

УДК 634.11:631.547.6:581.1.043

## ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ЯБЛОК СОРТА «БОГАТЫРЬ» ВО ВРЕМЯ СОЗРЕВАНИЯ

**Сергей Афанасьевич Родиков**

доктор технических наук, профессор

rsa\_rih@mail.ru

**Денис Олегович Болдырев**

аспирант

Zarech-tata@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

Федеральный научный центр имени И.В. Мичурина

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** Статья посвящена анализу электросопротивления ткани яблок сорта «Богатырь» во время созревания. Для измерения электрических характеристик ткани яблок используют высокоточный мостовой измеритель MS5308 LCR Tester. Щупы датчика вводят в ткань яблока для измерений на частотах 1 и 10 кГц. Установлено, что электросопротивление ткани яблок на обеих частотах на солнечной и теневой сторонах изменяется по периодическим законам.

**Ключевые слова:** электросопротивление, яблоки, измерение, созревание.

Одним из наиболее быстрых способов получить информацию о состоянии физиологического состояния растений являются электрические показатели, получаемые при воздействии на них электромагнитных полей. В частности, при пропускании через ткань яблока переменного электрического тока, возникают явления сопротивления.

### ***Объекты и методы исследований.***

Из общего количества плодов сорта "Богатырь" каждый день выбирают 10 образцов яблок, чтобы обеспечить статистическую значимость и надежность результатов. Образцы должны представлять разные степени зрелости и быть одинаковыми по размеру. Протирают поверхность каждого яблока от грязи и пыли, протирая мягкой тканью. Убеждаемся, что все яблоки полностью высохли после очистки, чтобы избежать влияния влаги на проводимые измерения. Определяют сторону яблока, освещенную солнцем (солнечная сторона) и ту, которая находится в тени (теньевая сторона). Присваивают уникальные номера каждому яблоку, чтобы можно было однозначно идентифицировать каждый образец. Номера наносят на солнечную сторону поверхности яблок маркером, либо ручкой. Проводят взвешивание каждого образца яблок для фиксации их массы перед измерениями других характеристик. После выполнения этих шагов мы получаем серию образцов яблок "Богатырь», подготовленных для измерений электросопротивления. Это обеспечит однородность и стандартизацию образцов, что важно для точности и сопоставимости результатов измерений. Измерение электросопротивления происходит с использованием высокоточного мостового измерителя, а использование прибора «MS5308 LCR Tester» для измерений является относительно простой и точной процедурой.

### ***Результаты и обсуждение.***

Проведены измерения электросопротивления ткани яблок «Богатырь» во время созревания в саду. Для этого яблоки утром с 8:00 до 8:30 срывают с дерева в саду и приносят в лабораторию, где проводят измерения. На рисунках 1 и 2 показано изменение электросопротивления ткани яблока на частоте 1 и 10

кГц во время их созревания в саду. Из рисунка видно, что данное изменение происходит по периодическим законам. Период колебаний составляет примерно 6 дней как на солнечной стороне яблока, так и на теневой. Данные периодические изменения с одной стороны характерны для плодов, с другой стороны являются следствием влияния минерального состава плодов, содержанием воды и внутритканевых газов в ткани плодов. Также не в последнюю очередь оказывают влияние метеорологические условия вегетационного периода. Проверяют заряд батареи мостовой измеритель «MS5308 LCR Tester» или подключают к источнику питания, если это необходимо. Переключаются на режим измерения электросопротивления на высокоточный мостовой измеритель. Устанавливают необходимые параметры, такие как диапазон измерения сопротивления и частоту сигнала для теста сопротивления. Подсоединяют (путем прокалывания) концы клемм высокоточного мостового измерителя к образцу яблока. Запускают процесс измерения сопротивления. Проводят тестирование и записывают результаты измерения электросопротивления яблока в указанных единицах измерения.

Таблица 1

Тестовое измерение

Сорт : Богатырь	Дата : 23.08.2023г.			
	Солнечная сторона		Теневая сторона	
	<b>R1</b>	<b>R10</b>	<b>R1</b>	<b>R10</b>
1	25,6	16,5	22,6	14,2
2	24,7	15,8	20,5	13
3	26,2	16,3	22,8	13,8
4	24,7	16,5	24,5	15,6
5	22,8	15,8	24,6	15,3
6	26,1	16,1	25,8	16
7	25,3	15,5	25,7	15
8	29,3	17,2	26,7	16,5
9	25,1	15,9	23,3	14,5
10	30	18,2	28,8	18,3
Среднее значение	25,98	16,38	24,53	15,22

