

# Trait Discover 系统

## 操作使用培训

徐伶俐

Lily Xu

Lily.xu@PhenoTrait.com

慧诺瑞德（北京）科技有限公司

PhenoTrait Technology Co., Ltd.

# 关于PhenoTrait



- 创始团队于2009年开始引进高通量植物表型技术，花费数年时间创立“**植物表型**”这一细分市场
- **亚太植物表型国际会议** ([www.appp-con.org](http://www.appp-con.org)) 核心发起单位
- **China Plant Phenotyping Network (CPPN)**核心发起单位
- 第19届国际植物学大会 (IBC 2017) **植物表型分会场**组织者
- 专业植物表型系列学术论坛——**PhenoTrait论坛**——的组织者
- **2018年10月正式成为IPPN首批Industry member**
- 全套解决方案服务商
- 业务涵盖：产品代理、自主研发、数据分析服务





# 什么是植物表型

植物表型是指能够反映植物细胞、组织、器官、植株和群体的结构及功能特征的物理、生理和生化性质，其本质实际是**植物基因图谱的时序三维表达及其地域分异特征和代际演进规律。**

赵春江，植物表型组学大数据及其研究进展，农业大数据学报，2019, 1: 5-18



# 植物表型性状





# 多尺度表型测量

Speed, measured area



实验室平台

- 单株或多株
- 中小型植物
- 低通量测量



温室平台

- 高通量
- 各种尺寸植物
- 各种自动化技术集成
- 自动化测量



田间轨道式平台

- 高通量
- 各种尺寸植物
- 固定轨道区域移动测量
- 自动化测量



田间行走式平台

- 高通量
- 中小尺寸植物
- 大范围移动测量
- 遥控和自动化结合测量



无人机平台

- 高通量
- 中大尺寸植物
- 大尺度测量
- 自动化测量

Resolution, repeatable

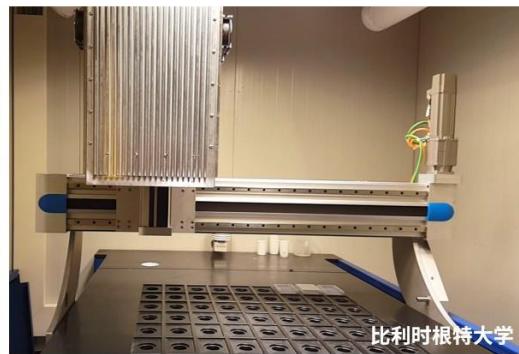
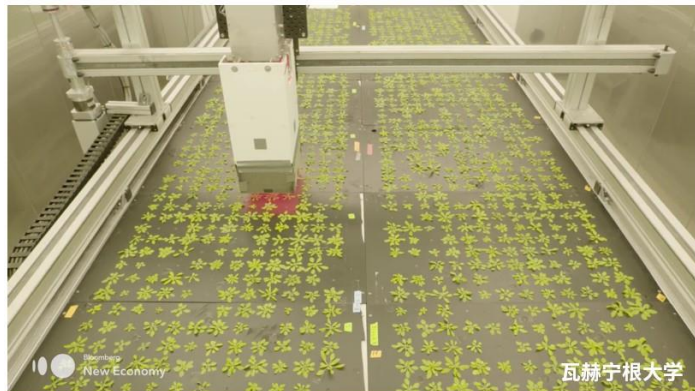
# PlantExplorer系列光合表型测量系统



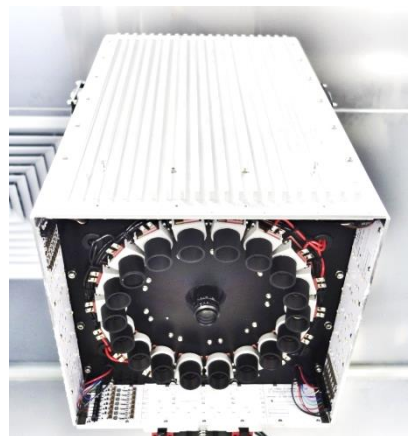
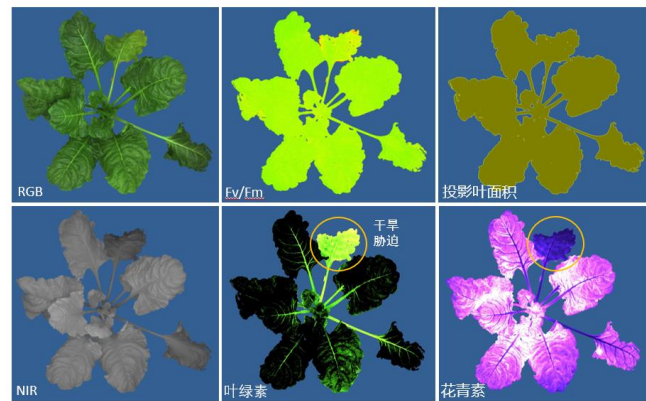
- 叶绿素荧光成像+可见光表型成像+多光谱成像
- 光合生理+可见光表型+色素含量+植被指数
- 全自动马达聚焦系统，带全景和微距聚焦程序
- 出色的高清相机（1.3 M pixel）、高信噪比成像
- 高质量10 Mp镜头，带光谱可见光和近红外涂层
- 无可见镜头畸变，无需图像校正
- 滤光片可提供10个滤光片位置
- 大景深设计
- 最大成像面积：标准版**29 x 39cm**；Pro和Pro+版**40 x 53cm**；Pro+版可测量**1.2m**高的植物
- 自动计算荧光参数和表型参数
- 可设置进行延时成像测量
- 嵌入式电脑进行精确的成像、时间控制、光强控制和数据存储
- 系统配置触摸屏显示器
- 功能强大的控制和分析软件
- 适合突变株筛选、育种材料/组合筛选、抗逆研究、病理研究



# 高通量植物小型叶绿素荧光成像系统PhenoMate

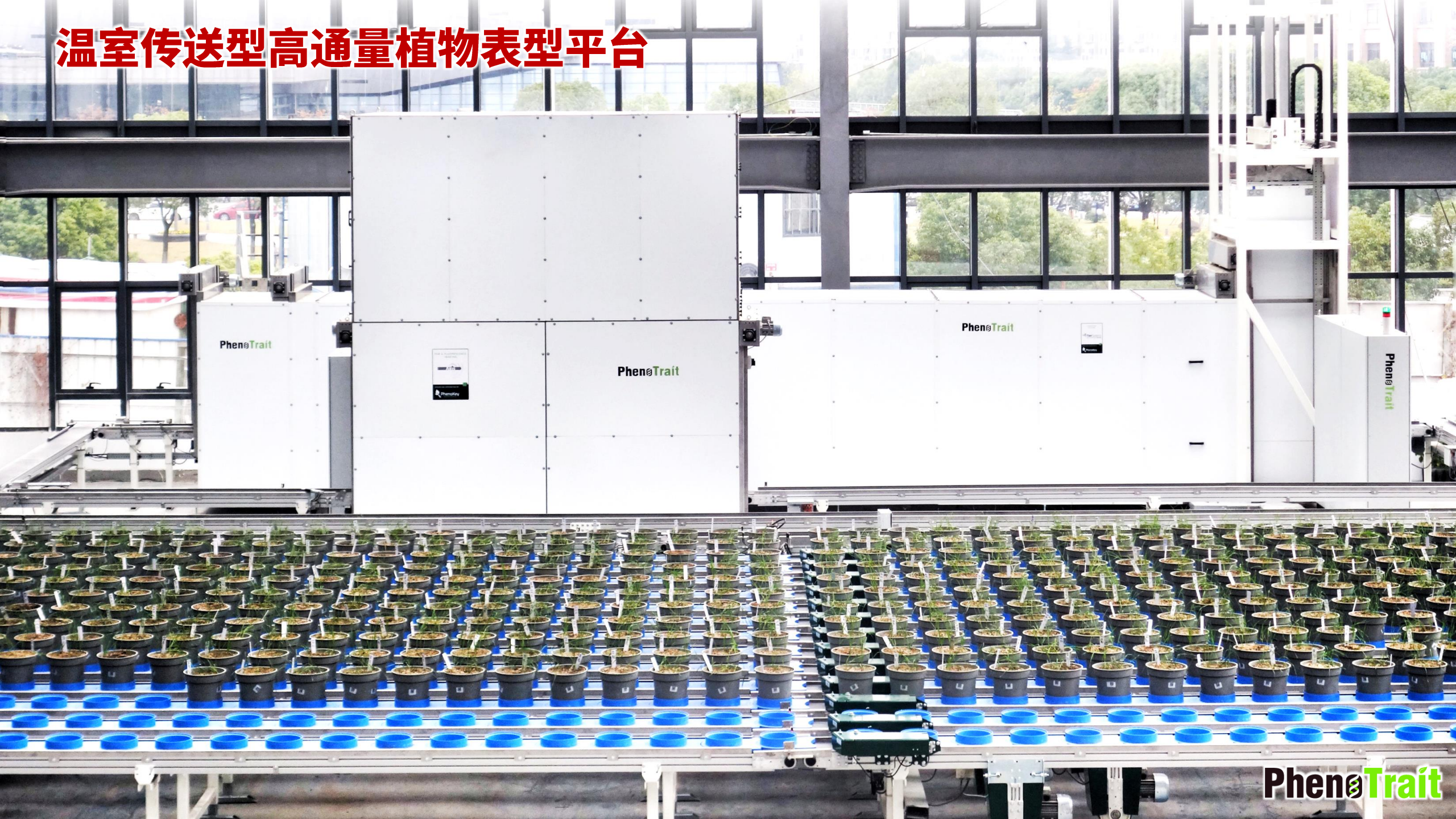


- 利用直角坐标机器人实现X-Y-Z轴自动移动
- 定制化系统：45cm x 200cm x 75cm或600cm x 300cm x 75cm
- 带两套潮汐式灌溉水培系统
- 全自动叶绿素荧光成像+可见光表型成像+多光谱成像
- 光合生理+色素含量+形态结构+植被指数
- 程序控制全自动测量
- 功能强大的数据处理软件
- 数据可以批处理
- **全球唯一入驻博物馆的叶绿素荧光成像技术**





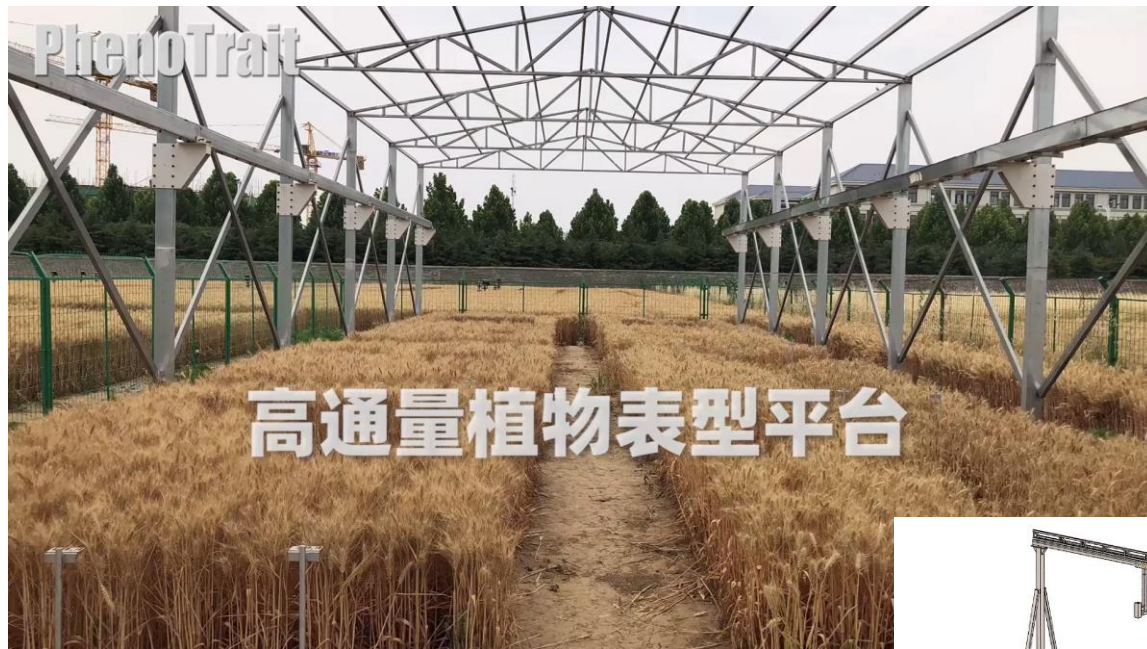
# 温室传送型高通量植物表型平台



PhenoTrait



# 温室轨道型高通量植物表型平台



- 基于自动化轨道和“Sensor-to-Plant”理念设计
- 成像单元：叶绿素荧光成像、三维激光、光合表型仪、高光谱等等
- 工作流程：传感器固定于自动化轨道上，通过轨道的运动带动传感器从植物顶部扫过，轨道往返运动多次，从而覆盖整个温室面积
- 应用：全自动、高通量获取不同植物群体（小区）或者单株的表型数据信息，为精准农业、信息化农业、科学育种等提供支持

# 无人机表型方案

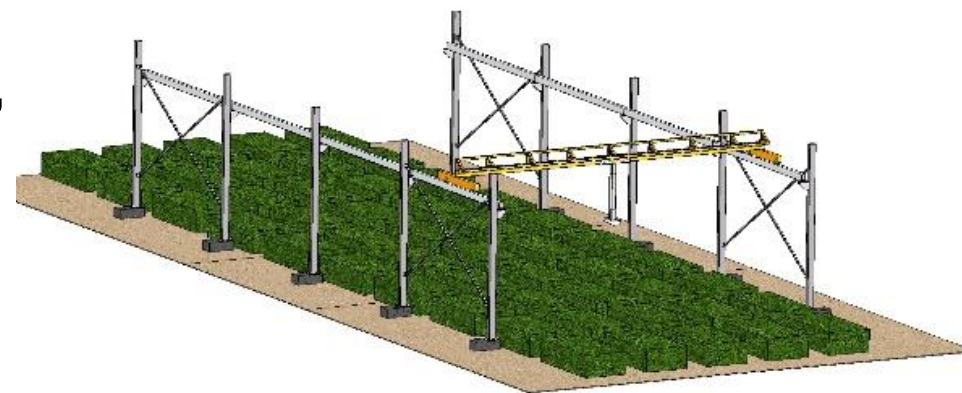


- 专门针对表型测量的专业定制化方案
- 由无人机平台组成天网系统，配合由地面手持设备、长期监测设备等组成的地网系统，组建大田作物的天地网监测系统
- 有雨燕级、游隼级和猎鹰级三种类型
- 高精度定位，空中、地面数据点对点匹配
- 定制化传感器配置
- 军工级无人机平台，载荷大、续航时间长
- 支持专业分区航线规划设计，针对高落差地区，可按不同航高、重叠率，进行单架次内分区设计航线，从而满足航测规范要求
- 统一的任务快拆接口，10秒钟可完成传感器的快速更换
- 实时回传视频，通过COFDM数传方式，可以在地面站、地面显示屏中实时观看飞行器实时传输的视频



# Trait Discover 系统简介

- 基于“Sensor-to-Plant”理念设计，植物不需移动，最接近于自然生长状态
- 不仅可直接扫描种植在田间土壤的植物，同时还可以扫描盆栽植物
- 全自动测量，通量高、性价比高
- 搭载多光谱植物三维激光扫描仪PlantEye
- 将激光三维扫描技术和多光谱成像技术集成到一个传感器中
- 获得X、Y和Z轴上的三维点云数据
- 实时获得植物形态参数和植物生理参数





## 行架部分：

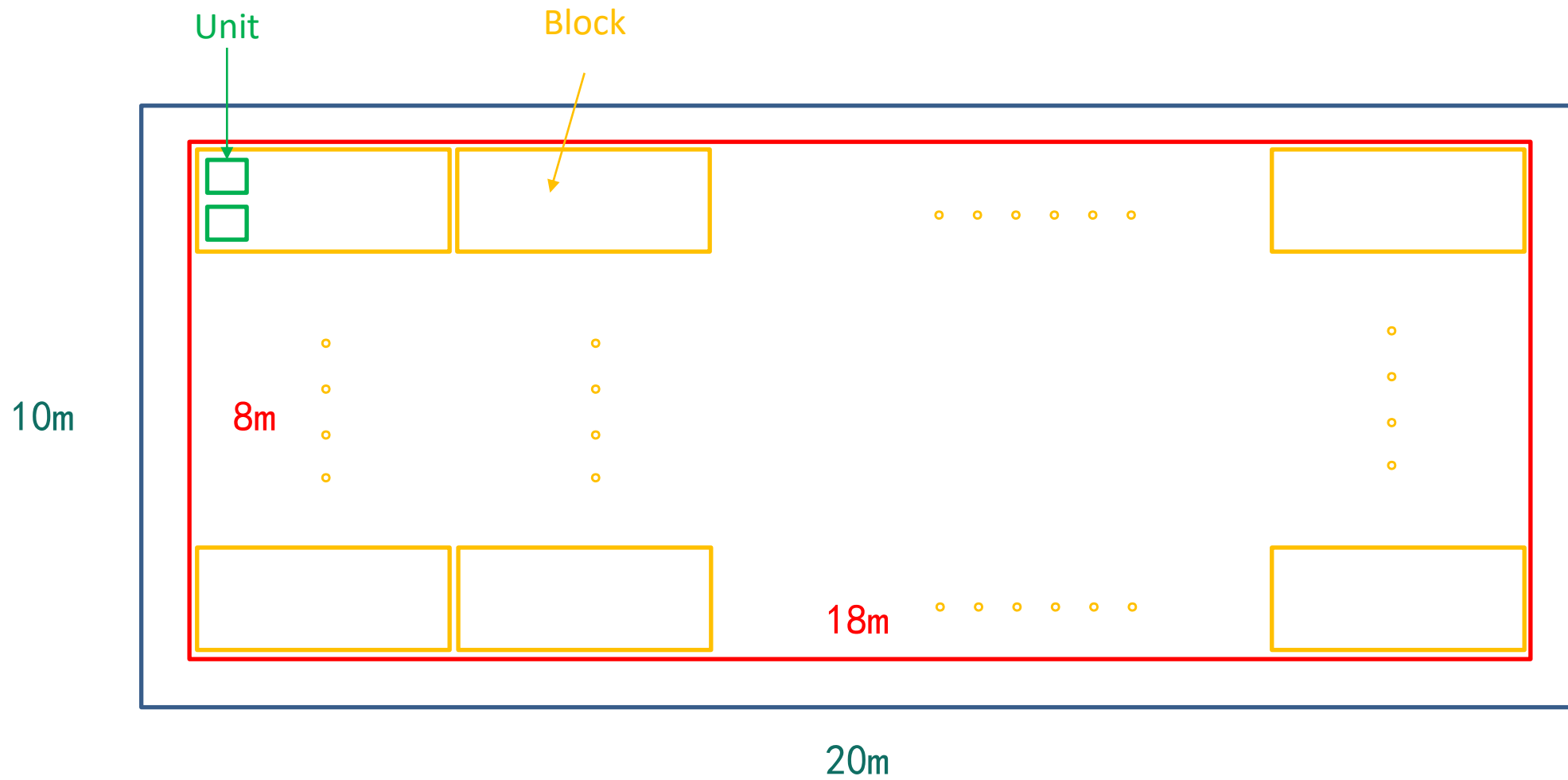
- 龙门架行走控制
- X、Y方向设置后自动行走
- Z方向提前设置
- 测量时间间隔控制
- 系统开关机

