

PlantScreen-SC 植物表型分析测量系统（台式）

PlantScreen-SC 为高通量 PlantScreen 植物表型分析平台的 Mini 版本（又称 Bench-top 版即台式），RGB 成像、叶绿素荧光成像等成像传感器配置在一个紧凑的箱体内，通过人工（代替自动传送带）将植物样品放置于箱体内进行成像分析，具有结构简单、紧凑，安装使用方便（一般实验室或温室都可安装使用）、高性价比（省却了昂贵复杂的传送带系统或 XYZ 三维移动机械臂系统）、功能全面等优点。

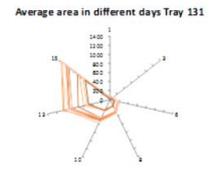
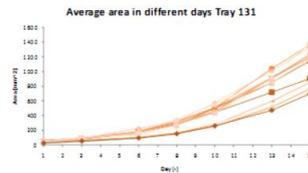
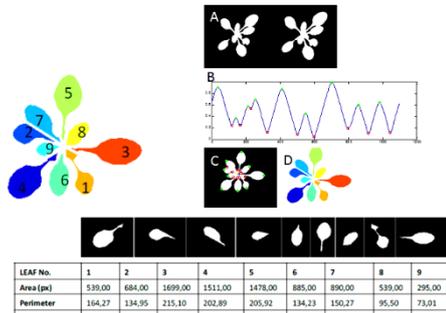
PlantScreen-SC 植物表型成像分析平台集成了植物 RGB 可见光彩色 3D 成像分析技术、FluorCam 叶绿素荧光成像分析（标配成像面积 35x35cm）、高光谱成像分析、IR 近红外成像分析（900-1700nm，用于分析水分时空分布动态）、红外热成像分析、3D 激光扫描分析等，可进行作物 3 维表型成像分析和 3D 模型构建（需要配置 3D 激光扫描系统）。适于实验室或温室作物表型成像分析研究，可配套选配智能 LED 光源、PSI 大型步入式植物生长室，培养植物手动放入系统内载样台上（手动载样），载样台可 360 度旋转以便对植物不同角度成像分析。PlantScreen 高通量自动化控制与表型大数据存储分析技术，可以得出植物不同生育期的植株生长结构形态参数和生理功能参数，如叶片形态测量、生长速率、植物生长结构、叶绿素荧光、光合系统运作机理、色素组成、胁迫与抗性，实现快速、高通量、无损伤测量检测分析作物表型和生理生态，是遗传组学、表型组学、遗传育种等研究的重要设备。



主要功能特点如下：

- 1) RGB 3D 成像分析：包括顶部和侧面高分辨率彩色成像，并配置有 360° 旋转平台，可对植物进行三维立体形态结构和颜色分析测量，可用于植株、果实、种子等形态结构和颜色分析及生长发育分析，包括大小（宽度、长度、面积等等）、紧密度、对称性（偏心度、圆度、质心等参数）、颜色分析（绿度指数、叶病斑、果实成熟过程、真菌感染过程分析、不同颜色面积比率等）。通过叶绿素荧光监测模块，还可以进一步测量分析植物的光合效率、适合度、生物与非生物胁迫程度及敏感性，以及植物的抗逆性（如

抗病、抗干旱等)等。



性状发现

植物生长分析

- 2) 叶绿素荧光成像分析,是植物生理生态功能、植物胁迫生理与抗性筛选的首选功能单元,成像面积达 35x35cm,可客户定制选配 80x80cm 成像面积的叶绿素荧光成像单元,用于大型植物表型成像分析及生理生态实验研究分析。可选配叶绿素荧光监测单元,通过自动运行 Kautsky 诱导效应、叶绿素荧光淬灭、光响应曲线等,监测植物光合效率、适合度、光能利用效率、胁迫与抗性等生理性状指标
- 3) 红外热成像分析,用于植物干旱胁迫与抗性筛选、气孔导度动态研究分析等
- 4) 近红外三维成像分析,包括顶部和侧面 NIR 900-1700nm 成像用于植物水分状态分布研究分析
- 5) VNIR 或 SWIR 高光谱成像分析,可选配叶夹式高光谱仪,测量植物叶片光谱反射指数,以测量分析植物生化指标如叶绿素、花青素、胡萝卜素,及植物生理指标如植物健康指数、植物胁迫等等
- 6) 3D 激光扫描测量分析,通过激光扫描形成 3D 点云模型图,用于精确测量分析植物形态结构
- 7) 环境因子监测,同步监测温湿度与光合有效辐射等环境因子
- 8) PlantScreen 表型大数据分析平台

