

## МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПЕРЕСТРОЙКИ И РЕГУЛЯЦИЯ БИОСИНТЕЗА АНТОЦИАНОВ В РАСТЕНИЯХ ОЗИМОГО РАПСА (*BRASSICA NAPUS* L.) ПОД ДЕЙСТВИЕМ 5-АМИНОЛЕВУЛИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Аверина Н.Г., Емельянова А.В.

*Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, Минск, Беларусь*

Изучены метаболические перестройки, а также молекулярные и физико-химические механизмы регуляции биосинтеза антоцианов, индуцированные действием предшественника тетрапирролов – 5-аминолевулиновой кислотой (АЛК), в растениях озимого рапса (*Brassica napus* L.). Впервые показано, что под действием высоких концентраций АЛК (200 мг/л) наблюдается тетрапиррол-зависимая генерация синглетного кислорода ( $^1O_2$ ), сопровождаемая накоплением антоцианов и активацией экспрессии структурных (*dfr*) и регуляторных (*hys*) ядерных генов системы биосинтеза антоцианов. В присутствии АЛК и тушителя  $^1O_2$  – гистидина, накопление антоцианов значительно снижается. Таким образом, генерируемый в хлоропластах  $^1O_2$  запускает сигнальный путь, участвующий в пластидно-ядерной коммуникации, и активирует тем самым экспрессию ядерных генов, связанных с биосинтезом антоцианов, вызывая накопление последних. В этих условиях накопление антоцианов, обладающих мощной антиоксидантной активностью, рассматривается как защитный механизм, уменьшающий развитие фотодинамических процессов, генерируемых активными формами кислорода, в том числе  $^1O_2$ . С другой стороны, в присутствии экзогенной АЛК наблюдается ингибирование образования хлорофилла (Хл), частично обусловленное снижением активности ряда закодированных в ядре ферментов, таких как АЛК-дегидратаза и порфобилиногеназа, участвующих в синтезе первичного тетрапиррола – уропорфириногена III. В присутствии АЛК и гистидина подавления синтеза Хл не наблюдается. Таким образом, тетрапиррол-зависимая генерация  $^1O_2$  через пластидно-ядерную сигнализацию и изменение уровня экспрессии ряда ядерных генов оказывает противоположное действие на две метаболические системы – синтез антоцианов и синтез Хл, что согласуется с результатами, представленными в работе профессора Гримма с сотр. [1]. Наряду с накоплением антоцианов отмечено также возрастание содержания универсальных стресс-протекторов – глутатиона и пролина, а также активности антиоксидантных ферментов – супероксиддисмутазы и аскорбатпероксидазы. В обработанных АЛК растениях отмечено существенное подавление активности фотосинтеза, обусловленное как снижением содержания Хл, каротиноидов, так и структурных компонентов фотосинтетического аппарата – белков пигмент-белковых комплексов фотосистем I и II. Отмечено также развитие компенсаторных реакций, выражающихся в возмещении нарушений фотосинтетической функции за счет активации процесса дыхания. Стимуляция дыхательного процесса обеспечивалась за счет повышения уровня компонента дыхательных цитохромов – гема, возрастания активности феррохелатазы и гемсодержащего фермента цитохром *c*-оксидазы, чему в свою очередь соответствовало повышение содержания одной из трех ключевых субъединиц фермента, формирующих его активный центр – (СОХIIb), а также возрастания уровня другого терминального дыхательного фермента – альтернативной оксидазы.

### Библиографические ссылки

1. Richter A., Tohge T., Femie A. et. al. The genomes uncoupled-dependent signalling pathway coordinates plastid biogenesis with the synthesis of anthocyanins // Phil.Trans.R.Soc.B., 2020, Vol. 375. P. 1–13.