## 传感器部分：

- 网页端口HortControl操作系统
- 系统布局设置
- 实验布局设置
- 区块命名设置
- 三维点云数据在线实时查看
- Excel数据结果下载

## 注意：

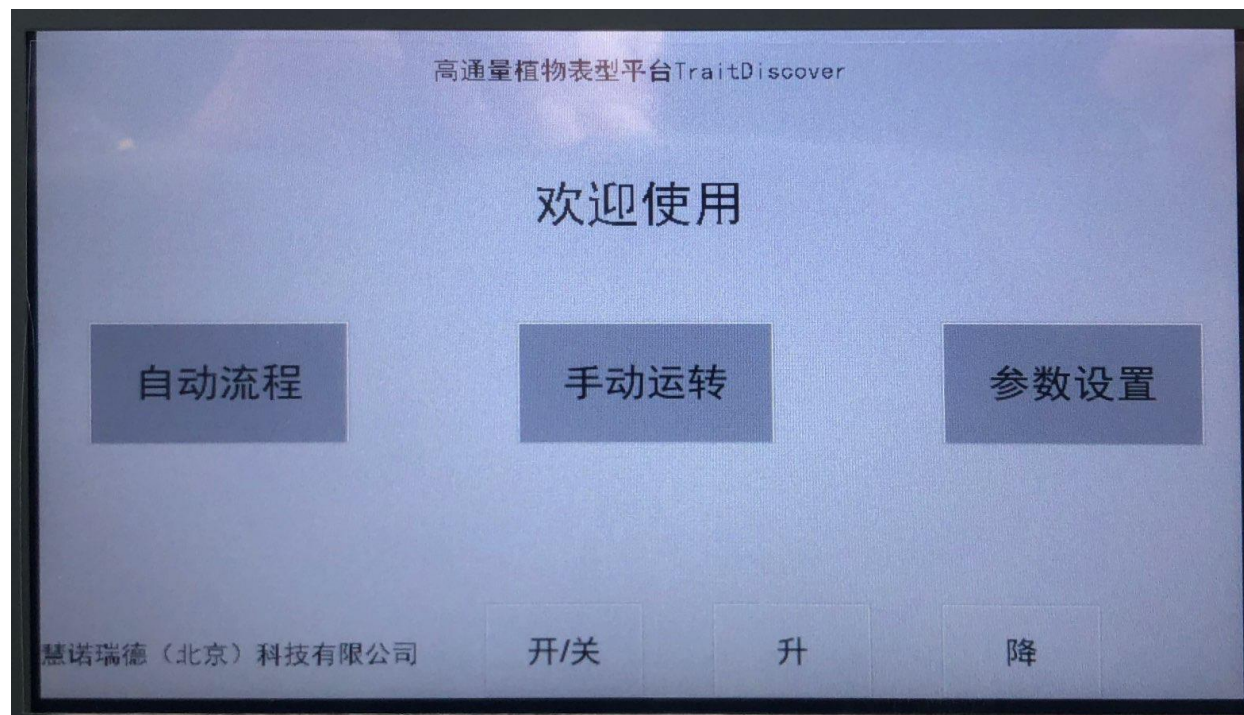
在所有设置开始之前，先要计划实验布局，计算各区块的长宽！





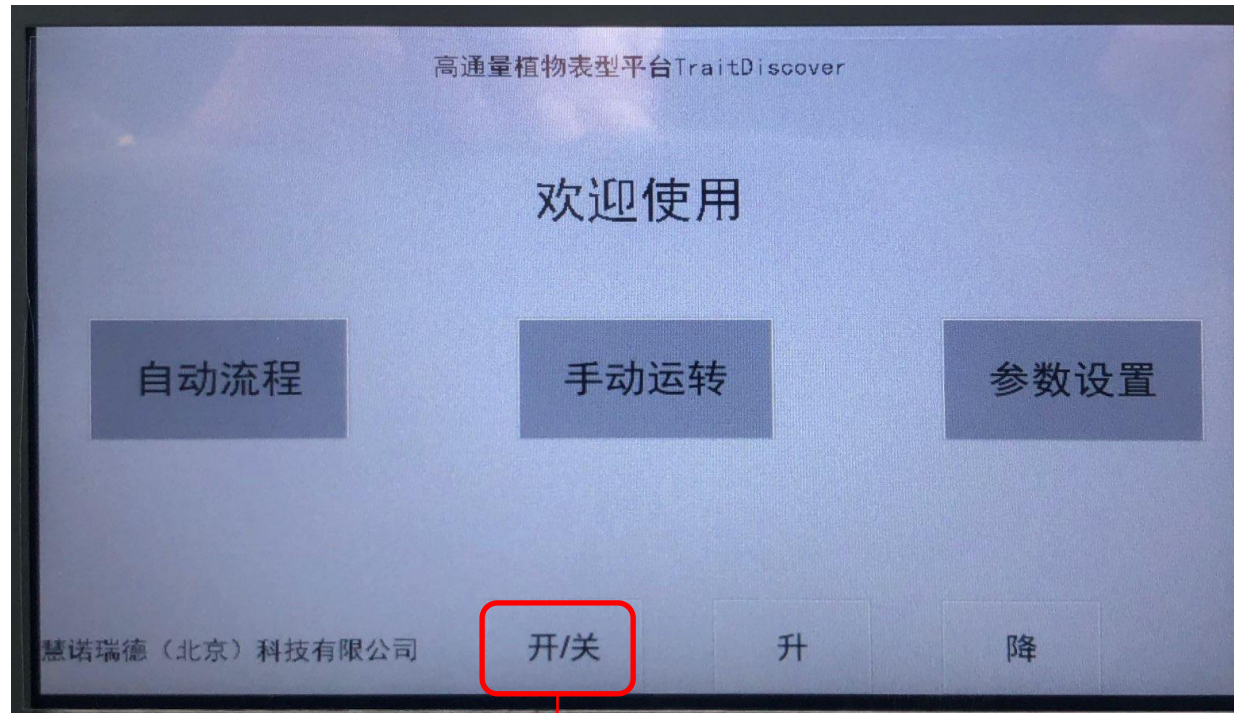
# Trait Discover 现场操作

# Trait Gantry 操作系统主界面





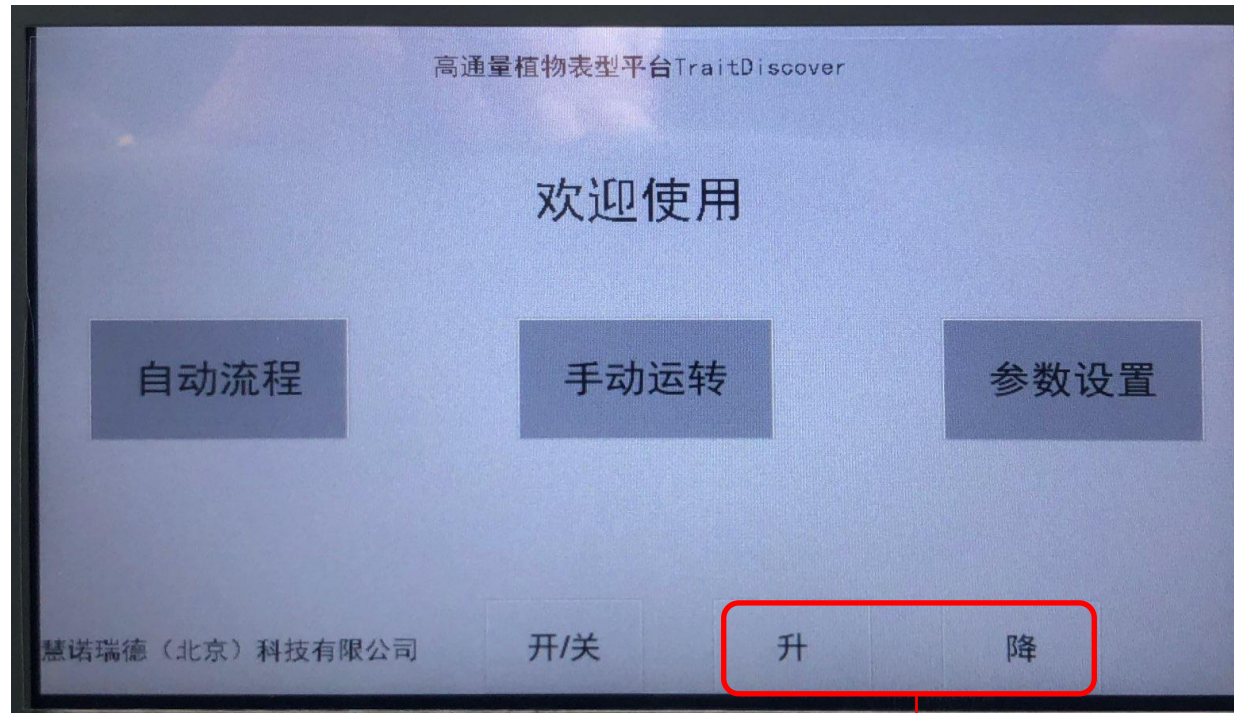
# Trait Gantry 操作系统主界面



服务器开关

关闭系统，或服务器没有自动启动时使用

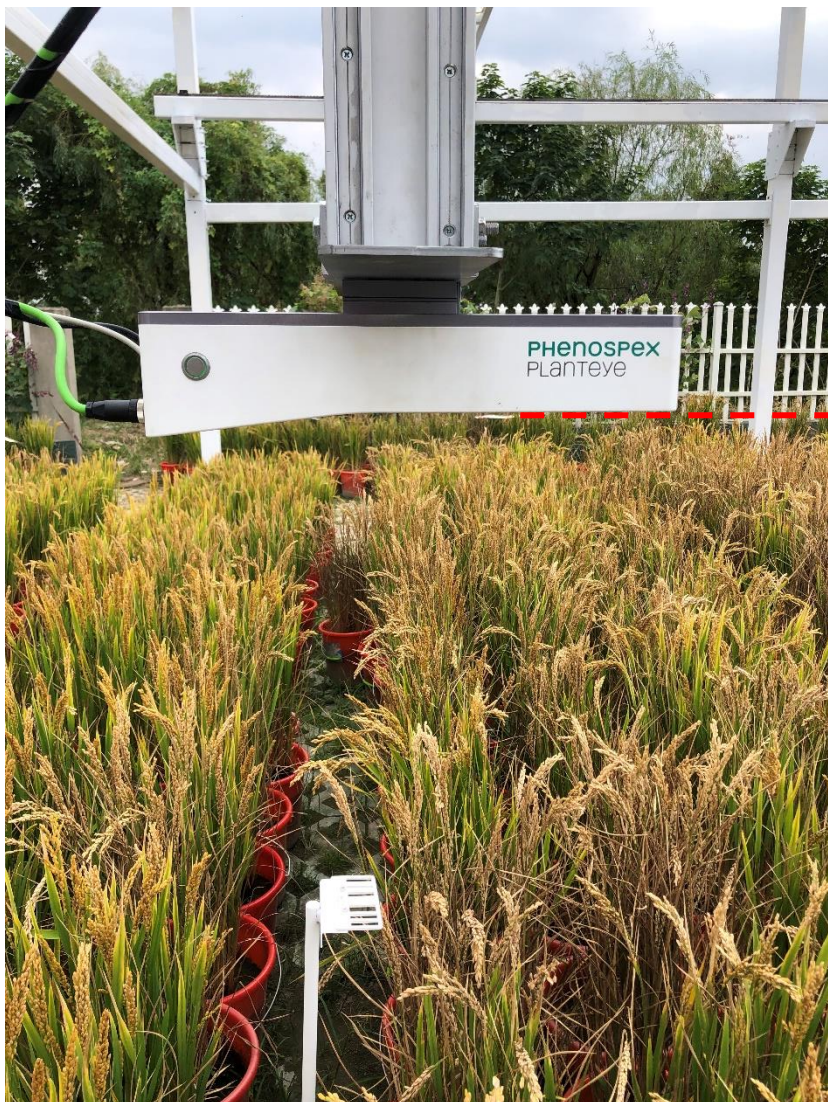
# Trait Gantry 操作系统主界面



Z轴升降

在开始一个Experiment前，首先确定Z轴高度，  
同一个Experiment中，不建议改变高度

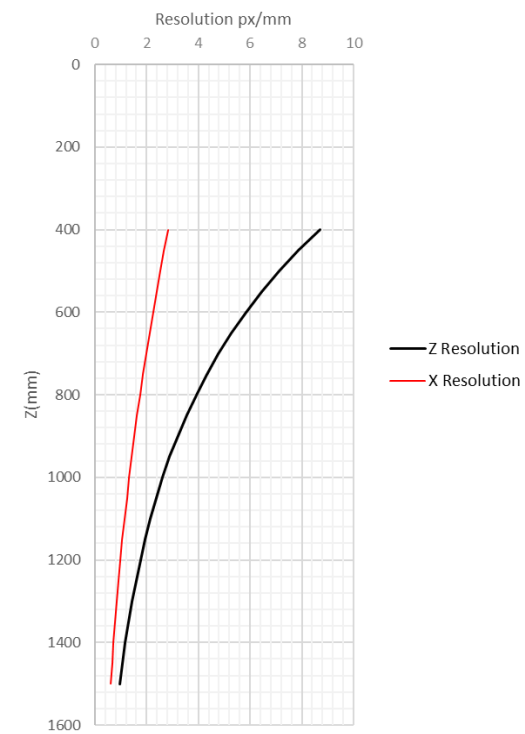
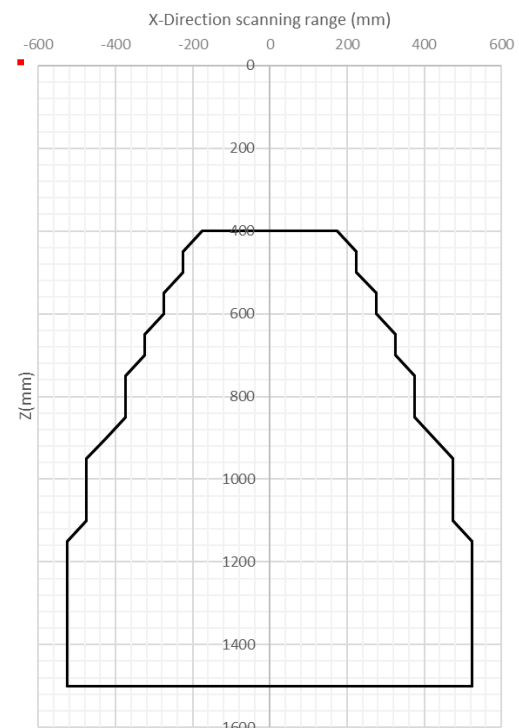




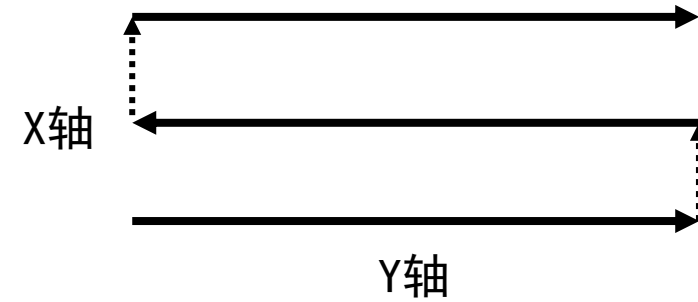
400mm



1500mm



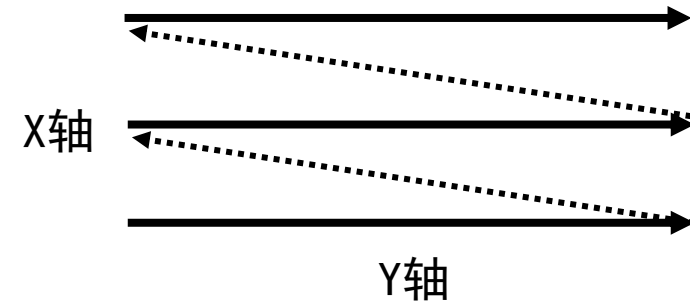
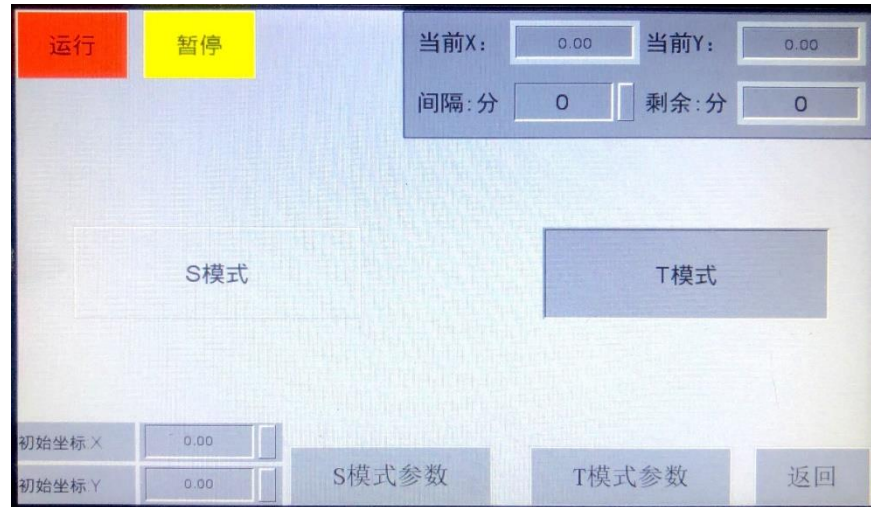
# 自动流程 - S模式



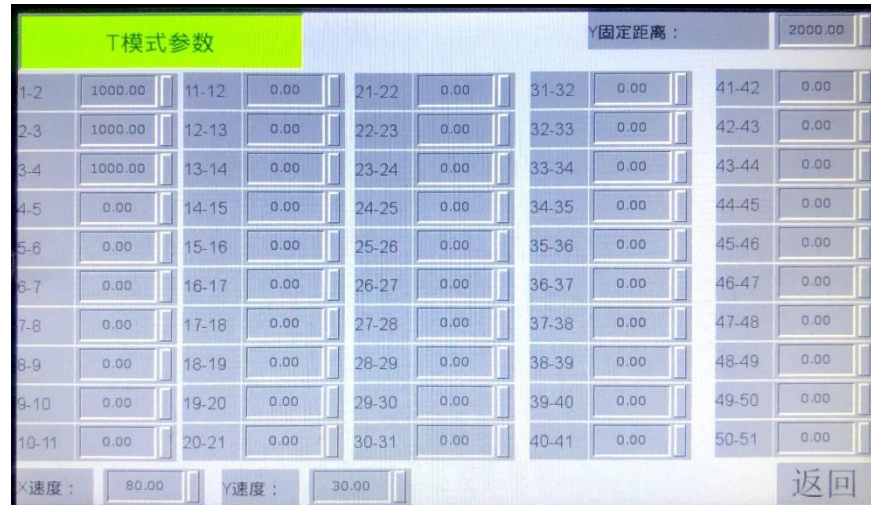
- Y固定距离: Y轴移动的距离, 距离不得超过18000mm
- 1-50格间距: X轴可分为50格间距, 距离总和不得超过8400mm
- X速度: X轴方向移动速度
- Y速度: Y轴方向移动速度, 30mm/s, 传感器最佳测量速度



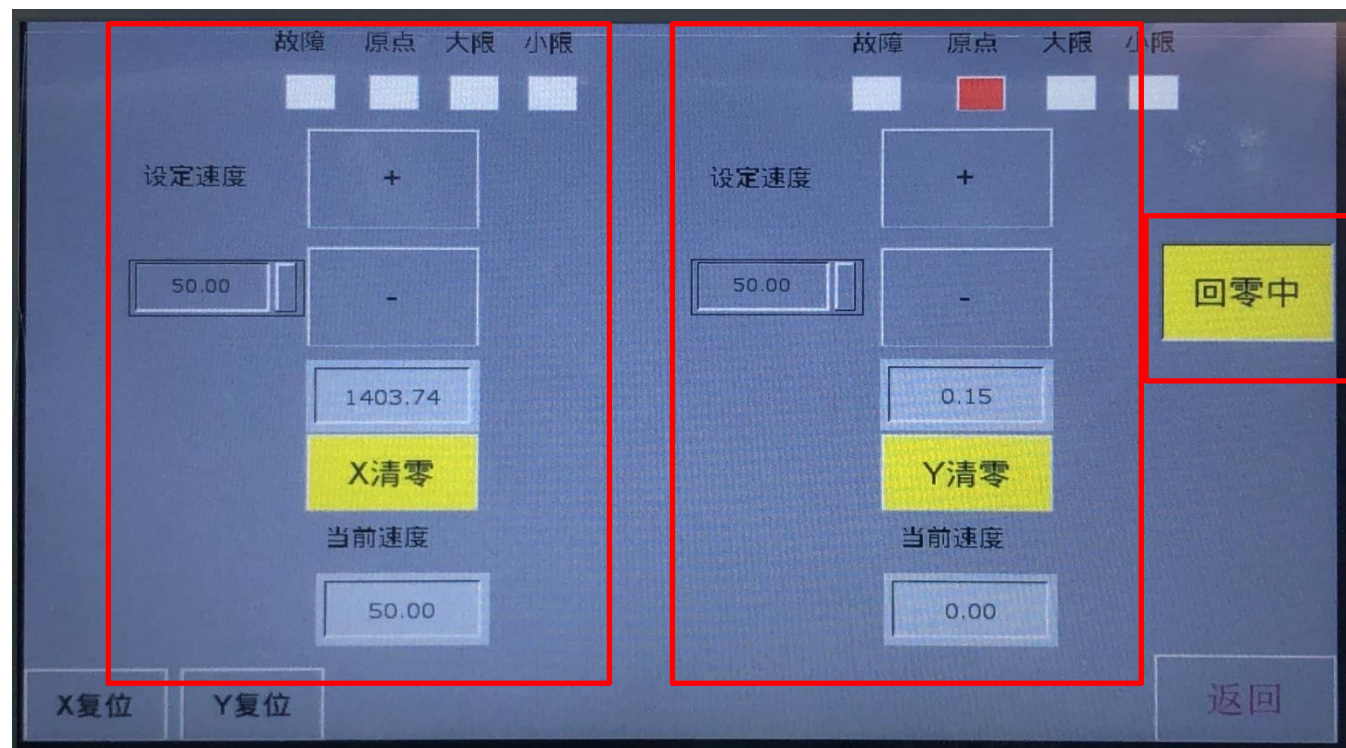
# 自动流程 - T模式



- Y固定距离: Y轴移动的距离, 距离不得超过18000mm
- 1-50格间距: X轴可分为50格间距, 距离总和不得超过8400mm
- X速度: X轴方向移动速度
- Y速度: Y轴方向移动速度, 30mm/s, 传感器最佳测量速度



