

Field-based Phenotyping 大田高通量作物表型成像分析技术方案

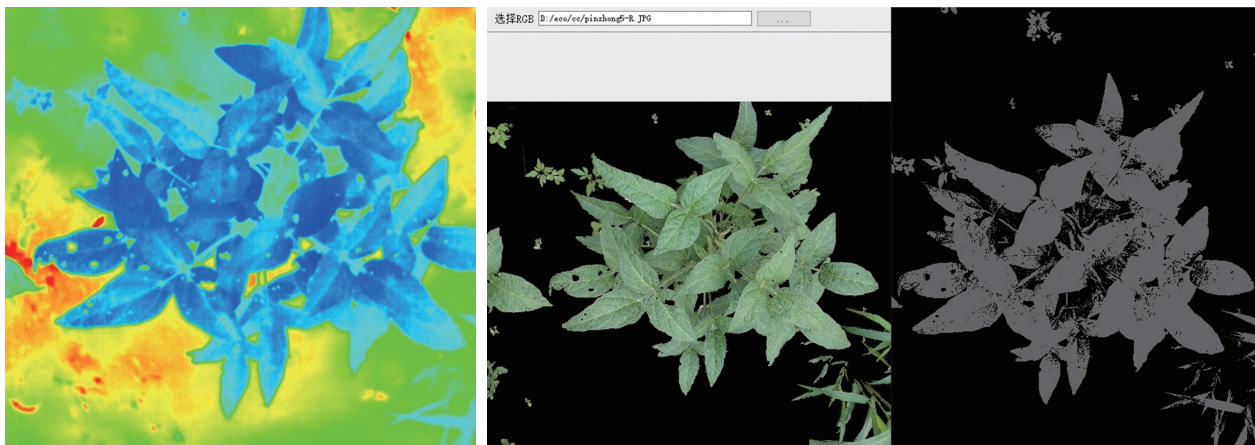
PhenoDATA®表型分析传感器技术 PlantScreen-R移动式植物表型成像分析系统
PlantScreen野外高通量植物表型分析平台 PhenoPlot 轻便型作物/植物表型成像分析系统
PhenoCOSM集装箱式植物培养与表型观测系统 PhenoUAS无人机遥感植物表型分析平台

Field-based Phenotyping 大田高通量作物表型成像分析技术方案

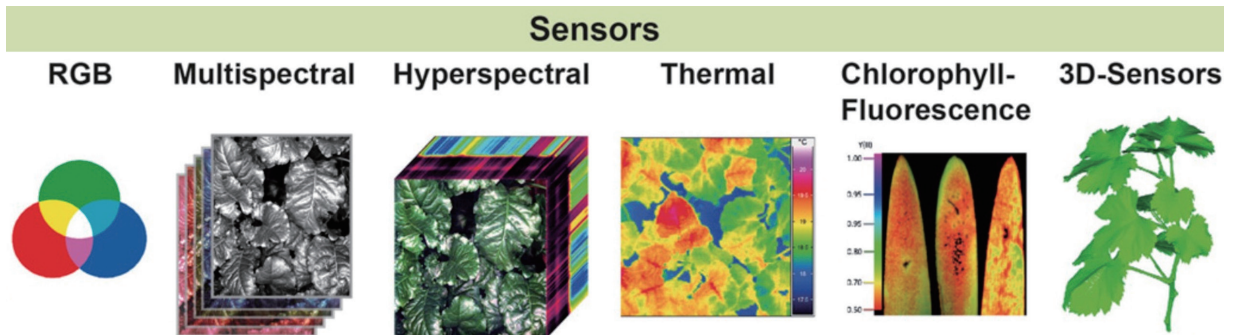
手持式、便携式仪器无疑是野外大田作物表型分析性价比高、使用灵活方便的设备（参见“便携式植物表型分析全面解决方案”），如手持式FluorPen叶绿素荧光仪、手持式SpectraPen/PolyPen高光谱仪、IQ智能手持式高光谱成像仪、FluorCam便携式叶绿素荧光成像仪、Thermo-RGB冠层温度与彩色成像融合分析技术等，不仅可以在叶片水平上（如叶夹式PolyPen高光谱仪、便携式FluorCam叶绿素荧光成像仪等），而且可以在冠层水平上（如IQ智能手持式高光谱成像仪）进行大田作物/植物无损表型测量分析与生理生态研究。



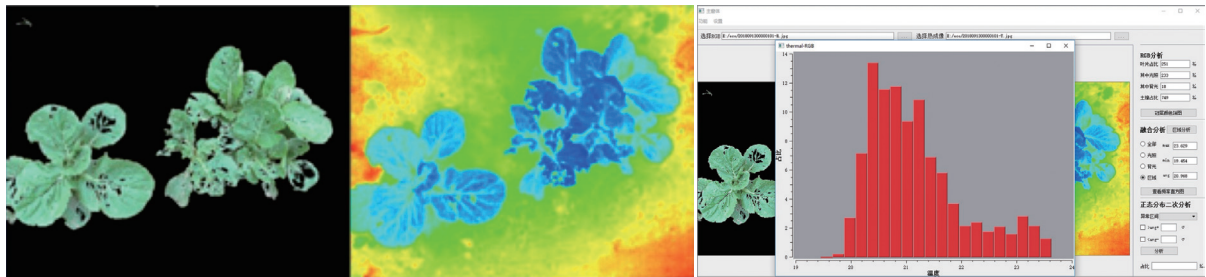
本专辑主要介绍大田（野外）作物高通量、无损表型组学研究技术方案，以满足野外大田作物不同实验研究、不同预算条件下作物遗传育种（如抗性筛选等）、表型分析与表型大数据建设、生理生态研究（如胁迫生理等）、种质资源保护与品种检测鉴定、病害预测预报等需求。



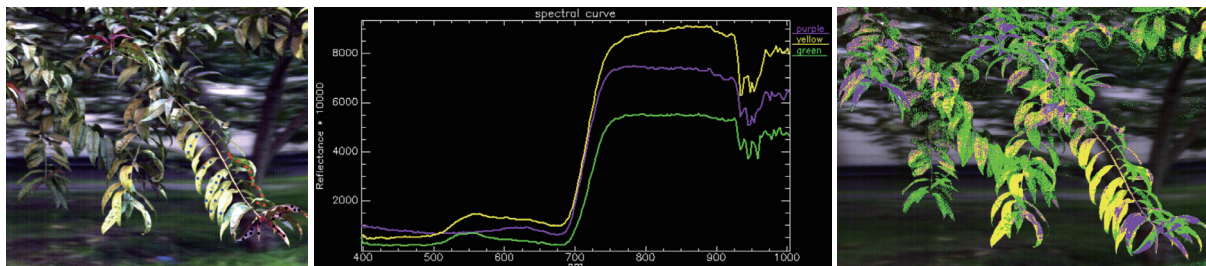
PhenoDATA® 表型分析传感器技术



- 1、Thermo-RGB可见光与红外热成像融合分析技术：用于成像分析作物冠层形态结构及温度动态、阴影效应等，包括覆盖度、阳光照射叶片（SL）占比、阴影叶片（ShL）占比、土壤（Soil）占比及相应温度信息（最高温度、最低温度、平均温度、温度频率直方图等），还可以分析测量叶片颜色和形态如长、宽、面积、长宽比等等。可升级为Thermo-NDVI红外热成像与多光谱成像融合分析。

