

УДК 582.632:581.132:581.52

## МЕТОД И ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЛИСТЬЕВ (ХВОИ) ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ФОТОСИНТЕЗА

Александр Тарасович Гиль

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр  
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита  
234171@gmail.com

При проведении научных исследований при помощи «Монитора фотосинтеза РТМ-48А» изучают различные процессы жизнедеятельности растений: фотосинтез, транспирацию, устьичную проводимость, дыхание и др. Для расчета этих параметров необходимо знать площадь листа (хвои). В мониторе фотосинтеза такая функция не заложена. Нами была разработана методология и техническое устройство, позволяющее произвести такие расчеты непосредственно в конфигурации опыта. Приведен пример расчета площади для можжевельника высокого (*Juniperus excelsa* M. Bieb.). Это позволило нам изучить особенности водного режима, засухоустойчивости, теневыносливости, продуктивности различных видов растений и их взаимосвязь с факторами внешней среды.

**Ключевые слова:** растение; фотосинтез; площадь теневой проекции

### Введение

Целью многих эколого-физиологических исследований является анализ фотосинтетической деятельности растений в естественных условиях и ее зависимость от факторов среды [5]. Для измерения фотосинтеза, транспирации, устьичной проводимости, дыхания и других процессов жизнедеятельности растений необходимо знание площади листа (хвои). В применяемом в наших исследованиях мониторе фотосинтеза РТМ-48А такая функция не заложена. Существуют различные по степени сложности методы и устройства для измерения этого параметра:

- Упрощенный метод определения поверхности хвои сосны и ели [4], который основан на измерении веса хвои (сухой или сырой), а фотосинтез измеряется в мг  $\text{CO}_2$  на 1 г хвои в 1 час.

- Лабораторный измеритель площади листа LI-3100С [2].

- Методика определения величины асимметрии площадей половинок листьев с использованием компьютерных технологий [3].

Упомянутые методы являются повреждающими, предполагают отделение листа (хвои) от растения.

Нами поставлена задача разработать метод и устройство, позволяющие проводить измерение площади листа (хвои) для различных видов растений, не повреждая их.

### Объекты, методы, оборудование

Монитор фотосинтеза РТМ-48А предназначен для регистрации нескольких параметров (фотосинтез, транспирацию, устьичную проводимость, дыхание и других процессов) жизнедеятельности растения [1]. Работает прибор по открытой газометрической схеме, в которой интенсивность газообмена при измерении интенсивности фотосинтеза (А) определяют по изменению концентрации  $\text{CO}_2$  на выходе листовой камеры ( $C_{\text{out}}$ ) относительно концентрации в окружающем входящем воздухе ( $C_{\text{in}}$ ).

$\text{CO}_2$ -обмен рассчитывается по формуле:

$$A = k \times (C_{\text{in}} - C_{\text{out}}) \times F,$$

где:

F – расход воздуха через листовую камеру,  
k – размерный коэффициент, учитывающий поправки на температуру и давление воздуха, автоматически рассчитываемый системой.

Листовая камера РТМ-48А (рис.1) рассчитана на работу с плоскими листьями, помещаемыми в зажим. Перед измерением створки камеры закрываются и охватывают часть поверхности листовой пластинки (площадью 20 см<sup>2</sup>). Листовая камера монитора содержит круглое окно диаметром 5 см. В нее помещается лист (хвоя) для последующих измерений.

Если лист не перекрывает всю площадь листовой камеры, то подсчитывают процент заполнения площади камеры. Данные вносятся в «начальные установки» программы РТМ-48А и используются при расчётах автоматически. Результаты измерений интенсивности фотосинтеза имеют размерность - А, мкмоль(СО<sub>2</sub>)/м<sup>2</sup>\*с.

Объектами наших исследований являлись можжевельник высокий (*Juniperus excelsa* M. Vieb.) и сосна крымская или сосна Палласа (*Pinus nigra* J.F. Arnold subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe).



Рис. 1 Измерительные камеры монитора фотосинтеза РТМ-48А

Ниже приведен пример расчета площади хвои, ограниченной листовой камерой монитора фотосинтеза, для можжевельника высокого.

Для хвойных растений, необходимо измерить площадь теневой проекции хвои, размещённой в листовой камере. Для расчета этого значения применяется программа Adobe Photoshop. Полученное значение заполнения, выраженное в процентах, заносят в строку программы «параметры заполнения площади листа». Такой подход целесообразен, поскольку хвоинки не образуют однородной измерительной поверхности, как листья (есть пустоты и перекрытия). Таким образом, рассчитывают не общую площадь поверхности, а площадь теневой проекции, чтобы затем определить процент заполнения площади камеры.