# 手动运转



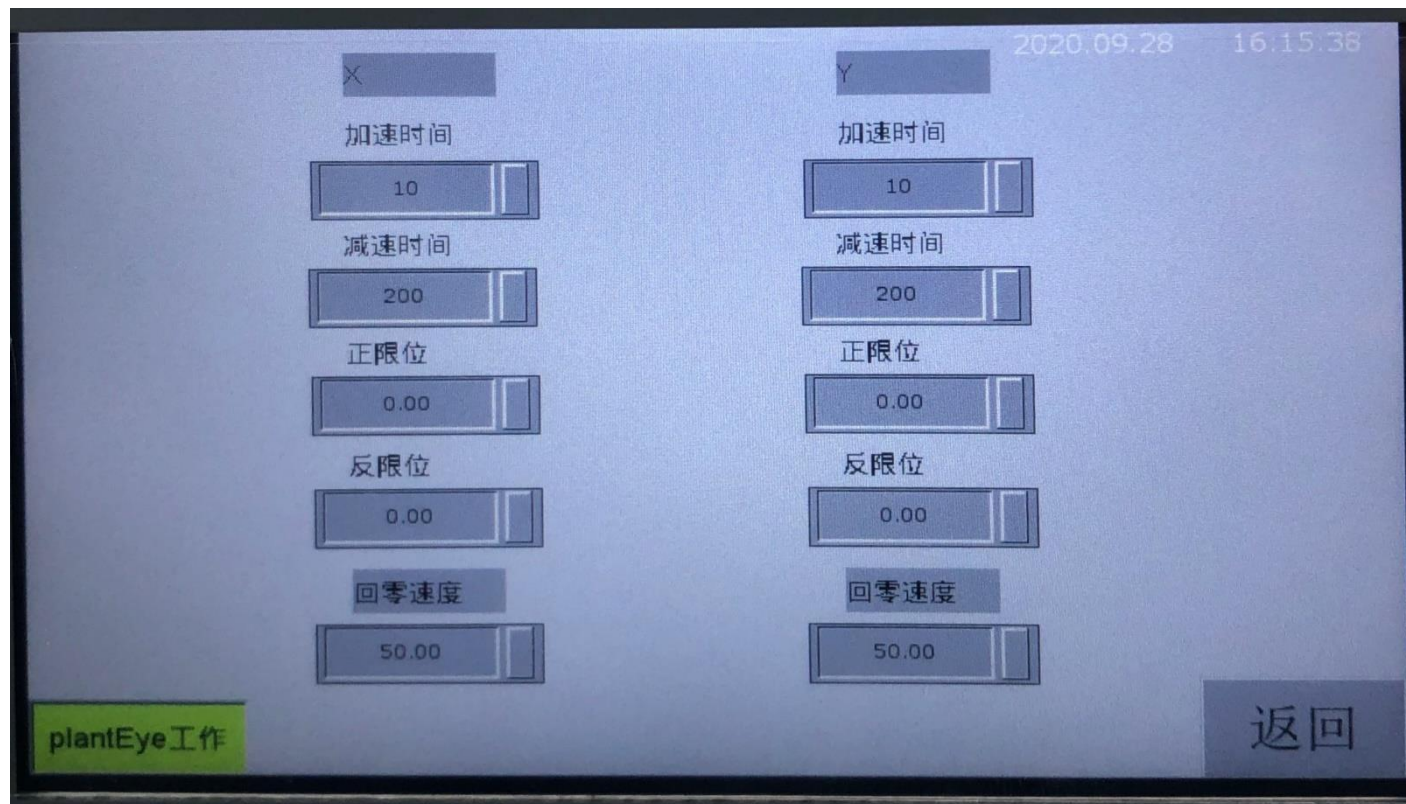
X轴和Y轴同时  
回到原点

X轴手动调整位置  
+号往前走  
-号往后走  
X清零回到原点

Y轴手动调整位置  
+号往前走  
-号往后走  
Y清零回到原点

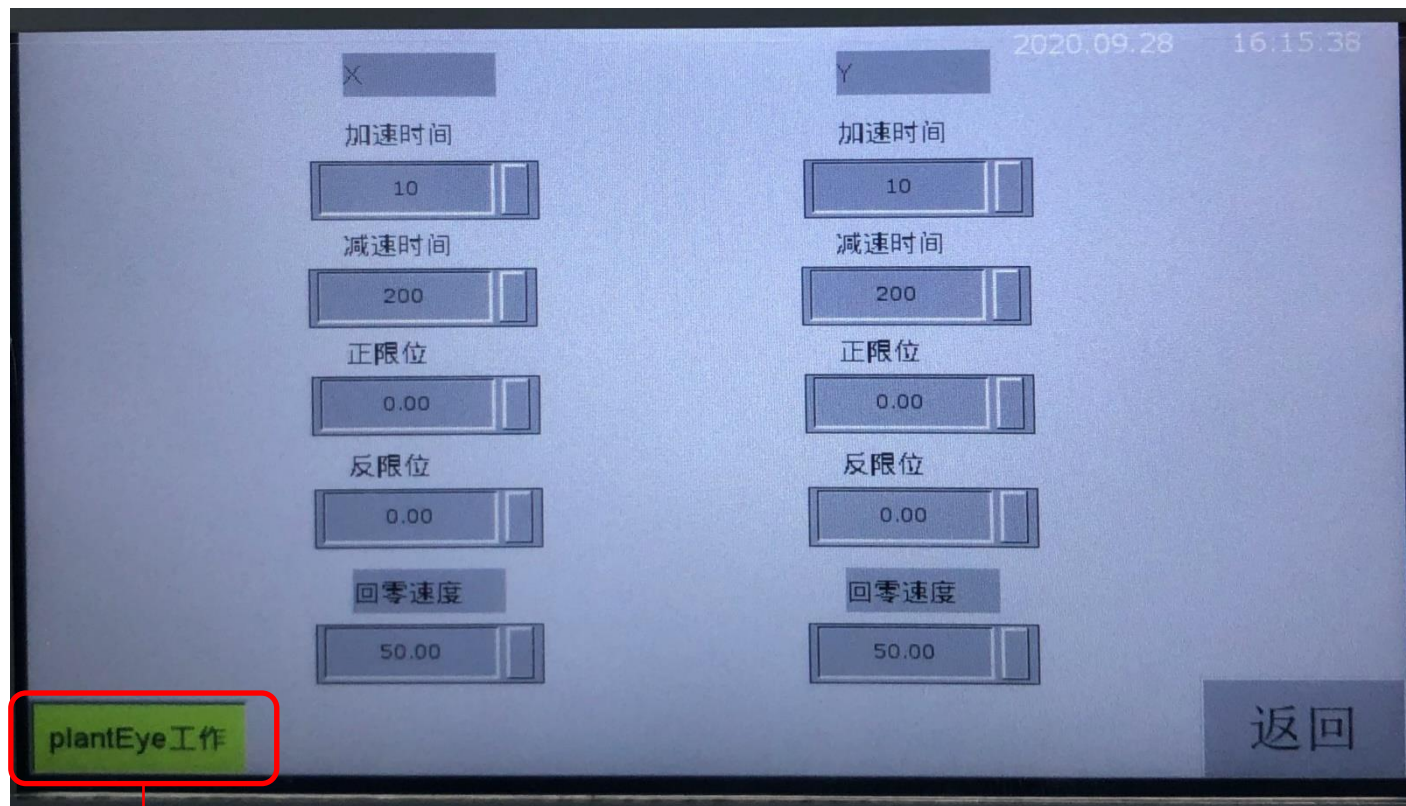


# 参数设置



参数已调试好，不用再进行修改

# 参数设置



传感器激活开关

若未点击，则传感器不发出激光



# PlantEye 传感器软件操作



## EXPERIMENTS

Stop or create new experiments.



## PSX DATA

Filter, download and analyze your data.



## DASHBOARD

Monitor your system.



## SYSTEM

Advanced system configuration settings.

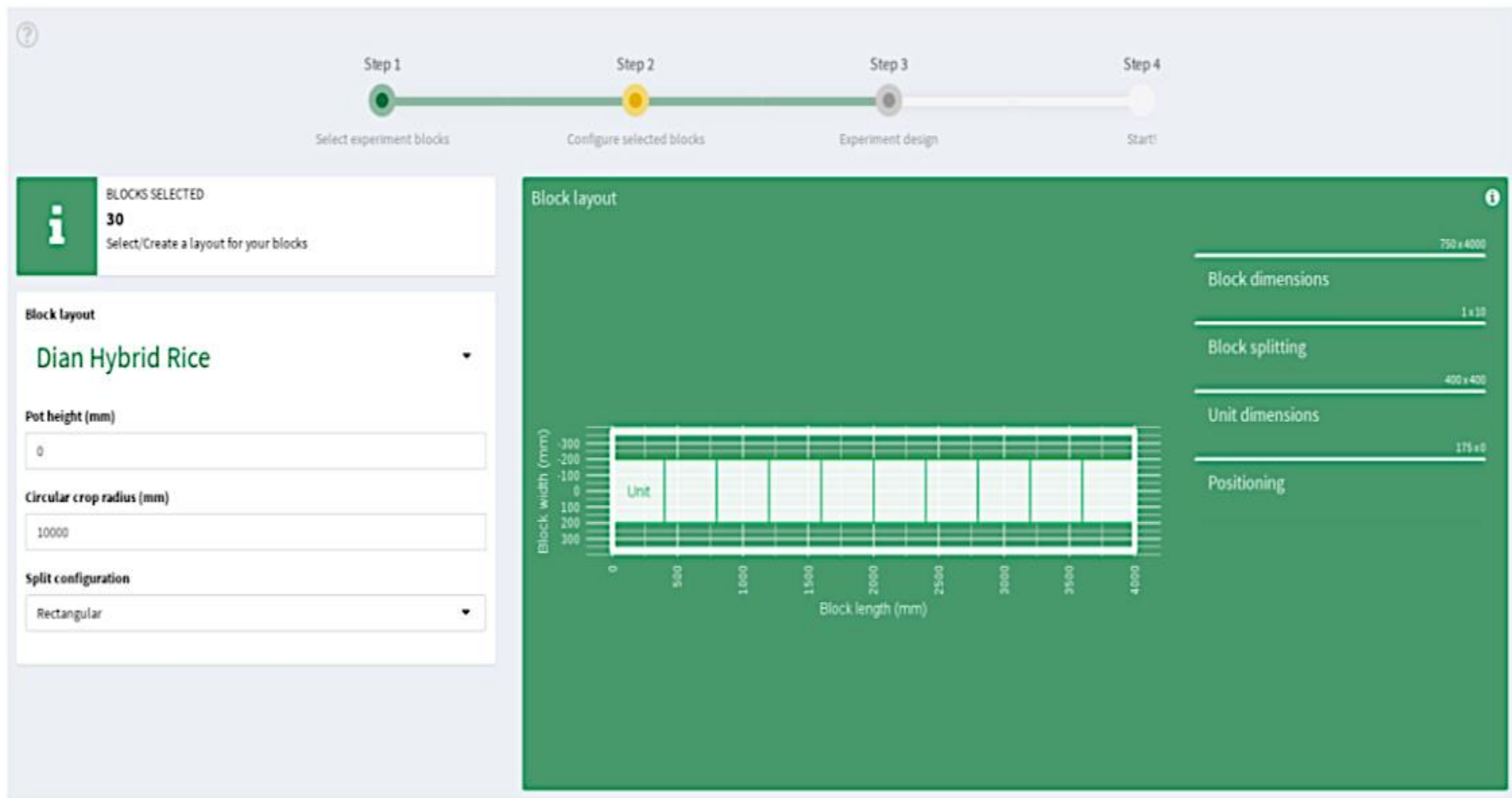
实验板块：

设置实验信息，开始/停止实验测量





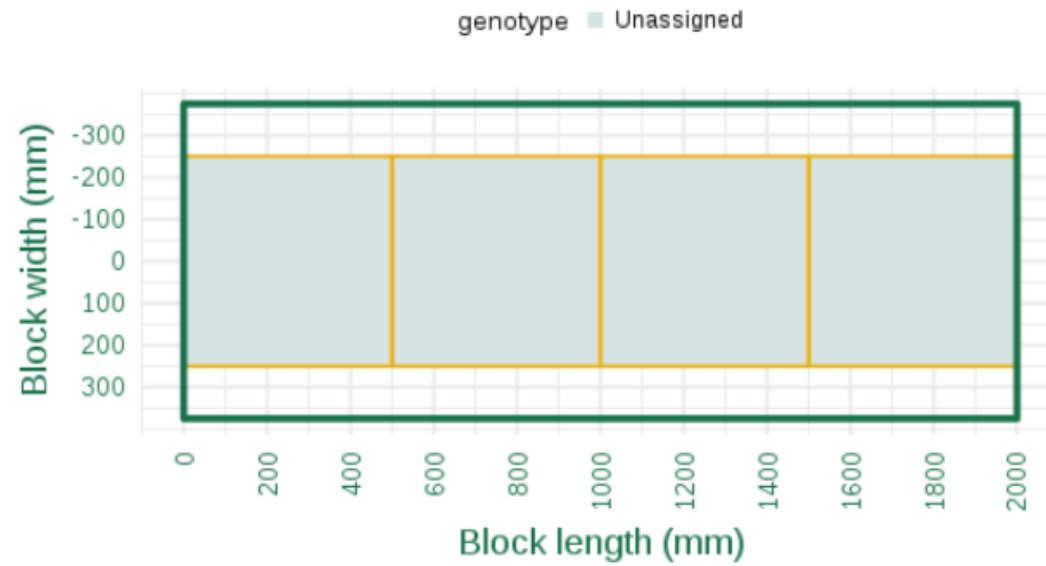
选择实验所涉及的区块



设置区块（Block）中的单元小区（Unit）分布



## Block 4



Genotype

Treatment

Tomato

Genotype alias

Provide a unique alias...

Species

qc\_2

Update genotype

Copy genotype layout to all blocks

设置小区中的基因型和处理的分布和名称



## EXPERIMENTS

Stop or create new experiments.



## PSX DATA

Filter, download and analyze your data.



## DASHBOARD

Monitor your system.



## SYSTEM

Advanced system configuration settings.

数据板块：

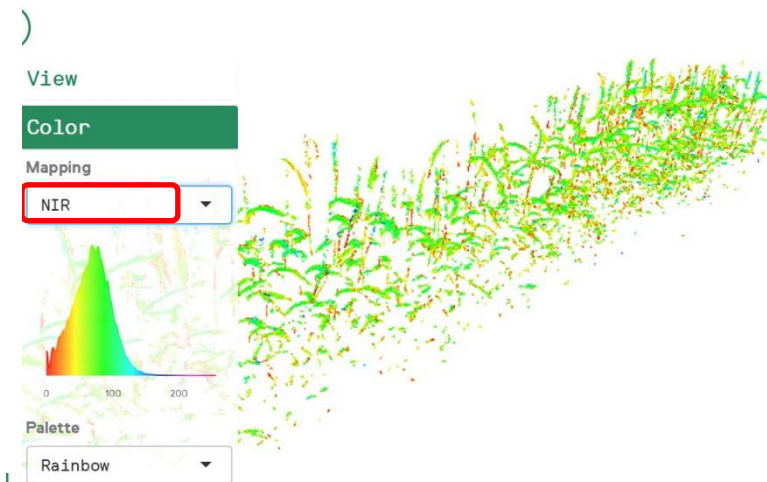
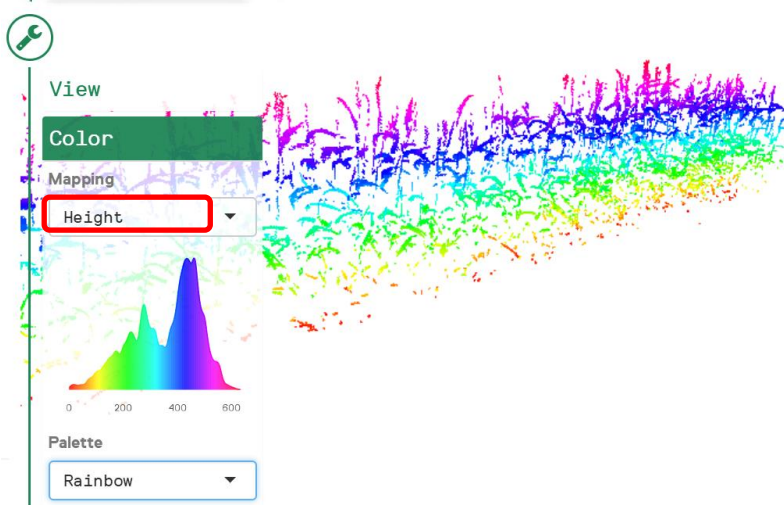
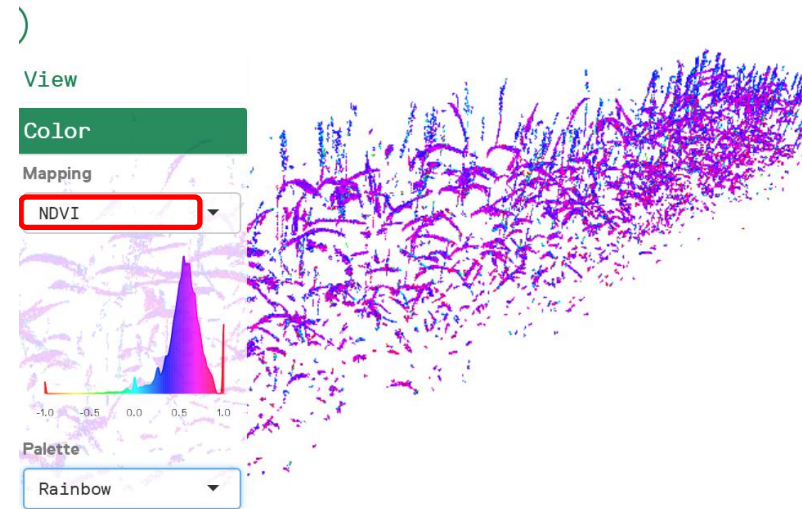
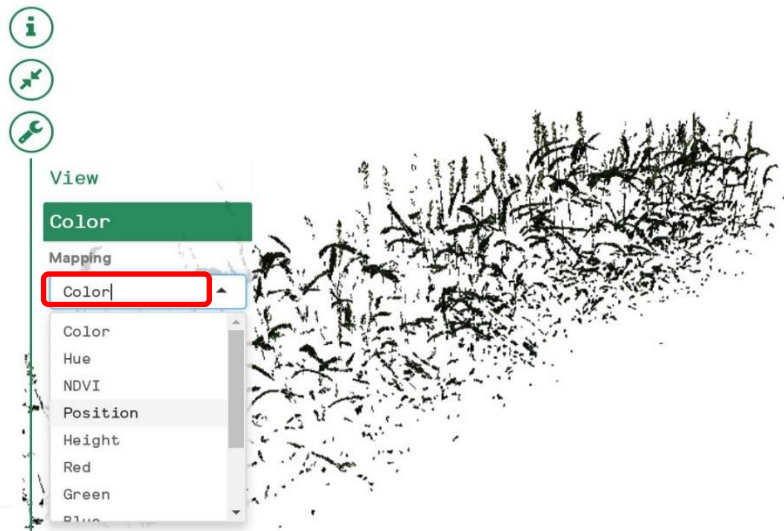
查看实验数据，开始/停止实验测量





- 时间序列下的数据图标
- 可选择各个参数图表
- 数据图上每个测量点可显示3D点云图

# 各参数三维激光点云图





## EXPERIMENTS

Stop or create new experiments.



