



浙江大学  
Zhejiang University



数字农业与农业物联网创新团队  
Digital Agriculture and Agricultural  
Internet-of-things Innovation Team

# 农业信息获取技术进展与展望

## Advance and prospects of agricultural information acquisition technique

何勇

浙江大学

[yhe@zju.edu.cn](mailto:yhe@zju.edu.cn)

13857143505



# 背景

农田信息的快速全方位获取是实现水肥药高效管理和精准施用的前提和基础。



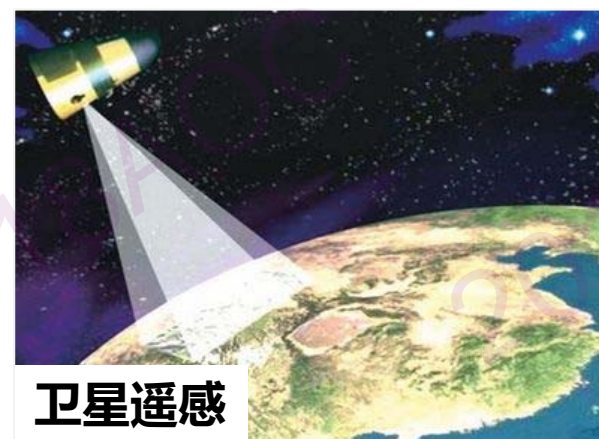
**灵活、精度高**

**点测量、效率低、成本高**



**主动、高效**

**载荷有限、作业面积有限**

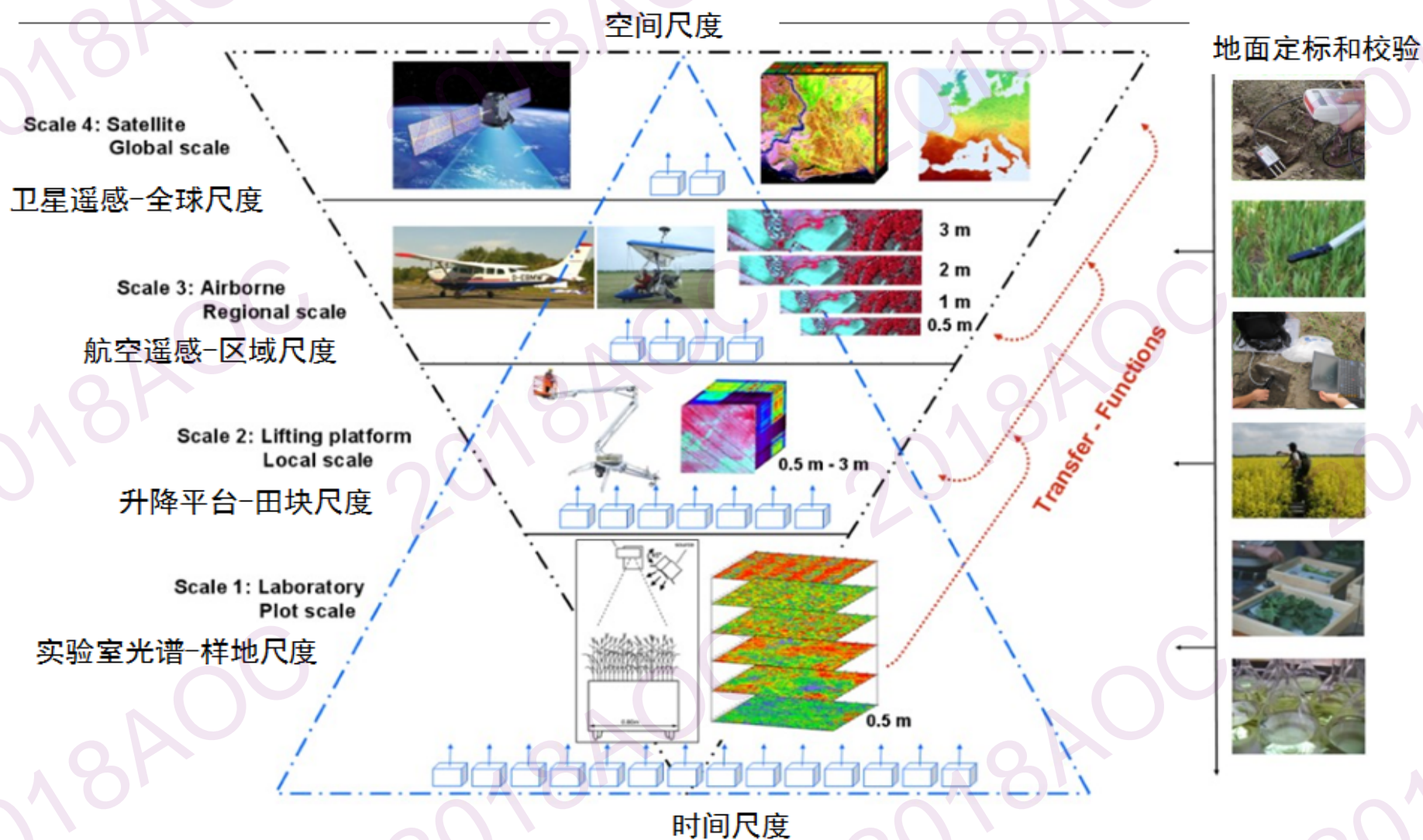


**效率高、覆盖广**

**周期性限制、云雾影响大、分辨率低**

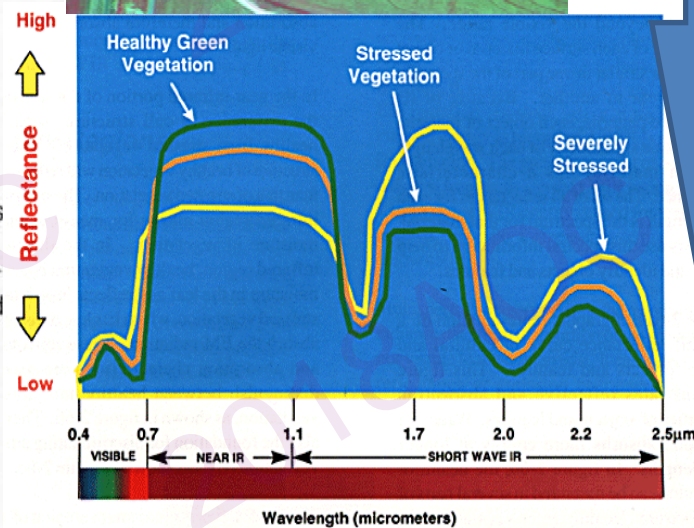
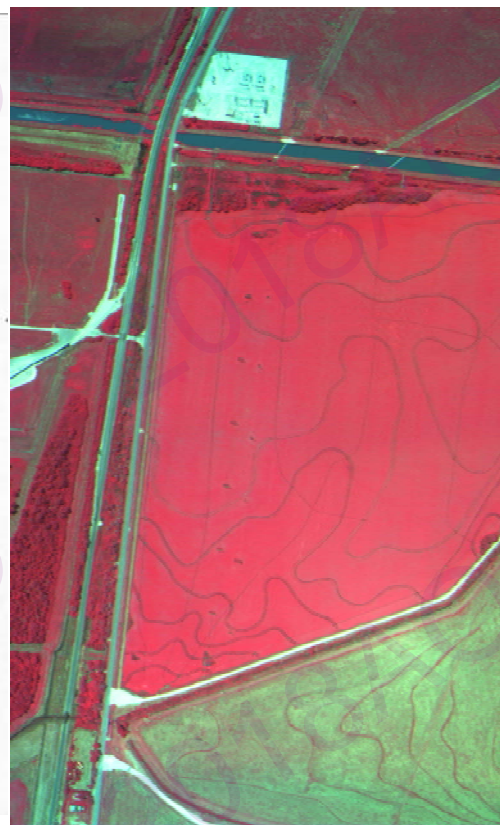
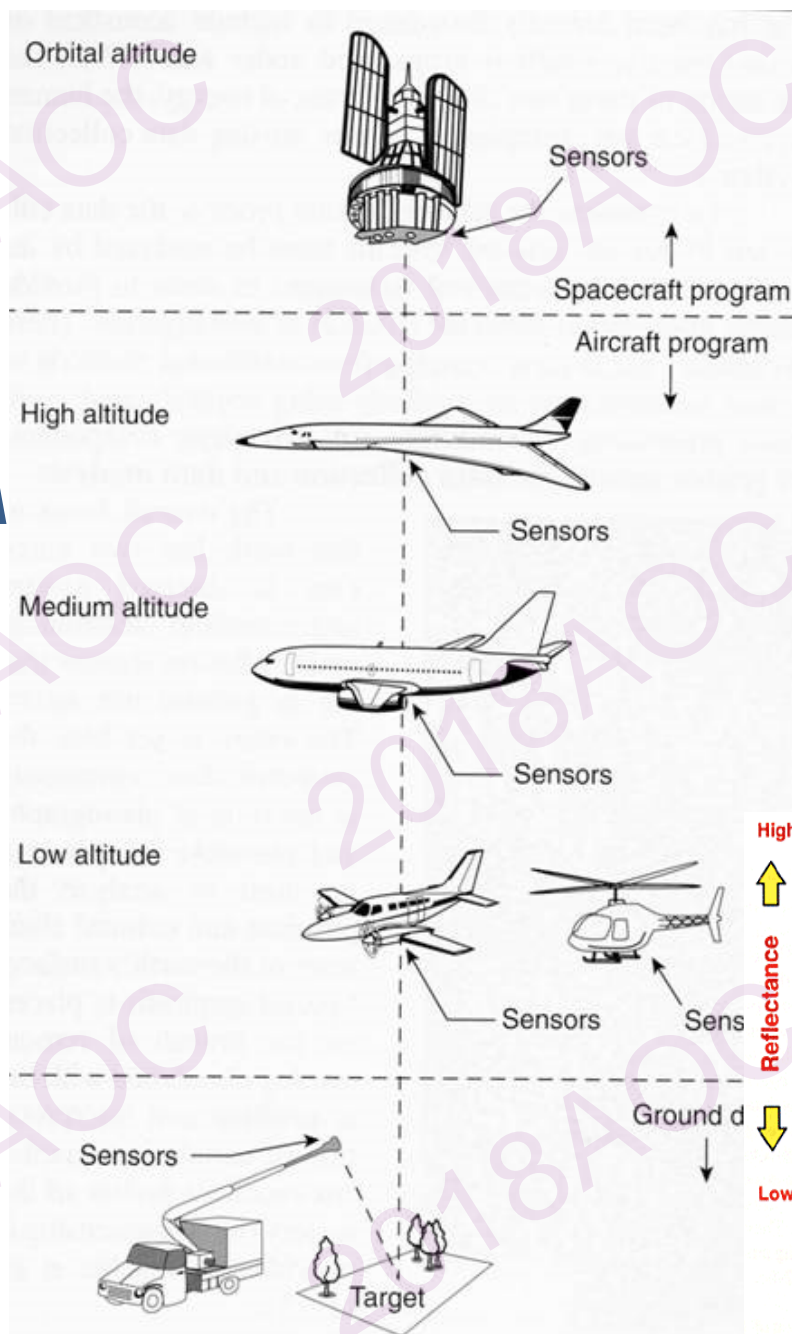
急需研发“地-空-星”三位一体多源信息获取与融合技术，满足作物全周期、全天候、大面积、低成本信息获取与精准管理要求

# 背景

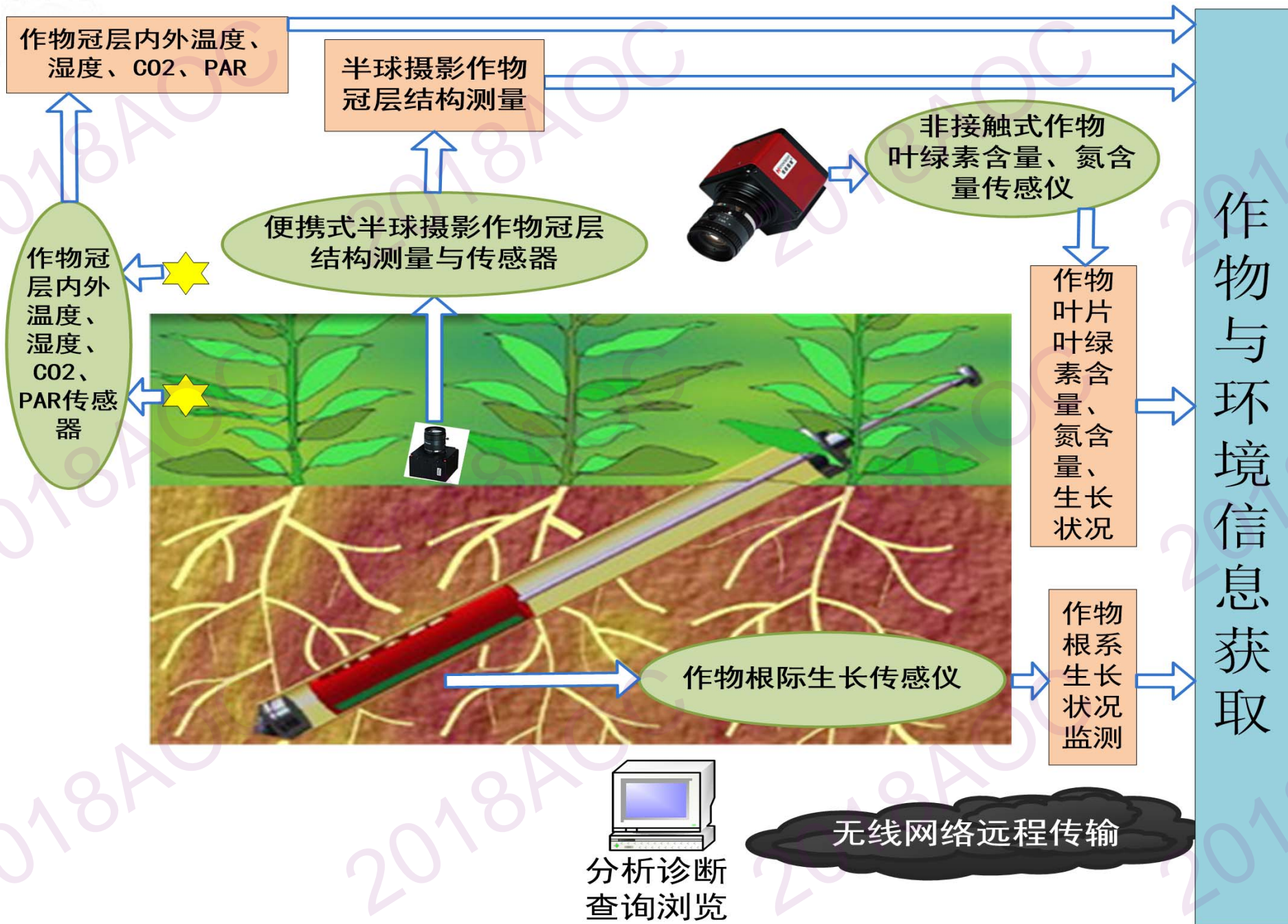


**多尺度（空间和时间尺度）遥感对地观测技术体系**

速度  
覆盖范围



分辨率  
数据精度



# 进展情况——植物信息感知技术

## 作物生长信息感知监控技术

- ✓ 植物**养分信息**的快速检测关键技术
- ✓ 植物**生理生态信息**快速检测方法
- ✓ 植物**虫害信息**快速诊断识别技术
- ✓ 植物**病害信息**还是诊断与预警技术



