

ротковолновой люминесценции. Характерно, что ионы индия оказываются более конкурентноспособными по отношению к ионам одновалентной меди в радиационных процессах образования центров квазиатомарного состояния Cu^0 . Действительно, в спектрах люминесценции γ -облученных образцов с большим содержанием индия, синтезированных в окислительных условиях, регистрируется слабое свечение при 770 нм, в то время как в образцах без индия оно вовсе не проявляется. Одновременно существенно возрастает количество ионов In^{2+} , ответственных за люминесценцию в области 600 нм.

Полученные данные показывают, что путем введения добавок определенного вида в сочетании с окислительно-восстановительными условиями синтеза и радиационным воздействием можно существенным образом влиять в нужном направлении на спектральные свойства стеклообразных систем.

Список литературы

1. Бюргановская Г. В., Варгин В. В., Леко Н. А., Орлов Н. Ф. Действие излучений на неорганические стекла.— М., 1968.
2. Griscom D. L. // J. Non-Cryst. Sol.— 1980.— V. 40.— P. 211.
3. Алексеев Н. Е., Гапонцев В. П., Жаботинский М. Е. и др. Лазерные фосфатные стекла.— М., 1980.
4. Бреховских С. М., Викторова Ю. Н., Ланда Л. М. Радиационные эффекты в стеклах.— М., 1982.
5. Белый М. У., Охрименко Б. А., Яблочков С. М. // Укр. физ. ж.— 1981.— Т. 6.— № 11.— С. 1789.
6. Белый М. У., Зеленский С. Е., Охрименко Б. А., Яблочков С. М. // Укр. физ. ж.— 1982.— Т. 27.— № 7.— С. 1002.
7. Белый М. У., Зеленский С. Е., Охрименко Б. А., Яблочков С. М. // ЖПС.— 1984.— Т. 41.— № 4.— С. 583.
8. Cherenda N. G., Shendrik A. V., Yudin D. M. // Phys. Stat. Solid. (b).— 1975.— V. 69.— № 2.— P. 687.
9. Marquardt C. L. // Appl. Phys. Lett.— 1976.— V. 78.— P. 209.
10. Cherenda N. G., Yudin D. M. // Phys. Stat. Sol. (b).— 1976.— V. 77.— № 1.— P. K27.

Поступила в редакцию 15.02.85.

УДК 58.03

В. И. ЗУБКО, В. П. ХРАПОВИЦКИЙ

ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

Растительные ткани, как и другие биологические объекты, представляют собой гетерогенные системы. Физико-химические процессы структурообразования в таких системах сопровождаются различного рода электрофизическими явлениями, которые могут играть существенную роль при формировании в них того или иного функционального состояния. Поэтому комплексное изучение отдельных электрофизических свойств создает предпосылки для получения достаточно адекватной информации о физиологическом состоянии системы в целом [1—3].

Одними из основных электрофизических параметров, используемых для характеристики широкого класса объектов, являются диэлектрическая проницаемость (ϵ), удельная электропроводность (σ) и тангенс угла диэлектрических потерь ($\operatorname{tg} \delta$). Эти параметры обусловлены наличием в гетерогенных системах, в том числе системах биологического происхождения, свободных и связанных зарядов. При изменении физико-химического состояния объекта некоторые связанные заряды могут стать свободными, тогда как свободные заряды — связанными. О перераспределении свободных и связанных зарядов можно судить по изменению диэлектрической проницаемости и удельной электропроводности исследуемого объекта [4, 5].

Для изучения электрофизических свойств биологических объектов, обладающих большими диэлектрическими потерями, можно использо-

вать методику измерений, в основу которой положено раздельное определение емкостной и активной составляющих импеданса электродной ячейки [6]. В данной работе проведены качественные исследования характера изменения отдельных электрофизических свойств тканей корнеплодов моркови, находящихся в различных физиологических состояниях.

Материал и методика

Электрофизические свойства растительных тканей изучали на свежеприготовленных срезах паренхимных тканей стандартных и пораженных сухой и мокрой гнилью корнеплодов моркови.

В работе использовали измерители импеданса ТЕСЛА (типы ВМ 507 и ВМ 538), позволяющие производить измерение полного сопротивления Z и фазового угла δ , значения которых можно отсчитывать непосредственно по стрелочным приборам или регистрировать с аналогового выхода с помощью самописца. Пределы измерений Z от 10 Ом до 10 М Ом, δ от 0 до 360°, общий диапазон частот 5—10⁸ Гц. Исследуемые образцы, приготовленные из растительных тканей корнеплодов моркови, помещали в однородное переменное электрическое поле, создаваемое в межэлектродном пространстве ячейки (2×2×2 см) с плоскопараллельными электродами, изготовленными из нержавеющей стали. По отчитанным значениям Z и δ определяли емкостную и активную составляющие импеданса в рабочем диапазоне частот 5·10²—5·10⁷ Гц. Влияние паразитных явлений на результаты измерений Z и δ исключали путем коррекции составляющих импеданса, как указано в [6], по которым затем рассчитывали $\text{tg } \delta$. В работе приведены типичные частотные зависимости, характерные для стандартных или пораженных сухой и мокрой гнилью корнеплодов моркови (результаты шести независимых измерений).

