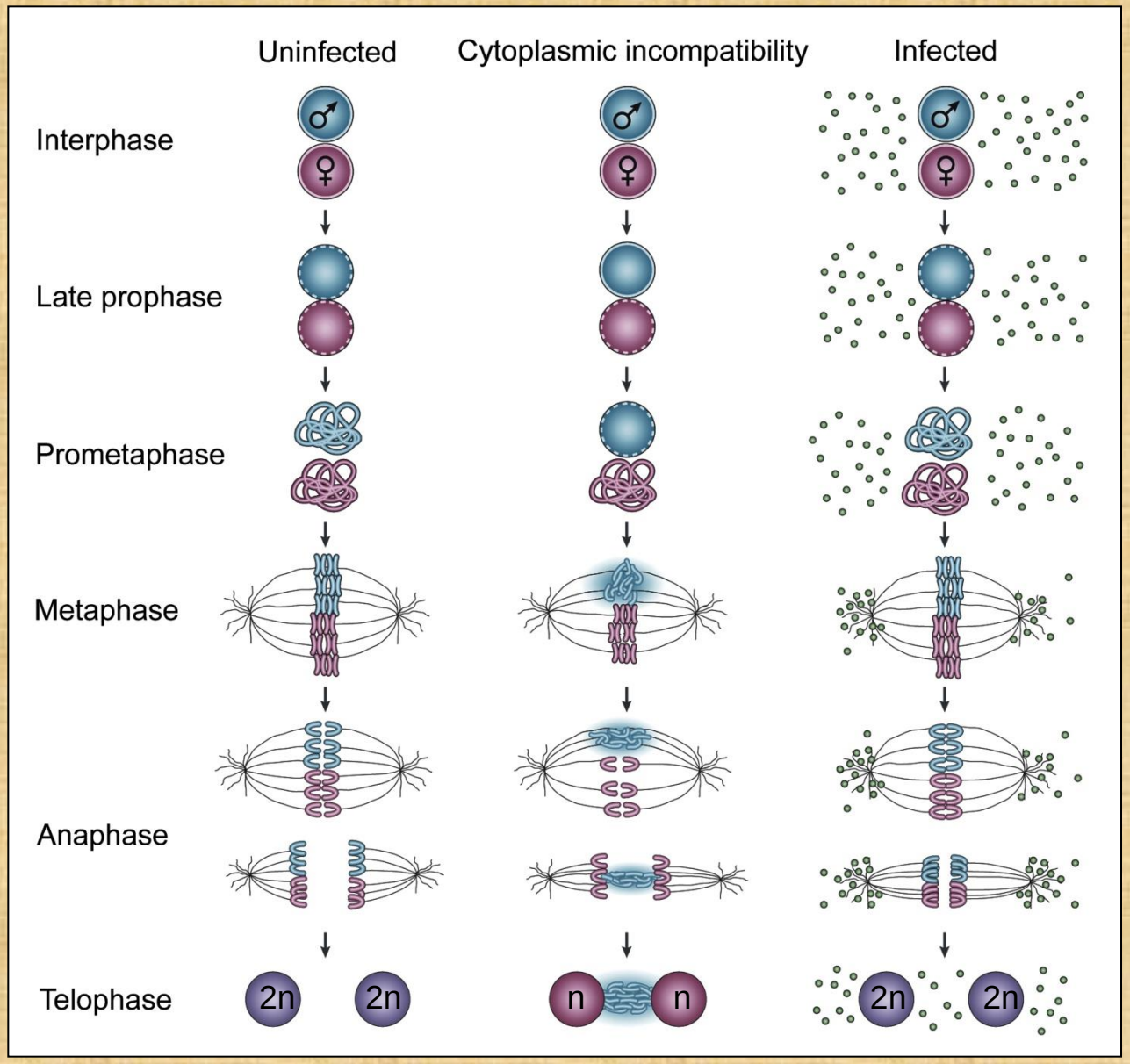


ЦН нарушает эмбриональное развитие в случае скрещивания инфицированных самцов с неинфицированными самками

(клещи, жесткокрылые, двукрылые, полужесткокрылые, перепончатокрылые, равноногие ракообразные, чешуекрылые, прямокрылые)

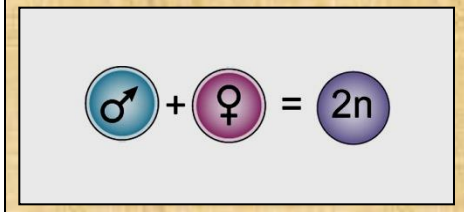
(Werren *et al*., 2008, Nature reviews | Microbiology)

Механизм цитоплазматической несовместимости

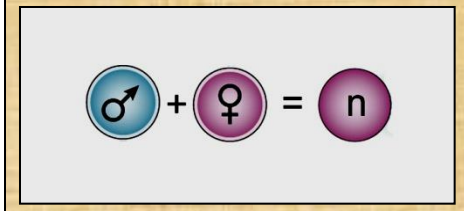


- *Wolbachia*

норма

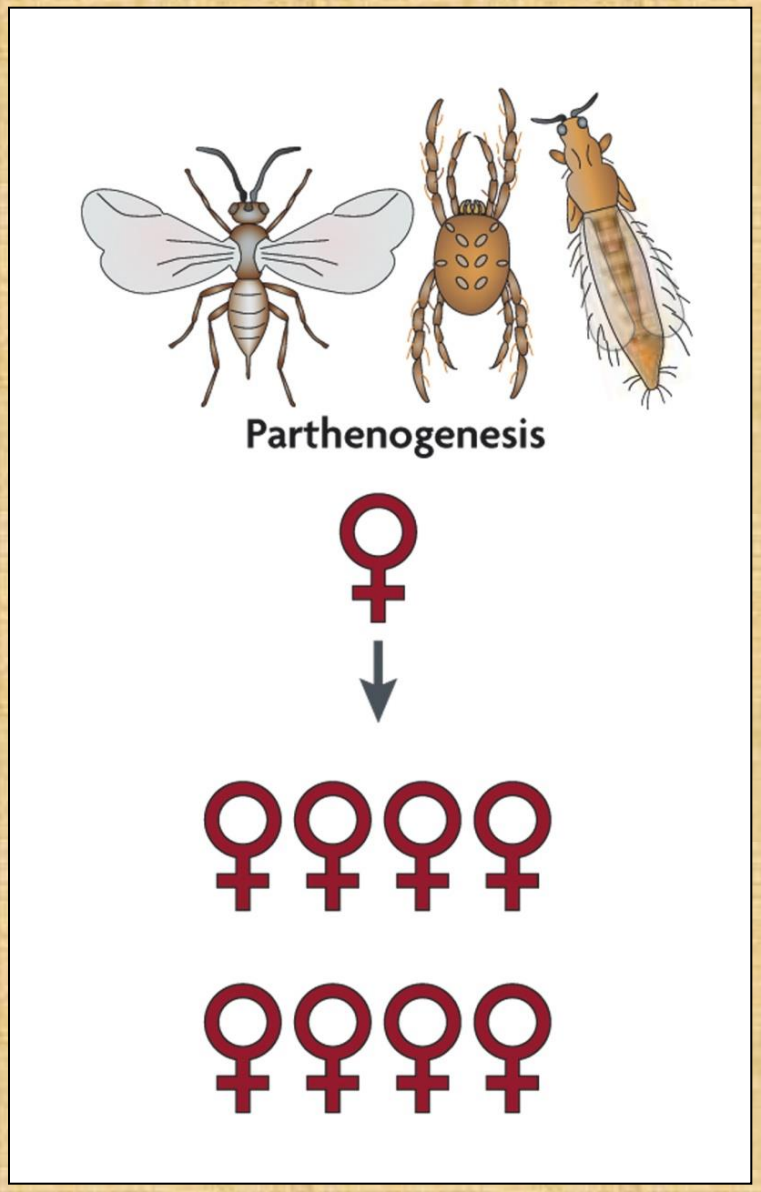


ЦН



(Werren *et al*., 2008, Nature reviews | Microbiology)

