

М. Г. Гезалян

О напряженности водного режима неизолированных листьев и новом методе его исследования

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР В. О. Казаряном 24/IV 1965)

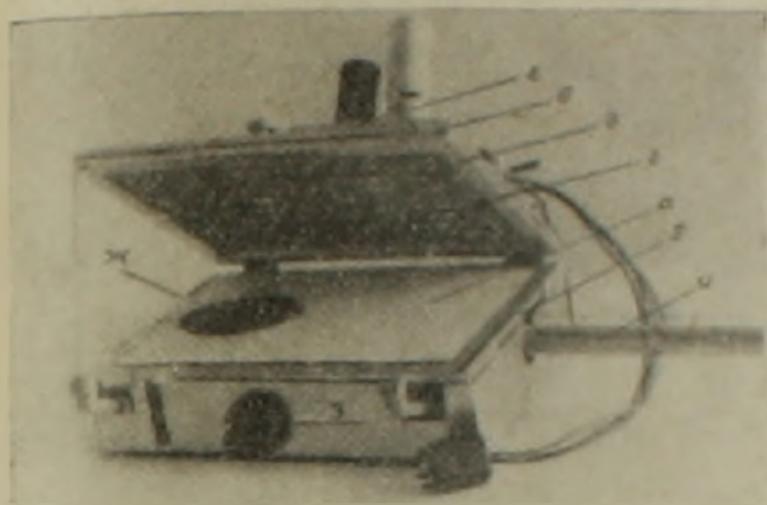
Работами ряда авторов (1-5) установлено наличие водного дефицита в нормально функционирующих листьях. Оценка этого показателя водного режима растений обычно проводится взвешиванием срезанных листьев или вырезанных из них кружков до и после экспозиции их во влажной среде или в воде (2, 6-8). Однако этот метод не позволяет проводить наблюдения за скоростью насыщения листьев водой. Кроме того, определения проводятся у изолированных листьев, а поэтому невозможно изучить влияние различных факторов на водный режим одних и тех же листьев в различные периоды онтогенеза или разные часы суток. Удаление листьев или высечка кружков нарушает целостность организма и сопряженность физиологических процессов, в то время как имеется тесная коррелятивная связь между корневой системой и листьями (9-11) с одной стороны, и между листьями различных ярусов, с другой. Поэтому крайне важна разработка методов, позволяющих изучить водный режим неизолированных листьев. В настоящей работе описывается новый способ быстрого определения скорости и уровня насыщения водой неизолированных листьев*.

Метод основан на определении диэлектрической проницаемости исследуемого материала. Известно, что диэлектрическая проницаемость «свободной воды» доходит до 81, в то время как у «связанной» она равна 2.2 (12, 13). Вместе с тем свободная вода в листьях составляет подавляющую часть общей воды и в связи с этим величина диэлектрической проницаемости листьев определяется в основном свободной водой.

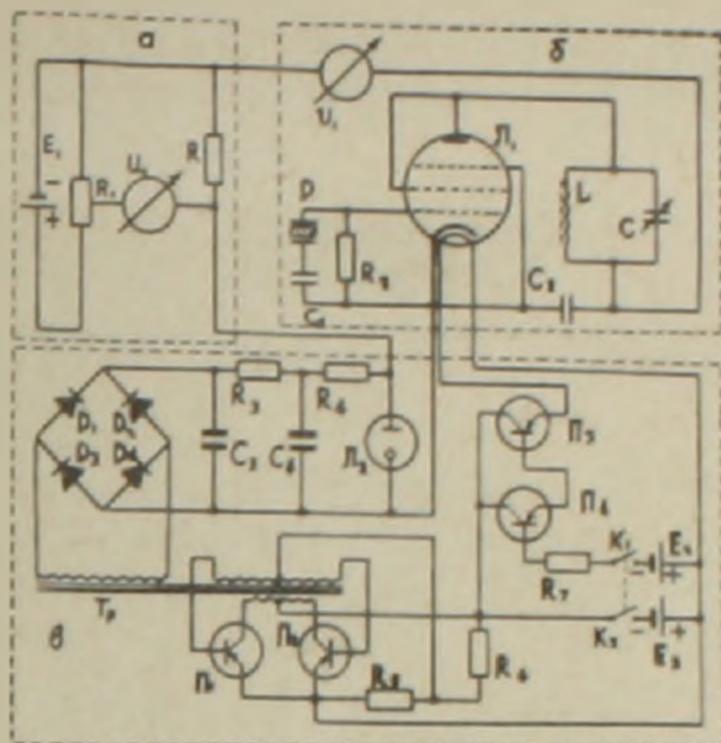
Прибор состоит из трех основных узлов: датчик, измерительный блок и источник питания. Датчик (фиг. 1) является конденсатором специальной конструкции с раздвигающимися обкладками, входящими в контур анодной цепи. Одной из обкладок (а) конденсатора является «кассета», изготовленная из фольгированного гетинакса. Кассета устанавливается на основу (б), изготовленную из текстолита. Поверхность

