

易 宁,刘有珠. 基于物联网的水稻大田智能预警监控系统[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):264-268.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.19.069

# 基于物联网的水稻大田智能预警监控系统

易 宁<sup>1</sup>,刘有珠<sup>2</sup>

(1. 南昌大学分析测试中心,江西南昌 330047; 2. 南昌工程学院信息工程学院,江西南昌 330099)

**摘要:**为提高水稻生产调控管理水平,以湖北省荆门市屈家岭中国农谷“隆平高科”500亩(33.33 hm<sup>2</sup>)超级稻为研究对象,采用客户/服务器(client/server,C/S)和浏览器/服务器(browser/server,B/S)相结合的开发方式,以4层架构为软件框架,结合地理信息系统(geographic information system,GIS),设计和实现了基于物联网技术的水稻大田智能预警监控系统。通过监控节点实时获取影响水稻苗情生长的关键参数和直观图像,并结合专家系统及历史灾害指标等,依据监控数据超出阈值的严重程度进行智能分级预警,从而提高监控水稻苗情生长和气象灾害及病虫害防治决策的准确性和实时性,系统具有直观、实时的大屏显示,就地、移动互联的访问方式及智能的报表输出等特点。长期的示范结果表明,系统在提高水稻苗情的精准监测和智能管理等方面具有良好的推广前景。

**关键词:**无线传感器网络;物联网;管理信息系统;水稻苗情;远程监控;智能预警;监控系统

**中图分类号:**S126; TP273+.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)19-0264-05

水稻是我国三大粮食作物之一,我国以稻米为主食的人口约占总人口的65%<sup>[1]</sup>。2007年我国水稻种植面积占全国作物种植面积的18.84%,稻谷产量占全国粮食总产量的37.09%<sup>[2]</sup>,稻谷约占我国口粮比例的60%<sup>[3-4]</sup>。因此,水稻在我国的农业生产及粮食安全保障体系中占有十分重要的地位。

型(早稻和晚稻)对养分的需求、光照以及病虫害的防治不尽相同<sup>[6-10]</sup>。因此,及时准确地获取影响水稻生长的关键参数从而进行科学调控,是水稻高产稳产的重要保障<sup>[11-16]</sup>。

## 1 物联网

物联网概念于1999年由美国麻省理工学院提出<sup>[17]</sup>。农业物联网是物联网技术在农业生产、经营、管理和服务中的具体应用,是用各类感知设备采集农业生产过程、农产品物流以及动植物本体的相关信息,通过无线传感器网络、移动通信无线网和互联网传输,将获取的海量农业信息进行融合、处理,最后通过智能化操作终端,实现农业产前、产中、产后的过程监控、科学决策和实时服务<sup>[18]</sup>。随着传感器技术与通信技术的不断发展,农业物联网的研究与应用方兴未艾。设施温室环境监控是农业物联网早期应用最具代表性的领域之

收稿日期:2017-05-04

基金项目:国家自然科学基金(编号:61401189);江西省科技支撑计划(编号:20142BBE50019、20161BBE50093)

作者简介:易 宁(1971—),女,江西南昌人,硕士,实验师,主要从事环境监测研究。E-mail:yin@ncu.edu.cn。

通信作者:刘有珠,硕士,教授,主要从事无线传感器网络研究。E-mail:lyzcn@126.com。

## 参考文献:

- [1] 张晓云,王丽娟,熊 琼. 联合收割机最短路径设计——基于禁忌搜索和PID算法的[J]. 农机化研究,2017,39(8):53-57.
- [2] 臧世宇,吴崇友,伍扬华. 谷物联合收割机脱粒机架有限元分析及优化[J]. 江苏农业科学,2016,44(12):347-349.
- [3] 潘远香,尹 健,肖龙祥. 小型半喂入水稻联合收割机电驱式扶禾系统的设计研究[J]. 机械设计与制造,2016(5):79-82.
- [4] 胡文彪,王智勇,吕照瑞. 感应电机故障诊断中的电机转速自动测定方法[J]. 电机与控制应用,2015,42(12):74-78.
- [5] 彭 凯,蒋 夔,胡 文,等. 旋耕机三点悬挂机具调平机构的研制与试验[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2015,41(6):676-679.
- [6] 郑海亮,项昌乐,韩立金,等. 双模式机电复合传动功率分配策略优化[J]. 中国机械工程,2015,26(10):1415-1419.
- [7] 王 瑞,李耀明,唐 忠,等. 联合收割机载荷测试系统构建与影响因素分析[J]. 农机化研究,2016,38(4):152-157.
- [8] 胡青春,李剑英,段福海. 带有圆锥齿轮的复合行星传动功率流

