

GFS-3000

便携式光合-荧光测量系统



融入众多先进技术，光合仪的集大成者

将高精度气体交换与叶绿素荧光、P700测量技术完美结合



上海泽泉科技股份有限公司
Zealquest Scientific Technology Co.,Ltd

上海总部	金沙江路1038号华东师大科技园2号楼8层	200062	021-32555118	021-32555117
北京分公司	海淀区北三环西路43号青云当代大厦1907室	100086	010-88824075/76/77	转605分机
广州代表处	天河区潭村路348号马赛国际商务中心2206室	510632	020-85645707	020-85645359
成都代表处	人民南路一段97号现代之窗1018室	610016	028-86722096, 86719836	028-86721922
武汉代表处	武昌区中南路7号中商广场写字楼A座3002室	430071	027-59378101	转808分机

<http://www.zealquest.com> sales@zealquest.com

WALZ

GFS-3000 便携式光合-荧光测量系统

融入众多先进技术，德国至臻科技与精进制造的完美结合



德国Walz作为全球领先的植物光合作用测量设备专业制造商，拥有超过40年的精密仪器制造经验。

自1970年代创立以来，德国Walz始终致力于光合测量设备的研发与制造，曾先后推出了HCM-1000、CMS-400等一系列堪称经典的光合仪。

汇聚数十年精密仪器制造经验，同时又融合了最新的光合测量与研究理念，Walz公司将多项创新技术融入精密制造，推出了新一代便携式光合-荧光测量系统——GFS-3000，为光合作用测量打开了一片新天地。

GFS-3000不仅能满足实验室高精度控制及测量的要求，同样可以在野外严苛环境下稳定工作。选配荧光模块可大大扩展系统功能。

GFS-3000还能与Walz旗下的多种PAM荧光系统完美组合，将PSI、PSII的光化学过程或大面积荧光成像与光合气体交换同步测量，从更多角度深入探究植物光合作用的奥秘，为光合研究拓展更多可能。

GFS-3000主机

内含CO₂和H₂O分析器，及CO₂、H₂O、流量控制系统

GFS-3000主机内含CO₂小钢瓶注入系统，控制范围0-2000 ppm，可实时查看小钢瓶内的剩余气压。极佳的密闭性，可有效节省耗材。



所有接口均位于前面板，醒目的黄色浮子流量计可直观判断叶室密闭性，最大限度避免人为失误。



加湿、干燥双重湿度控制技术，支持相对湿度和绝对湿度两种控制模式，0-100% RH湿度从此自由驾驭。

预防叶室漏气

叶室漏气会导致严重的误差，且不易察觉。传统方法是向叶室吹气检查，但易被操作者忽略。GFS-3000通过醒目的黄色浮子流量计，可第一时间排除叶室漏气等人为疏忽，从气路上进一步保证了测量的准确。



