

# 高通量田间植物表型平台 FieldScan

## 田间全天候、全自动监测植物表型



高通量田间植物表型平台 FieldScan 是专为田间表型研究设计的高通量植物表型平台，可在任何环境条件下全天候测量。根据系统设计的大小，一套系统每天可测量上万株植物，每小时通量可达 5000 株植物，可实现对植物生长和蒸腾（结合称重系统）的精确测量，特别适合应用于抗旱或其他表型性状的大规模筛选。不仅可直接扫描种植在田间土壤的植物，同时还可扫描盆栽植物。在采用盆栽植物培养时，可根据压力传感器跟踪每株植物的重量，计算其蒸腾速率。

### 设计理念-在高通量与准确性之间平衡

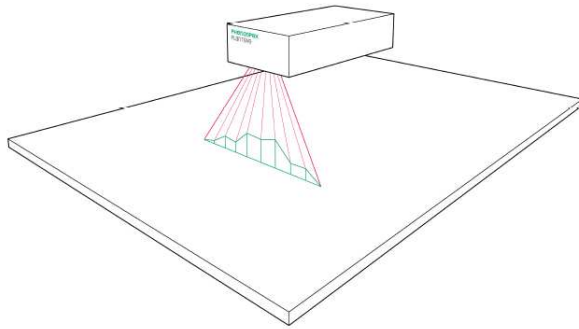
在现代植物研究与育种中，田间表型是表型组学最亟需发展的领域之一，一直面临着各种挑战。例如从全日照到夜间，温度的巨大变化和降雨等外界环境不仅影响测量技术，同时对植物也可能产生很大的影响。因此，对测量技术来讲，需要设定非常合理的信噪比以准确地获取表型信息；同时也需要在有限的时间段里，高通量地获取植物的表型信息；当然对环境因子的同步监测也十分必要。

在开发 FieldScan 时，我们的目标是提供一套可在任何环境下使用；每天可进行多次扫描；同时可剔除低质量数据的田间表型获取系统。如果侧重通量和灵活性，我们可以在田间使用拖拉机或 UAV 等移动设备。但为了获得毫米级的高精度测量，我们决定不再使用这些传统移动设备，而高精度的测量仅适用于固定的系统。为此我们需要开发一套能同时满足高精度和高通量的移动平台。

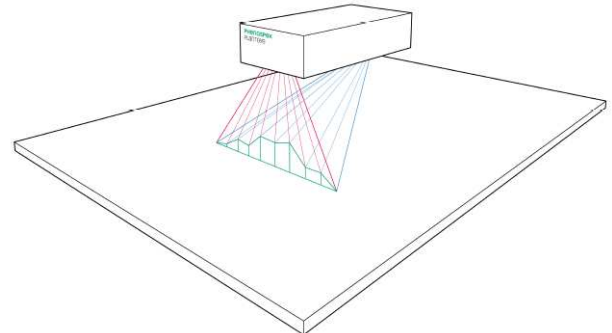
FieldScan 的设计，采用移动式激光 3D 植物表型平台 PlantEye 作为核心，并集成了其它多种传感器。PlantEye 用于获取植物生长情况。通过 3D 的顶部成像，不仅能获得叶面积、叶倾角、冠层等参数，同时

还能得到相对于其他技术更高的精度和通量。当然在需要时，也可以集成其他传感器。在任何光照情况下，FieldScan 都能在不影响植物本身生长的情况下，每天能对上万株植物（取决于系统大小）进行 10 次重复测量，为用户提供有价值的数 据，方便了解植物在田间的生长情况。

