

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ МИКРОЭВОЛЮЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В БОБОВО-РИЗОБИАЛЬНОМ СИМБИОЗЕ

Воробьев Н.И., Проворов Н.А., Пищик В.Н.¹

ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии РАСХН, РФ, 196608, С.-Петербург, ш.
Подбельского, 3

¹Агрофизический НИИ РАСХН, РФ, 195220, С.-Петербург, Гражданский пр., 14

К настоящему времени накоплены обширные знания о эколого-генетических процессах в бобово-ризобийных симбиозах (конкуренция при инокуляции и колонизации ризосферных и клубеньковых ниш; при выживании бактерий в почвенных нишах и др.). Однако, общесистемные явления (межкомпонентные обратные связи, функциональная интеграция партнеров, экологическая эффективность симбиоза) остаются недоступны для исследователей из-за большой продолжительности необходимых наблюдений. В связи с этим предлагается проанализировать общесистемные процессы с помощью математической модели микроэволюционного цикла симбиоза (ММС).

Для адекватного представления в ММС всех известных частных процессов мы организовали вычисления в виде четырех последовательно соединенных блока. Каждый блок содержит в себе уравнения, описывающие процессы соответствующих этапов микроэволюционного цикла. Первый блок описывает процессы бактериальных мутаций в почвенной нише. Второй блок описывает конкуренцию бактерий при инокуляции ризосферной и клубеньковой ниш, а также конкуренцию двух генотипов при прорастании семян. Третий блок описывает конкуренцию бактерий за колонизацию ризосферных и клубеньковых ниш, а также формирование семян растениями. Четвертый блок описывает выживание бактерий в почвенной нише.

Отличительной особенностью представленной ММС является учет двух системных связей между растениями и бактериями. Первая связь отражает линейную зависимость продуктивности растений от суммарной азотфиксирующей активности штаммов в клубеньковой нише. Вторая связь отражает возрастание скорости колонизации клубеньковой ниши азотфиксирующим бактериальным штаммом в зависимости от количества азота, фиксированного им на предшествующем микроэволюционном цикле.

Анализ модели был проведен методом параметрических возмущений (то есть на 1% увеличивался каждый параметр модели с фиксацией на базовом уровне остальных параметров) и рассчитывались частоты компонентов симбиоза в финальном состоянии. Этим способом удалось определить степень согласованности реакций компонентов на внешние воздействия. Анализ полученной ковариационной матрицы межкомпонентных взаимодействий (собственные значения, собственные вектора) позволил рассчитать уровень интеграции компонентов биосистемы и продемонстрировать нетривиальную корреляцию между уровнем интеграции партнеров симбиоза и экологической эффективностью.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ-09-04-00907-а.