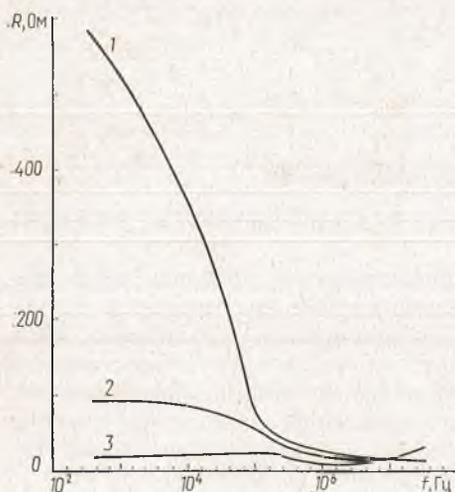


Рис. 1. Частотные зависимости активной (R) составляющей импеданса тканей моркови:

1 — контрольный образец; 2, 3 — образцы, пораженные сухой и мокрой гнилью соответственно

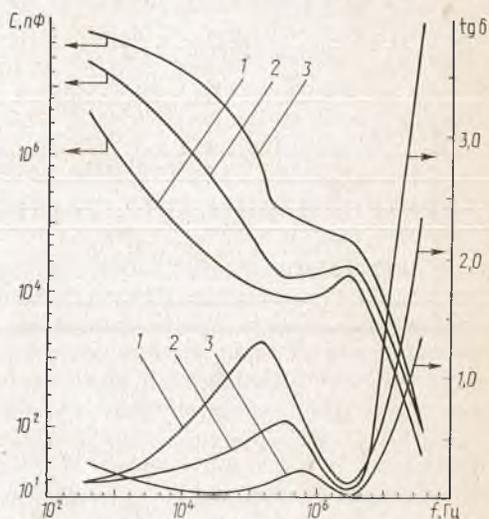


Рис. 2. Частотные зависимости емкостной (C) составляющей импеданса и тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg } \delta$) тканей моркови. Обозначения те же, что и на рис. 1

Результаты и их обсуждение

Исследования влияния частоты электрического поля на характер изменения электрофизических свойств растительных тканей корнеплодов моркови (рис. 1, 2) показали, что величина R — активная составляющая импеданса в случае контрольного образца ткани моркови — достигает

относительно больших значений в области низких частот ($f < 10^3$ Гц). По мере повышения частоты величина R значительно понижается, достигая практически постоянных значений в диапазоне частот выше $5 \cdot 10^5$ Гц. Величина C — емкостная составляющая импеданса — также испытывает существенное понижение с повышением частоты от $5 \cdot 10^2$ до 10^8 Гц и позволяет выявить две области дисперсии: в диапазоне $5 \cdot 10^2$ — $5 \cdot 10^5$ и $5 \cdot 10^6$ — $5 \cdot 10^7$ Гц. Зависимость величины тангенса угла диэлектрических потерь в исследуемом диапазоне частот носит нелинейный характер и обнаруживает как максимум, так и минимум.

Для моркови, пораженной сухой гнилью, величина R значительно понижается в области частот ниже $5 \cdot 10^5$ Гц. При поражении моркови мокрой гнилью величина R еще более понижается и становится независимой от частоты. Величина C , в отличие от активной составляющей импеданса, повышается при переходе от контрольных образцов к образцам, пораженным сухой и мокрой гнилью. При этом сохраняется профиль частотной зависимости с двумя областями дисперсии, причем перегиб на кривых обнаруживает тенденцию смещения в более низкочастотный диапазон. Максимум величины тангенса угла диэлектрических потерь образцов ткани моркови, пораженных сухой гнилью, смещается в область более высоких частот и достигает сравнительно меньших значений. Следует заметить, что минимум профиля зависимости совпадает с таковым, характерным для контрольного образца. Профиль указанной зависимости для образцов моркови, пораженных мокрой гнилью, имеет сглаженный вид.

Наблюдаемые частотные зависимости электрофизических свойств исследуемых объектов обусловлены характером прохождения переменного тока через ткани моркови и связаны с накоплением объемного заряда на границе раздела фаз (электрод — растительная ткань, плазматические мембраны клеток — межклеточная жидкость, внутриклеточные мембраны, индуцированная ориентация дипольных молекул).

