

您身边的植物表型专家!

Greenpheno.A

HIGH THROUGHPUT PHENOTYPE ANALYSIS SOFTWARE

高通量表型分析软件



武汉谷丰光电科技有限公司 WUHAN GREENPHENO SCIENCE AND TECHNOLOGY CO.,LTD.

📍 武汉市东湖新技术开发区高新大道北斗路6号未来智汇城A15栋

☎ 027-87860098

✉ info@greenpheno.com

☎ 027-87860098

🌐 www.greenpheno.com



官方微信订阅号



官方微信服务号

WWW.GREENPHENO.COM

GREENPHENO

ABOUT US 公司简介

武汉谷丰光电科技有限公司(以下简称“谷丰光电”)依托华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室和华中科技大学武汉光电国家研究中心为技术支撑和研究合作平台,公司在武汉光电工业技术研究院和华中科技大学鄂州工业技术研究院开展规模化生产应用和市场推广的产业孵化平台,致力于植物表型、光电仪器、农业科研和机器视觉系统集成领域的高新技术企业。

谷丰光电注册于武汉东湖国家自主创新示范区,秉承“立足光谷,面向全球”的理念,是国内较早,权威自主研发植物表型平台的高校孵化企业,具备核心图像处理、自动化电控制、以及系统集成技术,掌握一批自主知识产权,为公司远景发展创造了坚实的基础。

谷丰光电作为以植物表型系统相关产品研发、生产、销售于一体的高新技术企业,具有高效的技术研发能力以及成熟的生产工艺。公司拥有多位具备专业能力和丰富实践经验的教授,博士和高级工程师组成的核心技术团队,均具有十年以上作物表型仪器开发经验,同时聚集了专业从事图像处理,工业控制,自动化等方向的高端技术人才,凭借优秀的研发团队和丰富的植物表型行业经验,公司自主研发了作物籽粒数字化考种机和植物表型平台等系列产品,仪器测量精准、高效的特点,荣获众多客户的赞誉,公司已拥有软件著作权 18 项,专利 12 项,部分专利软著仍在陆续申请中。公司产品广泛应用于农业科研、功能基因组研究、植物科学研究等领域。

无论在植物表型、遗传育种、功能基因组研究,还是现代化农业、植物学研究等领域,公司将以“自主创新,创国际品牌”为目标,坚持高科技、高价值、高效益,致力于成为高端农业科研仪器,植物表型系统及系统解决方案的开发商与供应商。

谷丰光电,您身边的植物表型专家!



高新技术企业



ISO质量管理体系认证



国家知识产权专利



计算机软件著作权

GREENPHENO

DIRECTORY 目录

01 软件系统介绍 SOFTWARE SYSTEM INTRODUCTION

01

02 数据分析单元介绍 DATA ANALYSIS UNIT INTRODUCTION

02

03 参考文献 REFERENCES

08

DIRECTORY

SOFTWARE SYSTEM INTRODUCTION 软件系统介绍

Greenpheno.A 作物表型分析软件集数据采集、数据分析为一体，集成了多种光学传感器采集接口（RGB 相机、红外相机、高光谱相机、激光雷达等），通过简单的硬件模块设置驱动成像传感器进行图像数据采集。同时，系统集成多模式图像处理算法，可同时处理 RGB 图像、红外图像、高光谱图像数据等，并可对分析结果进行自动存储。

多传感器集成

可选择不同成像模式

人性化的交互界面

分析进度友好提醒

功能特性
FUNCTION CHARACTERISTICS

轻量化的软件架构

分析结果实时展示

高通量数据处理

GREENPHENO

SOFTWARE SYSTEM PROCESS 数据分析单元介绍

软件模式选择 / SOFTWARE MODE SELECTION

软件模式主要分为两部分：**数据采集**、**数据分析**。数据采集主要通过软硬件设备获取多种传感器数据并存储在本地数据库。数据分析主要通过结合图像处理和深度学习算法对采集的数据进行分析，获取作物的多种表型参数。