高亮全彩大屏触摸操作，界面友好直观，亮度可调，阳光下也清晰可见。



采用电动汽车上广泛使用的大容量LiFePO₄电池技术，比传统锂电池容量更大，更安全。

GFS-3000 分析器

——非扩散4通道红外CO₂/H₂O气体分析器

GFS-3000的分析器采用高反光镀金材质。

光学测量通路20 cm，用于测量CO₂ (0-5000 ppm) 和H₂O (0-75000 ppm)。

先进的双频斩波技术，可同时获得差分信号和绝对信号。

GFS-3000对分析器的精度和稳定性进行了全面优化，可实时查看差分零点及信号稳定性。

GFS-3000分析器位于主机内部

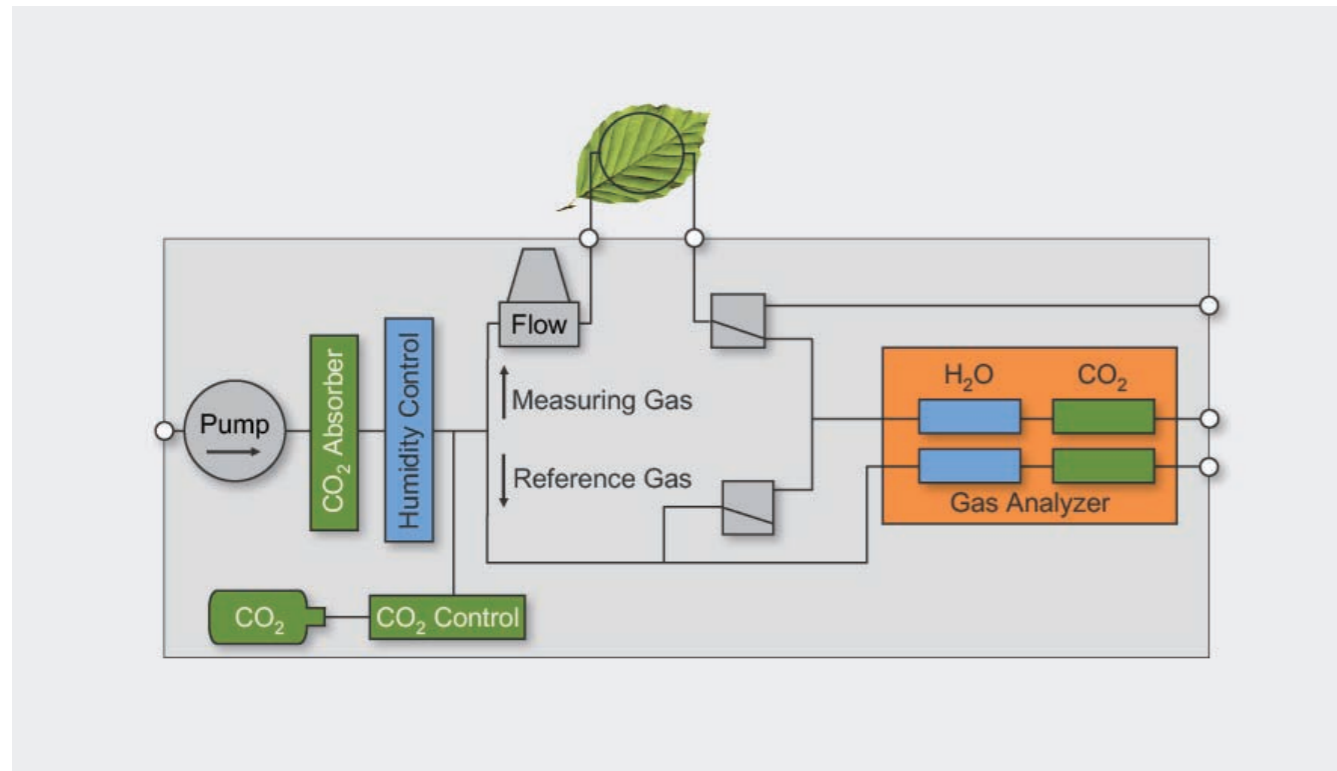
与测量头分离的设计，使分析器性能和稳定性均获大幅提升：

- **更高的灵敏度。**
测量室的长度决定了分析器的灵敏度。GFS-3000的分析器充分利用了主机内宽阔的空间，长达20 cm的直通式测量室，使分析器获得了前所未有的高灵敏度，光合作用的细微变化也能敏锐洞察。
由于摒弃了传统的反射式测量室，完全排除了因反光镜位移和灰尘等导致的误差。长期使用后，分析器仍能保持极高的灵敏度和精度。
- **更好的稳定性。**
温度波动是分析器稳定性的克星。传统分析器的反光镜会随温度变化发生微小位移，导致信号随温度波动。GFS-3000的直通式设计，大大降低了分析器对温度变化的敏感性。
同时，分析器位于主机内的设计可最大限度屏蔽日晒及叶室控温等导致的分析器温度变化。温度恒定，分析器信号更稳定。
- **更长的使用寿命。**
传统的反射式测量室，一旦有灰尘吸入反光镜会直接导致信号的偏移。GFS-3000的直通式光路无需反光镜，大大降低了灰尘对分析器的干扰。
同时，来自空气和叶片的所有进气均经过层层过滤。滤除了灰尘，不但免去了频繁的维护和清洗，分析器的寿命也大幅延长。
- **更轻便的操作。**
分析器与测量头分离的设计使测量头的重量大幅降低，可有效减轻测量时的负担，操作更轻松。

更多细节关注，只为持续稳定

- **多重空气过滤。**3个易于更换的蓝色外置HEPA过滤器可分别滤除来自空气和叶片的灰尘。层层过滤，保证分析器的精准稳定，使用寿命也大幅延长。
- **关机自动干燥。**使用后残余湿气不利于仪器储存。关机时，GFS-3000会对整个系统进行自动干燥，排出体内湿气，安全稳定储存。

巧妙的气路设计，无需取出叶片即可轻松调零



GFS-3000对分析器的差分精度和稳定性进行了全面优化。巧妙的气路设计使GFS-3000可在测量过程中直接调零，而无需取出叶片。保证了光响应曲线、CO₂响应曲线等需长时间夹住叶片测量时的数据准确性。

更灵活的数据传输方式

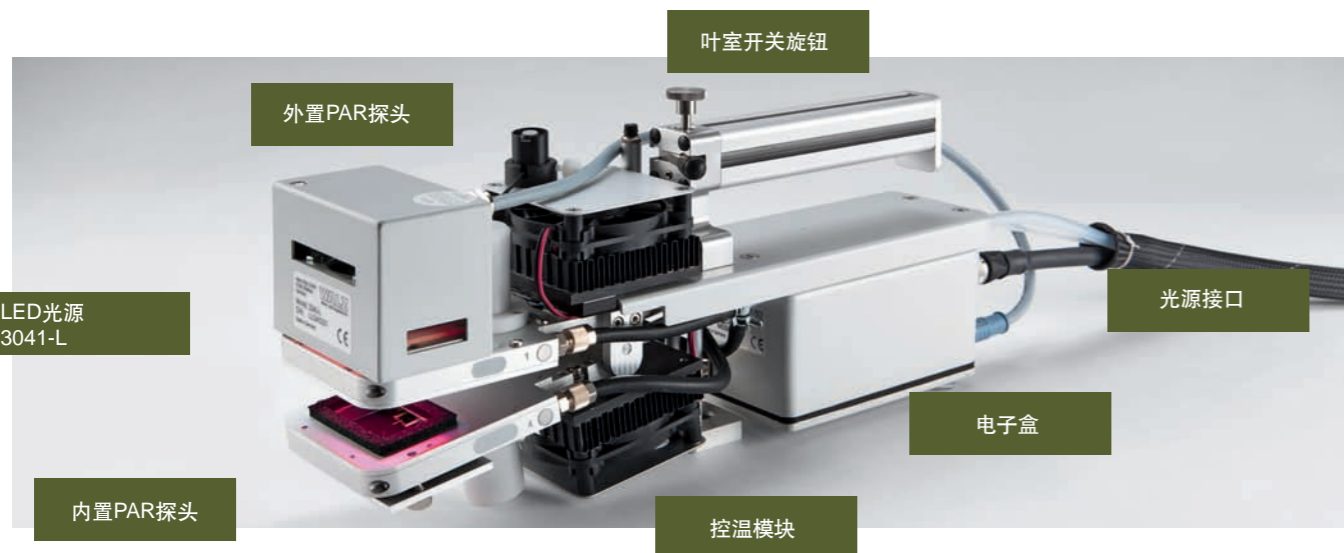
GFS-3000对分析器的差分精度和稳定性进行了全面优化。巧妙的气路设计使GFS-3000可在测量过程中直接调零，而无需取出叶片。保证了光响应曲线、CO₂响应曲线等需长时间夹住叶片测量时的数据准确性。



