

35. Пат. 2051586 РФ. Штамм бактерий *Pseudomonas putida* – биостимулятор роста растений / Максимова Н.П., Лысак В.В., Игнатович О.В., Фомичев Ю.К. № 2051586; Заявл. 12.07.91; Опубл. 10.01.96.

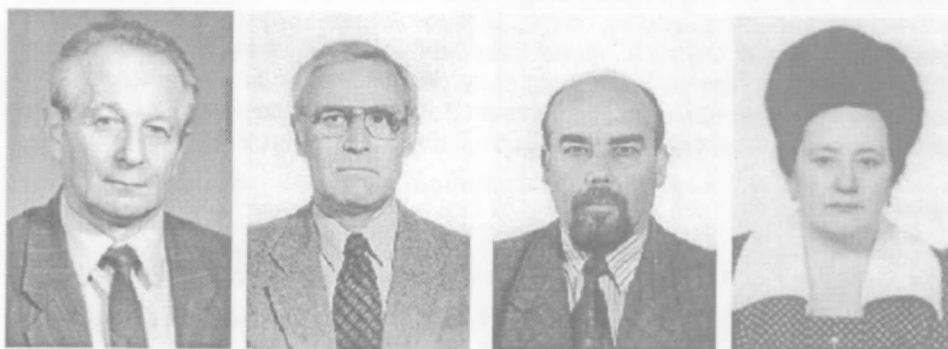
36. Oosterdorp M., Sikora R.A. // Rev. Nematolog. 1989. Vol. 12. P. 77.

Поступила в редакцию 28.05.2001.

УДК 581.1

В.М. ЮРИН, А.И. СОКОЛИК, А.П. КУДРЯШОВ, Л.В. КАХНОВИЧ

МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ И ФОТОСИНТЕЗ – ОСНОВА РОСТА И РАЗВИТИЯ РАСТЕНИЙ



Юрин Владимир Михайлович – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой физиологии и биохимии растений. Область научных интересов – ксенобиология, физиология и биофизика растительной клетки. Опубликовал около 300 научных работ, в том числе три монографии, три учебных пособия.

Соколик Анатолий Иосифович – кандидат биологических наук, заведующий НИЛ физиологии растительной клетки при кафедре физиологии и биохимии растений. Область научных интересов – физиология и биофизика растительной клетки. Опубликовал 151 научную работу, в том числе одну монографию.

Кудряшов Анатолий Петрович – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии и биохимии растений. Область научных интересов – физиология и биофизика минерального питания растений, биологическое тестирование среды, радиэкология. Опубликовал 120 научных работ, в том числе одну монографию и три учебных пособия.

Кахнович Людмила Васильевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии и биохимии растений. Область научных интересов – фотосинтез и его связь с продуктивностью растений. Опубликовала 155 научных работ, в том числе две монографии и три учебных пособия.

The main achievements, obtained as a result of investigation, carrying out at plant physiology and biochemistry department are presented. The results, concerning both the problems of regulations plasmalemma ion transport properties and photosynthetic activities of plants under varying of environmental factors are presented.

Существование растительного организма обеспечивается взаимодействием двух потоков – вещества в виде определенных минеральных элементов и энергии света, усваиваемого в процессе фотосинтеза. Для обеспечения нормального жизненного цикла растений необходимы строго определенные световые условия и минеральные элементы, функции которых в растении не могут быть заменены другими химическими агентами. В этой связи основное внимание в наших исследованиях уделяется изучению функционирования и регуляции отдельных транспортных систем, определяющих поступление в клетку ряда питательных веществ, и процесса фотосинтеза.

Изучение переноса веществ через плазматические мембраны проводится как на основе методик определения содержания исследуемого соединения в среде или внутри клетки методами ионоселективной электродметрии и

меченых атомов, так и с помощью электрофизиологических приемов, позволяющих рассматривать транспорт веществ через мембраны в динамике и производить дифференциацию зависимостей транспортных процессов от ряда экзо- и эндогенных факторов (В.М. Юрин, А.И. Соколик, А.П. Кудряшов и др.).

В результате проведенных исследований идентифицированы калиевые каналы плазмалеммы (А.И. Соколик). Показано, что при гиперполяризации мембраны (при напряжении выше 100 мВ) проводимость ее обусловлена активацией Г-каналов, а в области деполяризации (ниже 100 мВ) на плазмалемме функционируют Д-каналы, причем последние представлены двумя типами.