技术参数:

2.1 主机箱体:

- 2.1.1 *智能 LED 冷白光源, 强度 0-100%可调, 最高强度 $500 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
- 2.1.2 *内置温度、湿度及光强传感器, 用于同步监测环境因子
- 2.1.3 *主机箱体尺寸: 长 120cm, 宽 110cm, 高 180cm, 重量约 120kg
- 2.1.4 除顶部 RGB 成像镜头外, 可选配叶绿素荧光成像, 还可选配侧面 RGB 成像及可旋转植物台架以实现 3D 成像分析

2.2 RGB 3D 成像分析:

- 2.2.1 5MP CMOS RGB 成像镜头, 传感器尺寸 1/2"
- 2.2.2 *分辨率 2560x1920 像素, 像素大小 $2.2 \mu\text{m}$; 帧频: 14fps@5MP
- 2.2.3 光学镜头: 8mm SV0814H
- 2.2.4 *成像高度可调以适应不通高度植物
- 2.2.5 *视野可达 55cm x 55cm

3 叶绿素荧光监测:

- 3.1 集成了 PAM(脉冲调制技术) 荧光测量技术及 OJIP 快速荧光动力学测量技术等先进叶绿素荧光技术
- 3.2 Protocols: 可自动运行即时叶绿素荧光 Ft、光量子产量 QY、Kautsky 诱导效应、2

套荧光淬灭、3 套光响应曲线, 及 OJIP-test 等近 10 种测量程序协议 (protocols)

3.3 测量参数达 60 余个, 其中 OJIP-test 在 1 秒时间内测量记录近 500 个叶绿素荧光数据并通过软件计算出包括 PI (Performance Index) 等 26 个叶绿素荧光参数

分析测量参数:

- 2.3.1 叶面积 (leaf area)
- 2.3.2 叶周长 (leaf perimeter)
- 2.3.3 偏心度 (Eccentricity)
- 2.3.4 圆度 (roundness)
- 2.3.5 直径 (circle diameter)
- 2.3.6 平均叶宽指数 (medium leaf width index)
- 2.3.7 紧密度 (solidity/compactness)
- 2.3.8 凸包面积 (convex hull area)
- 2.3.9 质心 (centroid)
- 2.3.10 叶或果实长、宽等各种形态结构参数
- 2.3.11 绿度指数等
- 2.3.12 不同颜色面积比率等
- 2.3.13 *颜色分割以进行植物适合度评估等
- 2.3.14 *时间序列分析以分析植物叶片果实生长率
- 2.3.15 *整个生长期或实验期叶面积比较分析等