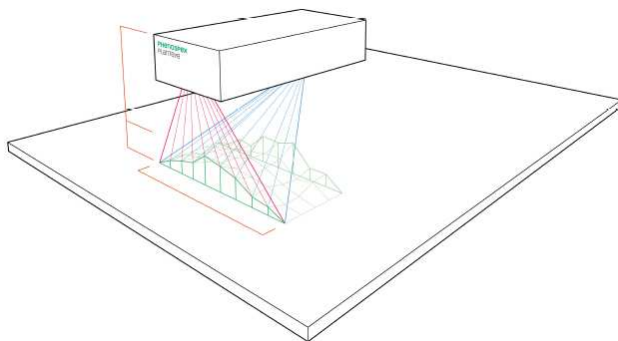
## 技术原理



一束激光线垂直向下打在植物体上（图中红线），在和植物体（叶片、茎秆等）接触的地方会产生反射和折射。

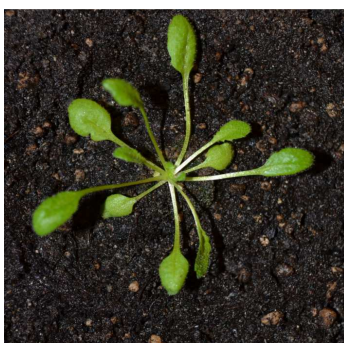


PlantEye 的摄像头会采集植物体不同部位的激光线反射信号（图中蓝线）。

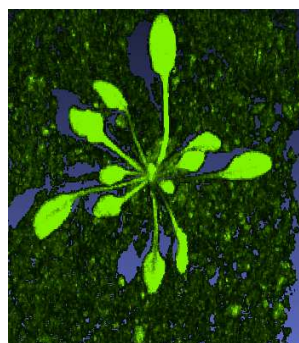


PlantEye 在移动的过程中，就可以将这种高低不平的线状信号连续采集，获得三维点阵云图，通过建模进一步得出植物的三维结构信息。

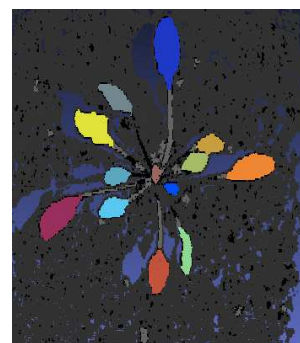
传统的激光 3D 扫描仪在强日光照射下由于噪音太大而不能正常工作，而 PlantEye 系统的优点在于，它可以在所有的自然光照环境下工作，不受全日照辐射的影响。因此，PlantEye 系统才能在温室内或田间进行测量。



植物可见光照片



3D 模型



参数计算

同时集成气象等其他因子的传感器，对植物的生长环境进行同步测量



PlantEye 传感器



气象站

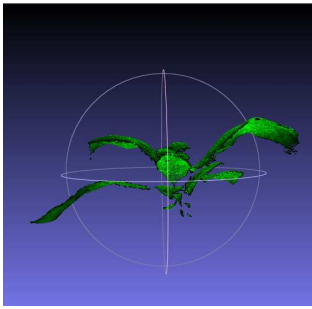
## 应用领域

- 在田间挖掘不同基因型的表型性状
- 植物表型研究
- 植物育种研究
- 植物抗逆性研究
- 农药、生长调节剂等化学品筛选，毒理学研究
- 园艺生产管理，构建可查询的档案
- 自动发芽试验
- 施肥管理，构建最佳施肥方式

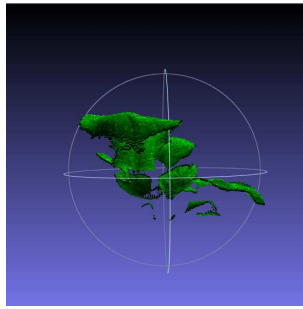
## 主要功能

- 全自动、全天候在田间进行高通量植物表型测量
- 全自动获取植物三维点阵云图，并构建植物三维结构图
- 自动计算植物高度、单个叶片面积、总叶面积、叶片数目、植株数目、叶片角度、植物直径、盖度等参数
- 允许用户建立自己的算法并导入
- IP67 防护标准，可在全日照下工作
- 通过 WIFI 传输数据，数据库存储
- 同时获取植物生长环境参数，如：温度、湿度、风速、风向、光合有效辐射、蒸腾等
- 专业软件 HortControl 进行数据分析和管理的

