

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Т.К. Антала
«Механизмы адаптации фотосинтетического аппарата к недостатку основных элементов минерального питания», представленной на соискание ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.01.02 – биофизика

Диссертационная работа Т.К. Антала связана с актуальной биофизической проблемой – выяснением физико-химических механизмов регуляции первичных процессов фотосинтеза в изменяющихся условиях окружающей среды. Поскольку наиболее агрессивным фактором среды является высокая освещенность, часто вызывающая дисбаланс между поглощенной солнечной энергией и способностью ее утилизации в процессах метаболизма, а неиспользованная световая энергия вызывает образование активных форм кислорода и фотоповреждение биомембран, поэтому именно это направление исследуется в первую очередь. Недостаток элементов минерального питания также является одним из основных природных стресс-факторов, играющим важнейшую роль в жизнедеятельности растений. Для фитопланктонных фотосинтезирующих организмов, особенно обитающих в обедненных минеральными элементами районах Мирового океана, недостаток элементов минерального питания ощущается особенно остро. Имеющиеся в литературе данные, посвященные этому направлению исследований, в большей мере носят прикладной характер. В связи с этим проведение системных исследований по изучению «стратегии включения» основных внутриклеточных молекулярных механизмов регуляции фотосинтеза у разных групп фотосинтезирующих организмов в ответ на минеральный стресс представляет большой интерес и определяет актуальность представленной диссертации. Автор сосредоточил особое внимание на изучении роли фотопродукции водорода клетками зеленых микроводорослей в качестве адаптационного механизма, обеспечивающего устранение «перевосстановленности» ЭТЦ фотосинтеза у зеленых микроводорослей. В качестве основного стрессового воздействия для *Chlamydomonas reinhardtii* автором выбрано голодание по сере или магнию. Полученные диссертантом оригинальные данные, а также проведенный анализ имеющихся в литературе, позволил выявить общие нарушения в условиях минерального стресса для представителей разных таксономических групп: снижение активности «темновой» стадии фотосинтеза, подавление роста, накопление запасных углеводов, включение редокс-зависимых механизмов регуляции первичных процессов фотосинтеза для устранения нарушений баланса между световыми и «темновыми» реакциями. При этом сокращение ФСА у голодающих микроводорослей обусловлено снижением содержания ключевых компонентов хлоропластов, таких как Рубиско, ФС2 и цитохромный b6/f-комплекс. У высших растений имеет место регуляция количества хлоропластов в клетках мезофилла листа. Голодающие растения, так же как и клетки микроводорослей, отличаются низкой скоростью фотосинтеза, восстановленным

состоянием ЭТЦ фотосинтеза, необратимым переходом из состояния 1 в состояние 2, активацией ЦЭТ. В клетках водорослей модификация ФС2 при голодании включает стабилизацию Q_A в восстановленном состоянии, деструкцию КВК и изменения редокс потенциалов Q_A и Q_B , что показано автором впервые. Существующая в клетках гибкая система регуляторных и фотозащитных механизмов позволяет защитить мембраны и от излишнего света и от активных форм кислорода, используя необходимые в данных условиях механизмы (нефотохимическое тушение флуоресценции хлорофилла, переход состояний фотосинтетического аппарата, включение альтернативных потоков электронного транспорта). В то же время проявляются характерные для голодания по разным элементам специфические нарушения фотосинтетического аппарата. Так при недостатке серы через 72 часа голодания практически не обнаруживаются белки комплекса ФС2 и b6/f-комплекса, в то время как при недостатке магния активность этих компонентов при голодании еще достаточно высокая и сохраняется даже после перехода в анаэробноз. Большой заслугой диссертанта является определение вклада основных электрон-транспортных потоков в хлоропласте, а также альтернативных потоков на кислород, включающихся в определенных условиях при голодании и также позволяющих снизить перевосстановленность ЭТЦ между ФС2 и ФС1. В проростках высших растений при минеральном стрессе окислительная деструкция компонентов фотосинтетических мембран не проявляется, активное состояние ФС2 и ФС1 сохраняется, хотя снижается количество самих хлоропластов в клетке.

Диссертация представляет собой фундаментальное исследование, полученные результаты диссертант рассматривает с точки зрения взаимосвязи всех энергозависимых процессов, составляющих энергетическую систему растения. Это существенно расширяет современные представления о принципах и механизмах адаптации фотосинтезирующих клеток к минеральному стрессу. Диссертация выполнена с использованием самых современных методов исследования. Материал обобщен в специальном разделе «обсуждение». Выводы четко сформулированы, полностью соответствуют представленным в автореферате материалам, поэтому их достоверность не вызывает сомнений. Все изложенное позволяет считать, что диссертация Т.К. Антала полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Тарас Корнелиевич Антал заслуживает присуждения искомой ученой степени доктора биологических наук по специальности 03.01.02 «биофизика».

31 октября 2016

Доктор биологических наук,
профессор кафедры физиологии растений
Биологического ф-та МГУ имени М.В.Ломоносова

Н.Д. Алехина

ПОДПИСЬ РУКИ
ЗАВЕРЯЮ

Алехина Н.Д.

Заведующий кафедрой биологического факультета МГУ