* Прибор изготовлен в Лаборатории физиологии растений Ботанического ин-та АН АрмССР по предложению и под руководством проф. В. О. Казаряна.

фольги изолирована тонким слоем винифлексового лака. Имеется набор кассет с различной площадью фольгированной поверхности. В каждом отдельном случае выбирается кассета, фольгированная поверхность которой соразмерна с площадью листа и не превышает последнюю.



Фиг. 1. Датчик-конденсатор с генераторным блоком. *a* — обкладка-кассета; *б* — текстолитовая основа; *в* — вторая подвижная обкладка; *г* — латексовая «воздушная подушка»; *д* — дюралюминиевая шайба; *е* — блок генератора; *ж* — активная поверхность неподвижной обкладки; *з* — катушка индуктивности анодного контура; *и* — приспособления для крепления.



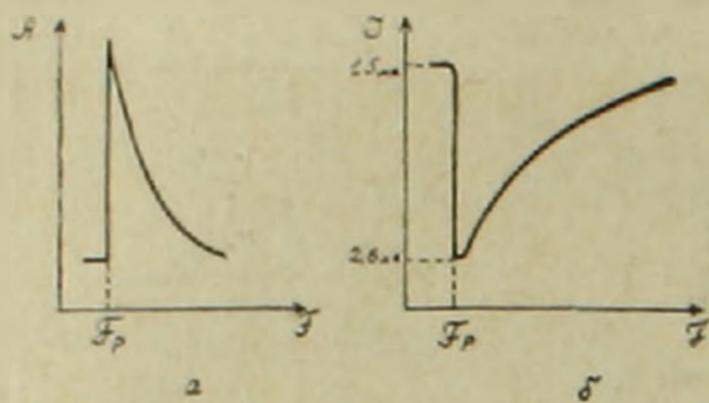
Фиг. 2. Принципиальная электрическая схема прибора. *a* — измерительный блок; *б* — генераторный блок; *в* — блок питания; E_1 — 1,6 в; E_2 — 6 в; E_3 — 7,2 в; $И_1$ — измерительный прибор (М-95, М-198 З, ПСР1-01); P — кварцевый резонатор; L_1 — 6Ж5П; L_2 — СГЗС; L — катушка индуктивности (7—25 мкГн); C — датчик; D_1 — D_4 — Д7Ж; $П_1$ — $П_3$ — П4Д; $П_4$ — П16Б; R — 100 о.м.; R_1 — 100 о.м.; C_1 — 9 пф; C_2 — 2200 пф.

Вторая обкладка (*в*) изготовлена из дюралюминиевого листа. На внутренней стороне последнего с помощью дюралюминиевой шайбы прикреплена тонкая латексовая пленка (*г*), дающая возможность образовывать «воздушную подушку» для герметического закрывания поверхности подопытного листа с целью предотвращения транспирации. Чувствительность прибора зависит от расстояния между двумя обкладками конденсатора. Последняя увеличивается при сближении обкладок.

На наружной стороне верхней обкладки датчика прикреплен блок генератора (фиг. 1, *е*). Высокочастотный генератор (фиг. 2, *б*) собран на лампе 6Ж5П по триодной схеме. В цепи сетки включен кварцевый резонатор, резонансная частота собственных колебаний которого равна 5 мГц. Используется первая гармоника основной частоты. Благодаря очень высокой добротности (10000—100000) частотная характеристика имеет острый максимум при резонансной частоте (фиг. 3, *а*). Около резонансной точки высокочастотная ветвь падает постепенно. Последняя около максимума прямолинейна и в приборе используется именно эта часть в качестве рабочего участка. Незначительные изменения частоты собственных колебаний резонансного контура вызывают большие изменения анодного тока. Зависимость последнего от частоты имеет анало-

гичный характер лишь с той разницей, что при резонансной частоте устанавливается минимальный ток по цепи (фиг. 3, б).

