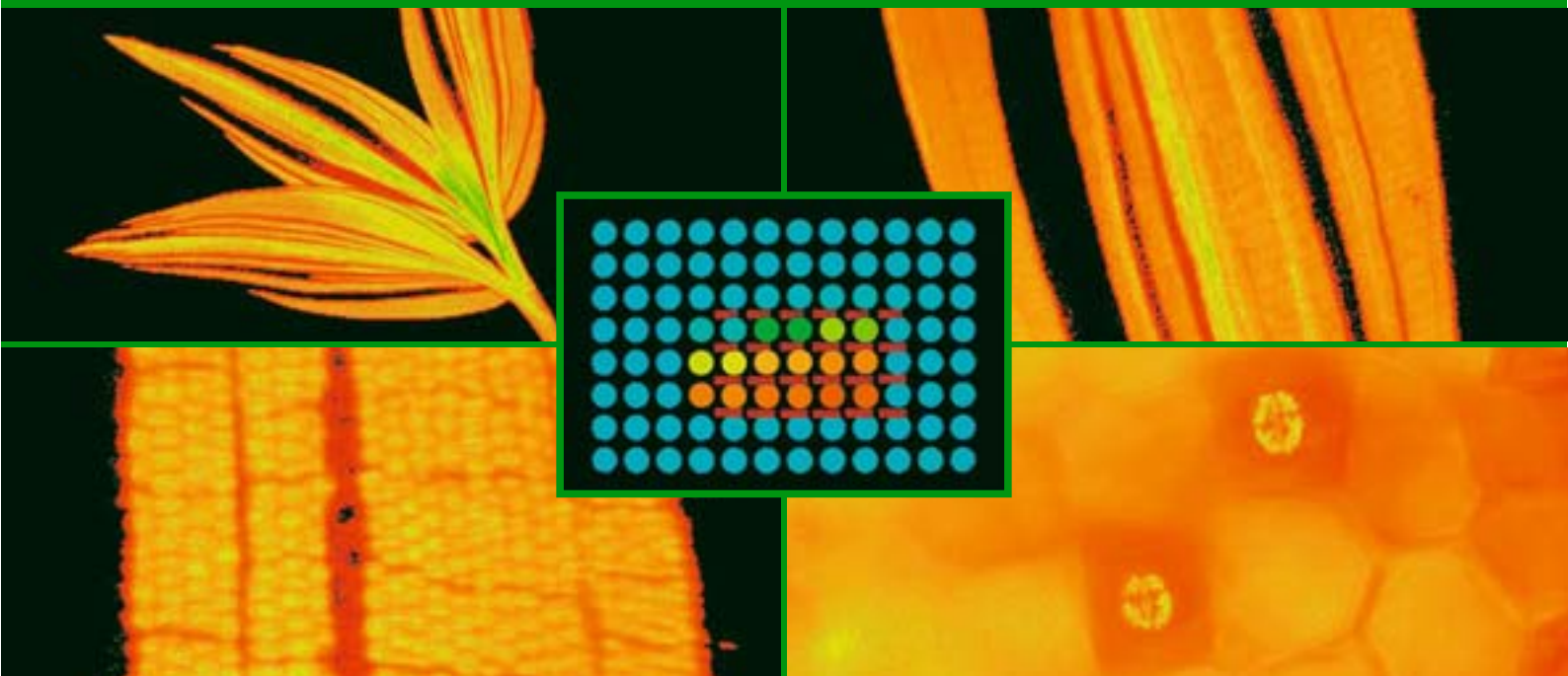


IMAGING-PAM M-Series

M 系列调制叶绿素荧光成像系统

Chlorophyll Fluorescence System



致力于更广泛的叶绿素荧光成像应用

WALZ
Mess- und Regeltechnik

IMAGING-PAM M系列调制叶绿素荧光成像系统

Chlorophyll Fluorescence System

调制荧光特点

简便、快速、灵敏、可靠、对样品无干扰、可在有环境光的条件下测量

Features

- * 从单细胞到全叶片，从分子生物学到生态学，只需一个主机连接不同的探头即可（4种版本测量面积不同）
- * 全叶片光合作用分析（荧光成像）、可测荧光诱导曲线并进行淬灭分析（ F_0 、 F_m 、 F_v/F_m 、 F 、 F_m' 、 DF/F_m 、 $rETR$ 、 qP 、 qL 、 qN 、 NPQ 、 $Y(NO)$ 、 $Y(NPQ)$ ）
- * 叶片光合作用的横向异质性检测，完全相同的条件下同时测量多个样品（植物、地衣、苔藓、微藻等），可利用多孔板做多个微藻样品的同时成像
- * 不同的测量面积，不同的分辨率
- * 胁迫损伤的早期检测
- * 不连接显微镜即可测量全叶片绿色荧光蛋白（GFP）荧光
- * 120秒内完成快速光响应曲线（比光合放氧和气体交换等技术快得多）
- * 可测量叶片吸光系数（ABS）