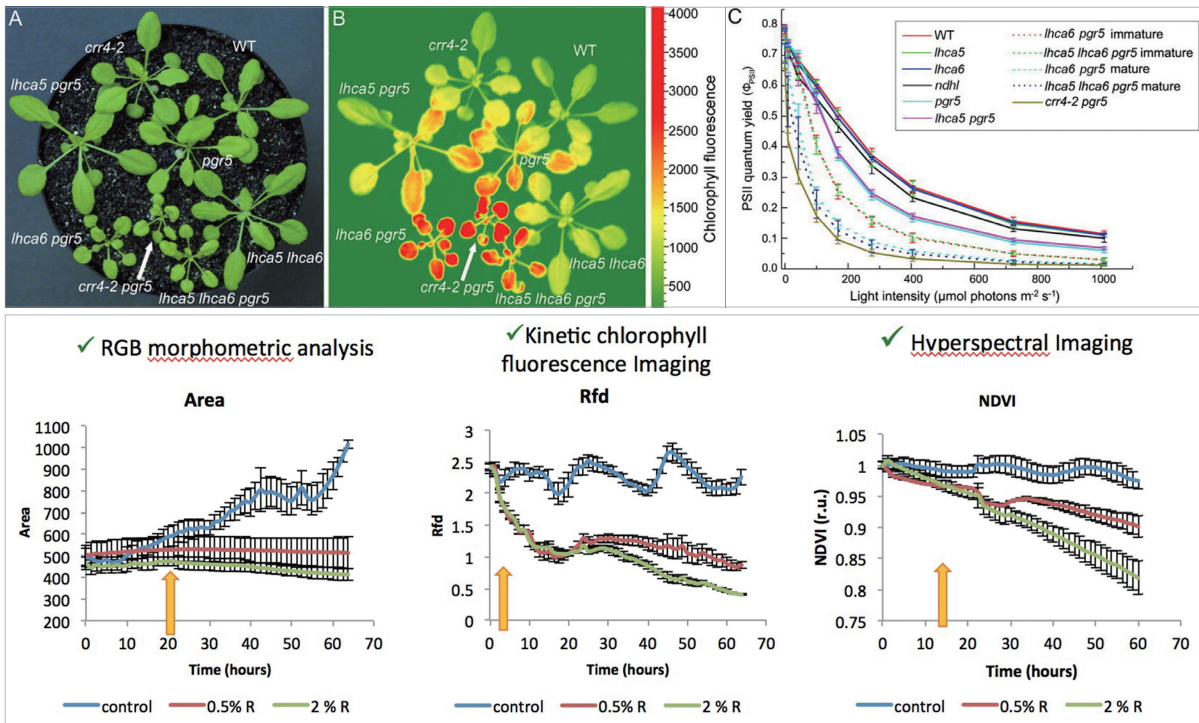


- 2、SpectraScan高光谱成像分析技术：包括400-1000nm、600-1640nm、900-1700nm、1000-2500nm、400-2500nm及MWIR中波段红外高光谱、LWIR长波段红外高光谱等高端高光谱成像技术，及不同算法数据分析处理技术方案，全方位、大数据、高灵敏度、非损伤分析作物生理生化及形态结构功能表型数据，如基于植物光谱反射指数的决策树、冠层光谱特征与区分技术、SAM/SID快速检测技术等等。



- 3、SIF（阳光诱导叶绿素荧光）高光谱成像技术：由Specim公司与德国Juelich研究中心为欧洲太空局（ESA）地球探测项目（FLEX）研制的Hyplant传感器（AisaIBIS），是世界上第一款商业化高光谱叶绿素荧光成像仪，采用夫琅和费线深度法，可以检测太阳辐射诱导叶绿素荧光（Sun-induced Fluorescence），用于陆空双基植物叶绿素荧光高光谱成像测量分析，可得到NDVI、EVI、F760（植物叶绿素荧光）等参数。

4、FluorCam叶绿素荧光成像技术：“作物产量的提高需要同步化综合评估作物形态性状和生理性状，高通量量化作物生理状态测量分析技术尤为重要，而叶绿素荧光成像技术是监测作物生理性状表型的最适合的技术”（德国植物遗传与作物研究所IPK Henning Tschiersch教授等，2018）。作为作物生理性状表型（光合生理生态、光合效率、适合度、胁迫与抗性检测分析等）最灵敏的“探针”，国际上几乎所有的知名表型研究机构都配备有FluorCam叶绿素荧光成像设备。由下面RGB成像（测量指标为叶面积area）、FluorCam叶绿素荧光成像（测量指标为荧光衰减指数Rfd）及高光谱成像（测量指标为植被归一化指数NDVI）结果可以看出，Rfd指数最为灵敏，在胁迫施加2小时后即可检测出，RGB成像最不灵敏——20小时后才检测出胁迫影响。



5、PhenoCOSM®表型实验模拟技术：基于SoilTron®小型蒸渗仪技术，在野外离体土壤柱体（与大田土壤隔离）或原位miniPlot植物培养情况下，模拟自然条件并利用综合传感器技术在线监测环境因子如土壤水分、土壤温度、营养盐、空气温湿度、太阳辐射，及植物性状如茎干生长、果实生长、光合作用、茎流、NDVI/PRI、叶绿素荧光、根系生长等。



6、其它技术：包括激光扫描技术及NIR红外成像技术等，前者用于作物形态结构测量和3D点云建模，后者波段范围900-1700nm，用于作物水分分布分析。

PlantScreen-R 移动式植物表型成像分析系统

PlantScreen-R移动式植物表型分析系统（PlantScreen rover system）为知名大型移动式叶绿素荧光成像系统（Rover FluorCam）的升级版，4个轮子带驱动，以便于大田移动，适于温室及野外大田作物原位表型成像分析测量，具备PlantScreen几乎所有成像分析功能及表型大数据数据库等。标配为RGB成像分析、FluorCam（35×35cm）叶绿素荧光成像分析，可选配高光谱成像、红外热成像、3D激光扫描等功能模块，成像高度可调（标配最高植株高度可达1m），是田间作物高通量表型分析、植物生理生态研究的重要仪器设备，可直接对野外植物或田间栽培作物进行原位成像测量分析，还可与SoilTron多功能小型蒸渗仪配合使用，直接对SoilTron培养植物进行成像分析。



主要技术特点：

1. 结构紧凑，配置灵活，功能全面，大田等环境使用方便，非损伤、高通量，表型大数据采集与在线分析并可视化展示
2. 全球领先的FluorCam叶绿素荧光成像技术，是作物生理生态功能性状的必备分析技术，配备独有的高灵敏度叶绿素荧光成像镜头，大量参考文献和应用案例
3. 可选配不同的表型成像分析模块：
 - 1) 叶绿素荧光成像单元，单幅成像面积35cm × 35cm
 - 2) RGB可见光成像分析单元
 - 3) 高光谱成像分析单元，有VNIR高光谱和SWIR高光谱供选配
 - 4) NIR（近红外）成像单元，用于对植物水分状态分析
 - 5) 红外热成像分析单元，用于对植物干旱胁迫、气孔导度成像分析
 - 6) 3D激光扫描单元，用于对作物3D成像和形态结构分析
4. 可选配大田环境监测单元或定制网络化监测方案、微环境监测方案，如空气温湿度与太阳辐射/PAR（光合有效辐射）监测、土壤水分温度与盐分监测（不同点或不同剖面深度）、降雨量监测、CO₂/O₂测量监测等

5. 可选作物根系监测方案
6. 可选冠层温度监测、冠层光谱监测、冠层O₂与CO₂监测等

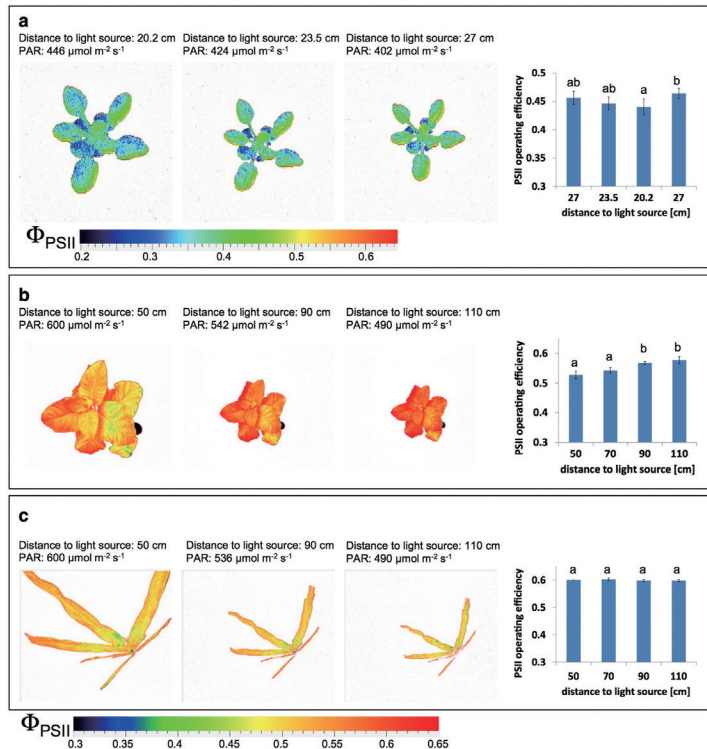
技术指标:

1. 主机框架平台: 标配为铝制结构, 具4个驱动轮便于大田移动, 高度可调(标配植株最高高度可达100cm); 可选配其它农具车式平台(需客户定制)

