

Влияние параметров математической модели фотосинтеза на характеристики колебательного режима и скорость фиксации CO₂

Нгуен Тхи Тхань Фьонг, Карелина Т. А.

студентка, аспирантка

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

e-mail: karelina.t@gmail.com

Изучение механизмов регуляции фотосинтеза позволяет выделить ключевые реакции системы и определить пути повышения продуктивности фотосинтеза. Колебательный режим является одним из наиболее ярких проявлений регуляторных механизмов. Ранее на кафедре биофизики была разработана модель фотосинтеза [1]. В работе [2] была получена такая точка в пространстве параметров этой модели, что значения параметров в этой точке обеспечивали наилучшее описание колебательного режима. При этом кинетические параметры модели (константы скоростей) были определены в основном подбором для наилучшего описания колебательных кривых и совпадения расчетного и экспериментального периода колебаний. Целью данной работы является подробный анализ влияния параметров модели фотосинтетической системы на характеристики колебаний и скорость поглощения CO₂.

В данной работе для исследования системы нелинейных дифференциальных уравнений используется теория устойчивости Ляпунова [3]. Модель была исследована в окрестности точки в пространстве параметров, полученной в работе [2]. Были построены кривые зависимости частот колебаний и коэффициентов затухания от параметров. В результате параметры были условно разделены на две группы. Первая названа группой слабо-влияющих параметров: ими оказались константы скорости окисления пластохинона, расхода НАДФН в цикле Кальвина, регенерации рибулозо-5-фосфата, поглощения CO₂, фосфорилирования фосфоглицериновой кислоты, обратная скорость электронного транспорта. Кривые зависимости частот колебаний и коэффициентов затухания от этих параметров имеют вид кривых с насыщением, т.е. в коротком интервале изменения параметра частота или коэффициент затухания могут увеличиваться или уменьшаться, затем достигают экстремального значения, а при дальнейшем изменении значения этого параметра в большую сторону они остаются неизменными. Вторая группа названа группой сильно-влияющих параметров: интенсивность света, константы скорости регенерации рибулозо-бифосфата и циклического электронного транспорта, константа сопряжения синтеза АТФ и электронного транспорта. Кривые зависимости частот колебаний и коэффициентов затухания от этих параметров имеют более сложный вид, все они отличаются друг от друга, области существования колебаний ограничены. На рис. приведен пример зависимостей частоты и коэффициента затухания от параметра модели: представлены зависимости частоты и коэффициента затухания колебаний от параметра P₁₁ (константы скорости регенерация рибулозо-бифосфата). Видно, что при значении P₁₁=0.001 частота близка к нулю. При дальнейшем увеличении этого параметра колебаний не наблюдается (отсутствуют комплексные решения характеристического уравнения матрицы частных производных). Для некоторых параметров имеется несколько ограниченных областей существования колебаний. Полученные зависимости могут позволить оценить неизвестные значения кинетических параметров (действительные значения параметров, по-видимому, должны находиться в области, где существуют колебания с периодом, совпадающим с экспериментальными данными).

Оказалось, что кроме основных колебаний, которые были получены ранее в эксперименте и теоретических работах, существуют и другие колебания. Они отличаются от основных значениями частот и большими коэффициентами затухания (поэтому на графиках зависимости переменных от времени они не видны). Кроме того, зависимости

характеристик этих колебаний от параметров не похожи на аналогичные зависимости основных колебаний. Они могут также свидетельствовать о регуляторных процессах.

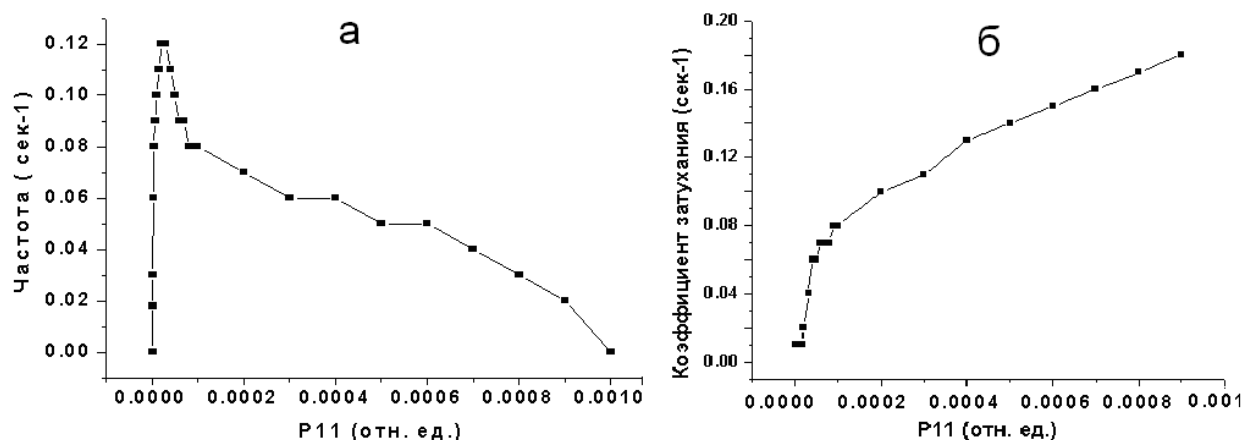


Рис. Зависимость частоты (а) и коэффициента затухания (б) колебаний от параметра P_{11} (см. пояснения в тексте).

Выделены параметры, которые влияют на скорость фиксации CO_2 . Наибольшее влияние оказывают параметры, характеризующие интенсивность света. При этом зависимости скорости ассимиляции CO_2 от количества квантов света, поглощенных фотосистемами 1 и 2 (ФС 1 и ФС 2), отличаются друг от друга. При увеличении количества квантов света, поглощенных ФС 1, скорость ассимиляции CO_2 также увеличивается и выходит на насыщение. При увеличении же количества квантов света, поглощенных ФС 2, скорость ассимиляции CO_2 сначала увеличивается, а потом уменьшается. Это можно объяснить так: если фотосистема 2 поглощает много квантов, происходит перегрузка электрон-транспортной цепи, и транспорт не работает, АТФ становится недостаточно для функционирования цикла Кальвина, поэтому концентрация рибулозо-бифосфата мала и скорость поглощения CO_2 мала. Таким образом, фотосистема 1 и фотосистема 2 по-разному влияют на функционирование фотосинтетического аппарата.

Литература

1. Караваев В. А., Кукушкин А. К. (1993) Биофизика, т. 38, № 6., с. 958-975.
2. Карелина Т. А., Белов А. А., Кукушкин А. К. (2005) Биофизика, т. 50, № 6, с. 1105-1111.
3. Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э. (1981) Теория колебаний, М., Наука.