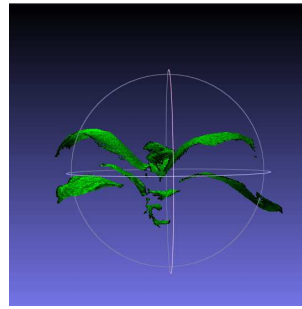
## 测量结果示例



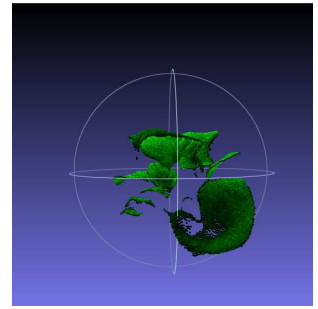
前视图



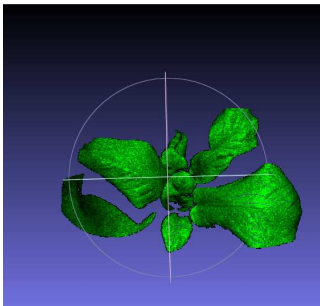
右视图



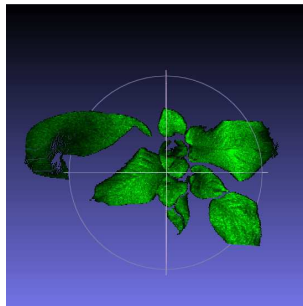
后视图



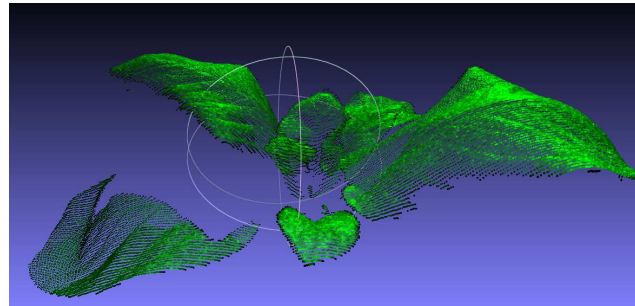
左视图



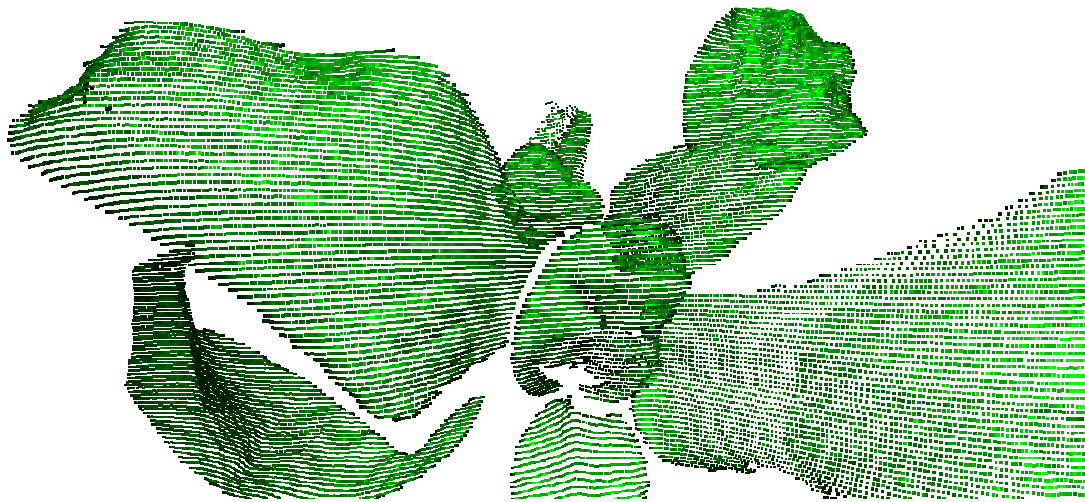
俯视图



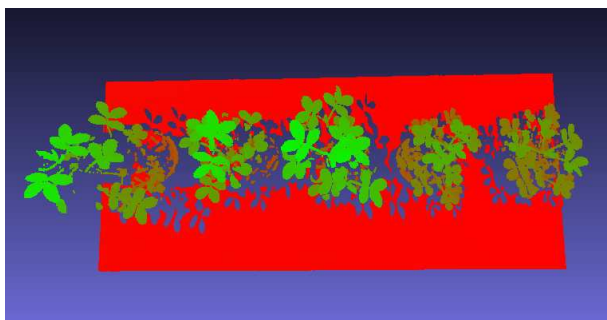
仰视图



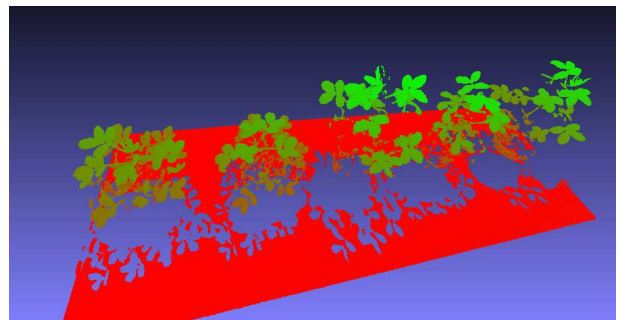
放大视图



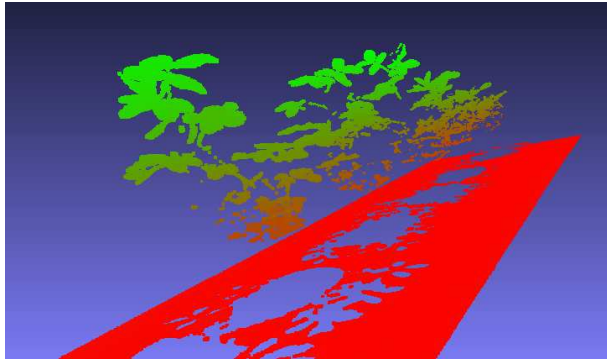