▶ 打开 Greenpheno.A 软件，进入软件初始化界面。



界面初始化

▶ 初始化完成后，可进行数据采集 / 数据分析模式选择。



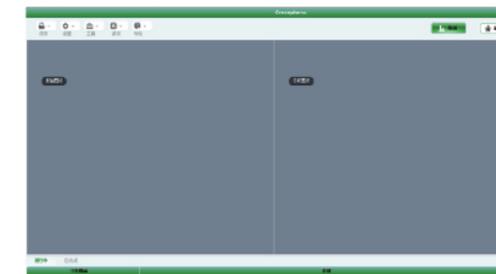
采集、分析模式选择

▶ 在该界面上点击【采集】按钮，进入采集界面，通过设置采集数据类型，可进行相应传感器类型的数据采集工作。



数据采集初始化

▶ 数据采集完成后，点击【首页】，回到模式选择界面，点击【分析】按钮，进入数据分析界面，可对不同传感器数据进行处理并获取动植物表型性状。



数据分析初始化

➔ 可见光数据分析单元 / VISIBLE LIGHT DATA ANALYSIS UNIT

通过光学传感器（摄像机或相机）对室内盆栽田间龙门、植物叶片等数据进行采集并以图像的形式保存在本地数据库。

▶ 在界面中点击【设置栏】，在弹出的菜单栏中选择【RGB 数据分析】，进入 RGB 数据分析界面。



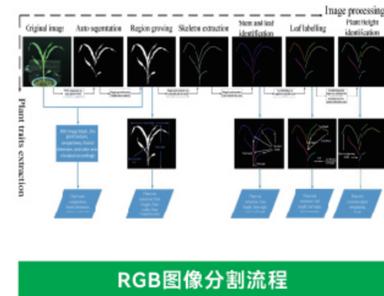
RGB 数据分析模式选择

▶ 模式选定后，点击【分析】按钮，可根据数据采集方式的不同在弹出的界面上进行样品目录、视野选择等的配置选择。



样品目录及视野选择

▶ 配置选择完毕后，点击【分析】按钮，并通过图像形态学处理以及数据驱动的深度学习图像分割算法对 RGB 图像数据进行分析。



RGB 图像分割流程

室内盆栽图像表型分析 / PHENOTYPIC ANALYSIS OF IMAGES OF INDOOR POTTED PLANTS

首先采用图像滤波算法对采集的室内盆栽 RGB 图像进行去噪处理，再通过自适应阈值分割、边缘检测、特征提取等操作，可实现室内盆栽高通量、无损表型性状提取，如周长、凸包面积、株高、株宽、绿色区域面积等。

▶ 室内盆栽数据分析流程

- 结合图像滤波等方法去除数据采集过程中产生的图像噪声
- 针对背景简单的图像数据，可结合 EXG 超绿算法获取图像数据前景区域
- 结合自适应阈值分割算法去除前景图像中的小区域噪声点，获取精准的目标区域
- 针对背景较为复杂的图像数据，通过建立盆栽 RGB 数据驱动模型对图像进行特征提取，最终实现目标区域的精准分割及表型提取



基于EXG算法的RGB图像分割流程

RGB图像分割结果

RGB数据处理性状展示



基于深度学习的水稻穗部图像分割算法流程

水稻穗部图像分割结果

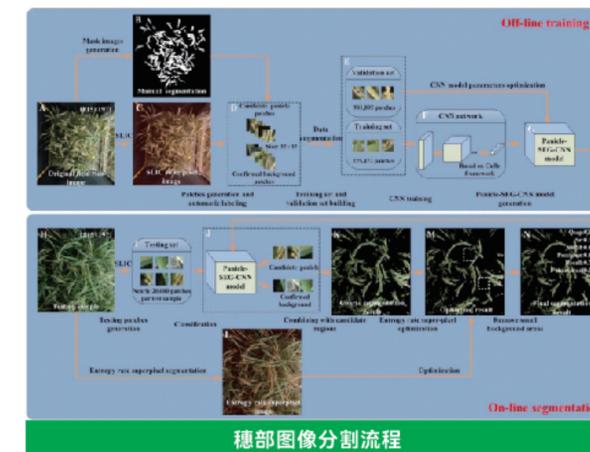
水稻穗部图像目标检测结果

田间水稻图像表型分析 / PHENOTYPIC ANALYSIS OF FIELD RICE IMAGES

首先对采集的田间水稻 RGB 图像进行图像平滑去除噪点，再经过边缘检测、形态学分割、K-means 聚类等操作，实现田间水稻高通量、无损表型性状提取，如凸包面积、周长 / 面积比、稻穗面积等。