标准测量头3010-S

小小叶室，大有乾坤

- GFS-3000的标准测量头3010-S采用夹合式叶室，配备8 cm²的叶室和操作舒适的开关。
- 可对温度、光强和通风进行宽幅精准控制。
- 手柄快捷按钮可快速保存数据或运行测量程序。
- 巧妙的“适配片”设计可快速更换叶室，适配各种叶面积或特殊应用。



标准测量头3010-S，顶部连接了3041-L光源，底部装配了暗适应挡板

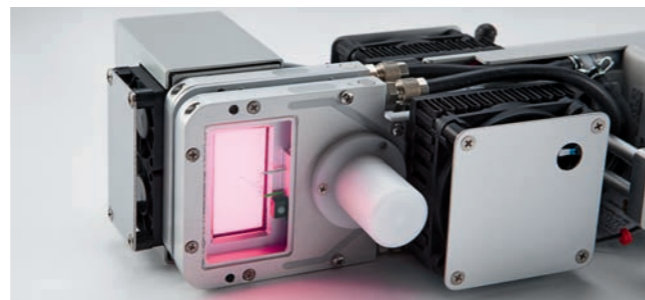
叶室底部也透光，让叶片回归自然

- GFS-3000叶室上下部均为透光设计，还原叶片自然界真实照光情况，测量更准确。
- 可研究叶片背面（如地面反光）对光合作用的贡献。
- 叶室上下部均可安装LED光源，可对上下叶表面分别照光。



超薄叶室，可贴近地面测量

上下对称的超薄叶室，能更加贴近地面或进入狭窄的空间，方便对幼苗、草坪、灌木等进行测量。



4个温度传感器，全面监测叶室内外温度及叶片温度：

- 上叶室内温度传感器
- 下叶室内温度传感器
- 叶片接触温度传感器
- 外界环境温度传感器

4种精准控温模式，满足您严苛的控温要求：

- 精准控制叶室温度
- 精准控制叶片温度
- 精准跟随环境温度
- 以固定差值跟随环境温度

卓越的Peltier™控温技术，性能极佳，获得更大的控温范围，叶室可降温10℃，增温至50℃，让您的控温实验游刃有余。

独有的叶片恒温控制技术，即使光照发生大幅变化，仍可智能调节叶室温度，保持叶片温度恒定，满足您严苛的控温要求。

精准跟随环境温度模式，完全排除了叶室对叶片温度的影响，真实还原自然环境温度。

以固定差值跟随环境温度模式，特别适于研究植物对未来气候变化的响应。（见应用实例）

3个光合有效辐射(PAR)传感器，全面监测叶片正、背面及环境光强：

- 外部环境光强
- 叶片正面光强
- 叶片背面光强

5种控光模式：

- 控制叶片正面光强
- 控制叶片背面光强
- 控制环境光强
- 叶片正面跟随环境光强
- 叶片背面跟随环境光强

LED光源3041-L（左）
LED型PAM荧光附件3056-FL（右）
全新升级的三基色白光LED光源3041-L。
光强范围：0-3000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 。
光源在叶室上、下部均可提供照光。



多种可选叶室

满足更多实验需要

- 多种叶面积适配片
- 地衣/苔藓叶室
- 针叶叶室
- 拟南芥叶室



便捷的叶面积“适配片”，可快速改变叶面积

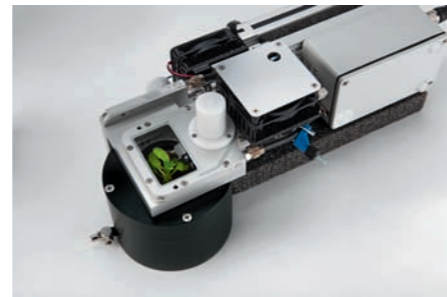
仅需更换适配片即可改变测量面积。还可更换专用叶室用于针叶、苔藓/地衣或拟南芥整株等的测量。LED光源可适配所有叶室。