局部放大视图



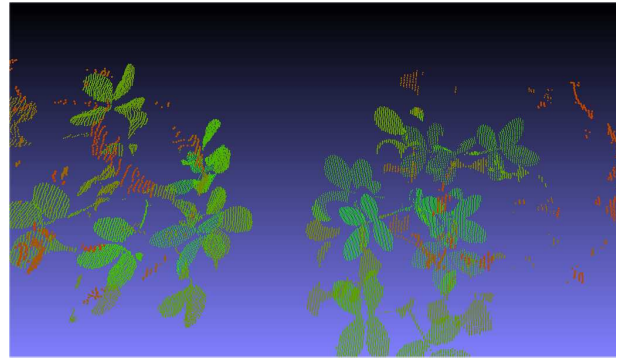
俯视角度查看



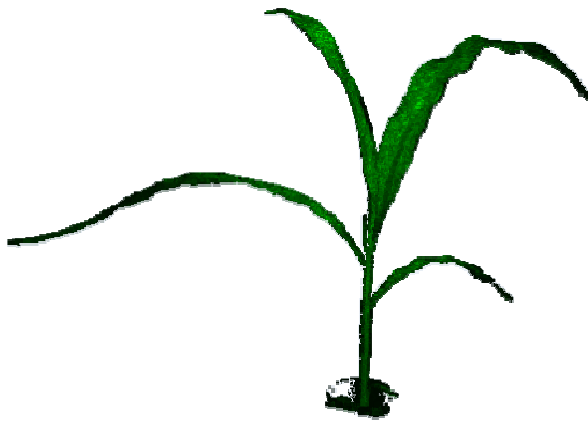
根据需要任意旋转角度查看



根据需要任意旋转角度查看



仰视角度查看



玉米侧视图



玉米任意角度图



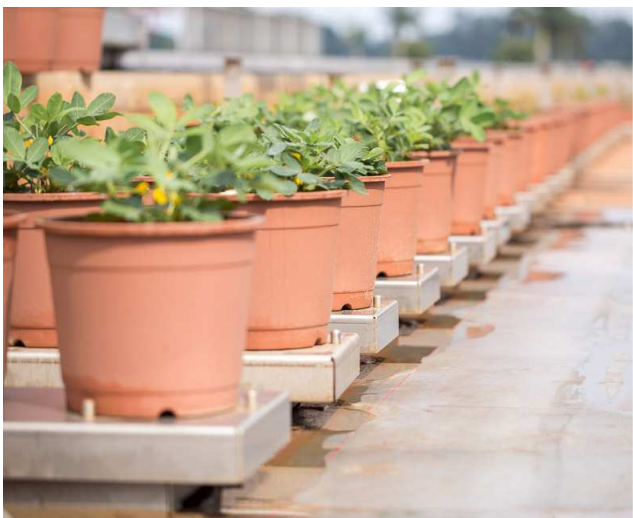
玉米任意角度俯视图



玉米侧视图

## 应用实例：国际热带半干旱地区作物研究所(ICRISAT)

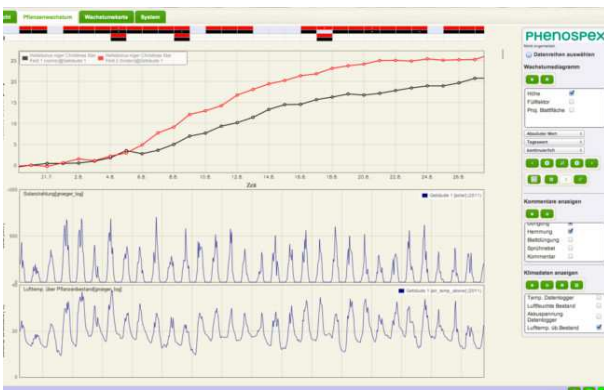
共集成了 8 台 PlantEye，每小时可以对 2000-3000 株植物进行表型分析，一天的通量可以达到 12000 株。该系统将精准灌溉、表型分析、环境气象等参数集成到一起，由 PhenoSpex 的软件系统进行全方位自动控制。



