

УДК 634.11:631.547.6:581.1.043

## РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ПОВЕРХНОСТИ ЯБЛОК

**Сергей Афанасьевич Родиков<sup>1,2</sup>**

доктор технических наук, профессор

rsa\_rih@mail.ru

**Денис Олегович Болдырев<sup>2</sup>**

аспирант

zarech-tata@mail.ru

<sup>1</sup>Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина

<sup>2</sup>Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация.** Статья посвящена разработке устройства, состоящего из полусферического столика для установки яблока, в центре которого имеется отверстие с установленным в нем синего светодиода, а сбоку отверстия имеется еще одно отверстие под углом к основному отверстию, в котором установлен светофильтр, пропускающий излучение в красной области, фотодиод с широкой полосой регистрации, тестер, для регистрации сигнала флуоресценции.

**Ключевые слова:** флуоресценция, яблоки, устройство, созревание.

Одним из наиболее быстрых способов получить информацию о состоянии физиологического состояния растений являются оптические показатели, например, при измерении флуоресценции поверхности яблок в процессе созревания.

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

Для исследований были взяты плоды сортов Антоновка обыкновенная. Учитывая, что период созревания плодов в саду занимает непродолжительный период: 2-3 недели измерения проводят практически каждый день. В отдельных случаях делались перерывы на 1-2 дня, для получения полной информации об объекте, измерения проводились каждый день. С целью снижения, а в основном и исключения влияния агротехнических факторов на процесс созревания плодов, на анализ отбирались плоды с одного квартала, ряда. В качестве одного из приемов, позволившего разработать методики определения оптимальных сроков съема, прогноза развития побурения плодов для анализа плоды разделялись на два варианта, солнечная сторона плода, теневая сторона плода, снятых с солнечной стороны дерева. Измерения проводились не позднее 30 минут после съема плодов с дерева [1].

Плоды хранят в холодильнике в обычных атмосферных условиях с температурой 3-4°C, относительной влажностью 85-90%.

### **Результаты и обсуждение.**

Устройство состоит из полусферического столика для установки яблока, в центре имеется отверстие с установленным в нем синего светодиода, сбоку отверстия имеется еще одно отверстие под углом к основному отверстию, в котором установлен светофильтр, пропускающий излучение в красной области, фотодиод с широкой полосой регистрации, тестер, для регистрации сигнала флуоресценции.

Для работы на приборе разработаны несколько режимов (Рис. 1).

1. В режиме R9 время измерения задается кнопкой «СТОП» от 1 сек до 20 сек.

2. Введен режим R10. В данном режиме объект выдерживается в темноте в течение 5 минут, далее происходит измерение в течение 10 секунд.

3. Введен режим R11. В данном режиме происходит измерение в течение 10 секунд.

4. Вывод значений происходит с точностью до 6 знаков.

5. Для установки режимов и циклов измерения, а также задания значения тока синего светодиода, необходимо установить тумблер в верхнее положение «УСТАНОВКА». По окончании процесса измерения устройство автоматически переходит в режим установки параметров. На индикаторе загорается значение тока синего светодиода. Вращением ручки переменного резистора можно задать ток. Нажатием кнопки «СТАРТ» задаем номер режима R1...R11. Кнопкой «СТОП» задаем число циклов для режимов R1...R8. Для режима R9 задаем время измерения 1...20 сек. Для режимов R10 и R11 кнопка «СТОП» не задействована.

6. Индикация для режима R9, R10, R11 на дисплее. R9 T15 – режим 9 время измерения 15 секунд, R11 T10 – режим 11 время измерения 10 секунд. При выполнении процесса измерения загорается светодиод «ИЗМЕРЕНИЕ» красного цвета. По окончании измерения появляется звуковой сигнал и начинает мигать светодиод «КОНЕЦ ИЗМЕРЕНИЯ» зеленого цвета.

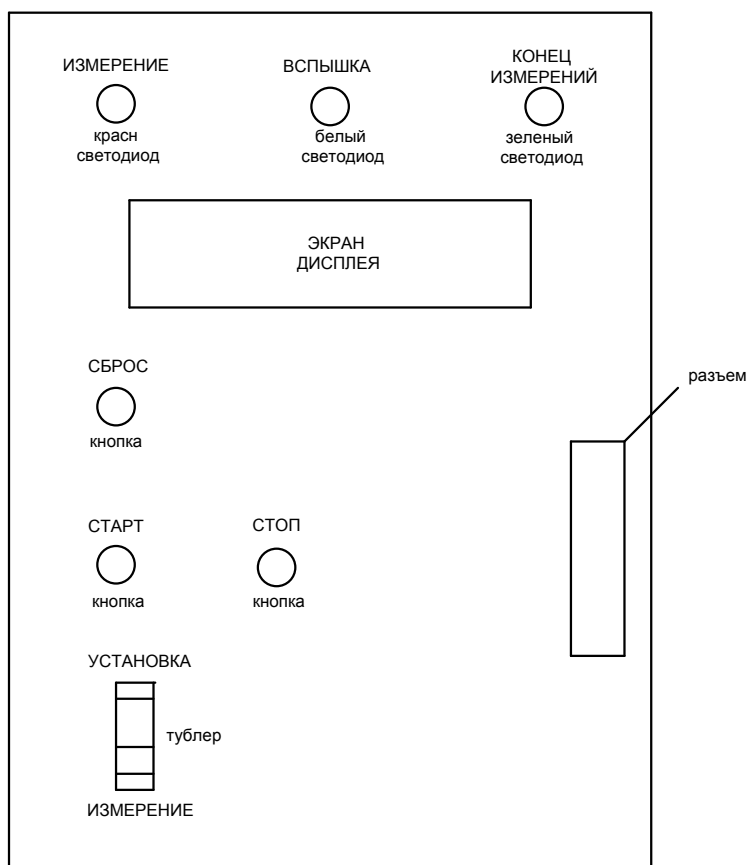


Рисунок 1 – Обозначения на передней панели прибора измерения флуоресценции поверхности яблок.

