

СОЗДАНИЕ РЕДУЦИРОВАННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СТРЕССОВЫХ СОСТОЯНИЙ ВОДОРΟΣЛЕЙ НА РАННИХ СТАДИЯХ

Дегтерева Н.С., Плюснина Т.Ю., Хрущев С.С., Ризниченко Г.Ю.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Биологический ф-т, каф. Биофизики, Россия, 119992, Москва, Ленинские горы, МГУ,
телефон(495)9390289, E-mail: plusn@yandex.ru

Измерение кинетики индукции флуоресценции хлорофилла при освещении широко используется для анализа функционального состояния фотосинтетического аппарата растений и водорослей. Зависимость интенсивности флуоресценции от времени представляется обычно в виде сложной многофазной кривой, где каждая фаза характерна для определенных процессов в электрон-транспортной цепи. В случае ответа растения на внешние стрессовые воздействия мы можем наблюдать исчезновение основных фаз на кривой и появления дополнительных, которые часто сложно выявить при визуальном анализе. Для обнаружения неявно выраженных фаз ранее нами был разработан метод спектральной мультиэкспоненциальной аппроксимации (МЭА) [1], позволяющий выделить фазы, неразличимые визуально и точно оценить их количественные характеристики (амплитуды и характерные времена).

В представленной работе были измерены кривые индукции флуоресценции хлорофилла водорослей *Chlorella* при добавлении диурона, широко известного гербицида, который ингибирует фотосинтетическую активность, блокируя сайт связывания пластохинона Q_B в фотосистеме II, нарушая передачу электрона на b_6-f -цитохромный комплекс. При анализе экспериментальных данных методом МЭА была выявлена дополнительная фаза, которая становилась более выраженной с увеличением интенсивности освещения при измерении флуоресценции.

Для определения, какие именно процессы в электрон-транспортной цепи влияют на появление этой фазы, нами была создана математическая модель, состоящая из 26 дифференциальных уравнений, отражающих первичные процессы фотосинтеза в клетке водорослей. Был произведен расчет диапазона значений параметров в котором данная система может корректно использоваться. Далее, учитывая иерархию времен биологических процессов, квазиравновесие и квазистационарность одних процессов по отношению к другим, мы редуцировали систему, уменьшив количество переменных до двух. В результате нами была получена редуцированная модель, состоящая из двух дифференциальных уравнений, описывающих явления, наблюдаемые в экспериментальных зависимостях. Решение редуцированной модели полностью совпадало с решением полной модели в диапазоне времен экспериментальной индукционной кривой. Было найдено аналитическое решение системы. Полученное аналитическое решение позволило выявить переходы в электрон-транспортной сети, определяющие появление дополнительной фазы.

Литература

1. Плюснина Т.Ю., Хрущев С.С., Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б. // *Биофизика*, т. 60, № 3, 2015, Стр. 487–495.