

АНАЛИЗ БЫСТРОЙ КИНЕТИКИ ИНДУКЦИИ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА *a* - ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ СТРЕССОВЫХ СОСТОЯНИЙ У РАСТЕНИЙ И МИКРОВОДОРОСЛЕЙ¹

Хрущев С.С., Фролов А.Е., Плюснина Т.Ю., Ризниченко Г.Ю.

Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова, Биологический факультет, каф. биофизики, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12, styx@biophys.msu.ru

Измерение кинетики нарастания (индукции) флуоресценции хлорофилла при освещении клеток микроводорослей и растений – широко применяемый метод определения эффективности первичных процессов фотосинтеза в экологическом мониторинге, агро- и биотехнологии. Зависимость интенсивности флуоресценции от времени носит сложный многофазный характер и содержит информацию о различных стадиях переноса электрона в электрон-транспортной цепи хлоропласта. У высших растений и микроводорослей, не подвергнутых действию стрессовых факторов, обычно визуально выделяют три фазы нарастания интенсивности флуоресценции. Предложенный нами метод спектральной мультиэкспоненциальной аппроксимации (МЭА) [1] формализует процедуру определения фаз, позволят идентифицировать их характерные времена и оценить относительный вклад в общую кинетику индукции флуоресценции.

С помощью МЭА были проанализированы экспериментально полученные индукционные кривые, измеренные при различных интенсивностях возбуждающего света на разных стадиях роста культуры микроводорослей *Chlorella sp.* в биореакторе. Установлено, что высокая интенсивность возбуждающего света и исчерпание элементов минерального питания в среде на поздних стадиях роста культуры приводят к появлению дополнительной фазы на индукционной кривой, неразличимой при визуальном анализе. Характерное время этой фазы – порядка 100 мкс, а амплитуда увеличивается при увеличении стрессового воздействия. Полученные результаты были воспроизведены на детальной модели первичных процессов фотосинтеза, представляющей собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений, и находятся в согласии с опубликованными данными о том, что сильные стрессовые воздействия (повышение температуры, культивирование на среде без источника серы и т.п.) приводят к появлению на индукционной кривой дополнительной фазы с соответствующим характерным временем обнаруживаемой визуально. Таким образом, нами показана высокая чувствительность метода МЭА для выявления раннего ответа клеток микроводорослей на стресс.

Литература

1. Плюснина Т.Ю., Хрущев С.С., Ризниченко Г.Ю., Рубин А.Б. Анализ кинетики индукции флуоресценции хлорофилла с помощью спектральной мультиэкспоненциальной аппроксимации // Биофизика. — 2015. — Т. 60, № 3. — С. 487–495.

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-04-00326-а.