- 与传动效率分析[J]. 机械工程学报,2015,51(21):42-48.
- [9] 彭先龙,张 乐. 面齿轮功率分支传动系统的转矩分配研究[J]. 机械传动,2016,40(11):117-122.
- [10] 孙永厚,张 骥,刘夫云,等. 基于扭矩轴坐标系的动力总成悬置系统解耦优化[J]. 组合机床与自动化加工技术,2016(7):8-10.
- [11] 周 浩,胡 炼,罗锡文,等. 旋耕机自动调平系统设计与试验[J]. 农业机械学报,2016,47(增刊1):117-123.
- [12] 刘孟楠,徐立友,周志立,等. 增程式电动拖拉机及其旋耕机组仿真平台开发[J]. 中国机械工程,2016,27(3):413-419.
- [13] 赵华慧,李云伍,曾庆庆,等. 基于MATLAB的旋耕机运动仿真分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2016,44(1):230-234.
- [14] 张海军,王成飞,肖茂华,等. 中间轴式液压机械无级变速箱设计与传动特性分析[J]. 机械设计,2015,32(9):44-49.
- [15] 陶 润,侯之超. 发动机前端附件带传动系统功率损失的仿真分析[J]. 清华大学学报(自然科学版),2015,55(7):790-796.

一<sup>[19-23]</sup>。目前,农业物联网在农业领域的研究与应用越来越广泛。农业物联网的应用为实现水稻苗情远程监控和管理提供了重要的技术途径。

## 2 系统设计目标

基于物联网的水稻大田智能预警监控系统的基本原理就是依据物联网的“全面感知-稳定传输-智能应用”3个层次,通过各种传感器持续监测所获取的影响水稻生长的主要参数(包括空气温湿度、土壤温湿度、风力、光照、降水量、病虫害、灾害、养分等数据),结合专家经验并与已建立的专家系统、水稻生长的关键指标体系以及历史数据的分析对水稻苗情和灾害进行远程诊断和管理,然后再按量施肥、喷药和灌溉,从而达到在节省投入、降低生产成本、保障稻谷安全、提高稻谷质量的同时改善生态环境。

### 2.1 系统方案设计

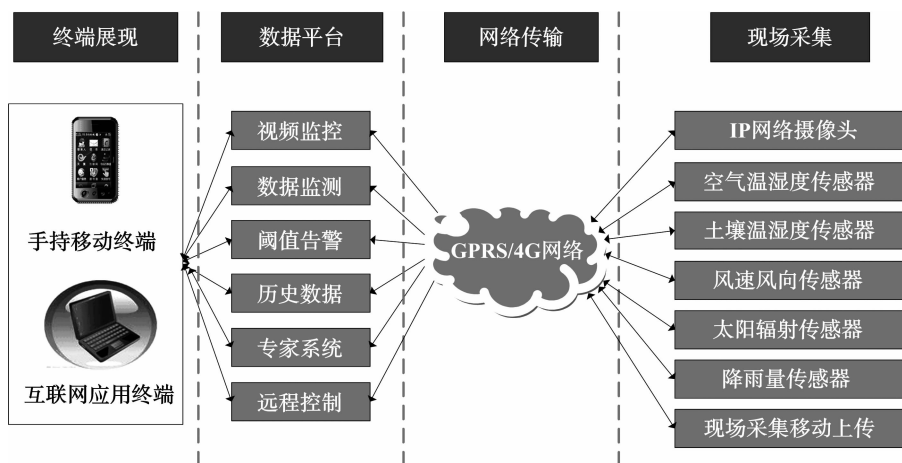


图1 超级稻智能监控系统设计拓扑图示

2.2.1 系统站点布设 500亩(33.33 hm<sup>2</sup>)超级稻试验示范大田由10块大小各50亩(3.33 hm<sup>2</sup>)的长方形稻田组成,水稻大田智能预警监控系统的硬件设备主要由传感器设备、视频监控设备、病虫害防治设备、田间小气候监控设备、围栏、通信设备、防雷供电系统等组成。系统站点规划线路由“稻田-通信路由-监控中心”3个部分组成,共设计组建1个小型田间气象站、10个土壤监测采样点、10个通信节点、5个视频监控点以及1套病虫害监测系统,站点布设如图2所示。

