

Л. Х. ГОРДОН, А. С. МУРАВЬЕВА, А. А. БИЧУРИНА,
В. Я. АЛЕКСЕЕВА

К ВОПРОСУ О ВЛИЯНИИ КАЛЬЦИЯ НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ КЛЕТОК КОРНЯ ДЛЯ ВОДЫ

(Представлено академиком М. Х. Чайлазяном 26 III 1973)

Установлено, что транспорт веществ в клетках животных и растительных тканей в значительной степени осуществляется их поверхностной плазматической мембраной (плазмалеммой) ⁽¹⁻⁴⁾.

В одной из наших работ ⁽⁵⁾ было показано, что частичное нарушение белкового компонента плазмалеммы приводит к усилению выхода воды из клеток корня в слабогипертонический раствор сахарозы. Можно полагать, что это является следствием деформации мембранных белков, а также «сдвигов» ионных, гидрофобных и других внутримембранных взаимодействий, стабильность которых во многом определяется присутствием в мембранах двухвалентных катионов, главным образом кальция ^(1, 6, 7).

В связи с этим, а также данными о концентрировании кальция в пограничной зоне клетки (в области плазмалеммы) ⁽⁷⁾ нами было предпринято исследование его влияния на проницаемость корней, в частности плазмалеммы корневых клеток, для воды.

Опыты проводили с корнями 6—7-дневных проростков пшеницы, выращенных на водопроводной воде. В качестве агента, приводящего к конформационным перестройкам мембранных белков и дипольных взаимодействий в мембране, использовали пипольфен (вещество типа местных анестетиков). Известно, что механизм действия подобных соединений заключается в конкуренции с кальцием за место связывания в мембране ⁽⁸⁻¹⁰⁾. Целые корни (1,5 г) выдерживали в растворах (50 мл) пипольфена 10^{-4} и 10^{-3} мол/л, хлористого кальция $5 \cdot 10^{-3}$ мол/л и в смеси пипольфен + хлористый кальций в течение 1 часа. Контролем служили корни, выдержанные в дистиллированной воде; рН всех растворов 5,6—5,8. Выход воды из клеток корня (после экспозиции в соответствующих растворах) определяли рефрактометрическим методом ⁽¹¹⁾. Для отнятия воды использовался слабогипертонический 4% раствор индифферентного осмотика полиэтиленгликоля (м.в. 4000). Повторность опытов 9-кратная; повторность по вариантам опыта 5-кратная.

Полученные результаты показывают, что обработка корней пипольфеном приводит к резкому увеличению выхода воды из корней (рис. 1, 2). На основании ряда исследований ^(8, 12), выполненных с эритроцитами и гигантскими клетками ганглия виноградной улитки, можно полагать, что и в нашем случае действие пипольфена локализовано преимущественно в области поверхностной мембраны. Некоторым подтверждением этого предположения является почти полное отсутствие лаг-фазы в действии пипольфена, которое проявляется уже через 5 мин. (рис. 2). Отсутствие лаг-фазы рассматривается обычно, как прямое доказательство поверхностного влияния того или иного соединения ^(4, 13). Одной из причин увеличения выхода воды из корней могло быть «разрыхление» плазмалеммы вследствие замещения в ней кальция пипольфеном. На возможность «разжижения» плазменной мембраны и расширения мембраны эритроцитов под влиянием анестетиков (как результат вытеснения кальция) указывается в работе Лайранда и сотрудников ⁽¹⁴⁾.

Вытеснение кальция приводит, по-видимому, к изменению ионных внутримембранных взаимодействий. Последнее, как отмечает Молотковский⁽¹⁵⁾, способствует ослаблению основных гидрофобных сил из-за приходящейся на них большей нагрузки. Исходя из данных о конкуренции кальция и местноанестезирующих веществ за места связывания в мембране, а также роли кальция в сохранении (стабилизации) плотности клеточных мембран, можно было ожидать, что добавление кальция в инкубационную среду частично снимет действие пипольфена. Присутствие в среде одного кальция почти не изменяло выхода воды из корней. Эффект же пипольфена пол-

Рис. 1. Влияние пипольфена и кальция на выход воды из корней в 4% раствор полиэтиленгликоля (за 5 мин.) после предварительного выдерживания в растворах (1 час.): 1 — контроль (H_2O); 2 — пипольфен 10^{-4} М; 3 — пипольфен 10^{-3} М; 4 — $CaCl_2$ $5 \cdot 10^{-3}$ М; 5 — пипольфен 10^{-4} М + $CaCl_2$ $5 \cdot 10^{-3}$ М; 6 — пипольфен 10^{-3} М + $CaCl_2$ $5 \cdot 10^{-3}$ М. Разница между 1 и 2; 1 и 4; 1 и 6; 4 и 5 недостоверна

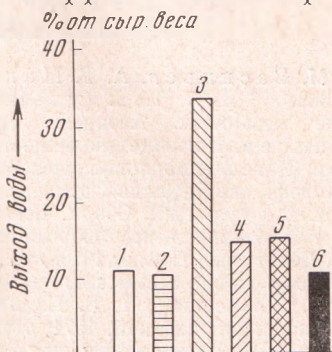


Рис. 2. Кинетика выхода воды из корней под влиянием пипольфена. 1 — контроль (корни в 4% растворе полиэтиленгликоля); 2 — опыт (корни в 4% растворе полиэтиленгликоля + пипольфен 10^{-3} М)

ностью снимается кальцием. Действие кальция в данном случае обусловлено взаимодействием с мембраной и не определяется осмотической компонентой. Как осмотически деятельное вещество, хлористый кальций должен проявлять свое влияние при более высоких концентрациях и значительном поступлении его в клетки.

