
ХРОНІКА

«РЕГУЛЯЦИЯ РОСТА, РАЗВИТИЯ И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ» IX Международная научная конференция (Минск, 24-26 октября 2018 года)

Осенью 2018 года столица Беларуси в девятый раз принимала участников Международной научной конференции «Регуляция роста, развития и продуктивности растений». По традиции ее организовали Институт экспериментальной ботаники (ИЭБ) им. В.Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси и Белорусское общественное объединение физиологов растений. В конференции приняли очное участие ученые из Беларуси, Германии, Литвы, России и Украины.

В рамках конференции работали три секции: «Фотосинтез, дыхание, минеральное питание и водный обмен, сигнальные системы клеток высших растений»; «Рост, развитие и продуктивность растений, фитоценозов и искусственных агроэкосистем»; «Стресс и адаптация у растений, повышение их устойчивости с использованием физиологически активных веществ и биотехнологических приемов».

Во вступительном слове неизменный председатель Оргкомитета академик НАН Беларуси Н.А. Ламан отметил, что IX конференция проходит в год 90-летия Национальной академии наук Беларуси, при этом она почти 20 лет служит регулярным форумом для неформального общения физиологов растений разных стран. Ее тематика давно вышла за рамки классической физиологии роста и развития растений и включает в себя актуальные вопросы механизмов адаптации растений к стрессовым факторам, клеточного сигналинга, нанобиотехнологий.

Первый день работы конференции открылся докладом академика НАН Беларуси, д.х.н., профессора В.А. Хрипача «Успехи в исследовании и применении брассиностероидов» (Институт биоорганической химии НАН Беларуси, Минск). Научная школа акад. В.А. Хрипача известна во многих странах мира, прежде всего, благодаря достижениям в области синтеза этого класса растительных гормонов. Эти исследования обеспечили надежный доступ ко всем важнейшим представителям брассиностероидов, их производным и синтетическим аналогам, а также позволили создать технологии производства некоторых гормонов для применения в сельском хозяйстве. Синтетическое направление стало основой для сотрудничества со многими учеными физиологического, биомедицинского и сельскохозяйственного профилей, в том числе далеко за пределами Беларуси. Докладчик отметил, что несмотря на накопленный в мире огромный объем сведений о биологических эффектах брассиностероидов, немало нерешенных проблем связано со сложным характером зависимости их действия от условий и очень тонкой настройкой конечного результата на сочетание различных факторов, изменения в которых могут приводить к противоположным эффектам даже для одних и тех же видов растений. В настоящее время брассиностероиды рассматриваются не только как регуляторы роста и стресс-протекторы растений, но и как многоцелевые инструменты для применения в гуманной и ветеринарной медицине. Однако их необычно низкие эффективные дозы во многих случаях не позволяют использовать традиционные подходы исследований как, например, при изучении фармакокинетики брассиностероидов. Докладчик очертил пути дальнейшего развития синтетических, биологических и аналитических исследований брассиностероидов, направленных на выяснение их места и роли в физиологии растений и человека.

Следующий пленарный доклад представил д.б.н. О.Ю. Баранов (Институт леса НАН Беларуси, Гомель). Его темой стало использование данных высокопроизводительного секвенирования для идентификации генов, ассоциированных с устойчивостью к фитопатогенным микроорганизмам. Исследовательской группой автора был проведен молекулярно-генетический скрининг локусов (GH19, Hsp90, SAM, ABA/WDS, Hsp70, AAI_LTSS, MiAMP1 (AMP), Stress/antifungal, Disease resistance gene (R), BAX inhibitor (BI)-1/Ycca, CHS, DHN), кодирующих пептиды с выраженным

ХРОНИКА

антимикробным действием. Предметом исследований явился генетический полиморфизм, уровень копийности и экспрессионный профиль для растений генотипов сосны обыкновенной с различным уровнем устойчивости к инфекционному полеганию.

Во второй половине дня звучали доклады секции «Фотосинтез, дыхание, минеральное питание и водный обмен, сигнальные системы клеток высших растений», модераторами которой были чл.-корр. НАН Беларуси Л.Ф. Кабашникова и д.б.н. О.Ю. Баранов.

