

ХРОНІКА

VI СЪЕЗД ОБЩЕСТВА ФИЗИОЛОГОВ РАСТЕНИЙ РОССИИ. МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «СОВРЕМЕННАЯ ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ: ОТ МОЛЕКУЛ ДО ЭКОСИСТЕМ» (18-24 июня 2007 г., Сыктывкар, Россия)

18-24 июня 2007 года состоялся VI съезд Общества физиологов растений России. Он проходил в форме Международной научной конференции «Современная физиология растений: от молекул до экосистем». На нем были представлены доклады физиологов растений не только России, но и Азербайджана, Германии, Китая, Молдовы, Нидерландов, Польши, Румынии, Сербии, США, Украины. В частности, украинскими физиологами в материалах Съезда опубликованы тезисы 45 докладов. По несколько докладов представлено от Института физиологии растений и генетики НАНУ, Института биоорганической химии НАНУ, Института ботаники НАНУ, Института клеточной биологии и генетической инженерии НАНУ, Института экологии Карпат НАНУ, Криво-рожского ботанического сада НАНУ. Кроме того, были представлены доклады от университетов Украины – Национального аграрного, Киевского национального им. Тараса Шевченко, Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина, Национального фармацевтического университета, Харьковского национального аграрного университета им. В.В. Докучаева. Съезд проходил на базе Института биологии Коми Научного центра Уральского отделения РАН в Сыктывкаре.

Во время работы Съезда было проведено 9 симпозиумов, которые охватывали все современные направления физиологии растений:

1. Энергетика и метаболизм растительной клетки
2. Геном растений и регуляция его экспрессии
3. Гормоны и онтогенез
4. Стресс, адаптация и выживание растений
5. Физиология фитосистем и глобальная экология
6. Клеточная биология и биотехнология
7. Биология трансгенного растения
8. Продукционный процесс
9. Преподавание физиологии и биохимии растений

Работа Съезда была построена таким образом, что на утренних заседаниях читались пленарные лекции, которые представляли собой обзоры по тем или иным направлениям исследований в физиологии растений.

В пленарном докладе «Эволюция транспорта Na^+ : от прокариот к высшим растениям» (Ю.В. Балконин, Л.Г. Попова) показано, что на плазматической мембране древних прокариот функционировали две группы Na^+ -транспортирующих белков: Na^+ -помпы – непосредственно сопрягающие химические реакции превращения субстрата с трансмембранным транспортом Na^+ ; Na^+/H^+ -антипортеры – осуществляющие вторично-активный транспорт Na^+ в обмен на H^+ . Кроме этих белков, на плазматической мембране прокариот функционируют Na^+ -транспортирующие АТФазы. Они либо поддерживают низкие концентрации Na^+ в цитоплазме, либо синтезируют АТФ за счет $\Delta\mu \text{Na}^+$, образованного другими генераторами – Na^+ -транспортирующими декарбонсилазами, оксидоредуктазами или метилтрансферазами. В эволюционном ряду организмов растительного царства у высших сосудистых растений Na^+ -транспортирующие АТФазы до настоящего времени не найдены. Наличие этих Na^+ -транспортирующих систем у прокариот связано с необходимостью выведения из клеток токсических ионов Na^+ , содержащихся в высоких концентрациях в среде и поступающих по градиенту электрохимического потенциала в клетки. Появление в процессе эволюции эукариот, характеризующихся более совершенным, чем у их предшественников

ХРОНИКА

клеточным строением, привело к более узкой специализации клеточных органелл и потере плазматической мембраной функции энергообеспечения клетки.

В докладе «Метилирование ДНК у растений» (Б.Ф.Ванюшин) отмечено, что метилирование генома – эпигенетический контроль за всеми генетическими функциями, включая транскрипцию и репликацию. К настоящему времени показано, что у растений существует взаимосвязанный контроль между адениновым и цитозинным метилированием ДНК. Это новый механизм уточненного эпигенетического контроля сопряженными метилированиями ДНК за функциями генома эукариот. В настоящее время открыт новый тип регуляции активности эукариотических (растительных) эндонуклеаз, основанный на их модуляции донором метильных групп и (или) ингибиторами реакции метилирования.