MAXI -Version
for imaging areas up
to 10x13 cm



Multi Control
Unit IMAG-CM



调制叶绿素荧光成像系统的历史

传统的调制荧光仪利用光纤作为信号导体，只能检测叶片某一点的光合作用活性。叶片不同部位的组织结构和叶绿素含量是不同的，这就导致叶片不同部位的光合作用具有横向异质性。这种横向异质性的用传统的调制荧光仪（如WALZ的PAM-2000、MINI-PAM等，Hansatech的FMS1和FMS2等，Opti-Science的OS5等）是无法检测的。

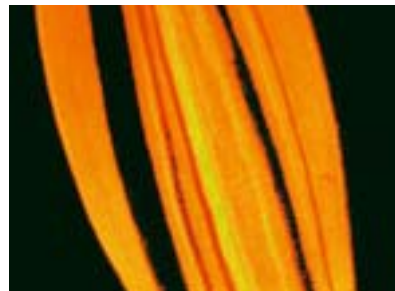
2001年，WALZ设计生产了全球第一台真正达到多功能、多参数的调制式叶绿素荧光成像系统IMAGING-PAM。IMAGING-PAM利用数码相机CCD作为检测器，利用新出产的强蓝光二极管（LED）做为光源，可以检测叶片上每个象素的光合活性，从而得到全叶片的光合作用荧光成像。该仪器一上市，就得到全世界光合作用研究领域科学家的追捧，短短3年之内，就在科研领域得到广泛应用，并出版了一系列高水平科研论文（见下）。

M系列IMAGING-PAM

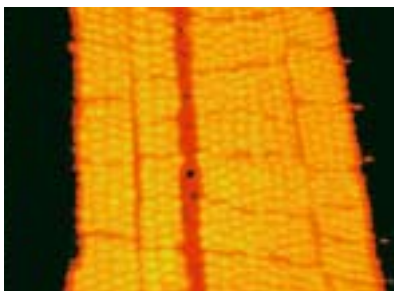
2005年7月德国WALZ公司在IMAGING-PAM的基础上，升级到了M系列IMAGING-PAM。这样，采用一个主机IMAG-CM，连接不同的探头（MICROSCOPY-，MICRO-，MINI-和MAXI-探头），就可分别在 $130 \times 150 \mu\text{m}$ 、 $3.5 \times 4.5 \text{ mm}$ 、 $24 \times 32 \text{ mm}$ 或 $10 \times 13 \text{ cm}$ 的面积上测量不同样品的荧光成像。现在，从单细胞到全叶片，从分子生物学到生态学，只需一个主机连接不同的探头即可。

针对不同的应用范围，还可以提供不同形状或不同波长的子探头。4种探头采用蓝光作为激发光，可以做植物和藻类的荧光成像；为测量蓝藻（蓝细菌）的荧光成像，WALZ可以提供红色激发光探头。根据您的需要，WALZ还提供带特殊LED和滤光片的测量探头，以测量除叶绿素荧光之外的其它荧光，如绿色荧光蛋白（GFP）荧光。

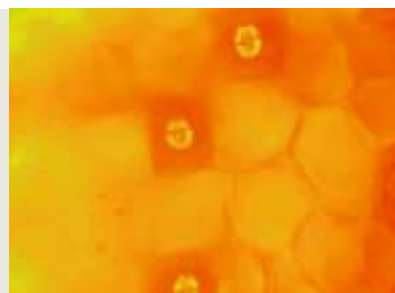
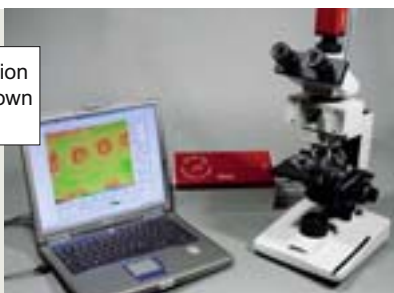
MINI-Version
for imaging
24x32 mm areas



MICRO-Version
for imaging
3.5x4.5 mm areas



MICROSCOPY-Version
for imaging areas down
to 130x150 μm



▶ 叶绿素荧光与调制荧光仪

叶绿素荧光是光合作用的有效探针。通过调制荧光仪和饱和脉冲技术在不干扰植物正常生长的前提下方便的得出光合能量转换的量子产量以及各种淬灭系数

(Schreiber U, 2004. Pulse-Amplitude-Modulation (PAM) fluorometry and saturation pulse method: an overview. In: Papageorgiou GC, Govindjee, eds. Chlorophyll Fluorescence : a Signature of Photosynthesis: Springer, 279-319.)