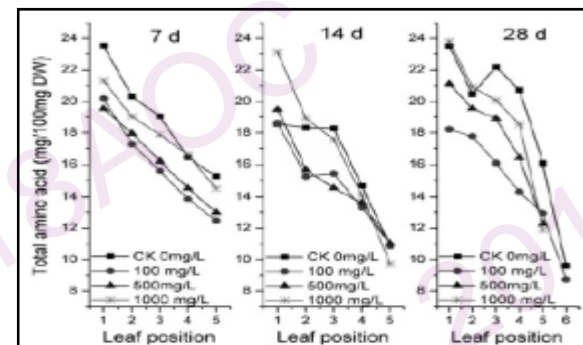
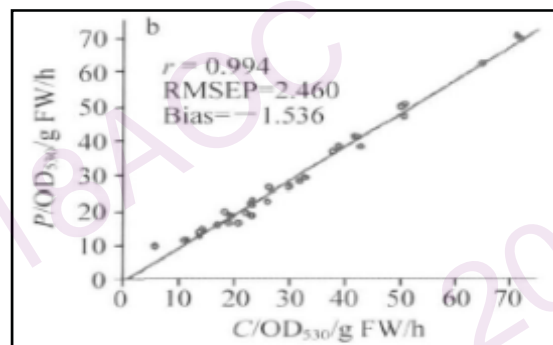
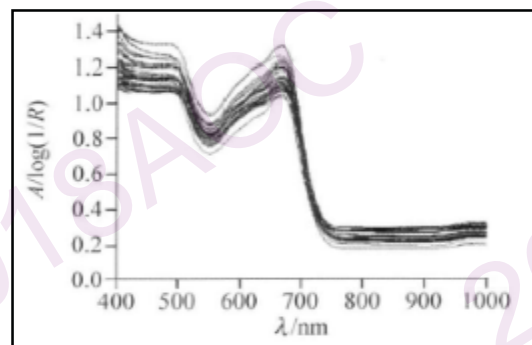
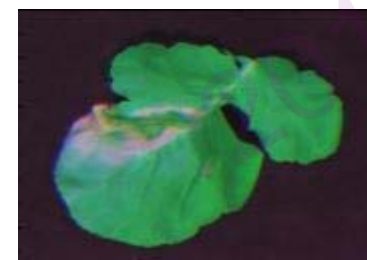
24 hours

48 hours

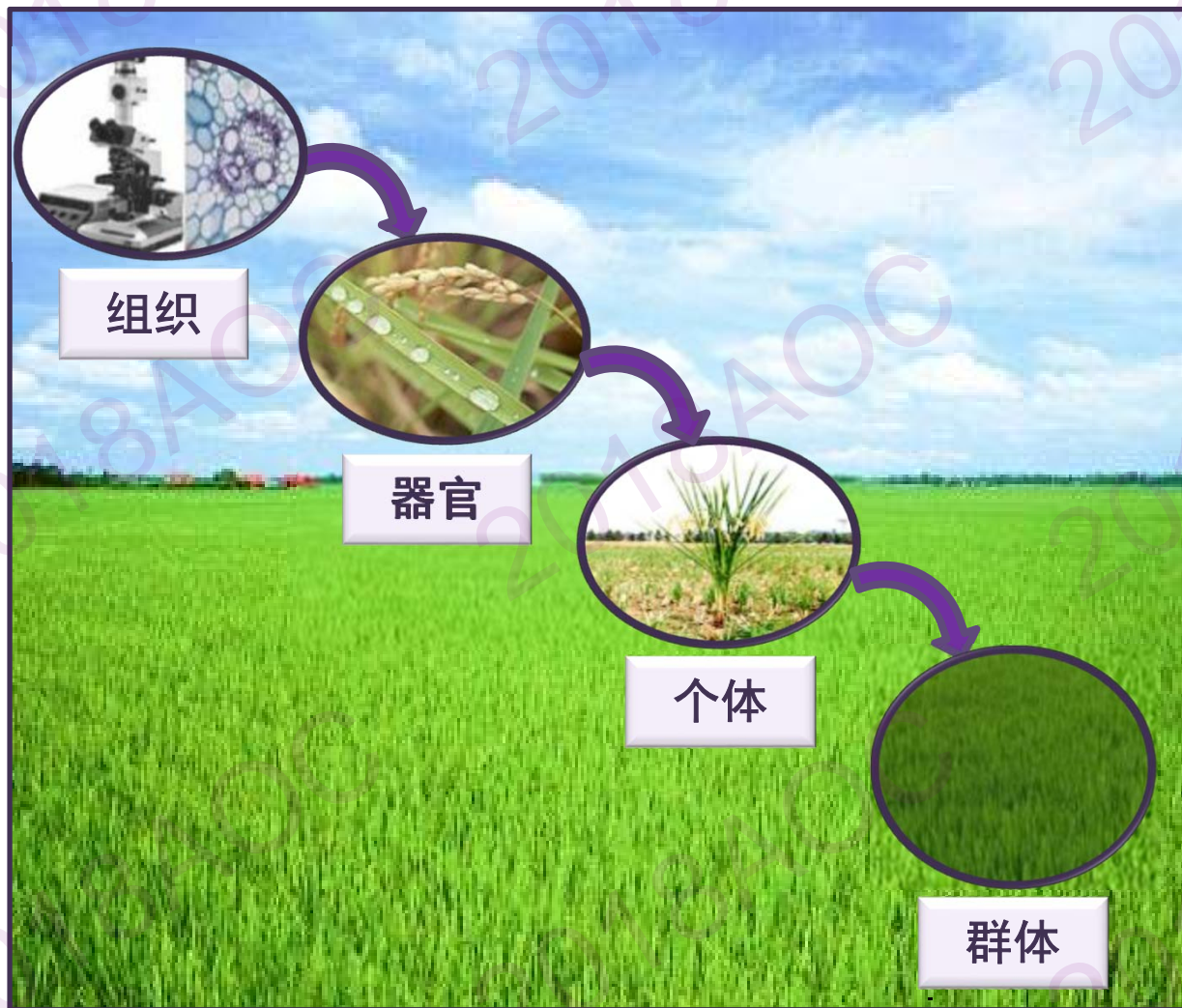
72 hours

96 hours

120 hours



# 一、作物生命信息多尺度获取



提出了从作物**组织、器官、个体、群体**四个尺度开展生命信息快速获取方法和传感仪器研制的新思路

从**微观到宏观**尺度，围绕作物**养分生理、三维形态和病虫害**信息的快速检测，研发作物信息感知技术和传感设备

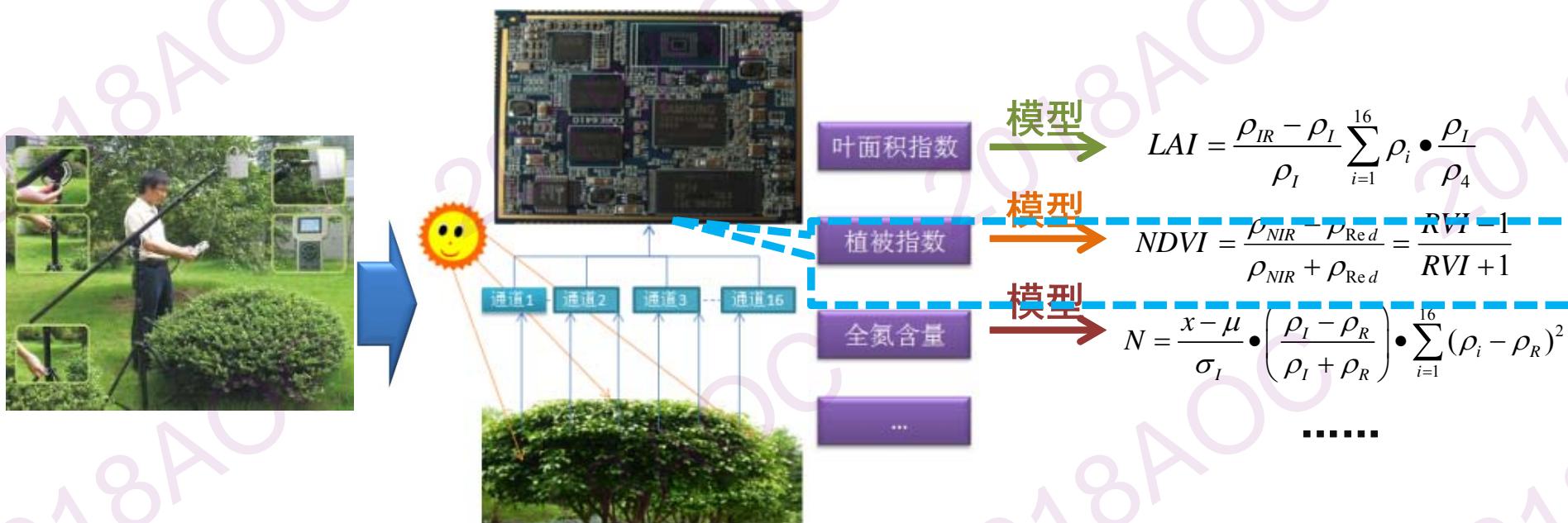
# 便携式植物养分无损快速测定仪





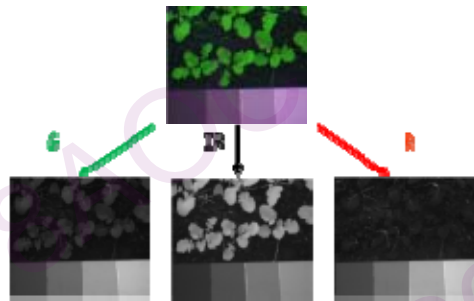
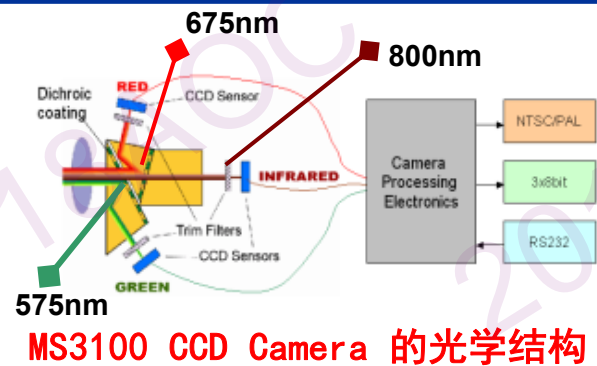
# 植物冠层快速检测仪

- **技术特点：**内置特征波长与植物群体生理指标间的相互作用模型，仪器采用自动适应太阳方向角变化的光强自校正技术
- **效果指标：**可快速无损测量叶面积指数（LAI）、归一化植被指数（NDVI）、群体叶绿素、全氮含量（N）等，检测精度>95%，具有数据远程无线传输、GPS定位功能



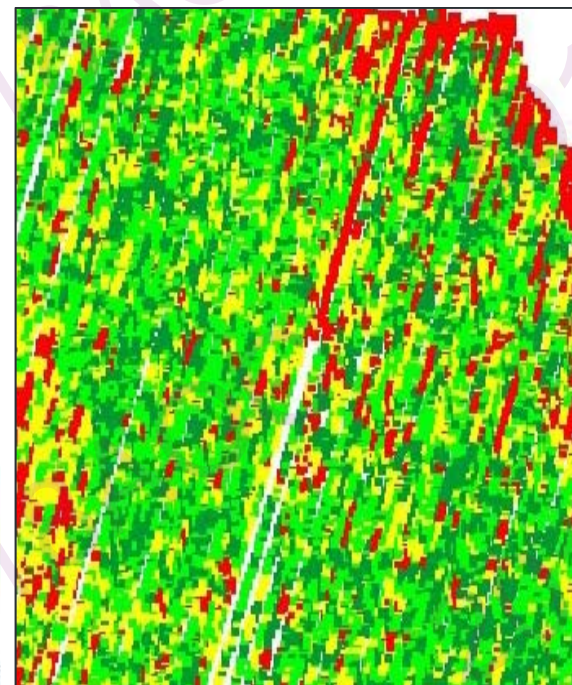
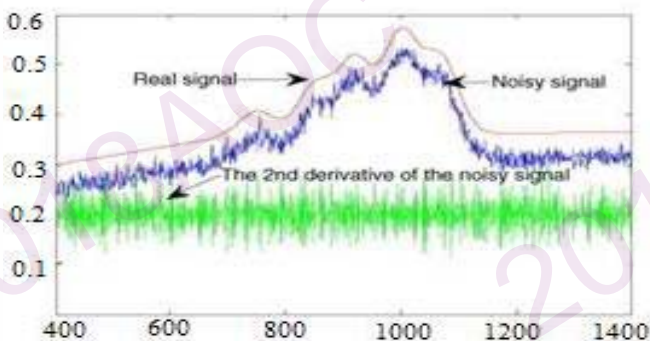
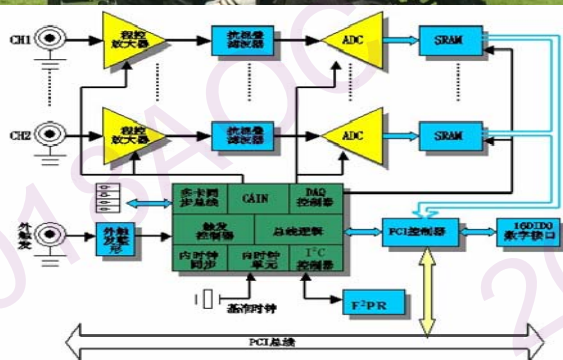
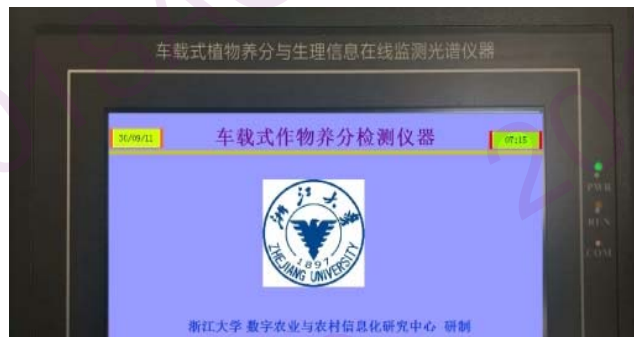
# 植物生长信息通用检测平台

- 平台主要包括可移动敞篷车、可伸缩旋转的机械臂、传感器和电源供电系统、多光谱成像系统、光谱和多光谱图像采集处理系统、标定板和计算机等，可对植物叶面氮素营养进行非破坏性检测