Проведенные эксперименты позволяют выявить на плазмалемме клеток высокоизбирательную систему транспорта аммония, функционирование которой связано как с электрическим полем на мембране, так и с внутриклеточными метаболическими процессами (окислительное фосфорилирование) (А.П. Кудряшов). Соответственно установлены два типа механизмов регуляции транспорта ионов аммония через плазмалемму – электростатический и биохимический. Каждый из указанных регуляторных механизмов действует обособленно, однако в реальной метаболизирующей растительной клетке наблюдается взаимозависимость механизмов регуляции транспорта аммония, чем обеспечивается связь с функционированием других систем мембранного транспорта и интенсивностью метаболических процессов в клетке.

Особое внимание в работах этого направления уделяется изучению регуляции функционирования H^+ -АТФазной помпы на уровне одиночных клеток и корневой системы интактных растений (А.И. Соколик, В.В. Демидчик, В.М. Юрин), в частности, показана зависимость активности АТФазы не только от уровня калия, но и от присутствия кальция в среде. Исследуется также действие поливалентных катионов на плазматические мембраны. Установлен ряд закономерностей, характеризующих взаимодействие ионов тяжелых металлов с плазмалеммой, которые позволяют объяснить наблюдаемые токсические эффекты поливалентных металлов их модифицирующим действием на транспортные свойства мембраны (В.В. Демидчик, А.И. Соколик, В.М. Юрин).

В совокупности процессов, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность растительной клетки в постоянно меняющихся условиях окружающей среды, существенную роль в поддержании внутриклеточного гомеостаза играют мембранные системы активного транспорта ионов H^+ . В этой связи на мембранных везикулах проводятся исследования влияния ксенобиотиков (атразина, симазина, прометрина) на АТФ- и пиррофосфатзависимый транспорт протонов через тонопласт. Выраженное ингибирование указанного транспорта этими соединениями проявляется как разобщение процессов гидролиза АТФ и протонного транспорта, обусловленное увеличением проницаемости мембраны к ионам водорода, причем степень проявления ингибирующего эффекта зависит от строения боковых алкильных групп в молекулах триазинов (С.Н. Епимашко, В.М. Юрин).

Исследуется также действие ксенобиотиков на транспортно-барьерные свойства нативной мембраны растительных клеток. На первых этапах были получены характеристики мембранотропного действия органических соединений различных классов: ароматические и поверхностно-активные вещества, пестициды, продукты деградации органики, нейротропные фармакологические препараты и др. Картина биоэлектрических ответов сильно отличается даже в случае соединений, близких в структурном отношении. Предложены варианты классификации наблюдаемых эффектов ксенобиотиков по наступившим сдвигам стационарных электрических характеристик, отражающих изменение ионной проницаемости мембраны (В.М. Юрин).

Дальнейшая детализация представлений о механизмах мембранотропного действия химических соединений приводится на основании изучения их влияния на функционирование отдельных транспортных систем плазмалеммы (калиевые, хлорные, натрий-кальциевые каналы, H^+ -АТФазная помпа, системы транспорта NH_4^+ и др.) в рамках республиканских межвузовских программ «Ксенобиотики и живые системы» (1996–2000 гг.) и «Биотест» (2001–2005 гг.) (руководитель программ – В.М. Юрин).

Показано, что направление и механизм действия гербицидов и фунгицидов на транспортные свойства плазмалеммы растительной клетки определяется их концентрацией и структурными свойствами молекул. Так, симтриазиновые гербициды (атразин, симазин, прометрин) снижают селективность плазмалеммы, уменьшая в большей мере ее проницаемость к ионам K^+ , чем к Na^+ . Наблюдаемые изменения активности H^+ -помпы связаны со взаимодействием испытанных гербицидов с активным центром АТФазы на наружной стороне мембраны и изменениями электрического потенциала; ингибирование системы транспорта аммония, наоборот, происходит с цитоплазматической стороны плазмалеммы. Уменьшение проводимости калиевых каналов обусловлено непосредственным воздействием гербицидов на их свойства (В.М. Юрин, А.П. Кудряшов, О.Г. Яковец).

Триазоловые фунгициды (пропиконазол, тебуконазол, ципроконазол) вызывают изменения Na^+/K^+ -селективности плазмалеммы. Различия в действии фунгицидов, вероятно, связаны со строением N1-заместителей в их молекуле. На основании сопоставления экспериментально полученных закономерностей с величинами энергии связывания молекул фунгицидов с ионами натрия и калия сделано заключение об их ионофорных свойствах. Электрофизиологический анализ свойств H^+ -АТФазной помпы указывает на прямое подавление фунгицидами ее транспортных функций (В.М. Юрин, А.П. Кудряшов, Т.И. Дитченко).