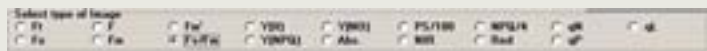
通过测量叶绿素荧光可以得出许多光合参数（如 F_0 , F_m , F_v/F_m , F , F_m' , $Y = \Delta F/F_m'$, qP , qN , qL , NPQ, $rETR$, $Y(NO)$, $Y(NPQ)$ 等），通过这些参数可以反映各种光合生物（包括高等植物、藻类、苔藓、厥类、地衣等）的内在生理状态。

▶ 叶绿素荧光成像

利用高灵敏数码相机CCD和超强发光二极管（LED）制造的IMAGING-PAM，不仅可以测量荧光成像，还可利用饱和脉冲技术测量多个荧光参数。这样不仅可以得到光合活性的成像，还可反映其横向异质性变化

所有的IMAGING-PAM均可直接得出17种参数的成像。实时荧光 F_t 被连续监测，利用饱和脉冲技术，暗适应后测量 F_0 和 F_m 可以得出光系统II的最大量子产量 F_v/F_m ，光适应测量 F 和 F_m' 可以得出光系统II的实际量子产量 $Y(II)$ ，在此基础上可以求出淬灭系数 qP , qL , qN 和NPQ，还可求出调节性和非调节性能量耗散 $Y(NPQ)$ 和 $Y(NO)$ 。这些参数都可通过成像反映全叶片光合活性的异质性。

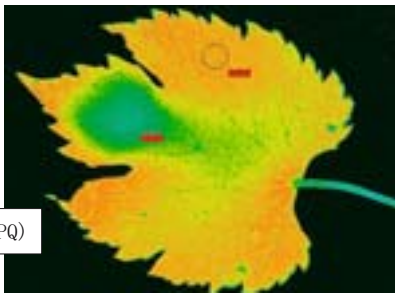
利用近红外（NIR）和红光（Red）的重发射，可以求出叶片的吸光系数（Abs）的成像。根据 $Y(II)$ 、Abs和PAR可以得出光合电子传递速率（PS）的成像。