## PSX DATA

Filter, download and analyze your data.



## DASHBOARD

Monitor your system.



## SYSTEM

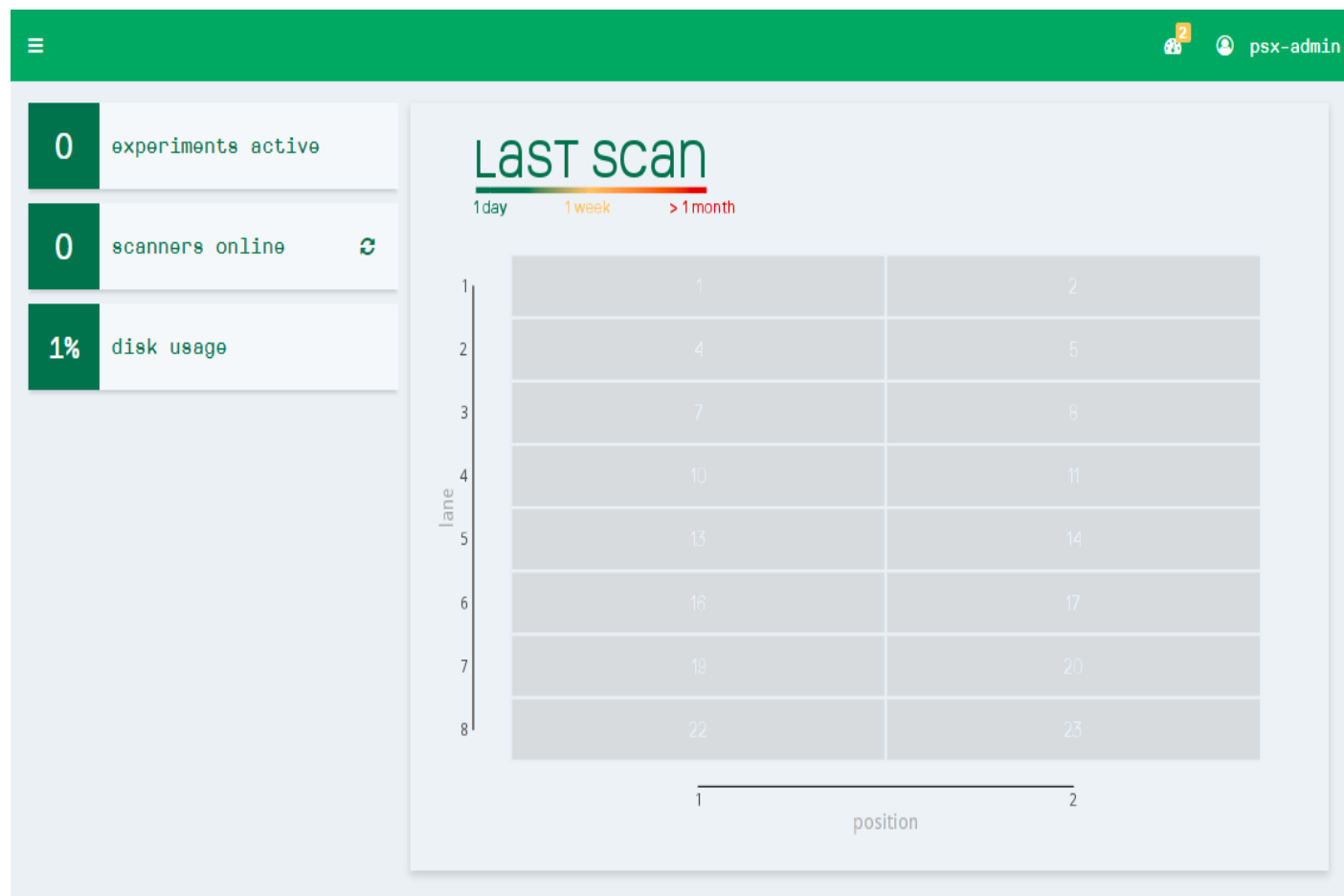
Advanced system configuration settings.

仪表盘板块：

查看系统状态，包括传感器连线情况



- 实验状态
- 传感器状态
- 内存使用情况



- 最近一次扫描时间间隔



## EXPERIMENTS

Stop or create new experiments.



## PSX DATA

Filter, download and analyze your data.



## DASHBOARD

Monitor your system.



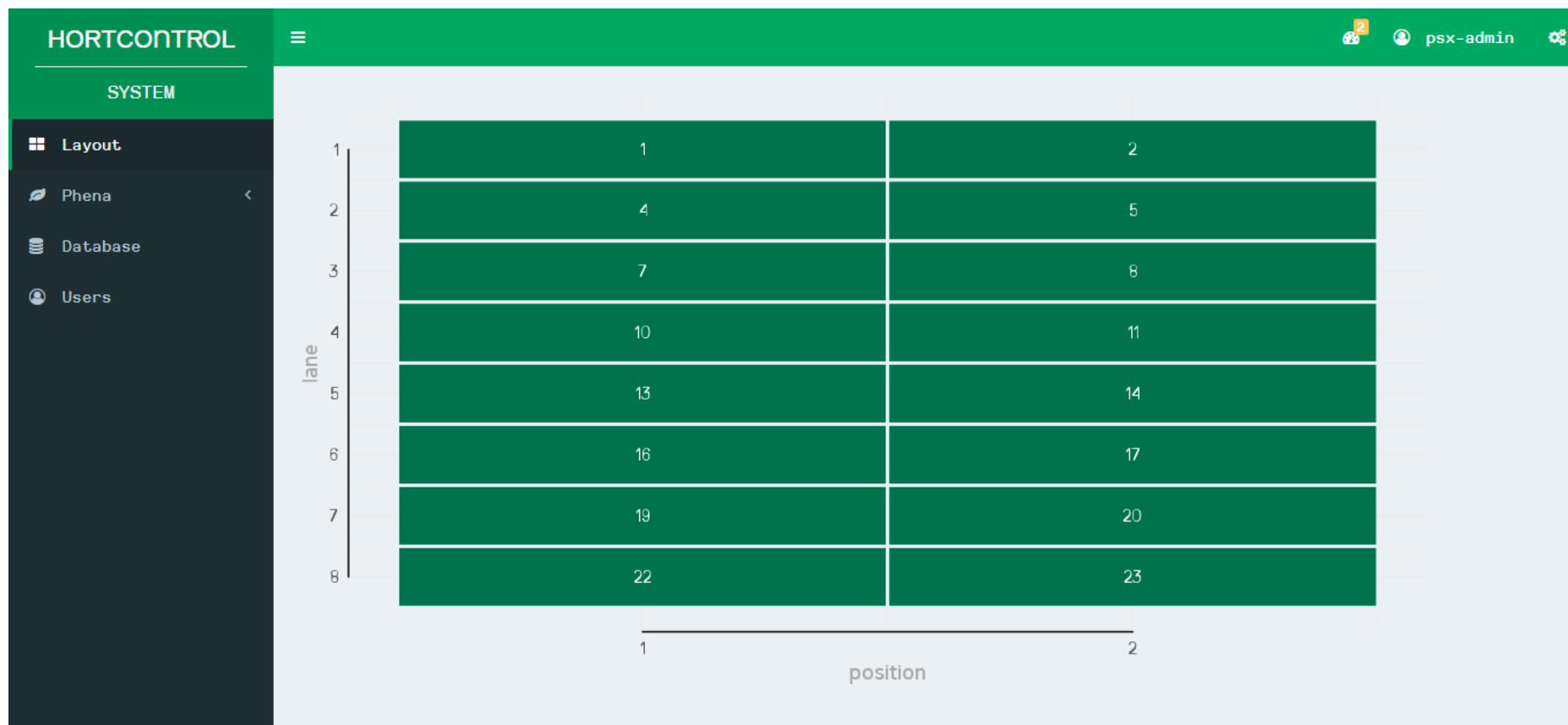
## SYSTEM

Advanced system configuration settings.

系统板块：

进行系统设置，包括系统布局、相关数据信息设置

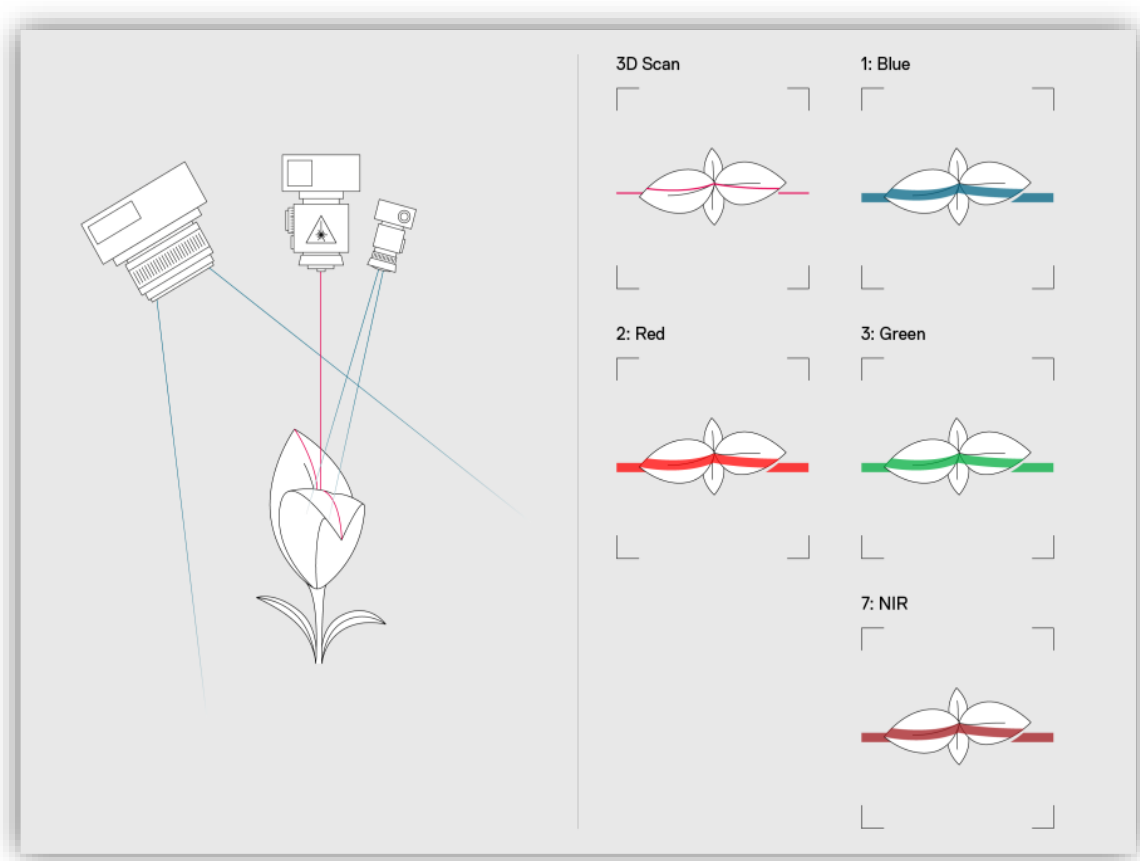
- 系统布局设置
- 参数设置
- 数据库数据管理
- 用户管理





# PlantEye 数据功能模块

# PlantEye数据获取与类型



PlantEye



单株？

群体？

3D Scan



◆ 形态学参数

（株高、叶面积、生物量、叶倾角、叶夹角、光穿透深度）

多光谱相机



◆ 光谱参数

（红、绿、蓝、近红外、植被指数）

# 形态学参数

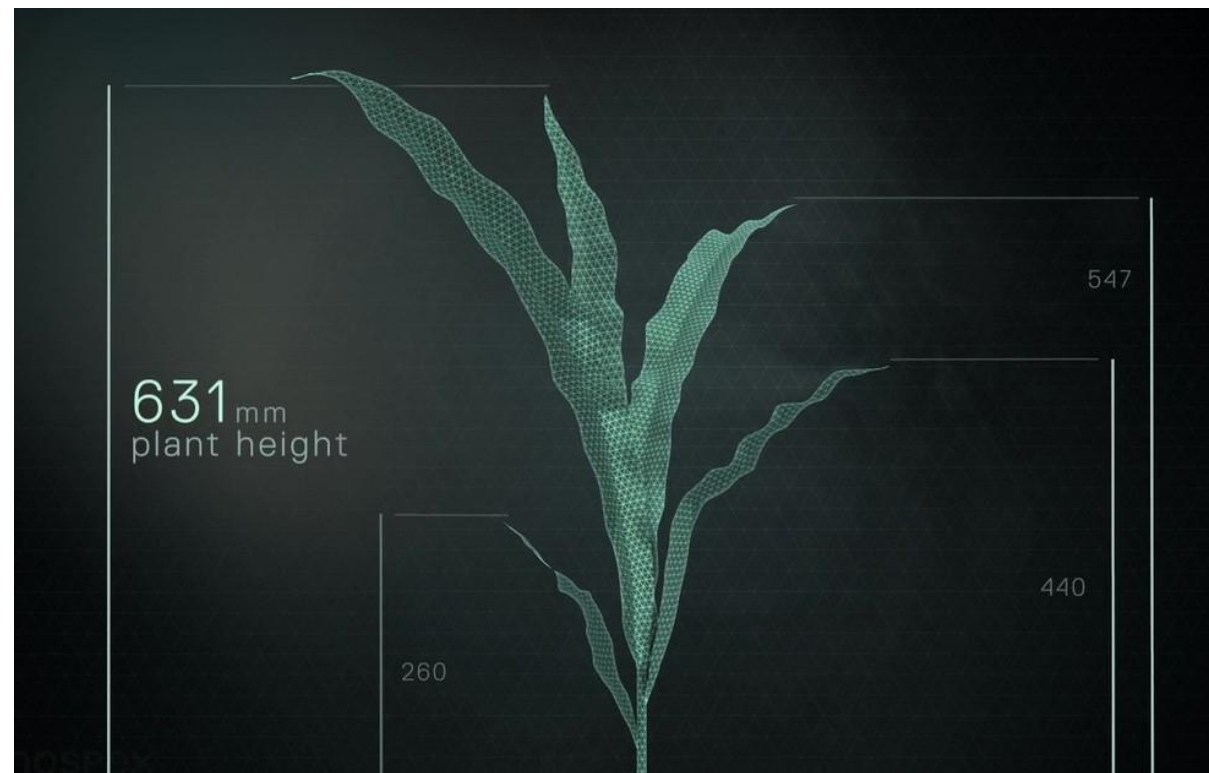
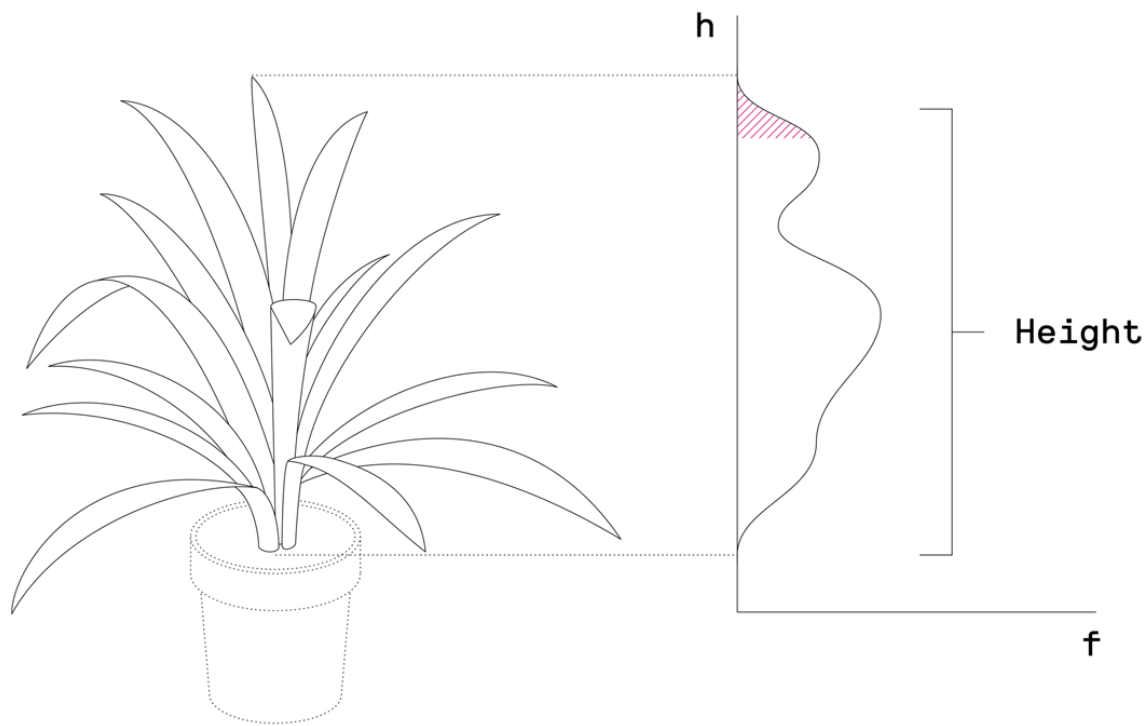
## Morphological Plant Parameters



# PlantEye可直接获得以下形态学参数

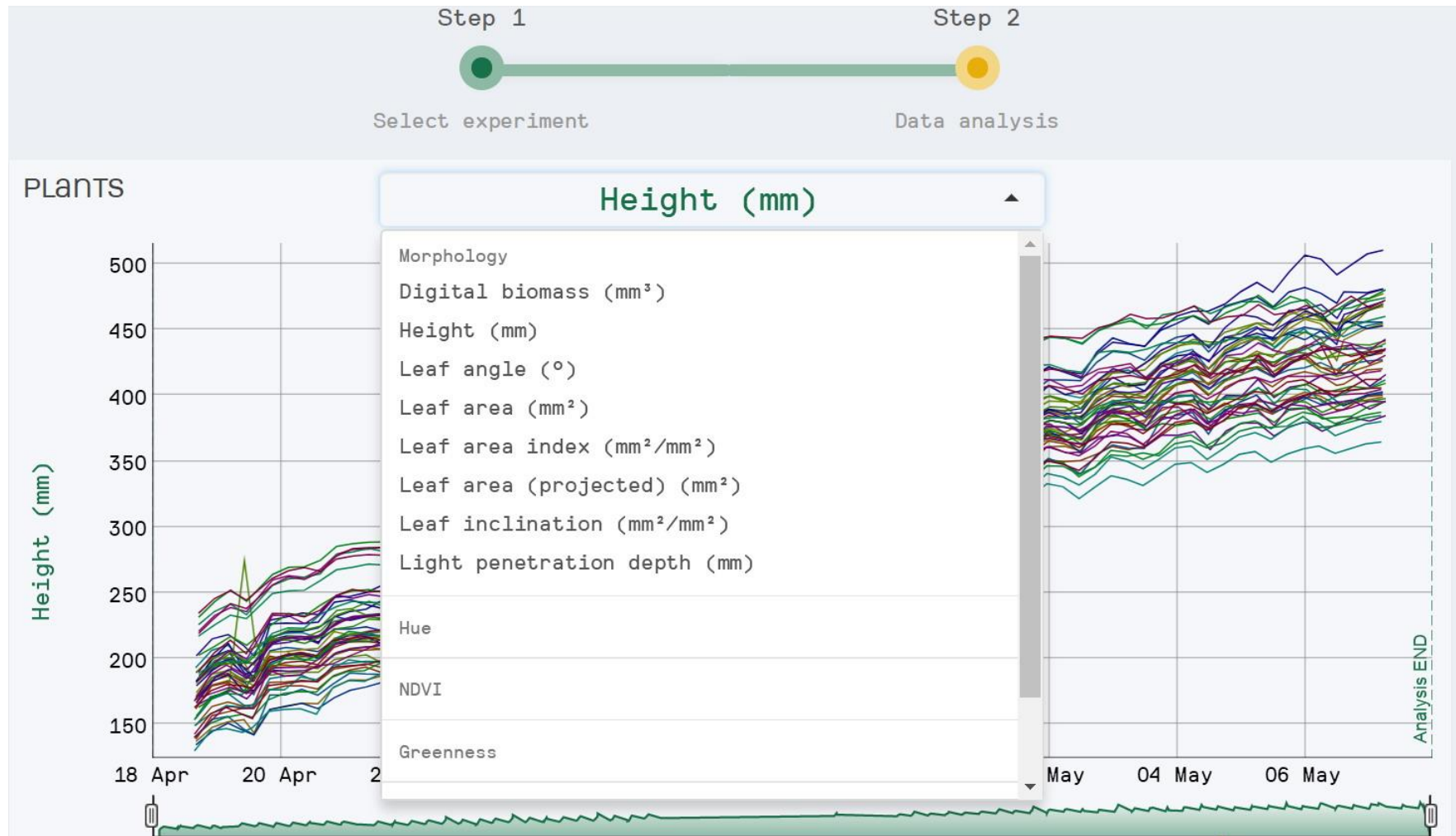
- 株高
- 叶面积
- 投影叶面积
- 生物量
- 叶面积指数 (LAI)
- 叶倾角
- 叶夹角
- 光穿透深度

