

АДАПТАЦИЯ К ВОЗДЕЙСТВИЮ СТРЕССОВЫХ ФАКТОРОВ НА УРОВНЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ H^+ -АТФазы ХЛОРОПЛАСТОВ

М.М. Якубова¹, З.М. Хамрабаева²

¹Центр инновационной биологии и медицины Академии наук Республики Таджикистан, Душанбе, Таджикистан, mukhiba@mail.ru

²Таджикский национальный университет, Душанбе, Таджикистан, zuhrah62@mail.ru

Аннотация. Исследована активность фермента H^+ - АТФазы хлоропластов исходной и мутантных форм хлопчатника и арабидопсиса, различающихся активностью и структурной организацией фотосинтетического аппарата. Выявлены его функциональные особенности в мембраносвязанном и солюбилизованном состояниях при воздействии различных факторов. Этанол в качестве модификатора мембран оказывал активирующее действие на АТФазную активность растворимого CF_1 как у хлопчатника, так и у арабидопсиса.

Ключевые слова: адаптация, стресс, H^+ -АТФаза, хлоропласт, этанол

DOI: 10.31255/978-5-94797-319-8-844-846

В последние годы вопросы адаптации живых организмов к окружающей среде к изменению климата, воздействию антропогенного и техногенного факторов привлекают во всем мире повышенное внимание ученых и специалистов разных отраслей и направлений науки.

Раскрытие общих свойств биологических систем и объяснение причин их многообразия, выявление связей между их строением и условиями окружающей среды являются основополагающими для изучения механизмов адаптации. Теоретически любая биологическая система на уровне молекулярной организации, клетки, ткани, органа, организма, популяции, вида, биоценоза и экосистем может стать мишенью для воздействия тех или иных факторов. Поскольку значение разных классов и видов молекул для поддержания гомеостаза организма не одинаково, последствия этого воздействия различны. Механизмы биохимической адаптации могут проявляться как приспособительный защитный механизм, самообновление (механизм повышения чувствительности к внешним воздействиям), связь между самообновлением и адаптационной пластичностью, механизмы репарации структурных повреждений как буферная система, являющаяся приспособительным и защитным процессом [Якубова, 2011].

Изучение H^+ -АТФазы хлоропластов хлопчатника и арабидопсиса позволяет раскрыть общие свойства живых организмов и выяснить причины их многообразия и адаптации к воздействию стрессовых факторов на уровне их молекулярной организации. Известно, что H^+ - АТФаза хлоропластов является составной частью энзиматической системы, обеспечивающей аккумуляцию и использование энергии в ходе физиолого-биохимических процессов в организме [Junge, Nelson, 2015]. Исследование активности данного фермента и выявление его функциональных особенностей представляют еще больший интерес в связи с изучением мутантных форм растений, которые позволяет исследовать механизм действия генетических факторов на функциональную активность хлоропластов, а также выявить лимитирующие звенья в проявлении фотосинтетической активности. Исходя из этого, изучение АТФазы сопрягающего фактора CF_1 , выполняющего одну из ключевых функций в заключительном этапе энергетического метаболизма клетки, а также в процессе реализации энергии в метаболических процессах в хлоропластах растений позволит выявить воздействие того или иного фактора на отдельные субклеточные комплексы

(ферментные системы) на молекулярном уровне. Из хлоропластов хлопчатника и арабидопсиса нами впервые был выделен очищенный сопрягающий фактор CF_1 , изучена его АТФазная активность и влияние на неё различных факторов. Были подобраны оптимальные условия функциональной активности мембраносвязанной АТФазы хлоропластов изученных растений: температура 37 °С, концентрация хлорофилла 1 мг/мл, соотношение компонентов субстрата Mg к АТФ равное единице, глутатион в концентрации 20 мМ. Установлено, что АТФазная активность хлоропластов у исследованных объектов была Ca^{2+} -зависимой, а активация этанолом индуцировала его Mg – специфичность.