В докладе д.б.н. Б.Н. Иванова и соавт. (Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пушкино, Московская обл.) «Процессы приспособления фотосинтетического аппарата к изменениям освещенности растений» речь шла об одном из механизмов адаптации растений к изменению освещенности – изменении эффективного размера фотосинтетической светособирающей антенны. Авторами, в частности, установлено, что при адаптации арабидопсиса к условиям длительного повышения освещенности происходит уменьшение размера светособирающей антенны фотосистемы 2, обусловленное уменьшением уровня транскрипции генов белков светособирающих комплексов. В этих процессах значительной может быть роль молекул пероксида водорода как триггера сигнальных путей.

В докладе чл.-корр. НАН Беларуси Л.Ф. Кабашниковой и соавт. (Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, Минск) были представлены результаты исследований влияния на фотосинтетический аппарат растений ячменя препарата на основе иммуномодулятора полисахаридной природы β -1,3-глюкана. Стимулирующее действие препарата проявилось в увеличении содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях. Глюкановый препарат не влиял на фотохимическую конверсию поглощенных квантов света, но способствовал увеличению нефотохимического тушения, что авторы рассматривают как проявление защитной реакции фотосинтетического аппарата путем повышения тепловой диссипации поглощенных квантов. Это предохраняет электрон-транспортную цепь от сверхвосстановленности электронных переносчиков. В целом при применении иммуномодулирующего препарата на основе β -1,3-глюкана в посевах ярового ячменя в условиях 2018 года наблюдали скоординированное изменение структурно-функционального состояния фотосинтетического аппарата и повышение урожая зерна растений.

К.б.н. Е.М. Савельева с соавт. (Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва) представила результаты изучения лигандной специфичности цитокининовых рецепторов с применением синтетических цитокининов. Использовали более 40 N6-производных аденина, отличающихся от природного гормона N6-бензиладенина (BA) заместителями в пуриновом гетероцикле и/или в боковой цепи. На основе полученных данных авторы осуществили дизайн новых рецептор-специфичных цитокининов, ожидаемое действие которых затем подтвердили экспериментально. С данными соединениями были проведены физиологические опыты, подтверждающие возможность избирательного действия цитокининов на органы растения.

Хлоропластным карбоангидразам высших C_3 растений и их участию в фотосинтезе был посвящен доклад к.б.н. Л.К. Игнатовой и соавт. (Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пушкино, Московская обл.). Использование нокаутных мутантов арабидопсиса по генам *At2g28210* или *At4g20990*, кодирующим карбоангидразы, обнаруженные в хлоропластах, с анализом показателей фотосинтеза методами РАМ флуориметрии позволило установить стадии фотосинтеза в которых участвуют эти ферменты. У нокаутных мутантов по двум карбоангидразам α семейства, α КА2 и α КА4, установлены отличия от дикого типа по массе надземной части растений, содержанию крахмала и пероксида водорода в листьях, эффективному квантовому выходу ФСІ и ФСІІ, энергозависимому компоненту нефотохимического тушения флуоресценции хлорофилла а, скорости ассимиляции CO_2 , устойчивости ФСІІ к фотоингибированию и др. Полученные авторами данные свидетельствуют, что эти карбоангидразы в тилакоидах высших растений выполняют роль координаторов между световой (энергетической) и темновой (биохимической) стадиями процесса фотосинтеза.

Функциональной роли карбоангидраз был посвящен и доклад к.б.н. Е.М. Журиковой и соавт. (Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пушкино, Московская обл.). Авторам охарактеризована недавно выявленная карбоангидраза арабидопсиса α КА2. У растений, мутант-

ХРОНИКА

ных по α КА2 энергозависимый компонент нефотохимического тушения был выше, чем у растений дикого типа. Кроме того, у мутантов содержание крахмала было на 10% меньше, чем у обычных растений. Эффективный квантовый выход ФСII был значительно ниже, а эффективный квантовый выход ФСI был выше, чем у дикого типа. Скорость ассимиляции CO_2 листьями мутантов была выше, а содержание H_2O_2 и малонового диальдегида в листьях было ниже, чем у обычных растений. С помощью Вестерн-блот анализа было выявлено, что в тилакоидах мутанта содержание белка коркомплекса ФСII D1 больше, чем у растений дикого типа, что может свидетельствовать о нарушении работы ФСII в отсутствие α КА2. Более высокое энергозависимое нефотосинтетическое тушение у мутанта, по мнению авторов, свидетельствует об усилении подкисления люмена. Предполагается, что α КА2, располагаясь на стромальной стороне тилакоидной мембраны, может участвовать в регуляции потока протонов через мембрану.