# 株高(Height)



- PlantEye在计算株高时，将植株上端**10%**的部分做平均，计算该平均值至花盆面的高度，为植株高度。

# HortControl查看数据：株高

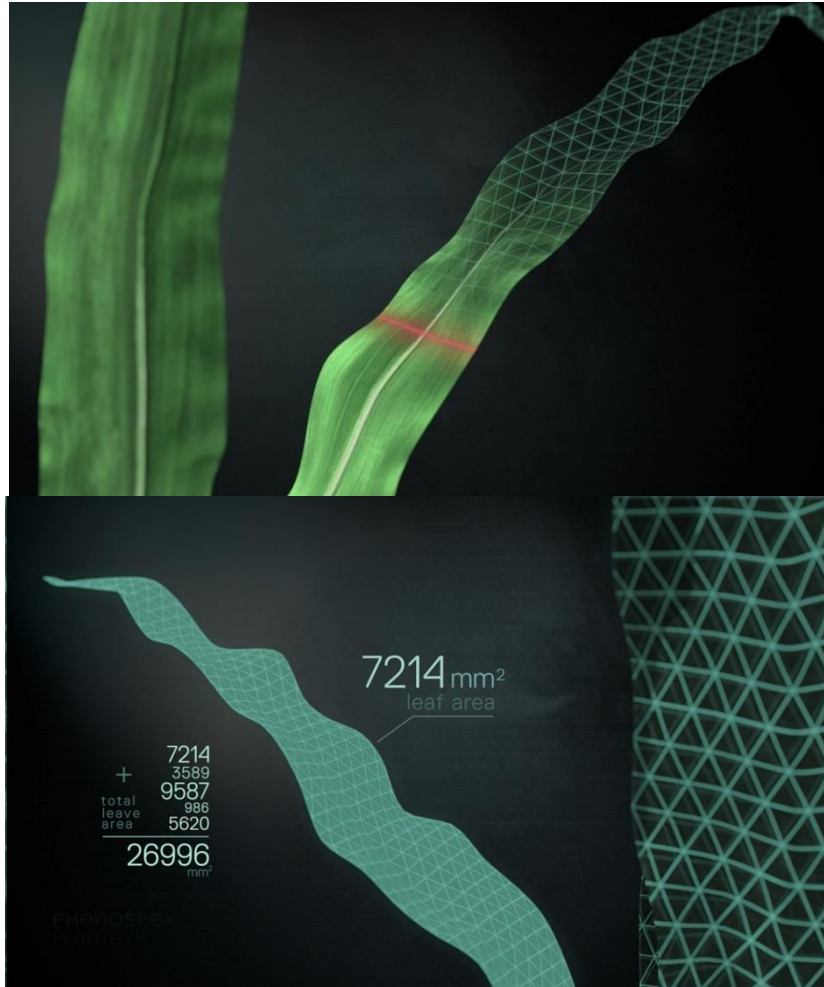


PlantEye可设定高频率扫描，HortControl可实现数据的实时查看

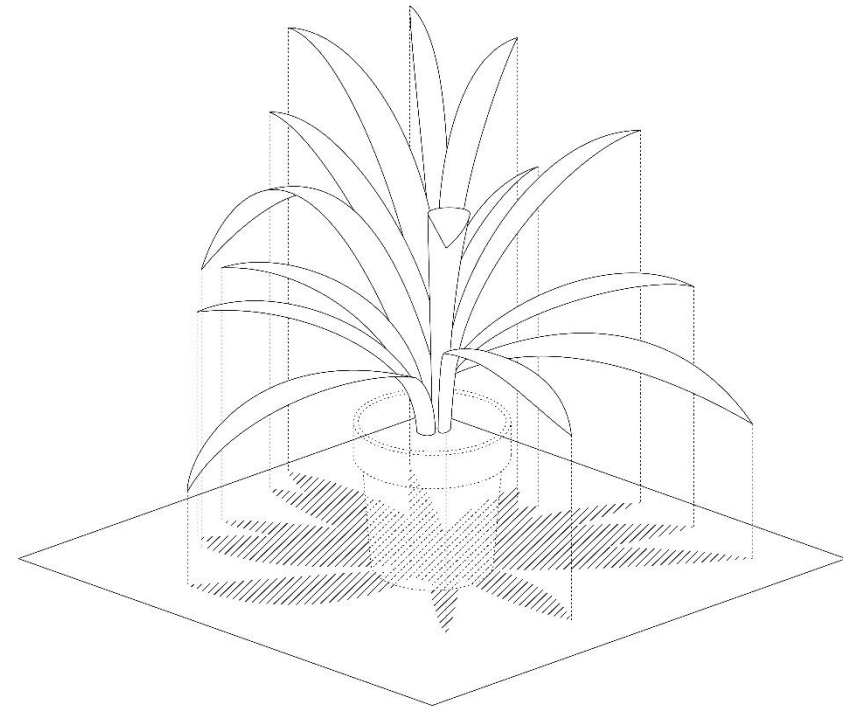


# 叶面积(Leaf area)

## 3D 叶面积(3D Leaf area)



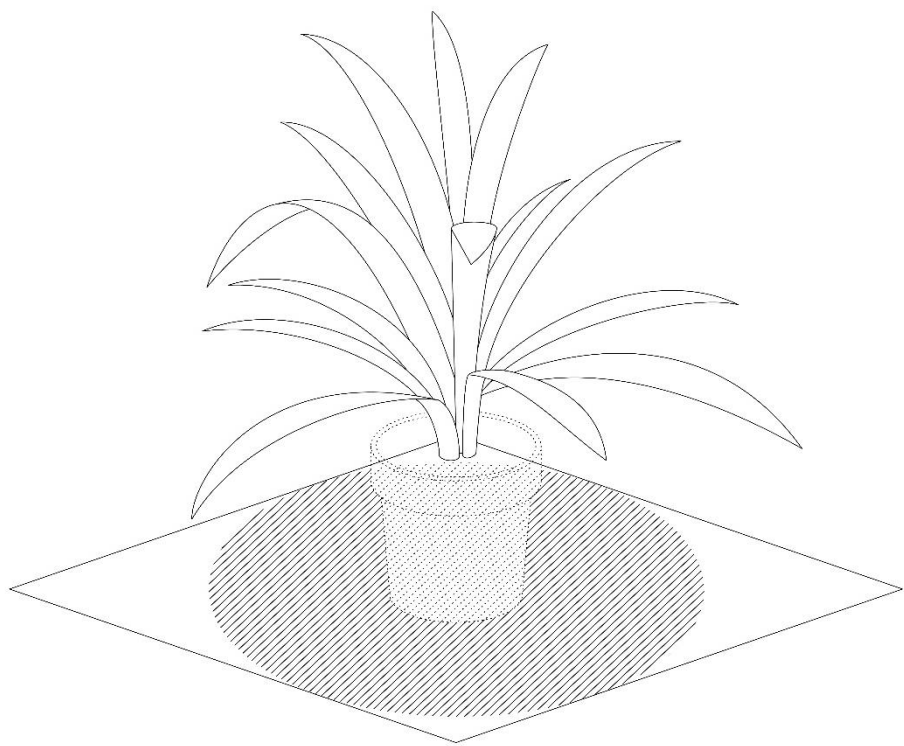
## 投影叶面积(Proj. Leaf area)



投影叶面积是植株投影在平面中的面积

(不同层面的叶投影面积不重复计算)

# 叶面积指数(Leaf Area Index)

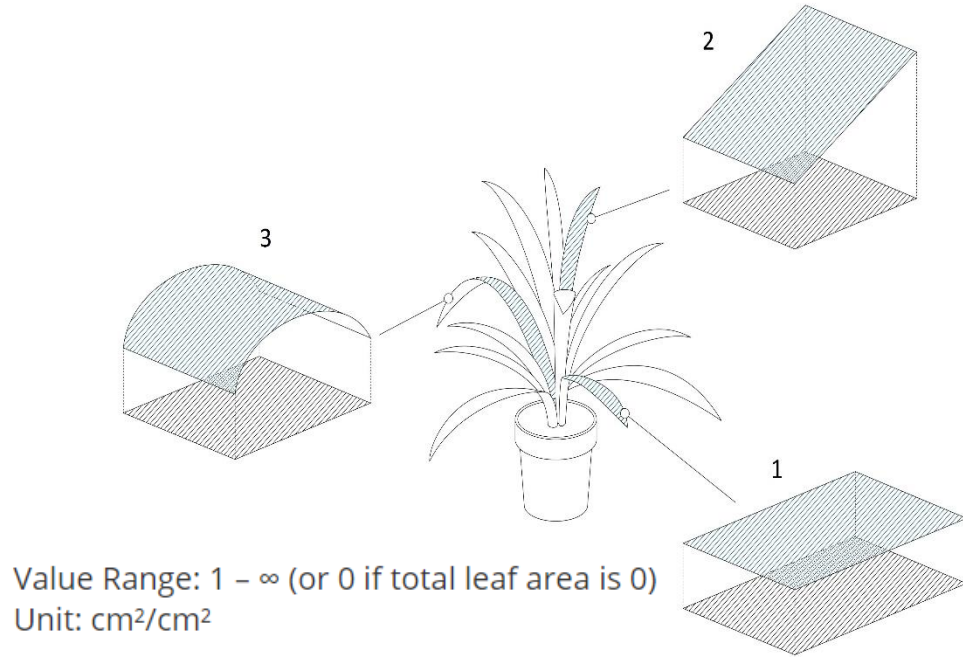


- 单位土地面积上植物叶片总面积占土地面积的倍数
- 计算方法:  $LAI = \text{叶片总面积} / \text{土地面积}$
- 叶面积指数是反映作物群体大小的较好的动态指标

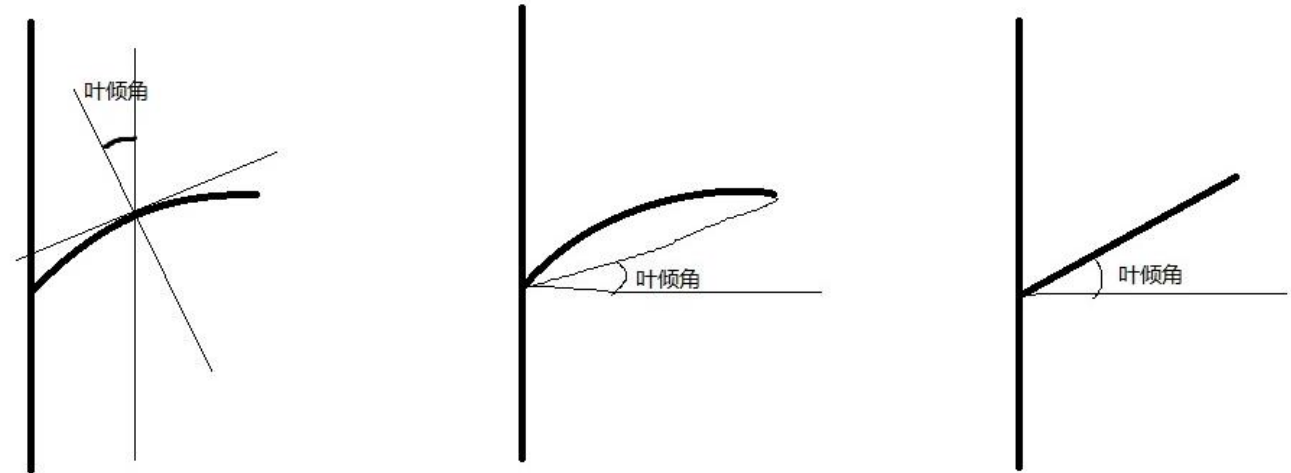
➤ LAI与产量相关。当LAI增加到一定的限度后，田间郁闭，光照不足，光合效率减弱，产量反而下降。

# 叶倾角(Leaf Inclination)

## Leaf Inclination



## Leaf Inclination Angle

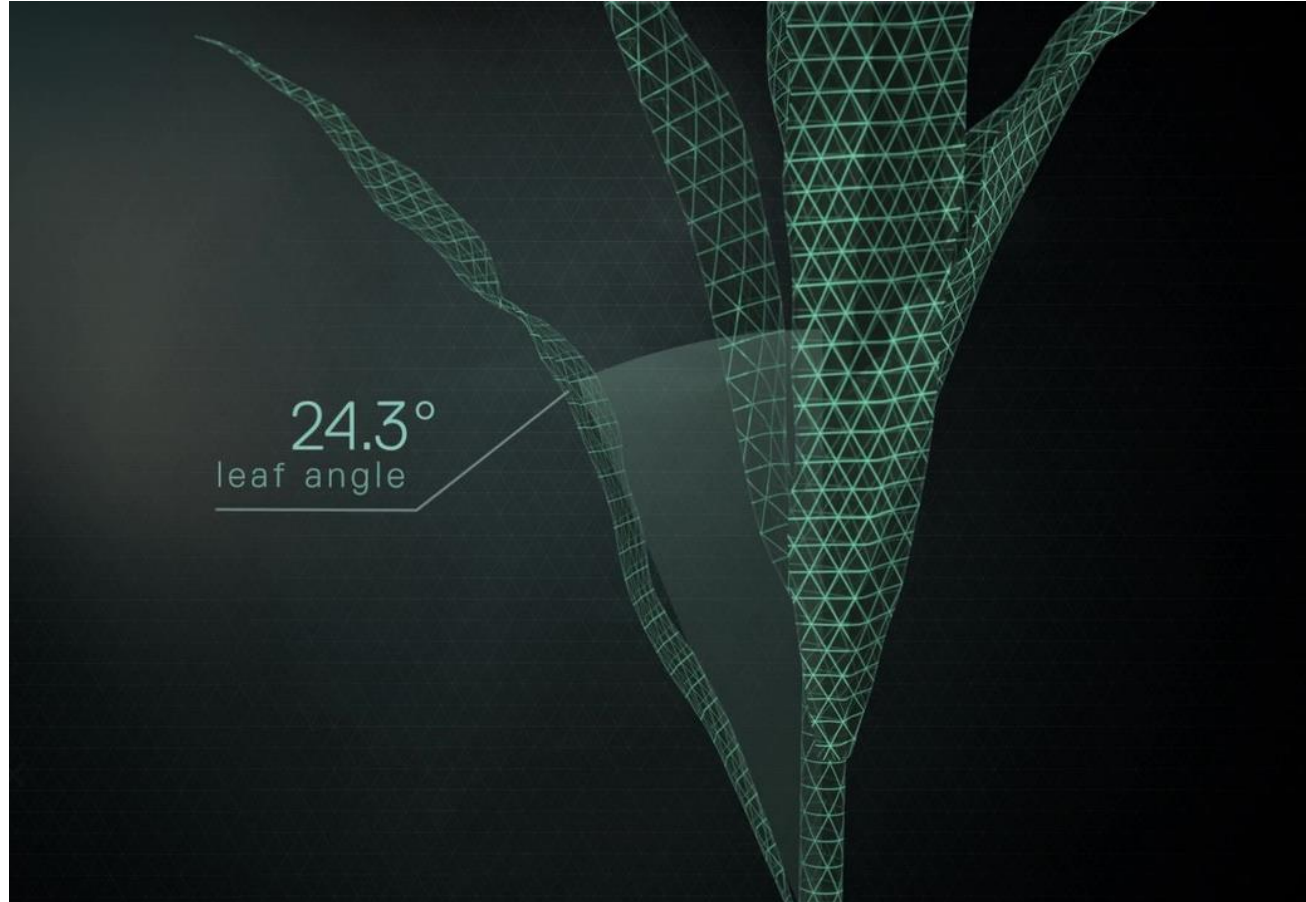


- 计算公式：总叶面积/投影叶面积
- 叶倾角是指叶片腹面的法线与水平面的夹角

➤ 叶倾角说明作物株型，植株的紧凑性



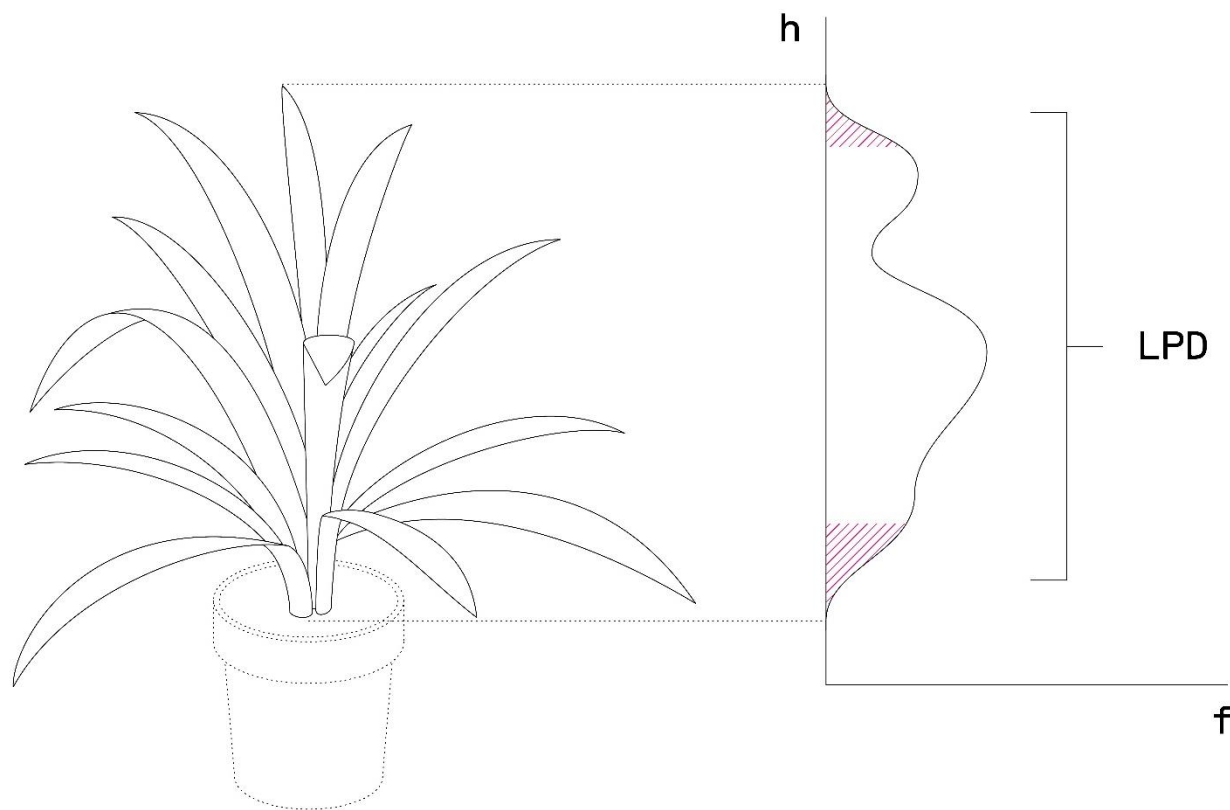
# 叶夹角(Leaf Angle)



- 叶夹角是指叶片腹面的法线与植株茎秆的夹角；
- 对于叶面直立的叶片，测量叶脉与茎秆的夹角；对于叶片弯曲的叶片，将叶片分成2-3段分别测量叶角，再以叶面积为权重计算平均叶角；