# 地面车载植物生长信息快速获取技术与装备

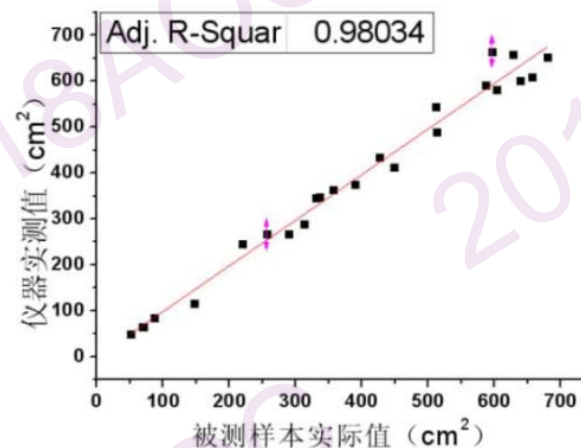
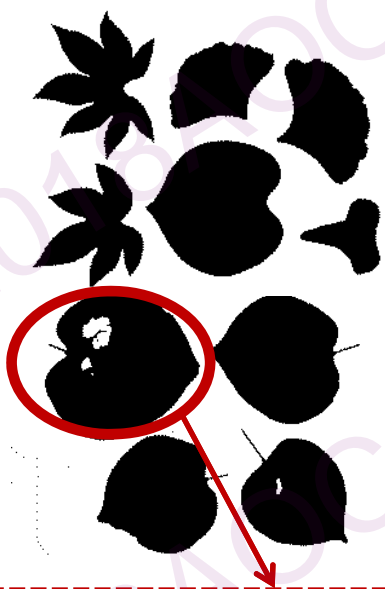
- 攻克了野外复杂环境下光谱二向反射特性与自校正难题；**设置基准通道和带通滤波方法**，有效消除了行车中多源干扰振动下的光谱背景噪声影响。
- 研究了典型作物养分、病害波谱变化规律，揭示了作物冠层养分的自然光下波谱响应机制，开发了**车载式植物养分光谱检测仪**，测量精度达95%。



# 植物叶面积测量仪

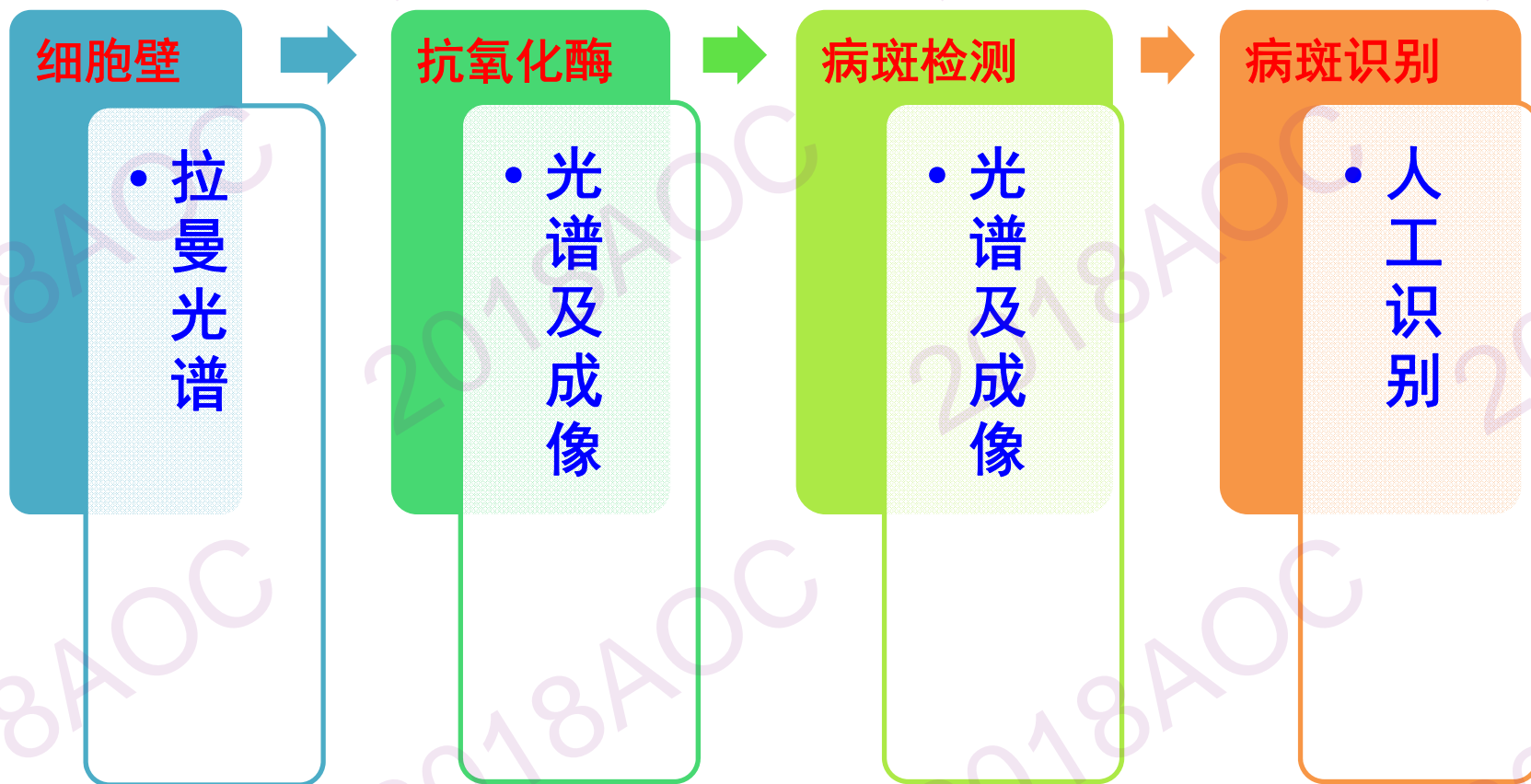
**三维形态：**提出了任意形状叶片叶面积测量算法，研发了植物叶面积测量仪

- **方法创新：**提出不规则封闭图像轮廓提取和多重边缘消影方法，发明了基于光电效应的快速、实时测量任何形状叶片的叶面积仪，具有适应性好、测试精度高、使用方便等特点。
- **效果指标：**分辨率为 $0.1\text{mm} \times 0.1\text{mm}$ ，误差小于 $0.3\%$ ，测量时间小于 $10\text{s}/\text{次}$



总和面积 (cm <sup>2</sup> )	叶片面积 (cm <sup>2</sup> )	病斑面积 (cm <sup>2</sup> )	叶片长度 (cm)	叶片宽度 (cm)	长宽比
95.8122	91.7220	4.0902	11.97	11.13	1.08

## 二、作物生物胁迫信息快速检测技术与仪器

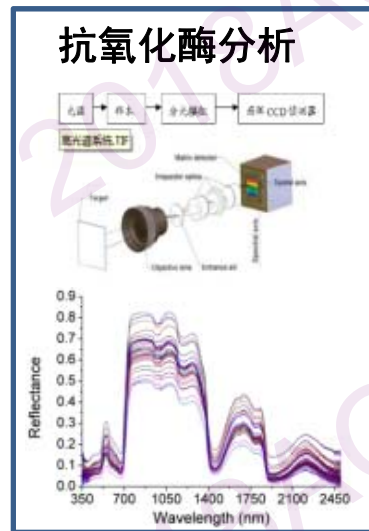


# 植物病害快速检测方法和模型

- 首次提出了从**病菌侵入**、**染病初期**、**病斑隐现**、**病斑显现**四个阶段进行作物病害早期诊断的新思路。
- 发明了基于细胞壁多糖分析、抗氧化酶分析、光谱与成像分析等技术的病害入侵四个阶段快速诊断方法。



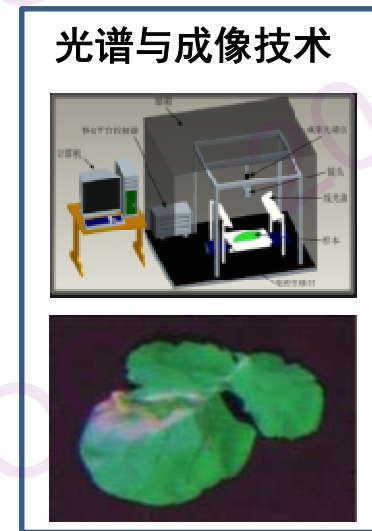
病菌侵入



染病初期



病斑隐现

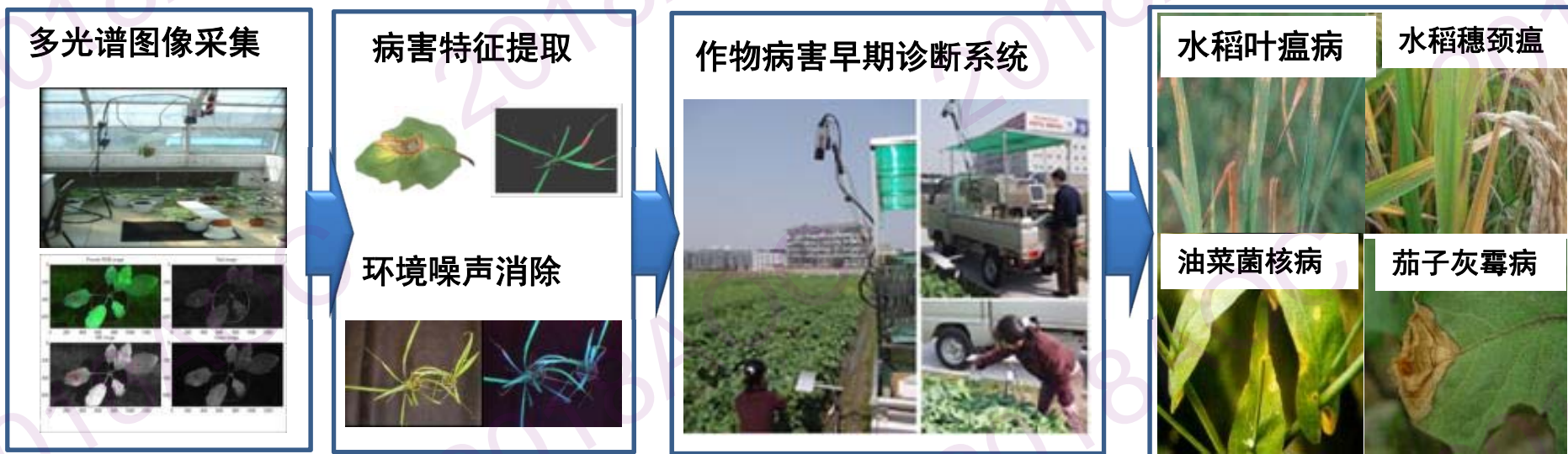


病斑显现

# 植物病害快速检测方法和模型

## 病斑隐现与病斑显现期：基于光谱与成像技术的作物病害快速检测方法

- **方法创新：**提出了病斑区域波谱纹理特征识别法、速度描述算子病斑轮廓特征表示法和相空间重构病斑区域提取法，解决了病害图谱信息融合的技术难题
- **技术突破：**有效消除了土壤、环境等田间相关因素干扰，揭示了作物内外部特征与侵染病菌的互作机理，实现了水稻、大麦、蔬菜等典型作物侵染病菌症状显露前的早期诊断

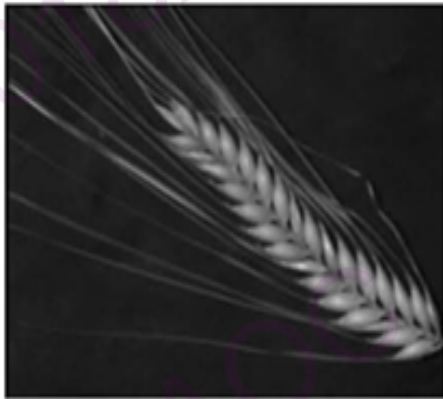


国家发明专利：基于多光谱图像处理的水稻稻叶瘟病检测分级方法（ZL200910097341.4）、（ZL201010574287.0）等

# 植物病害快速检测方法和模型

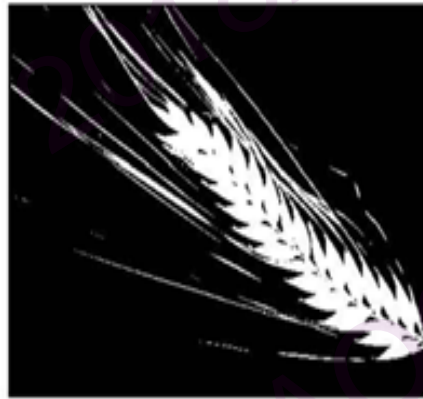
## 基于多光谱成像技术的大麦赤霉病识别模型

- **方法创新：**提出了一种大麦赤霉病害多光谱图像实时识别新方法
- **技术突破：**发先利用阈值分割以及形态学的处理算法去除大麦穗图像背景和麦芒干扰信息；其次从预处理后的多光谱图像中提取图像的颜色统计特征；最后将这些颜色统计特征数据经过预处理后应用偏最小二乘法进行模式特征分析，对病害的识别准确率最高，达到93.9%。



(a)

原始图像



(b)

二值图像



(c)

去麦芒图像



(d)

目标图像



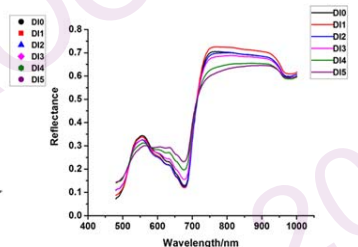
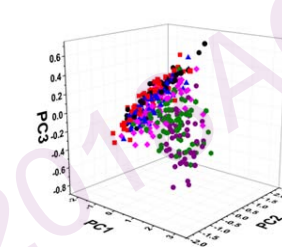
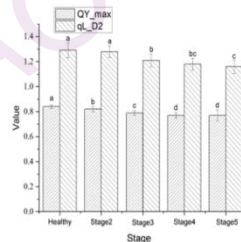
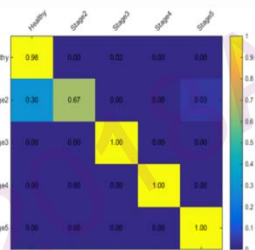
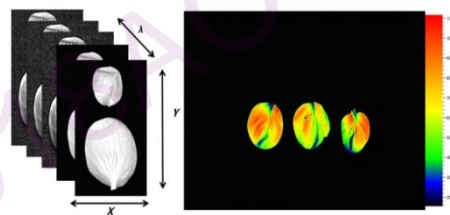
# 植物病害快速检测方法和模型

## 基于可见/近红外高光谱成像技术的作物虫害检测

可见/近红外高光谱成像技术实现了**小青菜蚜虫的识别**，训练集和测试集准确率分别为97.94%和95.54%。基于叶绿素荧光成像，通过单因素变量分析选出了两个叶绿素荧光参数QY\_max 和 qL\_D2，发现侵害至第三阶段时，植物的光合系统受到显著性破坏。基于可见/近红外高光谱成像系统，**实现了水稻螟侵染五个阶段的分类**，基于融合数据的检测模型取得了最高的准确率，训练集和预测集的准确率均超过95%。



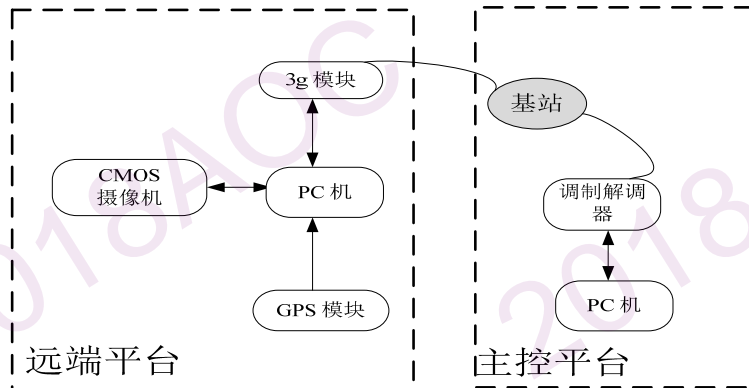
Selection Method	Number	Train accuracy(%)	Test accuracy(%)
CARS	65	97.42	89.80
VCPA	11	57.73	42.86
MCUVE	110	93.30	80.61
SPA	25	93.81	87.76
MCFS	10	97.94	95.94