При низких частотах, т. е. в случае, когда время релаксации мало по сравнению с периодом электрических колебаний, заряд успевает накапливаться на границе раздела фаз и величина емкости достигает относительно больших значений. В этих условиях переменный ток протекает в основном через межклеточную среду, поскольку клеточные мембраны обладают в низкочастотной области достаточно высоким сопротивлением. По мере повышения частоты время релаксации оказывается большим по сравнению с периодом электрических колебаний и сопротивление клеточных мембран падает. Это создает возможность прохождения переменного тока через клеточные мембраны, что в итоге приводит к увеличению сечения проводящего компонента и снижению величины R (см. рис. 1).

В случае поражения корнеплодов фитопатогенами понижение сопротивления ткани моркови наблюдается уже при более низких частотах. Можно полагать, что поражение моркови сухой и мокрой гнилью сопровождается увеличением проводимости клеточных мембран. По всей вероятности, повышение проводимости мембран связано с их повреждением и может свидетельствовать о понижении жизнеспособности растительных клеток. Такой вывод согласуется с рассмотренными данными по изменению емкостной составляющей импеданса и величины тангенса угла диэлектрических потерь (см. рис. 2). Так, повышение величины C для пораженных тканей моркови, характеризующее усиление поляризационных явлений, может быть связано с увеличением концентрации электролита в межклеточном объеме в результате высвобождения ионов из клеток при нарушении селективной проницаемости мембран. Независимо от соотношения того или иного процесса общим физическим механизмом является накопление объемного заряда на границе раздела фаз (клетка — межклеточная жидкость, ткань — электрод). Такое накопление заряда и соответствующее изменение степени поляризованности и величины активных потерь исследуемой системы взаимосвязано с изменением величины $\operatorname{tg} \delta$. С учетом полученных данных $\operatorname{tg} \delta$ следует рассматривать

как результирующий показатель изменения соотношения отдельных процессов, характеризующих динамическое распределение свободных и связанных зарядов. Подтверждением этому является сопоставление относительного хода частотных зависимостей величин R , C и $\operatorname{tg} \delta$. Наблюдающийся для растительных тканей в различных физиологических состояниях сдвиг частоты максимума $\operatorname{tg} \delta$ отражает тонкие различия формирования границ раздела фаз и накопления на их поверхности зарядов (см. рис. 2).

Таким образом, необходимым условием совершенствования электрофизических методов при исследовании биологических систем является развитие способов отдельного измерения активной и емкостной составляющих импеданса, что может быть положено в основу разработки информативного метода интегральной оценки фитопатогенного поражения корнеплодов моркови, а в более общем случае — изучения физиологического состояния тканей как растительного, так и животного происхождения.

Список литературы

1. Шван Г. П. // Электроника и кибернетика в биологии и медицине.— М.— 1963.— С. 71.
2. Седунов Б. И., Франк-Каменецкий Д. А. // Успехи физических наук.— 1963.— Т. 79.— Вып. 4.— С. 617.
3. Ханай Т. // Эмульсии.— Л.— 1972.— С. 313.
4. Челидзе Т. Л., Деревянко А. И., Куриленко О. Д. Электрическая спектроскопия гетерогенных систем.— Киев, 1977.
5. Де Лоор Г. П. // Приборы и системы управления.— 1974.— № 9.— С. 19.
6. Зубко В. И., Михалевич А. А. // Автоматизация и электрификация процессов сельскохозяйственного производства.— Горки.— 1979.— Вып. 52.— С. 144.

Поступила в редакцию 18.01.85.

УДК 539.16

А. Н. ЛАВРЕНОВ, Г. С. ШУЛЯКОВСКИЙ

НЕЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В МЮОННОЙ ЕО-КОНВЕРСИИ

В электронной ЕО-конверсии (ЕОК) с точки зрения опыта представляет интерес возможность неэлектромагнитного взаимодействия (НВ), осуществляемого путем обмена виртуальным (псевдо) скалярным мезоном [1]. Вклад других вариантов НВ в абсолютную вероятность процесса, согласно обзору [2], очень мал или противоречит наблюдаемым фактам. С другой стороны, неотъемлемым элементом современных моделей электрослабого взаимодействия являются скалярные (хиггсовские) мезоны [3, 4]. Исходя из этого в данной работе рассматривается роль НВ, возникающего от обмена виртуальным скалярным мезоном Φ с массой m_Φ между мюоном и ядром. А так как мюонная внутренняя конверсия (μ -ВК) наблюдалась экспериментально [5, 6], оценка вклада данного НВ в вероятность мюонной ЕО-конверсии (μ -ЕОК) является, несомненно, актуальной задачей. Тем более, что в сходных процессах, согласно [7, 8], вклад НВ может давать наблюдаемые на опыте эффекты.

Потенциал НВ между мюоном и ядром от обмена скалярным мезоном можно представить в виде (см. приложение А, а также [9, 10]):

$$V(r) = -g_\Phi \frac{e^{-r m_\Phi}}{r}. \quad (1)$$

Диаграмма Фейнмана, соответствующая данному процессу, показана на рисунке.