

УДК 634.11:631.547.6

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ВЫДЕЛЕНИЯ ЯБЛОКАМИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ВО ВРЕМЯ СОЗРЕВАНИЯ

Сергей Афанасьевич Родиков

доктор технических наук

rsa_rih@mail.ru

Мичуринский государственный аграрный университет
ФГБНУ «Федеральный Научный Центр им. И.В. Мичурина»

Мичуринск, Россия

Аннотация. Одним из важнейших показателей физиологического состояния яблок во время созревания является дыхание, которое определяется выделением яблоками углекислого газа. Для регистрации концентрации CO_2 используют, например, сенсор К30, который применяется для различных измерений и контроля качества воздуха. Определены зависимости интенсивности углекислого газа яблок после съёма в саду от их массы. Показано, что изменение интенсивности выделения углекислого газа яблоками сорта Антоновка обыкновенная во время созревания в среднем происходит нелинейно.

Ключевые слова: яблоки, созревание, сенсор CO_2 К30, углекислый газ.

Введение. Одним из важнейших показателей физиологического состояния яблок во время созревания является дыхание, которое определяется выделением яблоками углекислого газа. Для регистрации концентрации CO₂ используют, например, сенсор К30, который применяется для различных измерений и контроля качества воздуха. К30 – универсальный прибор с двумя аналоговыми и двумя цифровыми выходами, которые могут быть настроены при помощи SDK или другого программного обеспечения. В таблице приведены основные технические характеристики сенсора концентрации CO₂ К30.

Таблица 1

Технические характеристики сенсора концентрации CO₂ К30

Прибор	CO ₂ Engine ® К30 STA
Измеряемый газ	Углекислый газ (CO ₂)
Принцип работы	Не дисперсионный инфракрасный (NDIR)
Диапазон измерения	От 0 до 5000 ppm
Точность	±30 ppm ±3% от измеренной величины ¹
Время отклика (T1/e)	Время рассеивания 20 с
Частота измерений	0,5 Гц
Диапазон термокомпенсации	От 0 до +50 °С
Рабочая влажность	От 0 до 95% относительной влажности (без конденсата)
Температура хранения / работы	От -40 до +70 °С
Габариты (мм)	51 x 57 x 14 мм (Длина x Ширина x Приблизительная высота)

Для измерений сенсор помещается в небольшую герметичную ёмкость объёмом 17,8 л с крышкой. В ёмкость помещают яблоки в количестве 10 шт. Включают процесс измерения CO₂, одновременно включается небольшой вентилятор, перемешивая воздух в ёмкости. Измерения проводят в течение 10 минут. Данные по накоплению CO₂ и времени выводятся на дисплей.

Данные регистрируются в компьютере с последующим просмотром в программе Ексел.

Интенсивность выделения CO_2 рассчитывают по формуле:

$$I = \frac{(C_T - C_O) \cdot (V_C - V_{II})}{t \cdot M},$$

где I - интенсивность выделения этилена, Л/час кГ;

C_T - концентрация определяемого газа в момент отбора пробы, ppm;

C_O - исходная концентрация газа в сосуде, ppm;

V_C - объём сосуда, см³;

V_{II} - объём плодов, см³;

M - масса плодов, кГ;

t - время экспозиции, час.

На рисунке 1 показаны зависимости интенсивности углекислого газа яблок после съема в саду от их массы. Ромбиками показаны данные за несколько дней, от 26 августа по 9 сентября. Квадратиками показаны данные за один день. В течение одного дня были отобраны партии яблок по 10 штук с разными размерами и массой, первая партия с массой 86 г имела интенсивности выделения углекислого газа 119 ppm, вторая – с массой 166 г – 186 ppm и третья – с массой 255 г – 303 ppm. Видно, что зависимость интенсивности выделения углекислого газа яблоками и массой, снятые в течение двух недель слабая. Коэффициент детерминации равен 0,23. Плоды, снятые в один день имеют зависимость между интенсивности выделения углекислого газа яблоками и массой очень высокую, коэффициент детерминации равен 0,98. Видимо, на зависимость, полученных за две недели, влияют другие факторы, например, разная степень зрелости на каждый день.