# 植物虫害检测系统

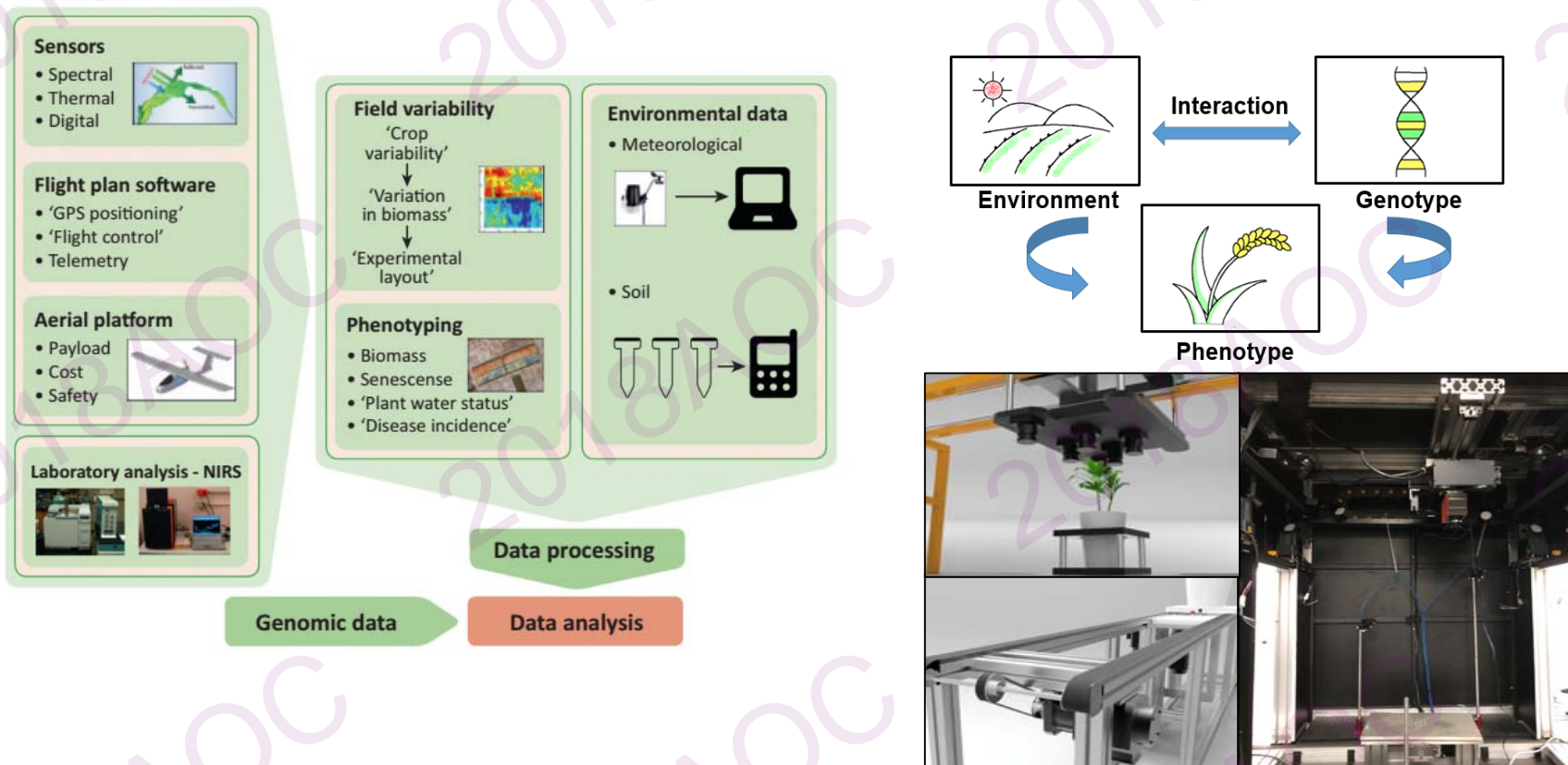
## 基于计算机视觉的大田害虫远程自动识别系统

- **方法创新：**建立了基于计算机视觉的害虫远程自动识别方法。
- **效果指标：**提出了图像分割去噪方法、模式识别方法和3G无线通讯融合技术。



平台控制界面

# 三、作物表型信息的快速获取技术



建立基于数据驱动育种的新概念育种工场，研究环境温湿度、光照、通风等精准智能控制的现代植物工厂。

# 作物三维重建

## 基于核磁共振成像技术的作物根系检测技术

- 根系是土壤和植物的动态交互界面，植物依赖于根系吸收土壤中的矿质营养和水分，并输送到其地上部分供利用。
- 核磁共振成像(MRI) 可以用于研究植物根系参数、根构型以及对水分和养分的吸收、运输、根际区微域环境等。



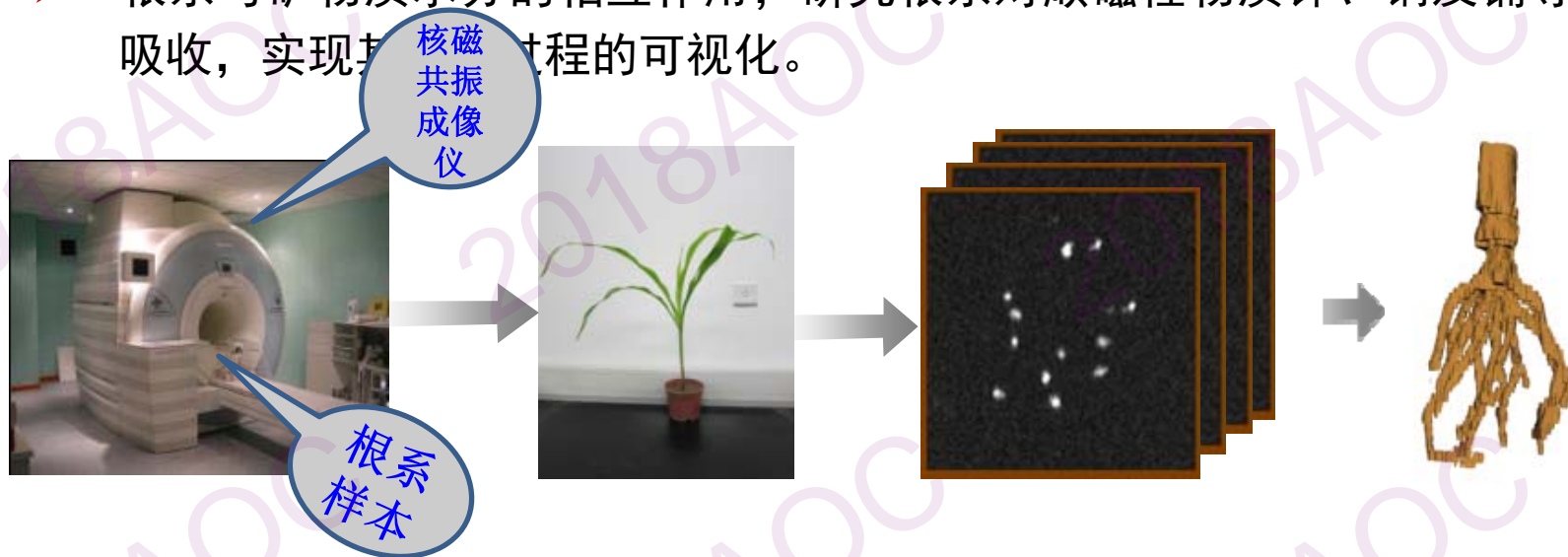
典型根系发育过程

# 作物三维重建

## 基于核磁共振成像技术的作物根系检测技术

### 研究目标：

- 可视化根系在土壤等生长介质中的空间分布状况，对其进行定量描述和定性分析。
- 根系与矿物质水分的相互作用，研究根系对顺磁性物质钾、钠及镉等物质的吸收，实现其吸收过程的可视化。



基于核磁共振的根系重建的实现过程

# 作物三维重建

## 根系三维可视化系统

3D Visualization System for Roots

### • 实验结果分析：

表 玉米根系模型误差分析

根系参数	样本标号	真实值	模型值	差值	误差%
根总体积/cm <sup>3</sup>	1	10.65	10.79	0.14	1.35
	2	12.90	13.25	0.35	2.73
	3	11.15	10.86	-0.29	-2.60
根量/条	1	13	13	0	0
	2	16	16	0	0
	3	14	14	0	0
最大根直径/cm	1	1.53	1.561	0.031	2.03
	2	1.78	1.746	-0.034	-1.94
	3	1.67	1.699	0.029	1.74
最长根长/cm	1	12.4	12.667	0.267	2.15
	2	13.8	14.141	0.341	2.47
	3	12.7	13.038	0.338	2.66

## 四、作物环境信息的快速获取技术

- 农田在很多情况下是不规则地块，传统的农田面积大多使用皮尺测量，但不适合大面积不规则地块的测量，测量人为误差较大。利用GPS的定位功能，开发GPS控制点技术和面积纠偏算法，研制了基于GPS的便携式多功能面积测试仪，实现利用低成本GPS模块对任意形状地块面积的快速精确测绘和数据管理。



**不规则地形**



**传统方法**

# 农田面积的测量

## GPS面积测量

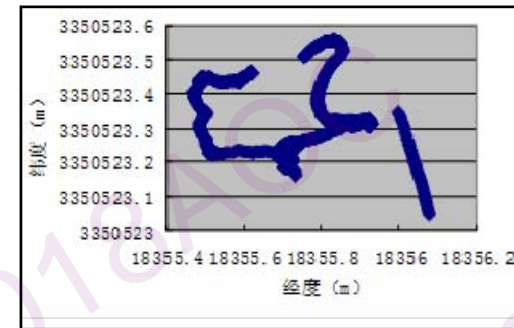
- 提出了高精度面积测量算法；开发了GPS面积测绘仪器及GIS处理和管理软件。实现了农田面积快速测绘、GIS卫星地图可视化处理及农田信息的数据库管理。



Trimble GPS面积测量  
仪



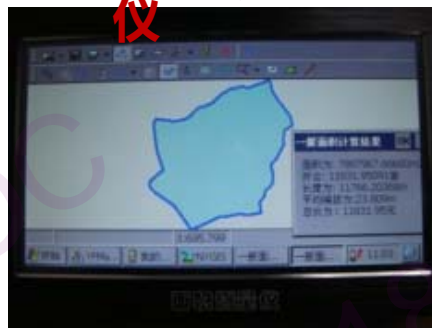
AG132静态试验



数据分析



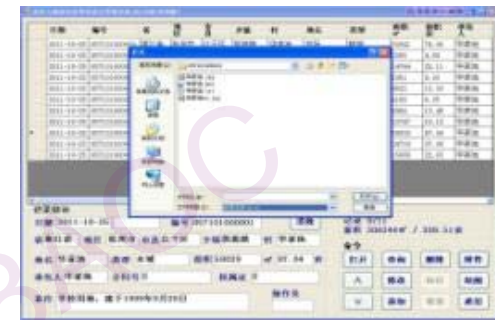
便携式面积测量仪



卫星地图显示



农田管理系统

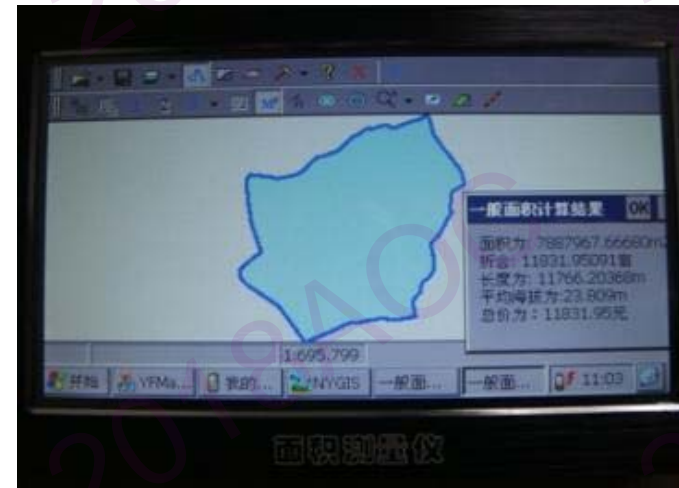




# 农田面积的测量

## 基于GPS的面积测量

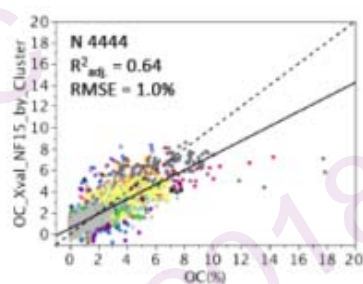
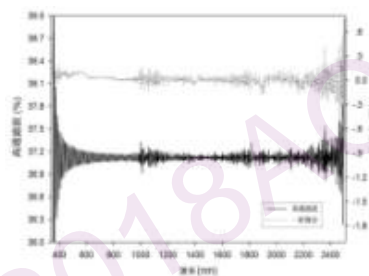
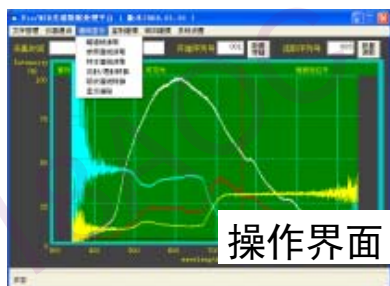
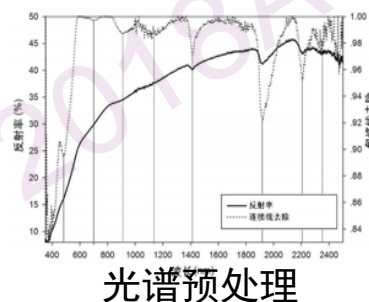
### 应用实例-西湖面积测量



# 土壤养分信息的快速获取技术

## 土壤养分快速测试仪

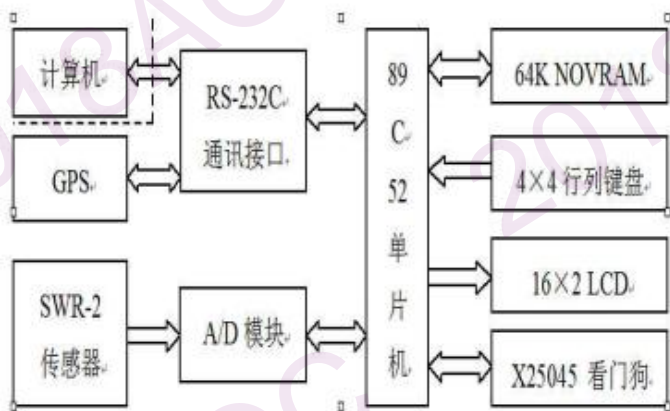
- 研究了光谱与不同类型土壤之间的反射特性与作用机理，提出了基于小波变换、无信息变量去除（UIV）和连续投影算法（SPA）的特征波段提取方法，建立了土壤有机质和氮素检测模型；综合应用光谱技术、GPS定位技术和嵌入式系统，研发了农田土壤养分的快速测试仪器，通过对全国15个省约6500多种典型土壤样本分析，提高了仪器的预测精度和普适性