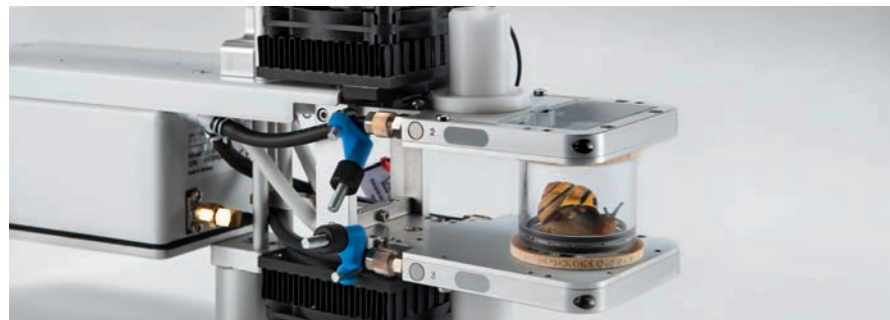
地衣/苔藓叶室3010-V40



针叶叶室3010-V80



拟南芥叶室3020-A



地衣/苔藓叶室3010-V32还可测量昆虫等小动物的呼吸



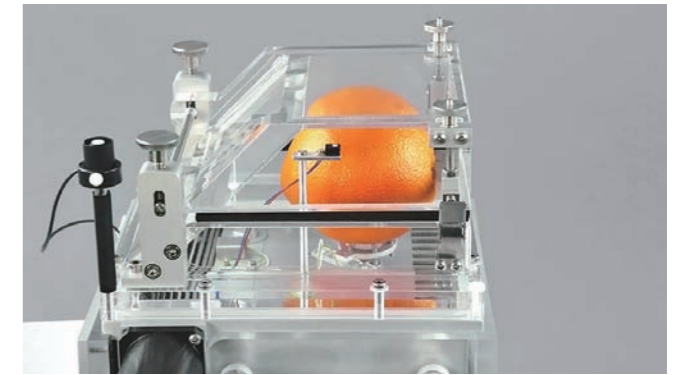
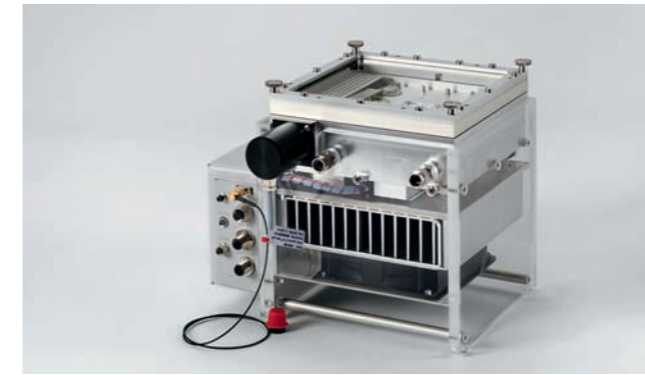
可根据用户需要定制叶室

我们还设计了可测量树皮或石块表面的原位叶室。电子盒也可单独拆卸，连接用户自制的特殊叶室。

气体交换大叶室3010-GWK1

较大样品也可在精确控制条件下处理和测量

- 气体交换大叶室3010-GWK1的测量面积达到了232 cm² (16 × 14.5 cm)
- 上盖可根据需要定制，可测量大叶片、枝条甚至果实等较大的样品。
- 可单独使用，也可作为GFS-3000的叶室使用。



3010-GWK1配有完善的环境控制系统，在如此大的面积上，仍可精确控制温度、湿度、光强和CO₂浓度等环境因子。同时，3010-GWK1配有多个高精度传感器以监测叶室内外的温度、湿度、光强等环境因子的变化。

彩色LED光源

大LED光源RGBW-L084可为3010-GWK1大叶室提供高亮度、高均匀度、多种颜色的照光。红、绿、蓝、白四种LED均经过单独校准，最大输出光强达2000 μmol m⁻² s⁻¹以上，可单独设置照光颜色。



与大面积荧光成像同步测量

3010-GWK大叶室可直接与大探头荧光成像系统MAXI-IMAGING-PAM 联用，实现大面积气体交换与叶绿素荧光成像的同步测量。

GFS-3000 与多种系统联用

可大幅拓展测量功能，为光合作用研究提供新手段

GFS-3000能与WALZ旗下多款PAM荧光系统完美组合。将光合气体交换与PSI、PSII光化学分析及大面积荧光成像相结合，大大拓展了光合作用的分析方法，为光合作用研究提供了诸多新手段。

GFS-3000可通过

- O₂传感器
- PAM荧光附件
- 与IMAGING-PAM荧光成像系统联用
- 与DUAL-PAM-100双通道荧光系统联用

等多种方式拓展测量功能。

还可与JUNIOR-PAM、MINI-PAM-II、PAM-2500等便携式荧光仪联用，实现更多组合。

O₂传感器3080-O2

更准确的光呼吸测量

GFS-3000可通过连接O₂传感器3080-O2监测叶室内O₂浓度的变化。



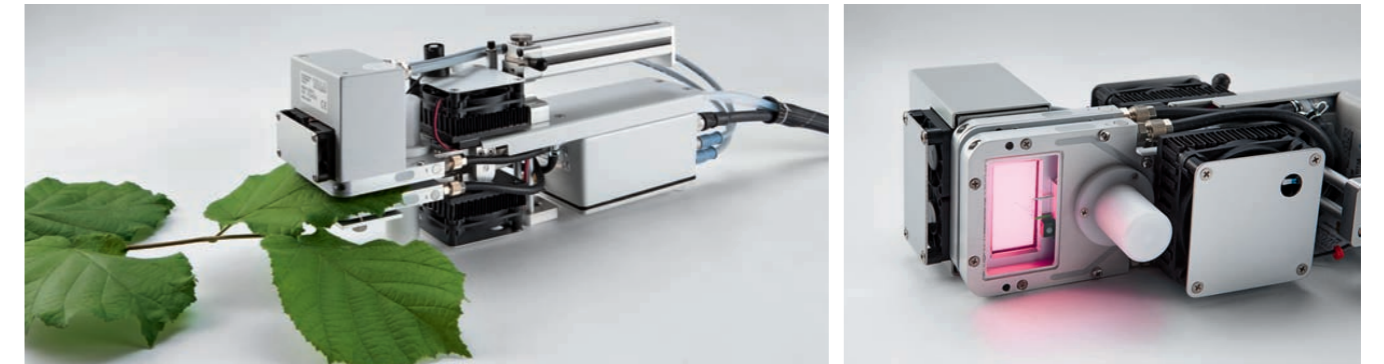
PAM荧光附件3056-FL与3050-F

凝聚德国WALZ在荧光领域的专业经验和领先技术

PAM荧光系统通过饱和脉冲技术揭示了PSII在光能利用过程中的更多细节，可为气体交换数据补充原初光化学反应的重要信息。

- LED型PAM荧光附件3056-FL可为样品提供照光的同时进行荧光同步测量。
- 光纤型PAM荧光附件3050-F可在不遮挡自然光的条件下同步测量。
- 两种荧光附件均可由光合仪主机直接控制并在野外使用。

