

## **ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ РАЗМЕРА АНТЕННЫ СВЕТОСОБИРАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ФОТОСИСТЕМЫ 2 ВОДОРΟΣЛИ *Chlorella* ПРИ ДЕЙСТВИИ АБИОТИЧЕСКИХ СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ**

**Дегтерева Н.С., Плюснина Т.Ю., Хрущев С.С.**

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

Действие различных абиотических факторов стресса, таких как минеральное голодание, высокая освещенность, высокая температура и др., вызывает структурные и физиологические изменения растений и водорослей на различных уровнях организации, включая клеточный и молекулярный. В частности, подавляется активность и производительность фотосистемы 2 (ФС2) – одного из основных компонентов фотосинтетической электрон-транспортной цепи.

Одной из структурных единиц ФС2, активно реагирующей на изменение внешних условий, является антенна светособирающего комплекса (ССК) ФС2, представляющая собой димер пигмент-белкового комплекса, каждый мономер которого состоит из трех основных частей: двух внутренних антенн, двух-трех вспомогательных антенн, и до шести периферических антенн. В нормальных условиях преобладают так называемые  $\alpha$ -центры, в которых антенны содержат все три структурных компонента. Известно, что при действии стресса начинает увеличиваться доля  $\beta$ -центров, в которых отсутствуют периферические антенны и  $\gamma$ -центров, содержащих только внутренние антенны. Оценка изменения размера антенны в динамике позволит идентифицировать степень действия стрессовых факторов и изучить механизмы адаптации к ним.

Одним из методов оценки неоднородности антенны ФС2, является анализ площади над кривой индукции флуоресценции хлорофилла а. Кривая имеет 2-3 фазы, каждая из которых описывается отдельной экспоненциальной функцией. Данный метод реализован в программе ruPhotoSyn, позволяющей визуально и численно оценить величину каждой фазы, которая соответствует количеству центров с разным размером антенн. Однако, данный метод имеет некоторые ограничения. В фотосистеме 2 существуют процессы, характерные времена которых совпадают с характерным временем антенн ССК. В условиях, когда вклад таких процессов увеличивается, становится невозможно разделить описывающие их экспоненциальные функции и те, которые описывают один из видов центров ( $\gamma$ - или  $\beta$ -центры).

Проведено два эксперимента: 1. рост водоросли *Chlorella* в биореакторе при постепенном истощении азота в среде; 2. рост водоросли *Chlorella* при действии двух факторов стресса: высокой освещенности и азотного голодания. В первом случае предложенный метод позволил разделить и проанализировать фазы индукционной кривой, во втором – характерное время  $\beta$ -центров совпало с характерным временем процесса рекомбинации электрона (полное заселение электронами акцепторной стороны ФС2). Для второго случая разработана математическая модель, позволяющая оценить количество реакционных центров с разным размером антенн.

Исследование выполнено в рамках научного проекта государственного задания МГУ №121032500060-0 при частичной поддержке гранта РФФИ № 20-64-46018 и гранта РФФИ № 20-04-00465.