# 土壤养分信息的快速获取技术

## 土壤水分测定仪

- 土壤水分测定仪(土壤水分速测仪、土壤水分仪)能对各种土壤快速测定体积含水率，能够对土壤的墒情进行测量，在测试土壤含水率的同时，并具有GPS定位功能。



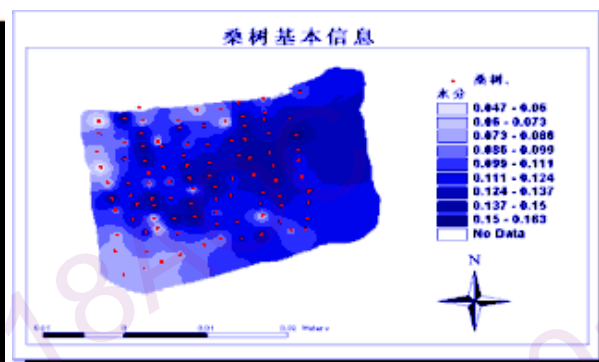
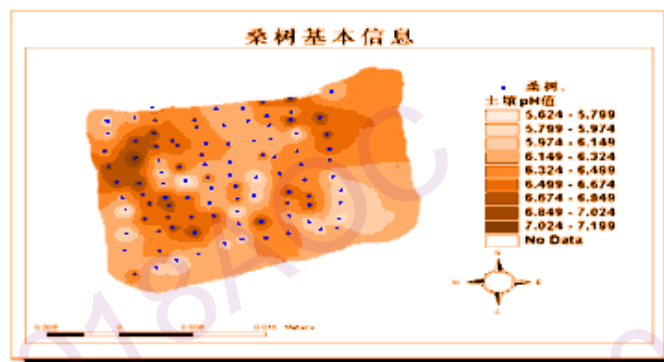
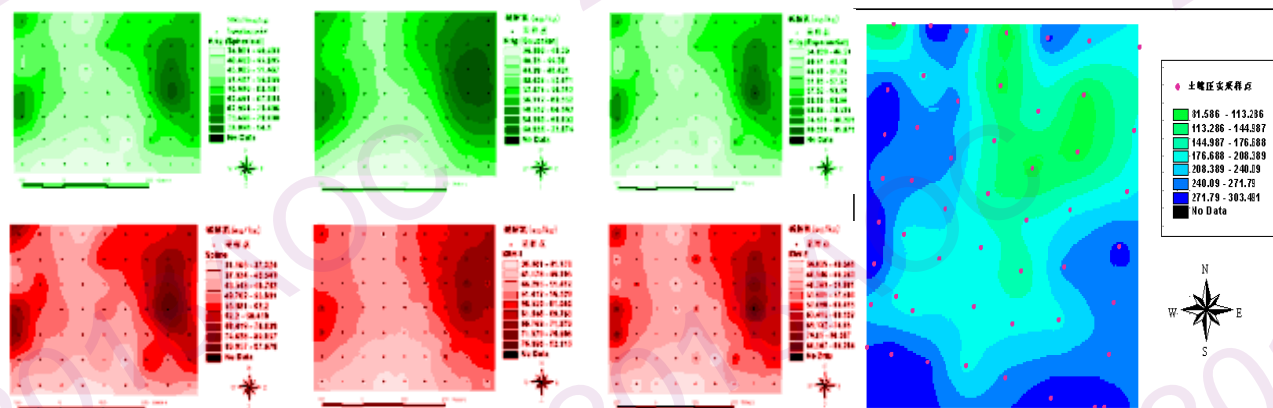
结构原理图



土壤水分测定仪

# 土壤养分信息的快速获取技术

## 桑田土壤多参数测量



## 五、微小型无人机遥感技术与平台



# • 一体化无人机精准农业解决方案

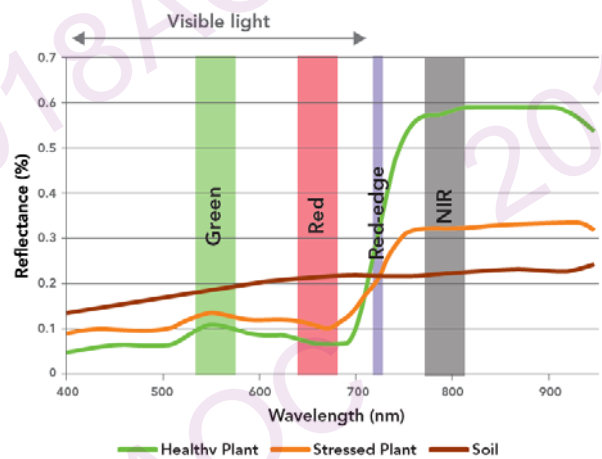


多种用途  
农民可负担的价格  
非常简便的维修



方便快捷通过Wi-Fi  
和USB链接

## Green Vegetation Reflectance



### NDVI 地图

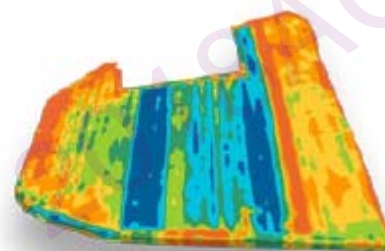
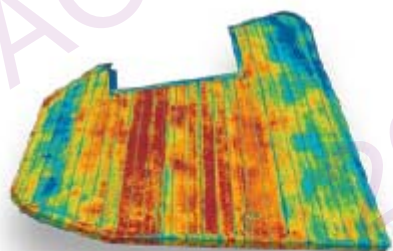
测量区域内变化  
的最简单方法

### 简单的区域图

可快速分析

### 详细的分区地图

帮助运行变量率的应用程序



# 农业多用途四旋翼



- 设置快捷
- 易于飞行
- 处理简便
- 易于维护



自主飞行  
Pix4Dcapture是一款易于使用的飞行规划软件，  
把您的消费级无人机转变成专业的绘图工具。



手动遥控飞行  
FreeFlight Pro是Parrot专用手动遥控无人机的应用  
软件。





# 农业多用途四旋翼



## 视觉巡检:

前置摄像头用于农作物、农业基础设施和牲畜的视觉检查

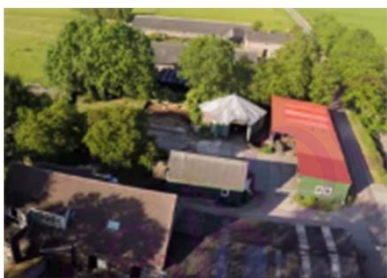


FREEFLIGHT PRO

## 农作物映射:

Parrot Sequoia 可以通过航拍绘制农作物地图，并生成NDVI地图

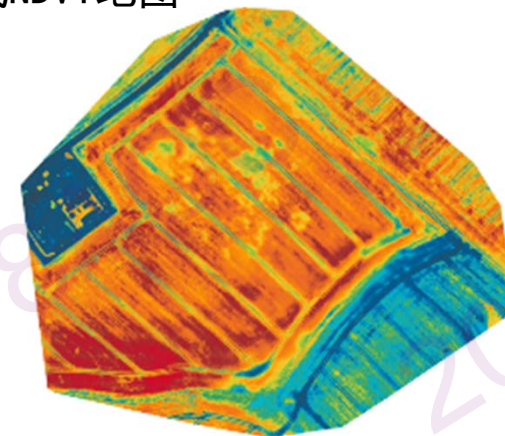
农业基础设施



牲畜监测



农作物监测



# 自主研发农用无人机

## 自主研发无人机技术

无人机带三维可动云台，现载有小型摄像头，可实时向地面传回视频信息，地面有专用接收箱接受视频信号供导航使用，同时可将视频信号保存于电脑中。

多旋翼无人机



固定翼无人机



太阳能无人机



油动无人直升机



# 浙江大学微小型无人机遥感技术与平台



浙江省委书记夏宝龙



教育部长袁贵仁



江西、贵州等领导



# 微小型无人机遥感技术与平台

## 自由度全飞行姿态仿真模拟平台

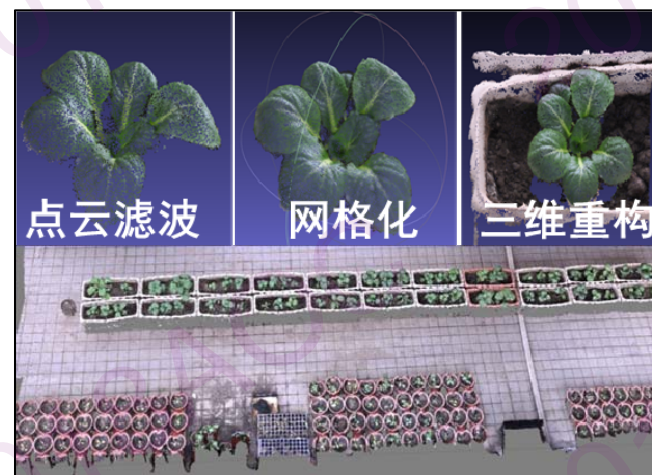
首次研制5自由度**全飞行姿态仿真模拟平台**，实现了可控环境下无人机动态信息采集与处理；开发了自适应机载云台。揭示了植物养分、病害信息与反射光谱之间的响应规律，建立了不同角度、速度、高度、照度的植物冠层信息及三维点云模型，保障了无人机的信息稳定获取和地面**三维重构**。



飞行模拟平台

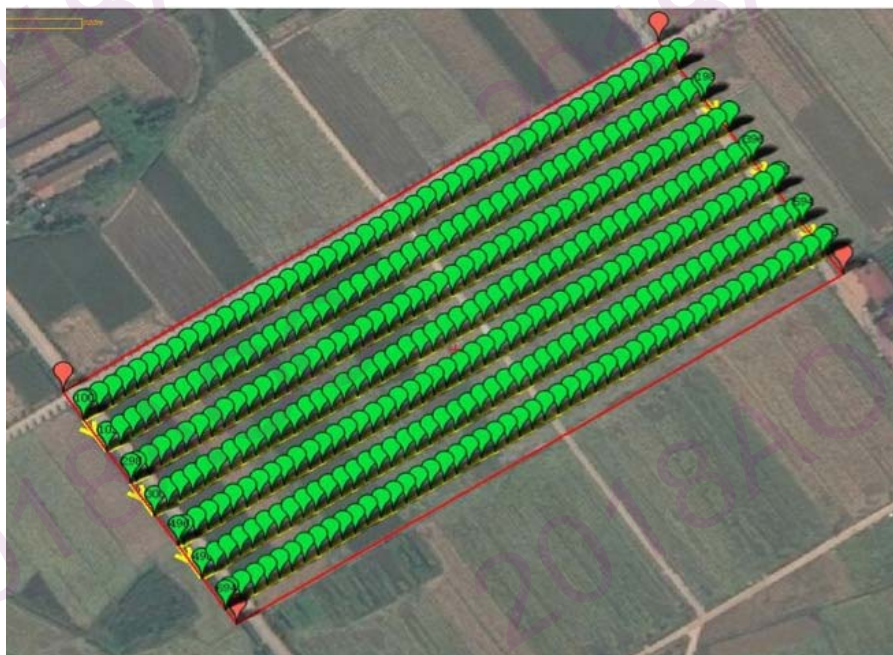
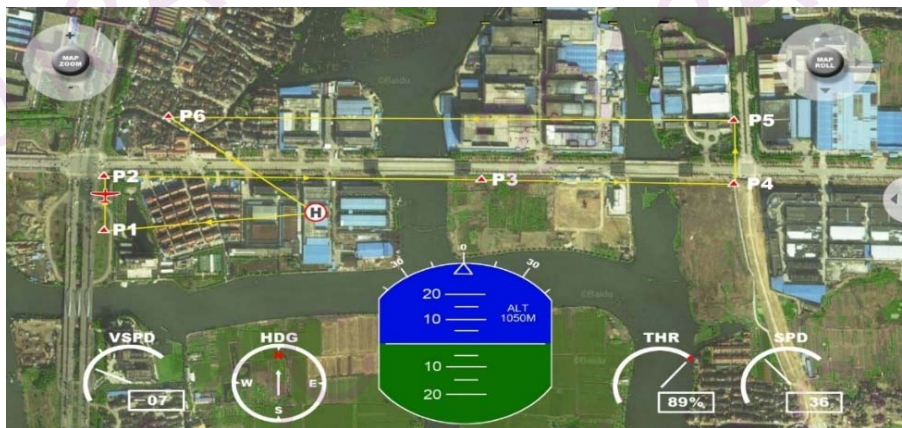


自稳云台与养分获取



全场景三维重构

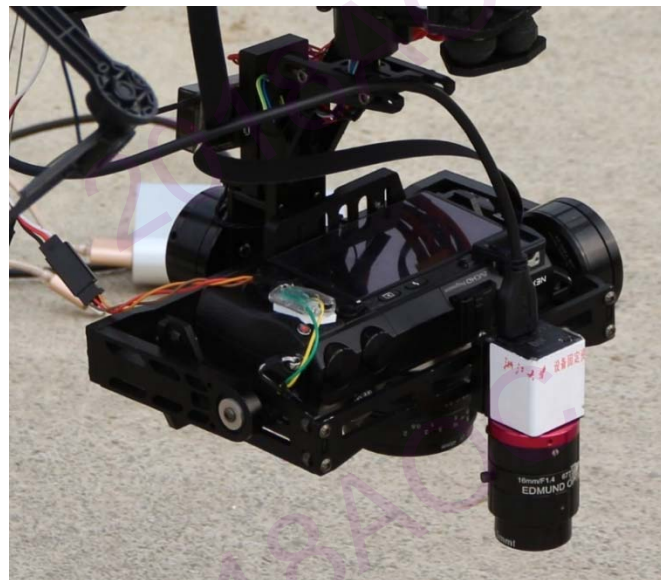
# 配套的飞控系统软件



- 高精度定位
- 智能避障技术
- 仿地飞行
- 断电续航
- 智能化操控
- 任意多边形航线规划
- 故障自检以及特情基本处理

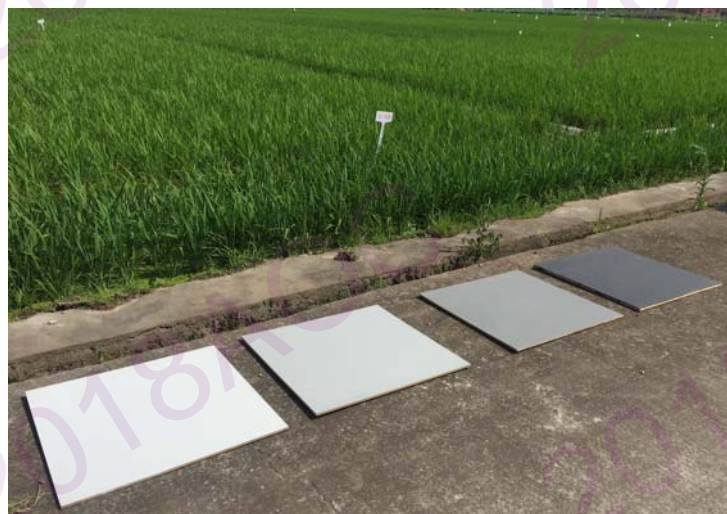
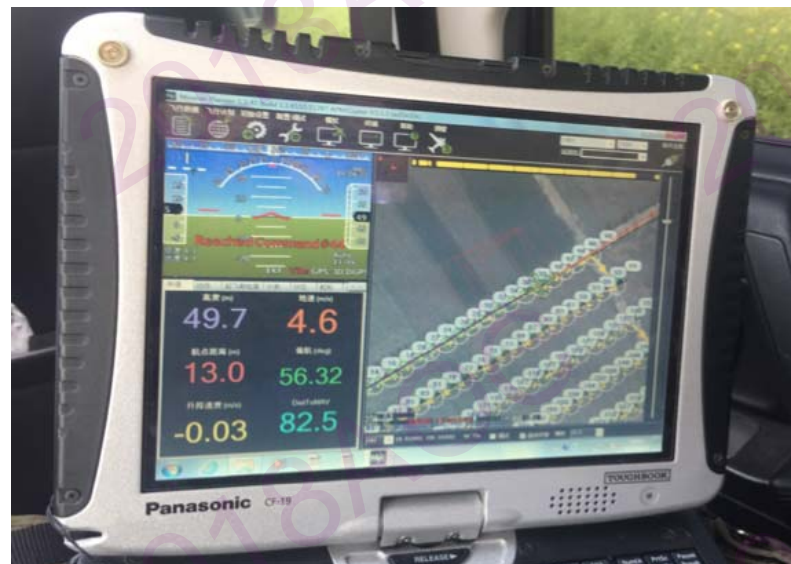
# 飞控软件系统关键技术