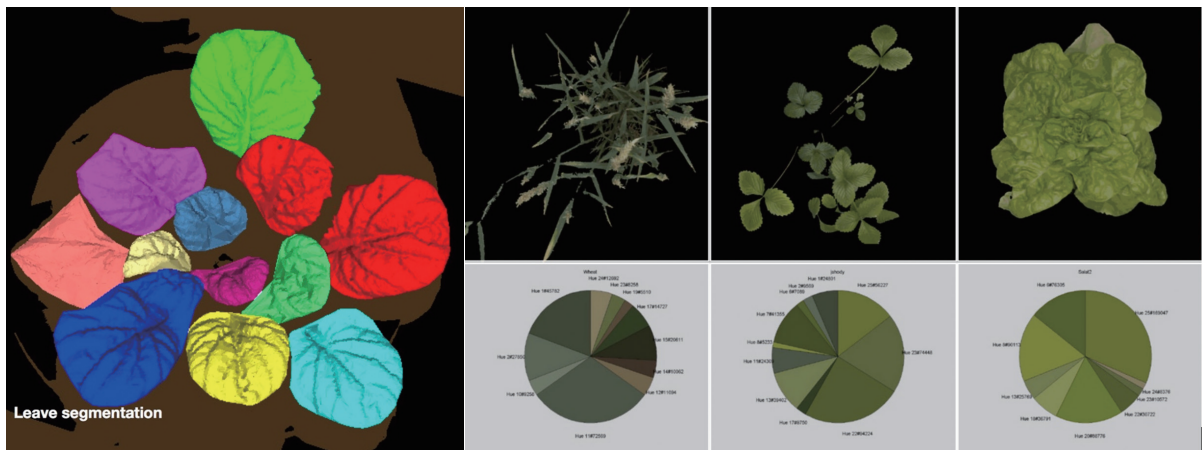


2. FluorCam叶绿素荧光成像分析(详细指标参见FluorCam叶绿素荧光成像技术), 用于植物生理功能性状如光合效率、胁迫与抗性筛选等

- 1) 成像面积: 35 × 35cm
- 2) 橙色620nm LED脉冲调制测量光源, 用于测量最小荧光Fo等
- 3) 双色光化学光, 橙色620nm LED和冷白LED光源
- 4) 冷白LED饱和光闪, 最大光强4000 μmol(photons)/m².s, 用于测量最大荧光产量Fm等
- 5) 735nm LED红外光源用于测量Fo'等
- 6) 高灵敏度CCD传感器镜, 分辨率1.4M, A/D 16比特, 具备视频模式和快照模式
- 7) 测量参数: Fo、Fm、Fv、Fo'、Fm'、Fv'、Ft、Fv/Fm、Fv'/Fm'、PhiPSII、NPQ、qN、qP、Rfd、ETR等, 用于分析植物光合效率、适合度、生物与非生物胁迫及作物抗性、恢复力等
- 8) Fv/Fm、Kautsky诱导效应、荧光淬灭分析等完备自动化测量程序(protocols)与测量参数, 如Fv/Fm程序测量时间仅需10s

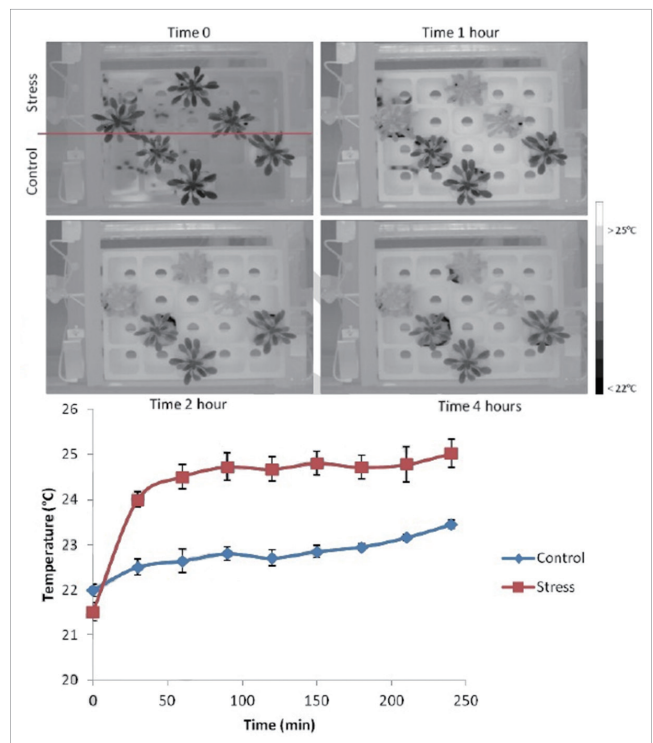


- 9) 叶绿素荧光数据在线分析，包括柱状图、测量参数图、数据表格等，具备自定义图像分割等功能
3. RGB成像，用于植物形态结构与颜色成像分析
- 1) CMOS彩色传感器，分辨率5MPix、2560 × 1920（可选配12MPix镜头）、1/2"、14.1fps，像素大小2.2 μm
 - 2) 测量参数：叶面积、植物紧实度 / 紧密度、叶片周长、偏心率、叶圆度、叶宽指数、植物圆直径、凸包面积、植物质心、生长高度、相对生长速率等
 - 3) 可进行颜色分割分析、植物适合度评价、实验生长期叶面积动态变化比较分析、绿度指数、颜色分级分析（健康绿色、亮绿色、暗绿色、其他颜色）等表型参数



4. 红外热成像，用于气孔导度、干旱胁迫指数及其它胁迫成像分析

- 1) 成像传感器：焦平面阵列微测热辐射计，分辨率 640 × 480 像素，灵敏度 30mK (0.03°C)，波段7.5-13 μm
 - 2) 温度范围-20~120°C，分辨率<0.03°C @30°C/30mK
 - 3) 具备温度动态Protocols，光照强度、持续时间、热成像分布数据同步获取，以研究分析植物温度分布动态等
 - 4) 具备温度参考传感器（reference sensors）
 - 5) 测量参数：植物每一点的实际温度，植物表面温度分布图
5. NIR近红外成像分析单元：用于成像监测分析植物水分状态分布，具备假彩调色板，可以方便对比分析，快速监测脱水植物，因而可以监测评估干旱胁迫条件下植物水分的动态变化响应及水分利用效率等
- 1) 可与RGB成像形态结构参数及FluorCam



- 光合效率参数进行相关分析等；可完整记录追溯干旱过程与复水过程的动态响应等
- 2) 通过测量水分吸收光谱和940nm参考光谱，有效避免环境光及阴影效应
 - 3) InGaAs传感器，有效芯片大小 $9.6 \times 7.7\text{mm}$ ，波段范围900 – 1700nm，分辨率 638×510 像素，帧频118fps，A/D 14比特
6. 3D激光扫描分析，可建立3D点云模型，用于植物形态结构分析，可分析植物结构、生物量、叶片数量、叶面积、叶片倾斜角度、植物高度等结构形态参数
7. 表型组学研究分析系统：包括客户端应用服务器、可编程序逻辑控制器及专业分析软件等
- 1) 自动控制与分析功能：具备用户定义、可编辑自动测量程序（protocols），根据用户设定程序自动完成全部实验。数据结果自动存储并分析，分析的数据结果可自动以动态曲线的形式显示
 - 2) 触摸屏操作界面，在线显示植物状态（可视化）、光线强度、分析测量状态及结果等
 - 3) 所测量的所有数据都是透明的、可以追溯的
 - 4) 具备用户权限分级功能，防止其他人员误操作影响实验
 - 5) 厂家远程故障诊断，软件终身免费升级

Field-based High-throughput Phenotyping PlatForm PlantScreen野外高通量植物表型分析平台

建立对野外生长植物迅速、准确、高通量非损伤多性状表型分析能力，是21世纪作物遗传育种面临的最大挑战（Andrade-Sanchez et al.2014, Furbank and Tester 2011, Houle et al. 2010）。野外高通量植物表型分析平台对遗传学、生物技术、作物育种，及作物对气候变化、土壤、耕作管理的响应研究监测等，特别是现代农业、智慧农业都具有无比重要的意义。