➤ 叶夹角同样说明作物株型，植被的紧凑性

# 光穿透深度(Light Penetration Depth)



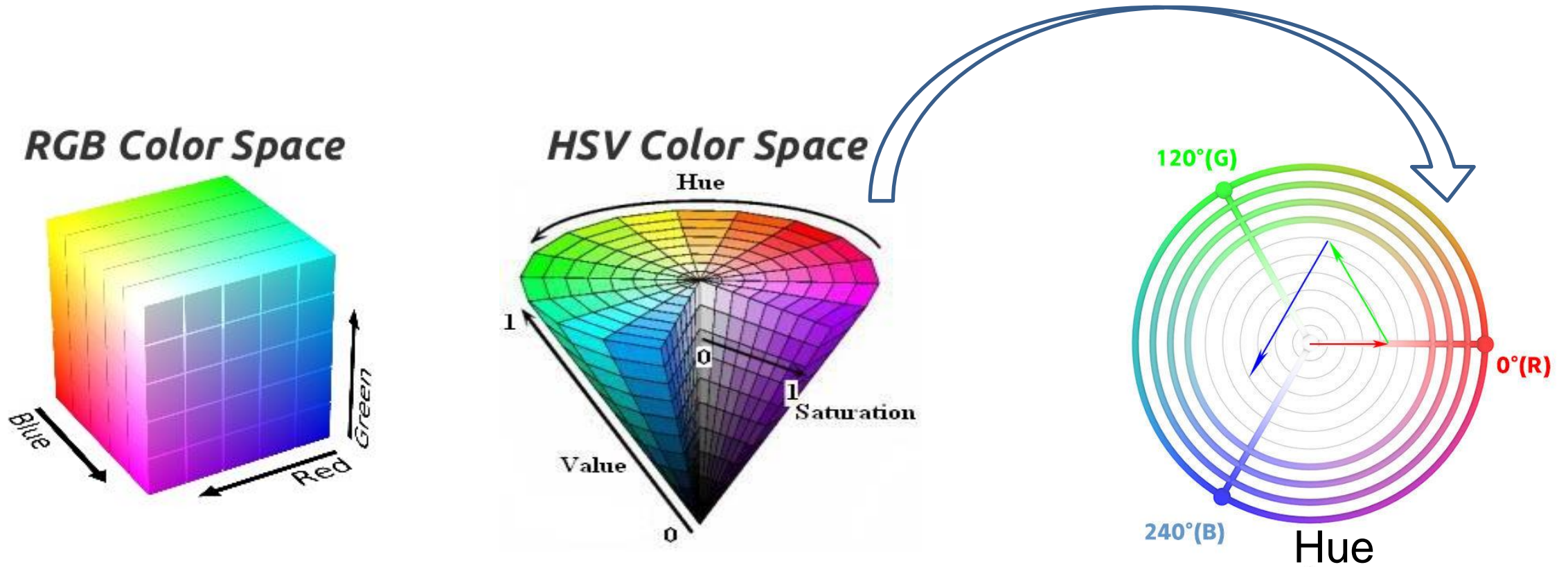
- 取值范围:  $0 - \infty$  , 单位: mm
- LPD是指激光穿透冠层可以达到的最深处
- 主要用于植物群体

➤ LPD可以反映植物群体的郁闭度

# 光谱参数

## Spectral Parameters

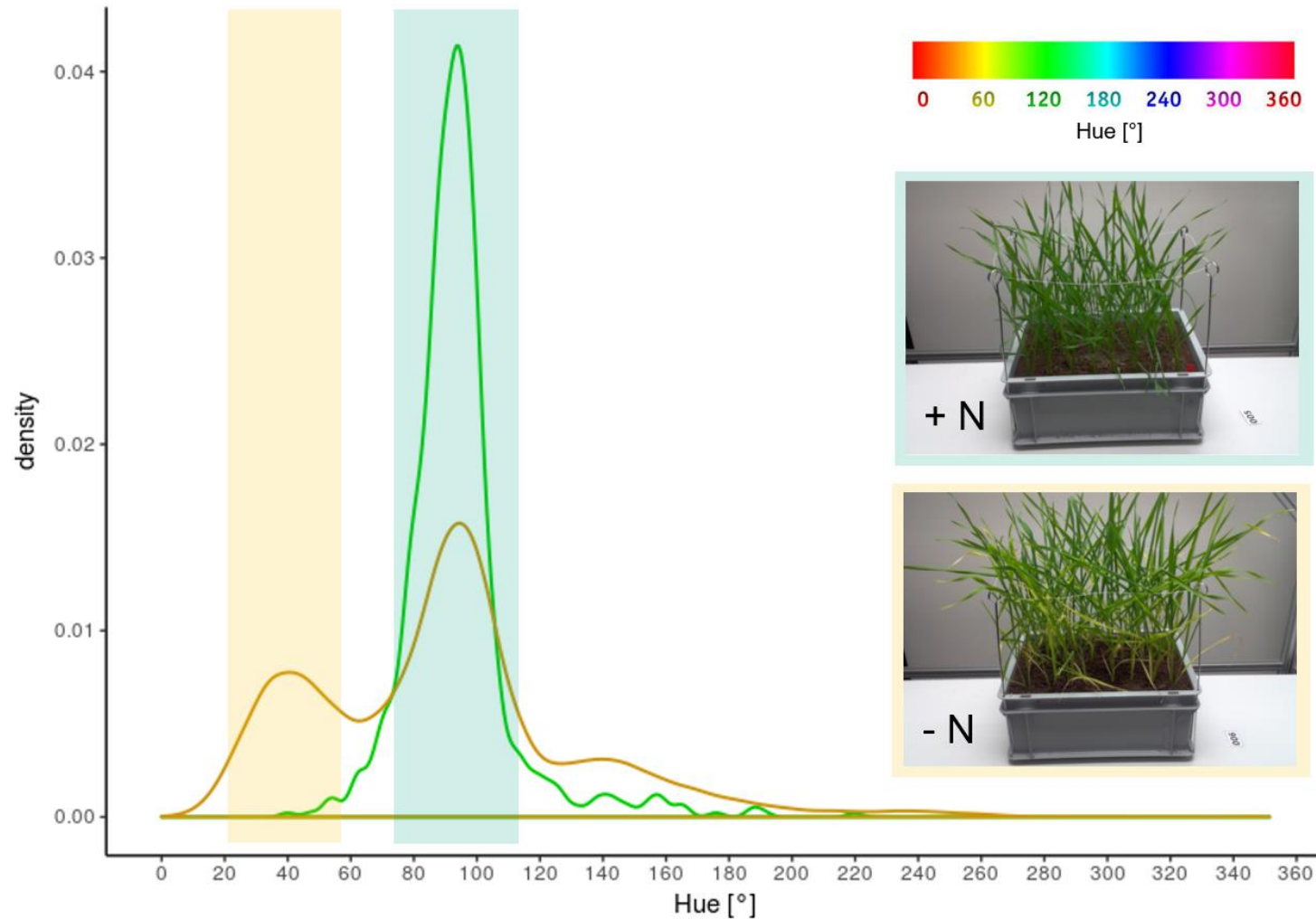
# Hue（色调）原理



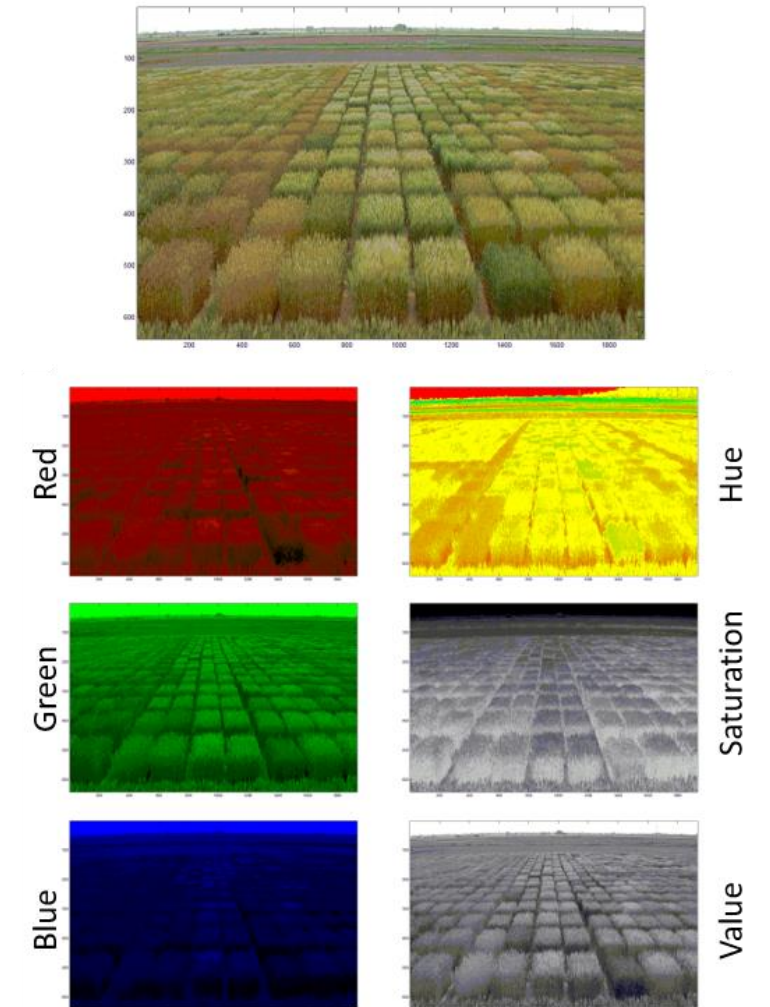
图像处理中，HSV适用于指定颜色分割，RGB通道并不能很好地反映出物体具体的颜色信息。比如红色在HSV空间中H维度(Hue)的范围为0~10和340~360。



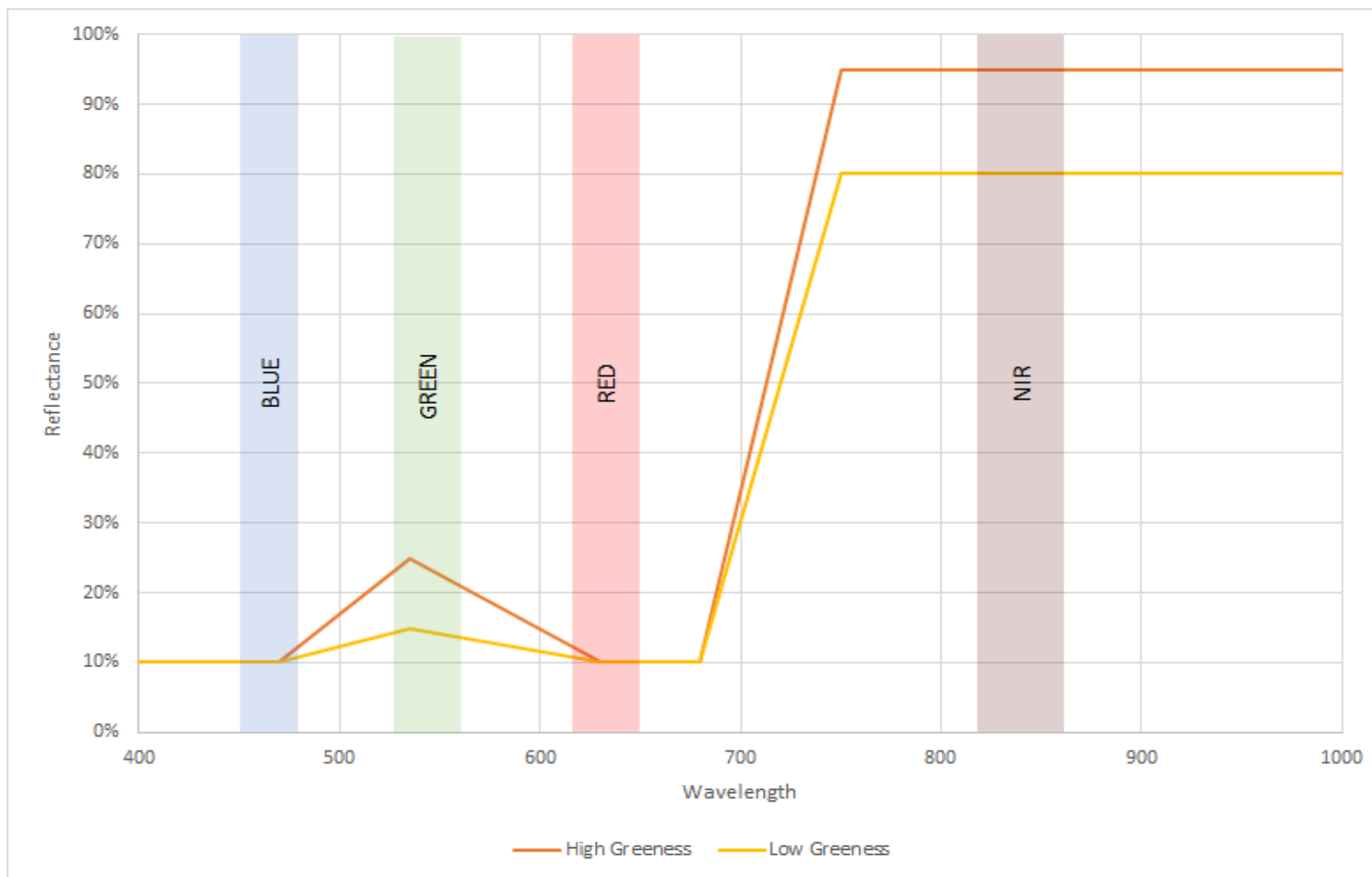
# Hue (色调) 的应用



Color Image



# Greenness (绿度)



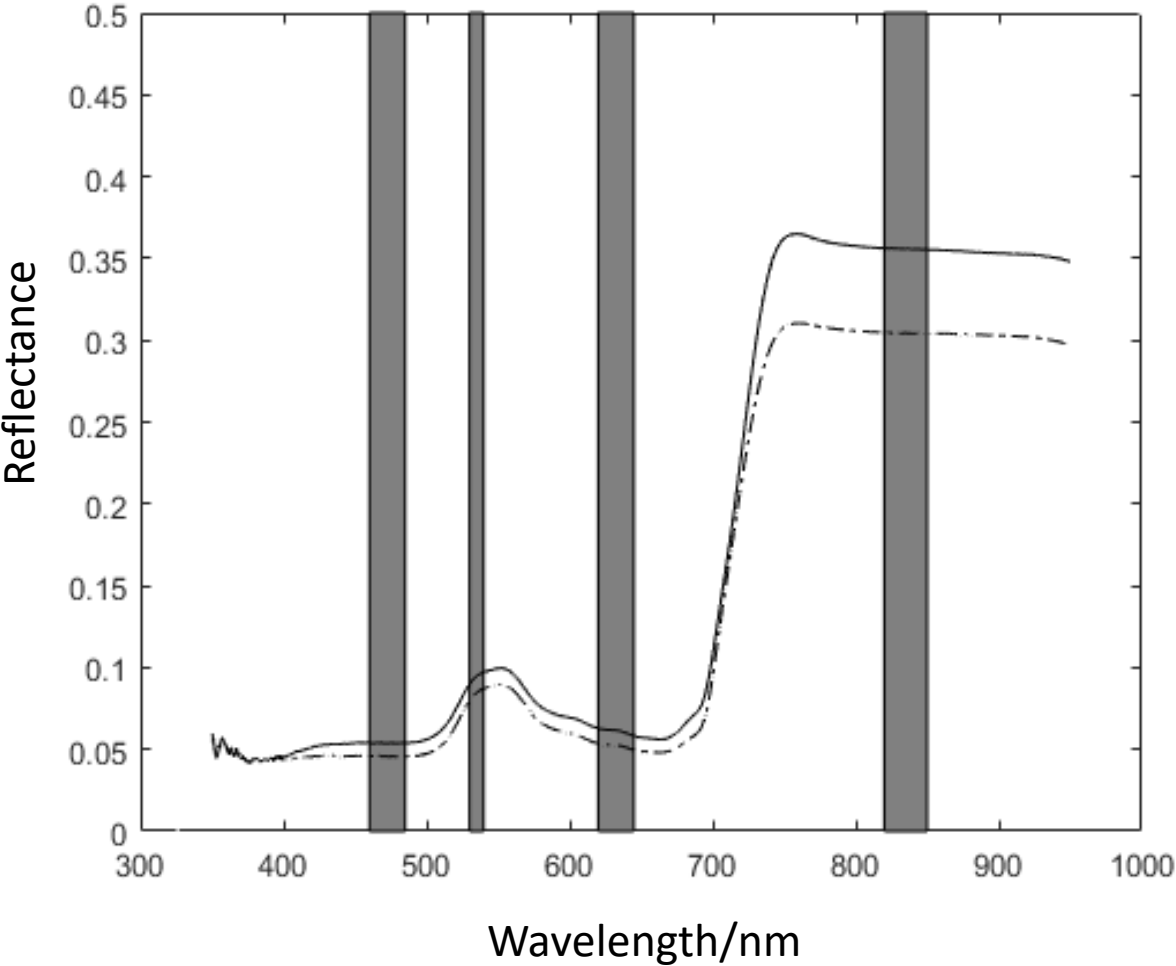
➤ 绿度值主要反应植株图像在绿色通道的反射率变化

# PlantEye多光谱参数

## 多光谱传感器参数

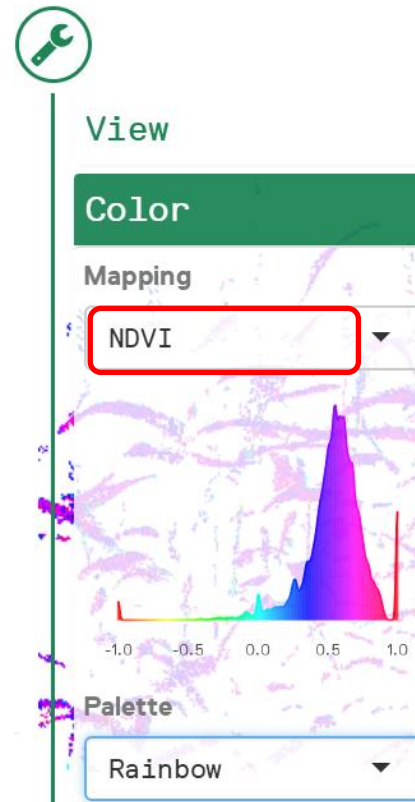
通道	波段范围	半波宽
Red(R)	620-645nm	20nm
Green(G)	530-540nm	30nm
Blue(B)	460-485nm	20nm
Near-Infrared(NIR)	820-850nm	30nm

➤ 理论上可以计算出由**R、G、B、NIR**四种波段任意组合的光谱指数，**PlantEye**直接给出**NDVI、NPCl、PSRI**等植被指数。



# NDVI（归一化植被指数）

- 计算公式：
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$
- 取值范围：[-1,1];
- 植被长势越好，吸收红光越多，  
反射近红外光越多，NDVI值越大；

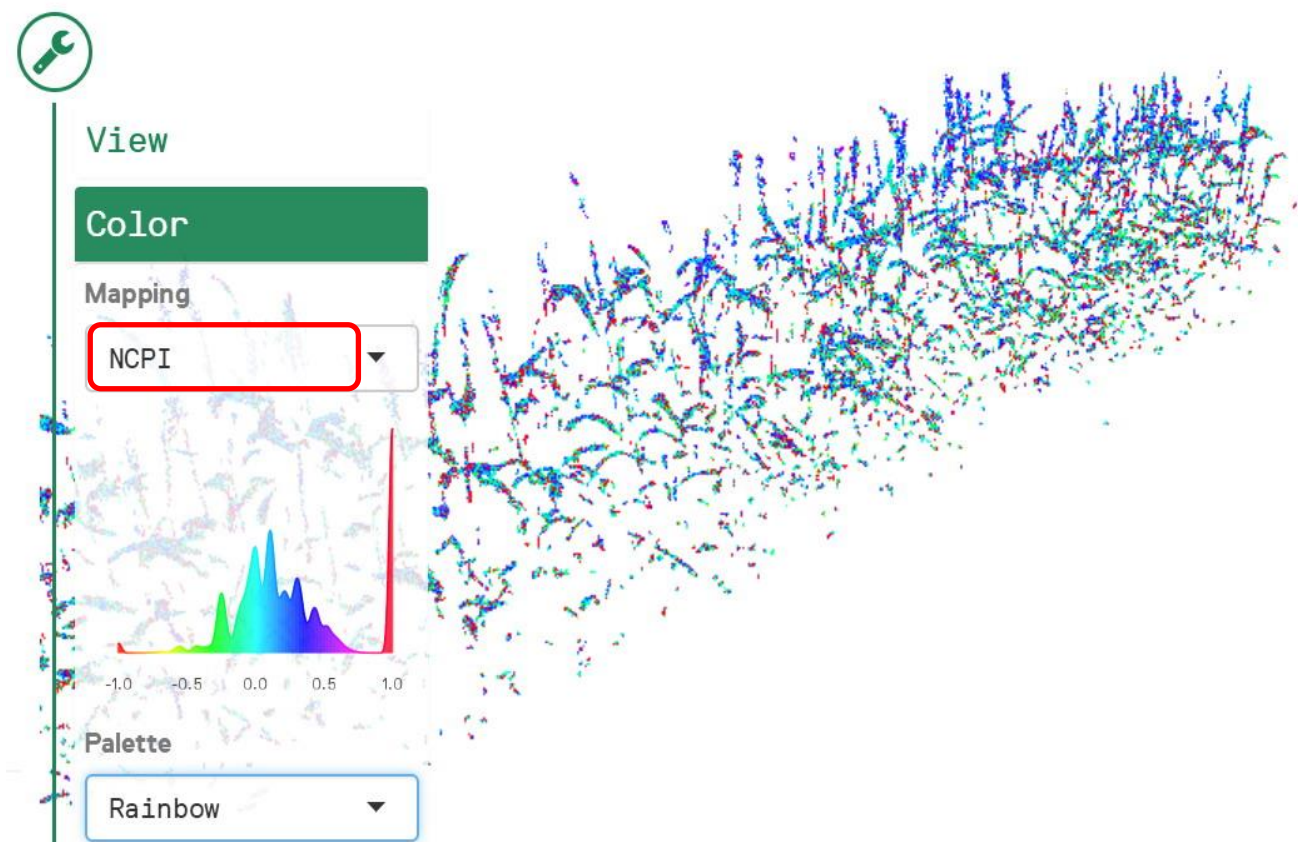


➤ NDVI主要反应**植被覆盖度、长势情况等**



# NCPI (归一化总色素与叶绿素a比值指数)

- 计算公式:  $NCPI = \frac{RED - BLUE}{RED + BLUE}$
- 取值范围:  $[-1, 1]$ ;
- 主要反应植被的**叶绿素含量**;