Партеногенез



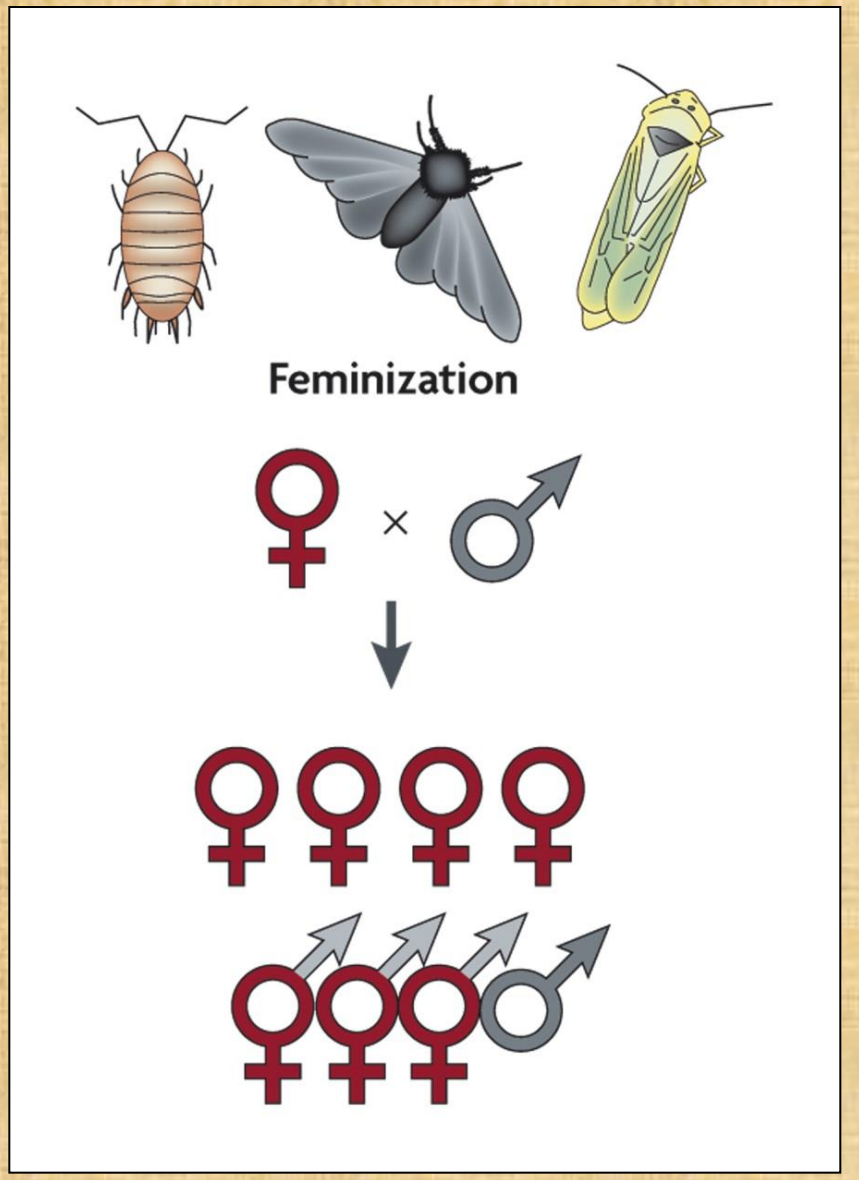
Партеногенез способствует элиминации самцов из размножения

(перепончатокрылые, клещи, трипсы)

Диплоидизация гаплоидных яиц, из которых развиваются диплоидные самки. Происходит дупликация гамет, в результате которой появляется полностью гомозиготное потомство

(Werren *et al*., 2008, Nature reviews | Microbiology)

Феминизация



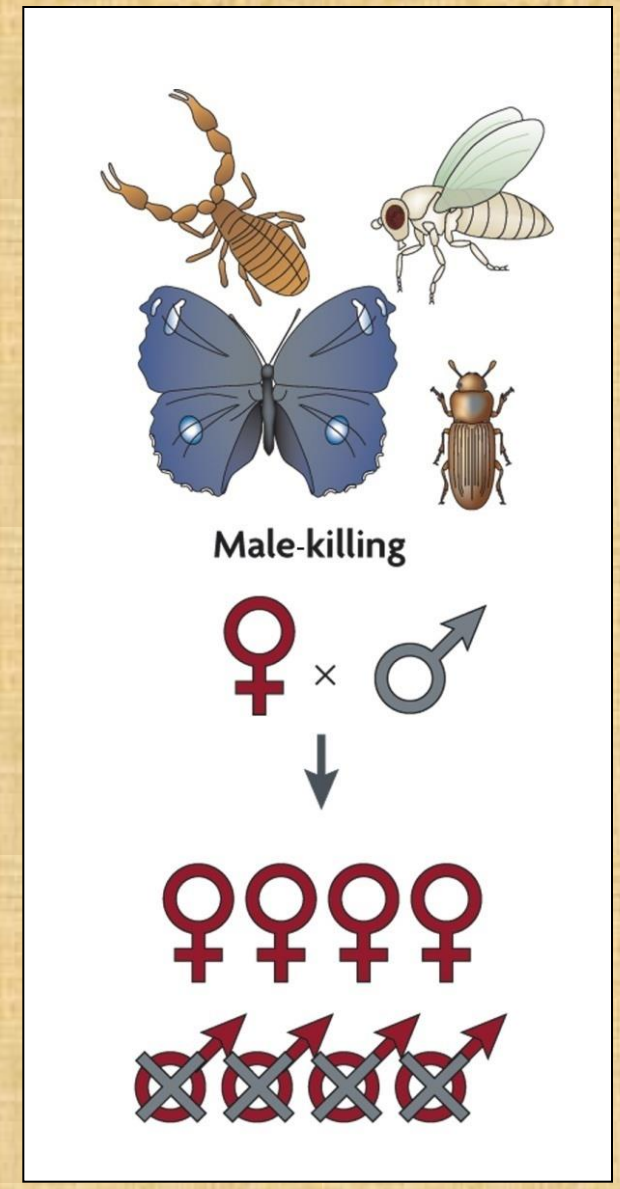
В результате феминизации генетические самцы развиваются по женскому пути

(Полужесткокрылые, Равноногие ракообразные, Чешуекрылые)

Воздействие на систему выработки андрогенного гормона

(Werren *et al*., 2008, Nature reviews | Microbiology)

Гибель самцов



«Гибель самцов» (male killing) убирает инфицированных самцов из популяции для обеспечения более выгодного положения самок (нет борьбы за ресурсы)

(Жесткокрылые, Двукрылые, Чешуекрылые, Лжескорпионы)

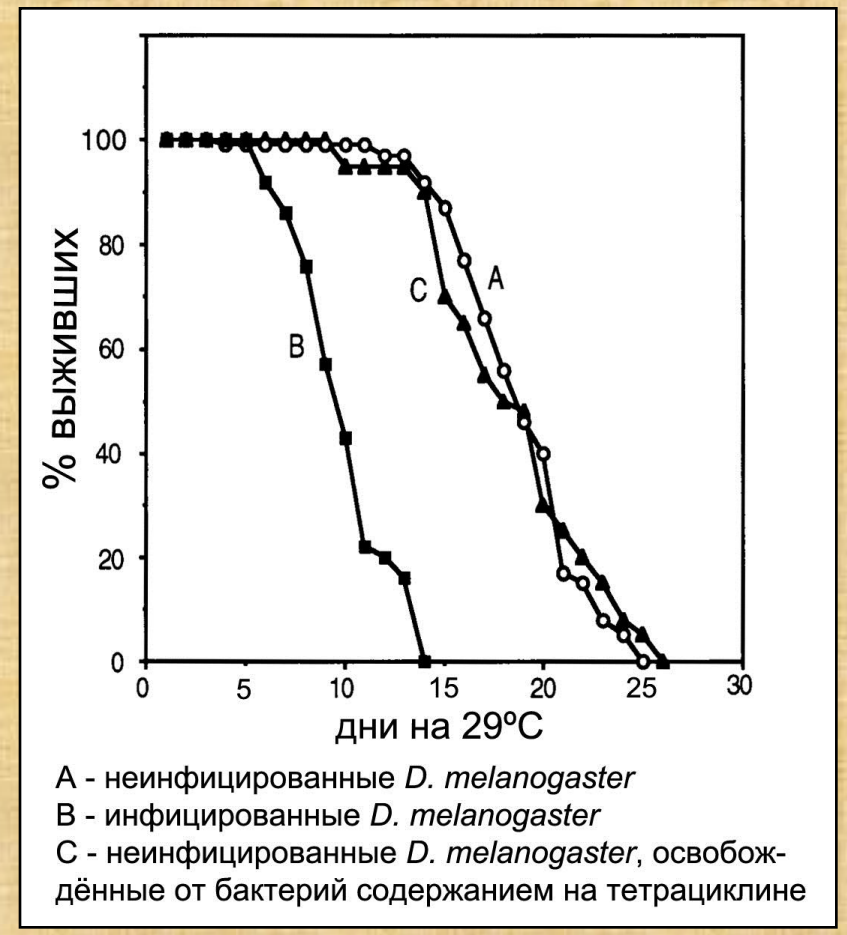
Как правило, гибель самцов происходит в эмбриогенезе

(Werren *et al*., 2008, Nature reviews | Microbiology)