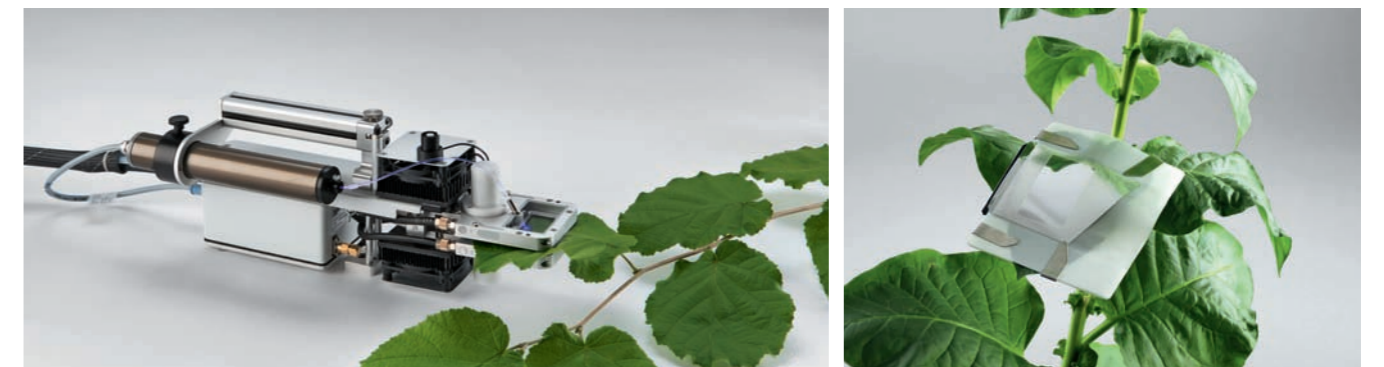
LED型PAM荧光附件3056-FL



LED型PAM荧光附件3056-FL可为叶片照光的同时，通过6个检测器对高达8 cm²的样品面积进行荧光测量。

3056-FL通过一个精巧的卡扣方便装配和拆卸，便于放置叶片时进行观察。
3056-FL测量面积达8 cm²

光纤型PAM荧光附件3050-F



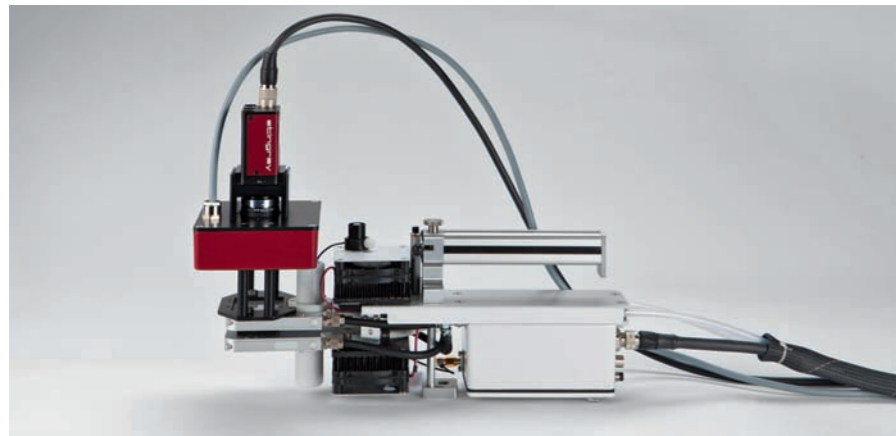
光纤型PAM荧光附件3050-F，可在自然光下同步测量荧光。由蓝光LED提供测量光和饱和脉冲光，远红光可测量Fo'。暗适应叶夹3010-DLC可对叶片进行暗适应。

GFS-3000 与IMAGING-PAM联用

实现气体交换与荧光成像同步测量

叶绿素荧光成像能直观展现生理异质性或基因型的差异，但多数差异只有在CO₂、H₂O或温度等条件发生改变时才能清晰显现。而改变这些条件对GFS-3000来说轻而易举。因此，我们将M-IMAGING-PAM和GFS-3000结合，将两者的优势发挥到极致。

- 荧光成像MINI探头，通过固定卡扣即可直接连接到标准测量头3010-S上。这种方式甚至可对专用叶室中的特殊样品进行成像测量。
- 更大的样品，可用MAXI探头与气体交换大叶室3010-GWK1联用，在10x13 cm的大面积上，同步测量荧光成像与气体交换。



MINI版IMAGING-PAM可直接连接至标准测量头3010-S。



MINI版IMAGING-PAM连接至拟南芥叶室3010-A



MAXI版IMAGING-PAM连接气体交换大叶室3010-GWK1

GFS-3000 与DUAL-PAM-100联用

融入尖端技术，成就德国WALZ最为精密强大的仪器组合

这是首个实现PSI、PSII光化学信息与CO₂气体交换同步测量的商业化设备。

- P700与叶绿素荧光双通道测量系统DUAL-PAM-100可提供PSII和PSI的丰富信息。通过精密设计的3010-DUAL气体交换叶室，可实现光合与P700的同步测量。
- 3010-DUAL可对温度和空气成分精确控制。这意味着可在控制条件下将DUAL-PAM-100提供的丰富信息与气体交换数据同步获得，这为光合作用的研究扩展了更多可能。
- P515/535探头也可与3010-DUAL配合，可实现跨类囊体膜质子动力势、跨膜电位、跨膜ΔpH、叶黄素循环、ATP合酶通透性、质子H⁺流速等更多光合信息与气体交换的同步测量。