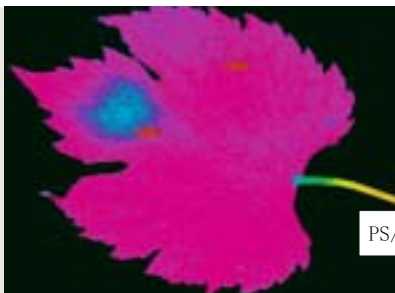
17 different parameters

MAXI -Version of the IMAGING-PAM

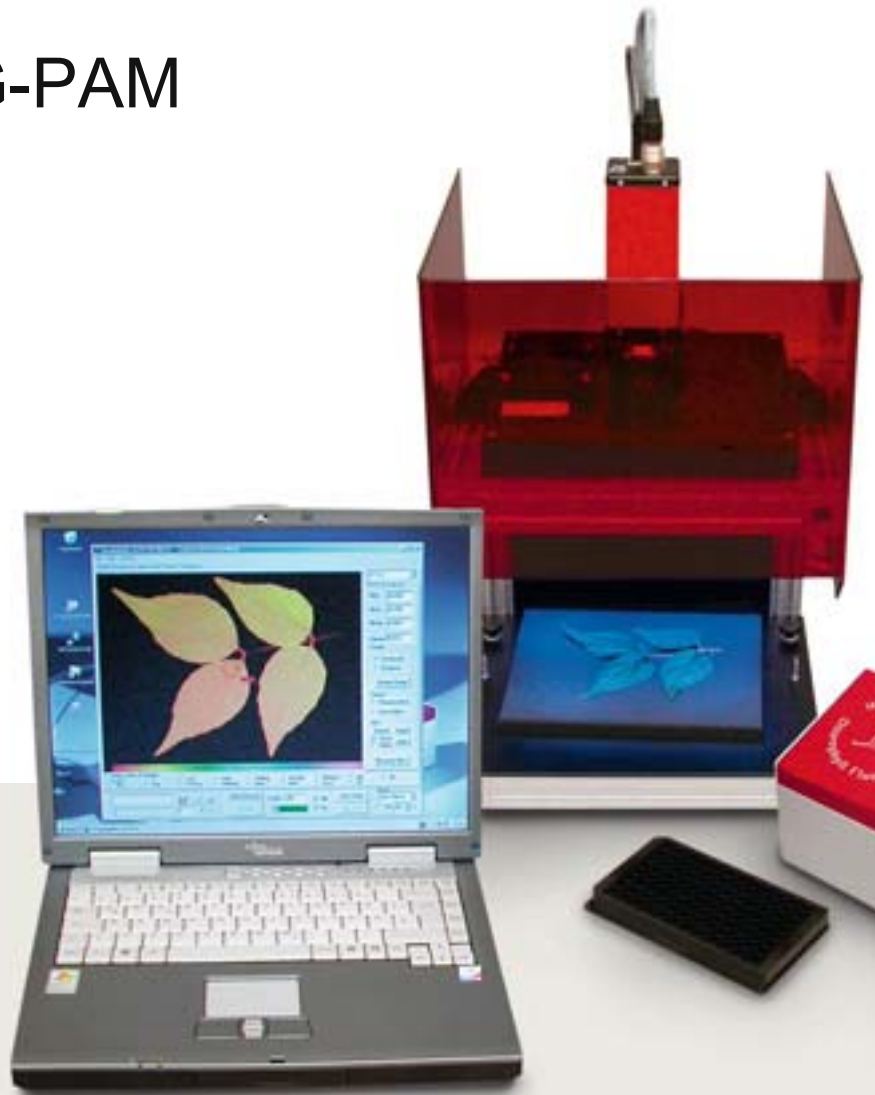
▶ 大探头，成像面积
10×13 cm



Y (NPQ)



PS/50



▶ 调制荧光成像系统的MAXI-探头利用300W的LED阵列，可以在10×13 cm的面积上提供均匀的调制测量光、光化光和饱和脉冲光。该探头的支架上配备特制护眼遮光罩，可以在保护眼睛的同时观测到红色荧光的变化。

支架底部可安装X-Y轴可调的样品台或放置多孔板，样品与光源间的距离为18.5 cm。支架底部可拆下来，以便检测盆栽植物的荧光成像。

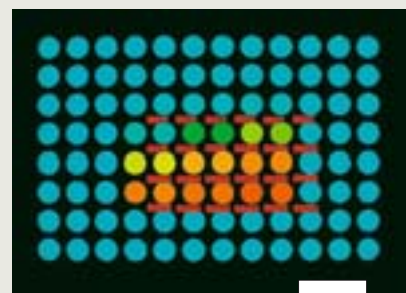
▶ WALZ提供两种数码相机CCD供选择。用户若需要高清晰度，推荐选择IMAG-MAX/K[2/3" chip, 1392×1040像素，4像素组合 (binning) 技术]。标准应用可选择IMAG-MAX/K2 (1/2", 640×480像素)，可与IMAG-MAX/K2Z物镜 (F1.0/f=8-48mm) 结合使用。



各种荧光参数的成像是将0.0 (黑色) 至1.0 (紫色) 的数值转换成颜色来显示的



F



Y (II)

MAXI -Version

多种配置的探头的应用

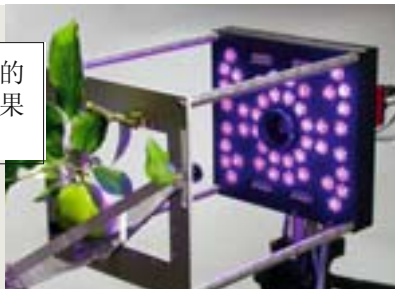
探头（LED阵列和数码 CCD）和标准叶片支架安装在独立的支架上，在**固定距离下测量**



将护眼遮光罩抬起，测量**盆栽植物**的荧光成像



利用安装在三角架上的特制探头在**野外测量**果实的荧光成像



▶ IMAGING-PAM的MAXI-探头应用范围很广，既可在实验室内工作，也可在野外工作。由于超强LED阵列发出的光很强，在工作时一定要避免直视LED光源。

在实验室内工作时，建议使用带护眼遮光罩的支架，这样不仅可以保护眼睛，还可肉眼观测叶绿素荧光的变化。



利用96孔板**测量多个微藻样品**的荧光成像

在有护眼遮光罩保护时**测量多个叶片**的荧光成像

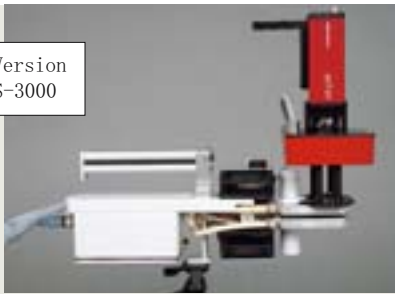


MINI-Version of the IMAGING-PAM

- ▶ 小探头，成像面积 24×32 mm，放大6倍
通过与GFS-3000光合作用系统联用可同
时测量叶绿素荧光和气体交换



MINI-Version
on GFS-3000



- ▶ 调制荧光成像系统的MINI-探头采用强大的Luxeon LED阵列，包括4组（每组3个）LED，均配有长波截止滤光片。配备8个红光（650 nm）和8个近红外（780 nm）LED，用于测量叶片吸光系数的成像。