- 目前多采用影视航拍云台，**较难适应精细农业信息采集的要求。**
- 需要开发农用信息获取专用云台。比如专业的自适应高速云台



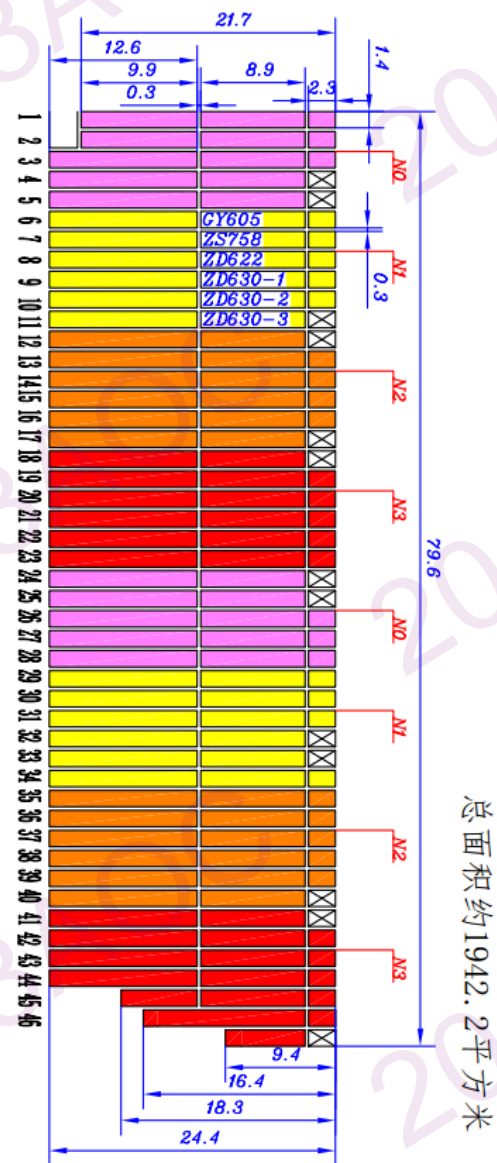
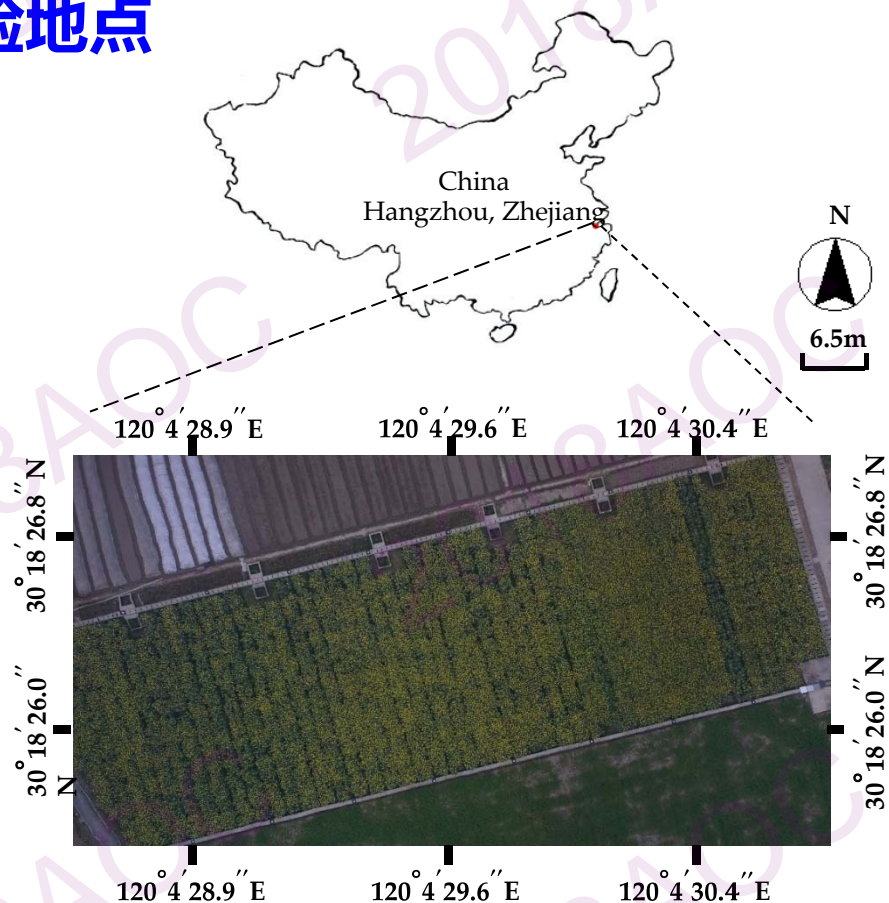
# 地面站系统

- 飞行任务规划
- 飞行状态实时监测
- 辐射校正
- 数字图像实时传输



# 基于无人机遥感的油菜花覆盖度预算

## 试验地点



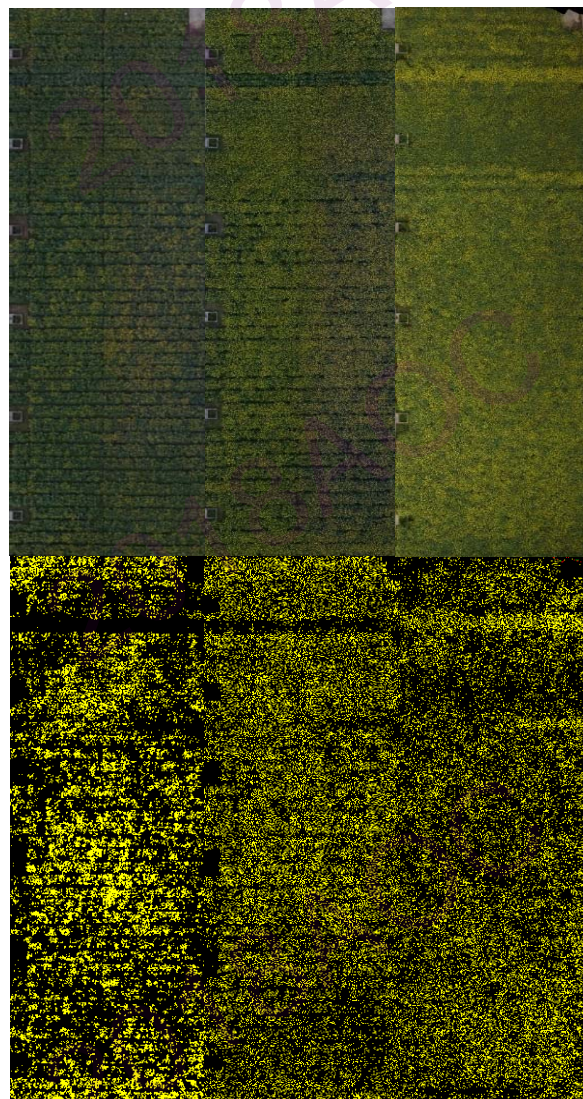
每公顷按氮、磷、钾比1:0.4:1，施用氮素150 kg，磷素60 kg，钾素150 kg。氮肥分两次施用，一次12月中旬，占总肥料的60%，一次2月中旬，占40%。



# 基于无人机遥感的油菜花覆盖度预算

## RGB图像

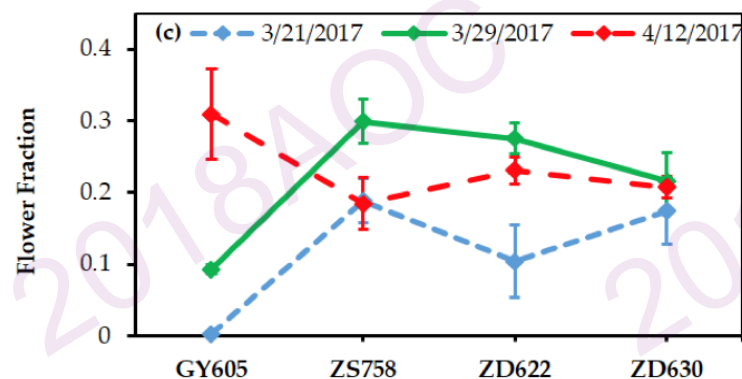
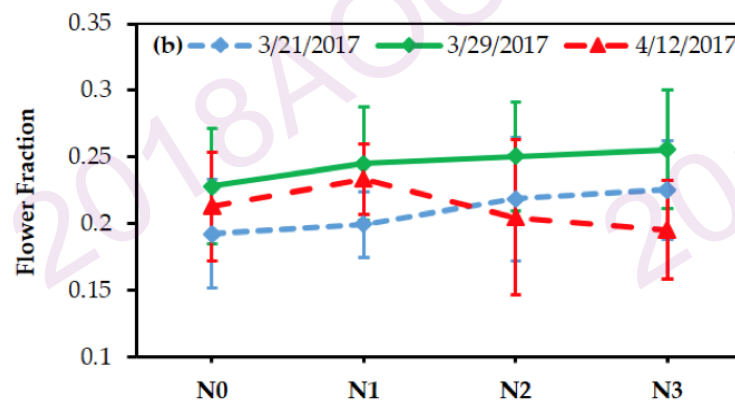
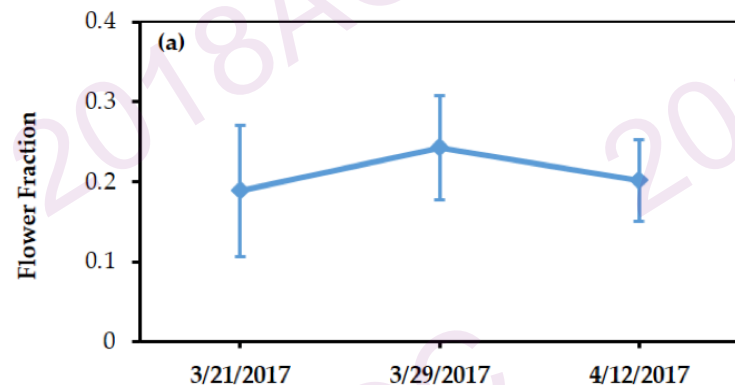
Flower Fraction:  
单位面积花的  
覆盖度