Контур анодной цепи состоит из описанного конденсатора и специально изготовленной катушки индуктивности (7—25 мкГн) с ферритовым перемещающимся сердечником.



Фиг. 3. Характеристические резонансные кривые. а — характеристика резонатора (A — амплитуда собственных колебаний; F — частота; F_p — резонансная частота); б — характеристика анодного тока (I — анодный ток; F — частота; F_p — резонансная частота; 2,6 мА и 15 мА — пределы изменения анодного тока).

Катушка индуктивности устанавливается на задней части датчика и экранируется ферритовыми кольцами. Датчик целиком экранирован алюминиевым кожухом и имеет приспособление для укрепления на дереве или штативе. Размеры датчика-конденсатора, несущего на себе высокочастотный генератор, не имеют принципиального значения. В приборе имеется также индикатор резонанса, представляющий собой миллиамперметр со шкалой 5 мА.

Генератор соединяется с источником питания и измерительной системой.

Последняя регистрирует изменения анодного тока, вызванного колебанием емкости конденсатора (датчика). При протекании тока через сопротивления в цепи анода имеет место определенное падение напряжения. Амплитуда изменения этого напряжения прямо пропорциональна сопротивлению, согласно уравнению $\Delta U = R \Delta I$, где ΔU — приращение напряжения, R — активное сопротивление и ΔI — прирост анодного тока. Из уравнения следует, что с увеличением омического сопротивления (R) соответственно нарастает чувствительность прибора. Напряжение измеряется компенсационным методом (фиг. 2, а). Компенсирующее напряжение берется от сухого элемента типа 1,6 ФМЦ-У-3,2 через переменное сопротивление.

Общее питание осуществляется от аккумуляторной батареи напряжением не менее 6,5 в. Высокое напряжение для питания анода генераторной лампы (105 в) обеспечивается с помощью преобразователя (фиг. 2, в) на транзисторах типа П4Д. Для накала лампы собран стабилизатор на транзисторах типа П16Б и П4Д. Опорное напряжение на базу первого каскада стабилизатора подается от 4 последовательно соединенных сухих элементов типа ФБС-0,25. В качестве регистрирующего устройства используется милливольтметр или потенциограф со шкалой не более 10 мВ.

Измерения с помощью нашего прибора производятся следующим образом: спустя 30 минут после включения аппарата, исследуемый лист помещается между двумя раздвигающимися обкладками конденсатора и герметически закрывается «воздушной подушкой» из латексовой пленки. При этом уменьшается резонансная частота собственных колебаний контура. Поэтому предварительно с помощью ферритового сер-

дечника катушки индуктивности контур расстраивается в сторону высоких частот и после введения листа приводится к минимальной точке, перемещением сердечника верхней точки рабочего диапазона (фиг. 3, а). Затем с помощью переменного сопротивления прибор приводится в нулевое положение, после чего производится запись результатов.

В табл. 1 приведены результаты контрольных опытов. Измерению подвергались специально изготовленные чашки с фильтровальной бумагой, увлажненной различными количествами воды.

Таблица 1
Измерение содержания воды весовым методом и по диэлектрической проницаемости

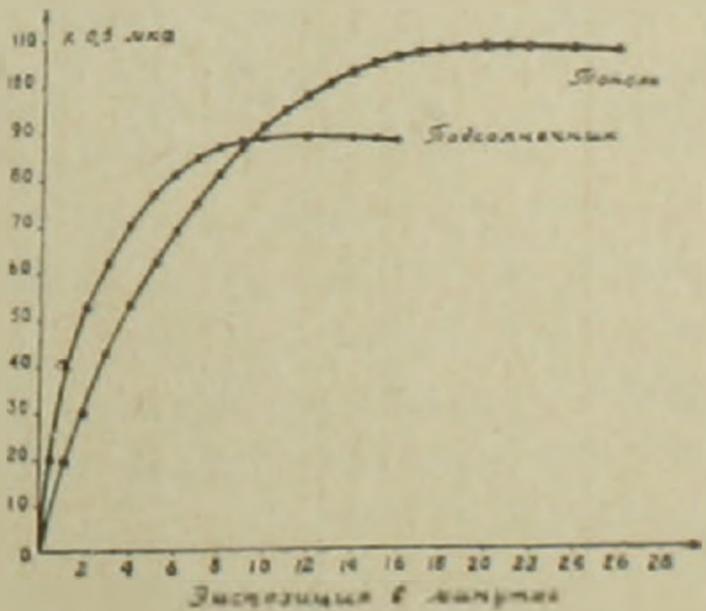
№№ пп	Вес чашек с бумагой в граммах	Вес чашек с бумагой и водой г	Количество добавляемой воды в % к общему весу	Показания прибора на 5 мка
1	26,37	26,42	0,19	14
2	26,37	26,47	0,37	30
3	26,37	27,52	0,54	45
4	26,37	28,55	0,66	61
5	26,37	28,61	0,84	78