GFS-3000通过3010-DUAL气体交换叶室与DUAL-PAM-100联用

GFS-3000还可与JUNIOR-PAM、MINI-PAM-II、PAM-2500等便携式荧光仪联用，实现更多组合。

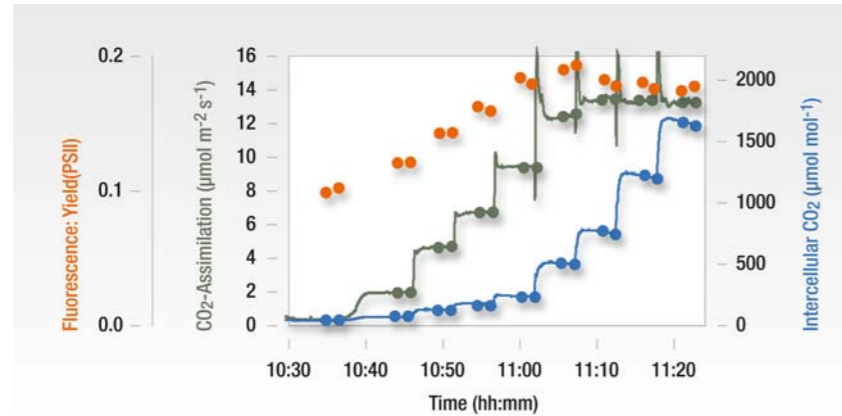
GFS-3000

应用实例

GFS-3000可用于测量CO₂同化速率、气孔导度或CO₂呼吸速率随CO₂浓度、细胞间隙CO₂浓度、光强、温度、湿度的变化及日变化等。

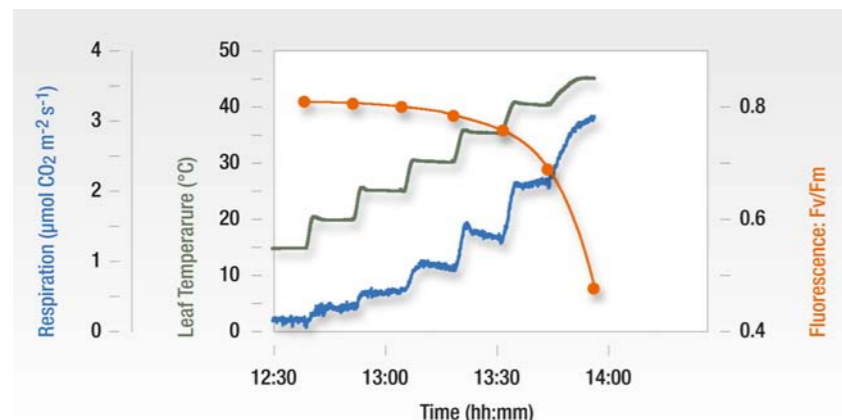
欧洲酸樱桃：CO₂响应曲线与叶绿素荧光同步测量

在欧洲酸樱桃测量CO₂响应曲线过程中，CO₂同化速率、细胞间隙CO₂浓度和Yield (PSII)的变化被同步记录。CO₂浓度逐级升高，每级达到稳态后记录光合数据的同时打开饱和和脉冲光测量PSII的Yield。



CO₂同化速率、胞间二氧化碳浓度与Yield (PSII)同步测量的CO₂响应曲线。可以注意到，在高CO₂浓度下Yield (PSII)开始出现下降趋势（橙色），但CO₂同化速率并未出现这一变化（绿色）。

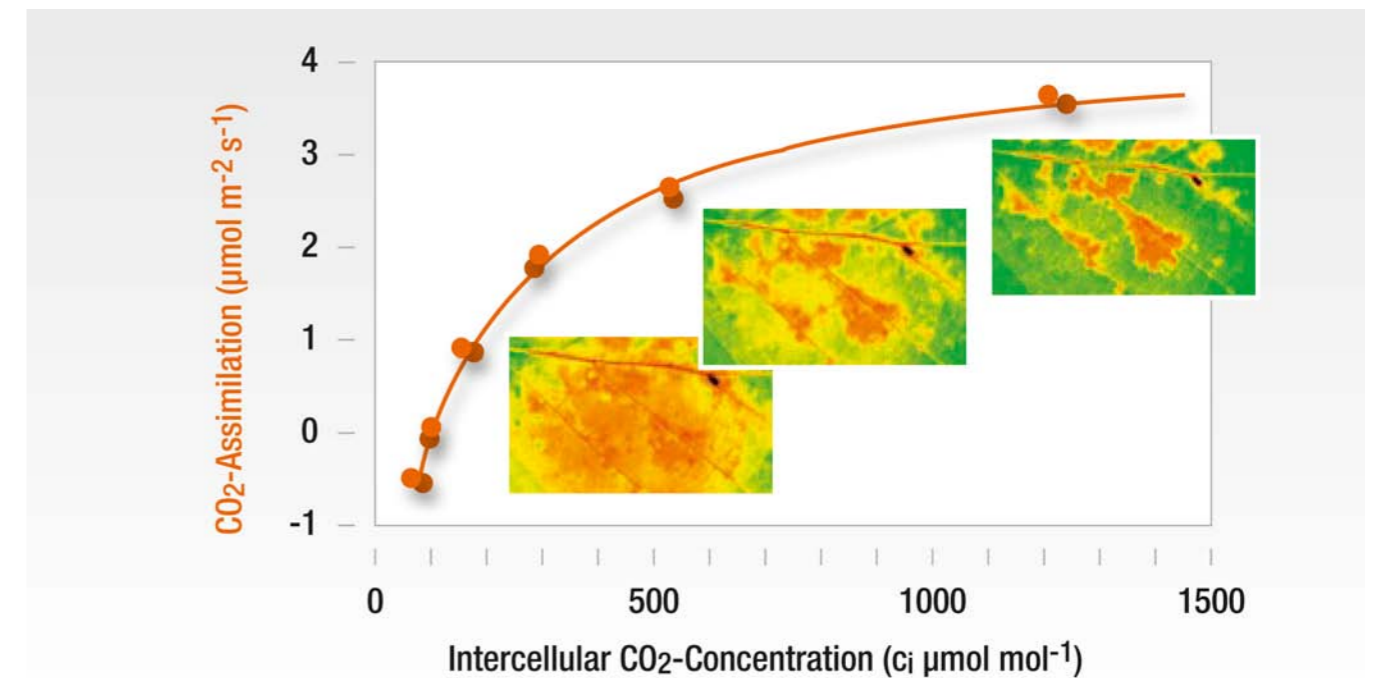
烟草叶片：暗呼吸与叶绿素荧光对温度的响应



在黑暗中，从15到45°C 梯度升高烟草叶片的温度。暗呼吸速率随温度升高逐渐上升，30°C 以上时，通过荧光附件3055-FL同步测量的Fv/Fm出现了明显的下降。