Влияние *Wolbachia* на приспособленность хозяина

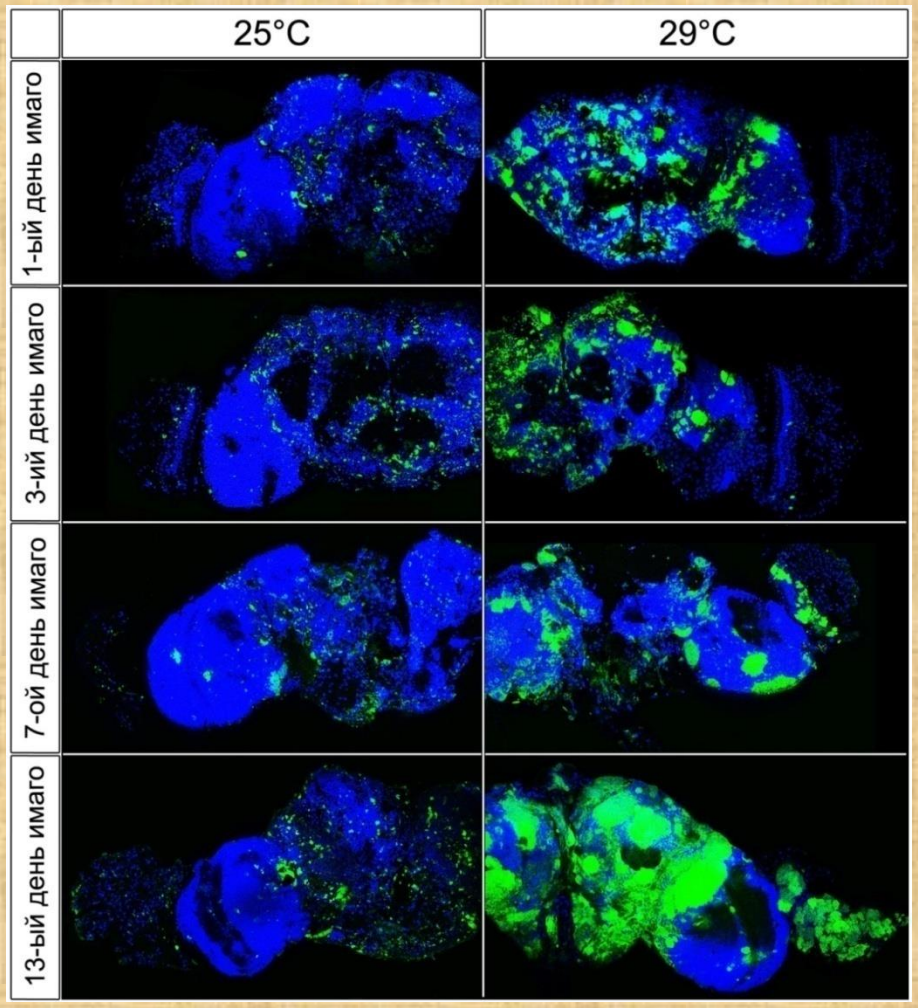
Продолжительность жизни

Влияние патогенного штамма *Wolbachia* wMelPop на выживаемость *Drosophila*



(модифицировано из Min, Benzer, 1997)

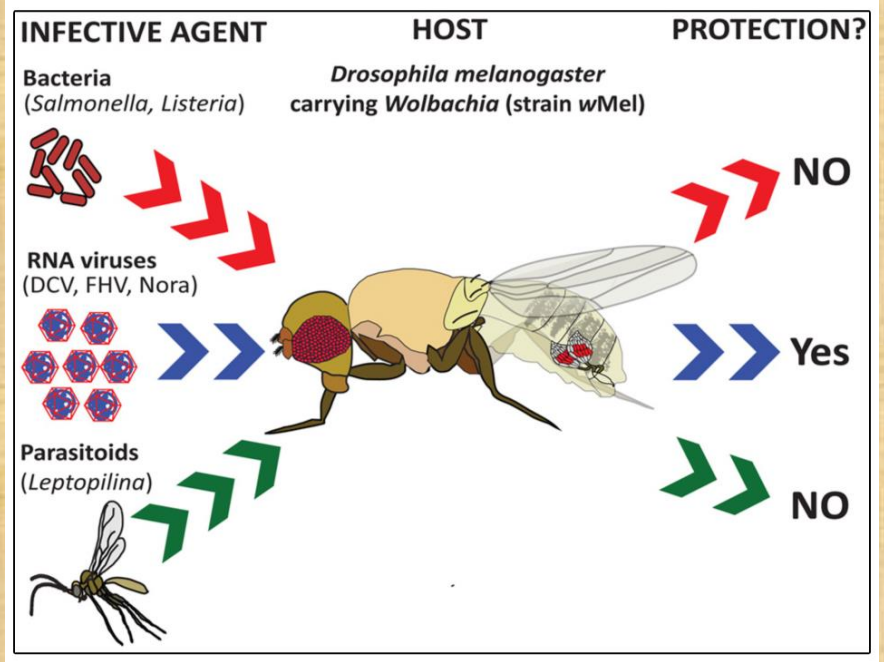
Распределение патогенного штамма *Wolbachia* wMelPop в клетках мозга *Drosophila*

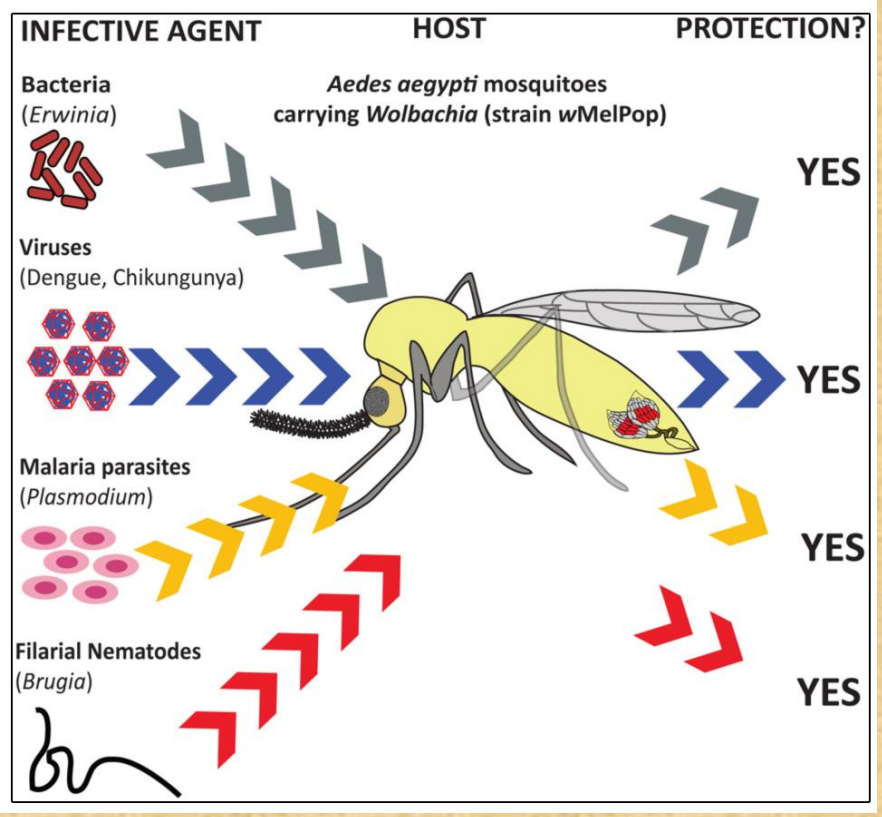


(Strunov et al., 2013)

