

ОТВЕТ КЛЕТОК МИКРОВОДОРОСЛЕЙ НА НЕДОСТАТОК ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ В ПОТОКОВЫХ МОДЕЛЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО МЕТАБОЛИЗМА

Фурсова П.В., Плюснина Т.Ю.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Одним из основных стрессовых факторов, с которым сталкиваются в природе микроводоросли, является недостаток минерального питания. Дефицит таких элементов как азот, фосфор и сера оказывает существенное влияние на состояние клеток, поскольку эти микроэлементы входят в состав белков фотосинтетического аппарата, аминокислот, витаминов и других жизненно важных соединений. В процессе эволюции фитопланктонными организмами были выработаны различные механизмы адаптации, которые позволяют им обитать в природных водах, обедненных биогенными. Знания об этих механизмах получили применение в биотехнологиях для синтеза каротиноидов, липидов и водорода.

В работе проведено сравнение ответа клеток микроводорослей на недостаток основных элементов минерального питания в потоковых моделях центрального метаболизма. Использовали экспериментальные данные о росте культуры микроводоросли *Chlorella vulgaris* в условиях голодания по азоту и фосфору и культуры клеток *Chlamydomonas reinhardtii* в условиях дефицита серы. Метаболизм клетки описывали с помощью стехиометрической (потоковой) модели (flux balance analysis – FBA), где метаболические потоки рассматриваются как квазистационарные по отношению к скорости роста и скорости изменения условий среды. Скорости потоков рассчитывали, решая задачу линейного программирования. Реакции центрального метаболизма включали в себя гликолиз, цикл Кальвина, цикл Кребса. Они были объединены с электронтранспортными процессами дыхания и первичных реакций фотосинтеза.

Согласно полученным модельным данным реакция центрального метаболизма на голодание по разным биогенным элементам имеет схожий характер. На начальной стадии голодания недостаток питания не оказывает существенного влияния на процессы в клетке, идет активный процесс фотосинтеза, работа цикла Кальвина и накопление крахмала. С истощением запасов биогенов потоки синтеза глюкозы возрастают, клетка стремится запастись внутренним источником энергии. Длительное пребывание в условиях стрессового голодания приводит к перераспределению метаболических потоков, в клетке начинают преобладать катаболические процессы. Также согласно модельным расчетам дефицит азота, фосфора и серы приводит к активизации хлоропластного дыхания.