▶ 田间水稻数据分析流程

- 结合图像平滑等方法去除数据采集过程中产生的图像噪点
- 针对背景简单的图像数据，可结合 EXG 超绿算法获取图像数据前景区域
- 结合自适应阈值分割算法去除前景图像中的小区域噪声点，获取精准的目标区域
- 通过深度学习图像分割算法对田间水稻数据进行训练，实现目标区域的精准分割
- 基于高分辨率 RGB 图像获取植株持绿、株型等性状，通过深度学习算法获取植株卷叶、生长速率、穗部相关性状



穗部图像分割流程



水稻穗部图像分割结果

➔ 高光谱数据分析单元 / HYPERSPECTRAL DATA ANALYSIS UNIT

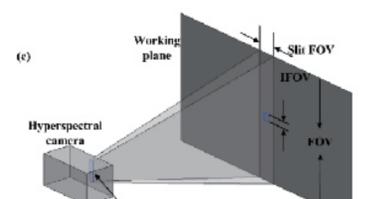
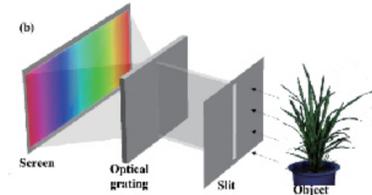
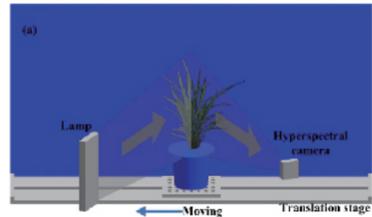
高光谱数据中包含了海量连续的波段信息，每个波段中包含了丰富的光谱信息和细节，可用于计算植株叶片中的营养元素含量(N、P、K)、叶绿素含量、水分含量等相关性状。

- 在界面中，点击【设置栏】，在弹出的菜单栏中点击【高光谱数据分析】按钮，进入高光谱数据分析界面
- 模式选定后，点击【分析】按钮，在弹出的界面上进行样品目录、校正路径、暗电流和白板名称等配置选择
- 配置选择完毕后，点击【分析】按钮。采用 PCA(主成分分析法)对高光谱数据进行特征提取，获取高维光谱特征信息，随后对特征信息进行灰度化处理得到光谱灰度图，再采用阈值分割方法对植株区域进行分割并计算光谱反射率，最终构建模型提取相应表型信息
- 处理完成后，将作物相关表型性状展示在下方表格栏