K-means聚类算法  
CIELab 颜色空间

三个时期，开花  
初期到开花晚期

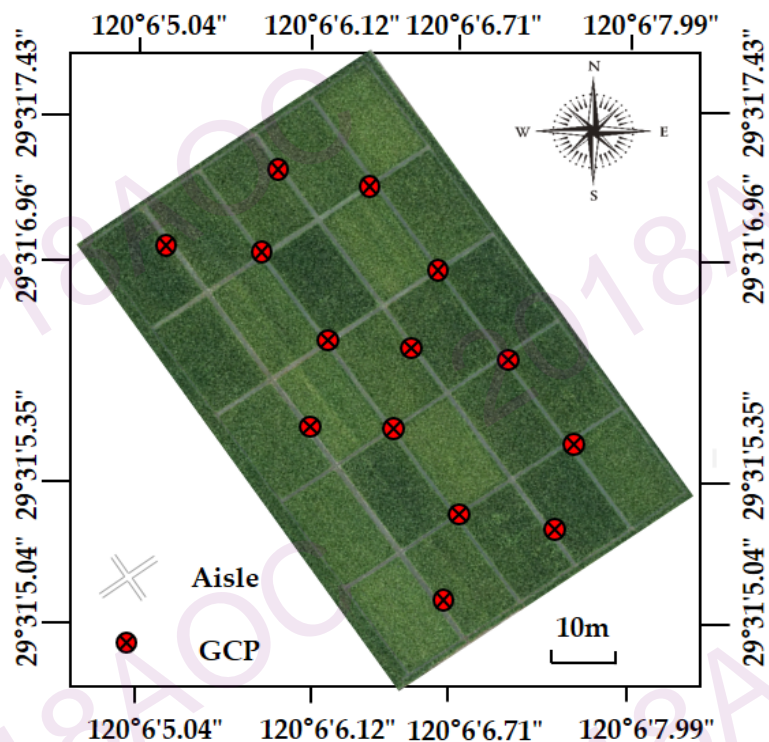
3/21/2017 3/29/2017 4/12/2017



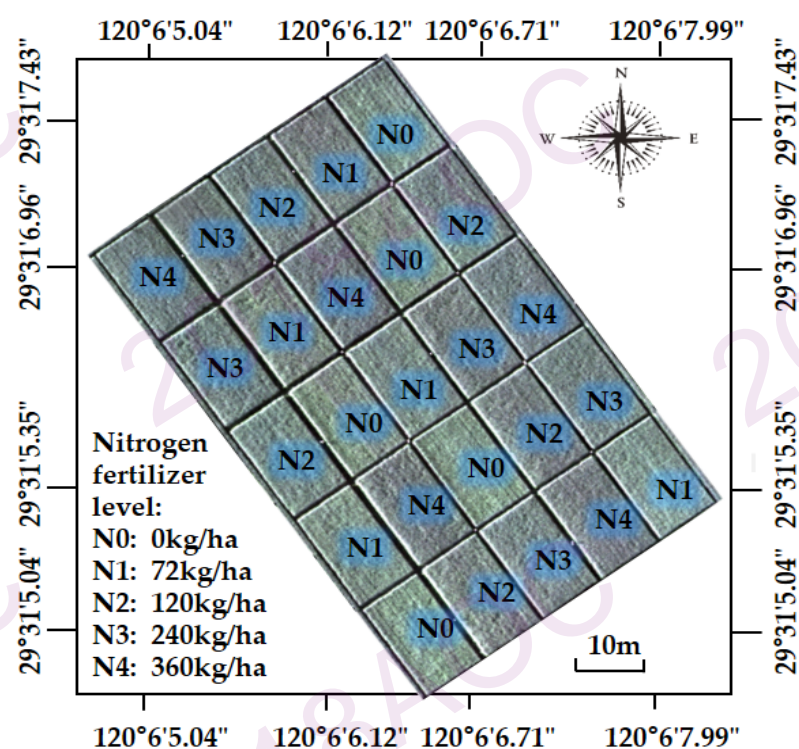
# 基于无人机遥感的水稻生长信息获取

试验地点：浙江省诸暨市安华镇三联村

水稻生长信息：冠层高度、生物量、氮素、叶绿素

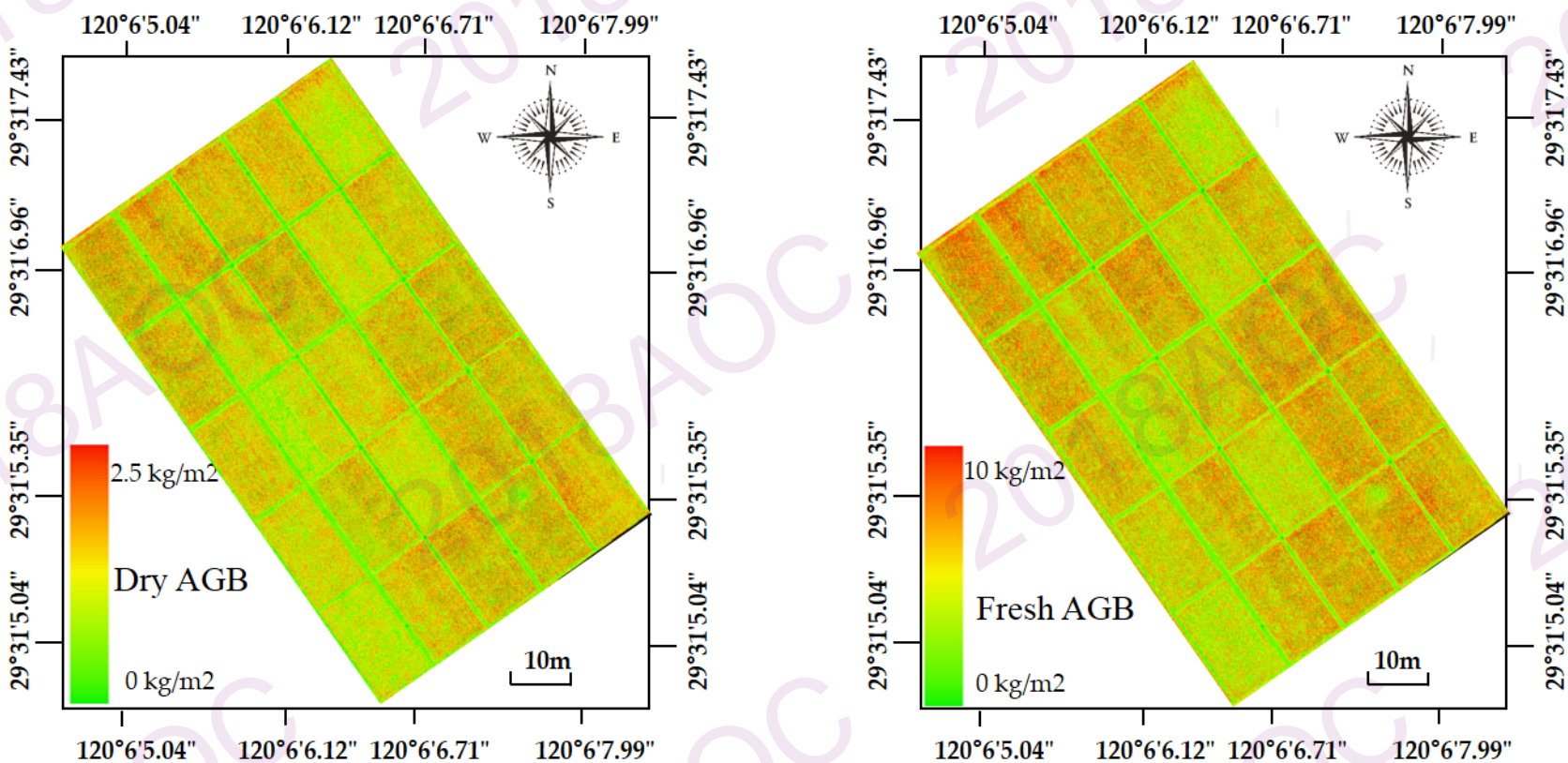


RGB图像



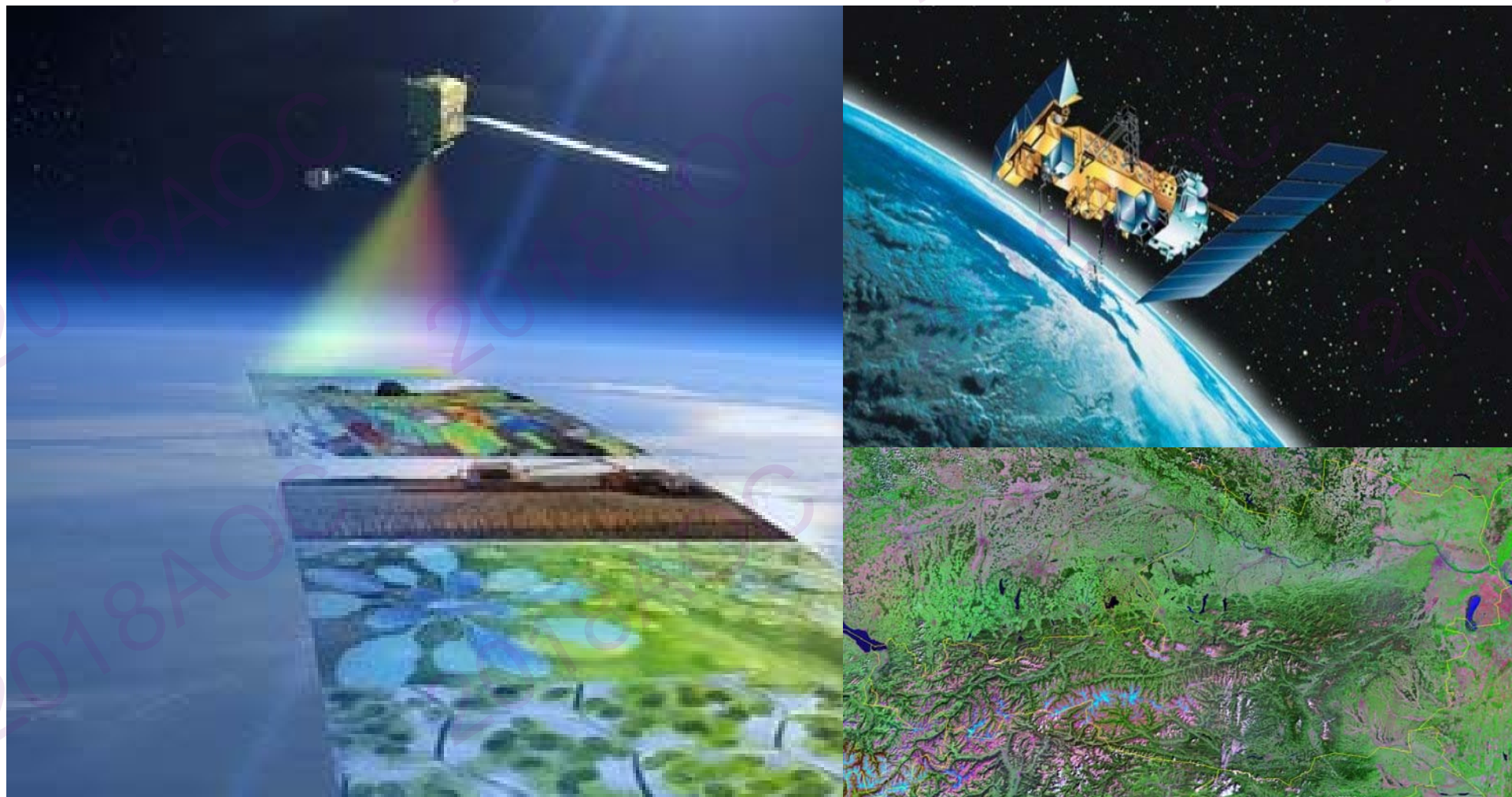
多光谱图像（三波段伪彩图）

# 基于无人机遥感的水稻生长信息获取

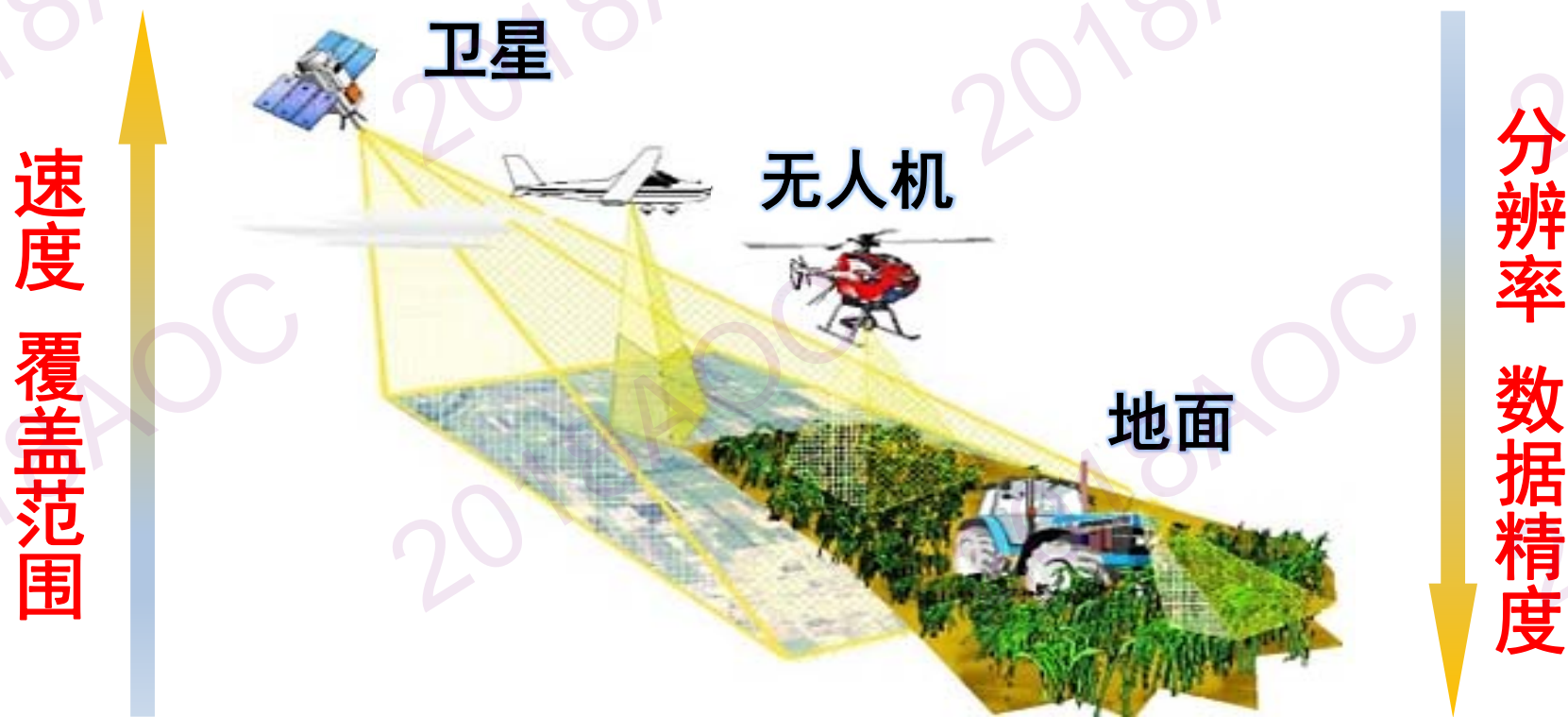


生物量预测分布图

## 六、卫星遥感技术与平台



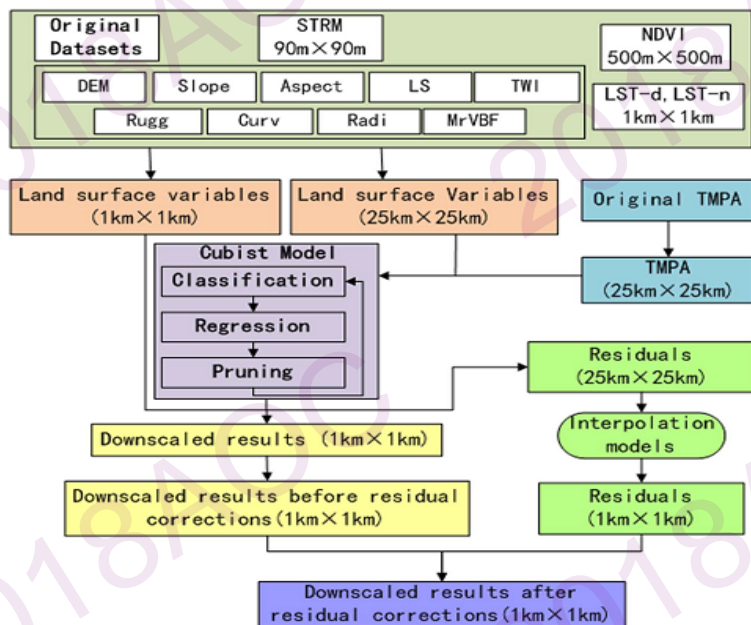
# 农田信息多尺度获取与精准管理技术



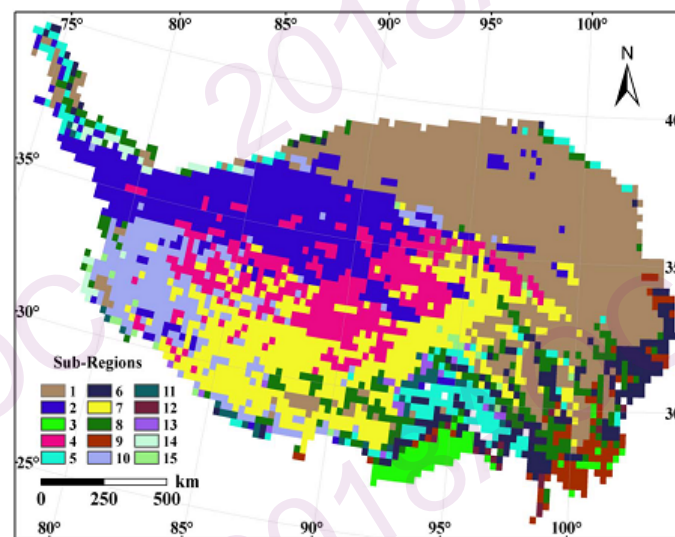
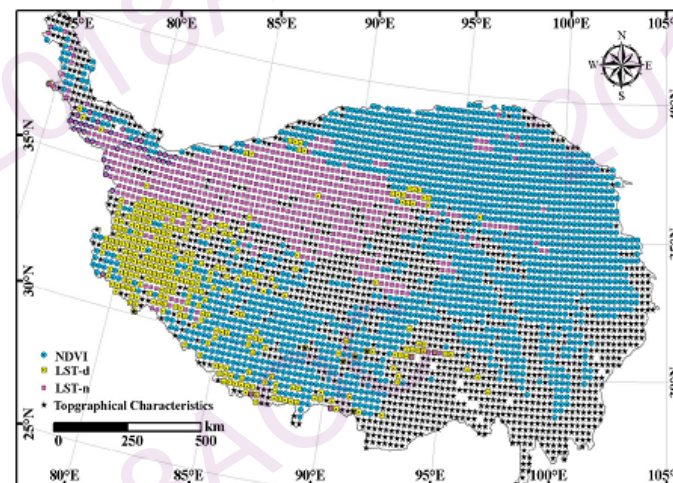
发挥了“地-空-星”不同平台优势，实现了点面结合、时空互补，满足了农作物生长环境及不同生长阶段水分、养分和病虫害等关键信息适时、全域、准确地获取的需求。