На рисунке 2 показано изменение минимального и максимального значения флуоресценции поверхности яблока. Из рисунка видно, что при максимальном значении флуоресценции в пределах 2 с наблюдается небольшой подъем интенсивности флуоресценции, в то время как при минимальной интенсивности флуоресценции этого подъема не наблюдается. Это говорит о том, что при некотором значительном времени наблюдения за изменением интенсивности флуоресценции, например до 2 минут и более, интенсивность снизится до этого уровня [2, 3]. Таким образом, можно считать, что это значение интенсивности флуоресценции и будет  $F_o$ , и нам достаточно будет измерить флуоресценцию в пределах 3-4 с, чтобы получить коэффициенты для формул  $F_a = (F_m - F_o) / F_o$  и  $F_m$ .

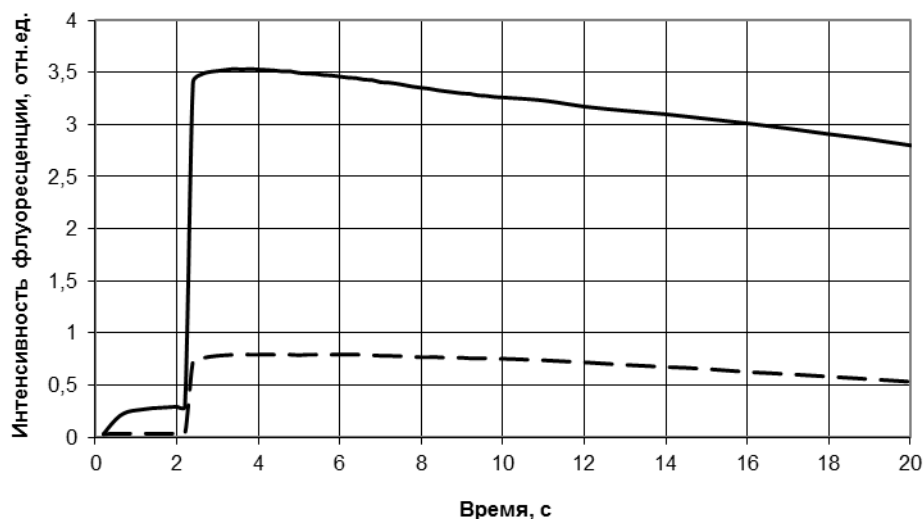


Рисунок 2 – Изменение минимального и максимального значения флуоресценции поверхности яблока.

**Выводы.** Получены спектры медленной индукции флуоресценции хлорофилла в коже яблок. Показано, что со временем освещения яблока светом длиной волны 470 нм в течение 120 с, поверхность яблока флуоресцирует на длине волны 685 нм, причём интенсивность флуоресценции снижается.

Определены спектральные характеристики элементов прибора для измерения медленной индукции флуоресценции хлорофилла.

Разработан макетный образец прибора для измерения медленной индукции флуоресценции хлорофилла с параметрами: диапазон длин спектра возбуждения: 460-490 нм, регистрируемая длина волны излучения более 600 нм.

Установлена связь между фотосинтетической активностью хлорофилла по интенсивности флуоресценции и транспирацией яблок, как одного из физиологических показателей их качества. Показано, что с увеличением содержания хлорофилла в коже яблок транспирация яблок увеличивается. Коэффициент корреляции равен 0,55.

#### Список литературы:

1. Родиков С.А. Методы и устройства анализа зрелости яблок. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2009. 216 с.

2. Родиков С. А., Болдырев Д. О. Устройство измерения медленной индукции флуоресценции хлорофилла кожицы яблок. IV Международная научно-практическая конференция «Цифровизация агропромышленного комплекса» Сборник научных статей Тамбов. 23 – 25 октября 2024 г. В 3-х томах. Том I. С. 285-287.

3. Родиков С.А., Бурлаков А.В. Методические аспекты при измерении медленной индукции флуоресценции хлорофилла кожицы яблок. В сборнике: Современное состояние садоводства Российской Федерации, проблемы отрасли и пути их решения. Материалы научно-практической конференции, в рамках 15-ой Всероссийской выставки «День садовода-2020». Тамбов. 2020. С. 109-112.

**UDC 634.11:631.547.6:581.1.043**

## **DEVELOPMENT OF A DESIGNED DEVICE FOR MEASURING APPLE SURFACE FLUORESCENCE**

**Sergey Af. Rodikov<sup>1,2</sup>**

doctor of technical sciences, professor

rsa\_rih@mail.ru

**Denis Ol. Boldyrev<sup>2</sup>**

graduate student

zarech-tata@mail.ru

<sup>1</sup>Federal Scientific Center named after I.V. Michurina

<sup>2</sup>Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Abstract.** This article describes the development of a device consisting of a hemispherical stage for placing an apple. The center of the stage contains a hole containing a blue LED. A second hole, at an angle to the main hole, contains a red-

pass filter, a wide-bandwidth photodiode, and a tester for recording the fluorescence signal.

**Keywords:** fluorescence, apples, device, ripening.

Статья поступила в редакцию 25.02.2026; одобрена после рецензирования 20.03.2026; принята к публикации 31.03.2026.

The article was submitted 25.02.2026; approved after reviewing 20.03.2026; accepted for publication 31.03.2026.