

Целью настоящей работы являлось тестирование выхода K^+ из клеток корня *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. с помощью радиоактивного трейсера $^{86}Rb^+$ и сравнение его у растений, обладающих нативным и генетически модифицированным Цис-151. Также в задачи работы входил анализ стрессоустойчивости нокауты по GORK и растений с GORK, модифицированным по Цис-151, с использованием техники замены среды без переноса растений. Было показано, что у растений дикого типа выход $^{86}Rb^+$ ускорялся под действием NaCl в 5 раз, Cu^{2+} /аскорбат (смесь, генерирующая гидроксильные радикалы - $HO^{\bullet}$) в 3 раза, H_2O_2 в 2,5 раза. Близкие значения увеличения скорости выхода изотопа были зарегистрированы в случае растений *gork1-1* с возмещенным GORK. В то же время, скорость стресс-индуцируемого потока $^{86}Rb^+$ была в 2 раза ниже у нокауты по K^+ -каналу *gork1-1*, а также у *gork1-1*, экспрессирующих GORK с заменой редокс-чувствительного Цис на Сер (GORK-C151S). Ингибирование роста корней линий арабидопсиса *gork1-1* и *gork1-1*, экспрессирующих GORK-C151S, под действием засоления, АФК, гамма-радиации, солей меди, никеля и алюминия было значительно слабее, чем у растений дикого типа, т.е. данные растения приобретали общую стрессоустойчивость к стрессорам, которые вызывают отток K^+ . Важно отметить, что экспрессия нативного гена *Gork* увеличивалась приблизительно в 1,5 и 2,7 раза при выращивании растений на фоне 100 и 200 mM NaCl, соответственно, и снижалась на 25-30% на фоне 1 mM H_2O_2 . Таким образом, было установлено, АФК-чувствительный центр в структуре GORK (Цис-151) имеет важное значение в активации K^+ -каналов GORK под действием АФК при стрессе, а также вероятно обеспечивает высокую чувствительность растений к абиотическим стрессорам.

Сессия 4

Корневые системы растений: пластичность ветвления и стратегии инициации бокового органа

Демченко К.Н.*, Кирюшкин А.С., Ильина Е.Л.

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, Лаборатория клеточных и молекулярных механизмов развития растений, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: demchenko@binran.ru

Способность корней к ветвлению в разнородной по своему составу почве в значительной степени определила успешность колонизации суши растениями, в том числе и в засушливых регионах. В ходе эволюции наземных растений, на протяжении более чем 450 миллионов лет, развивалась пластичность ветвления корневых систем, появлялись различные формы и стратегии ветвления корня. Несмотря на разнообразие и значительное различие в типах ветвления корневых систем, существует целый ряд общих регуляторных генетических модулей, определяющих компетенцию отдельных клеток корня к образованию нового органа. Мы рассмотрим возможные пути формирования этих генетических модулей в ходе эволюции семенных растений, а также их становление у предковых форм. Особое внимание будет уделено роли ауксина в единой координации ветвления корня, а также малым сигнальным пептидам (RALF, CER) в формировании системной регуляции этого процесса. Боковые корни возникают у большинства растений выше зоны растяжения, однако существует группа семейств (Тыквенные и др.), виды которых формируют примордии бокового корня непосредственно в меристеме родительского. Ключевым фактором при обоих типах инициации бокового корня является ауксин. В свою очередь, симбиотические клубеньки иницируются сходно с боковыми корнями выше зоны растяжения, но в ответ на восприятие ризобияльных бактерий на поверхности корня. Изучение развития актиноморфных клубеньков, а также ризобияльных клубеньков с недетерминированным ростом у некоторых мутантов гороха (*Cochleata* и др.) показывает определенное

сходство генетических программ инициации этих органов и бокового корня. Несмотря на различия в инициации боковых корней и клубеньков, они имеют перекрывающиеся программы развития. Для понимания взаимосвязи корневой и клубеньковой программ развития был проведен сравнительный анализ. Так у мутантов по гену LOB-DOMAIN PROTEIN 16 (LBD16) обнаруживаются эквивалентные дефекты в инициации клубеньков и боковых корней. Проведенный филогенетический анализ, а также анализ уровней экспрессии генов семейства LBD в ответ на экзогенный ауксин, позволил выявить ортологи генов LBD16 и LBD18 *Arabidopsis* у представителей сем. Тыквенные. Нами был проанализирован паттерн экспрессии генов LBD при различных типах инициации бокового корня, а также при инициации симбиотических клубеньков, обсуждаются возможные мишени. Исследования позволили предложить эволюционную схему участия белков семейства LBD в регуляции инициации и развития боковых органов корня – симбиотических клубеньков и боковых корней. Таким образом, мы пытаемся сформировать общую картину того, как наземные растения в ходе эволюции приобрели столь адаптивную пластичности в ветвлении корневой системы, а также определить, как эти знания могут способствовать направленному изменению сельскохозяйственных культур.

Метаболические механизмы адаптации растений к дефициту кислорода

Емельянов В.В.^{А*}, Пузанский Р.К.^Б

^АСанкт-Петербургский государственный университет, кафедра генетики и биотехнологии, Санкт-Петербург, Россия

^ББотанический институт им. В.Л. Комарова РАН, лаборатория аналитической фитохимии, Санкт-Петербург, Россия

*E-mail: bootika@mail.ru

Способность адаптироваться к кислородной недостаточности связана с наличием у растений различных приспособлений, многие из которых опосредованы существенными изменениями обмена веществ. Метаболическое профилирование с помощью ГХ-МС выявило значительные изменения в метаболитах побегов исследованных растений при недостатке кислорода. У пшеницы (неустойчивое растение) аноксия приводила к уменьшению спектра дисахаридов, и накоплению карбоксилатов (пирувата и лактата), пролина и ГАМК. Побеги риса (устойчивое растение) характеризовались незначительными изменениями метаболизма. Среди карбоксилатов накапливались глицерат и сукцинат, а среди аминокислот - пролин, ГАМК и аланин. Сукцинат, аланин и ГАМК являются важными анаэробными интермедиатами, образующимися в результате функционирования анаэробных путей реокисления НАД(Ф)Н. Сравнение метаболитов корней выявило значительные различия между пшеницей и рисом. В корнях пшеницы при аноксии накапливались моносахариды, полиолы и карбоксилаты (пируват, лактат и сукцинат). Аккумуляция сахаров может быть следствием их недостаточной метаболизации из-за инактивации ферментов гликолиза у неустойчивых видов растений, к которым относится пшеница. В корнях риса спектр углеводов сокращался, накапливалась ГАМК и эфиры жирных кислот, что может быть следствием активации липидного обмена. Перераспределение значимости сахаров и органических кислот в определении метаболического профиля выявлено у обоих растений, что определялось активацией гликолиза, брожений и альтернативных путей реокисления НАД(Ф)Н. Аккумуляция стрессовых метаболитов указывает на общность механизмов метаболической адаптации, реализуемых при кислородной недостаточности.

Исследование поддержано РНФ № 22-24-00484.