К.б.н. В.П. Доманский (Институт биофизики и клеточной инженерии НАН Беларуси, Минск) представил концепцию нового подхода к оценке параметров переменной флуоресценции растений в реальных условиях. Для этой цели используют специально изготавливаемые для регистрации флуоресценции хлорофилла РАМ-флуориметры. Однако эти приборы не предполагают регистрацию фотосинтеза в реальных условиях их произрастания – с условиями их освещения и газообмена. Концепция предлагаемого автором прибора и метода измерений основана на том, что прибор минимально воздействует на условия освещения растения и совсем не нарушает условия газообмена. Разработанный автором прибор может быть использован для определения параметров переменной флуоресценции, принятых в РАМ-флуориметрии: квантового выхода, фотохимического и нефотохимического тушения флуоресценции, к.п.д. электрон-транспортной цепи.

О применении полноспектральных светодиодных источников освещения при выращивании растений огурца в фитотронных условиях шла речь в докладе к.б.н. Ю.Ц. Мартиросяна и соавт. (Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, Москва). Проведенный авторами анализ выхода урожая и распределения спектров облучения светодиодных источников показал, что наибольшее значение для продуктивности имеет «красная» часть спектра в диапазоне волн 600-700 нм. Так, у растений огурца в условиях высоких уровней облученности и повышенных температур формируется фотосинтетический аппарат, способный эффективно работать при повышении интенсивности света до $1200 \text{ мкмоль/м}^2\text{с}$.

Влияния световых факторов на растения касался и доклад к.б.н. О.В. Молчан и соавт. (ИЭБ им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси). Авторами были исследованы морфо-физиологические и биохимические параметры растений базилика, выращиваемых в условиях производственной теплицы с использованием для досветки светодиодных облучателей с различающимися характеристиками спектрального состава (варианты с соотношением синей к красной доле спектра «1:1», «1:2», «1:4»).

В докладе проф. Вольфганга Новика (Частный институт прикладной биотехнологии da-Rostim, Германия) речь шла о влиянии на рост и продуктивность растений биоактивных композиций, состоящих гуминовых кислот и фитогормонов.

Сообщение д.б.н. В.Н. Прохорова (ИЭБ им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси) было посвящено вопросам регулирования видового состава и декоративности газонных травостоев в городских условиях. В частности, речь шла о предотвращении проникновения в такие фитоценозы различных видов сорных растений путем использования безопасных гербицидных препаратов нового поколения.

Данные о ростовой реакции корневой системы проростков льна-долгунца при инкрустации семян смесями глифосата с кастастероном или брассинолидом были представлены К.Р. Кем (ИЭБ им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси). Авторами, в частности, выявлены диапазоны концентраций брассинотероидов, в которых наблюдается достоверное снятие ингибирующего эффекта гербицида.

В докладе Л.В. Можаровской и соавт. (Институт леса НАН Беларуси, Гомель) были представлены результаты сравнительного анализа транскрипционных профилей проростков сосны

ХРОНИКА

обыкновенной в различных температурных условиях. В частности, у проростков сосны, подвергнутых холодному воздействию, отмечалось увеличение числа транскриптов генов аквапоринов. Также, в условиях холода, для исследуемых транскрипционных профилей наблюдалось повышение уровня экспрессии генов, ассоциированных с защитными реакциями на стрессовые воздействия, в том числе обусловленные воздействием пониженных температур – белков холодового шока (в частности семейства дегидринов) и белков-шаперонов (семейства Hsp70 и Hsp90).

Регистрации изменений роста корней в ответ на регуляторные и токсичные агенты было посвящено сообщение В.С. Мацкевич и соавт. (Белорусский государственный университет, Минск). Авторами предложены методы оценки роста корней с использованием техники замены среды, при которой они не подвергаются дополнительному механическому стрессу.

