

Я. Е. ДОСКОЧ, В. В. КОВРИЖНЫХ, Б. Н. ТАРУСОВ

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА СПОНТАННУЮ СВЕРХСЛАБУЮ ХЕМИЛЮМИНЕСЦЕНЦИЮ РАСТЕНИЙ

(Представлено академиком М. Х. Чайлаханов 4 VII 1974)

Явление спонтанной сверхслабой хемилюминесценции (с.с.х.) растений в синезеленой части спектра, открытое в 1954 г. группой итальянских физиков, в последние годы привлекает пристальное внимание исследователей. Этот интерес объясняется, по крайней мере, двумя причинами. Первая из них состоит в том, что с помощью регистрации с.с.х. удается получать сведения о скоростях и кинетических закономерностях реакций свободнорадикального окисления липидных компонентов растительных клеток, не повреждая целостность организма во время эксперимента. Однако механизм и биологическая сущность самого явления с.с.х. живых систем до сих пор выяснены недостаточно. Существующая в настоящее время теория объясняет возникновение квантов с.с.х. растений рекомбинацией свободных радикалов, являющихся промежуточными продуктами автоокислительных реакций липидных компонентов клеток⁽¹⁾. Уровень с.с.х. растительной ткани определяется при этом качеством липидсодержащих структур⁽²⁾, состоянием антиоксидантов как липидной⁽³⁾, так и фенольной⁽⁴⁾ природы. Активность системы антиоксидантов рассматривается как функция условий внешней среды, определяющая стационарный режим внутриклеточных процессов, адекватным отражением которого является уровень с.с.х. Именно поэтому регистрация с.с.х. может служить для получения информации о состоянии внутриклеточных структур при воздействии на растение различных факторов внешней среды. Этим и объясняется вторая причина интереса к явлению с.с.х. живых систем. Тем более, что к настоящему времени с помощью регистрации отдельных характеристик с.с.х. растений разработаны методы, позволяющие судить о термоустойчивости растений, их способности противостоять засухе, фитопатогенным агентам и другим неблагоприятным факторам внешней среды. Существенное влияние на выход квантов с.с.х. растений, как показали одновременные измерения сопряженности окислительного фосфорилирования, дыхания и интенсивности роста⁽⁵⁾, оказывают и постоянные магнитные поля.

В настоящей работе сделана попытка выяснить влияние переменного электрического потенциала на с.с.х. растений. Влияние электрического тока на дыхание растений, поглощение ими воды, катионов и микроэлементов^(6, 7) говорит о том, что электрический ток является фактором, существенно затрагивающим метаболизм растений. Поэтому можно было ожидать влияния электрического тока на интенсивность с.с.х. Кроме того, ожидалось, что изучая характер изменения с.с.х. растений под действием электрического потенциала, окажется возможным подтвердить значение целостности структур клеток для возникновения квантов с.с.х.

Объектом исследования служили корни гороха сорта Шатиловский, выращиваемые в термостате при постоянной температуре 25°С. С.с.х. регистрировалась на квантометрической установке, детектирующим элементом которой является малошумящий фотоумножитель ФЭУ-42 с областью спектральной чувствительности 300–600 нм. Растение помещали в тем-

ную камеру. Электроды подвели к верхнему и нижнему концам корня. Изменение потенциала производили в диапазоне от 40 до 240 в с постоянной скоростью 6,6 в/мин.

Полученные данные говорят о стимулирующем воздействии переменного электрического потенциала на интенсивность с.с.х. (рис. 1). Зависимость с.с.х. от парастапия величины переменного электрического потенциала описывается кривой (именуемой нами электрограммой) и напоминает зависимость с.с.х. от действия температуры. Такую электрограмму

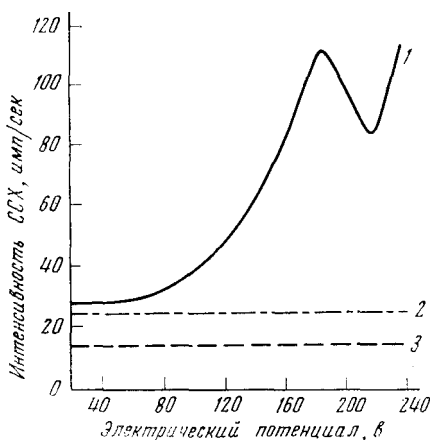


Рис. 1

Рис. 1. Изменение с.с.х. растений под действием переменного электрического потенциала. 1 — электрограмма целого неповрежденного растения, 2 — после тепловой обработки, 3 — фон детектирующей установки

Рис. 2. Деструктивный характер действия переменного электрического потенциала на растение. 1 — электрограмма контрольного растения, 2 — повторная электрограмма растения, подвергнувшегося действию переменного электрического потенциала до 180 в, 3 — повторная электрограмма контрольного растения

Рис. 3. Влияние кислорода на с.с.х. растений, стимулированную переменным электрическим потенциалом. Стрелками указан момент впуска в камеру с объектом соответствующего газа