PlantScreen野外高通量植物表型分析平台集成了自动化控制系统、叶绿素荧光成像测量分析、植物热成像分析、植物高光谱分析、RGB彩色成像分析及互联网+表型大数据平台等现代先进技术，以最优化的方式实现野外植物原位高通量表型分析测量、植物胁迫响应与作物抗性成像分析测量筛选、植物生长分析测量、性状识别及植物生理生态分析研究等。作为全球第一家研制生产植物叶绿素荧光成像系统的厂家，PSI公司在植物表型成像分析领域处于全球的技术前列，大面积叶绿素荧光成像分析等成像分析平台使PlantScreen成为植物表型分析与功能成像分析的最为先进的仪器设备。



功能特点：

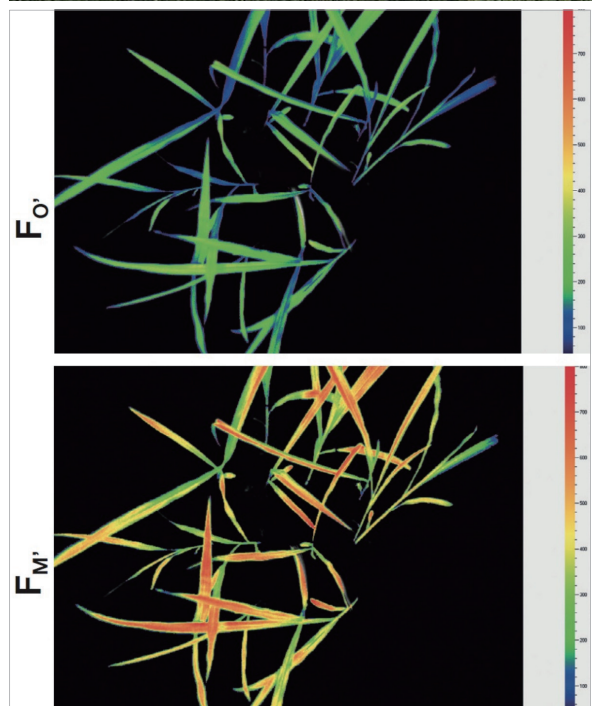
1. 大型多功能成像平台（Multi-functional sensor platform），集成了叶绿素荧光成像、RGB成像、红外热成像、LiDAR、高光谱成像等各种先进高端传感设备，全面分析：
 - 1) 结构性状表型分析（RGB成像及LiDAR）
 - 2) 功能表型分析（叶绿素荧光成像）
 - 3) 形状与生长评估（RGB成像及LiDAR）
 - 4) 光合作用表现（叶绿素荧光成像）
 - 5) 生物胁迫与非生物胁迫响应（叶绿素荧光成像、高光谱成像、红外热成像）
 - 6) 生理生态表现包括光合生理、气孔动态、生化代谢指标等等（叶绿素荧光成像、高光谱成像、红外热成像）
2. 全球领先的FluorCam叶绿素荧光成像技术，是作物生理生态功能性状的必备分析技术，智能LED光源提

供调制测量光可以在白天自动成像测量光适应条件下的叶绿素荧光及光合效率；配备独有的高灵敏度叶绿素荧光成像镜头，成像面积达 $35\text{cm} \times 35\text{cm}$ （可客户定制 $80\text{cm} \times 80\text{cm}$ ），是世界上单幅叶绿素荧光成像面积最大的技术设备

3. 可安装在专用自动运行平台上沿样带轨道自动运行的同时进行样带全覆盖自动扫描成像和在线分析
4. 表型分析大数据平台，包括系统控制、数据采集、数据处理分析与可视化在线显示、数据库等
5. PSI表型研究中心专家团队技术支持，每年在美国和欧洲分别组织举办一次世界植物表型研讨会
6. 可选配基于无人机技术（UAV-based）的PhenoUAS无人机高通量表型分析平台，使基于地面的表型分析scalling-up到空中大区域快速表型分析
7. 可选配土壤气象监测站，全面分析环境条件与表型性状的关系
8. 可选配植物生理生态监测系统，同步监测植物光合作用及果实生长等信息
9. 可选配自动称重数字化培养盆，进行精确称重、土壤水分监测、自动浇灌等

主要技术指标：

1. 一体式多功能自动成像分析平台，集成了智能LED光源及叶绿素荧光成像模块、RGB成像分析模块及其它如红外热成像、LiDAR激光扫描、高光谱等选配成像模块，通过操作系统自动运行、自动分类存储、自动在线分析等
2. 叶绿素荧光成像分析（标配）：
 - 1) 3色智能LED激发光源，620nm脉冲测量光、白色光化学光和最大饱和光闪、735nm红外光用于测量 F_o' 等
 - 2) 可选配蓝色光源与7位滤波轮用于多光谱多波段荧光测量如GFP成像测量
 - 3) 独有高灵敏度CCD叶绿素荧光成像传感器，帧频达50fps，有效捕捉叶绿素荧光瞬变，分辨率 720×560 像素，A/D12比特，具备视频模式和快照模式；可选配高分辨率CCD，分辨率 1360×1024 ，帧频20fps，A/D 16比特
 - 4) 单幅成像面积 $35 \times 35\text{cm}$
 - 5) 成像测量参数：可进行黑夜暗适应测量及白昼光适应测量，测量参数包括 F_o ， F_m ， F_v ， F_o' ， F_m' ， F_v' ， F_t ， F_v/F_m ， F_v'/F_m' ， Φ_{II} ， NPQ ， q_N ， q_P ， R_{fd} 等叶绿素荧光参数，用于分析植物光合效率、适合度、生物与非生物胁迫及作物抗性、恢复力等
 - 6) F_v/F_m 、Kautsky诱导效应、荧光淬灭分析等



完备自动化测量程序 (protocols) 与测量参数, 如Fv/Fm程序测量时间仅需10s

- 7) 叶绿素荧光数据在线分析, 包括柱状图、测量参数图、数据表格等, 具备自定义图像分割等功能, 可进行不同时间尺度 (如日、月、整个生长季节等) 的多参数动态分析

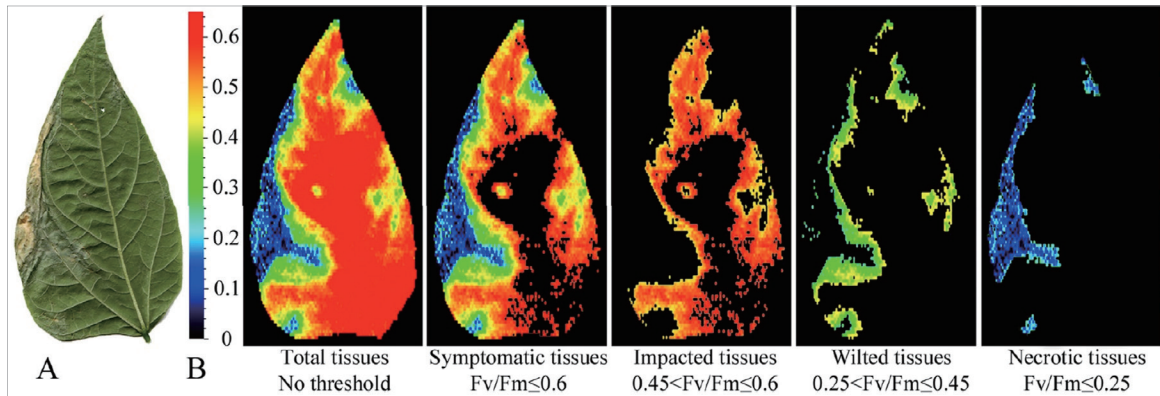
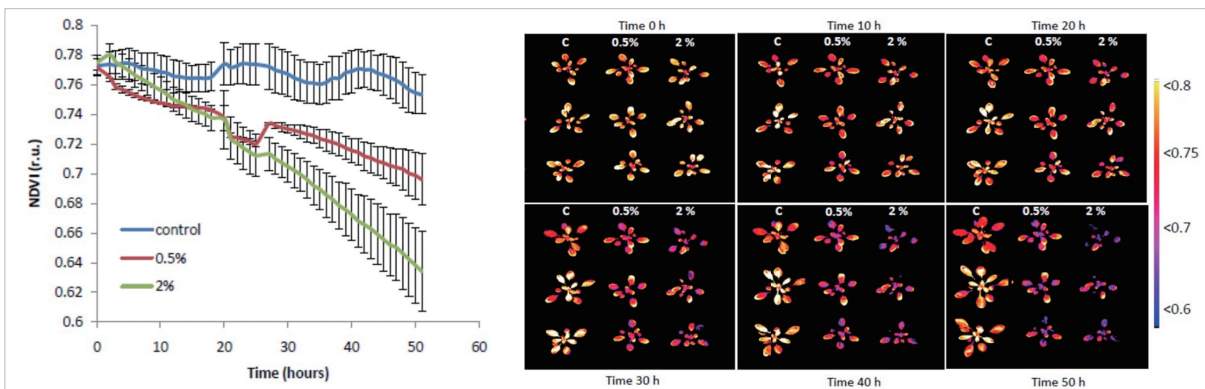