欧洲山毛榉：气体交换与荧光成像同步测量

GFS-3000与IMAGING-PAM联用，同步测量干旱胁迫后的欧洲山毛榉叶片。将CO₂同化速率基于细胞间隙CO₂浓度作图。在高CO₂浓度下，荧光成像中的斑块表现得更为明显。可见干旱胁迫后叶片中存在对CO₂浓度不敏感的区域。



干旱胁迫后的叶片，其光合异质性在高CO₂浓度下才明显地表现出来。借助GFS-3000高效的环境控制功能，荧光成像可以非常直观地定位和展现这些异常区域并对差异程度进行直观和定量的描述。

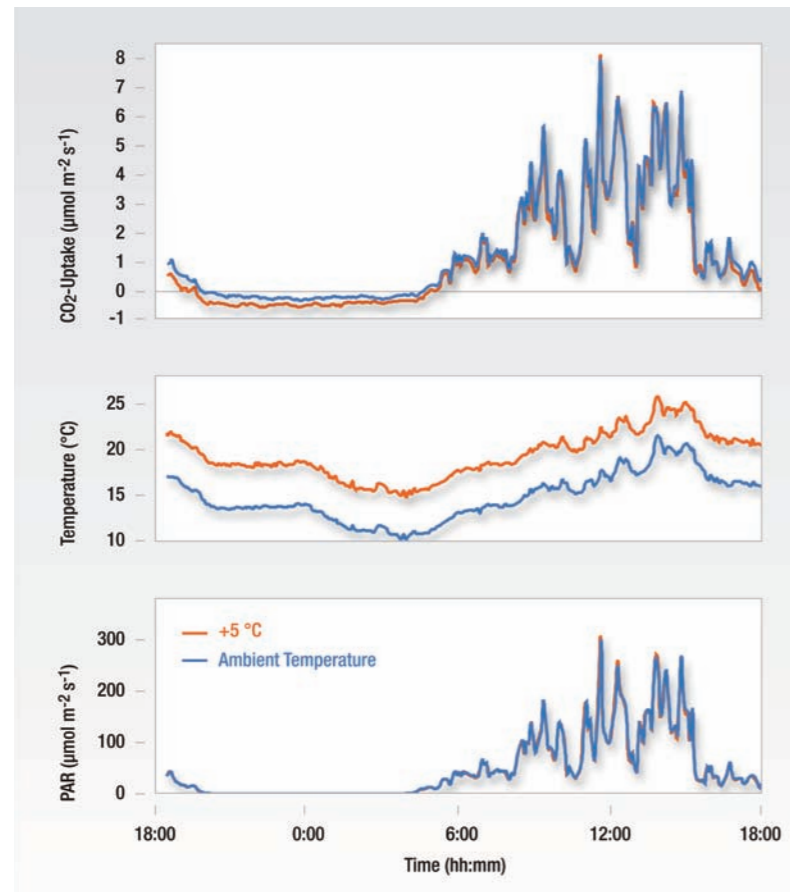
借助GFS-3000和DUAL-PAM-100同步测量CO₂气体交换、P700与叶绿素荧光，可进一步深入探究叶片异常部位的P700氧化还原动力学、PSI的光下实际光合量子产量Y (I)、PSI的电子传递速率ETR (I)、PSI供体侧和受体侧的信息Y (ND) 和Y (NA)、质体醌PQ库的大小等光系统I相关运转情况信息。

借助与P515/535模块的联用，还可进一步获得类囊体膜的跨膜电位Δψ、跨膜质子浓度梯度差ΔpH、质子动力势pmf、叶黄素循环、ATP酶的H⁺通透性、H⁺流速等光合膜能量运转等相关信息，这能更好地阐明这一异质现象的深层生理机制。

技术参数

番茄叶片：模拟气候变暖对植物光合作用的影响

除叶室温度传感器外，GFS-3000还配备了环境温度传感器和高效的Peltier™控温模块，赋予其强大且多样的温度控制功能。除了可设置恒定温度外，还可实现精确跟随环境温度，或与环境温度呈特定温差。



上图为两台GFS-3000同时测量，其中一台设置叶室跟随环境温度（蓝色曲线），另一台设置叶室较环境增温+5°C（橘色曲线）。从结果可以看出，夜间增温叶片的暗呼吸速率增加。低光强下，升温叶片的CO₂同化速率较低。



CO₂/H₂O分析器：

分析器类型：4通道绝对开路非扩散红外CO₂/H₂O气体分析器，CO₂/H₂O独立分析室。

分析室：直通式分析室，长20 cm。

CO₂测量范围：0-5000 ppm；分辨率：0.01 ppm；绝对模式下最大噪音：< 0.2 ppm

H₂O测量范围：0-75000 ppm；分辨率：1 ppm；绝对模式下最大噪音：< 30 ppm

气压测量：

范围：60-110 kPa，精度：±1%

温度控制：

温度探头：4个。接触式测定叶片温度；测定下部叶室温度；测定上部叶室温度；测定叶室外环境温度。

控温模式：4种。控制叶室温度、控制叶片温度、跟随环境温度、特定差值跟随环境温度

叶室控温范围：低于环境温度10 - +50°C

光强控制：

光强探头：3个。叶室外环境光量子探头，叶室内叶片正面光量子探头，叶室内叶片背面光量子探头。

测定范围：0-3000 µmol m⁻² s⁻¹

控光模式：5种。控制叶片正面光强，控制叶片背面光强，控制环境光强，叶片正面跟随环境光强，叶片背面跟随环境光强

LED光源：红、绿、蓝三基色白光光源，在叶室上、下部均可提供照明。

光强范围：0-3000 µmol m⁻² s⁻¹。可适用于所有类型的叶室。

CO₂控制：

控制范围：0-2000 ppm

控制方式：2种。

- 内置CO₂小钢瓶。8 g CO₂，350 ppm可连续提供超过48 h，可显示小钢瓶气体余量。密闭性极佳，一次没有用完可以密封保存待后续使用。
- 外接CO₂大钢瓶。需配备减压阀。