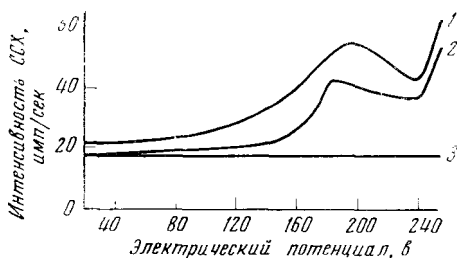


Рис. 2

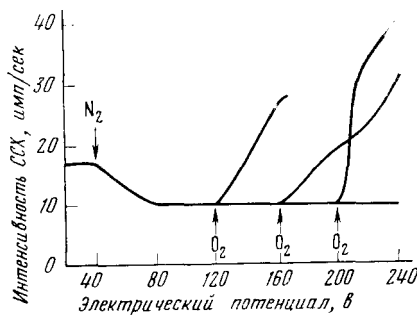


Рис. 3

с.с.х. растений можно разбить на три области, отличающиеся различным характером ответной реакции растения на действие данного физического фактора. Первая область характеризуется монотонным возрастанием интенсивности с.с.х. растений под влиянием электрического потенциала. Нелинейность возрастания свидетельствует об участии в процессе генерации квантов с.с.х. различных по своим скоростям хемилюминесцентных реакций. После достижения максимума с.с.х. на электрограмме растений наблюдается вторая область — область обратнопропорциональной зависимости с.с.х. от электрического потенциала. Перелом на электрограмме свидетельствует, очевидно, о нарушениях в согласованности ответственных за с.с.х. реакций, тем более что в третьей области электрограммы наблюдается резкий подъем уровня с.с.х. Как видно из рис. 1, электрограмма присуща лишь неповрежденным растениям; для растений же, подвергшихся действию губительных температур, уровень с.с.х. не зависит от электрического потенциала. Этот факт свидетельствует о том, что целостность внутриклеточных структур является необходимым условием проявления зависимости с.с.х. от электрического потенциала.

Дальнейшие эксперименты показали, что в третьей области электрограммы в растительных клетках наступают необратимые деструктивные процессы. Как видно из рис. 2, повторное снятие полной электрограммы одного и того же образца приводит к исчезновению зависимости уровня с.с.х. от электрического потенциала. При этом объект ведет себя подобно растению, обработанному высокой температурой (рис. 1). Поэтому можно заключить, что после достижения максимума на электрограмме с.с.х. дальнейшее увеличение электрического потенциала приводит к необратимым повреждениям внутриклеточных липидсодержащих структур, в первую очередь липопротеиновых мембран, принимающих участие в генерации квантов с.с.х. Интересно, что, если при первом испытании электрический потенциал доводился лишь до 180 в, то повторная электрограмма этого объекта регистрируется полностью, хотя имеются отличия от контроля по абсолютной величине максимума с.с.х. и величине потенциала, при котором достигается максимум.

После выяснения связи возникшего под действием электрического потенциала с.с.х. растений со структурной целостностью внутриклеточных организаций возник вопрос о зависимости стимулированной электрическим потенциалом с.с.х. растений от окислительных свободнорадикальных процессов, определяющих уровень с.с.х. растений в норме. С этой целью в камере с растениями изменяли газовый состав (рис. 3). Исключение из среды кислорода влечет за собой падение интенсивности с.с.х., причем при аноксии увеличение электрического потенциала не сказывается на уровне с.с.х. Впуск в камеру кислорода на любой стадии эксперимента сопровождается резким подъемом с.с.х. Это свидетельствует о том, что процессы, ответственные за стимулированную электрическим потенциалом с.с.х., связаны с перекисным окислением липидов в растительных клетках.

Таким образом, обнаруженный феномен является результатом процессов, обусловленных структурной целостностью растительной ткани, определяется окислительными процессами и, очевидно, в дальнейшем может оказаться полезным тестом для изучения физико-химических свойств структурных элементов живой клетки.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова

Поступило
2 VII 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Б. Н. Тарусов, Биофизика, т. 15, № 2, 324 (1970). ² Я. Е. Доскоц, Ю. П. Козлов и др., Тез. докл. II Всесоюзн. конфер. по биолюминесценции, Новосибирск, 1967, стр. 18. ³ Я. Е. Доскоц, Информационное значение сверхслабой хемилюминесценции в оценке термоадаптации растительных организмов. Автореф. канд. дисс., МГУ, 1967. ⁴ Я. Е. Доскоц, А. С. Горев, ДАН, т. 207, № 4, 992 (1972). ⁵ Я. Е. Доскоц, В. Ю. Стрелкова и др., ДАН, т. 183, № 2, 466 (1968). ⁶ Н. З. Канчавели, Т. Я. Чкуасели, Э. Л. Гиоргобиани, В сб.: Меркниан мценарета физиология, № 1, Тбилиси, 1968, стр. 72. ⁷ Ф. В. Шагилов, М. Ф. Трифонова, Электронная обработка материалов. № 1, 67 (1968).