

ИЕРАРХИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КЛЕТКАХ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ

Плюснина Т. Ю., Ризниченко Г. Ю., Рубин А. Б.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Биологический ф-т,
кафедра биофизики, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы 1, +7(495)9398902,
plusn@yandex.ru

В данной работе рассматривается иерархическая модель растительной клетки, объединяющая процессы центрального метаболизма и первичные реакции-фотосинтеза. Блок реакций первичных процессов фотосинтеза описывается дифференциальными уравнениями и включает разделение зарядов в фотосистеме 2, восстановление пула пластохинонов и изменение концентрации окислительно-восстановительных эквивалентов NAD(P)H. Блок метаболических реакций описывается потоковыми уравнениями и включает гликолиз, цикл Кальвина и цикл Кребса. Два блока модели связаны между собой через окислительно-восстановительные эквиваленты NAD(P)H, которые могут образовываться и расходоваться как в первичных процессах фотосинтеза, так и в метаболических реакциях.

Разработан формальный алгоритм для объединения двух блоков модели и определены правила, по которым сигнал из фотосинтетического блока передается в метаболический. Изменение NAD(P)H используется как выходной сигнал из фотосинтетической части модели и как входной сигнал в метаболической части. В результате, на выбранных интервалах времени реализуются различные распределения метаболических потоков, отражающие изменения в работе фотосинтетического аппарата.

С помощью построенной иерархической модели были описаны перестроения метаболизма клеток микроводорослей при истощении элементов минерального питания во время их роста. В качестве источника информации об активности первичных процессов фотосинтеза использовались результаты измерения кривых индукции флуоресценции хлорофилла *a*. Модель позволила описать экспериментально наблюдаемые скачкообразное снижение фотосинтетической активности и переключение метаболизма крахмала с синтеза на разложение в клетках водоросли *Chlamydomonas reinhardtii* при серном голодании. Модель также позволила получить картину изменения метаболических потоков в клетках *Chlorella vulgaris* в ответ на развитие условий азотного голодания при истощении среды в процессе выращивания культуры. Иерархическая модель, таким образом, позволяет исследовать взаимосвязь ответов клеточных систем на стрессовые воздействия.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-04-00302-а.