Было исследовано влияние этанола концентрацией от 5 до 30%. Значительный стимулирующий эффект оказывал этанол в концентрации 20-25%, выше которой начинался процесс ингибирования АТФазной активности. По абсолютным значениям активность фермента у мутанта Дуплекс хлопчатника значительно превосходила этот показатель у исходного сорта как в мембраносвязанном, так и в солюбилизованном состояниях. Различия АТФазной активности электрофоретически чистых препаратов CF_1 , изолированных из двух форм хлопчатника, возможно, объясняются микрогетерогенностью этих форм CF_1 .

Выявлена важная закономерность, указывающая на то, что более высокая активность фермента у растений, обладающих повышенной функциональной активностью хлоропластов, а также продуктивностью, связана не с изменением структуры H^+ -АТФазы, а с особенностями мембранной организации фотосинтетического аппарата, в частности, изменением количественного состава основных полипептидов, а также белков, относящихся к светособирающему комплексу. Нами был установлен важный факт, свидетельствующий о том, что ответная реакция CF_1 в мембраносвязанном и растворимом состояниях в результате воздействия этанола, как модификатора мембраны на уровне белок-липидных взаимодействий у растений, относящихся к различным таксономическим группам (хлопчатник *Gossypium hirsutum* L. и арабидопсис *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh.) выражается по-разному.

Проведение сравнительного исследования АТФазной активности CF_1 хлоропластов арабидопсиса в связанном с мембраной и растворимом состояниях показало, что в составе мембраны тилакоидов активность Mg-АТФазы в присутствии этанола у мутанта 58/15 в два раза превосходила таковую у двух других форм арабидопсиса. Сравнительное исследование АТФазной активности изолированного сопрягающего фактора 1 хлоропластов арабидопсиса показало, что эффективность действия спирта одинакова у всех форм арабидопсиса.

Хлоропласты растений, различающиеся по активности ФСА, характеризуются различным уровнем энергообмена и ответной реакцией на воздействие различных факторов, а качественный состав белков тилакоидной мембраны и соотношение ее компонентов обусловлено генетическими особенностями растения [Якубова, Хамрабаева, 2006].

Важно отметить, что проведенные исследования позволяют использовать АТФазную активность CF_1 тилакоидных мембран в качестве биохимического инструмента, определяющего потенциальные возможности хлоропластов для выявления адаптационных механизмов при отборе продуктивных форм растений.

Литература

Якубова М.М. Экологические аспекты биохимической адаптации // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. – 2011. – № 1 (174). – С. 77–88.

Якубова М.М., Хамрабаева З.М. Особенности энерготрансформирующей системы хлоропластов хлопчатника и арабидопсиса // Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. – 2006. – № 2 (155). – С. 67–78.

Junge W., Nelson N. ATP synthase // Annu Rev Biochem. – 2015. – № 84. – P. 631–657.

ADAPTATION TO THE IMPACT OF STRESS FACTORS AT THE LEVEL OF MOLECULAR ORGANIZATION OF THE CHLOROPLASTS H^+ -ATPASE

M.M. Yakubova¹, Z.M. Khamrabaeva²

¹Centre of innovative biology and medicine of Academy Sciences of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan, *mukhiba@mail.ru*

²Tajik national university, Dushanbe, Tajikistan, *zuhrah62@mail.ru*

Abstract. The activity of the enzyme H^+ - ATPase of chloroplasts of the initial and mutant forms of cotton and arabidopsis, differing in the activity and structural organization of the photosynthetic apparatus, was studied. Its functional features in membrane-bound and solubilized states are revealed under the influence of various factors. Ethanol as a membrane modifier exerted an activating effect on the ATPase activity of soluble CF_1 in both cotton and arabidopsis.

Keywords: *adaptation, stress, H^+ -ATPase, chloroplast, ethanol*