Тестовое измерение

Сорт : Богатырь	Дата: 24.08.2023г.			
	Солнечная сторона		Теневая сторона	
	R1	R10	R1	R10
1	28,6	17,2	26,17	16,8
2	23,3	15,2	25,5	15,6
3	27,6	17,6	27,4	15,5
4	28	15,8	29,2	17,7
5	28,9	16	29,4	17,5
6	30,5	18	29,9	17,6
7	28,7	17	31,3	18
8	29,8	18,3	29,4	17
9	29,2	17,5	26,9	17,2
10	31,7	20,4	29,9	19,8
Среднее значение	28,63	17,3	28,507	17,27

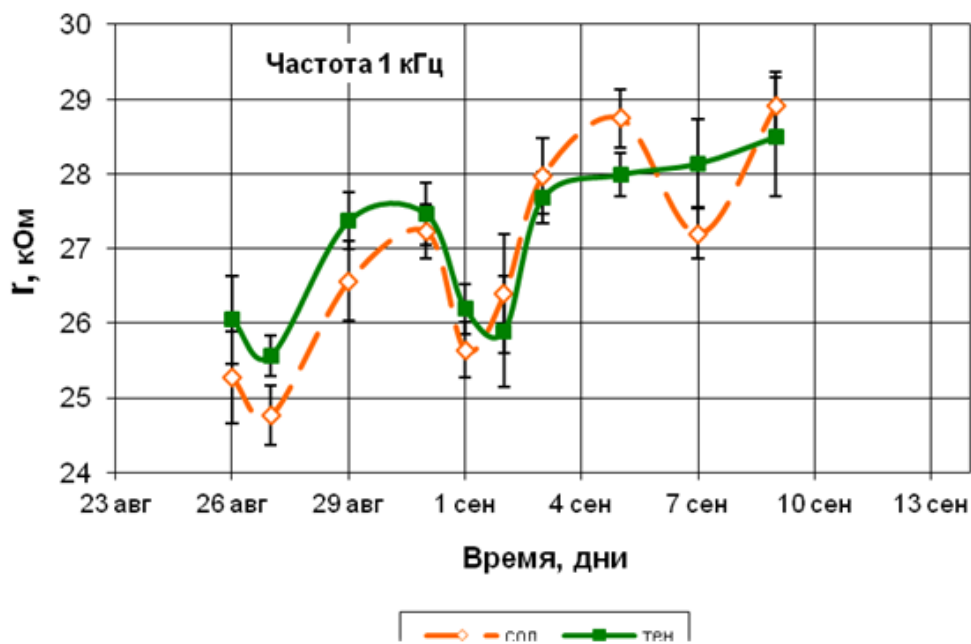


Рисунок 1 - Изменение электросопротивления ткани яблока на частоте 1 кГц во время их созревания в саду

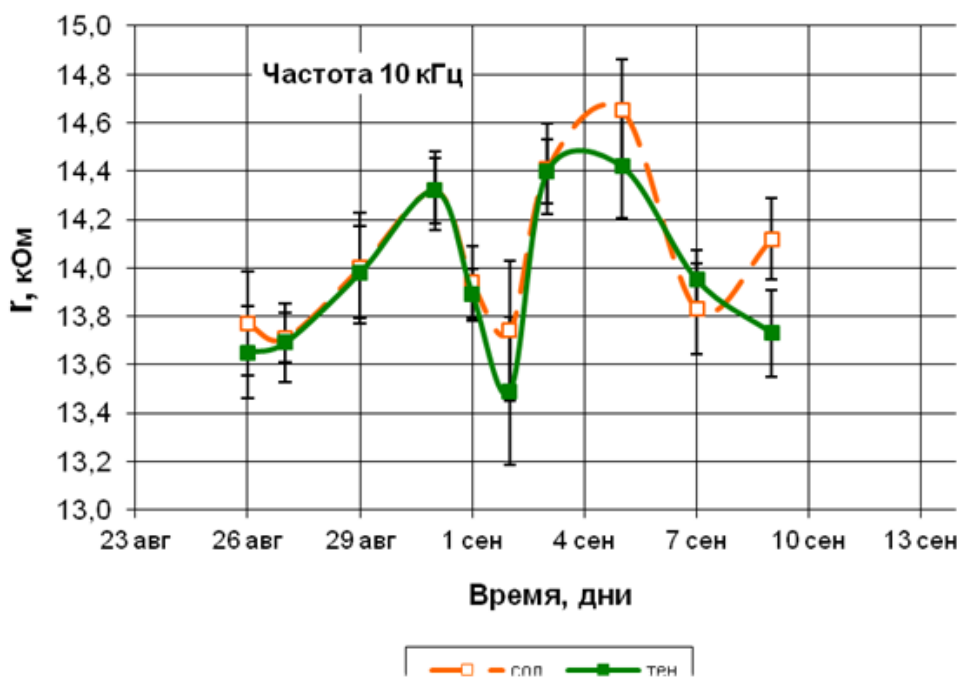


Рисунок 2 – Изменение электросопротивления ткани яблока на частоте 10 кГц во время их созревания в саду