## 植株高度和分辨率

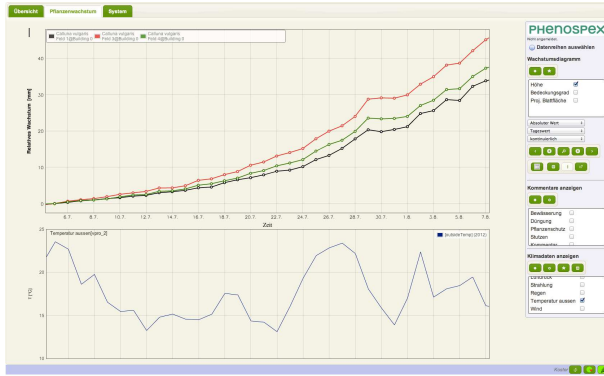
对 PlantEye 传感器而言，其测量的植株高度范围很广，但是对于不同高度的植株需要做一些校正。植株越小，分辨率越高；植株越大，分辨率越低。例如测量高度在 0-30 cm 的植株，分辨率为 0.2 mm；测量高度在 0-70 cm 的植株，分辨率为 0.4 mm；测量高度在 0-120 cm 的植株，分辨率为 1 mm。更高的植株也可以测量，只是分辨率稍有下降。

## 软件系统



## 数据管理软件 HortControl

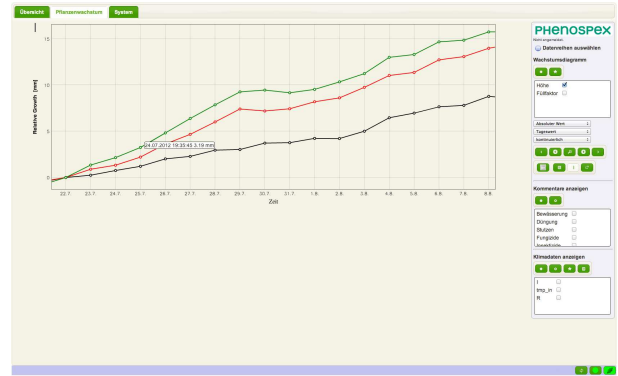
- PlantEye 的远程控制与数据分析软件
- 控制 PostgreSQL 数据库系统
- 各种分析工具
- 可以集成多种其它环境气象传感器的数据