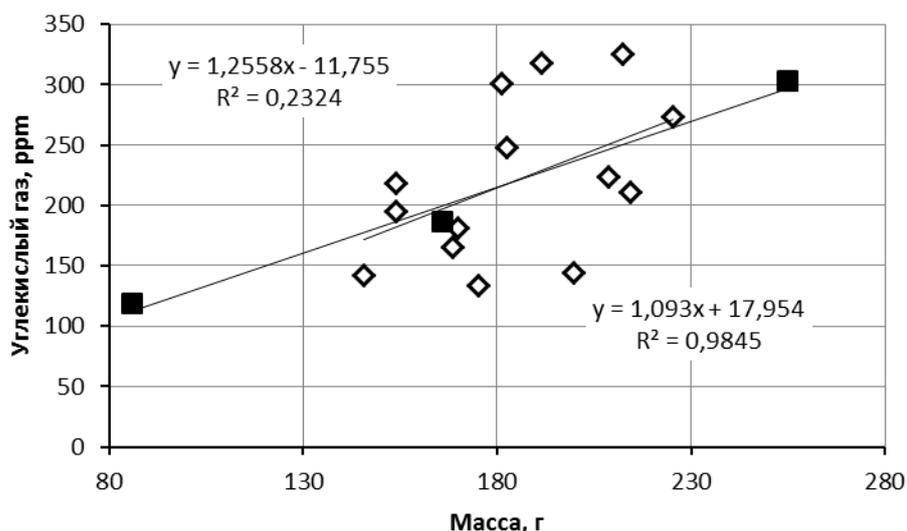


Рисунок 1 - Зависимость интенсивности выделения углекислого газа яблоками сорта Антоновка обыкновенная от их массы.

На рисунке 2 показано изменение массы яблок во время роста и созревания в саду. Видно, что масса яблок увеличивается во времени роста. Съем яблок по массе был неравномерен, виден разброс яблок по массе от 140 г до 230 г. Что тоже, в свою очередь, влияет на интенсивность выделения углекислого газа яблоками, приводя к разбросу данных, показанных на рис. 1 в виде ромбиков.

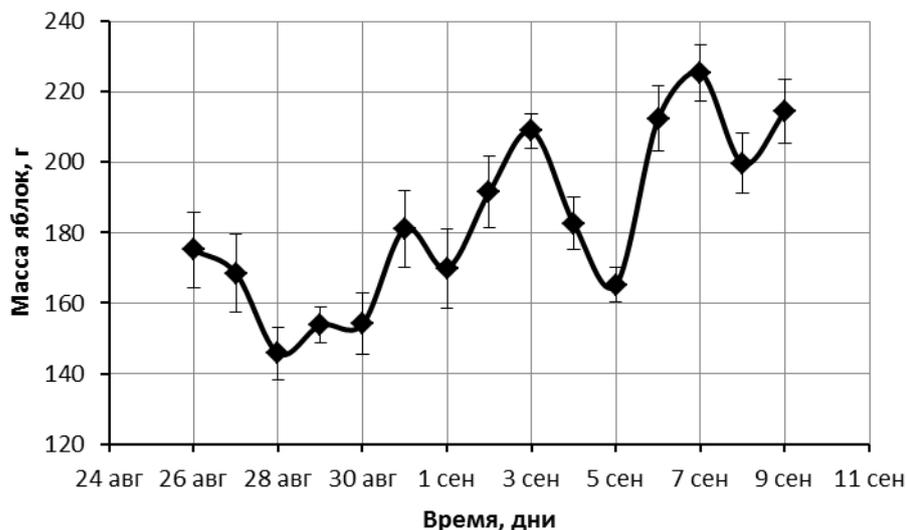


Рисунок 2 - Изменение массы яблок сорта Антоновка обыкновенная во время созревания в саду.

Из рисунка 3 видно, что изменение интенсивности выделения углекислого газа яблоками сорта Антоновка обыкновенная во время созревания в среднем происходит нелинейно, сначала увеличиваясь, достигая максимума к 3

сентября, а затем снижается. Следует отметить, что изменения подвержены колебаниям, в которых можно усмотреть некоторую периодичность. Ранее нами была установлена подобная периодичность и на других показателях зрелости яблок. Видно, что максимальное значение интенсивность выделения углекислого газа яблоками достигается к 31 августа и снижается после 6 сентября, то есть максимальное значение достигается к 2-3 сентября плюс-минус 3 дня.

