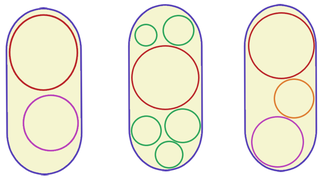
# Эволюция сложности: так ли просты бактерии, как мы привыкли о них думать?

## История о вторичных репликонах

Ярослав Деменчук, Александра Родина, Вера Емельяненко, Наталия Драненко, Ольга Бочкарёва, Укрон ТинАрден

## Введение

Большинство известных нам бактерий содержит только один крупный репликон - бактериальную хромосому. Однако известны бактерии, у которых несколько крупных репликонов. Структуры геномов таких бактерий довольно разнообразны, встречаются как 2 или 3 крупных репликона, которые принято считать бактериальными хромосомами, так и большее число более мелких репликонов, которые считают мегаплазмидами. Влияние наличия таких элементов в геноме на жизнь бактерии пока не до конца изучено, поэтому мы попытались ответить на некоторые вопросы о вторичных репликонах.



## Общий размер геномов

Мы обнаружили, что размер геномов бактерий сильно варьирует для разных родов (Рисунок 1). Размер генома сильно зависит от стиля жизни бактерии. Кроме того, не наблюдается явной коррелиции между числом репликонов и суммарным размером генома.

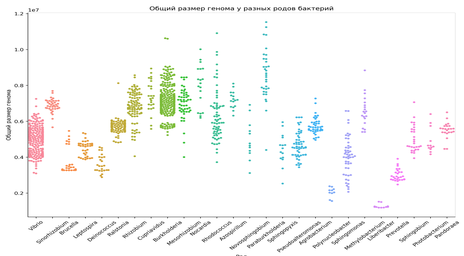



Рис. 1. Величина размера генома в зависимости от рода.

## Размеры хромосом

У бактерий в нашей выборке бывает две либо три хромосомы. Мы заметили, что у бактерий с тремя хромосомами в среднем первая хромосома меньше, чем у бактерий с двумя хромосомами (Рисунок 2). Для вторых хромосом однозначный вывод сделать не удалось, потому что они примерно сопоставимы (Рисунок 3).

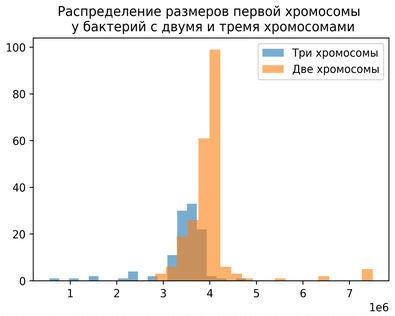



Рис. 2. Гистограмма распределения размера первых хромосом.

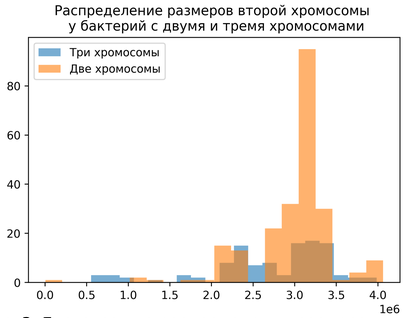



Рис. 3. Гистограмма распределения размера вторых хромосом.

## Исключение Rhizobium и Sinorhizobium

Бактерии родов Rhizobium и Sinorhizobium обладают нетипичный структурой вторичных репликонов. Они содержат от 3 до 5 крупных плазмид, размеры которых лежат в интервале от 0,34 м.п.о. до 1,2 м.п.о. У этих бактерий нет заметной корреляции между размерами репликонов (Рисунки 4 и 5).

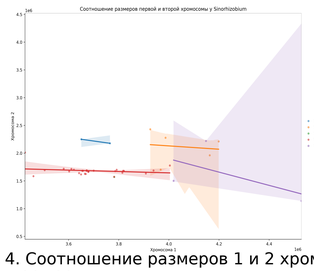



Рис. 4. Соотношение размеров 1 и 2 хромосомы у *Sinorhizobium*

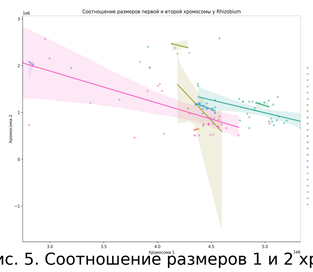



Рис. 5. Соотношение размеров 1 и 2 хромосомы у *Rhizobium*

## Корреляция размеров хромосом

Для родов с одним и двумя вторичными репликонами мы построили графики зависимости размера второй хромосомы от размера первой. Коэффициент корреляции размеров первой и второй хромосом для всех видов равна 0.66 (Рисунок 6). Для каждого рода он несколько отличается (Рисунок 7), но, по-видимому, не зависит от наличия третьей хромосомы (Рисунок 8).

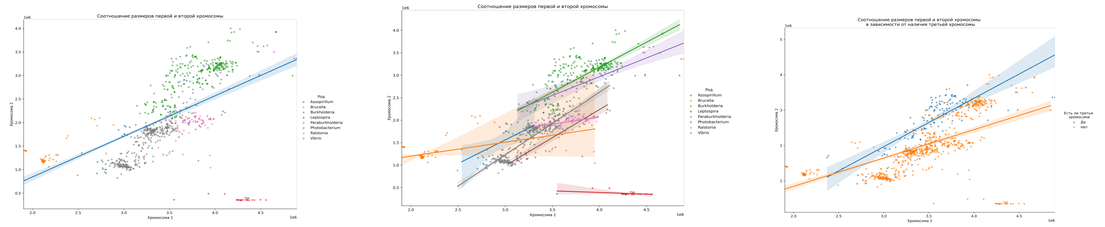



Рис. 6-8. Соотношение размеров 1 и 2 хромосом для: каждого рода, для всех рассматриваемых бактерий и для бактерий с 2 и 3 репликонами

## Распределения плотностей генов по хромосомам

При изучении плотности генов на двух хромосомах мы обнаружили две интересные особенности - провал и пик (Рисунки 9 и 10). Первый содержит по одному гену более 4,5 т.п.о., которые могут кодировать белки с разными функциями. Пик включает в себя плотно упакованные гены домашнего хозяйства разных типов, от кодирующих тРНК до мембранных и рибосомальных белков.

Рис. 9. Число стартов генов, попадающих в окно 10 п.о. для первой хромосомы

Рис. 10. Число стартов генов, попадающих в окно 10 п.о. для второй хромосомы

## Выводы

1) Наличие вторичных репликонов не детерменировано родством.
2) Размер первой хромосомы меньше у бактерий с двумя вторичными репликонами, чем у бактерий с тремя.
3) Прослеживается корреляция между размерами первой и второй хромосомы.
4) Строение генома Rhizobium и Sinorhizobium сильно отличается от остальных родов из выборки. Из-за наличия нескольких массивных вторичных репликонов трудно выделить среди них мегаплазмиду.
5) В хромосомах существуют 2 необычных участка - один содержит ген, кодирующий массивный белок, чья функция может быть различной, и другой - плотно упакованные гены домашнего хозяйства.

## Благодарности

Петровакс
ZIMIN FOUNDATION
SMTB