Figure 1 Expert-based thresholds allow the segmentation of various stages of the symptom development. Two weeks-old bean plants cv. Flavert were inoculated with either *Xff* CFBP4834-R (1.10^6 CFU ml⁻¹) or mock. This leaflet inoculated with *Xff* CFBP4834-R was sampled on bean *P.vulgaris* cv. Flavert at 11 dai. **A:** visible image obtained by scanning. Necrosis is clearly visible on the left marge of the leaflet surrounded by wilted tissues. **B:** Fv/Fm image obtained by chlorophyll fluorescence imaging. The three stages of the symptom development, i.e. necrotic, wilted and impacted tissues, were segmented respectively with the thresholds $0.25 \leq F_v/F_m$, $0.25 < F_v/F_m \leq 0.45$ and $0.45 < F_v/F_m \leq 0.6$. Black areas represent non-selected pixels with the threshold. After the segmentation step, the proportion of pixels in each segment may be quantified.

- 8) 是真正的二维同步成像, 所得叶绿素荧光参数是真正的基于像素点的二维分布参数, 避免简单化的“激光诱导成像” (优点是轻便、省电) 仅仅是一维成像 (点或线)、不能同步化二维成像、易受环境因素影响 (如风吹草动即产生严重误差)、成像参数只是模拟参数 (根据激光扫描快慢得到的快速测量荧光与慢速测量荧光不是真正的最小荧光和最大荧光, 所得参数“光量子产量”只是模拟光量子产量需要用进行校准后参数才能使用)、测量参数单一 (只能得到快速测量荧光和慢速测量荧光及由此计算出的模拟光量子产量或称光量子效率)、技术不成熟 (找不到参考文献) 等问题
- 9) 是世界上用于植物高通量表型分析应用最广、发表论文最多的技术手段
3. RGB成像分析 (标配): 可对植物的形状、颜色绿度等进行成像分析, 分辨率5Mpx, 并可自动对植物花朵数量、水稻分蘖等进行统计分析, 主要分析测量参数包括:
- 1) 叶面积 (Leaf Area: Useful for monitoring growth rate) 及其动态变化
 - 2) 植物紧实度 / 紧密度 (Solidity/Compactness. Ratio between the area covered by the plant's convex hull and the area covered by the actual plant)
 - 3) 叶片周长 (Leaf Perimeter: Particularly useful for the basic leaf shape and width evaluation (combined with leaf area))
 - 4) 偏心率 (Eccentricity: Plant shape estimation, scalar number, eccentricity of the ellipse with same second moments as the plant (0...circle, 1...line segment))
 - 5) 叶圆度 (Roundness: Based on evaluating the ratio between leaf area and perimeter. Gives information about leaf roundness)
 - 6) 叶宽指数 (Medium Leaf Width Index: Leaf area proportional to the plant skeleton (i.e. reduction of the leaf to line segment))
 - 7) 叶片细长度SOL (Slenderness of Leaves)

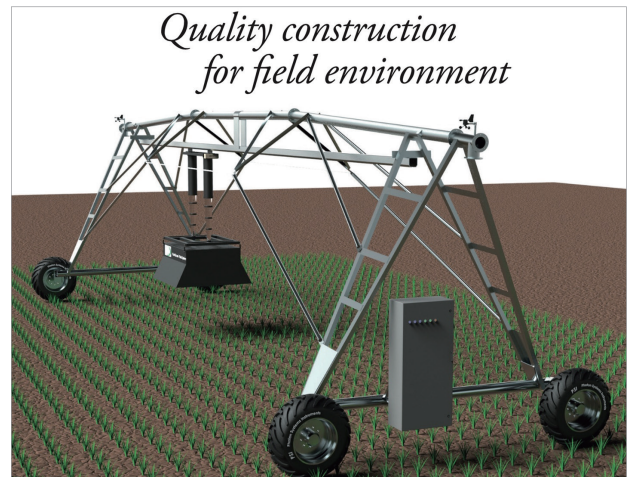
- 8) 植物圆直径 (Circle Diameter. Diameter of a circle with the same area as the plant)
 - 9) 凸包面积 (Convex Hull Area. Useful for compactness evaluation)
 - 10) 植物质心 (Centroid. Center of the plant mass position (particularly useful for the eccentricity evaluation))
 - 11) 扁平指数 (Flattening index)
 - 12) 相对生长速率 (Relative growth rate)
 - 13) 绿度指数与分级分析 (暗绿、健康绿、浅绿等)
 - 14) 颜色分级与分区分析 (Color segmentation for plant fitness evaluation)
 - 15) 其它性状与颜色分级动态分析
4. 3D激光扫描分析 (选配) : 用于植物结构表型分析, 通过点云模型自动分析计算植物结构、生物量、叶片数量、叶面积、叶片倾斜角度、植物高度等各种形态结构参数
- 
- Point clouds 3D model
5. 红外热成像分析 (选配) : 焦平面阵列微测热辐射计, 分辨率 640 × 480 像素, 波段 7.5-13 μ m, 温度范围 -20 - 120 °C, 分辨率 $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}@30\text{ }^{\circ}\text{C}/50\text{mK}$, 成像面积 35x35cm, 用于成像植物在光辐射情况下的冠层温度分布, 并分析植物的气孔导度动态、干旱胁迫及抗干旱能力评估等, 良好的散热可以使植物耐受较长时间的高光辐射或低水条件 (干旱)
 6. 高光谱成像分析 (选配) : 波长范围 380-1000nm, 光谱带数 (波段数) 675 个波段, 可成像并分析归一化指数 (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) 简单比值指数 (Simple Ratio Index, Equation: $SR = RNIR / RRED$)、改进的叶绿素吸收反射指数 (Modified Chlorophyll Absorption in Reflectance Index (MCARI1), Equation: $MCARI1 = 1.2 \times [2.5 \times (R790 - R670) - 1.3 \times (R790 - R550)]$)、优化土壤调整植被指数 (Optimized Soil-Adjusted Vegetation Index (OSAVI), Equation: $OSAVI = (1 + 0.16) \times (R790 - R670) \div (R790 - R670 + 0.16)$)、光化学植被反射指数 (Photochemical Reflectance Index (PRI), Equation: $PRI = (R531 - R570) \div (R531 + R570)$) 等



7. 野外移动平台: 跨度和高度可定制. 平台臂15m跨度 (可定制其他尺寸) , 多功能成像平台可在移动平台上左右自动扫描成像分析, 可自动扫描宽度达12m的样带, 每一次扫描成像面积可达 $10 \times 0.35\text{m}$

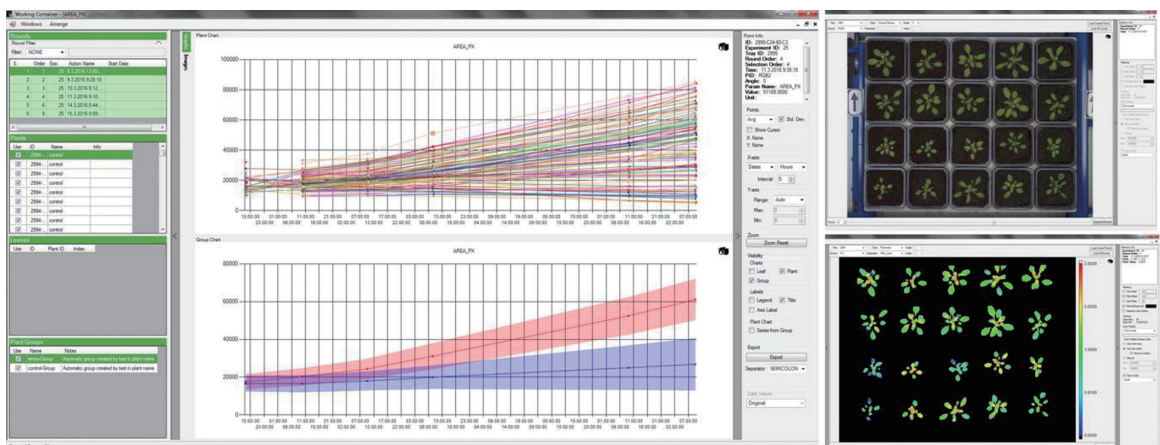
(3.5m²)，允许植株高度最高3米，完成一次扫描时间从不足1分钟到几分钟（根据实验测量程序Protocol而定），移动平台可沿轨道自动运行，运行距离原则上不受限制（受轨道长度限制）；移动平台高度3.5m，多功能成像平台高度可调节，以适应不同高度作物成像分析；配备GPS系统精度达2cm