Результаты 30-летних сравнительных исследований загрузки флоэмы ассимилятами изложены в одноименном докладе Ю.В.Гамалей с соавторами. У 2300 видов, относящихся к 850 родам и 126 семействам из восьми подклассов, входящих в класс двудольных растений проведено изучение структуры терминальной флоэмы, состава сахаров флоэмного экссудата, ареалов распространения. На основании анализа результатов сформулированы новые представления о загрузке флоэмы ассимилятами по симпласту и через апопласт. Показано, что русло экспорта ассимилятов из мезофилла во флоэму определяется не в конце загрузочного пути – в терминальной флоэме, а в его начале – в клетках мезофилла. У растений с симпластной загрузкой флоэмы фотоассимиляты не загружаются через апопласт не из-за отсутствия помп или переносчиков в клетках терминальной флоэмы, а из-за отсутствия ассимилятов в апопласте. Первичная причина альтернативности двух механизмов загрузки флоэмы (симпластный/апопластный) – вариации барьерных свойств плазмалеммы и/или тонопласта клеток мезофилла. Принципиальное отличие молодой группы апопластных двудольных (около 20 тыс. видов) – кардинальное изменение в процессе эволюции барьерных свойств тонопласта, повышение содержания сахаров в апопласте и редукция плазмодесм. Предполагается, что это связано с прогрессирующим дефицитом тепла и влаги в миоцене на значительной территории, что привело к распаду симпласта. Исследование современной географии групп двудольных, классифицированных по типам терминальной флоэмы, показало, что в зонах экстремального климата (полярные области, высокогорья, аридные пустыни) обитают виды с анцестральным типом организации терминальной флоэмы. Области благоприятного климата, занятые тропическими и субтропическими лесными формациями – царство симпластных двудольных. Лесные формации умеренной и бореальной зон – это древесные с менее выраженным типом симпластной загрузки флоэмы. В климатических зонах с явно выраженным дефицитом тепла и/или влаги доминируют травы с апопластным типом. Разновозрастные таксоны всегда различаются по признакам организации терминальной флоэмы. По ее структуре можно легко установить их филогенетический возраст. Авторы считают, что история симпластных двудольных – растений с наиболее высокой эффективностью транспорта и роста, возникших в эоцене и продолжающих доминировать в тропических биомах – завершена. Расширение группы апопластных двудольных возможно.

В докладе «Физиологические механизмы устойчивости и продуктивности растений в условиях холодного климата» (Т.К. Головки) показано, что для растений Севера при пониженной температуре характерна достаточно высокая интенсивность фотосинтеза, скорость транспорта электронов в электрон-транспортной цепи, относительно высокое содержание каротиноидов (соотношение хлорофиллы/каротиноиды 2-4), высокий уровень обеспечения энергией процессов жизнедеятельности. Кроме того, у растений Севера значительно выражены микоризы и микоризные ассоциации – в тундровой зоне микотрофы составляют около 50, а в бореальной – до 70 % растений. Это способствует улучшению водного режима и минерального питания растений, обеспечению их физиологически активными соединениями. Такие особенности физиологических процессов у растений Севера обеспечивают их высокий адаптивный потенциал.

Ю.Н. Журавлев в докладе «Морфогенез растений *in vitro*» высказал предположение об эволюционной обусловленности у сосудистых растений свойства тотипотентности, в основе которого лежит способность растений к регенерации. В пределах этой обусловленности возможны различные варианты реализации этого свойства. К главным условиям, необходимым для индукции программ регенерации, автор относит нарушение целостности и создания асимметрии. В зависи-

ХРОНИКА

мости от того, какими средствами эти условия достигаются, возможны разные морфогенетические сценарии, приводящие к образованию растения-регенеранта.

Гормональной регуляции биогенеза хлоропластов был посвящен доклад В.В.Кузнецова. В биогенезе хлоропластов важнейшую роль играют цитокинины. Доказано присутствие цитокининов в хлоропластах, открыты их мембранные рецепторы, гены первичного ответа на цитокинины, показана гормональная регуляция транскрипции пластидных генов. Выделен цитокинин-связывающий белок, участвующий в гормон-зависимой регуляции хлоропластной транскрипции. Достигнуты огромные успехи в изучении структуры и регуляции экспрессии пластидного генома. Несмотря на успехи, очень мало известно о рецепции и передаче цитокининового сигнала в хлоропласты. Не изучена роль фитогормонов в ядерно-пластидном взаимодействии. Не окончательно известно происхождение фитогормонов, локализованных в хлоропластах.

Свойства и функционирование рецепторов цитокининов рассмотрены в докладе Г.А.Романова. К рецепторам цитокининов в настоящее время относят сенсорные гистидинкиназы – у арабидопсиса их открыто 3 – CRE1/АНК4, АНК3 и АНК 2. Близкие к ним по структуре рецепторы цитокининов обнаружены у эволюционно далеких от арабидопсиса видов: кукурузы и риса. Предполагается, что передача цитокининового сигнала рецепторами генов первичного ответа происходит по «классическому» сценарию для двухкомпонентных систем с участием белков-фосфотрансмиттеров в качестве челночных переносчиков активного фосфата между мембранным рецептором и ядерными генами первичного ответа. В передаче цитокининового сигнала важную роль играет фосфолипаза D. Продукты ее активности – фосфатидные кислоты – участвуют в регуляции фосфорилирования клеточных белков, что может сказаться на прохождении сигнала цитокининов. Данные автора показывают, что характер и интенсивность ответа клетки на тот или иной цитокинин в значительной степени зависят от того, какие изоформы рецепторов цитокининов представлены в данной клетке или ткани.

