

В спектре испускания ламп накаливания невелика доля лучей синего света, поэтому, возможно, и наблюдается удлинение периода освещения водоросли для формирования зон. С другой стороны не исключается и наличие длинноволновых квантов света под «синим светофильтром» (ведь он был неидеален) и наблюдаемые эффекты обусловлены красным светом достаточно ослабленным после прохождения через светофильтр. Для исключения такой возможности на пути света, индуцирующего формирование зон щелочной экскреции помещались 2 светофильтра (синий и красный) в виде растворов фенолового красного и анилинового синего. Красный светофильтр полностью исключал прохождение синего света, но не влиял на характеристики прошедшего через светофильтр красного. Как оказалось и в этом случае отмечалось формирование зон щелочной экскреции, причем время, необходимое для их проявления, было таким же, как и при использовании одного синего светофильтра. Представленные результаты позволяют предположить, что именно кванты красного света, поглощенные фотосинтетическим аппаратом, ответственны за формирование щелочной зоны.

Литература

1. Spear D.G., Barr J.K., Barr C.E., Localization of hydrogen ion and chloride ion fluxes in *Nitella* // The journal of general physiology, 1969, v. 54, p. 397 – 413.

О МЕХАНИЗМАХ ФОТО- И МЕХАНОНАСТИЙ ЛИСТЬЕВ *OXALIS TRIANGULARIS*

Кудряшов А.П., Чижова А.В.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
kudrant@mail.ru

Настии – движения органов растений, которые проявляются при воздействии факторов окружения (температура, свет и др.) или возникают в ответ на раздражители. Сложные листья *Oxalis triangularis*, расположенные на тонких черешках, состоят из трех листочков обратосердцевидной формы. Исходно в темноте листочки сложного листа *O. triangularis* сложены таким образом, что центральная жилка плотно прилегает к черешку, а пластинки листочков вогнуты (состояние «++++»). При освещении они

постепенно «открываются»: «+++» – листовые пластинки листочков выпрямлены и образуют с черешком угол около 30°, но края листочков соприкасаются; «++» – листовые пластинки под углом 60°, края листочков не соприкасаются; «+» – листовые пластинки под углом 90°, между краями листочков есть заметный просвет. При полном «раскрытии» листа (состояние «0») – пластинки под углом около 120°, а края листочков соприкасаются, формируя своеобразную воронку. При затемнении листьев или механическом раздражении листовых пластинок отдельных листочков *O. triangularis* происходит обратный процесс – «складывание» листьев. Процесс перемещения листьев происходит достаточно быстро по этой причине указанное растение удобно использовать для изучения настических движений. Нами исследовались закономерности фото- и механонастий листьев нативных растений *O. triangularis*. Растения помещались в светонепроницаемый бокс и освещались лампой накаливания. Величина освещенности регулировалась мощностью лампы и расстоянием растения от осветителя. При изучении фотонастий измерялось время необходимое для перехода листьев от полностью сложенного состояния («++++») до полного их раскрытия («0»).

Установлено, что «раскрытие» листьев *O. triangularis* индуцируется даже при весьма слабой освещенности (30 лк). При увеличении освещенности скорость движения листочков ускоряется, однако при достижении величины 600 лк практически достигался максимум скорости движения и дальнейший рост освещенности вплоть до 1500 лк не приводил к существенному росту скорости перемещения листочков. Применение светофильтров продемонстрировало аналогичную зависимость, однако освещение растений как красным, так и синим светом приводило к замедлению процесса раскрытия листьев. Следует отметить, что освещенность, измерялась люксметром для белого света (без светофильтра). Светофильтры использовались при тех же положениях осветителя.

Механическое раздражение листочков, обусловленное падением капель воды с высоты более 8 см, или аналогичное по силе легкое постукивание по листочкам вызывает складывание листьев. Процесс складывания листьев идет быстрее, если механическое раздражение осуществляется не одиночными ударами, а серией ударов (3 и более) через 0,5–1 с. В этом случае сразу же после раздражения отмечается быстрое складывание листочков: в течение 4–7 с, например, переход от состояния «0» до «+». Чередуя последовательное воздействие раздражения (например, сериями падения 3 капель) и покоя (по 7 – 15 с) можно добиться складывания листьев от состояния «0» до «+++» менее, чем за минуту.