По-видимому, водоудерживающая способность клеток определяется не только осмотическим потенциалом, но во многом зависит и от проницаемости мембранной системы для воды.

На основании исследований⁽¹⁶⁾ можно также допустить, что усилие выхода воды из корней обусловлено возрастом подвижности внутримембранной воды в присутствии анестетика.

Влияние пипольфена на выход воды из корней обнаруживалось в наших опытах при его концентрации, равной 10^{-3} мол/л. При такой же концентрации аминазин (аналог пипольфена) вызывал полное подавление возбудимости гигантских клеток ганглия улитки, что авторы объясняют уменьшением адсорбированного кальция на поверхности мембраны и «пробоем» в липидах⁽⁸⁾.

Интересно, что концентрация пипольфена 10^{-4} не оказывает влияния на выход воды из корней ни в отсутствие кальция, ни в его присутствии (рис. 2). Эти данные находятся в полном соответствии с исследованиями⁽⁸⁾, где аминазин (10^{-4} — 10^{-5} мол/л) не влиял на возбудимость клеток, а в ряде случаев эффект возбуждения даже усиливался. По-видимому, при низких концентрациях анестезирующих веществ происходит лишь частичная десорбция кальция из мембраны, не приводящая к сильным изменениям внутримембранных взаимодействий.

Таким образом, полученные нами результаты свидетельствуют о существенном вкладе кальция в стабилизацию проницаемости плазмалеммы клеток корней для воды. По-видимому, в корне потоки воды (так же, как

ионные потоки) через мембрану осуществляются путем регуляции адсорбции — десорбции кальция. Так, в одной из последних работ (¹⁷) высказано предположение о непосредственном участии кальция в механизме открывания и закрывания ионных «каналов» при сдвигах мембранного потенциала. Роль кальция в изменении мембранного потенциала плазмалеммы клеток корня достаточно убедительно показана в работе (¹³).

Казанский институт биологии
Академии наук СССР

Поступило
16 III 1973

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Ю. М. Васильев, А. Г. Маленков, Клеточная проницаемость в реакции клеток, 1968. ² Б. А. Ташмухамедов, Активный транспорт ионов через биологические мембраны. Автореф. докторской диссертации. М.—Ташкент, 1971. ³ Р. К. Салеев, Поглощение веществ растительной клеткой, 1969. ⁴ Д. Б. Выхмистров, Накопление ионов растениями и клеточные мембраны (на примере кальция). Автореф. кандидатской диссертации. М., 1969. ⁵ Н. А. Гусев, Л. Х. Гордон, А. А. Бичурина, Сборн. Всесоюз. симпозиум по вопросам водного обмена растений как элемента круговорота вещества и энергии в основных типах растительности Советского Союза, 1970, стр. 7. ⁶ Н. С. Гельман, М. А. Лукьянова, Д. Н. Островский, Мембраны бактерий и дыхательная цепь, 1972. ⁷ П. А. Власюк, А. Д. Хоменко, Н. В. Приходько, Сборн. Механизмы поглощения веществ растительной клеткой, 1971, стр. 43. ⁸ Х. Л. Гайнутдинов, Э. В. Нарушевичус, В. И. Тамулевичуте, Сборн. Биофизика мембран, ч. 1, 1971, стр. 242. ⁹ Р. Раманаускас, Р. Жилюкас, А. Рузчене, Сборн. Биофизика мембран, ч. 1, 1971, стр. 664. ¹⁰ M. P. Blaunstein, D. E. Goldman, J. Gen. Physiol., 49, 1043 (1966). ¹¹ Н. А. Гусев, Некоторые методы исследования водного режима растений, 1960. ¹² Н. М. Мирсалихова, Исследование активного транспорта Na^+ , K^+ и Ca^{2+} в безъядерных эритроцитах. Автореф. кандидатской диссертации, 1970. ¹³ И. Н. Ктиторова, Биозлектрические потенциалы корня и корневого волоска и зависимость их от ионного состава среды. Автореф. кандидатской диссертации, 1970. ¹⁴ Д. Б. Лайранд, Н. Б. Матвеева, ДАН, 203, № 5, 1198 (1972). ¹⁵ Ю. Г. Молотковский, В. С. Дзюбенко, В. Н. Тимонина, Физиол. раст., 19, 3, 525 (1972). ¹⁶ P. Seeman, R. I. Shaafi et al., Biochim. et biophys. acta, 211, № 2, 365 (1970). ¹⁷ С. Н. Фишман, Б. И. Ходоров, М. В. Волькенштейн, Биофизика, 17, 3, 421 (1972).