Влияние *Wolbachia* на приспособленность хозяина

Иммунитет

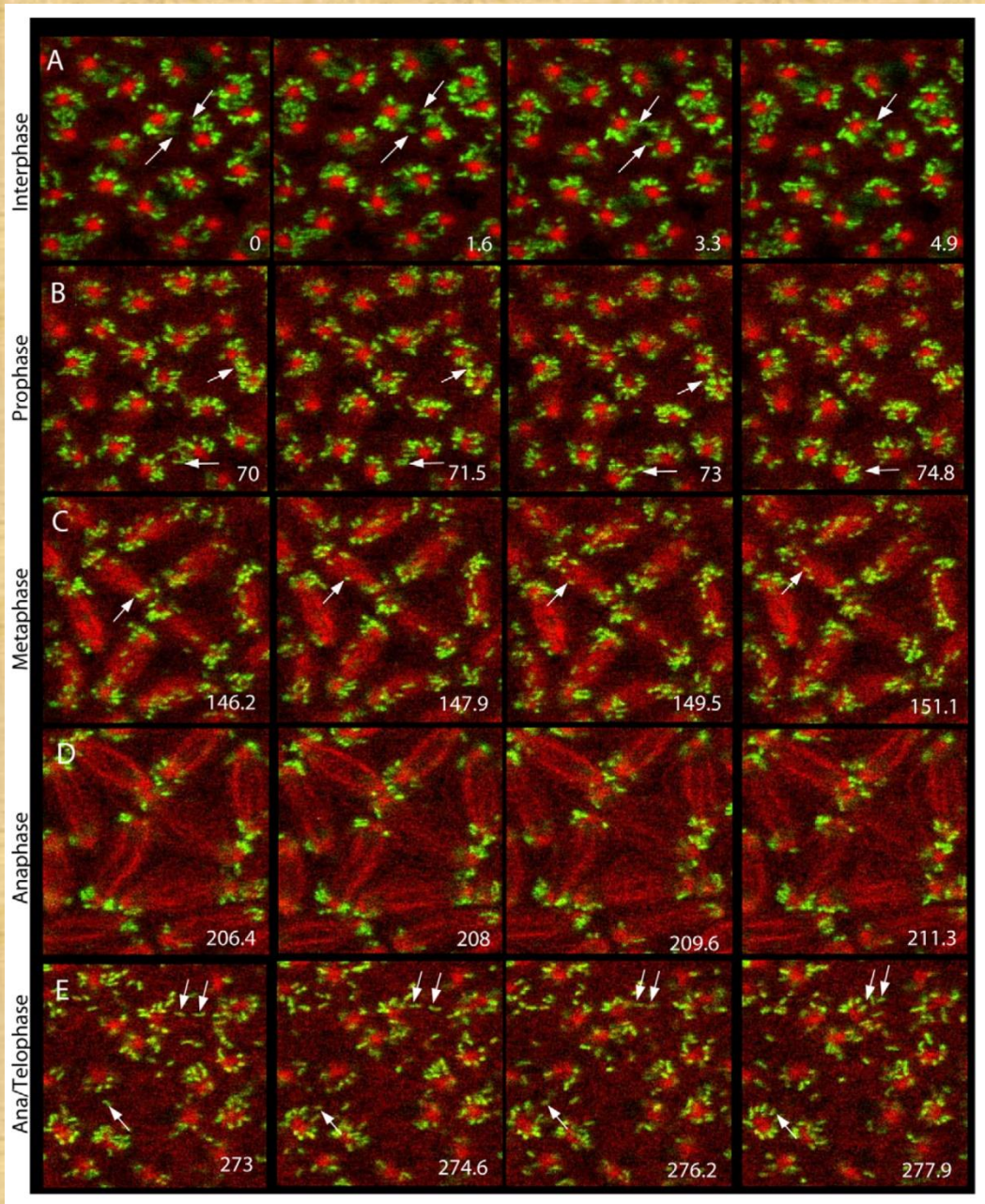




Eleftherianos et al., 2013

Контакты *Wolbachia* с органеллами хозяина

Микротрубочки

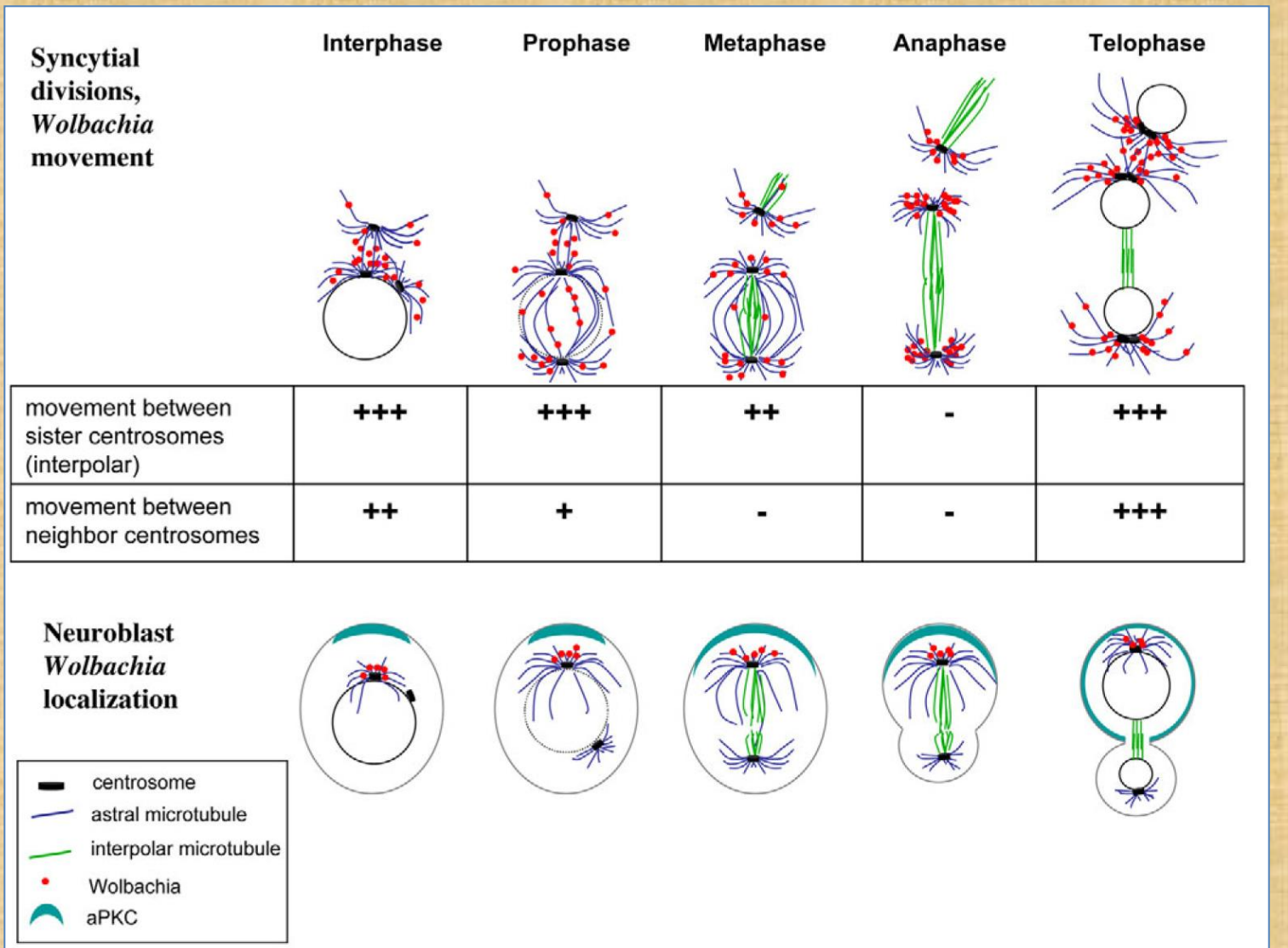


Для перемещения из клетки в клетку или внутри клетки *Wolbachia* используют динеин и микротрубочки

Albertson et al., 2009

Контакты *Wolbachia* с органеллами хозяина

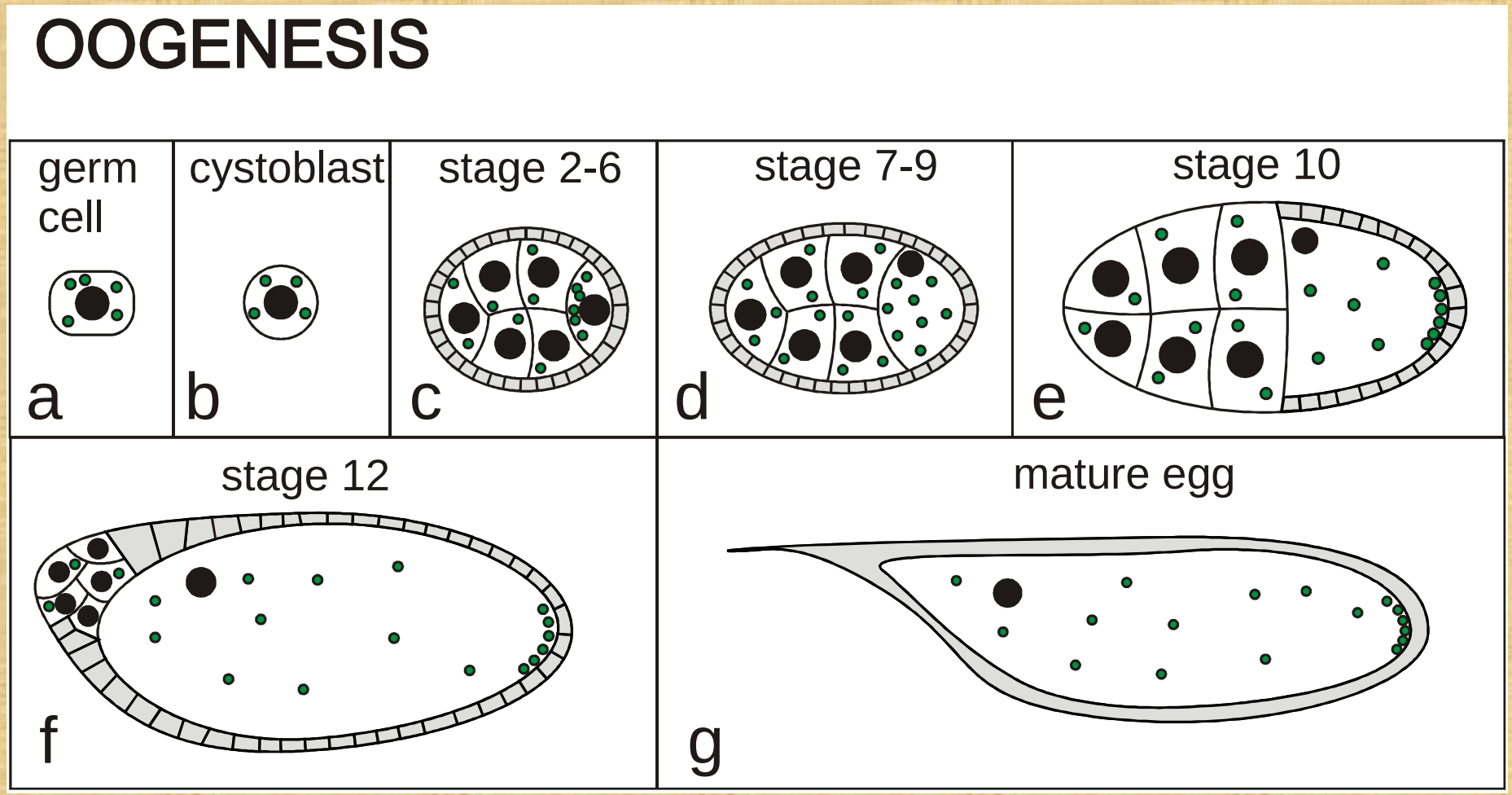
Микротрубочки



	Interphase	Prophase	Metaphase	Anaphase	Telophase
movement between sister centrosomes (interpolar)	+++	+++	++	-	+++
movement between neighbor centrosomes	++	+	-	-	+++