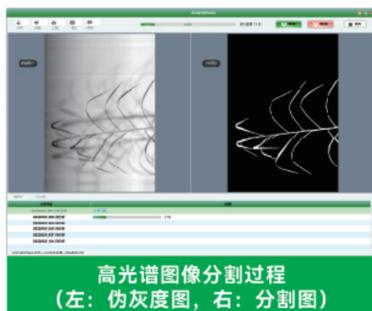


高光谱数据分析模式选择

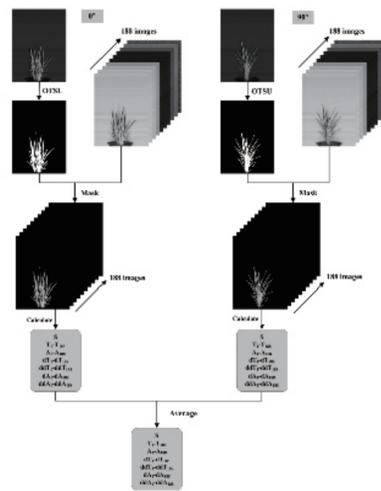
样品目录及校正路径等配置



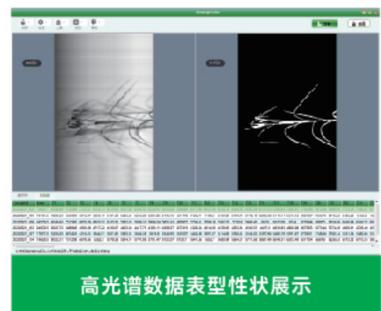
高光谱图像成像原理



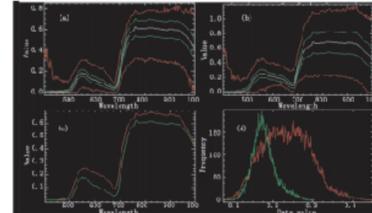
高光谱图像分割过程
(左: 伪灰度图, 右: 分割图)



各光谱波段下光谱反射率计算



高光谱数据表型性状展示



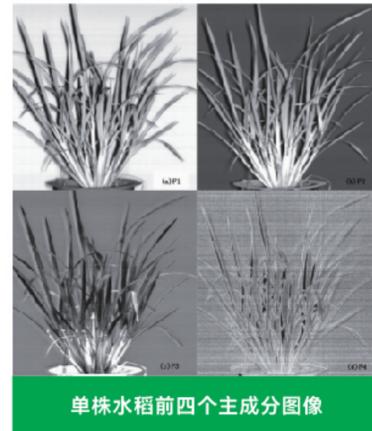
盆栽茎叶光谱信息

(a) 叶片部分的光谱信息

(b) 茎秆部分的光谱信息

(c) 茎叶的平均值信息

(d) 550 nm 下茎叶的反射率分布



单株水稻前四个主成分图像

→ 红外数据分析单元 / INFRARED DATA ANALYSIS UNIT

红外成像是一种用于测量物体表面温度分布的技术。通过红外数据分析单元建立图像灰度值与温度的回归方程可计算作物的冠层温度、叶片蒸腾作用和干旱胁迫等表型参数。

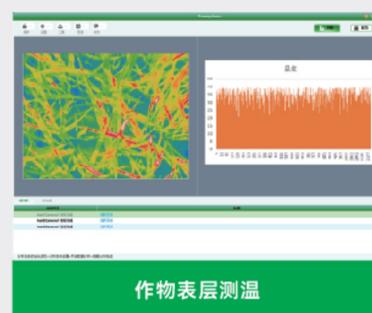
▶ 在界面中, 点击【设置栏】, 在弹出的菜单栏中点击【红外数据分析】按钮, 进入红外数据分析模式。



红外数据分析模式选择



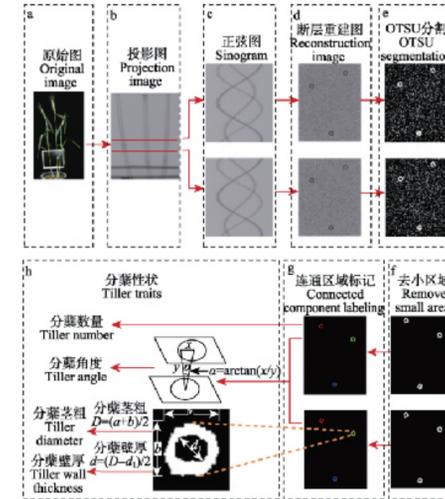
红外数据处理结果



作物表层测温

→ CT数据分析单元 / CT DATA ANALYSIS UNIT

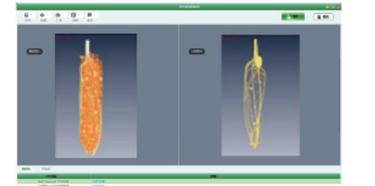
▶ 通过 CT 扫描技术, 可以非破坏性地获取作物的三维结构。分析软件可以用于定量评估作物的表型性状, 如植株颜色、株高、数字生物量、植物紧凑度、分蘖数、形状、面积和角度等参数, 以研究作物的生长、发育特性。