有3种版本可选：

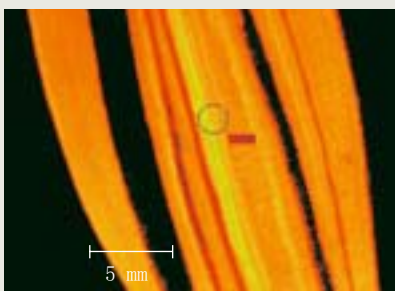
IMAG-MIN/B: 蓝光，450 nm，标准配置，测量叶片等；

IMAG-MIN/R: 红光，620 nm，测量蓝藻；

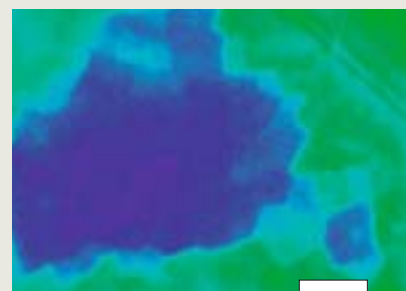
IMAG-MIN/GFP: 蓝光，480 nm，测量绿色荧光蛋白（GFP）

- ▶ 由于MINI-探头的便携式设计，使其特别适合野外应用。由于MINI-探头的成像面积仅为MAXI-探头的1/16，因而前者发出的最大光强更大，但耗电却小得多。**MINI-探头可以安装在光合仪GFS-3000的叶室3010-S上，同步测量全叶片气体交换和荧光成像。**

MINI-探头采用1/3"数码CCD（640×480像素）和F1.2/f=12mm物镜。其设计目的为测量固定距离下的荧光成像。



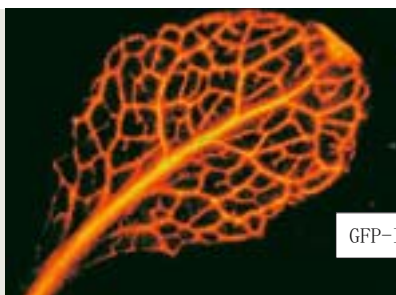
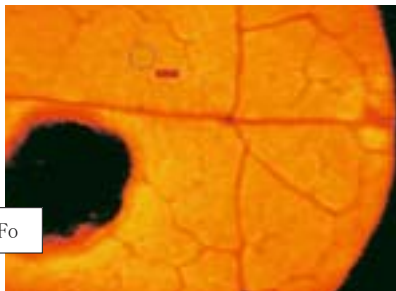
F_m



q_N

MICRO -Version of the IMAGING-PAM

- ▶ 微探头，成像面积 3.5×4.5 mm，放大45倍



- ▶ 调制荧光成像系统的MICRO-探头是一个极便携的探头，采用整合式Cosmicar-Pentax CCTV物镜（F1.4/f=16mm），直接安装在数码CCD（1/3"chip, 640×480像素）上。

MICRO探头配备一个Luxeon LED（蓝光，450nm）和一个特制双色分光镜，类似于荧光显微镜。

- ▶ 尽管成像面积只有 3.5×4.5 mm，但45倍的放大率却允许对叶片荧光成像的异质性分析达到支脉（minor veins）级。同时还可提供一个特制版本用于测量GFP的成像。

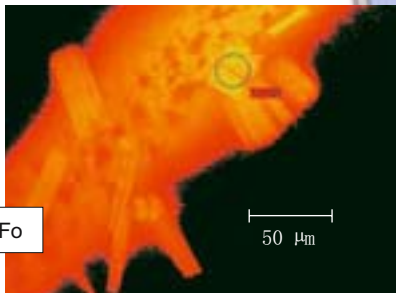
MICRO-探头还可安装在标准版IMAGING-PAM（2001年设计）主机上。该探头提供X-Y轴可调的样品台。其设计目的为测量固定距离下的荧光成像。

Compact Measuring Head with integrated Cosmicar-Pentax CCTV objective lens, directly mounted on CCD camera



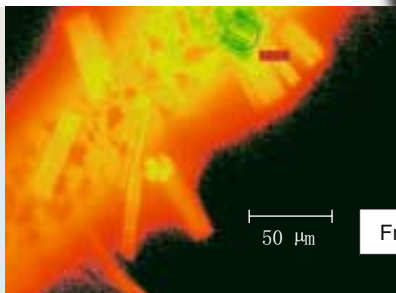
MICROSCOPY -Version of the IMAGING-PAM

- ▶ 显微探头，成像面积 $130 \times 150 \mu\text{m}$ ，放大130-1300倍



Fo

50 μm



Fm

50 μm



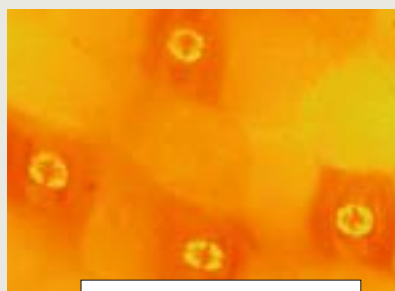
- ▶ 调制荧光成像系统的MICROSCOPY-探头必须与特制落射荧光显微镜 (Epifluorescence Microscopy) 结合使用，该显微镜可以提供激发光并检测荧光。