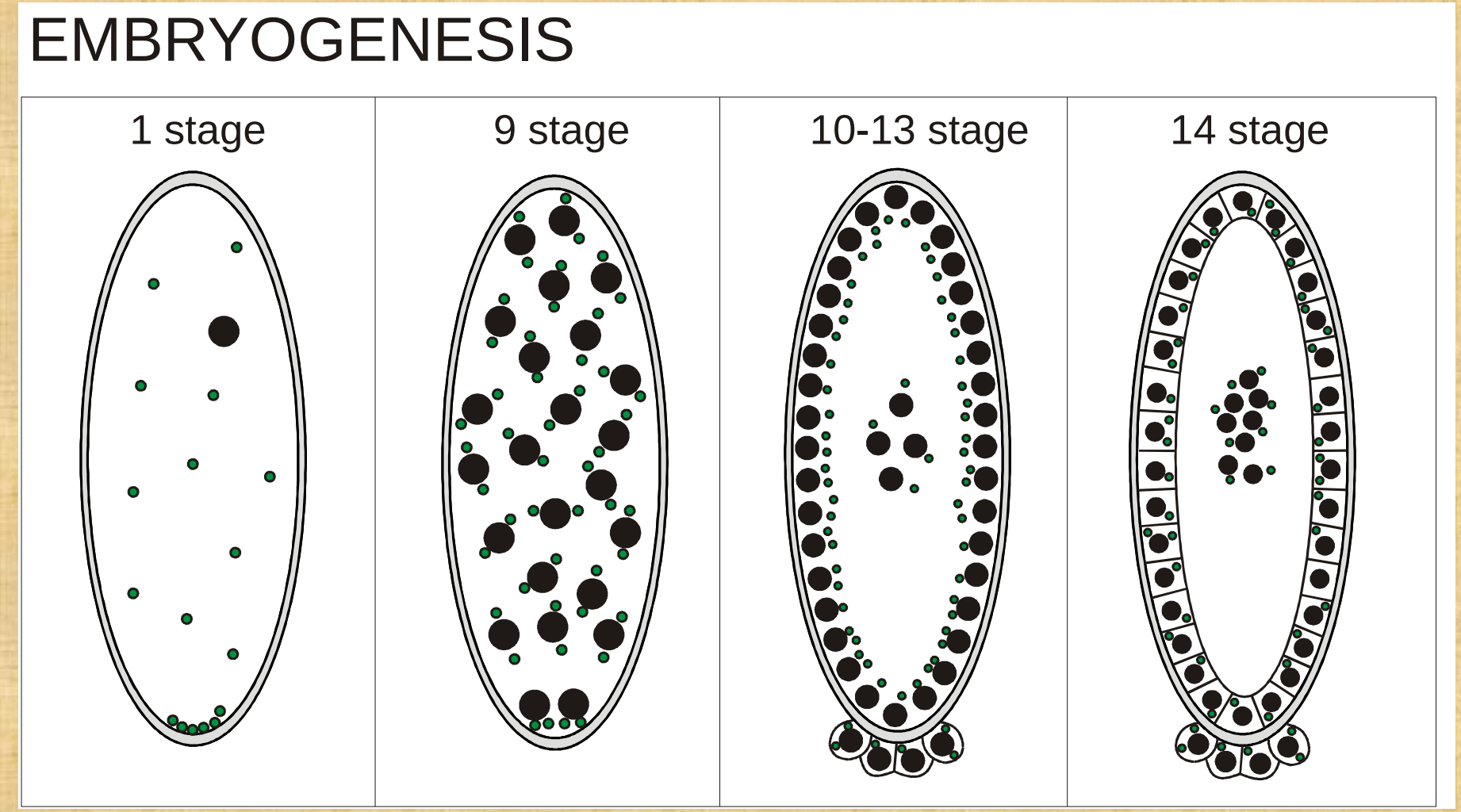
Albertson et al., 2009

Распределение *Wolbachia* в оогенезе



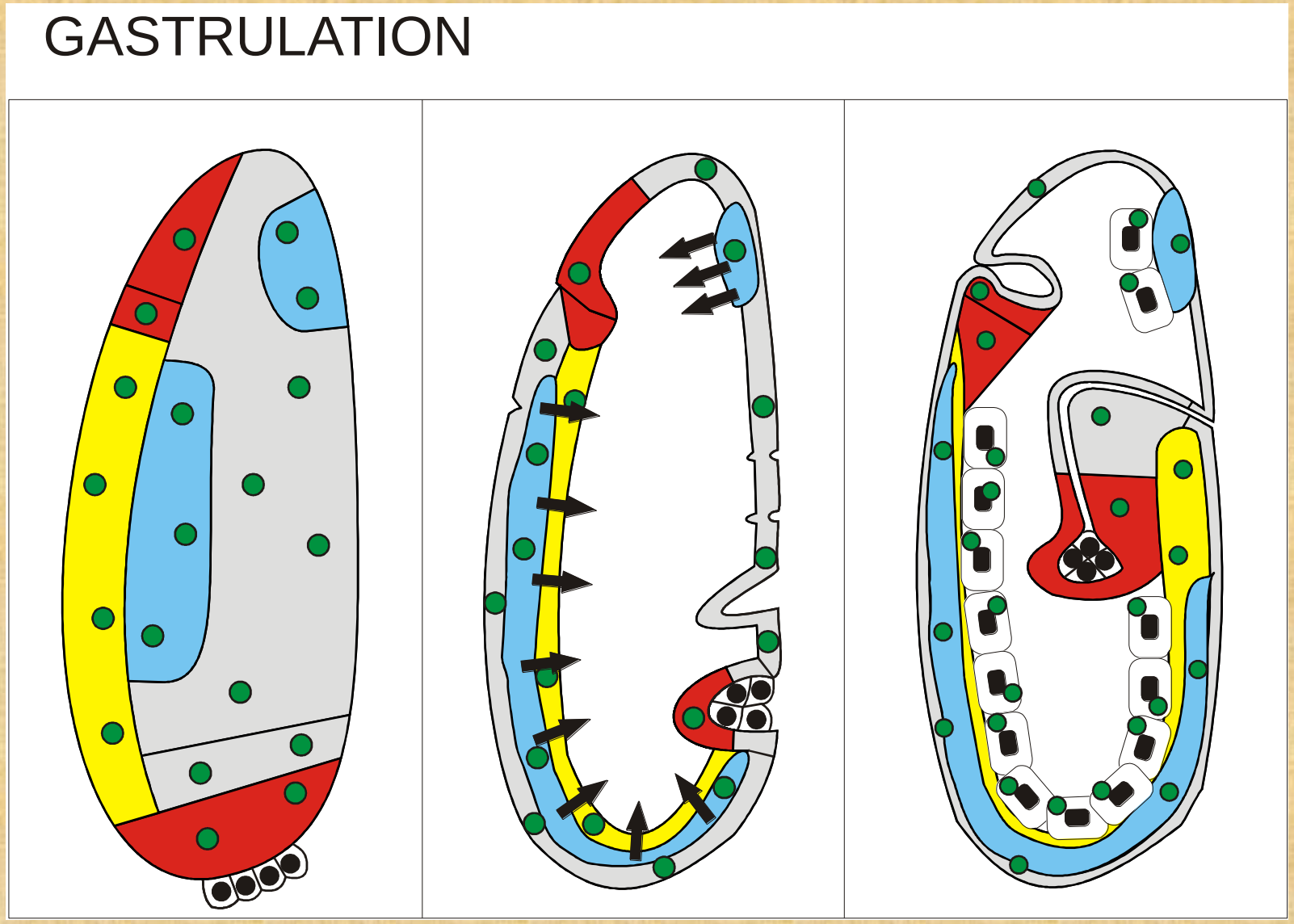
- Wolbachia

Распределение *Wolbachia* в раннем эмбриогенезе



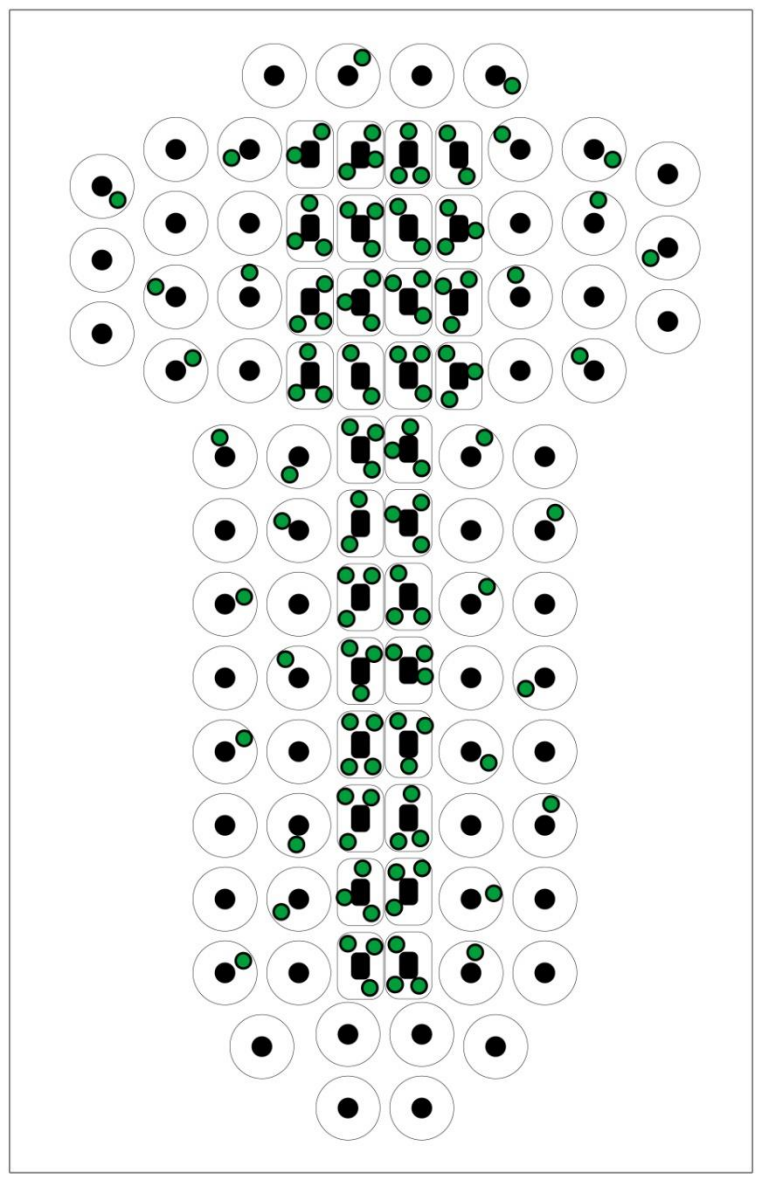
- Wolbachia

Распределение *Wolbachia* при гаструляции

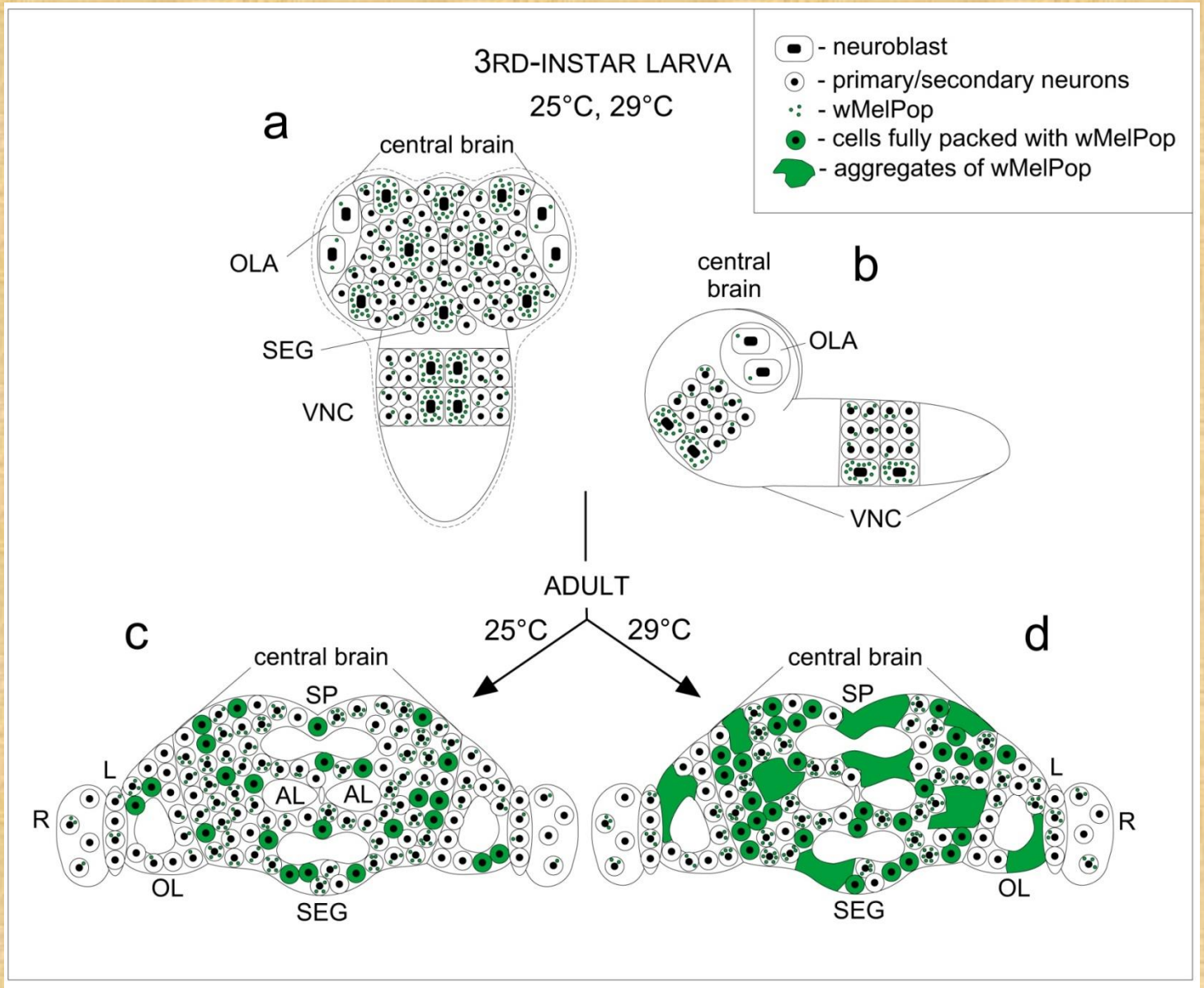


- Wolbachia