Приведенные цифры показывают, что параллельно с увеличением количества воды нарастает и диэлектрическая проницаемость. Кроме того выявляется высокая чувствительность аппарата к малейшему изменению содержания воды. Предельная чувствительность равна 0,25 мг воды на 1 деление регистрирующего прибора, типа М-95 на шкале 1 мка.

Аналогичные данные получены в другой серии опытов, проведенных с рудбекней. Листья непосредственно после срезания взвешивались и определялась диэлектрическая проницаемость через 1, 2, 3 и 5 мин. Полученные результаты (табл. 2) показывают, что с уменьшением в

Таблица 2
Изменение содержания воды в срезанных листьях рудбекии

Метод	Время измерений				
	непосредственно	через 1 минуту	через 2 минуты	через 3 минуты	через 5 минут
Вес листа в мг . . .	263	261	260	258	255
Показания прибора в условных единицах на шкале 1 мка . . .	100	93	89	81	70



Фиг. 4. Динамика изменения содержания воды в листьях подсолнечника и тополя.

листьях количества воды соответственно падает и диэлектрическая проницаемость листа.

Изучалась также динамика насыщения неизолированных листьев. На фиг. 4 приведены кривые насыщения листьев подсолнечника и то-

голя. Они показывают, что через определенное время насыщения листьев водой кривые принимают горизонтальное положение в результате прекращения поступления воды в листья.

Описанный прибор позволяет изучить водный режим листьев в аспекте сезонной и суточной динамики в зависимости от различных факторов: возраста, ярусности, внешних условий и т. д. Простота конструкции и транспортабельность делают возможным проведение наблюдений также в полевых условиях.

Ботанический институт
Академии наук Армянской ССР

Մ. Գ. ԳՅՈՂԱԼՅԱՆ

**Րույսերից չանջատված սերկնների ջրային սեփմի լարվածության
և նրա ուսումնասիրության նոր մեթոդի մասին**

Առաջարկվում է նոր մեթոդ, որի օգնությամբ որոշվում է թույսերի նույն տերևներում ազատ ջրի քանակական փոփոխությունը օրվա տարրեր ժամերին և տարվա տարրեր եղանակներին:

Մեթոդը հիմնված է ազատ ջրի համեմատարար մեծ դիֆուզիոն թափանցելիություն ունեցող փրա:

Л И Т Е Р А Т У Р А — Գ Ր Ա Կ Ա Ն Ի Ի Թ Յ Ո Ւ Ն

- ¹ А. М. Алексеев, Водный режим растений и влияние на него засухи, Казань, Татгосиздат, 1948. ² Л. С. Литвинов, О почвенной засухе и устойчивости к ней растений, Львов, Изд. Львовск. ун-та, 1951. ³ А. Крафтс, Х. Карриер, К. Стокинс, Вода и ее значение в жизни растений, Изд-во ИЛ, М., 1951. ⁴ Н. А. Максимов, Бот. ж., т. 37, № 1, 5—18, 1952. ⁵ Н. С. Петинев, Физиология орошаемой пшеницы, Изд-во АН СССР, М., 1959. ⁶ О. Штокер, Planta, 7, 382—387, 1929. ⁷ П. Е. Вэдерлей, New Phytologist, 49, № 1, 1950. ⁸ Н. Чатский, Biol. Plant., 2, № 1, 72—78, (1960). ⁹ В. О. Казарян, Физиологические основы онтогенеза растений, Ереван, Изд. АН АрмССР, 1959. ¹⁰ В. О. Казарян, ДАН АрмССР, т. XI, № 4 (1965). ¹¹ Н. Чатский, Biol. Plant., 4, № 4, 306—314 (1962). ¹² Н. А. Гусев, Некоторые закономерности водного режима растений, М., Изд. АН СССР, 1959. ¹³ В. П. Батюк и Е. Ф. Рыбалка, „Биофизика“, 4, № 1, 120—122.