为此，光程 (optical pathlengths) 相对较短的显微镜，如Axiostar (Zeiss, Göttingen) 和H600AFL (Hund, Wetzlar)，是最适合的，只需增加特制附件即可。

IMAG-MAX/K (数码CCD)
[1392 \times 1040像素，4像素组合 (binning) 技术] 可以提供高灵敏度。

- ▶ 探头标准配置是一个超强Luxeon LED (450-480 nm)，用于提供测量光、光化光和饱和脉冲。

很快，一个较复杂且可独立控制的红-绿-蓝-白 LED光源即将面世。该光源通过IMAG-CM的RGB输出控制。RGB荧光激发允许对Biofilm中的不同藻类进行分类，类似于PHYTO-PAM。



Zebrina – green tissue / Fo



Zebrina – white tissue / Fo

M-Series IMAGING-PAM 光学特点

▶ MAXI -Version

IMAG-MAX/L

LED阵列发光单元

44个蓝光Luxeon LED (450 nm) 带独立的collimator optics; 16个红光 (650 nm) 和16个近红外 (780 nm) LED, 用于测量PAR吸光系数; 最大光化光强 $1200 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$; 饱和脉冲强度 $2800 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$; 可选滤光附件 (44个蓝光滤光片), 用于高灵敏度研究; 2/3" [1392 × 1040像素, 4像素组合 (binning) 技术] 或1/2" (640 × 480像素) 数码 CCD; 利用特制带护眼遮光罩的支架可达最佳工作距离18.5 cm; 成像面积 $10 \times 13 \text{ mm}$; 1.5倍放大

▶ MINI -Version

IMAG-MIN/B (or /R, or /GFP)

蓝色 (或红色, 或GFP) MINI-探头

12个Luxeon LED (450 nm或620 nm或480 nm), 带独立的长波截止滤光片和collimator optics; 16个红光 (650 nm) 和16个近红外 (780 nm), 用于测量PAR吸光系数; 最大光化光强 $2000 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$; 饱和脉冲强度 $6000 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$; 1/3" (640 × 480像素) 数码CCD; 固定工作距离; 成像面积 $24 \times 32 \text{ mm}$; 6倍放大

▶ MICRO -Version

IMAG-MIC (or /GFP)

蓝色 (或GFP) MICRO-探头

1个Luxeon LED (450 nm或480 nm), 带长波截止滤光片; 双色分光镜和collimator optics; 最大光化光强 $2000 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$; 饱和脉冲强度 $6000 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$; 整合式F1.4/f=16 mm物镜; 1/3" (640 × 480像素) 数码CCD; 固定工作距离; 成像面积 $3.5 \times 4.5 \text{ mm}$; 45倍放大

▶ MICROSCOPY -Version

IMAG-L450

蓝色MICROSCOPY LED光源

1个Luxeon LED (450-480 nm), 带蓝光滤光片

IMAG-RGB

红-绿-蓝MICROSCOPY LED光源

LED阵列, 包括2个620 nm、3个525 nm和2个470 nm的LED, 可独立控制 (红光, 绿光, 蓝光), 也可一起控制 (白光)

AXIOSTAR/M

落射显微镜 I

基于AxioStar (Zeiss), 带LED collimator optics, 双色分光镜和2/3"数码CCD[4像素组合 (binning) 技术]

MC-FMH/M

落射显微镜 II

基于H600AFL (Hund), 带LED collimator optics, 双色分光镜和2/3"数码CCD[4像素组合 (binning) 技术]
最大光化光强和饱和脉冲强度 (依赖于显微镜、物镜和LED) 分别约为 $2000 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ 和 $5000 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ 。

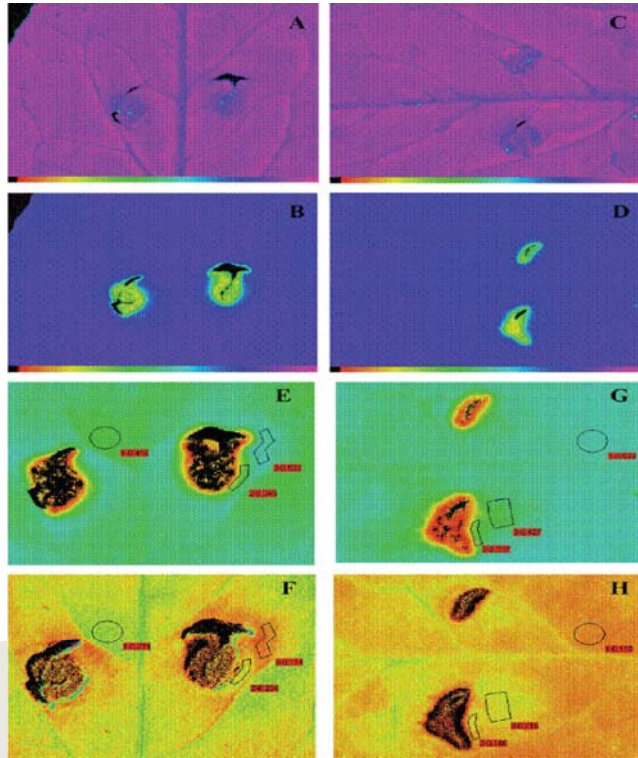
注: 国际标准光强单位 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s} = \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