Приспособление, показанное на рис. 2, позволяет зафиксировать фотокамеру на строго определённом расстоянии от плоскости камеры и получить точную привязку к положению створок камеры в закрытом состоянии. Благодаря этому параметры полученного кадра имеют размеры, легко переводимые в реальные, и пригодны для расчёта площади.

В качестве фоторегистратора подойдёт практически любая цифровая камера с возможностью фокусировки изображения на коротком расстоянии. Фотокамеры

мобильных телефонов позволяют получить чёткое изображение с расстояния до объекта от 8-10 см.



Рис. 2 Приспособление для измерения площади теневой проекции

Нами применяется фотокамера Olympus.

При размере кадра 2816x2112 и разрешающей способности 256 точек/см, размеры изображения составляют 11x8,25 см. Таким образом, размер одной точки изображения составляет 39 мкм. Отсюда точность измерения площади составляет 0,0015 мм<sup>2</sup>.

### Результаты и обсуждение

Съёмка производится с помощью приспособления (рис. 2). Под камеру подкладывается лист белой бумаги, чтобы в дальнейшем иметь чёткое разграничение хвоя-пустота.

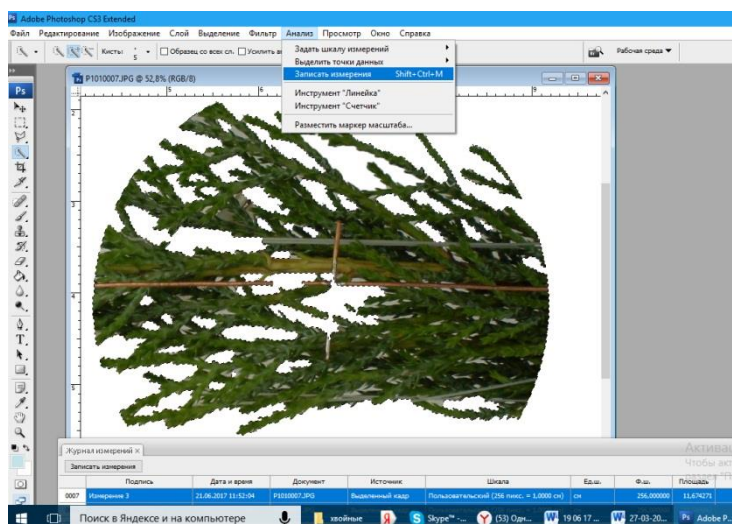


Рис. 3 Измерение площади теневой проекции можжевельника высокого в листовой камере

Параметры кадра нормируют функцией меню «размер изображения», приводя к истинному значению размеров кадра. В нашем случае разрешение 650 dpi или 256

точек на сантиметр. Установив в меню «размеры изображения» значение ширины кадра 11 см, все остальные параметры изображения программа рассчитывает автоматически.

Для измерения используют круглое окно диаметром 5 см (размер листовой камеры монитора фотосинтеза РТМ-48А). В меню «инструмент» выделяют «овальная область» и устанавливают значение диаметра равное 5 см. Ориентируясь на метки приспособления и камеры, окружность области выделения перемещают в положение, совпадающее с окружностью створок камеры. В меню «выделение» выбирают «инверсия», нажимают клавишу del. В кадре останется только та часть изображения, которая соответствует содержанию камеры.

Самая кропотливая часть работы состоит в выделении области, занятой хвоей. Инструментом «быстрое выделение» выделяем все пустоты не занятые хвоей. Более точный результат можно получить с помощью инструмента выделения «прямолинейное лассо», но при этом будет затрачено больше времени. Содержимое всех выделенных пустот можно удалить, нажав кнопку del, они станут прозрачными. Чтобы перейти к измерению, необходимо инвертировать выделение, тогда выделенным станет участок, заполненный хвоей. Для этого в меню «выделение» надо установить «инверсия».

Теперь можно произвести измерение площади проекции хвои.

В меню «анализ» надо задать пользовательскую шкалу измерений, установив 256 пикс, в последней строке ставим «см».

Площадь выделенной области программа подсчитывает автоматически и составляет таблицу, которую можно экспортировать в электронные таблицы или другие программы.

Теперь можно записать измерения из таблицы, которая появится внизу. На рис. 3 видно, что значение площади составляет 11,67 кв.см.