После небольшом раздражении листьев (переход от состояния «0» до «+») и прекращении механического воздействия очень быстро наступает обратный процесс раскрытия листа. Однако если под действием раздражения достигнуто состояние «++», то после прекращения воздействия листочки продолжают медленно складываться, достигая состояния «+++», а их последующее раскрытие задерживается.

Движение листочков *O. triangularis* обусловлено изменениями гидростатического давления (тургора) в клетках коротких черешков. В свою очередь, тургор обусловлен движением воды через мембрану клеток, связанным с осмотическими явлениями. Таким образом, наблюдаемые перемещения обусловлены изменениями в распределении осмотически активных веществ по обе стороны плазматической мембраны.

Движение листочков при освещении растений может быть связано как с синтезом углеводов, так и перераспределением ионов K^+ между клеткой и ее окружением. При переходе от темноты к освещению происходит достаточно медленный процесс раскрытия листа, поэтому оба варианта кажутся приемлемыми. Однако быстрые перемещения, возникающие после механического раздражения, предполагают столь же быстрые изменения распределения осмотически активных веществ. В этом случае наиболее приемлемы ионы K^+ , а движение ионов калия в системе «клетка–межклеточное пространство» связано с электрофизиологическими явлениями, происходящими на плазматической мембране. Поскольку определение электрофизиологических параметров клеток листа имеет технические трудности, в своих рассуждениях будем апеллировать к данным, полученным на клетках харовых водорослей.

Обычно ионы калия распределены между растительной клеткой и ее окружением в состоянии близком к равновесному. Для растений характерно отсутствие жесткого гомеостаза межклеточной среды, в то же время состав внутриклеточного содержимого поддерживается. При освещении обычно происходит гиперполяризация плазматической мембраны. Так у клеток междуузлий харовой водоросли разность электрических потенциалов на мембране (РПП) возрастает по абсолютной величине на 40–50 мВ, изменяясь от –150 мВ до –200 мВ. Такое изменение РПП должно обусловить поступление ионов калия внутрь клетки. Если предположить, что объемы клеток и жидкого содержимого межклетников сопоставимы, то при увеличении концентрации ионов калия внутри клеток на 5% может отмечаться уменьшение содержания этого иона снаружи клеток в десятки раз. Столь значительные изменения в распределении ионов могут сильно повлиять на величину тургора клеток растений.

Механическое раздражение листочков индуцирует генерацию потенциалов действия, при которых происходит кратковременная резкая деполаризация мембраны и выброс ионов калия из клетки. При продолжительном раздражении содержание ионов калия в межклеточном пространстве возрастает многократно. Причем, увеличение концентрации калия в клеточном окружении может полностью нивелировать фотоиндуцированную гиперполяризацию мембраны, что, в свою очередь, будет лишь усиливать отток ионов калия из клеток и приведет к дальнейшему росту содержания калия в межклеточном пространстве.

На первый взгляд рост содержания калия в межклеточном пространстве может вызвать существенные изменения внутриклеточного гидростатического давления лишь тогда, когда концентрации этого иона по обе стороны мембраны будут сопоставимы. Такая ситуация не может быть достигнута за короткое время. Однако вычисление величины внутриклеточного гидростатического давления как разности осмотических давлений сред по обе стороны мембраны возможно лишь для идеальной осмотической мембраны, когда она непроницаема для растворенного вещества. При низких концентрациях ионов калия в межклеточном пространстве и значительной гиперполяризации мембраны практически достигаются идеальные условия, но по мере роста содержания калия в межклеточниках и деполаризации плазматической мембраны отмечается значительный рост проницаемости мембраны для ионов калия. Мембрана уже неидеальна (т. е. коэффициент отражения уже не равен 1) и при том же распределении осмотически активных веществ создается гораздо меньшее внутриклеточное давление.

ОСОБЕННОСТИ ДЫХАНИЯ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ КЛЕТОК СУСПЕНЗИОННОЙ КУЛЬТУРЫ *SYRINGA VULGARIS*

Кудряшов А.П., Шапчиц М.П.

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь,
shapchitsm@inbox.ru*

Эффективный коммерческий биотехнологический процесс получения фитопродукции предполагает контакт клеток с растворенными газами, прежде всего O_2 и CO_2 , в оптимальных или близких к оптимальным концентрациях. Для этого необходимо знать скорости потребления O_2 и