# PSRI (植被衰减指数)

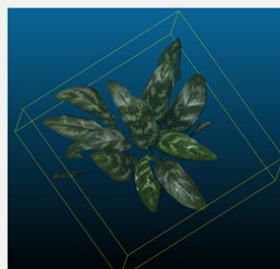
- 计算公式:  $PSRI = \frac{RED - GREEN}{NIR}$
- 取值范围:  $[-1, 1]$ , 绿色植物:  $[-0.1, 0.2]$
- 提高类胡萝卜素与叶绿素比值的灵敏度;
- PSRI 的增加预示冠层胁迫性的增加、植被衰老的开始和植物果实的成熟等;



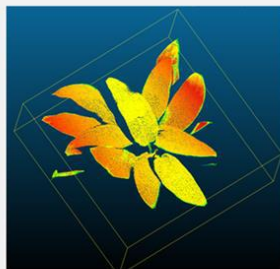
➤ 主要用于**植被健康监测、植物生理胁迫检测、作物生产和产量分析等**

# PlantEye数据展示

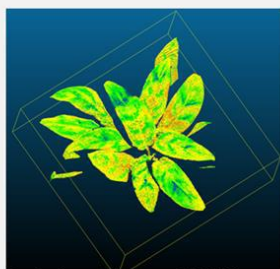
# 多光谱三维激光扫描



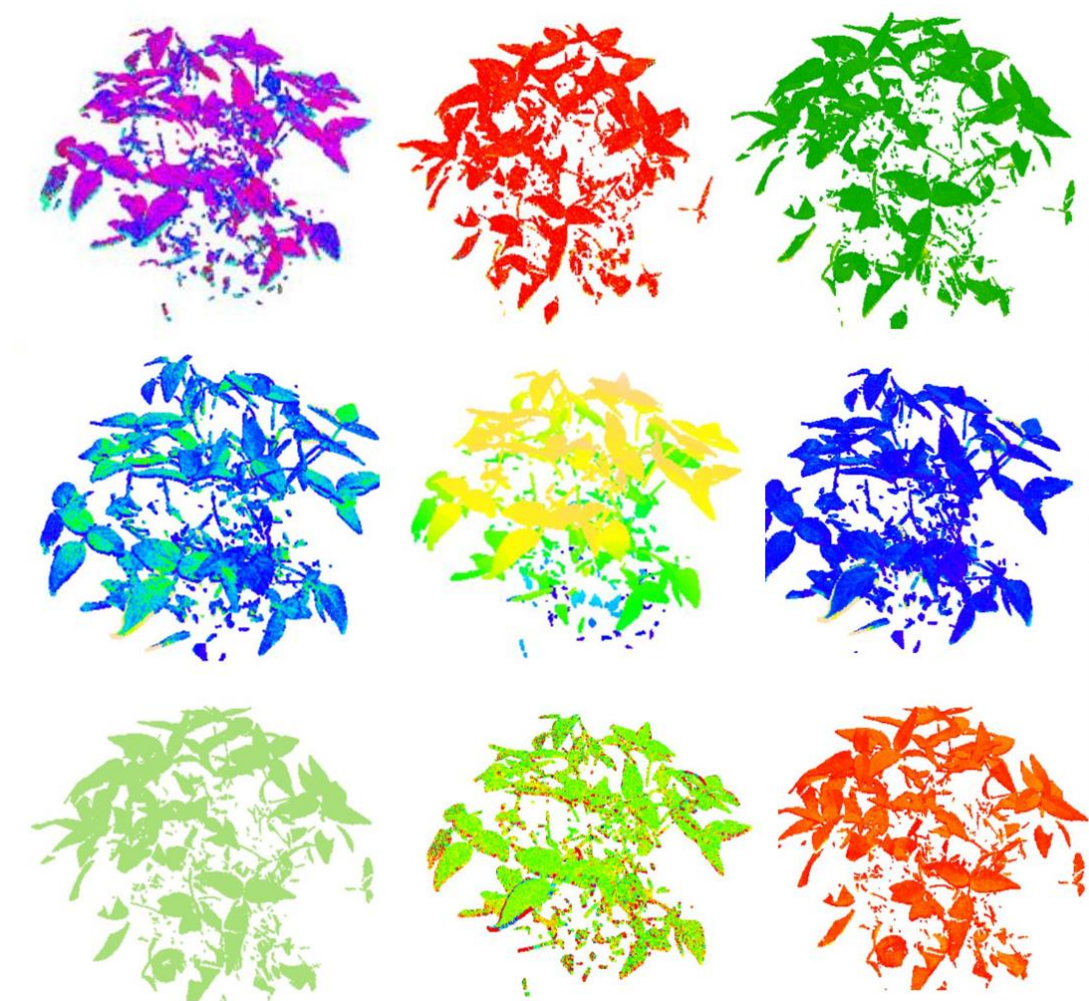
Color Information (RGB)



NIR reflectance (860nm)

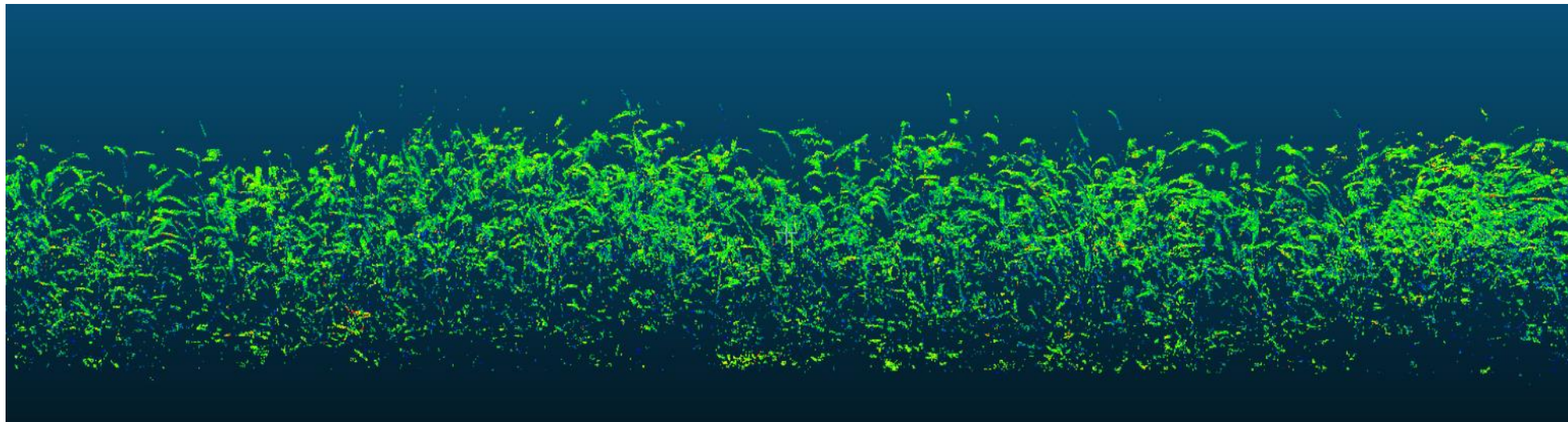


Calculated Index (NDVI)

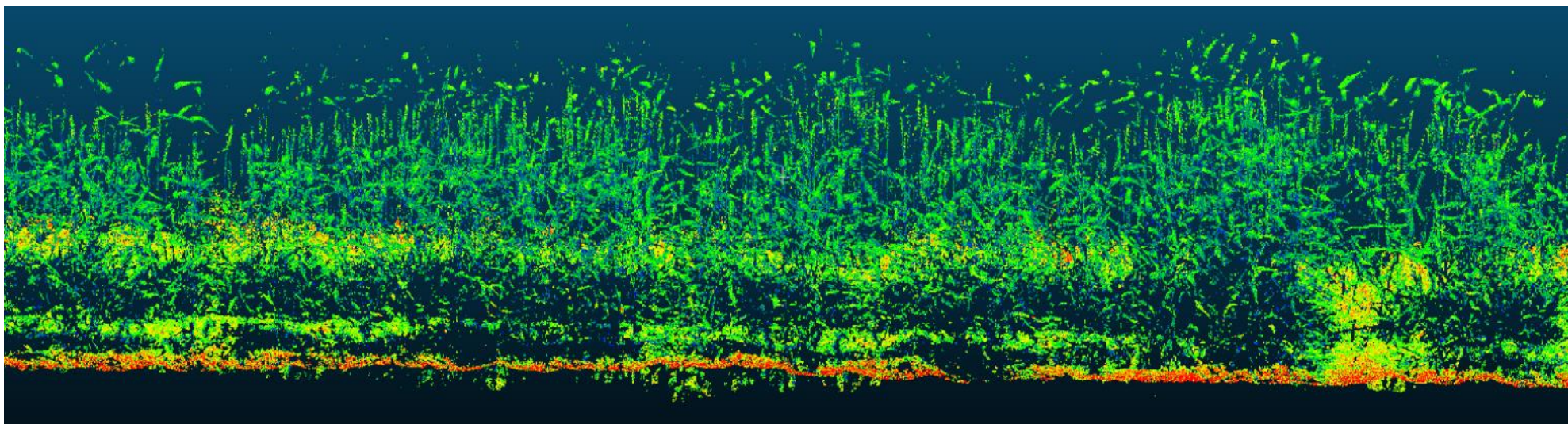




# 小麦三维激光点云——原始点云



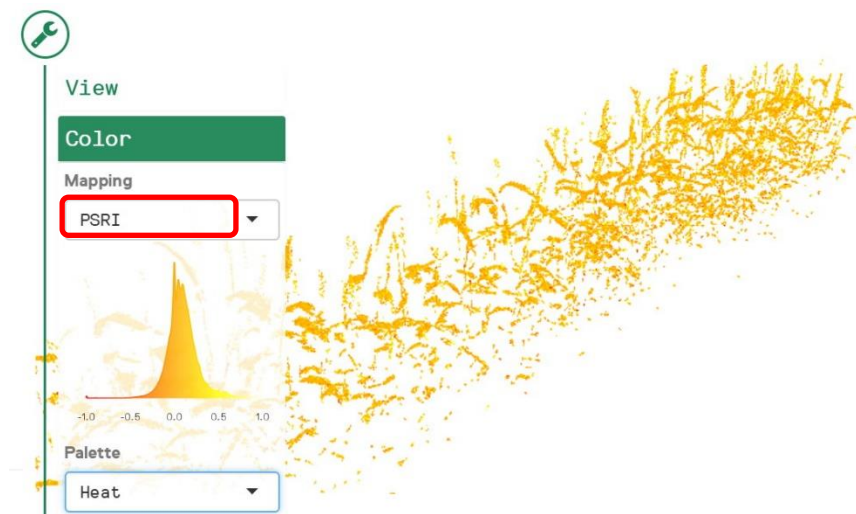
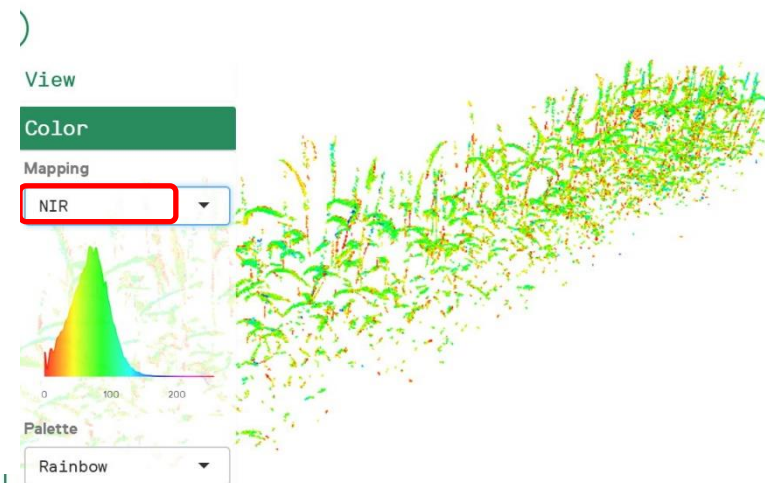
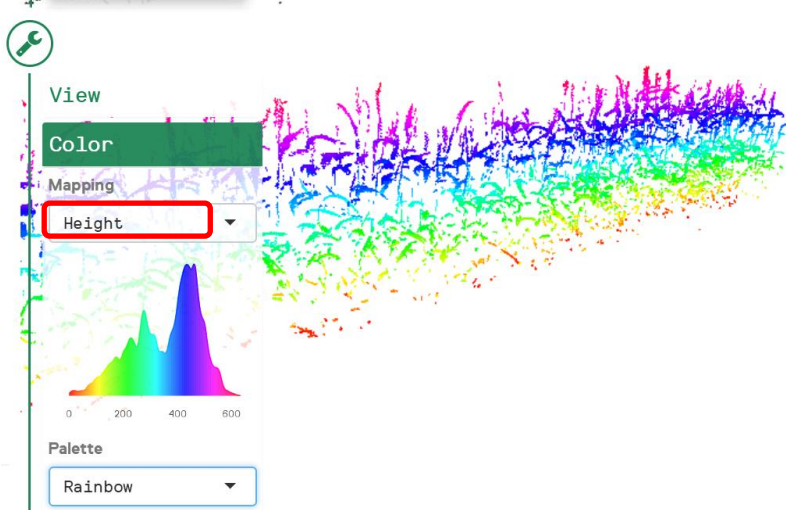
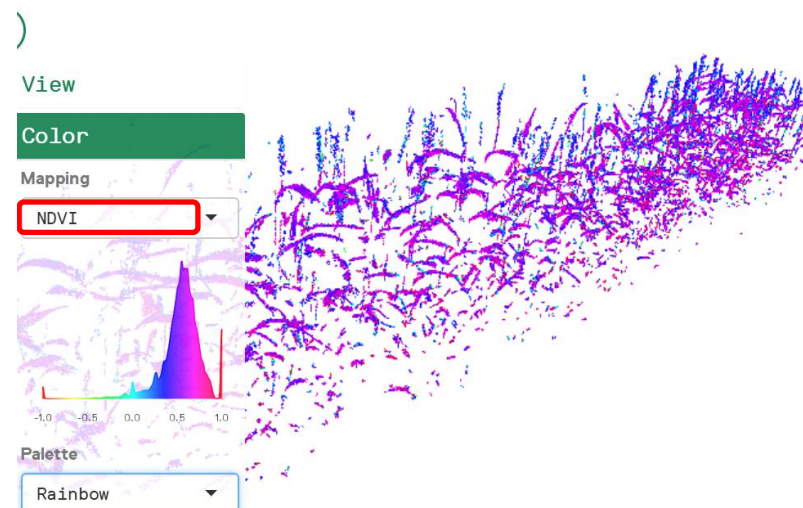
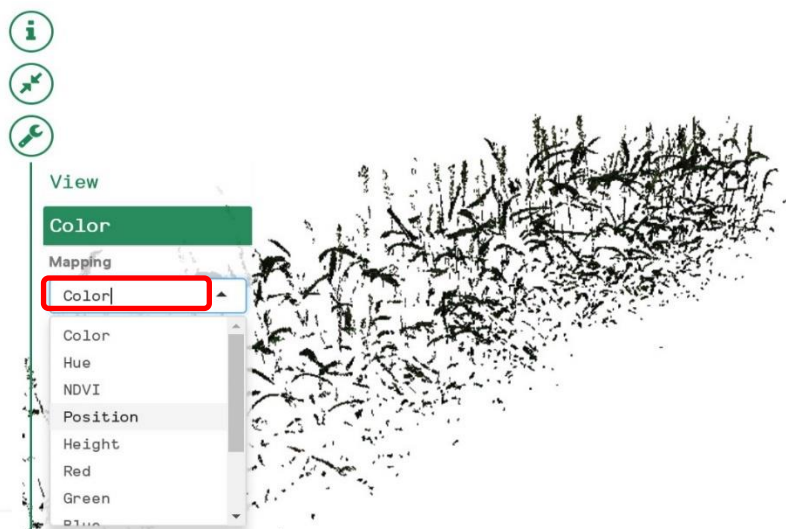
2019.04.21.  
原始点云