CT数据处理及分蘖性状提取流程



地上作物RGB-CT数据采集



地下作物CT数据处理结果



动物CT数据采集及分析

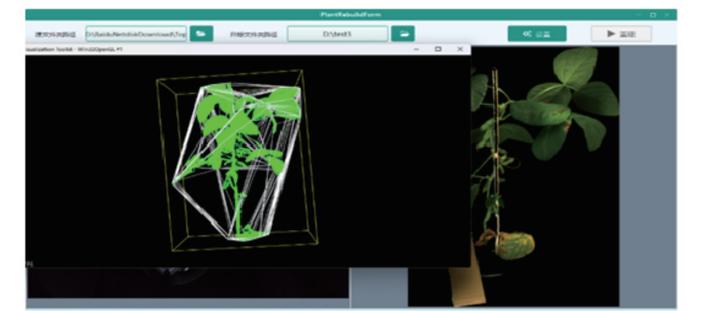
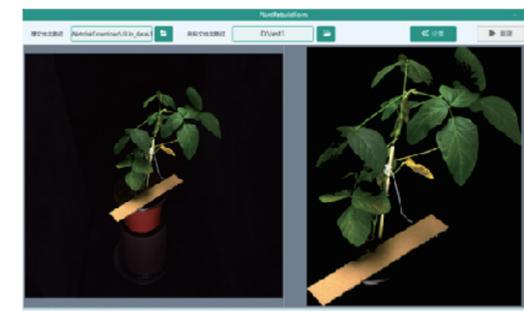


→ 三维表型分析单元 / 3D PHENOTYPE ANALYSIS UNIT

基于二维数据进行表型分析无法获取作物的空间立体信息, 常需要通过激光雷达、立体视觉等方式进行三维表型分析。

室内植株三维重建 / 3D RECONSTRUCTION OF INDOOR PLANTS

- 植株三维表型提取方案从一组序列二维图像中通过算法恢复出三维场景结构, 而后对重建出的三维点云数据进行表型计算
- 三维重建及表型提取涉及图像分割、特征提取、特征匹配、捆绑调整、稀疏重建、图像去畸变、深度图计算、稠密匹配、稠密重建、点云降噪、点云下采样、点云聚类、点云分割、表型提取等步骤

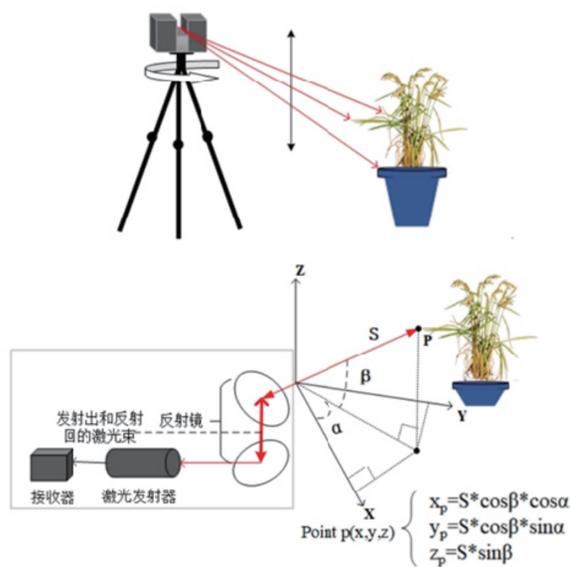


苗期大豆盆栽三维重建结果

室外田间三维重建 / 3D RECONSTRUCTION OF OUTDOOR FIELDS

► 激光雷达通过发射激光束并测量其反射时间来获取物体表面的距离信息。

采用激光雷达设备对植物进行扫描, 可获取植物表面的三维点云数据。通过点云降噪、点云下采样、点云聚类、点云分割等算法对重建后的三维点云数据进行处理可对作物进行表型计算。