2.2.2 系统软件框架 根据用户需求,平台软件采用B/S和C/S 2种结构相结合的方式,并配套开发手机客户端APP,既能通过监控中心实现就地式监控和管理,也能通过手机终端等移动设备进行远程监控指挥。软件平台采用4层架构设计,由数据汇聚平台与数据中心、应用支撑平台、应用业务平台、应用交互层组成。

2.2.2.1 数据汇聚平台与数据中心 数据汇聚平台由数据汇集和数据上报两大模块组成。数据汇集模块包括数据的接收、解析、入库、转发等功能。各自动监测站点的遥测信息、视频信息通过数据传输信道传输到平台后,进入信息汇集服务器,通过数据汇集软件完成监测站数据的实时接收处理,并存入规范数据库中。人工监测站数据则由人工整理后以手工输入的方式汇集到数据库中。数据上报模块主要是当管理用户对数据有应用要求时使用,包括信息提取、数据压缩打包、数

据检查、数据上报、数据传输、数据接收、数据解压、数据完整性检查、数据处理入库以及数据报送管理等功能。

本试验的实施地点位于湖北省荆门市的屈家岭中国农谷“隆平高科”500亩(33.33 hm<sup>2</sup>)超级稻试验示范大田。针对我国农谷农业生产的特点和实际情况,建设“屈家岭·中国农谷”核心区超级稻试验示范及智能监控平台,实现网内数据交换,使不同专业的人可以方便、有序地参加农业生产的协同工作,提高工作效率;同时引入实时监控管理的理念,实现各种信息资源的即时采集和共享,及时发布包括水稻的苗情、墒情、病虫害情、灾情以及各生长期的长势、长相等信息,对水稻生长期各个环节进行动态监测,及时通过调度和决策平台对农业生产进行远程管理监控。

### 2.2 系统设计概要

超级稻试验示范及智能监控平台由布设于田间的各项监控和通信设备等硬件设备和位于屈家岭管理处办公大楼内的监控中心以及软件平台2个部分组成,系统设计概要拓扑如图1所示。

据检查、数据上报、数据传输、数据接收、数据解压、数据完整性检查、数据处理入库以及数据报送管理等功能。

2.2.2.2 应用支撑平台 应用支撑平台是系统资源的管理者和公共服务的提供者,是信息资源集成共享体系的重要组成部分,它担负着对下管理汇集数据、对上支撑应用的核心作用,即对底层数据资源的集成共享,对上层应用软件资源的集成重用。通过应用支撑平台构建了统一的数据交换体系和数据共享机制,形成了成套的数据管理标准和方法。对上层的应用平台提供了统一的用户权限管理、流程管理、界面展现、平台资源管理等,形成一个统一的管理应用系统开发和运行平台。

2.2.2.3 应用业务平台 由在GIS地图上标注的各个监测站位置及相关信息的日常巡检系统、智能报表、故障预警与预测等组成。

2.2.2.4 应用交互层 应用交互层是农业信息及专家交流平台,主要由对内业务管理系统、对外信息发布系统等组成。软件平台框架如图3所示。

## 3 系统实现

超级稻智能监控系统采用Java EE平台进行开发,结合国内主流GIS平台,支持SQL、Oracle数据库,系统能在各种主流浏览器上运行,可根据用户需要移植到各种移动终端平

