

УДК 541.144+581.12

УСТАНОВКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОТОСИНТЕЗА И ТРАНСПИРАЦИИ РАСТЕНИЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ CO₂

Н. Н. ТРЕТЬЯКОВ, Б. Н. СОСНИН, Е. И. КОШКИН, М. В. МОТОРИНА,
И. В. СТАНЧЕВА

(Кафедра физиологии растений)

При измерении углекислотных кривых фотосинтеза листа могут быть применены разные способы подключения листовых камер и газоанализаторов к газовым системам с различной концентрацией CO₂ [1—6], которые являются разновидностями открытых систем, обеспечивающих малоинерционные и более точные измерения, чем закрытые системы.

В системах, описанных в работе [3], изменение содержания CO₂ в газе производится с помощью смесителей путем добавления CO₂ к несущему газу через калиброванный капиллярный реометр и сопротивления. При этом концентрация CO₂ в несущем газе определяется отношением скоростей течения CO₂ и несущего газа через сопротивление. Однако предложенный способ изменения концентрации CO₂ является довольно слож-

ным, так как при его использовании требуется тщательная калибровка реометра, капилляров и сопротивлений. Кроме того, при всех измерениях необходимо вводить дополнительные поправки на изменения температуры и атмосферного давления. К тому же экспериментатор в течение всего опыта не контролирует истинного значения концентрации CO₂ в потоке после смесителей, что может приводить к ошибке в измерениях.

Представленная нами система свободна от указанных недостатков. Она позволяет плавно или резко изменить концентрацию CO₂ в несущем газе (сухом воздухе без CO₂) и, предварительно увлажнив его, подать в листовую камеру. Кроме того, появляется возможность контролировать в течение всего опыта содержание CO₂ в несущем газе (от 0 до 0,1 %).

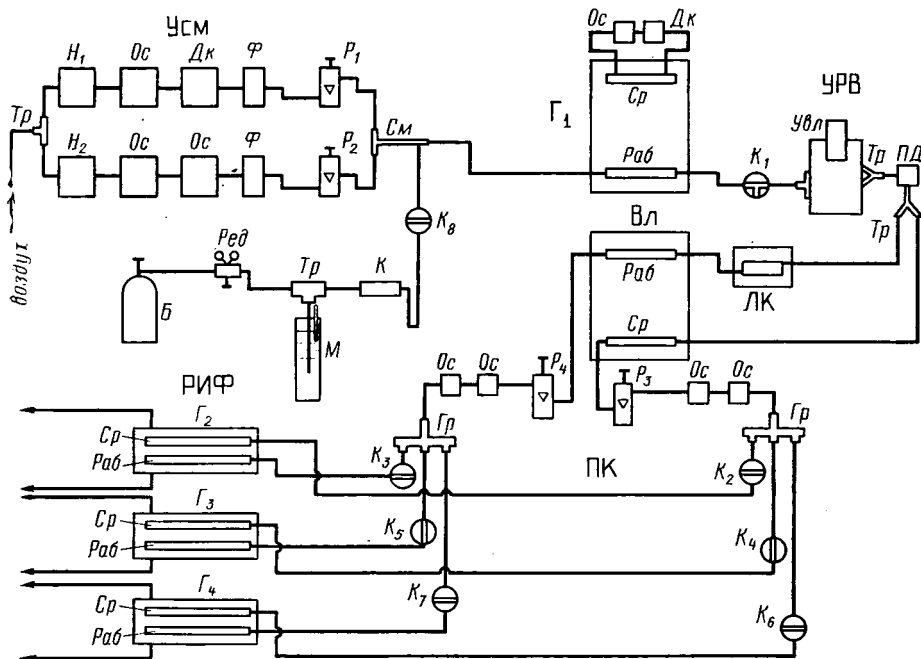


Рис. 1. Схема установки для определения фотосинтеза и транспирации растений при различных концентрациях CO₂.

Установка состоит из следующих основных узлов (рис. 1).

1. Узел смесителя (УСМ). В него входят тройник $Тр$, поступаая через который наружный воздух распределяется на два потока. Подача воздуха в оба потока производится микрокомпрессорами H_1 и H_2 типа МК-1м, в которых конструкция клапанов изменена. Это позволило повысить их производительность с 60 до 200 л/ч.

С первым потоком воздух поступает через осушитель $Ос$ (перхлорат магния), декарбонизатор $Дк$ (аскарит) и ватный фильтр $Ф$ на регулирующий ротаметр P_1 (РС-3А).

