

ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ФОТОСИСТЕМЫ 2 И ТИЛАКОИДНОЙ МЕМБРАНЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДА ВОДО-ОКИСЛЯЮЩИМ КОМПЛЕКСОМ

Беляева Н.Е., Ермаченко П.А.¹, Ризниченко Г.Ю.

Биологический факультет Московского государственного университета, 119992,
Москва ГСП-2, Ленинские горы, natalmurav@yandex.ru (495)939-0289
¹ «Биосфера и Экотехнологии», Ростов-на-Дону; neo-ecology@mail.ru

Свет катализирует реакции окислительного расщепления молекул воды в водо-окисляющем комплексе (ВОК) реакционного центра (РЦ) фотосистемы 2 (ФС2). Захват квантов света, разделение зарядов с образованием закрытых РЦ ФС2 ($P_{680}^+Phe^-Q_A \rightarrow P_{680}^+Q_A^-$) энергетически обеспечивает перенос электронов, извлеченных из молекул воды, через промежуточный кофактор тирозин Y_Z на катион радикал $P_{680}^{+\bullet}$ [1]. Образование молекул кислорода $H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+$ в циклах переходов S_i -состояний ВОК ($i=1, 2, 3, 4$) сопряжено [1] с выходом протонов в люмен. В наших работах [2] модель ФС2 включила комплекс реакций переноса электрона от ВОК в пул хинонов (PQH_2) и аналитические зависимости для индуцируемых светом изменений $\Delta\Psi(t)$, $pH_L(t)$, $pH_S(t)$. Количественное описание (ссылки в [2]) флуоресценции Хл *a* образца темновой адаптации *in vivo* получили, задавая динамически [1,2] константы скоростей и равновесия реакций донирования электрона от ВОК: $P_{680}Y_ZS_1 \leftrightarrow P_{680}^+Y_ZS_1 \rightarrow P_{680}Y_Z^{OX}S_1 \leftrightarrow Y_ZS_2$.

В модели ФС2 переносу электрона $P_{680}^*S_iQ_A \rightarrow P_{680}S_{i+1}Q_A^-$ (усредненному по S_i состояниям) сопутствует поступление протона в люмен. Скорость реакций донирования электрона от ВОК на P_{680}^+ можно сопоставить скорости генерации молекул O_2 . Фитируя расчеты в блоке модели ФС2 по световой индукции флуоресценции (ИФ) на стадиях нарастания ОЛР до спада PS ($t < 2$ с) [3], мы сравнили расчеты интенсивности генерации O_2 в РЦ ФС2 лабораторных видов водорослей *in vivo* и проб фитопланктона из природных водоемов. Результаты [3] объяснили снижение генерации O_2 ингибированием ВОК. Однако, для верификации расчетов генерации O_2 при достижении стационарного состояния световой индукции необходимо применение модели Тилакоидной Мембраны (ТМ) [4]. Модель ТМ [4] фитирована ($t < 20$ с) по ИФ листа и позволит анализировать на шкале времени до десятков секунд стадии переноса зарядов $H_2O \rightarrow Q_A \rightarrow PQH_2 \rightarrow P700 \rightarrow Fd \rightarrow NADP$ на основе моделирования ОЛРPSMT фаз ИФ водорослей, цианобактерий и природного фитопланктона.

Литература

1. G. Renger (2012) *Biochimica et Biophysica Acta* 1817, 1164–1176
2. Belyaeva N, Schmitt FJ, Paschenko V, Riznichenko G, Rubin A (2015) Modelling of the redox state dynamics in photosystem II ...from single flash induced fluorescence quantum yield changes on the 100 ns–10 s time scale. *Photosynth Res* 125:123–140
3. Ermachenko P, Belyaeva N, Riznichenko G, Klementiev K, Paschenko V, Konyukhov I, Voronova E, Pogosyan S. Quantifying fluorescence yield and O_2 generation in... Abstracts, 8th Int Conference “Photosynthesis Research for Sustainability-2017” Hyderabad, India, P. 99
4. Belyaeva N, Bulychev A, Riznichenko G, Rubin A (2016) Thylakoid membrane model of the Chl *a* fluorescence transient and P700 induction kinetics *Photosynth Res* 130:491–515.