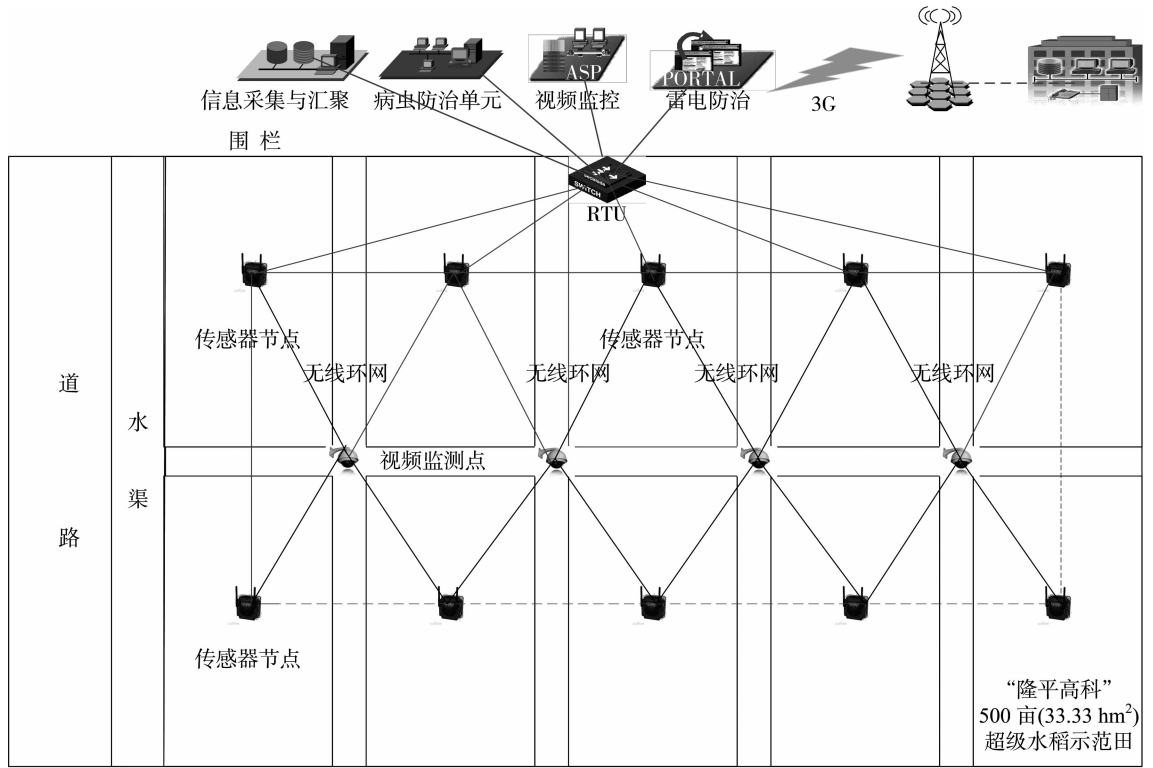


图2 超级稻智能监控系统站点布局图

台,实现用户的移动式管理与办公。本系统由首页、稻田信息浏览、稻田信息设置、值班管理、预警设置、基础信息维护等几大模块组成。系统主要模块设计如下。

### 3.1 首页

在本模块中,用户通过 WebGIS 可查看稻田现场的视频信息、当日报警信息、所有传感器的最新上报数据、服务器的运行状态和当地天气预报情况等。在首页中点击 WebGIS 地图上的传感器设备,在下方信息栏内即可实时显示相关传感器的信息。

### 3.2 稻田信息浏览

本模块由气象数据、日照数据、土壤数据、累计统计、详细数据模块组成。利用农学模型,将每个稻种从播种—返青、幼苗—分蘖、拔节—孕穗、抽穗—结实等生长期的历史和实时数据用最直观的方式展示给用户。如楚梗 28 号稻种在拔节—孕穗期的田间信息、土壤养分、虫情信息、虫情报警、气象数据、日照数据分别如图 4-a、图 4-b、图 4-c 所示。

### 3.3 稻田信息设置

在本模块中可根据所在稻田的稻种信息、稻种的属性进行预警设置,并可对布设在稻田的各种传感器等硬件设备进行远程开关控制,同时直观显示稻田历史信息维护数据,可新增、修改、删除、查询稻田信息设置等功能。