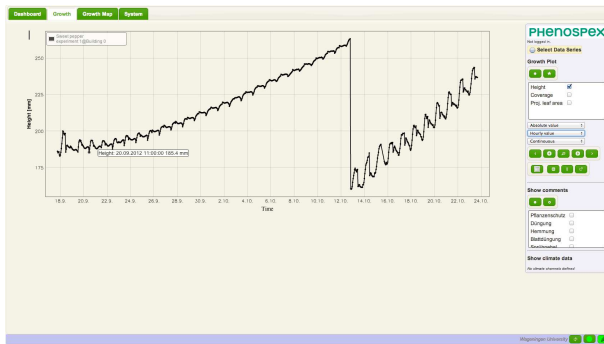
HortControl: 施肥管理研究结果

## 生产管理软件

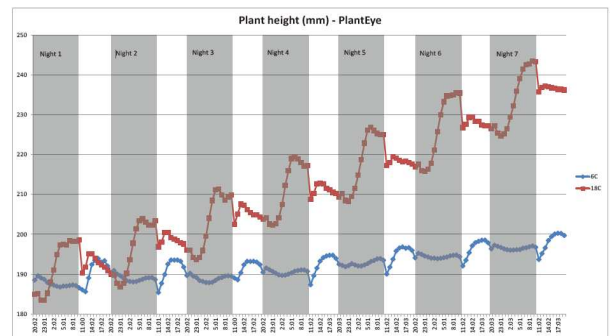
- 各种植物参数的可视化管理
- 生产过程管理（作物管理、温室管理）
- 档案录入、查询、监督
- 异常事件报告和查询