8. 通过软件自动记录测量数据、位置、时间等，可由柴油发电机提供动力驱动整个平台移动
9. 可选配环境测量传感器网络，自动监测记录PAR、环境CO₂浓度、空气温湿度、降雨量及土壤水分等。



10. 系统控制与数据采集分析系统（表型大数据平台）：

- 1) 用户友好的图形界面
- 2) GPS定位功能可进行空间分布信息及时空分布格局分析
- 3) 已内置各种成熟的Protocols，具备用户定义、可编辑自动测量程序（protocols），根据用户设定程序自动完成全部实验。数据结果自动存储并分析，分析的数据结果可自动以动态曲线的形式显示
- 4) MySQL数据库管理系统，可以处理拥有上千万条记录的大型数据库，支持多种存储引擎，相关数据自动存储于数据库中的不同表中
- 5) 可用默认程序进行所有测量，也可通过开发工具创建自定义的工作过程，或者手动操作LED光源开启或关闭、RGB扫面成像、叶绿素荧光成像等
- 6) 实验程序（Protocols）具备起始键、终止键、暂停键
- 7) 系统可通过互联网无线远程控制，允许用户通过互联网远程访问，进行数据处理、下载及更改实验设计，具备用户权限分级功能，防止其他人员误操作影响实验



产地：欧洲PSI

PhenoPlot 轻便型作物/植物表型成像分析系统

PhenoPlot 轻便型植物表型成像分析系统由轻便型可移动式表型扫描成像台架、成像单元及分析软件构成，采用STP（sensor-to-plant）技术，成像单元可沿台架横轴左右自动定位成像(样带式)，高度可调。标准配置包括Thermo-RGB成像分析、高光谱成像分析，可选配Thermo-NDVI成像分析、FluorCam叶绿素荧光成像单元或SIF太阳光诱导叶绿素荧光高光谱成像单元、PhenoCOSM生理生态实验模拟监测系统等。

主要功能特点:

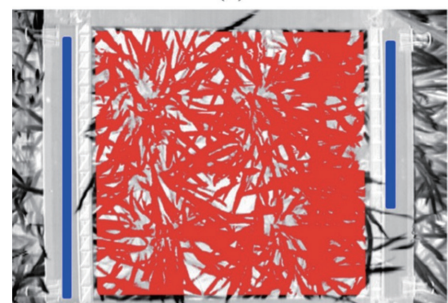
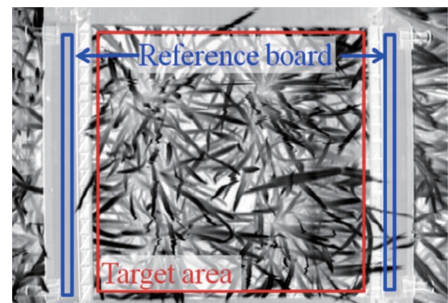
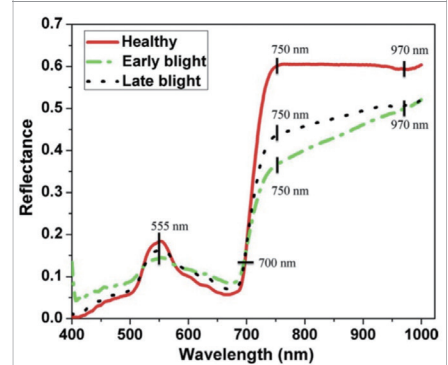
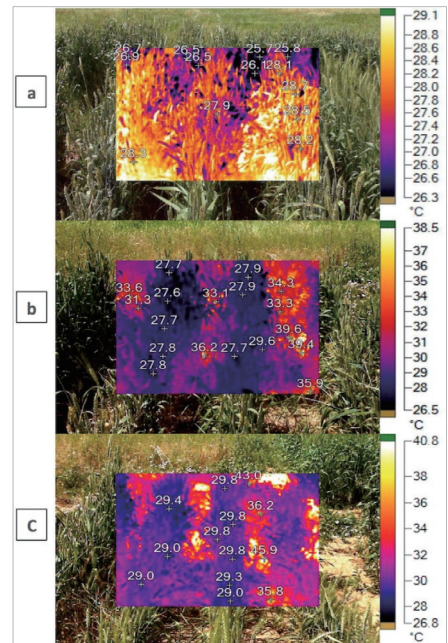
1. 模块式结构，轻便、可扩展，一个人即可拿到大田内对 Plot 样地作物/植物进行表型成像测量分析，或在温室内对基于Soiltron蒸渗仪专利技术的miniPlot进行扫描成像分析
2. 标配为单轴样带式扫描成像分析，可客户定制XY 双轴表型成像台架，高度(Z轴)可调，以适应不同高度植物/作物
3. 可选配侧面（垂直）光谱成像分析，还可选配旋转式高光谱扫描成像平台
4. 可选配 RGB 成像、多光谱成像、红外热成像、Thermo-RGB融合成像、高光谱成像等不同成像单元
5. 可选配 FluorCam 便携式叶绿素荧光成像单元，或选配AisaIBIS太阳光诱导叶绿素荧光测量系统（无需人工光源）
6. 应用于作物生理生态测量研究、作物胁迫与抗性评估、N含量评估及作物表型测量分析等



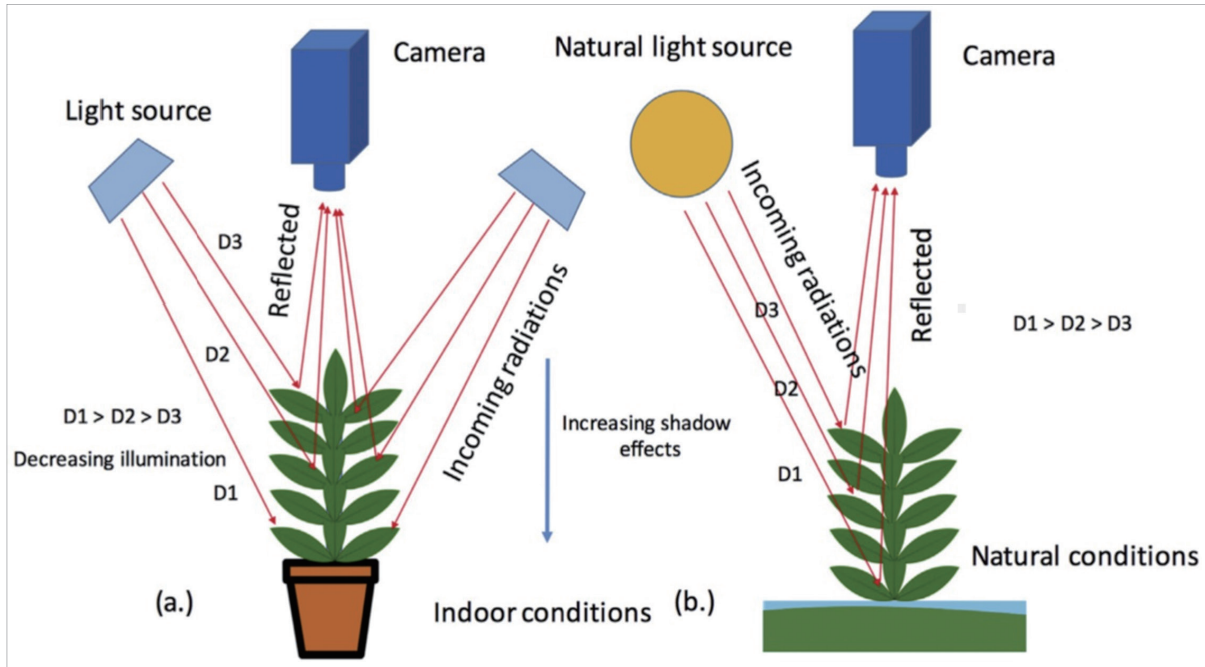
主要技术指标:

1. 单轴（X轴）标配跨度(扫描幅度)1.5m，可选配2m(便于携带)跨度，定位精度 1cm
2. 高分辨率 RGB 成像，分辨率达 18MPixels，10 倍光学变焦;可选配同等分辨率多光谱 NDVI 成像镜头
3. 科研级红外热成像:
 - 1) 分辨率 640 × 512 像素，温度范围-25 ~ 150摄氏度，温度分辨率 0.03 摄氏度
 - 2) 具视频模式和快照模式
 - 3) 可选配CWSI成像分析方案，对作物水分胁迫进行成像分析
 - 4) NUC功能以获得高质量高稳定性热成像图，插值功能可形成平滑热成像图（除去马赛克效果）

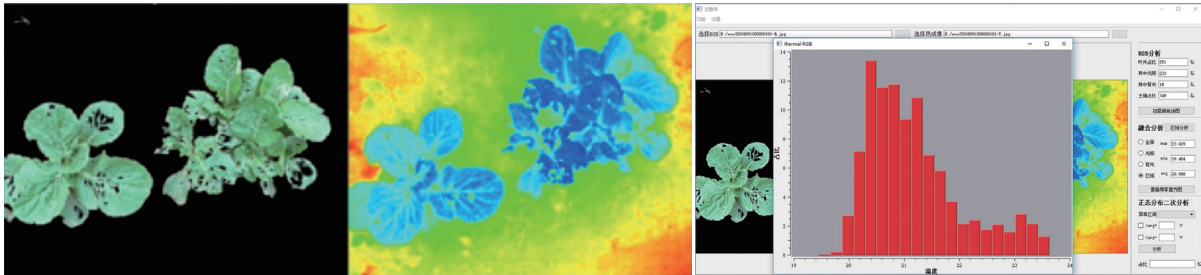
- 5) 具备热成像自动分级功能
 - 6) 支持GPS
 - 7) 14种调色板，可随意选配不同假彩成像
 - 8) USB-3接口或网络接口
 - 9) 多点温度及黑体校准并具校准证书
 - 10) 专业温度分析软件，可形成温度分布曲线、IOR点线区域温度分析、频率直方图、3D温度分布图等
4. Thermo-RGB红外热成像与RGB真彩成像融合技术，可测量阳光照射叶片的温度和覆盖度等，以精确反映作物气孔导度动态，使作物冠层温度测量精准区分阳光照射叶片、阴影叶片及土壤背景，并可进行ROI选区分析、频率直方图分析显示等
5. VNIR 高光谱成像分析单元
 - 1) 波段范围400-1000nm，波段数224
 - 2) 光谱分辨率 FWHM:5.5nm
 - 3) 空间分辨率:1024像素
 - 4) 视野38度
 - 5) 信噪比600:1
 - 6) 可成像测量分析作物生化、生理指标如叶绿素含量、花青素含量、胡萝卜素含量、光利用效率、健康指数、覆盖度、胁迫等20多个参数
 6. SWIR高光谱成像分析单元
 - 1) 波段范围900-1700nm，波段数224
 - 2) 光谱分辨率 FWHM: 8nm
 - 3) 空间分辨率: 640像素
 - 4) 视野38度
 - 5) 信噪比1000:1
 - 6) 可成像分析评估作物N素含量、水分含量指标与水分胁迫等
 7. 可选配IQ智能手持式高光谱成像单元
 - 1) 波段范围400-1000nm，波段数204
 - 2) 光谱分辨率 FWHM: 7nm
 - 3) 空间分辨率: 512 × 512像素
 - 4) 视野31度，物距15cm至无穷远
 - 5) 取景器相机分辨率: 5M
 8. 环境监测（客户定制）：包括空气温湿度、PAR、降雨量、土壤水分、土壤温度测量监测等
 9. 植物生理生态监测（客户定制）：包括叶面温度、叶面湿度、



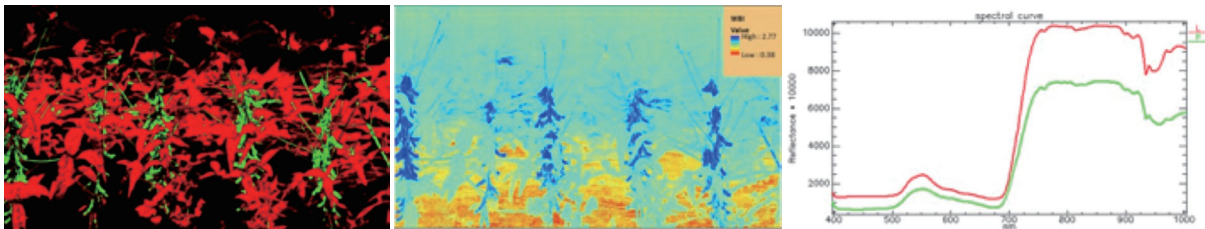
茎流、茎秆生长、果实生长、叶片叶绿素荧光监测及光合作用监测等



应用案例:



蔬菜Thermo-RGB成像分析，包括植物提取与背景过滤、匹配等，分析植物冠层覆盖度及土壤、光照叶片、阴影叶片的占比和最高温度、最低温度、平均温度、温度频率直方图等，据此研究分析植物水分有效利用情况及水分胁迫等。



大豆SpectraScan高光谱成像分析：包括形态结构分析如叶面积、豆荚面积、冠层覆盖度，生化生理分析如叶绿素含量、光利用效率、植物衰老（成熟）、胁迫与抗性，并通过决策树区分不同品种或冠层不同组分等。

PhenoCOSM 集装箱式植物培养与表型观测系

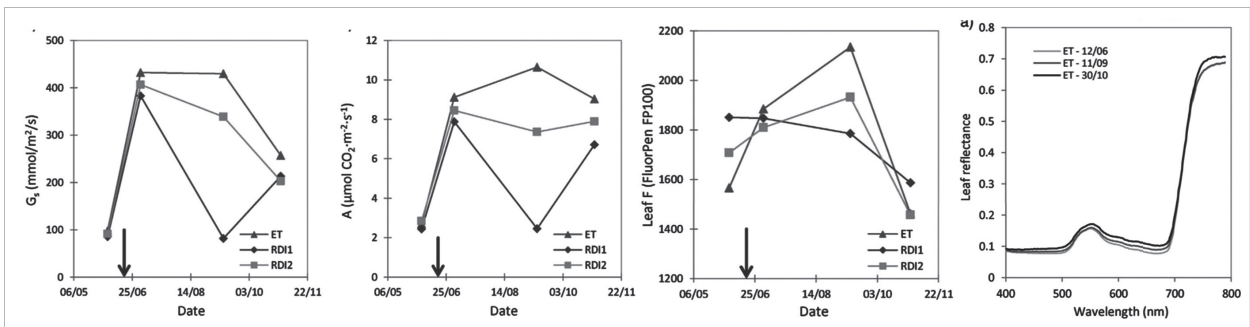
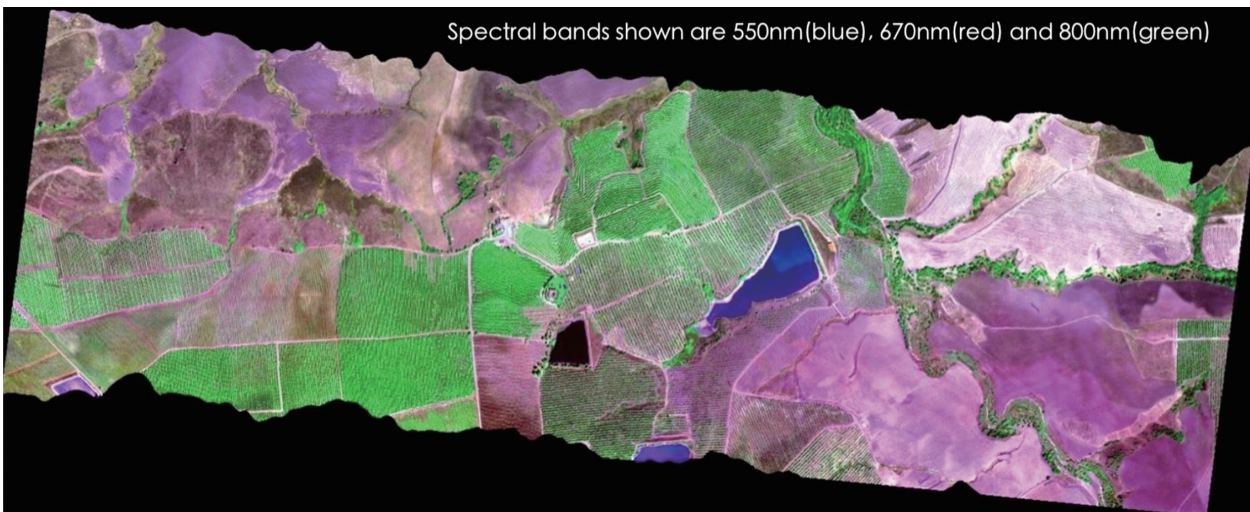
集装箱式植物培养与表型观测系统是在PSI集装箱式生长舱（Growth Capsule）的基础上，加配各种植物表型性状传感器组成的植物培养与表型观测系统，可同时满足植物培养与表型性状的监测，包括PAM脉冲调制叶绿素荧光参数监测（反应植物生理性状）与OJIP快速荧光动力学监测，植物茎流、茎干生长、果实生长、光合作用、冠层温度、NDVI/PRI（冠层光谱监测）等形态与生理性状监测，及环境因子包括空气温湿度、光源、CO₂、土壤水分调控监测。整套系统采用集装箱式设计，由一个独立的单元或两个单元组成，方便移动运输，该系统意味着可以在任何地点、任何环境条件下进行全天候生态环境模拟植物培养与表型性状观测，无需另建温室等，是植物培养与表型观测的“房车”。