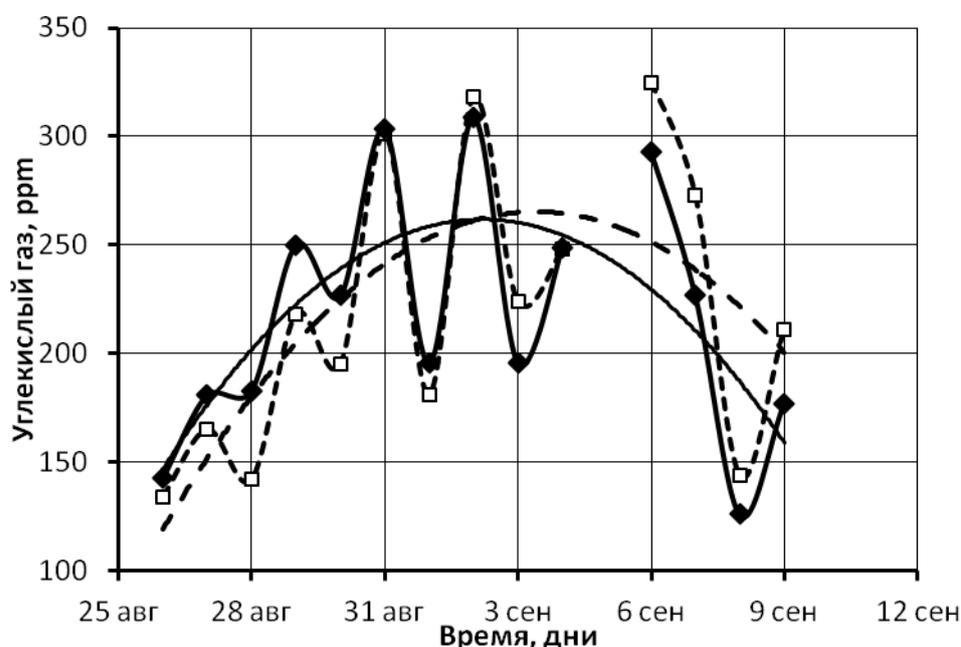


Рисунок 3 - Изменение интенсивности выделения углекислого газа яблоками сорта Антоновка обыкновенная во время созревания в августе-сентябре 2021 г.

Заключение

1. Разработан прибор измерения интенсивности выделения углекислого газа яблоками.
2. Определена зависимость интенсивности выделения углекислого газа яблоками сорта Антоновка обыкновенная от их массы.
3. Получено изменение интенсивности выделения углекислого газа яблоками сорта Антоновка обыкновенная во время созревания в августе-сентябре.

UDC 634.11:631.547.6

**DEVELOPMENT OF A DEVICE AND METHODS FOR MEASURING
THE INTENSITY OF CARBON DIOXIDE EMISSION BY APPLES DURING
RIPENING**

Sergey Af. Rodikov

doctor of technical sciences

rsa_rih@mail.ru

Michurinsk State Agrarian University

Federal State Budgetary Institution

"Federal Scientific Center im. I.V. Michurin"

Michurinsk, Russia

Abstract. One of the most important indicators of the physiological state of apples during ripening is respiration, which is determined by the release of carbon dioxide by apples. To record the CO₂ concentration, for example, the K30 sensor is used, which is used for various measurements and monitoring of air quality. The dependences of the carbon dioxide intensity of apples after harvesting in the garden on their mass were determined. It has been shown that the change in the intensity of carbon dioxide emission by apples of the Antonovka common variety during ripening occurs, on average, nonlinearly.

Key words: apples, ripening, CO₂ sensor K30, carbon dioxide.

Статья поступила в редакцию 03.05.2024; одобрена после рецензирования 13.06.2024; принята к публикации 27.06.2024.

The article was submitted 03.05.2024; approved after reviewing 13.06.2024; accepted for publication 27.06.2024.