HortControl: 生长调节剂作用结果

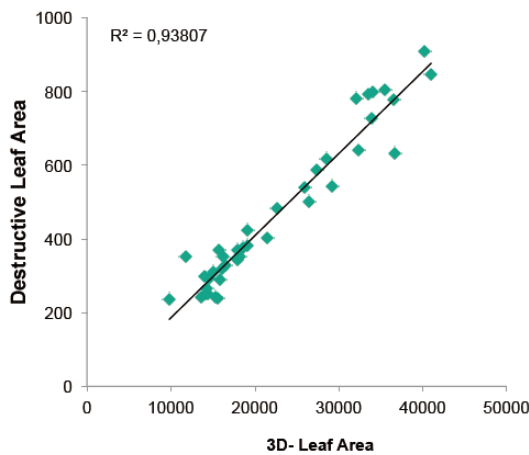


HortControl: 胁迫因子对植物生长的影响

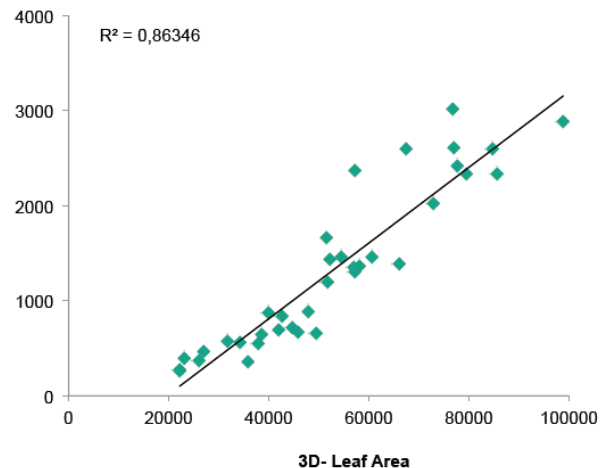


HortControl: 胁迫因子对植物生长的影响

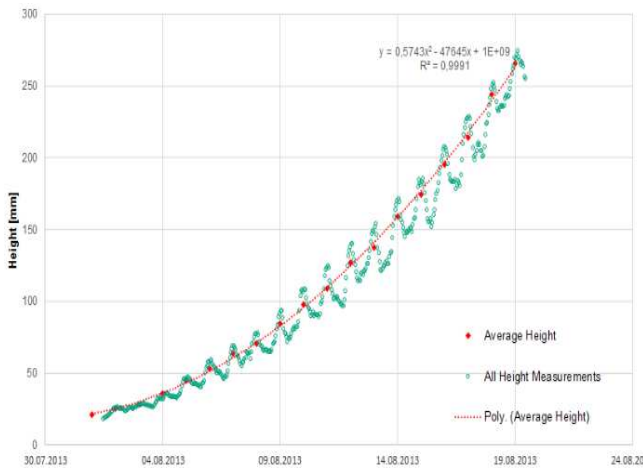
## 测量结果举例



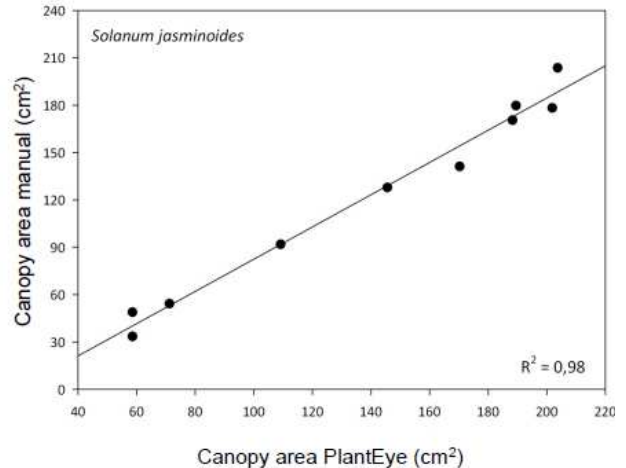
用 PlantEye 活体测量的双子叶植物花生的叶面积（横轴），  
和摘下叶片后测量的叶面积（纵轴）结果比较



用 PlantEye 活体测量的单子叶植物高粱的叶面积（横轴），  
和摘下叶片后测量的叶面积（纵轴）结果比较



用 PlantEye 系统自动测量的油菜平均高度与人工测量的平均高度相关性高达 0.9991



用 PlantEye 系统自动测量的冠层面积（横轴），和人工测量的冠层面积（纵轴）结果比较

## 获奖

核心传感器 PlantEye 系统荣获如下奖项：



- Winner of the Technology Innovation Award 2011 (German Ministry of Agriculture)  
由德国农业部颁发的 2011 年度技术创新大奖



- TASPO Award 2011 Winner: Best Technical Innovation  
德国 2011 年度 TASPO 最佳技术创新大奖



- Germany-Land of Ideas 2011

## 代表用户

国际上很多的客户与 PhenoSpex 公司签有保密协议，不允许后者公开客户信息。这里仅仅列出了很少的一部分允许公开的用户信息。

### 植物表型研究领域

- 国际热带半干旱地区作物研究所(ICRISAT)，用于珍珠粟 (pearl millet)、高粱、花生、鹰嘴豆等的超高通量表型测量，进行抗旱研究。
- Jülich 研究中心 (Research Center Jülich)，欧洲最大的科研机构之一，主要做甜菜和其它作物的表型研究。



- 瓦赫宁根大学，全球最著名的农业大学之一，主要用于甜椒、红掌等的早期胁迫监测。
- 世界最大的特种肥料制造商 Everris 公司，用于缓释肥料的研发和作物管理。
- 德国 Compo 公司 (肥料公司)，用于协助作物提高抗旱性和抗盐性的肥料筛选。
- 波恩大学，用于田间小麦和大麦的高通量表型测量。
- LVG Heidelberg (海德堡州立园艺研究院)，用于园艺植物生长调节物质的筛选。
- 奥胡斯大学 (University Aarhus)，丹麦排名第二的大学，用于菊花、小麦和欧洲油菜 (*Brassica napus*) 的表型测量。

## 园艺领域

在园艺领域，通过调节施肥、生长调节物质、环境控制等方法可以改进、优化植物生长和作物管理。植物表型平台 PlantEye 和管理软件 DocTool 的结合使用有效优化作物管理，降低风险。下面列出的这些用户，采用这套方案大大降低了资源和成本的消耗，显著提高了产量。

- 荷兰安祖 (Anthurus) 公司，世界著名的种苗生产企业，总部位于荷兰布雷斯克，主要从事红掌属植物和蝴蝶兰的育种与繁殖、盆花和切花种苗生产，在国际市场占有重要的地位。
- 丹麦 Knud Jepsen 育种公司，著名的“Queen”系列长寿花的研发单位。
- 德国 Gartenbau Mosler 公司
- 德国 Hanka 公司
- 德国 Blumen Rieke 公司
- 德国 Höhing 公司
- 德国 Koster 公司
- 其它不允许公开的用户.....