Последний этап – вычисление процента заполнения. Площадь теневой проекции хвои в камере составила 11,67 см<sup>2</sup>, общая площадь камеры 20 см<sup>2</sup>, следовательно их отношение составляет 0,58, то есть камера заполнена хвоей на 58%. Это значение и вводится в программу монитора фотосинтеза.

При длительных экспериментах, в особенности в фазе активного роста, описанный метод позволяет фиксировать динамику изменения площади теневой проекции в ходе эксперимента. Соответствующие корректировки процента заполнения площади камеры вносятся в «начальные установки» программы монитора фотосинтеза РТМ-48А, например, один раз в неделю, что позволяет на каждом этапе эксперимента иметь более точные данные измерений фотосинтеза, устьичной проводимости, транспирации и др.

### Выводы

Разработанная методика и техническое устройство позволили расширить возможности применения монитора фотосинтеза РТМ-48А для исследования процессов жизнедеятельности различных видов растений (лиственных, хвойных).

Приспособление совместно с цифровой фотокамерой и программой Photoshop позволило с большой точностью измерять площадь теневой проекции заполнения измерительной камеры хвоей.

Потенциальная точность измерения площади составляет 0,0015 мм<sup>2</sup>. Реальная точность измерения ограничивается способностью точно выделять область заполнения хвоей из-за ошибок в определении границ хвоя-пустота.

Полученные результаты при заданной точности измерений вполне удовлетворяют проведению научных исследований на различных видах растений.

### Список литературы

1. Ильницкий О.А., Плугатарь Ю.В., Корсакова С.П., Ковалев М.С., Паиштецкий А.В. Зависимость засухоустойчивости *Nerium oleander* L. от факторов внешней среды в условиях Южного берега Крыма // Сборник научн. Трудов ГНБС. – 2016. – Т. 142. – С. 139-149.
2. Лабораторный измеритель площади листа LI-3100С. <https://labinstruments.ru/equipment/oborudovanie-dlia-podscheta-listovogo-indeksa-li-3100c>
3. Марченко С.И. Техника выполнения измерительных работ с использованием компьютера: учеб. пособие / С. И. Марченко. – Брянск: БГИТА, 2008. – 20 с.
4. Цельникер Ю.Л. Упрощенный метод определения поверхности хвои сосны и ели // Лесоведение. – 1982. – С. 85-88.
5. Цельникер Ю.Л., Корзухин М.Д., Суворова Г.Г., Янькова Л.С., Копытова Л.Д., Филиппова А.К. Анализ влияния факторов среды на фотосинтез хвойных Предбайкалья // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Гидрометеиздат. Санкт-Петербург. – 2007. – Том XXI. – С. 265-293.

Статья поступила в редакцию 11.10.2017 г.

**Gil A.T. Method and technical realization of a device for measuring the area of leaves (needles) in the measurement of photosynthesis** // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2017. – № 125. – P. 114–118.

During a research performance the various life processes of plants are observed: photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, respiration, etc. by means of "photosynthesis Monitor PTM-48A". To calculate these parameters, you must know the area of the leaf (needles). In photosynthesis monitor this function is not incorporated. We developed a methodology and a technical device, allowed to perform these calculations directly in the configuration of experience. The calculation of the area for a tall juniper (*Juniperus excelsa* M. Bieb.) is introduced as an example. This has allowed us to study the characteristics of water regime and drought resistance, hardness, productivity of various types of plants and their relationship with environmental factors.

**Key words:** plants; photosynthesis; the area of the shadow projection

### ЮЖНОЕ ПЛОДОВОДСТВО

УДК 634.21:551.58(477.75)

### ВЛИЯНИЕ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ ПЕРСИКА СЕЛЕКЦИИ НИКИТСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА

**Анатолий Владимирович Смыков, Юлия Александровна Иващенко,  
Ольга Степановна Федорова, Лариса Николаевна Звонарева**

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр  
298648, Республика Крым, г. Ялта, пгт. Никита  
[fruit\\_culture@mail.ru](mailto:fruit_culture@mail.ru)

Представлены результаты многолетних исследований продуктивности сортов персика в условиях Южного берега Крыма. Изучены связи между урожайностью растений персика и параметрами внешних факторов окружающей среды: среднемесячной, максимальной и минимальной температурами воздуха, количеством выпавших осадков, относительной влажностью воздуха в период цветения, степенью поражения мучнистой росой, курчавостью листьев, клястероспориозом, температурой летних месяцев в