Распределение *Wolbachia* при формировании центральной нервной системы хозяина

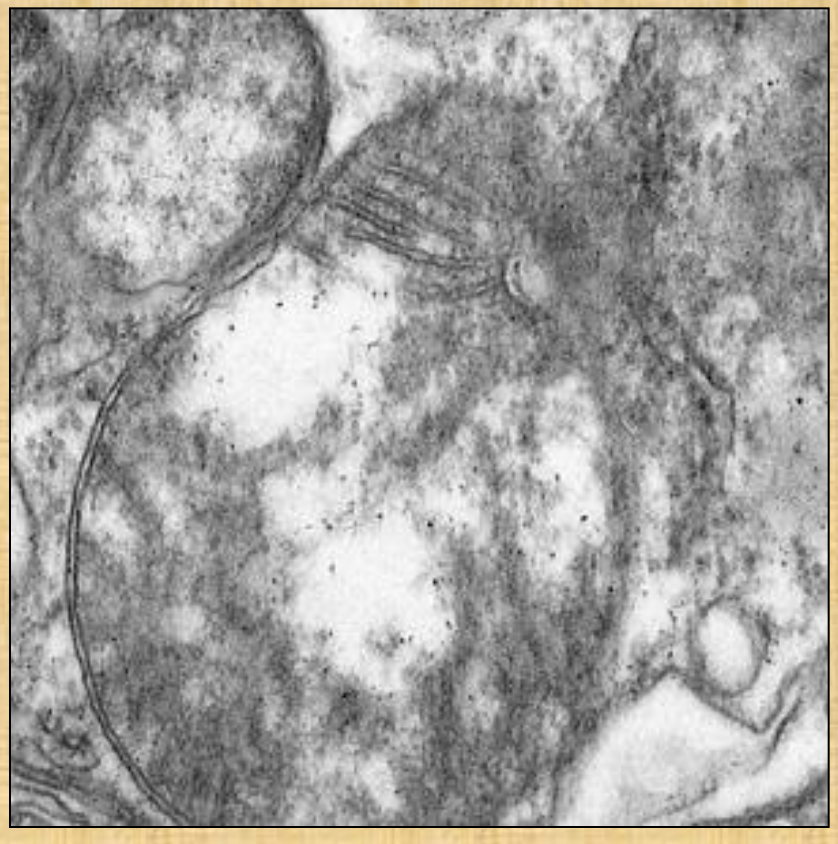


Распределение *Wolbachia* в ЦНС личинки и мозге взрослой мухи



Контакты *Wolbachia* с органеллами хозяина

Митохондрии



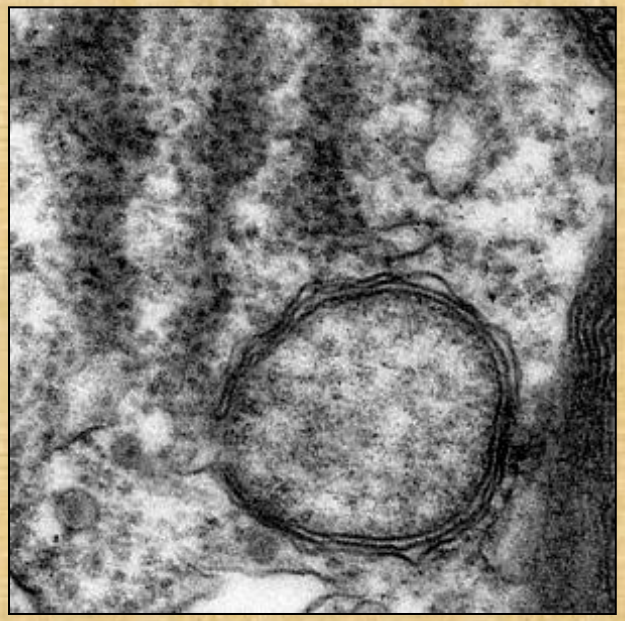
Подавление титра бактерий в организме филяриозных нематод *Brugia malayi* приводит к up-регуляции генов дыхательной цепи митохондрий