# 土壤水分卫星遥感反演模型

使用Cubist算法，引入植被指数、地表温度、地形参数等一系列环境因子，对原始TRMM卫星数据进行降尺度研究，获得青藏高原地区1km降雨网格数据。经验证基于Cubist的降尺度结果在空间分辨率和精度上相比原始TRMM数据均有较大提升，且远远优于GWR算法。



通过Cubist算法，分析得到青藏高原地区降雨主控因子在空间上的分布。



按照分类条件，将青藏高原划分为15个子区域，对每个子区域分别建立降尺度模型，获得降尺度结果。

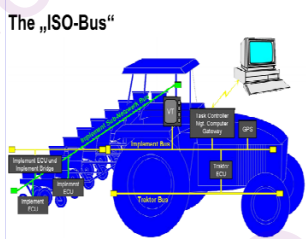
# 七、基于大数据的农机远程控制技术

## 农机智能控制技术

ISOBUS

CANBUS2.0B

①



ISOBUS  
技术

②



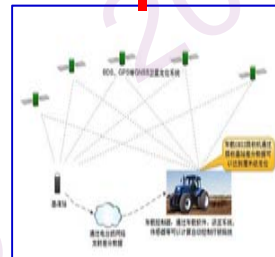
复杂机构的机  
器人化控制

③



变工况作业参  
数优化技术

④



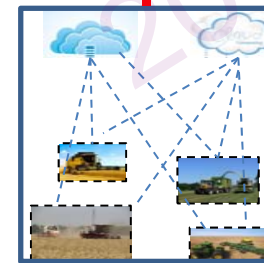
复合导航自  
主作业技术

⑤



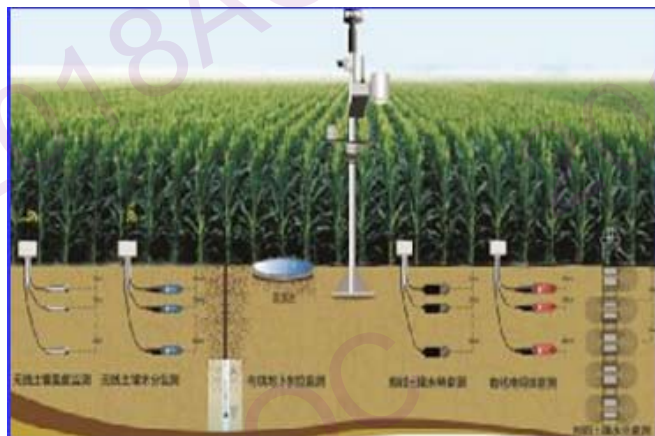
设施环境复  
杂调控技术

⑥



机器学习云  
控制技术

# 智能农田系统



感知网络

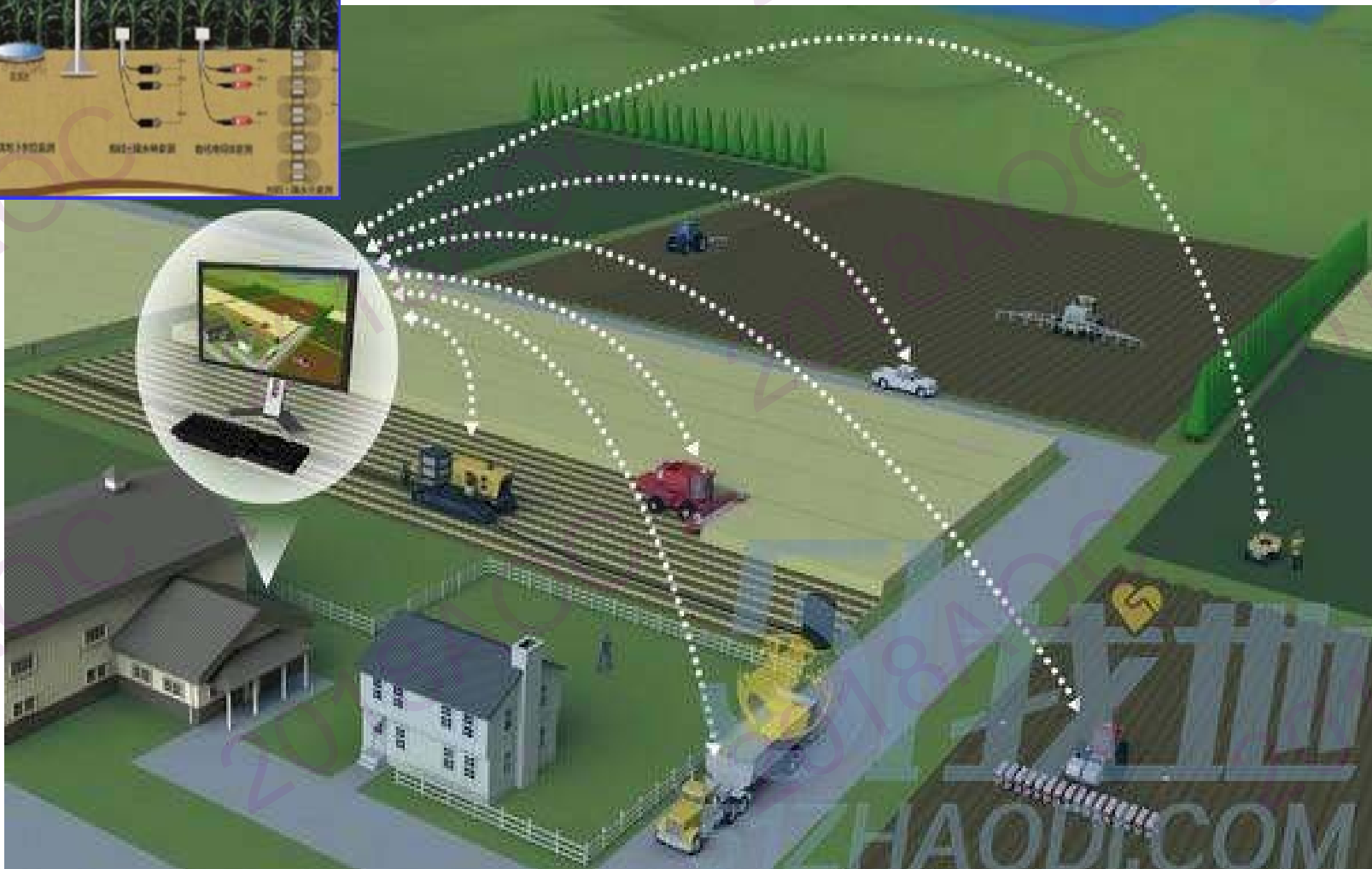
装备接口

标准化

大数据

处方平台

服务平台





# 基于云服务的农机远程管理

省、市、县、乡镇各级农机管理部门

农机专业合作社

农机服务中心

农机企业

农机大户



地块管理



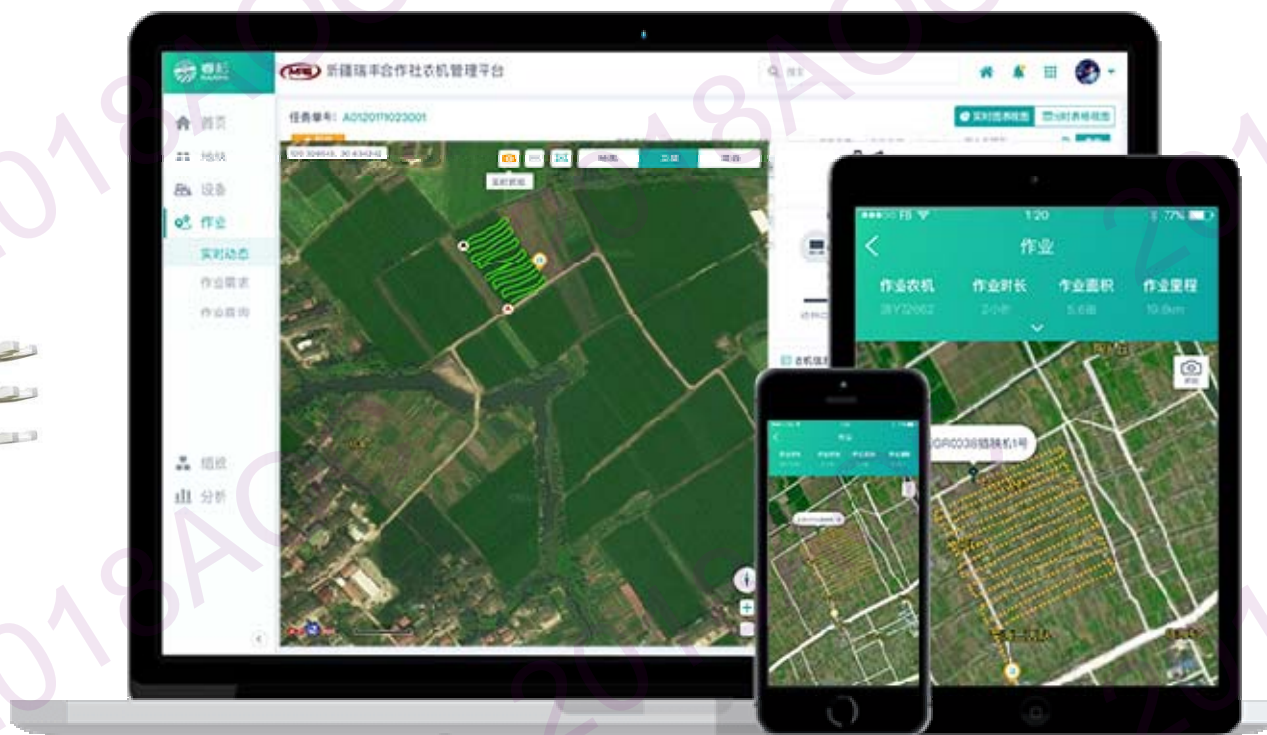
设备管理



作业管理



数据分析



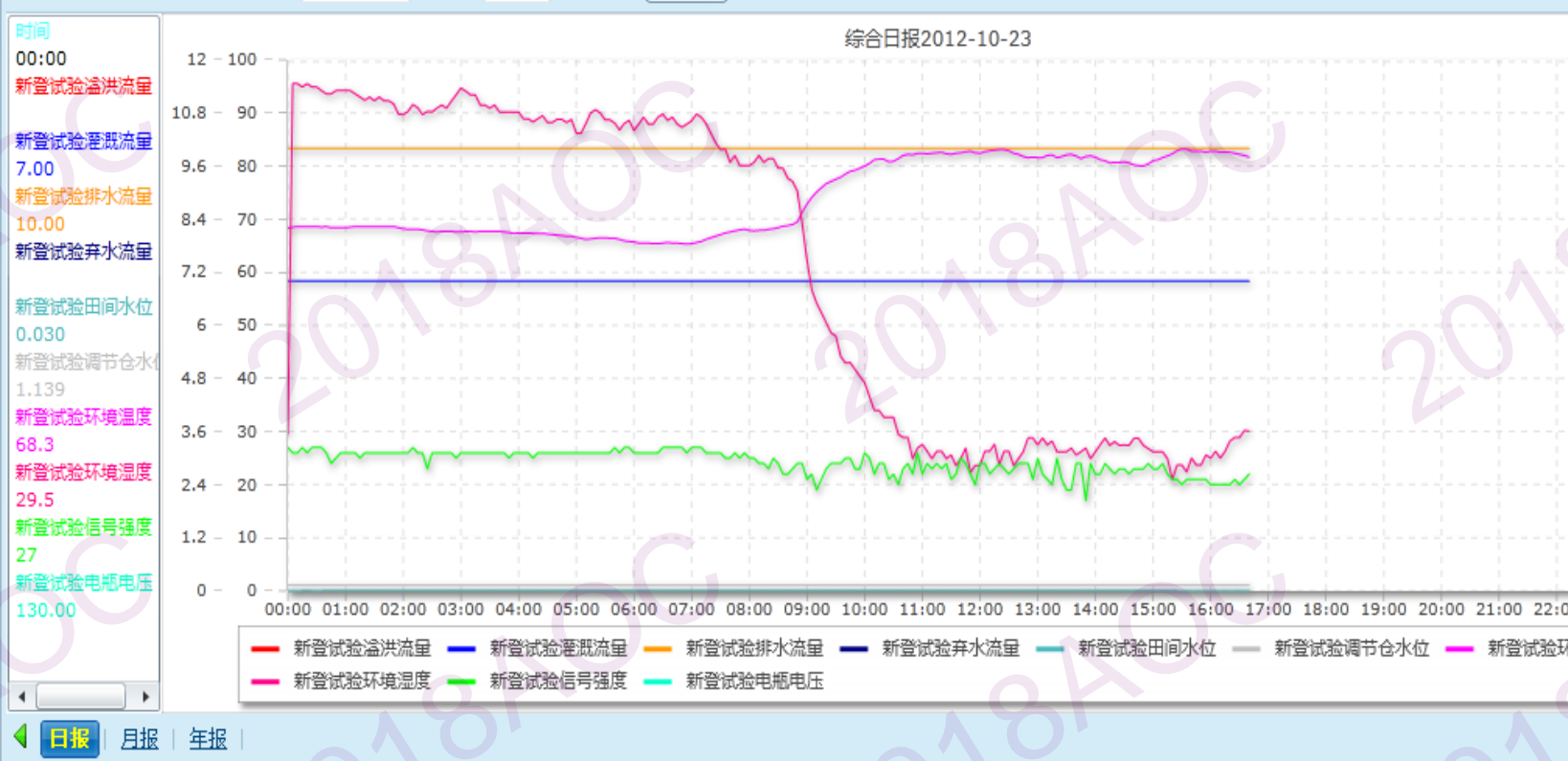
## 八、农业物联网技术及其应用









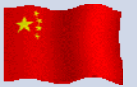
# 作物环境信息多尺度获取及智能化处理关键技术与装备



- 默认分区
- 新登试验
    - 水位下限
    - 水位上限
    - 水位饱和
    - 水位过高
    - 泵状态
    - 阀状态
    - 溢洪流量
    - 灌溉流量
    - 排水流量
    - 弃水流量
    - 田间水位
    - 调节仓水位
    - 环境温度
    - 环境湿度
    - 信号强度
    - 电瓶电压
    - 发送次数



# 世界农业大国农机智能化发展战略

国家	愿景/口号	核心技术特征	工业基础
美国 	Precision Agriculture	Precision/Automation User friend, networking	装备制造和IT技术世界领先
德国 	Farming 4.0	Cyber-Physical Sys. With M2M & IoT	重型装备制造业领先，工业4.0倡导者
日本 	Value-added AG by Technology	Agri-informatics, Smart Agri, HMI cooperative	轻重型农机装备并重，农业机器人领先
荷兰 	Internationalized Agriculture	Agri-Industrial cooperation Technological innovation	设施农业及装备世界领先、装备出口大国
以色列 	Creative Agriculture Turnkey from Industry	Drop irrigation dessert farming, cross domain	精益、集约型农业及农机装备领先
意大利 	Elite farmer with world-class machinery	Direct connection between production and market	重型农机传统强国、农机产业全面
中国 	全程全面农业机械化	机械化、信息化两化融合；互联网+	中国制造2025、人工智能2.0



谢谢！