Утреннее заседание во второй день работы конференции открылось пленарным докладом д.б.н., проф. Ю.Е. Колупаева (Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева) «Индукция неспецифической устойчивости растений сероводородом». В настоящее время сероводород признан в качестве одного из ключевых газотрансмиттеров в клетках животных и растений. Показано увеличение эндогенного содержания сероводорода у растений при действии стрессоров различной природы. Также получены многочисленные данные о повышении устойчивости растений под влиянием доноров сероводорода. Исследованиями научной группы докладчика показано участие ионов кальция, активных форм кислорода и азота в реализации физиологических (стресс-протекторных) эффектов сероводорода.

После пленарного доклада и стендовой сессии прошло заседание секции «Стресс и адаптация у растений, повышение их устойчивости с использованием физиологически активных веществ и биотехнологических приемов» (модератор – проф. Ю.Е. Колупаев).

Открыл секцию доклад к.б.н. А.В. Часова и соавт. (Казанский институт биохимии и биофизики, Россия) «Вовлечение пероксидаз в стрессовые ответы бриофитов». Многие бриофиты являются экстремофилами и способны выживать в чрезвычайно неблагоприятных условиях. Например, большинство мхов устойчивы к высыханию и сохраняют жизнеспособность в воздушно-сухом состоянии при очень низком относительном содержании воды 5-20 %. Именно в обезвоженном состоянии мохообразные способны переносить максимальные и минимальные температуры, пребывая фактически в состоянии криптобиоза. Авторами показано, что пероксидазы *Anthoceros natalensis* и *Dicranum scoparium* способны к образованию супероксидного анион-радикала и активируются при абиотическом стрессе, индуцированном обезвоживанием побегов и их последующей регидратацией. Обнаружено, что пероксидазная активность сохраняется в побегах *D. scoparium* после выдерживания их в течение суток при 125°C или в экстрактах мхов после кипячения их в течение 30 мин.

В докладе к.б.н. Е.Л. Карташовой и соавт. (Московское общество испытателей природы, Россия) шла речь о механизмах защитного действия экотолы – композиции, получаемой биотехнологическим путем в процессе трансформации растительного сырья аэробной мико- и микробиотой. Экотол включает в себя биогенные амины, их предшественники и продукты окислительного дезаминирования и обладает антиоксидантными и фотопротекторными свойствами.

Итоги многолетних исследований действия природных ингибиторов протеиназ при биотическом стрессе были представлены в докладе д.б.н. В.И. Домаш и соавт. (ИЭБ им. В.Ф.Купревича НАН Беларуси). Исследования авторов показали снижение поражаемости листьев ячменя *Helminthosporium teres* на 60% при обработке препаратом ингибиторов протеиназ из корней *Solidago canadensis*. Также установлена способность ингибиторов протеиназ из дикорастущих видов растений снижать рост и развитие энтомопатогена *Ascosphaera apis*, вызывающего аскофероз пчел. Авторы показали, что препараты растительных ингибиторов могут угнетать на 70-80% активность протеаз насекомых-вредителей, что может быть использовано для разработки средств защиты картофеля от колорадского жука.

Механизмам адаптации растений к гипертермии и роли альтернативной оксидазы (АО) в этом процессе был посвящен доклад к.б.н. О.А. Боровик (Сибирский институт физиологии и био-

химии растений СО РАН, Иркутск, Россия). Автором установлено, что воздействие температуры 39°C в течение 24 ч в условиях непрерывного освещения приводило к развитию термотолерантности у проростков яровой пшеницы, которое связывали с накоплением водорастворимых углеводов, синтезом различных классов БТШ в листьях и изменением вклада АО в дыхание. Увеличение вклада АО в дыхание на фоне повышенного содержания углеводов в листьях, по мнению автора, указывает на ее важную роль в адаптации фотосинтезирующих растений к высоким температурам. Вероятно, что при высоких температурах АО активируется также и для регуляции содержания АФК, которые могут образовываться в электрон-транспортных цепях хлоропластов.

О значении десатураз в формировании устойчивости растений картофеля к гипотермии шла речь в сообщении А.А. Селиванова и соавт. (Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН, Москва). Авторами показано, что недельное воздействие на растения картофеля температуры 5°C вызывает повышение содержания общей суммы жирных кислот (ЖК). Эти изменения включали увеличение содержания как насыщенных, так и ненасыщенных ЖК, в том числе за счет повышения доли линолевой (18:2) ЖК и линоленовой (18:3) ЖК. В результате такого повышения, суммарное содержание линолевой и линоленовой ЖК составило $\approx 65\%$ от общей суммы ЖК с преимущественным содержанием линоленовой ЖК.