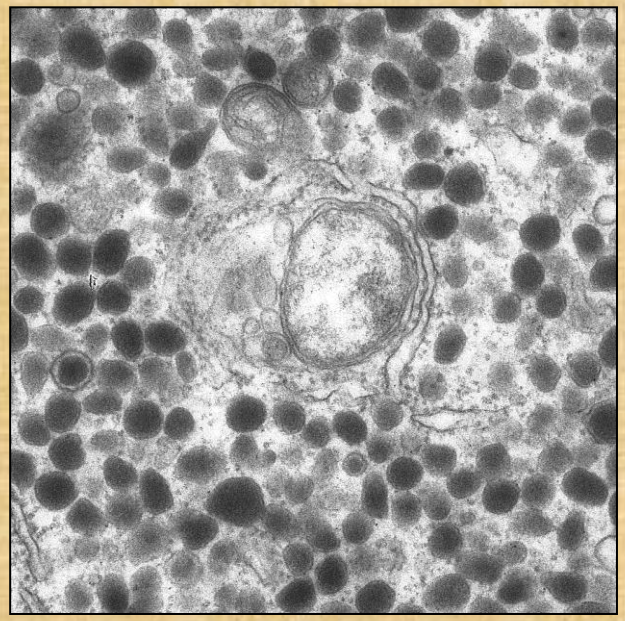
Wolbachia предоставляет необходимые вещества (гем, рибофлавин) для работы дыхательной цепи нематоды. Отсутствие эндосимбионтов – усиление работы генов

Strubing et al., 2010

Контакты *Wolbachia* с органеллами хозяина

Эндоплазматический ретикулум





Wolbachia использует эндоплазматический ретикулум для формирования внешней мембраны, защищающей бактерии от лизосом клетки хозяина

Влияние *Wolbachia* на эволюцию своих хозяев

Ассоциация *Wolbachia – Drosophila paulistorum*

D. paulistorum species complex

cross: semispecies A **x** semispecies B

1. high hybrid embryonic lethality (> 90%)

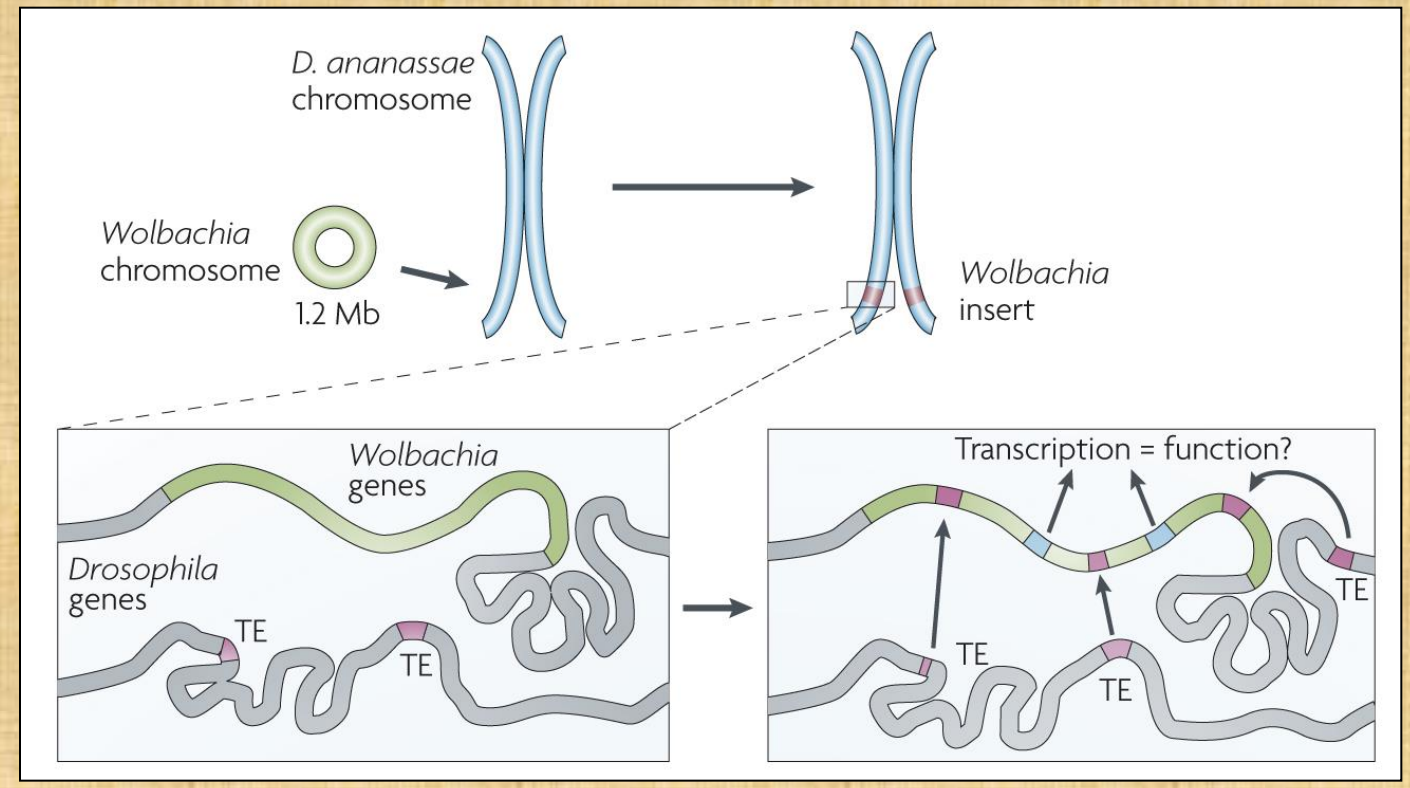
2. rare hatching F1 hybrids:

♀ all fertile

♂ 100% sterile

Влияние *Wolbachia* на эволюцию своих хозяев

Инсерции генов *Wolbachia* в геном беспозвоночных



Отмечается слабая транскрипционная активность некоторых вставок генов *Wolbachia*

Около 1/3 секвенированных геномов беспозвоночных содержат вставки генов *Wolbachia*