На рисунке 3 показано изменение отношения электросопротивлений  $r_1/r_{10}$  ткани яблока во время их созревания в саду. Видно, что меньшее значение отношения электросопротивлений имеет ткань яблока на его солнечной стороне.

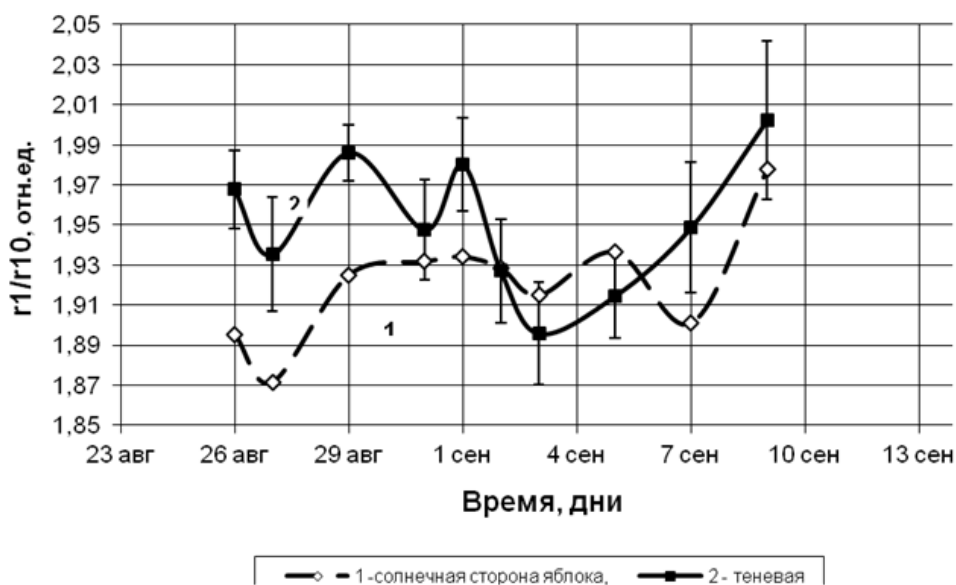


Рисунок 3 – Изменение отношения электросопротивлений  $r_1/r_{10}$  ткани яблока во время их созревания в саду.

**Выводы.** В результате измерений электросопротивления ткани яблок во время созревания, выявлены периодические изменения электросопротивления с периодом, примерно 6 дней. Показано, что меньшее значение отношения электросопротивлений имеет ткань яблока на его солнечной стороне.

Исследование физических характеристик яблок сорта "Богатырь" через измерения электросопротивления является важным шагом в понимании физиологического состояния этого сорта и его применимости в пищевой промышленности.

### Список литературы:

1. Родиков С.А. Применение переменного электрического тока для контроля качества яблок // Достижения науки и техники АПК. №2. 2009. С. 68-70.
2. Метлицкий Л.В. Основы биохимии плодов и овощей. М.: Экономика. 1976. 349 с.

**UDC 634.11:631.547.6:581.1.043**

## **MEASUREMENT OF CAPACITY AND ELECTRICAL RESISTANCE OF THE "BOGATYR" APPLE VARIETY**

**Sergey A. Rodikov**

doctor of technical sciences, professor

rsa\_rih@mail.ru

**Denis O. Boldyrev**

graduate student

Zarech-tata@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Federal Scientific Center named after I.V. Michurina

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The article is devoted to the analysis of the capacity and electrical resistance of the tissue of apples of the Bogatyr variety during ripening. A multimeter is used to measure the electrical characteristics of apple tissue. MS5308 LCR Tester. The probe probes are inserted into the apple tissue for measurements at frequencies of 1 and 10 kHz. It has been established that the electrical resistance of apple tissue at both frequencies on the solar and shadow sides varies according to periodic laws.

**Key words:** electrical resistance, apples, capacity, measurement, ripening.

Статья поступила в редакцию 01.02.2024; одобрена после рецензирования 20.03.2024; принята к публикации 22.03.2024.

The article was submitted 01.02.2024; approved after reviewing 20.03.2024; accepted for publication 22.03.2024.