Доклад «Перспективы биофарминга и нанотехнологий для медицины и сельского хозяйства на основе трансгенных растений» (Р.К. Салаяев) был посвящен анализу возможностей использования трансгенных растений как «биофабрик» для получения большого числа различных соединений – ферментов, гормонов роста, новых диагностикумов, моноклональных антител, множества антигенных белков, новых противоопухолевых средств, новых типов вакцин против опасных инфекций. Особое внимание исследователей привлекают вакцины орального применения (съедобные вакцины), также получаемые с использованием трансгенных растений. В настоящее время уже получены вакцины против возбудителей холеры, энтерита, гепатитов А, В, С и Е, вируса Норфолка, ротавируса, парвовируса рыб, вируса ящура, бешенства, вируса папилломы, болезней репродуктивной сферы, СПИДа. Весьма перспективной представляется генетическая трансформация пластид, так как при этом возникает высокая степень копияности целевых генов, а, следовательно, возрастает и количество антигенного продукта. На завершающем этапе находится разработка кандидатной оральной вакцины против СПИДа и гепатита В на основе трансгенных томатов, полученных автором доклада совместно с сотрудниками, ГНЦ «Вектор», ИХБ и ФС СО РАН и д-ром Р. Хаммонд (Белтсвилл, США).

В докладе «Высшие растения в искусственных экосистемах: достижения и перспективы» (А.А.Тихомиров с соавторами) показано, что единственной в мире замкнутой биоэнергетической системой, где выполнены длительные многомесячные эксперименты по поддержанию круговоротных процессов с участием высших растений, является уникальный комплекс БИОС-3 Института биофизики СО РАН. Из всех искусственных биологических экосистем жизнеобеспечения, созданных ранее, только БИОС-3 позволил в автономном режиме обеспечить жизнь экипажа из двух-трех человек в течение четырех-шести месяцев за счет замыкания цикла по воде и газу практически на 100% и пище более чем на 50%. В решающей степени этому способствовало экспериментальное доказательство того, что для обеспечения высокой степени замкнутости по массообмену перспективным является использование высших растений как основы фотосинтезирующего звена – регенератора атмосферы и поставщика пищи для человека. Эксперименты показали реальную управляемость и высокую устойчивость процессов роста и развития растений в искусственных условиях, высокую продуктивность и высокую эффективность по таким критериям как качество продукции, оптимизация энергозатрат и т.д., практически полную независимость от сезонных, суточных и других естественных колебаний природных факторов.

ХРОНИКА

Отличительной особенностью Съезда было то, что представленные на нем доклады отражали тенденции в развитии современной физиологии растений в направлении исследований в области генетической инженерии, культуры растений *in vitro*, молекулярной биологии растений. Об этом свидетельствует и то, что из восьми научных симпозиумов Съезда три были посвящены этим вопросам.

Приведем краткий обзор и некоторые статистические данные, которые, на наш взгляд, отражают «интенсивность» исследований по разным направлениям физиологии растений. Так, наиболее обширным по количеству докладов был симпозиум 4 «Стресс, адаптация и выживание растений». По результатам исследований в этом направлении в материалах Съезда опубликовано более 200 тезисов докладов. В них освещены различные аспекты устойчивости растений к абиотическим и биотическим факторам среды на разных уровнях организации, роли фитогормонов, салициловой кислоты и ряда биологически активных веществ в формировании устойчивости и адаптации растений. Характерным является изучение молекулярных механизмов стрессовых реакций. Ряд работ посвящен изучению генетической детерминации адаптивных механизмов и стрессовых реакций.

Около 80 тезисов докладов опубликованы по результатам исследований энергетики и метаболизма растительной клетки (симпозиум 1). В них изложены результаты изучения активности и роли ряда ферментов, механизмов мембранного транспорта, влияния факторов среды, различных биологически активных веществ на процессы генерации энергии, метаболизм углеводов и других веществ в клетке. Во многих докладах в той или иной мере рассматриваются вопросы энергетики и метаболизма в связи с действием на растения неблагоприятных биотических и абиотических факторов. То есть, по сути, в них освещены механизмы устойчивости растений.