### 3.4 值班管理

本模块涉及对值班人员的排班管理,并有短信提前通知值班人员的功能。

### 3.5 预警设置

设置预警阈值和报警级别。考虑到秧苗不同生长期关注的判断因素不尽相同,分别对处于播种—返青、幼苗—分蘖、拔节—孕穗、抽穗—结实等生长期内自动采集的大气温度

( $^{\circ}\text{C}$ )、大气湿度( $\%$ )、土壤温度( $^{\circ}\text{C}$ )、土壤湿度( $\%$ )、雨量( $\text{mL}$ )、大气压力( $\text{hPa}$ )、光合有效辐射( $\text{W}/\text{m}^2$ )、日照时数( $\text{h}$ )、风速( $\text{m}/\text{s}$ )、蒸发量等因素设置预警阈值,也可对不同生长期内人工采集的土壤养分( $\text{mg}/\text{kg}$ )、虫情(个)设置预警阈值。根据设置的预警阈值和报警等级,系统实现了对自动上报和人工上报的、超出预警阈值的数据进行分级报警,而且每种不同类型的参数预警阈值设置的细节也不尽相同。

### 3.6 基础信息维护

本模块具有人工虫情、人工土壤养分和自动采集上报功能。

**3.6.1 人工虫情上报** 系统直观显示采集日期的虫情种类、虫情数及显示该虫情的威胁程度,可对人工虫情上报进行增加、修改、删除、查询、导出等操作,人工虫情上报如图 5-a 所示。

**3.6.2 人工土壤养分上报** 系统直观显示采集点在某个采集日期的有机氮、有机磷、有机钾含量,可对人工土壤养分上报进行增加、修改、删除、查询、导出等操作,人工土壤养分如图 5-b 所示。

**3.6.3 自动采集上报** 对自动上报的数据进行修改、删除等功能。

### 3.7 帐号管理

本模块是超级稻智能监控系统的安全管理模块,从系统安全角度出发,模块下有帐号管理、日志管理和权限组配置 3 个子模块。帐号管理具有对用户帐号进行增加、修改、删除、查询、导出及对帐号设置权限组等操作功能;日志管理具有记录用户操作系统的的时间和 IP 地址的功能;权限组配置具有对用户能够访问系统模块的权限进行增加、修改、删除功能,不同角色的用户拥有访问系统的权限不同。

