

О ВОЗМОЖНОЙ РОЛИ ЦИТОСКЕЛЕТА РАСТИТЕЛЬНОЙ КЛЕТКИ В ФИТОХРОМНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ФОТОМОРФОГЕНЕЗА*Ливуу КОДРЯНУ, Екатерина КУХАРУК, Ирина КОЛОМИЕЦ**Институт экологии и географии АН Молдовы*

În lucrare se argumentează presupunerea că regularea fotomorfogenezei se realizează cu participarea citoscheletului, iar microtuburile și microfilamentele servesc ca conductori ai fotocurentului de la membrana externă citoplasmatică la cea nucleară.

In this article the hypothesis is substantiated, that phytochrome regulation of photomorphogenesis is realizing with the participation of cytoskeleton, and microtubes and microfilaments serve as conductors of photo-current from external cytoplasmatic membrane to internal one.

Известно, что свет необходим растению для фотосинтеза, но менее известно, что красный, синий, ультрафиолетовый свет играет важную роль в регуляции роста и формообразования растений. Регуляция жизни растений красным светом осуществляется фоторецептором, называемым фитохромом [1]. Фитохромная система позволяет растению реагировать на качество, интенсивность и продолжительность освещенности изменением ростовых и формообразующих процессов, которые принято называть фотоморфоогенезом. Молекулярный механизм фотоморфоогенеза до конца еще не раскрыт. Существует множество гипотез, объясняющих его.

Один из общепринятых механизмов регуляции морфоогенеза – это фотоконформационно-мембранный механизм. Его описывают следующей схемой: свет – фотохимическое изменение стериометрии хромофора – конформационная перестройка белка-носителя, инкорпорированного в мембрану, – структурная перестройка мембраны (генерализация) – изменение функциональной активности системы.

Предполагают [2], что фитохром 2, длина волны поглощения которого лежит в дальней красной области видимого спектра, через определенный медиатор, названный сигнальной цепью, активирует гены, что приводит к синтезу соответствующих ферментов и ко всем последующим звеньям реакции. На протяжении последних нескольких лет данная гипотеза неоднократно подвергалась экспериментальной проверке, результаты которой дают основание полагать, что она удовлетворительно объясняет многие факты. Однако еще нельзя считать ее бесспорно подтвержденной. Имеются факты, которые можно объяснять по-иному, не прибегая к представлениям об активации генов. Поэтому поиски новых подходов в решении данной проблемы чрезвычайно важны.

В опытах на фасоли золотистой *Phaseolus aureus* было установлено [3], что при освещении красными лучами изолированных корней проростков, растущих в темноте, развивается положительный биоэлектрический потенциал в окончаниях корней, а при освещении длинными красными – отрицательный. С возникновением биопотенциала положительного знака, вторичные корни прилипают к поверхности стекла, предварительно обработанного раствором какой-либо кислоты, создающей на поверхности стекла отрицательный заряд. Наиболее отчетливо реакция адгезии наблюдается у корневых окончаний длиной 6-8 мм. Насыщение реакции наступает при $50 \text{ мкВт/см}^2 \cdot \text{нм}$ красного света, а полная обратимость реакции достигается при $150 \text{ мкВт/см}^2 \cdot \text{нм}$ длинного красного света. Скорость течения реакции довольно велика, а обратимость реакции четко прослеживается. Эти характеристики процесса привели к весьма логичному выводу о том, что адгезия связана с изменением ионных потоков в клетках корневых окончаний, вызванным развитием соответствующего электрохимического градиента в мембране.

Известно [1,3], что зрительный пигмент родопсин является не фотосенсором, как большинство клеточных хромофоров, а фотогенератором, создающим своего рода фототок. Под действием света родопсин создает разность концентраций протонов. Это вызывает открытие пор в дисках и выход ионов Ca^{2+} , в свою очередь вызывающих закрытие натриевых каналов на внешней мембране и повышение значения $\Delta\psi$ на ней. Разность потенциалов ответственна за появление нервного импульса. Сравнение механизмов действия родопсина и фитохрома показало, что оба пигмента влияют на конформацию плазмалеммы; воздействуют на проницаемость плазмалеммы по отношению к фитогормонам; определяют

синтез белка акцептора; создают условия для взаимодействия комплекса гормон – акцептор с генетическими системами клетки. Следовательно, если бы в клетках растений удалось обнаружить аналог дисков колбочек и палочек, то механизм реакций растений на свет значительно прояснился бы.

Шопер по так называемой положительной реакции фитохрома (раскрытие гипокотильного колена) и по разворачиванию семядольных листочков у горчицы белой показал, что относительно малые дозы актиномицина Д и пурамицина ингибируют перенос информации от ДНК и РНК. Ланге и Мор наблюдали такое же ингибирование актиномицином и пурамицином реакции, контролируемой фитохромом, – образование антоциана (цитируется по Гродзинскому).

По нашему предположению, органеллами, ответственными за данные реакции, являются микротрубочки и микрофиламенты растительной клетки, формирующие цитоскелет. Молекулярная структура данных органелл сходна по строению со строением мышечного волокна. Согласно феноменальной теории стационарного мышечного сокращения, сокращение мышечного волокна объясняется связыванием ионов Ca^{2+} нативными цепями тропомиозина. На наш взгляд, передача информации от цитоплазматической мембраны к ядерной осуществляется через органеллы цитоскелета, а сами микротрубочки и микрофиламенты выполняют роль нервных клеток животных организмов и служат проводниками фототока от внешней цитоплазматической мембраны к внутренней – ядерной.

Указания на роль цитоскелета в передаче информации в клетки начали накапливаться с 1980-х гг. [4]. К этому времени уже было известно явление так называемого кеппинга. Когда сигнальные вещества – лиганды – взаимодействуют со своими рецепторами, образовавшиеся комплексы собираются на поверхности клетки в компактную группу. Затем клеточная мембрана изгибается и комплексы лигандов с рецепторами втягиваются внутрь клетки (интернализуются), где происходит их утилизация. В этом процессе принимает участие актин, филаменты которого связываются с внутриклеточной частью пронизывающего мембрану рецептора. Актиновые филаменты способны прикрепляться не только к рецепторам, но и к клеточной мембране [3,4]. Этим механизмом объясняются как медленные, так и быстрые фитохромные реакции растительной клетки. Такое предположение нуждается в углубленном изучении, так как может разъяснить не только множественные механизмы фотоморфогенеза, но и позволит пересмотреть утверждение об отсутствии аналога нервной системы у растений.

Литература:

1. Волькенштейн М.В. Общая биофизика. - Москва: Наука. 1981. - 576 с.
2. Гродзинский Д.М. Биофизические механизмы фитохромной системы // Фоторегуляция метаболизма и морфогенеза растений. - Москва: Наука, 1975, с.66-81.
3. Туркина М.В. Соколов О.И. Миозины - моторы актомиозиновой системы подвижности; связь с мембранами и сигнальными системами // Физиология растений. - 2001. - Т.48. - №.5. - С.788-800.
4. Соколов О.И., Кривопапов Ю.В., Соколова М.К., Ильчуков В.В., Носов А.В. Топография поверхности и элементы цитоматрикса протопластов растительных клеток // Физиология растений. - 2001. - Т.48. - №3. - С.447-454.

Prezentat la 02.04.2007