По материалам симпозиума 2 «Геном растений и регуляция его экспрессии» опубликовано около 30 тезисов докладов. В них приведены результаты изучения разных аспектов экспрессии ряда генов, детерминирующих те или иные физиолого-биохимические процессы и синтез функциональных белков, регуляции транскрипции генов фитогормонами, трансдукции фитогормональных сигналов, картирования генов углеводного метаболизма у *Arabidopsis*, роли фитохромной системы и света в регуляции экспрессии некоторых генов, кодирующих отдельные ферменты.

Более 80 тезисов докладов опубликовано по материалам симпозиума 3 «Гормоны и онтогенез». Подавляющая их часть посвящена изучению влияния фитогормонов и разных биологически активных веществ на физиолого-биохимические процессы, морфогенез отдельных органов растений, роли фитогормонов в регуляции роста и трансдукции сигналов у растений. В некоторых докладах изложены результаты изучения взаимодействия системы фитохромов и фитогормонов. К сожалению, очень мало приведено результатов изучения собственно процессов онтогенеза растений и роли в его регуляции фитогормонов. Хотя эти вопросы изучены еще недостаточно. Особенно если учесть то, что в настоящее время многие исследователи склоняются к мнению о фитогормональной регуляции как системе, которая функционирует во взаимодействии отдельных фитогормонов. В связи с этим, актуальным, на наш взгляд, является изучение роли не только отдельных фитогормонов, но и фитогормонального комплекса в регуляции процессов онтогенеза растений.

Отметим также, что практически отсутствовали доклады, в которых бы рассматривались результаты изучения биологических закономерностей фотопериодической реакции растений, несмотря на то, что к настоящему времени ответа на вопрос о том, почему длиннодневные растения зацветают быстрее на длинном дне, короткодневные – на коротком, а фотопериодически нейтральные – одновременно при любой длине дня не выяснен. По нашему мнению, исследование фотопериодизма растений – одна из важнейших составляющих учения об индивидуальном развитии растений.

В более чем 60 докладах на симпозиуме 5 «Физиология фитосистем и глобальная экология» освещены результаты изучения функционирования фотосинтетического аппарата, углеродно-азотного баланса, особенностей газообмена, дыхания, минерального питания, взаимодействия растение-микроорганизм, генотип-среда, межвидового взаимодействия растений в различных фитоценозах и ряд других вопросов экофизиологии.

ХРОНИКА

Вопросам клеточной биологии и биотехнологии был посвящен симпозиум 6. На нем было представлено около 60 докладов. Освещены результаты изучения введения в культуру *in vitro* различных растений, состава ряда экзометаболитов и биологически активных веществ каллусных культур, процессов морфогенеза, влияния фитогормонов на рост и морфогенез, вопросов клеточной селекции и биотехнологии, получения трансгенных клеточных линий, микроклонального размножения, использования культуры *in vitro* в практической селекции ряда культурных растений.

На симпозиуме 7 «Биология трансгенного растения» представлены около 25 докладов. В большинстве из них рассматриваются вопросы, связанные с использованием трансгенных растений как моделей для исследования детерминации генами тех или иных физиолого-биохимических процессов или физиологических функций, устойчивости к биотическим и абиотическим факторам, трансдукции фитогормональных сигналов, тканеспецифической экспрессии отдельных генов.

Более 80 докладов на симпозиуме 8 «Продукционный процесс» были посвящены различным аспектам влияния факторов среды, минерального питания, фитогормонов и других биологически активных веществ на урожай и его качество. Изложены также результаты изучения фотосинтеза и дыхания, углеводного и азотного обмена, симбиотической азотфиксации, влияния удобрений на продуктивность растений в искусственных и естественных фитоценозах. Следует отметить, что на этом симпозиуме поднят весьма актуальный вопрос об улучшении координации исследований продукционного процесса физиологами растений и агрономами. Подчеркивалась необходимость налаживания более тесной связи между теоретическими исследованиями продукционного процесса культурных растений физиологами и применения их результатов в растениеводстве.

Материалы симпозиума 9 «Преподавание физиологии и биохимии растений» отражают важность этого вопроса для подготовки биологов, учителей биологии, специалистов аграрного профиля. В докладах (их всего 23) отражены различные учебно-методические вопросы, проблемы преподавания физиологии и биохимии растений в связи с переходом к обучению в соответствии с Болонским процессом, вопросы инновации в процессе обучения.

Анализ материалов Съезда дает основание считать, что исследования в области физиологии растений, проводимые в России и других странах СНГ, в достаточной мере отражают современный уровень развития этой важнейшей биологической науки.

©2007 г. В. В. Жмурко