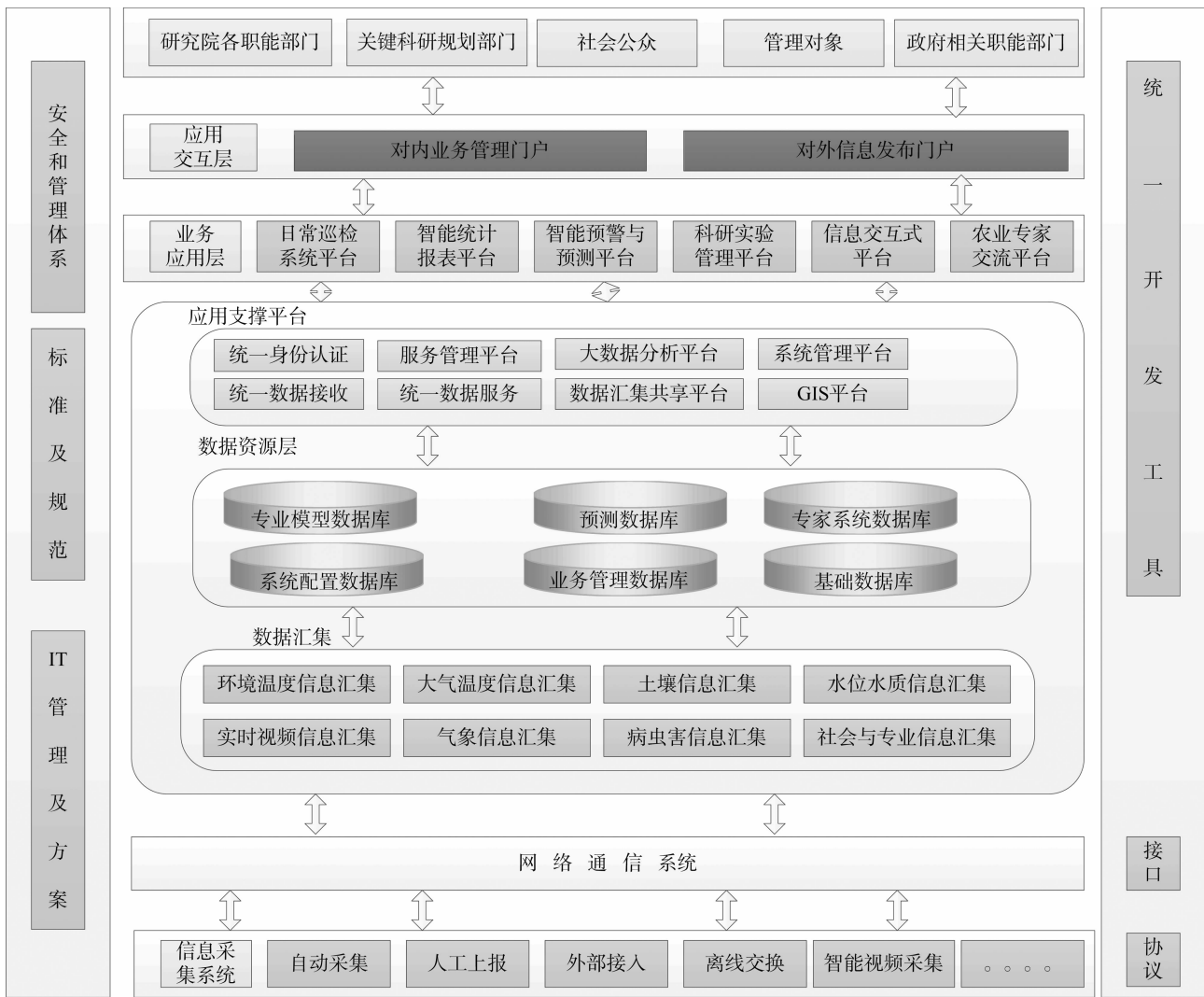


图3 超级稻智能监控系统软件平台框架



图4 楚梗 28 号在拔节—孕穗期的实时数据

#### 4 结论

本试验以屈家岭中国农谷“隆平高科”500亩(33.33 hm<sup>2</sup>)超级稻为研究对象,设计和实现了基于物联网技术的水稻大田智能预警监控系统。

(1)基于物联网技术的预警监控系统硬件采用“稻田—通信路由—监控中心”的方案设计,确保系统硬件具有优良的可扩展性和可维护性。

(2)基于4层架构的软件框架,结合WebGIS技术,采用B/S和C/S 2种开发方式,并开发了手机APP的智能预警监控软件平台,使用户具有就地、互联网、移动3种直观的监控方法,真正实现随时随地监控。

(3)在基于物联网硬件监测系统的基础上,通过获取的直观、实时影响水稻苗情生长的关键参数,并融合专家知识、灾害指标等进行智能预警,进一步提高了水稻苗情和气象灾害快速诊断决策的精准性和实时性。

当前位置: 基础数据维护>>人工虫害上报列表

新增	删除	检索	导出EXCEL		采集时间	虫害名	害虫总数	威胁程度	上传者	上传时间
<input type="checkbox"/>					2013-06-06	二化螟	222	高	admin	2013-06-17 15:31:29
<input type="checkbox"/>						稻飞虱	1	低	admin	2013-06-17 15:34:04
<input type="checkbox"/>						卷叶螟	3	中	admin	2013-06-17 15:34:04
<input type="checkbox"/>						卷叶螟	23	中	admin	2013-06-17 15:36:42
<input type="checkbox"/>						稻飞虱	3	低	admin	2013-06-17 15:36:50
<input type="checkbox"/>						卷叶螟	2	中	admin	2013-06-17 15:36:50
<input type="checkbox"/>						稻飞虱	3	低	admin	2013-06-17 15:40:43
<input type="checkbox"/>						卷叶螟	2	中	admin	2013-06-17 15:40:46
<input type="checkbox"/>						稻飞虱	3	低	admin	2013-06-17 15:43:00
<input type="checkbox"/>						卷叶螟	2	中	admin	2013-06-17 15:43:00