В параллельном потоке воздух, проходя через аналогичные осушители и ватный фильтр, подается на ротаметр P_2 (РС-3А).

После ротаметров воздух из обоих потоков попадает в смеситель $См$, в котором и происходит динамичное смешивание. Регуляторами ротаметров устанавливаются необходимое соотношение расхода воздуха в обоих потоках. В случае, когда подается CO_2 в концентрации выше, чем в атмосфере, подключается только второй поток воздуха и к нему подсоединяется поток CO_2 определенной концентрации из баллона $Б$.

2. Контрольный газоанализатор (Г). Приготовленная в смесителе газовая смесь поступает на контрольный газоанализатор ГИП-7м или ГОА-4 со шкалой 0—0,1 об. % CO_2 . Регистрации концентрации CO_2 производится вторичным прибором КСП-2. Газоанализатор находится в непосредственной близости от смесителя, поэтому время начала реагирования и снятия показания определяется в основном постоянной времени самого прибора и при расходе газа 60 л/ч составляет 3—5 с. В этот узел входят осушитель, декарбонизатор, связанные со сравнительной кюветой $Ср$ газоанализатора; газ заданной концентрации идет через рабочую кювету $Раб$.

Трехходовой кран K_1 предназначен для отключения всего газового тракта при подготовке другой фоновой концентрации, так как резкие изменения концентрации CO_2 выводят из баланса оптическую систему газоанализаторов ГИП-10МБ ($G_2—G_4$) и выход на показание запаздывает на 10—15 с.

3. Узел регулирования и измерения влажности воздуха (УРВ). Для получения заданной влажности воздуха перед входом в листовую камеру установлен увлажнитель простого типа $Увл$. Регулирование влажности проводится вручную путем изменения расхода сухого и влажного воздуха. Влажность контролируется с помощью специально разработанного психрометрического датчика $ПД$, конструкция которого позволяла производить измерения в потоке воздуха. В качестве чувствительных элементов были использованы два термометра сопротивления типа ТСП градуировки 22. Отсчет показаний (температура «сухого» термометра, а также разность температур «сухого» и «влажного» термометров) производится по стрелочному прибору типа М-228 со шкалой 0—30°.

4. Листовая камера (ЛК). При снятии углекислотных кривых использовалась листовая камера прямоочного типа с водяным термостатированием, разработанная Л. Н. Карпушкиным и модифицированная нами применительно к амфистоматиче-

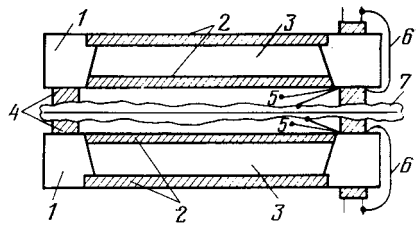


Рис. 2. Разрез листовой камеры

1 — латунный корпус; 2 — стекла; 3 — водяная рубашка; 4 — уплотняющие прокладки; 5 — микротермометры; 6 — выводы микротермометров; 7 — листовая пластина

скому листу кукурузы (рис. 2). Площадь световых окон камеры 4,5 см² (3×1,5).

Два микротермометра МТ-54 позволяют измерять температуру воздуха и листа в верхней половине камеры, а два других — в нижней. Точность измерения температуры ±1°. Выводы микротермометров проходят под резиновыми уплотнениями камеры и припаяны к контактной колодке, приклеенной к наружной поверхности камеры. Листовая камера термостатируется водой, температура которой регулируется ультратермостатом (точность ±0,1°).

Измерение температуры листа и проходящего газа производится путем поочередного подключения четырех полупроводниковых микротермометров МТ-54 к цифровому омметру В7-20. Измеритель температуры предварительно откалиброван в диапазоне 15—35° через 1 градус. Погрешность измерения составляет 1,75 %.

5. Влагомер (Вл). Для измерения транспирации в токе воздуха, прошедшего через камеру с листом, использовали ИК газоанализатор ГИП-7М, разработанный в Научно-производственном объединении «Химавтоматика». В газоанализатор нами внесены конструктивные изменения, позволяющие использовать его как измеритель влаги. Лучеприемник заполнен парами жидкого аммиака, изменен усилитель, отключена схема компенсации и применена схема прямого измерения. Регистрации показаний производится вторичным прибором КСП-4. Шкала прибора 10—80 % относительной влажности. Начало реагирования влагомера 3 с, выход на показание через 6 с.