## 主要技术参数

- 最大测量植物数量：1 万株
- 通量：5000 株/小时
- 集成传感器：PlantEye, 温湿度传感器, 光合有效辐射传感器, 风速风向传感器, 雨量传感器, 负压传感器 (用于计算蒸腾, 仅限盆栽)
- 测量的植物高度和分辨率：高度 0-1500 mm, 分辨率 0.2-1.0 mm; 其它植物高度可定制
- 传感器到植物的距离：最小 350-650 mm, 最大 1100-2200 mm
- 扫描波长：700-1100 nm
- 测量速率：每秒 50 个 XZ 轮廓图
- 信号接口：IN/OUT 触发信号接口
- 触发选择：感应开关, RFID, 光学二维码, 外部信号 (如定位系统), 其它选择可定制
- 测量参数：高度 (平均高度和最高点)、独立叶面积、总叶面积 (冠层面积)、投影叶面积、盖度、植物数目、叶片数目、叶片倾斜角  $\Phi$  (PHI)、叶片方位角  $\Theta$  (THETA)、莲座状植物 (rosette plants) 的直径、植物体积、蒸腾速率、温度、湿度、风速风向、雨量、光合有效辐射等
- 数据下载：允许下载 3D 点阵云图 (原始数据)、植物生长数据和高度柱状图等。
- 数据传输：通过 Wifi 无线传输
- 数据压缩：自动压缩
- 远程访问：支持通过 www 远程访问 (ssh 协议)

- 工作温度：0-50℃
- 工作湿度：<90% RH
- 供电：12 VDC、24 VDC、230 VAC 均可
- 激光安全等级：1M
- 光环境：耐受全日照辐射
- 防护等级：IP67

### PSX 数据存储方案

- 数据库：PostgreSQL 数据库
- PSX 低通量方案：准系统电脑（Barebone computer）
- PSX 超高通量服务器方案：1U Intel Dual-CPU 服务器（8 cores x 1GHz），8 GB；3 x 2000 GB 硬盘；RAID 5 控制器；1.5 TB 磁带驱动器

### HortControl 数据管理系统

- 工作界面：通过浏览器登录工作
- 软件界面：提供不同界面用于数据自动导入，用于集成导入其它环境或植物传感器的数据
- 数据下载：允许下载数据（ASCII）进行进一步分析，允许导入/导出数据库
- 档案功能：具备档案录入、显示，作物管理、实验管理功能
- 统计功能：数据平均值和偏差值的统计分析
- 上载功能：能够上载高通量平台的实验设置信息
- 报警功能：数据异常时报警
- 2D Mapping 功能：对不同生长区域进行 2D Mapping，用于定量分析

如果您需要了解更多，或有问题需要与我们交流，请按如下方式与我们联系：

	地址	邮编	电话	传真
上海总部	普陀区中江路 879 号天地软件园 28 幢 402-403 座	200333	021-51556112/3/4/5/6/7/8	021-51556111
北京分公司	海淀区北三环西路 43 号青云当代大厦 1907 室	100048	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

高新技术：[www.zealquest.cn](http://www.zealquest.cn) 产品销售：[www.zealquest.com](http://www.zealquest.com)

微博：[weibo.com/zealquest](http://weibo.com/zealquest)E-mail: [sales@zealquest.com](mailto:sales@zealquest.com) [service@zealquest.com](mailto:service@zealquest.com)

QQ 技术讨论群：154279317（陆地环境应用）；222678293（水环境应用）

如果您需要植物表型、植物生理生态、植物基因型、植物培养、种子纯度鉴定等方面的测试服务或项目合作，请联系：

	地址	邮编	电话	传真
AgriPheno 平台	上海浦东新区沔北路 185 号 C9-1	201210	021-50199251/3/6/8	021-50199252

网址：[www.agripheno.com](http://www.agripheno.com)E-mail: [phenotyping@zealquest.com](mailto:phenotyping@zealquest.com)