- 2.3.16 叶片或果实颜色发育变化分析等，如果实形态发育与颜色发育过程变化等
- 2.3.17 *颜色聚类分析
- 2.3.18 测量参数包括 F_0 、 F_t 、 F_m 、 F_m' 、 QY 、 QY_{Ln} 、 QY_{Dn} 、 NPQ 、 Q_p 、 Rfd 、 PAR 、 $Area$ 、 Mo 、 Sm 、 PI 、 ABS/RC 等 50 多个叶绿素荧光参数，及 3 种给光程序的光响应曲线、2 种荧光淬灭曲线、OJIP 曲线等
- 2.4.19 OJIP - test 时间分辨率为 $10\mu s$ （每秒 10 万次），给出 OJIP 曲线和 26 个参数，包括 F_0 、 F_j 、 F_i 、 F_m 、 F_v 、 V_j 、 V_i 、 F_m/F_0 、 F_v/F_0 、 F_v/F_m 、 Mo 、 $Area$ 、 $Fix\ Area$ 、 Sm 、 Ss 、 N 、 Φ_{Po} 、 Ψ_o 、 Φ_{Eo} 、 $\Phi - Do$ 、 Φ_{Pav} 、 PI_{Abs} 、 ABS/RC 、 TRo/RC 、 ETo/RC 、 DIo/RC 等
- 2.5.20 测量程序： F_t 、 QY 、OJIP、 $NPQ1$ 、 $NPQ2$ 、 $LC1$ 、 $LC2$ 、 $LC3$ 、 PAR 、Multi 无人值守自动监测
- 2.5.21 PAR 传感器： 80° 入射角余弦校正，读数单位 $\mu mol(\text{photons})/m^2 \cdot s$ ，可显示读数，检测范围 400-700 nm
- 2.4 表型分析大数据平台（服务器）
 - 2.4.1 *包括 PlantScreen 表型服务器、PlantScreen 程序控制系统（Scheduler）、表型分析系统（Plant DATA Analyzer）、应用服务器、数据库等
 - 2.4.2 *GUI（图形用户界面）实验设置与控制，实时显示系统运行状态
 - 2.4.3 在线可视化（visualization）显示实验过程、结果
 - 2.4.4 支持多用户注册，个性化实验计划、管理、存储、显示、分析
 - 2.4.5 网络化（Network）：所有网络组件符合 1Gbit 标准，主路由器提供系统内网 DHCP 和路由服务，还可与厂商服务器链接用于系统诊断、软件更新等
 - 2.4.6 主机系统（Main computer）：Intel® Core™ i5 处理器，8GB RAM，120GB SSD 固态硬盘，6TB RAID5 存储，Windows 7 Pro 操作系统

PSI 公司植物 / 作物高通量成像分析技术典型案例

案例1: Automated phenotyping of plant shoots using imaging methods for analysis of plant stress responses – a review. *Plant Methods*, 2015

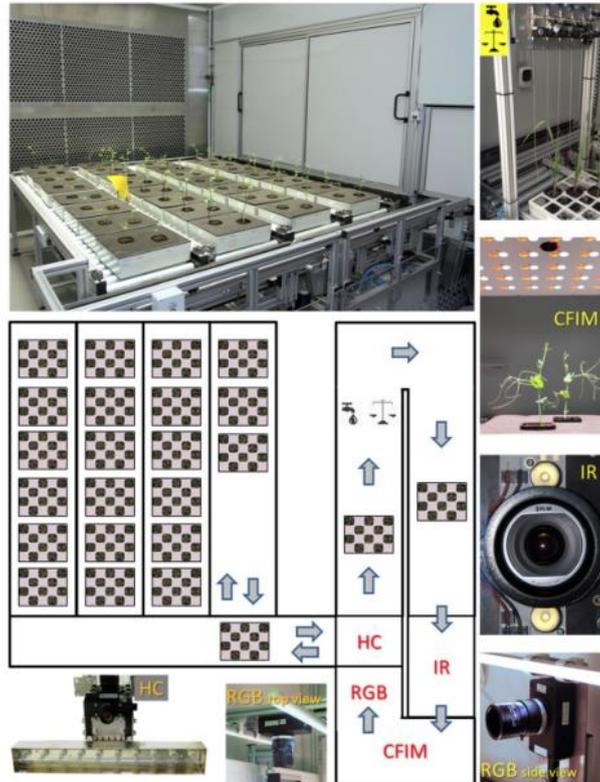


Figure 1 Scheme of the grow chamber-based automated high-throughput phenotyping platform PlantScreen™ (Photons Systems Instruments, Brno, Czech Republic), installed at Palacký University in Olomouc, Czech Republic [20]. The system is located in a growth chamber with white LED illumination (max. 1000 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and controlled environment (10 – 40°C, 30 – 99% relative humidity). The growth area with roller conveyer has capacity of up to 640 *Arabidopsis*, cereals and other crops grown in standardized pots. The measuring cabinet contains acclimation chamber for dark adaptation of plants coupled with an automated weighting and watering area. The cabinet is equipped with KCFIM and RGB imaging (top and 2 side views), thermoimaging (IR) to measure stomata openness and SWIR hyperspectral imaging to determine water content. The platform can be controlled either from the place or via remote control software. The operating software enables automatic data evaluation.

PlantScreen高通量表型成像分析平台，包括叶绿素荧光成像、RGB 3D彩色成像、红外热成像（图中IR）及SWIR高光谱成像等功能模块

案例2: Automated integrative high-throughput phenotyping of plant shoots: a case study of the cold-tolerance of pea. *Plant Method*, 2015.