6. Переключатель каналов (ПК). Он представляет собой плату, на которой смонтировано 6 двухходовых кранов. При подаче газа заданной концентрации открывается соответствующая пара кранов, каждая из которых подает газ в один из трех газоанализаторов ГИП-10МБ. Ротаметры P_3 и P_4 позволяют контролировать расход газа через обе кюветы газоанализаторов.

7. Узел регистрации интенсивности фотосинтеза (РИФ). Регистрация производится газоанализаторами ГИП-10МБ. В описываемой системе она осуществляется без перехода через нуль, т. е. через листовую камеру между указанными концентрациями не подается несущий газ. Вследствие того что оптическому тракту ИК газоанализаторов свойственна несимметричность, при подаче в них другой фоновой концентрации наблюдается смещение нуля. С целью уменьшения погрешности измере-

ний сделана многоканальная система, работающая следующим образом. При подаче фоновой концентрации CO_2 , равной 0,01 %, работает газоанализатор Γ_2 , подача газа производится через открытые краны K_2 и K_3 (остальные краны закрыты) и устанавливается нуль на Γ_2 . После установки нуля на газоанализаторе Γ_2 закрываются краны K_2 и K_3 , изменяется фоновая концентрация CO_2 до 0,03 %, затем открываются краны K_4 и K_5 и устанавливается нуль на газоанализаторе Γ_3 . При изменении фоновой концентрации CO_2 до 0,1 % открываются только краны K_6 и K_7 и устанавливается нуль на газоанализаторе Γ_4 . Таким образом, при каждой фоновой концентрации работает только один газоанализатор со своим вторичным прибором КСП-4.

В условиях эксперимента важно было создать световой пучок большой интенсивности на площади, равной размеру светового окна листовой камеры, при одинаковой освещенности в центре и по краям. Для этой цели нами применялась лампа типа ДРИ-2000-6 мощностью 2000 Вт. Пучок света через плоскую кювету, заполненную

0,3 % раствором CuSO_4 , направлялся на двояковыпуклую линзу. Листовая камера располагалась от линзы на таком расстоянии, чтобы сфокусированный пучок света был равен по диаметру длине окна камеры. Для указанных целей можно использовать также проекционный фонарь типа ЛЭТИ с лампой мощностью 400 Вт.

Калибровка шкал всех газоанализаторов и установка нуля производились при помощи калибровочных заводских смесей. При периодической проверке нуля приборов и шкал погрешность показаний газоанализатора определяется только точностью приготовления газовых калибровочных смесей и составляет для шкалы 0,01 об. % CO_2 —2,5 % и для шкалы 0,005 об. % CO_2 —4 %.

Предлагаемая установка позволяет быстро и сравнительно точно измерять зависимость фотосинтеза от концентрации CO_2 в токе воздуха, а также одновременно регистрировать транспирацию и проводить широкий круг исследований на неотделенных листьях как в стационарных, так и полевых условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гуляев Б. И. Многоканальные установки для измерения газообмена CO_2 у растений. — Тез. докл. Всесоюз. совещ. по унификации методов и приборов для массовых измерений фотосинтеза. Л. — Пушкин: 1970, с. 29—33. — 2. Карпушкин Л. Т. Применение инфракрасного газоанализатора для изучения CO_2 -газообмена растений. — В кн.: Биофиз. методы в физиологии растений. М.: Наука, 1971, с. 44—71. — 3. Лайск А. Х. Кинетика фотосинтеза и фотодыхания C_3 растений. — М.: Наука, 1977, с. 196. — 4. Обыденный П. Т. Усовершенствование передвижной установки для автоматической регистрации фото-

синтеза и дыхания растений. — Тез. докл. Всесоюз. совещ. по унификации методов и приборов для массовых измерений фотосинтеза. Л. — Пушкин: 1970, с. 89—94. — 5. Оя В. М., Расулов Б. Х. Двухканальная газометрическая аппаратура для исследований фотосинтеза листа в полевых условиях. — Физиол. раст., 1981, т. 28, вып. 4, с. 887. — 6. Оя В. М. Быстродействующая газометрическая установка для исследования кинетики фотосинтеза листьев. — Физиол. раст., 1983, т. 30, вып. 5, с. 1045.

Статья поступила 29 мая 1984 г.

SUMMARY

The device suggested permits to control the CO_2 content in the carrying gas during the entire course of the experiment. Under any given concentration of CO_2 only one gas analyzer works, which offers the possibility to measure quickly and accurately the dependence of photosynthesis intensity on CO_2 concentration.

The device is designed for experimentation both under factor-static conditions and in the field.