Growth Capsule光照调控采用智能多通道LED光源，可选配冷白光、RGB三色光源、近红外等多色光源（比如6通道光源等），不同波段光源可按不同比例搭配组成不同光质条件，可模拟昼夜节律、有云天气等，具备day/night、dawn/dusk、cloudy/sky等protocols。



PhenoUAS 无人机遥感植物表型分析平台

PhenoUAS由易科泰自行研制的4旋翼或8旋翼专业遥感无人机平台，搭载RGB成像、红外热成像、多光谱成像及高光谱成像单元组成的空基作物表型成像分析平台，可与地面FluorPen叶绿素荧光仪、SpectraPen或叶夹式PolyPen高光谱仪、IQ高光谱成像仪、LCi-T便携式光合仪等组合使用，从叶片水平到冠层水平，全面、高通量、无损伤观测分析植物表型。作为世界知名高光谱成像生产厂商Specim在中国的高光谱无人机应用创新服务中心，易科泰生态技术公司及西安光谱成像与无人机遥感研究中心可以提供无人机遥感植物表型分析全面解决方案。



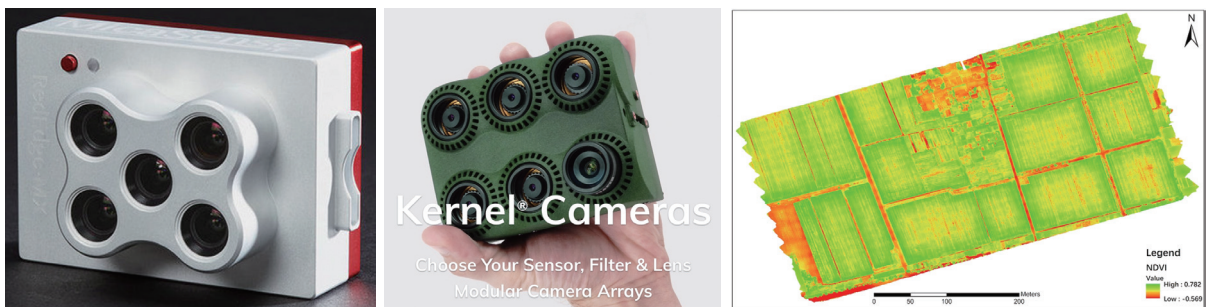
案例：上图为无人机遥感高光谱成像，下图依次为叶片气孔导度（LCi光合仪测量）、光合作用（LCi光合仪测量）
稳态叶绿素荧光（Fluorpen测量）及叶片反射光谱（PolyPen叶夹式高光谱仪测量）

技术特点：

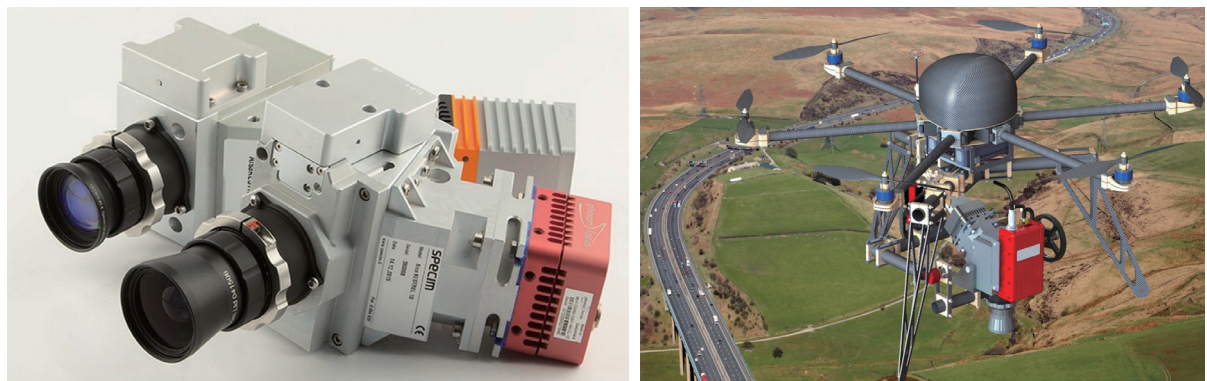
1. 可选配EcoDrone® 4旋翼轻便型无人机平台，或大疆M600六旋翼平台，或EcoDrone®八旋翼专业无人机遥感平台



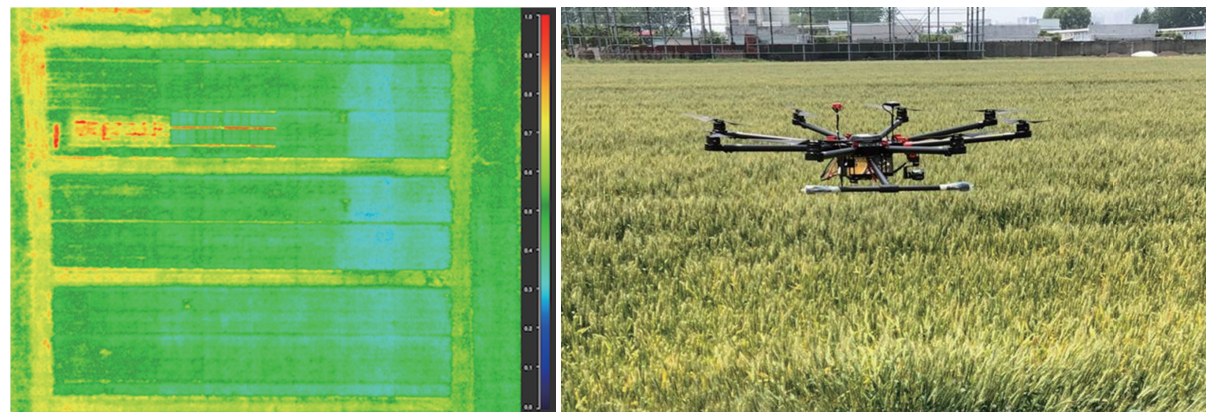
2. 可选配NDVI成像传感器多光谱成像传感器等



3. 可选配高光谱成像系统，波段范围400-1000nm或600-1640nm，空间分辨率可达2048像素



4. 可选配红外热成像或作物水分胁迫指数CWSI成像传感器





北京总部

公司地址: 北京市海淀区高里掌路3号院6号楼1单元101B

联系电话: 010-82611269/1572

公司网址: <http://www.eco-tech.com.cn>

电子邮件: sales@eco-tech.com.cn support@eco-tech.com.cn

生态实验室: eco-lab@eco-tech.com.cn info@eco-tech.com.cn

邮政编码: 100095

联系传真: 010-62465844



西安易科泰无人机遥感技术研究中心

公司地址: 陕西省西安市高新区锦业路69号创业研发园C区1号瞪羚谷A1008室

联系电话: 029-81124223

邮政编码: 710077

电子邮件: uav-rs@eco-tech.com.cn

青岛分公司

公司地址: 山东省青岛市市南区海支路5号青建大厦1610室

联系电话: 0532-82861228

日照电话: 0633-8315236

邮政编码: 266071

电子邮件: et-qingdao@eco-tech.com.cn

电子邮件: yufang@eco-tech.com.cn