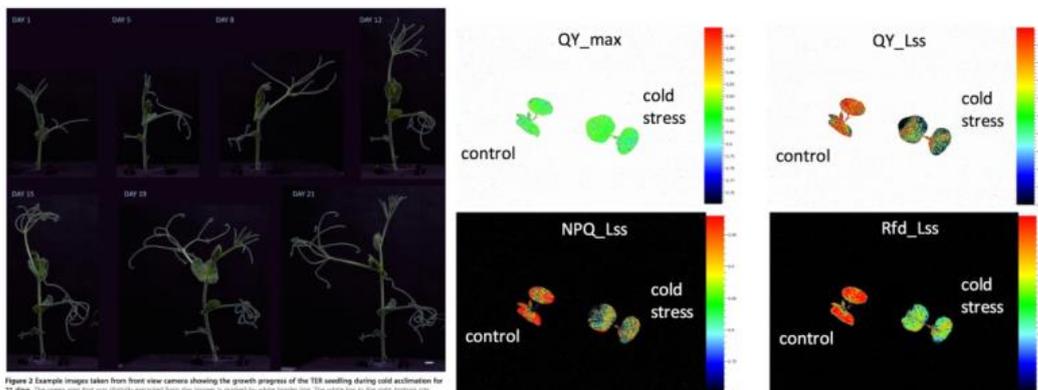
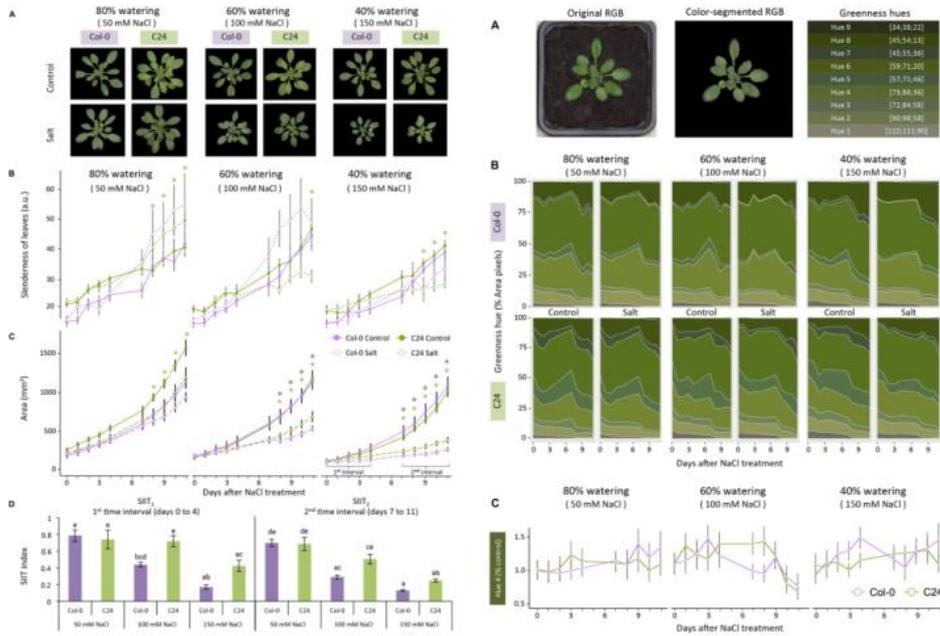


Figure 2 Example images taken from front view camera showing the growth progress of the T88 seedling during cold acclimation for 27 days. The green area that was digitally extracted from the images is marked by white border line. The white bar in the right bottom side represents length of 1 cm.

左图为豌豆侧面RGB成像，右图为顶部叶绿素荧光成像分析，其中QY为最大光量子产量、NPQ为非光化荧光淬灭，Rfd为荧光衰减指数

案例3: High-Throughput Non-destructive Phenotyping of Traits that Contribute to Salinity Tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *Frontiers in Plant Science*, 2016.



不同品种拟南芥对盐分胁迫的响应 RGB 彩色成像分析(PlantScreen 平台),其中左图为叶片细长度、叶面积、抗盐性指数 (Shoot ion-independent tolerance, SIIT), 右图为颜色分割分析得到的绿度、相对于对照组的盐分诱导灰度指数 (Salt-induced changes in hue4)