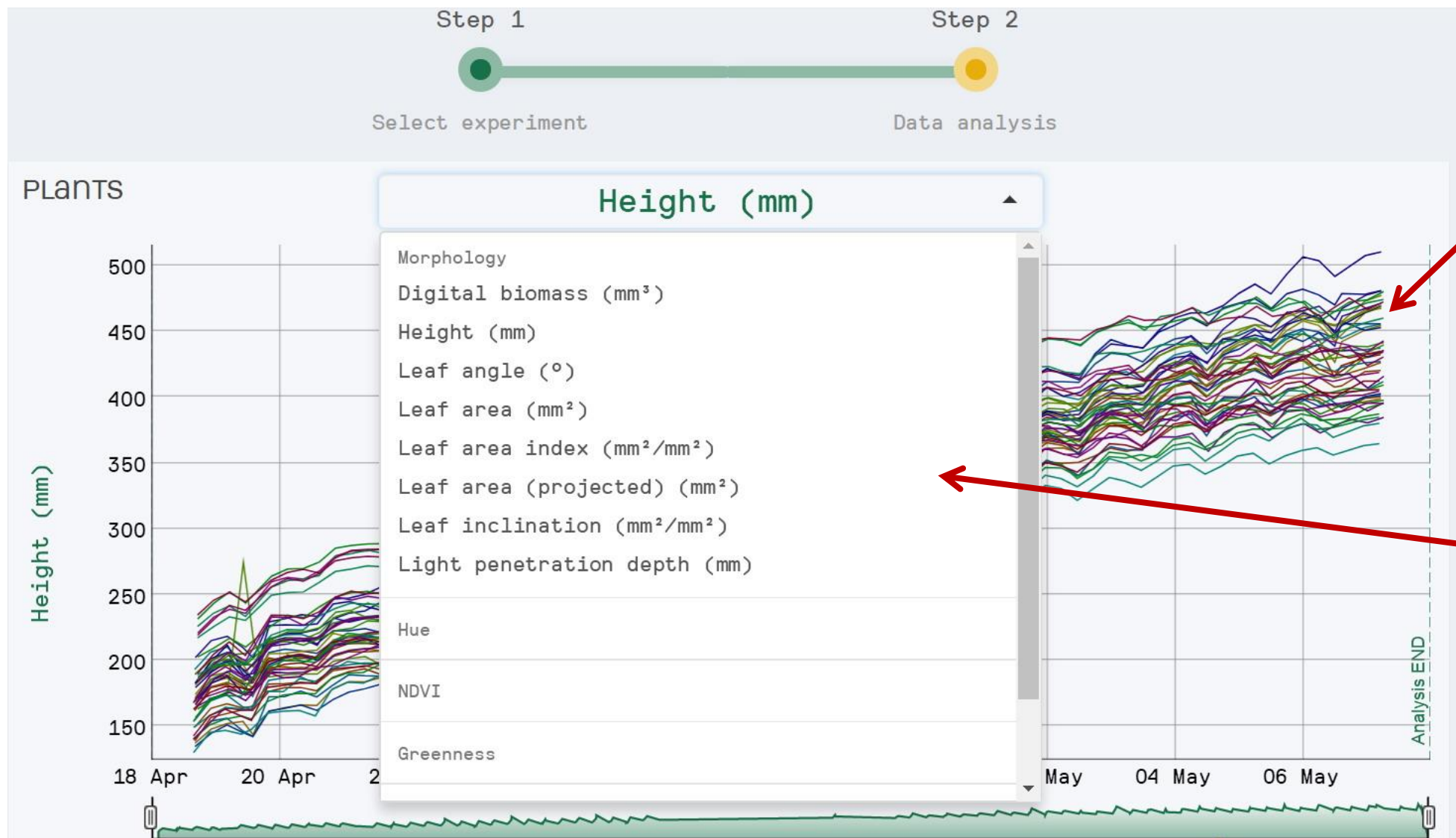
2019.05.06.  
原始点云



# 小麦三维激光点云——性状提取



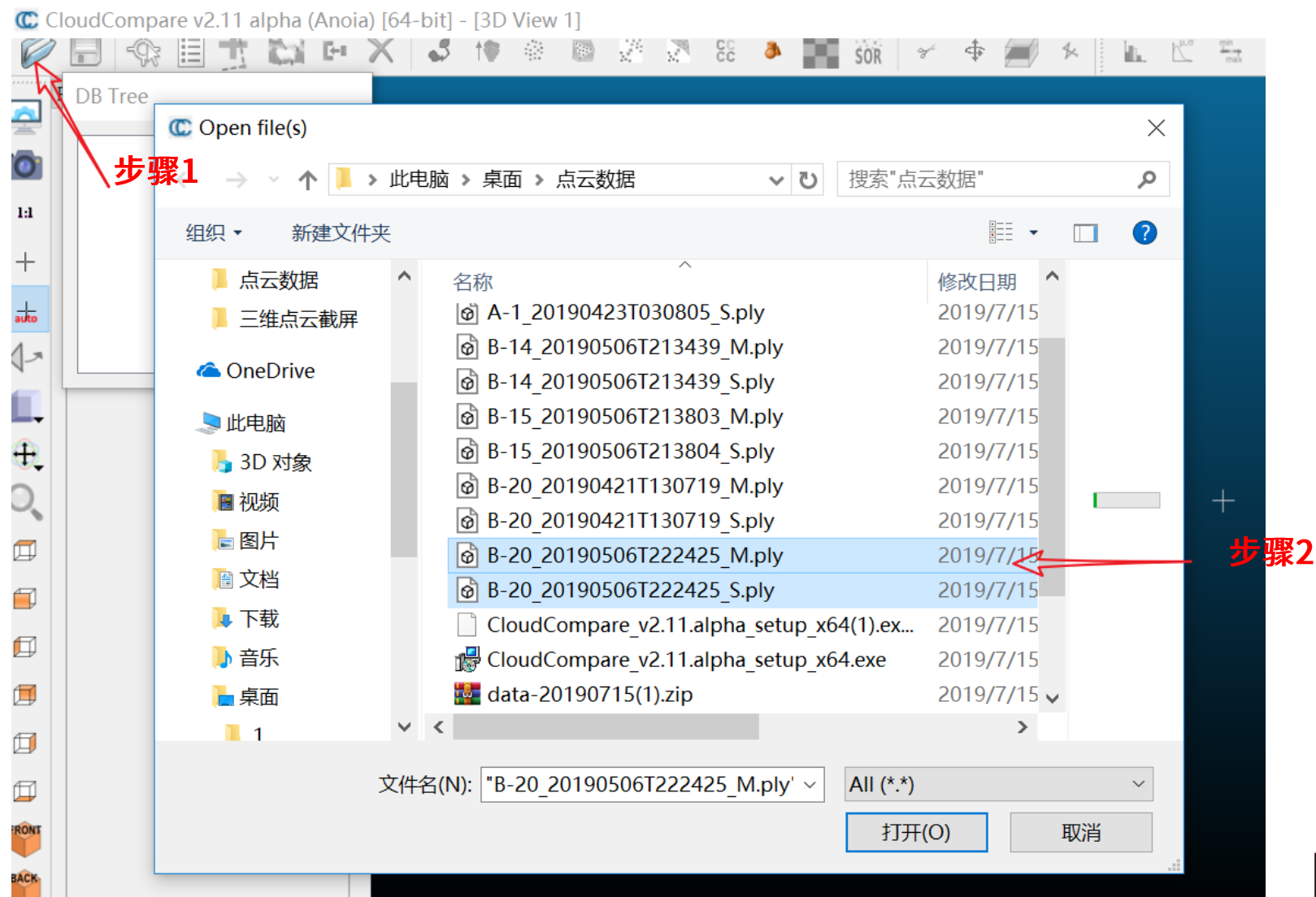
# 小麦三维激光点云——时间序列数据



每一条线为一个小  
区 (基因型或处理)

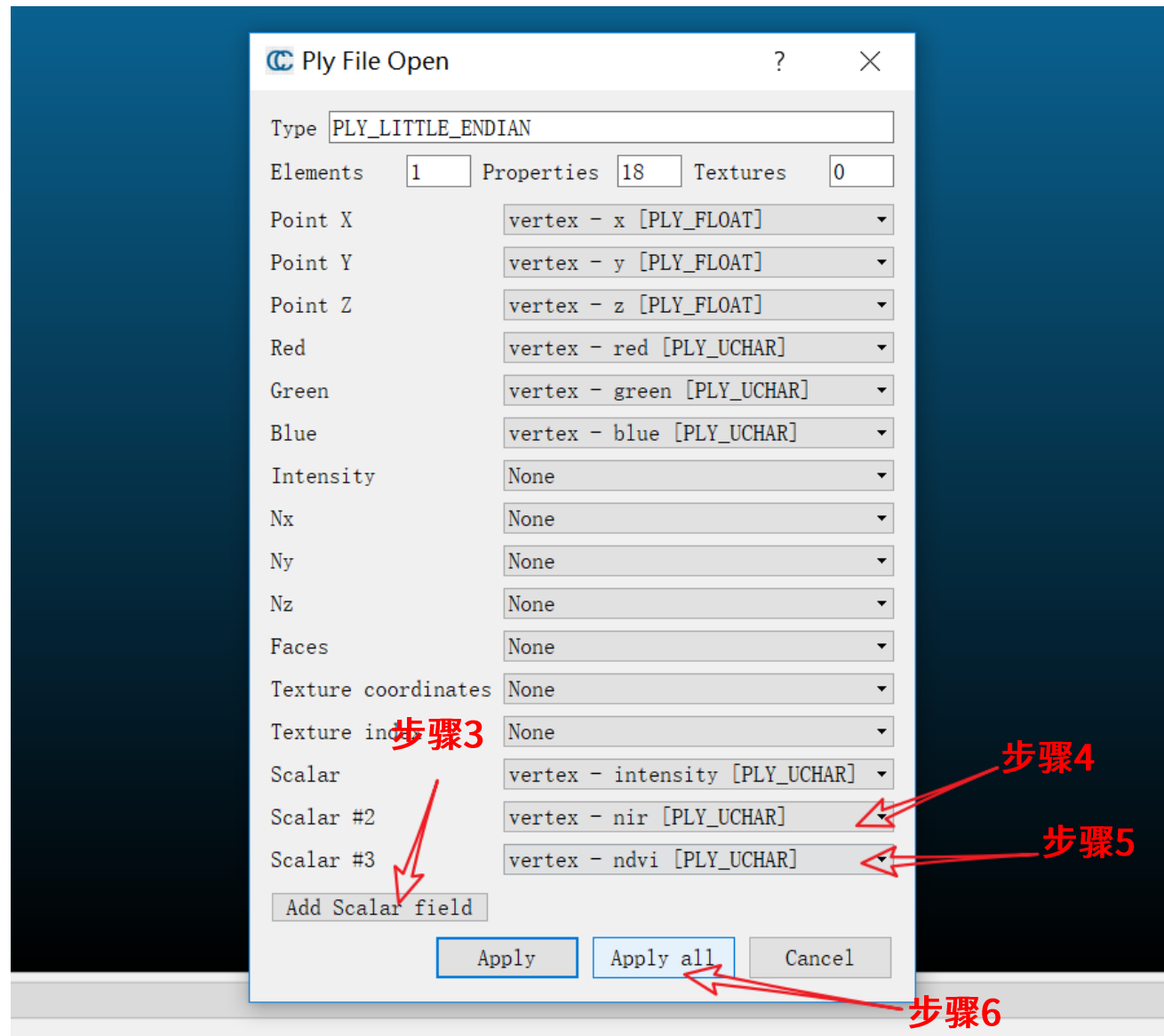
性状参数选择

# Cloudcompare展示原始点云

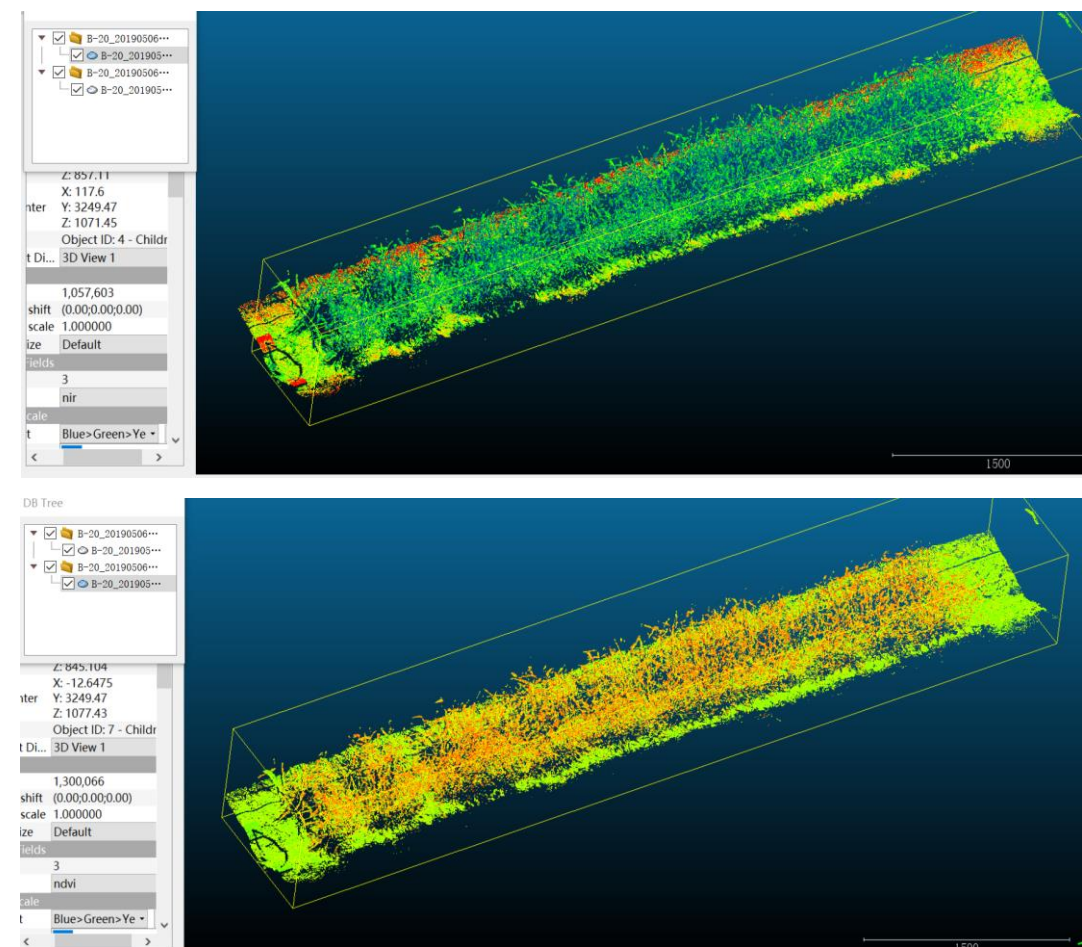
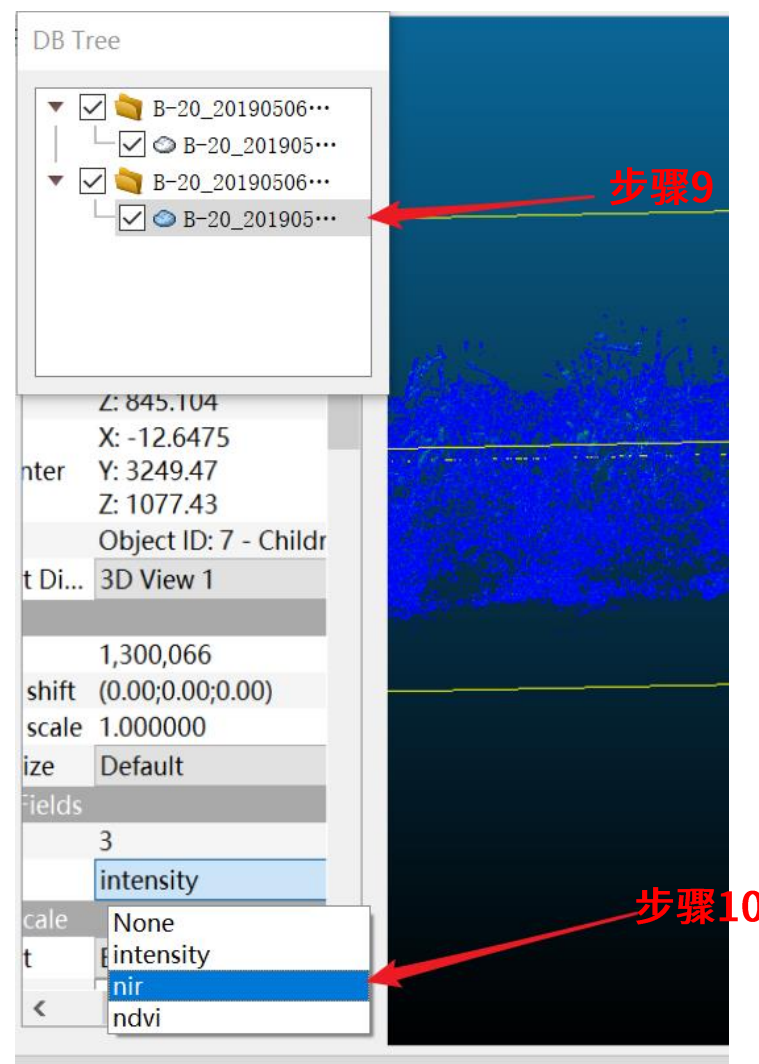
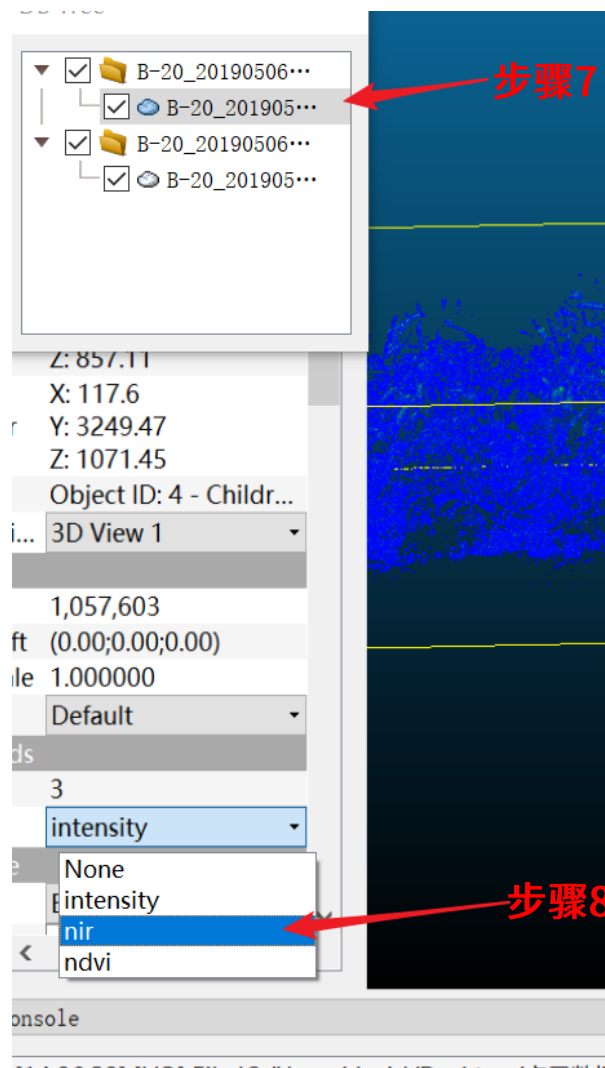




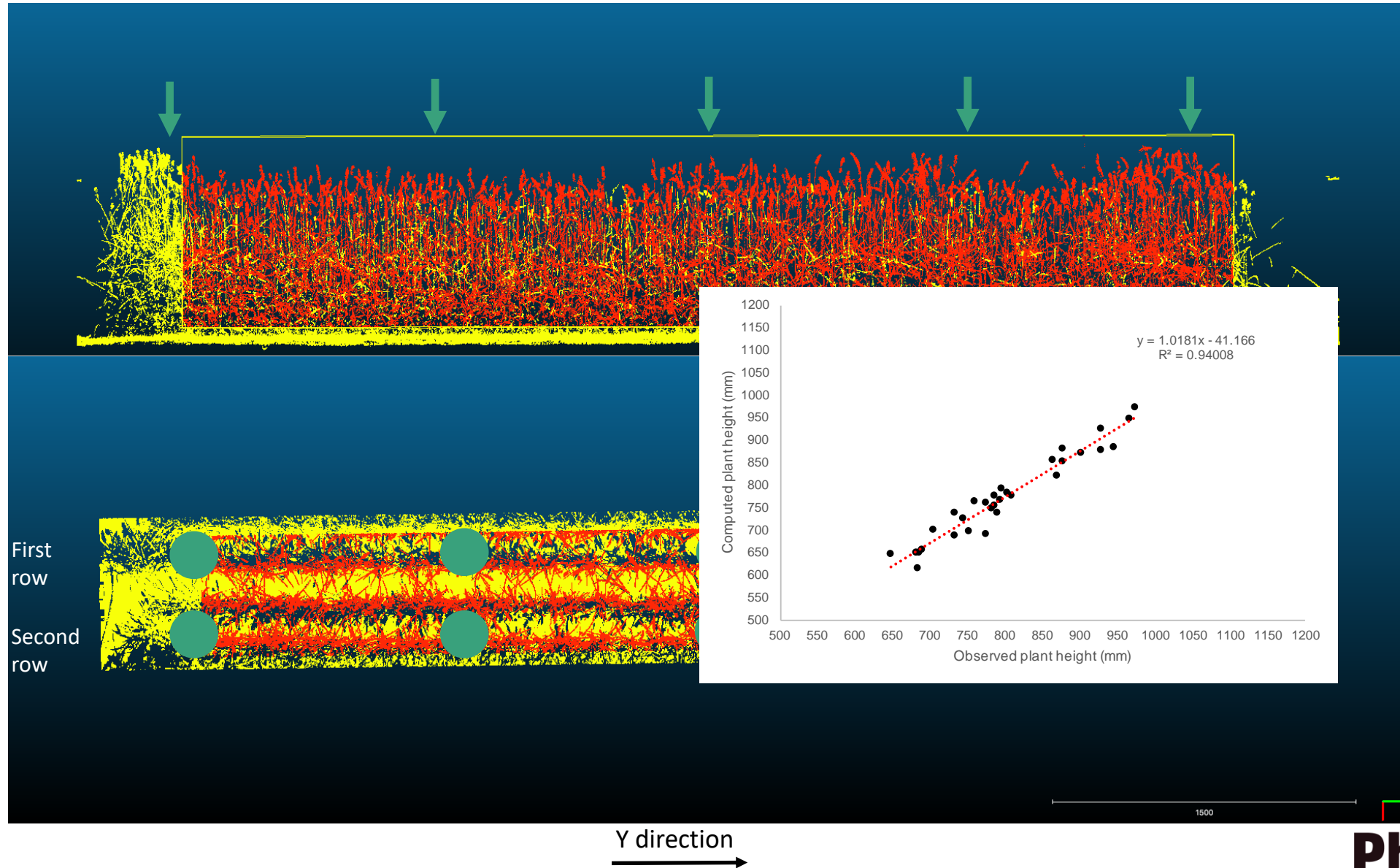
# Cloudcompare展示原始点云



# Cloudcompare展示原始点云



# 3D point clouds with sampling positions from B-1:1



# Are you ready for **THE PHENOMICS ERA?**



慧诺瑞德（北京）科技有限公司

[www.phenotrait.com](http://www.phenotrait.com) [info@phenotrait.com](mailto:info@phenotrait.com)

**PhenoTrait**