IMAGING-PAM

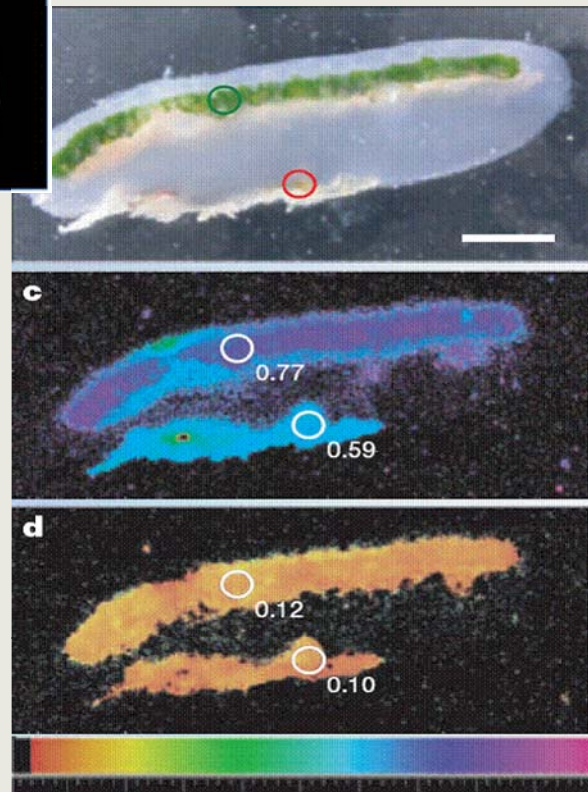
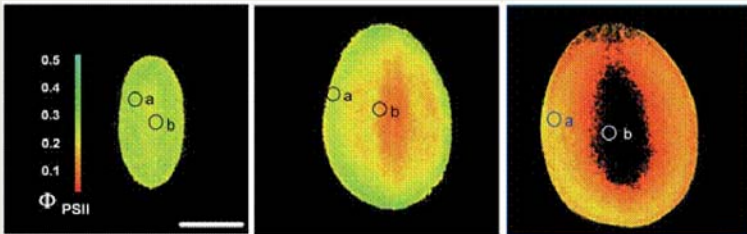
应用范围

- ▶ 植物生理学
- 植物生态学
- 遗传育种
- 植物分子生物学
- 作物抗逆性
- 植物病理学
- 植物胁迫生理学
- 环境科学
- 水生生物学
- 海洋与湖沼学
- 生态毒理学
- 园艺学
- 农业科学
- 林学

番茄叶片受病毒感染24 h后的荧光成像
Physiologia Plantarum, 2004, 122: 419-428



大豆胚胎不同发育阶段的荧光成像
New Phytologist, 2005, 167: 761-776



	<i>Acropora nobilis</i>	<i>Goniastrea australiensis</i>	<i>Pavona decussata</i>
absorptivity			
F			
Fm			
Φ_{PSII}			
PS			
NPQ			

珊瑚的荧光成像
J. Phycol., 2005, 41: 335-342

蓝藻 *Acaryochloris marina* 的荧光成像
 (Nature, 2005, 433: 820)

M-Series 部分文献

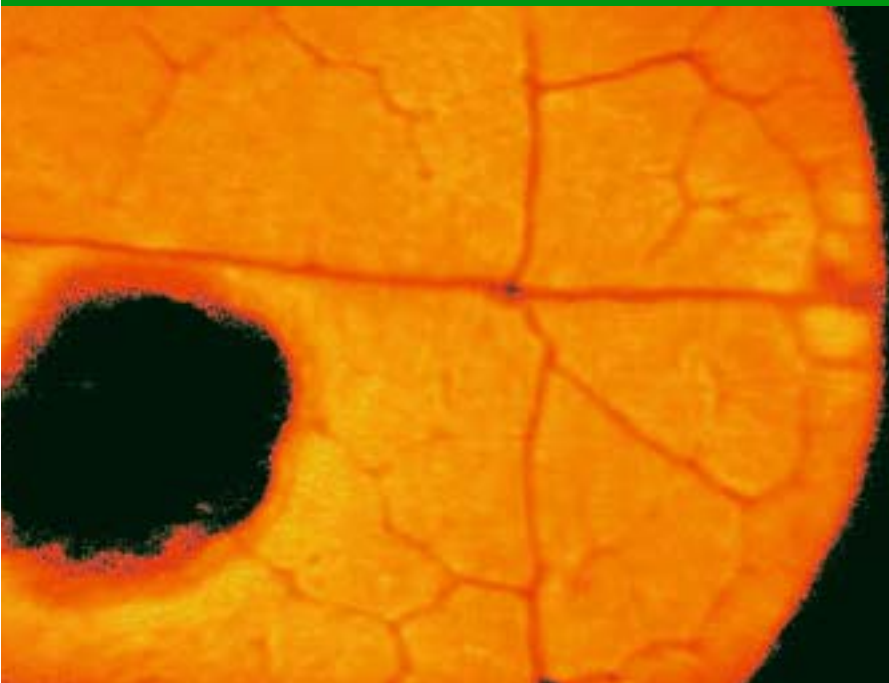
自从2001年WALZ推出调制荧光成像系统后，在植物生理学、植物电生理学、珊瑚研究、植物病理学、海洋生理生态学、生态毒理学等领域得到了成功应用：