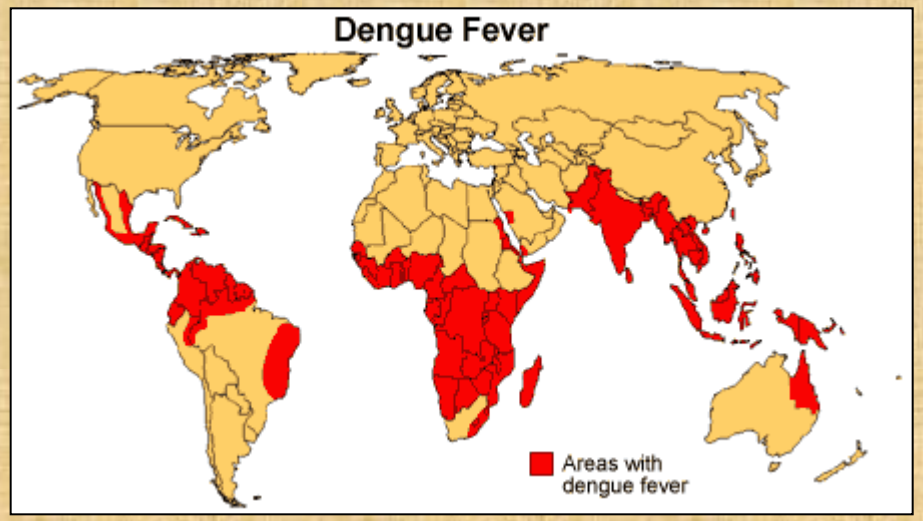
→ Приобретение новых функций генов

→ Перестройка хромосом и репродуктивная изоляция

Перспективы использования *Wolbachia*

Борьба с переносчиками лихорадки Денге

Aedes aegypti



50 млн. людей заражаются каждый год

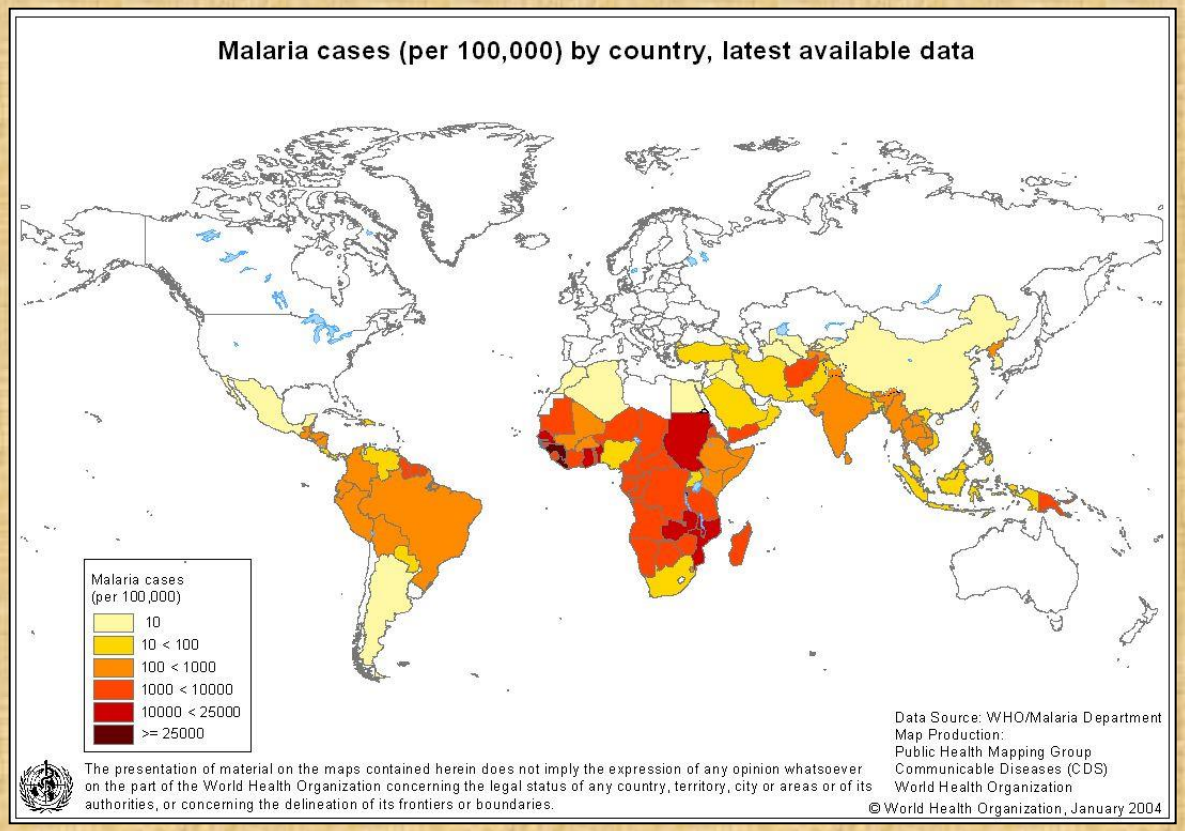
Бактерии ингибируют репликацию вируса Денге в хозяине-векторе (количество вирусных частиц в теле комара сокращается ~ в 2000 раз)

Получение линии комаров *Aedes aegypti,* инфицированной *Wolbachia* штамма wMel

В Австралии уже проведен эксперимент по внедрению инфицированной линии в природную популяцию

Перспективы использования *Wolbachia*

Борьба с переносчиками малярии



Anopheles stephensi

Получение стабильной инфекции *Wolbachia* штамма wAlbB в линии комаров *Anopheles stephensi*

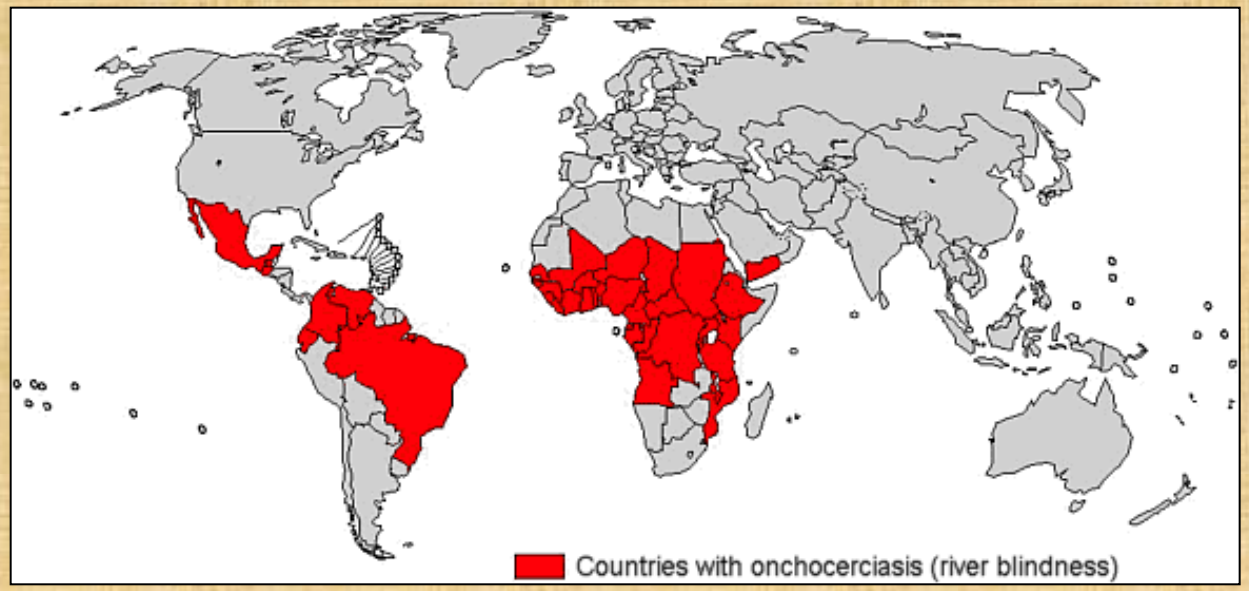
Бактерии в теле хозяина подавляют развитие возбудителя малярии *Plasmodium falciparum*

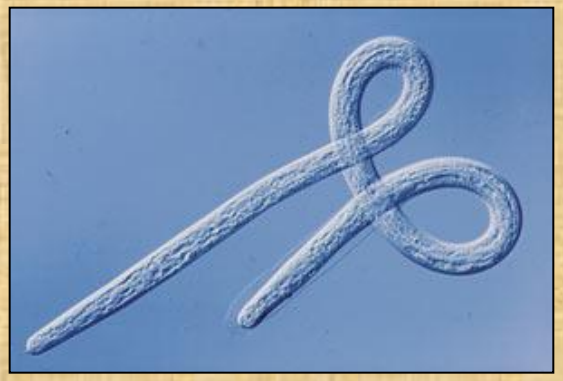
Bian, 2013 (10 May)

Перспективы использования *Wolbachia*

Онхоцеркоз (речная слепота)

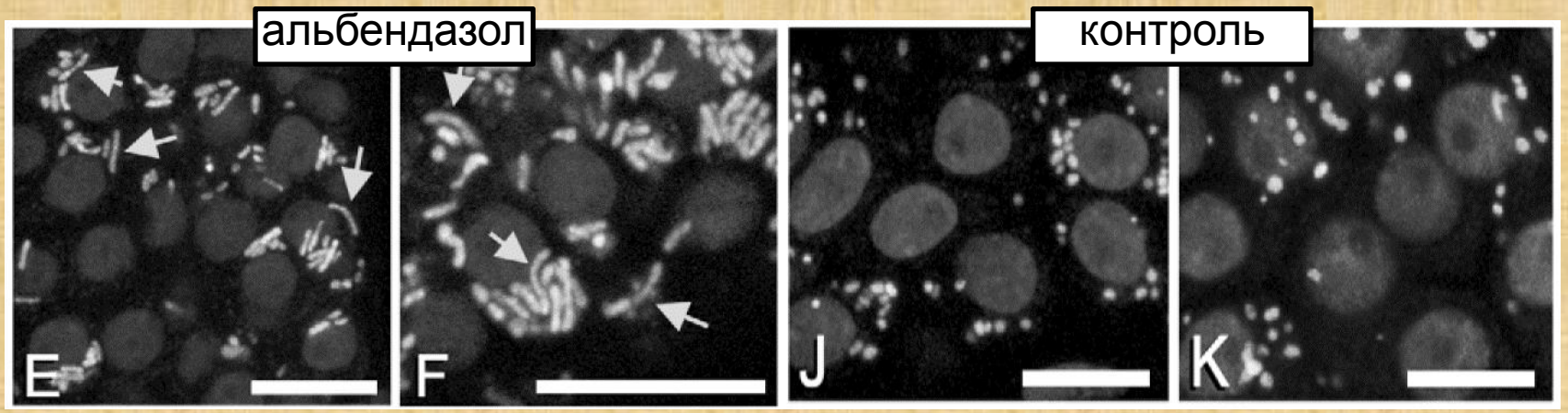
Onchocerca volvulus





Лечение филяриозов антибиотиками (Альбендазол и др.)

Альбендазол сульфон считался неактивным метаболитом антибиотика



Serbus et al., 2012

Заключение

1. Бактерии *Wolbachia* обладают большим арсеналом приспособлений для взаимодействия с хозяином.

2. Изучение бактерий *Wolbachia* безусловно перспективно:

- Борьба с переносчиками заболеваний человека
- Борьба с насекомыми – вредителями сельского хозяйства

3. Если объектом исследования являются членистоногие или нематоды, обязательно нужно проверять их на инфекцию бактериями *Wolbachia* или другими симбионтами