H₂O控制：

控制方式：干燥、加湿双重自动控制功能。

控制范围：0-100%

控制模式：2种。

- 控制相对湿度（% RH）
- 控制绝对湿度（ppm H₂O）

主机

操作界面：内置Windows平板电脑，高亮全彩触摸屏，显示分辨率640×480（有效显示面积13 × 10 cm），7级可调高亮背光，阳光下能清晰显示。USB 2.0接口，内置扬声器。

通讯方式：Excel数据格式；支持U盘存取；Wi-Fi无线联网；支持Internet全球互联网远程操控。

流量平衡监控：配备2个0-1000 ml min⁻¹浮子流量计，分别监控参比气和样品气流量平衡，可及时发现叶室漏气等引起的气流异常。

供电方式：2块可更换LiFePO₄充电电池组12.8 V / 15 Ah（2×7.5 Ah）可使用6-9小时，或外接交流电源适配器。

操作温度：-5 - 45℃

标准测量头：

叶室透光性：叶室正背面均为透明窗口。

叶面积：可更换适配片：2×4 cm矩形；1×4 cm矩形；3 cm²圆形等

可选叶室：地衣/苔藓叶室、针叶叶室、拟南芥叶室等

尺寸：31 × 7 × 13 cm（L×W×H）

重量：1.6 kg（含叶室、线缆和连接管2 m）

LED型荧光附件

3056-FL

适用范围：可用于所有类型叶室，进行荧光同步测量。

荧光测量面积：8 cm²

测量光：蓝光LED（470 nm），调制频率：5-60 Hz，1.2 kHz（饱和脉冲期间）。

光化光：2个蓝光LED（470 nm）和24个红光LED（640 nm）

远红光：远红光LED（波峰：740 nm）

信号检测：6个PIN-光电二极管，前有长通滤光片（> 660 nm），选择性窗口放大器。

光纤型荧光附件

3050-F

适用范围：不遮挡自然光，可在野外自然照光下进行光合荧光同步测量。

测量光：蓝光LED（450 nm），调制频率：10和500Hz。

饱和光：蓝光LED（470 nm），11000 μmol m⁻² s⁻¹。

远红光：远红光LED（波峰：730 nm）

信号检测：PIN-光电二极管，前有长通滤光片（645 nm），选择性窗口放大器。

拓展功能

拓展方式：GFS-3000可通过扩展模块或系统联用拓展测量功能：O₂传感器、气体交换大叶室（16 × 14.5 cm）、PAM荧光附件、与IMAGING-PAM荧光成像系统联用、与DUAL-PAM-100双通道荧光系统联用、与JUNIOR-PAM、MINI-PAM-II、PAM-2500等便携式荧光仪联用等。

测量参数：根据所选联用方式可同步获得相应的参数：

气体交换参数：参比室和样品室的CO₂绝对值（CO₂abs, CO₂sam），参比室和样品室的H₂O绝对值（H₂Oabs, H₂Osam），流速（gas flow），环境气压（Pamb），叶室温度（Tcuv），叶片温度（Tleaf），环境温度（Tamb），环境PAR（PARamb），叶室内叶片正面PAR（PARtop），叶室内叶片背面PAR（PARbot），叶室相对湿度（rH），蒸腾速率（E），水气压饱和亏（VPD），叶片气孔导度（GH₂O），净光合速率（A），胞间CO₂浓度（Ci），叶室内CO₂浓度（Ca），叶室内H₂O浓度（Wa），光响应曲线，CO₂响应曲线，温度响应曲线，湿度响应曲线，光合日变化等。

O₂参数：选配O₂传感器可测量：叶室内O₂浓度。

叶绿素荧光参数：选配叶绿素荧光模块可测量：初始荧光Fo，暗适应后的最大荧光Fm，可变荧光Fv，暗适应后的PSII最大光化学效率Fv/Fm，实时荧光F，光下最大荧光Fm'，光下最小荧光Fo'，PSII光下实际光化学效率Y（II）=ΔF/Fm'，光化学淬灭系数qP，光化学淬灭系数qL、非光化学淬灭系数qN，非光化学摧灭系数NPQ，调节性能量耗散Y(NPQ)，非调节性能量耗散Y(NO)，PSII的电子传递速率ETR（II），慢速诱导动力学曲线Induction Curve、快速诱导动力学曲线OJIP、快速光曲线RLC等。

叶绿素荧光成像：选配叶绿素荧光成像模块可测量叶绿素荧光成像

P700参数：选配P700模块可测量：P700氧化还原动力学曲线、P700再还原速率、PSI的光下实际光合量子产量Y（I）、PSI的电子传递速率ETR（I）、PSI供体侧和受体侧限制引起的耗散Y（ND）和Y(NA)、质体醌PQ库的大小PQ Pool等。

P515/535参数：选配P515/535模块可测量：电致变色效应（ECS），类囊体膜跨膜电位Δψ、跨膜质子浓度梯度差ΔpH、质子动力势pmf、叶黄素循环、ATP酶的H⁺通透性、H⁺流速等。