1. Ralph PJ, Schreiber U, Gademann R, Kühl M, Larkum AWD, 2005. **Coral photobiology studied with a new imaging pulse amplitude modulated fluorometer.** *Journal of Phycology* 41: 335-342.
2. Ralph PJ, Macinnis-Ng CMO, Frankart C, 2005. **Fluorescence imaging application: effect of leaf age on seagrass photokinetics.** *Aquatic Botany* 81: 69-84.
3. Kühl M, Chen M, Ralph PJ, Schreiber U, Larkum AWD, 2005. **A niche for cyanobacteria containing chlorophyll d.** *Nature* 433: 820.
4. Gog L, Berenbaum MR, DeLucia EH, Zangerl AR, 2005. **Autotoxic effects of essential oils on photosynthesis in parsley, parsnip, and rough lemon.** *Chemoecology* 15: 115-119.
5. Borisjuk L, Nguyen TH, Neuberger T, Rutten T, Tschiersch H, Claus B, Feussner I, Webb AG, Jakob P, Weber H, Wobus U, Rolletschek H, 2005. **Gradients of lipid storage, photosynthesis and plastid differentiation in developing soybean seeds.** *New Phytologist* 163: 761-776.
6. Aldea M, Hamilton JG, Resti JP, Zangerl AR, Berenbaum MR, Delucia EH, 2005. **Indirect effects of insect herbivory on leaf gas exchange in soybean.** *Plant, Cell and Environment* 28: 402-411.
7. Podola B, Nowack ECM, Melkonian M, 2004. **The use of multiple-strain algal sensor chips for the detection and identification of volatile organic compounds.** *Biosensors and Bioelectronics* 19: 1253-1260.
8. Hill R, Schreiber U, Gademann R, Larkum AWD, Kühl M, Ralph PJ, 2004. **Spatial heterogeneity of photosynthesis and the effect of temperature-induced bleaching conditions in three species of corals.** *Marine Biology* 144: 633-640.
9. Berger S, Papadopoulos M, Schreiber U, Kaiser W, Roitsch T, 2004. **Complex regulation of gene expression, photosynthesis and sugar levels by pathogen infection in tomato.** *Physiologia Plantarum* 122: 419-428.
10. Koziolok C, Grams TEE, Schreiber U, Matyssek R, Fromm J, 2003. **Transient knockout of photosynthesis mediated by electrical signals.** *New Phytologist* 161: 715-722.

WALZ公司简介

创立于1970年代的德国WALZ公司，是一家生产与光合作用有关的植物生理生态仪器的著名公司。公司早期主要生产气体交换产品（光合仪），在光合作用研究领域占有重要地位。1983年，WALZ公司首席科学家、德国乌兹堡大学的 **Ulrich Schreiber** 教授设计发明了全世界第一台调制式（PAM）荧光仪PAM-101/102/103，并迅速得到全球植物生理、生态领域科研人员的青睐，在5年之内占领了全球叶绿素荧光领域80%的市场。

WALZ公司一直致力于植物生理、生态仪器的研究，为适合不同的植物材料，在经典的PAM-101/102/103之后，又陆续生产了PAM-2000、MINI-PAM、PHYTO-PAM、DIVING-PAM、IMAGING-PAM等十几种调制荧光仪。到目前为止，在光合作用研究的三种主要技术（叶绿素荧光、光合放氧和气体交换）中，PAM系列产品已成为光合作用领域发表文献最多的仪器品牌。



高品质的植物学仪器

WALZ
Mess- und Regeltechnik

泽泉国际集团(香港)有限公司
泽泉科技有限公司
中国(总部) 上海市 中江路879号天地软件园28号楼402-403室(200333)
电话: 021-51556114/15/16/17/18
传真: 021-51556111
<http://www.zealquest.com>
sales@zealquest.com