激光雷达扫描原理



田间油菜开花期冠层3D成像结果



田间油菜生长期冠层3D成像结果



田间单行番茄数据



田间单行番茄高度渲染图

荧光数据分析单元 / FLUORESCENCE DATA ANALYSIS UNIT

► 作物荧光成像分析是一种用于可视化和分析植物在光合作用中产生的荧光信号并获取植物健康和生理状态的技术。

a) Fv/Fm: 测量参数包括 Fo, Fm, Fv, QY 等

b) Kautsky 诱导效应: Fo, Fp, Fv, Ft_Lss, QY, Rfd 等荧光参数

c) 荧光淬灭分析: Fo, Fm, Fp, Fs, Fv, QY, PhiI, NPQ, Qp, Rfd, qL 等 50 多个参数

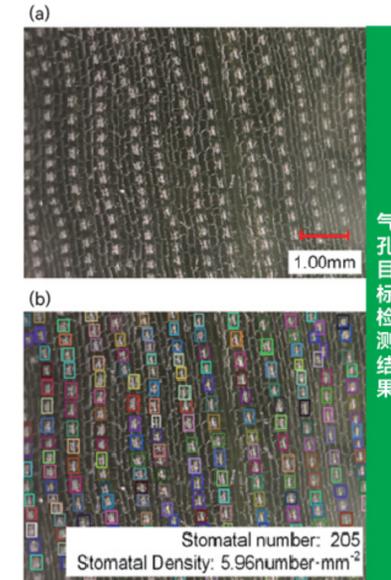
d) 光响应曲线 LC: Fo, Fm, QY, QY_Ln, ETR 等荧光参数



荧光数据处理结果

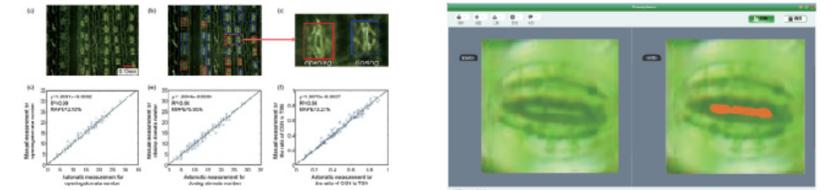
微观细胞分析单元 / MICROCELLULAR ANALYSIS UNIT

微观细胞成像主要用于观察和分析生物细胞结构、功能和动态过程。结合 FPN、Fater-RCNN 等深度学习图像分割算法对便携式显微镜下的叶片气孔图像进行分析, 进而获取叶片细胞气孔个数、开闭状态等。

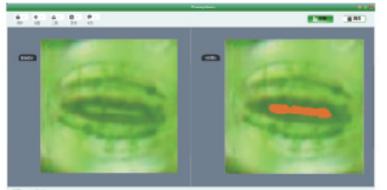


气孔目标检测结果

GREENPHENO



气孔状态分析结果



单个细胞气孔分割及表型提取结果

REFERENCES 参考文献

- © Li H, Feng H, Guo C, et al. High-throughput phenotyping accelerates the dissection of the dynamic genetic architecture of plant growth and yield improvement in rapeseed[J]. Plant Biotechnology Journal [2023-12-29]. DOI:10.1111/pbi.13396.
- © Wu X, Feng H, Wu D, et al. Using high-throughput multiple optical phenotyping to decipher the genetic architecture of maize drought tolerance[J]. Genome Biology, 2021, 22(1):185. DOI:10.1186/s13059-021-02377-0.
- © Liu L, Yu L, Wu D, et al. PocketMaize: An Android-Smartphone Application for Maize Plant Phenotyping[J]. Frontiers in plant science, 2021, 12:770217. DOI:10.3389/fpls.2021.770217.
- © Zhang X, Huang W, Lu X, et al. Identification of Carbazole Alkaloid Derivatives with Acylhydrazone as Novel Anti-TM7 Agents with the Guidance of a Digital Fluorescence Visual Screening.[J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2021, 69(26):7458-7466. DOI:10.1021/acs.jafc.1c00897.

* 持续更新中, 更多参考文献请访问华中农业大学作物表型中心网站 (<http://plantphenomics.hzau.edu.cn/>)