Исследованию молекулярных механизмов адаптации к засолению на примере мха *Physcomitrella patens* было посвящено сообщение С.Н. Звонарева и соавт. (Белорусский государственный университет, Минск). Мох *Physcomitrella patens* является модельным организмом для изучения физиологии и эволюции растений. Мхи были первыми наземными растениями и имеют много физиологических сходств с солеустойчивыми водорослями. В этой связи детальное исследование реакций клеток мохообразных в ответ на засоление представляет значительный интерес для понимания фундаментальных механизмов солеустойчивости. В докладе были представлены данные о ключевых первичных реакциях *Physcomitrella patens* на избыток NaCl – образование супероксида, предшественника различных токсичных АФК, обнаруженных в растениях при засолении, а также результаты исследований генотоксического действия NaCl.

Одним из направлений в поиске средств защиты растений является применение непатогенных почвенных микроорганизмов. Почвенные микроорганизмы, заселяющие ризосферу, способны к образованию симбионтов «растение – микроорганизм». Один из примеров такого взаимодействия был рассмотрен в докладе к.б.н. Д.В. Ветошкиной (Институт фундаментальных проблем биологии РАН, Пущино, Московская обл.). Автором было установлено, что колонизация растений ячменя ризобактериями *Pseudomonas putida* BS3701 оказывает положительное влияние на адаптацию к условиям высокой интенсивности света. В колонизированных растениях происходило более выраженное уменьшение количества белков светособирающей антенны ФС2 и, соответственно, большее уменьшение размера антенны ФС2, что, как оказалось, эффективнее защищает фотосинтетический аппарат колонизированных растений от фотоингибирования в условиях высокой интенсивности света.

Дневное заседание во второй день работы конференции открылось пленарным докладом акад. НАН Беларуси, д.б.н., проф. Н.А. Ламана (ИЭБ им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси) «Борщевик Сосновского (*Heraclium sosnowskyi* Mandem): опыт введения в культуру, ресурсный и инвазионный потенциал, способы ограничения распространения». В конце прошлого столетия распространение этого вида вышло из-под контроля и стало приобретать характер экологического бедствия. В Беларуси в 2008 году на правительственном уровне был принят «План действий по предотвращению и минимизации ущерба от распространения вредоносного чужеродного вида растений – борщевика Сосновского». Выполнение разработанных мероприятий позволило взять ситуацию с распространением борщевика Сосновского в республике под контроль. Докладчик ознакомил с содержанием подготовленного нового проекта «Стратегия борьбы с борщевиком Сосновского и другими наиболее опасными инвазивными видами растений на территории Республики Беларусь». Он включает комплексное использование агротехнических мероприятий, экологически безопасных препаратов гербицидного и регуляторного действия, профилактические мероприятия и просветительскую работу.

ХРОНИКА

После пленарного доклада во второй день работы конференции состоялось заседание секции «Рост, развитие и продуктивность растений, фитоценозов и искусственных агроэкосистем» (модератор – чл.-корр. НАН Беларуси Л.Ф. Кабашникова).

К.б.н. И.А. Ларская и соавт. (Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия) представили результаты транскриптомного анализа действия олигосахарина (OSRG) на формирование адвентивных корней. Известно, что фрагменты полисахаридов клеточной стенки могут обладать биологической активностью и выступать в качестве мессенджеров в различных морфогенных реакциях, а также в ответе на стрессовые воздействия. Авторами было исследовано влияние олигосахаридов на ИУК-индуцированное образование адвентивных корней. Анализ биологической активности показал, что олигосахариды обладают стимулирующим эффектом и вовлечены в сигнальный путь регуляции ризогенеза, запускаемый и регулируемый ауксином. Анализ изменений транскриптома под действием олигосахарина на фоне экзогенной ИУК показал, что многие дифференциально экспрессируемые гены были связаны с углеводным обменом, гомеостазом белков, процессами ремоделирования клеточной стенки, образованием АФК, а также взаимодействием фитогормонов.

