

РЕГУЛЯТОРНЫЕ ПРОЦЕССЫ, ВЫЯВЛЯЕМЫЕ ПРИ СВЕТОВОЙ ИНДУКЦИИ ВОДОРΟΣЛЕЙ *IN VIVO* ПУТЕМ МОДЕЛЬНОГО АНАЛИЗА СТАДИЙ НАРАСТАНИЯ И СПАДА СИГНАЛА ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ

Беляева Н.Е.¹, Булычев А.А.¹, Ермаченко П.А.², Коныхов И.В.¹,
Погосян С.И.¹, Ризниченко Г.Ю.¹

¹Биологический факультет Московского государственного университета, 119992,
Москва ГСП-2, Ленинские горы, natalmurav@yandex.ru (495)939-0289

²ООО «Биосфера и Экотехнологии»

Особенности кинетического хода флуоресценции (ФЛ), измеряемой на образцах *in vivo*, изучались [1-5] на временах от микросекунд до десятков секунд. Стадии быстрого ($t < 1$ с) ОЛР нарастания индукции флуоресценции (ИФ) исследуют [3-5], анализируя процессы переноса электронов (ПЭ) и сопряженных протолитических реакций каталитического цикла фотосистемы 2 (ФС2). Сигнал быстрой ИФ несет также информацию о световой индукции тилакоидной мембраны, связанную с состоянием пула хинонов, цитохромного комплекса и ФС1 [3,4].

В образце, прошедшем темновую адаптацию (10-15 минут), в процессе световой индукции происходит энергизация мембраны тилакоида – изменения электрического потенциала на мембране и рН компартментов люмена, стромы. Модель тилакоида [5] описывает обусловленные освещением вариации состояния мембраны и редокс-кофакторов ПЭ. На данном этапе моделирование включило описание регуляторных процессов активации электронно транспортной цепи (ЭТЦ) на стромальной стороне ФС1 и переключения антенной системы ФС2 в режим нефотохимического тушения (NPQ) светового возбуждения вследствие увеличения концентрации протонов в люмене $[H^+]_L$. В результате фитирования параметров модели тилакоида расчеты аппроксимируют кинетические стадии ОЛР нарастания до 1 секунды и медленного PSMT спада ИФ, измеренные на листе гороха до 30 секунд, улучшив результаты [5].

По ОЛРPSMT паттерну ИФ ($t < 30$ с) культуры водоросли *Chlorella* проведена параметризация компонент модели тилакоидной мембраны более полная, чем при ранее проведенном фитировании модели ФС2 по ОЛР кривым быстрой ИФ ($t < 2$ с) для *Chlorella*. Результаты определения параметров ПЭ в закрытых по сравнению с открытыми реакционными центрами ФС2 совпали с прежде фитированными по распаду ФЛ, вызываемой 10 нс импульсом [2]. Для расчета PSMT хода ИФ *Chlorella* необходимо уточнить характеристики стадий световой активации ЭТЦ на стромальной стороне ФС1 и переключения антенной системы ФС2 в режим NPQ при увеличения $[H^+]_L$, учитывая для водоросли регуляторное распределение световой энергии от ФС1 к ФС2 (эффект 'state transition') [1,6].

Литература

1. Papageorgiou GC, Tsimilli-Michael M, Stamatakis K. Photosynth Res 2007, 94: 275–290
2. Belyaeva N, Schmitt FJ, Paschenko V, Riznichenko G, Rubin A. Photosynth R 2015, 125:123-140
3. Belyaeva N, Bulychev A, Riznichenko G, Rubin A. Biophysics 56, 3, 2011, 464–477
4. Stirbet A and Govindjee. Photosynth Res 2012, 113:15–61
5. N Belyaeva, A Bulychev, G Riznichenko, A Rubin. Photosynth Res 2016, 130:491-515
6. Papageorgiou GC and Govindjee. J Photochem Photobiol B: Biol 2011, 104:258–270