Характер функционирования транспортных систем плазмалеммы и закономерности влияния на него экзогенных ксенобиотиков зависят и от других факторов среды, в частности температуры. Обнаруженные изменения свойств ионных каналов в условиях длительного воздействия повышенных температур (33 °C), вероятно, являются неспецифической реакцией растительной клетки на стрессовые воздействия (В.В. Демидчик, С.Н. Найдун, А.И. Соколик, В.М. Юрин). В условиях же длительного воздействия пониженных температур (4–5 °C) не наблюдается существенных функциональных модификаций свойств ион-транспортных систем плазмалеммы. При кратковременном снижении температуры происходит значительное уменьшение проводимости плазмалеммы при одновременном снижении ее K/Na -селективности. Установлено, что снижение температуры до 5 °C приводит к уменьшению величины биоэлектрической реакции клеток на действие прометрина и атразина (С.Н. Найдун, О.Г. Яковец).

Большое значение после аварии на ЧАЭС имеют для нашей республики вопросы, связанные с выявлением механизмов поступления в живые организмы радионуклидов. В рамках проводимых на кафедре исследований установлены особенности поступления радиоцезия и радиостронция в растение. Показано, что при нормальной обеспеченности макроэлементами радионуклиды поступают в корень по избирательному (калиевые каналы) и неизбирательному пути (ионная утечка), которые одинаково пропускают различные катионы. Значительную роль в процессе поступления радионуклидов играет слабо избирательный к двухвалентным катионам апопласт. Наибольшее влияние на скорость поступления радионуклидов (особенно цезия) оказывает состав среды, например, при дефиците калия основную роль в накоплении радиоцезия начинает играть метаболически обусловленный высокоспецифичный механизм поглощения катионов корнем, кото-

рый в этих условиях обеспечивает повышенный уровень радионуклида. При повышении уровня калия этот механизм ингибируется, что в основном и объясняет эффект «калиевой терапии» – внесения повышенных доз калийных удобрений на загрязненных радиоцезием почвах (А.И. Соколик, Г.Г. Филиппова). Показано, что оболочка клеток вносит существенный вклад в ход процесса поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr в растительную клетку. При этом первичное распределение ^{137}Cs между клеточной стенкой и средой определяется в основном ионообменными процессами, аккумуляция же ^{90}Sr в целлюлозных оболочках клеток связана, кроме того, и с другими процессами. Наличие значительного количества радионуклидов в непосредственной близости к плазмалемме в виде пула, адсорбированного клеточной стенкой, препятствует его выходу из внутриклеточного содержимого (А.П. Кудряшов, В.М. Юрин).

Оптимальное соотношение необходимых элементов минерального питания наряду с другими факторами определяет нормальное функционирование фотосинтетического аппарата растений. В этой связи проведенное комплексное исследование фотосинтетического аппарата новых сортов ярового ячменя, районированных в Республике Беларусь (Л.В. Кахнович, Л.А. Ходоренко, Н.А. Якимович), позволило выявить взаимосвязь морфологических, биохимических, физиологических показателей фотосинтетического аппарата с биологической и хозяйственной продуктивностью и установить степень участия отдельных компонентов фотосинтетического аппарата в обеспечении его функционирования. Показано, что повышение продуктивности растений связано со сбалансированными изменениями фотосинтетического аппарата как на уровне мезоструктурной организации листа, так и на уровне фото- и биохимических процессов, направленных на поглощение световой энергии и ее реализацию.

Выявлен вклад изменений структуры и функции фотосинтетического аппарата растений на различных уровнях его организации в формировании биологического и хозяйственного урожая, что может быть исходным для разработки физиологических основ повышения продуктивности растений.

С учетом того факта, что триазиновые соединения проявляют большую фитотоксичность и могут блокировать поток электронов в электронтранспортной цепи фотосинтеза и у культурных растений, исследована ответная реакция фотосинтетического аппарата на действие гербицидов (прометрина, атразина, симазина). Установлено, что снижение фотохимической активности хлоропластов под действием производных симтриазинов связано с рядом факторов и в первую очередь с их действием на фотосистемы II, на акцепторной стороне которой имеются различные участки возможного ингибирования данными препаратами работы электрон-транспортной цепи фотосинтеза.

Полученные экспериментальные результаты могут служить теоретической основой для оптимизации минерального питания и повышения продуктивности растений, при разработке агрономелиоративных мероприятий по снижению поступления радионуклидов в растения, для целенаправленного синтеза высокоспецифических пестицидов, в процедурах скрининга химических соединений (ксенобиотиков) и в системах контроля загрязнения окружающей среды (вода, почва), а также установлены характеристики фотосинтетического аппарата, которые могут служить критериями для селекционеров при отборе продуктивных сельскохозяйственных растений.

Поступила в редакцию 24.05.2001.