

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ Cd И ЭССЕНЦИАЛЬНЫХ КАТИОНОВ ВНУТРИ ХЛОРОПЛАСТОВ. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ПОДХОД К ПОИСКУ МИШЕНЕЙ Cd

Лысенко Е.А., Клаус А.А., Карташов А.В., Кузнецов В.В.

*Институт физиологии растений РАН, Москва, Россия*

Кадмий – один наиболее токсичных тяжёлых металлов. Кадмий способен повреждать фотосинтетический аппарат *in vitro*, однако, растения защищают свои хлоропласты, и лишь малое количество Cd проникает в них. Малое количество лимитирует прямое ингибирующее действие. Поэтому мы впервые изучили распределение Cd внутри хлоропластов. Оказалось, что при поступлении *in vivo*, 80% Cd накапливается в тилакоидах и лишь 20% задерживается в строме. Следовательно, вероятной мишенью являются компоненты световой фазы фотосинтеза в тилакоидах. В модели поступления *in vitro* Cd распределяется между тилакоидами и стромой примерно поровну.

Мы проанализировали активность фотосистем. Оказалось, что накопление Cd *in vivo* ингибирует возможность тушения избытка энергии через тепловую диссипацию. При сильном освещении накапливалась большая порция «закрытых» ФС2, т.е. ФС2, поглотивших квант света и не способных ни передать его в электрон-транспортную цепь, ни испустить в виде тепла. Такие ФС2 остаются в возбужденном состоянии, что грозит их повреждением. Данные по Pm позволяют предполагать, что Cd уменьшает в тилакоидах количество ФС1.

Мы изучили распределение других катионов – Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu, K - между стромой и тилакоидами. Сопоставив уровень катионов, мы сделали вывод, что количество Cd в тилакоидах достаточно для существенного замещения Cu (в пластоцианине), или Zn (в карбоангидразах или в протеазах FtsH), или Mn (в водоокисляющем кластере фотосистемы 2).

Мы сравнили воздействие *in vivo* нескольких тяжёлых металлов: Cd, Fe, Cu. Воздействие Cd изменяло содержание всех изученных катионов в хлоропластах. Изменение уровня K и Mn было характерно для воздействия любого из тяжёлых металлов. Изменения остальных катионов было специфично для Cd. По-видимому, Cd конкурировал с Zn за транспорт внутрь хлоропластов, что снижало накопление Zn в хлоропластах. Накопление Ca в хлоропластах не изменялось, однако, наблюдалось перемещение огромной порции Ca из стромы в тилакоиды. Вероятно, это защитный механизм, при помощи которого растения уменьшают возможность Cd к конкурентному замещению в тилакоидах.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 14-04-00584.