В докладе д-ра Л. Трипольской (Центр аграрных и лесных наук Литвы, Вильнюс) речь шла об использовании препаратов на основе аминокислот и декапитации для увеличения продуктивности микроклонов картофеля. Автором установлено, что эффективность аминокислотных препаратов зависела от генотипа картофеля. Продуктивность раннего картофеля Goda после обработки аминокислотными препаратами увеличивалась незначительно, массу клубней и их количество существенно увеличивала только декапитация стеблей в фазе полной бутонизации. Продуктивность микроклонов очень позднего сорта VB Aista существенно увеличивалась при обработке растений аминокислотными препаратами, содержащими пролин и глутаминовую кислоту. Однако, наибольшую массу клубней растения картофеля формировали после декапитации в фазе полной бутонизации.

Результаты исследования фунгицидной и антибактериальной активности вторичных метаболитов инвазионных видов флоры Беларуси *Bidens frondosus* и *Bidens connatus* были представлены в докладе к.б.н. Т.А. Скуратович и соавт. (ИЭБ им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси). Распространение этих видов приводит к вытеснению *Bidens tripartitus* – аборигенного вида, который включен в Государственную Фармакопею Республики Беларусь. В связи с этим возникает необходимость исследования биологической активности инвазионных видов череды, которые могут быть альтернативным источником фармакологически ценного сырья. Авторами установлены фунгистатические эффекты экстрактов из соцветий, листьев и травы *B. frondosus* и *B. connatus* в отношении *Fusarium avenaceum* и *Colletotrichum gloeosporioides*, а также антибактериальная активность экстрактов (ингибирование роста бактерий *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis* и *Pseudomonas syringae*).

Результаты исследования влияния плазменно-волновой обработки семян кукурузы на физиолого-биохимические особенности проростков были представлены в докладе к.б.н. Ж.Н. Калацкой и соавт. (ИЭБ им. В.Ф. Купревича НАН Беларуси). Авторами показано, что воздействие на семена холодной плазмы и электромагнитных полей приводит к изменению в проростках содержания фенольных соединений.

В сообщении Д.А. Пржевальской и соавт. (Белорусский государственный университет, Минск) были изложены результаты исследования влияния наночастиц серебра на рост *Salix fragilis* L. Авторами показано, что они, в зависимости от концентрации, могут как стимулировать рост корней и побегов и индуцировать корневое ветвление, так и проявлять значительное фунгицидное действие.

Механизмам регуляции содержания в клетках аскорбиновой кислоты как редокс-активного компонента и регулятора метаболизма было посвящено сообщение П.В. Гриусевич и соавт. (Белорусский государственный университет, Минск). В представленном исследовании было впервые установлено, что анионные каналы плазматической мембраны клеток высших растений обладают значительной проницаемостью к аскорбат-аниону. Выход аскорбата через анионные каналы может иметь большое значение для физиологии растений, обеспечивая как межклеточный транспорт этого важнейшего антиоксиданта и метаболита, так и реполяризующий ток ионов при стресс-индуцированной утечке электролитов.

ХРОНІКА

В докладе И.Ю. Новосельского и соавт. (Белорусский государственный университет, Минск) были представлены результаты исследования механизмов редокс-зависимой активации калиевого канала GORK клеток корня *Arabidopsis thaliana*. Авторами изучено прямое взаимодействие АФК со структурами ионных каналов плазматической мембраны, способными к быстрой и физиологически-значимой активации ионных потоков. Показано, что в калиевом канале GORK имеется АФК-чувствительный центр Цис-151, окисление которого может потенциально выступать в роли положительного модулятора активации канала. Была продемонстрирована роль K^+ -каналов GORK в первичных взаимодействиях растительной клетки с АФК. АФК-зависимый выход K^+ из клеток корня вероятно индуцирует метаболические перестройки адаптивного характера, а также, по аналогии с клетками животных, может выступать триггером запрограммированной клеточной гибели.

В заключение следует отметить высокий уровень организации конференции, очень насыщенную программу, которая была полностью выполнена. Прозвучали практически все заявленные устные доклады, состоялись три стендовые сессии. Конференция проходила в творческой, доброжелательной атмосфере, которую не могут создать интернет-конференции. К моменту проведения конференции был издан сборник «Регуляция роста, развития и продуктивности растений: материалы IX-й Международной научной конференции». – Минск: Колорград, 2018. – 159 с.

© 2019 г. Ю. Е. Колупаев

*Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева
(Харьков, Украина)*