a. 人工虫情

当前位置: 基础数据维护>>人工土壤养分上报列表

新增	修改	删除	检索	导出EXCEL		采集时间	采集点名	有机氮含量 (mg/kg)	有机磷含量 (mg/kg)	有机钾含量 (mg/kg)	更新人	更新时间	操作
<input type="checkbox"/>						2013-06-13	3	22.0	22.0	22.0	admin	2013-06-13 17:05:45	修改
<input type="checkbox"/>						2013-06-14	a	3.0	3.0	4.0	admin	2013-06-14 16:40:20	修改
<input type="checkbox"/>						2013-06-12	1	11.0	22.0	33.0	2013/06/06	2013-06-12 00:00:00	修改
<input type="checkbox"/>							1	55.0	4.0	6.0	2013/06/06	2013-06-12 00:00:00	修改
<input type="checkbox"/>							1	4.0	5.0	6.0	2013/06/06	2013-06-12 00:00:00	修改
<input type="checkbox"/>							1	88.0	33.0	44.0	2013/06/06	2013-06-12 00:00:00	修改
<input type="checkbox"/>							1	1.0	2.0	1.0	2013/06/06	2013-06-12 00:00:00	修改
<input type="checkbox"/>							1	123.0	123.0	123.0	2013/06/06	2013-06-12 00:00:00	修改
<input type="checkbox"/>							1	3.0	3.0	3.0	2013/06/06	2013-06-12 00:00:00	修改
<input type="checkbox"/>							1	3.0	35.0	31.0	2013/06/06	2013-06-12 00:00:00	修改

b. 人工土壤养分

图5 基础信息维护图示

本系统的主要功能已经在示范过程中。结果表明,在超级稻苗情监测和灾害预警等方面具有精准和快速等优势。但因为影响超级稻生长的因素十分复杂,不同地区的气候差异大,不同稻种的属性相异,在采用诊断指标和方法等方面仍须要不断修正和完善。在对监测数据和视频数据的集成共享及重用方面有待优化,在满足用户需求提供更加全面的数据信息服务方面还有很大的挖掘潜力。进一步完善系统功能,提高系统普适性,使之在更广泛的水稻种植区域发挥作用,是今后研究的重点。

#### 参考文献:

- [1] 辛良杰,李秀彬. 近年来我国南方双季稻区复种的变化及其政策启示[J]. 自然资源学报,2009,24(1):58-65.
- [2] 胡忠孝. 中国水稻生产形势分析[J]. 杂交水稻,2009,24(6):1-7.
- [3] 沈崇灵. 法理学[J]. 北京:北京大学出版社,1994:51-52.
- [4] 李波,张俊敏,李海鹏. 我国中长期粮食需求分析及预测[J]. 中国稻米,2008(3):23-25.
- [5] 廖静娟,邵芸,郭华东,等. 水稻生长期微波介电特性研究[J]. 遥感学报,2002,6(1):19-23.
- [6] Durigon A, van Lier Q D. Canopy temperature versus soil water pressure head for the prediction of crop water stress[J]. Agricultural Water Management,2013,127:1-6.
- [7] Meron M, Tsipris J, Orlov V, et al. Crop water stress mapping for site-specific irrigation by thermal imagery and artificial reference surfaces[J]. Precision Agriculture,2010,11(2):148-162.
- [8] 邓飞,王丽,刘利,等. 不同生态条件下栽培方式对水稻干物质生产和产量的影响[J]. 作物学报,2012,38(10):1930-1942.
- [9] 刘立军,薛亚光,孙小淋,等. 水分管理方式对水稻产量和氮肥利

用率的影响[J]. 中国水稻科学,2009,23(3):282-288.

- [10] 马东辉,赵长星,王月福,等. 施氮量和花后土壤含水量对小麦旗叶光合特性和产量的影响[J]. 生态学报,2008,28(10):4896-4901.
- [11] 王唯道,刘小军,田永超,等. 不同土壤水分处理对水稻光合特性及产量的影响[J]. 生态学报,2012,32(22):7053-7060.
- [12] 杨文斌,郝仲勇,王凤新,等. 不同灌水下限对温室茼蒿生长和产量的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(1):94-98.
- [13] 马福生,刘洪禄,吴文勇,等. 不同灌水下限对设施滴灌无土栽培红掌水分利用和生长的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(8):65-70.
- [14] 曾建敏,崔克辉,黄见良,等. 水稻生理生化特性对氮肥的反应及与氮利用效率的关系[J]. 作物学报,2007,33(7):1168-1176.
- [15] 王伟妮,鲁剑巍,何予卿,等. 氮、磷、钾肥对水稻产量、品质及养分吸收利用的影响[J]. 中国水稻科学,2011,25(6):645-653.
- [16] 魏金连,潘晓华,邓强辉. 不同生育阶段夜温升高对双季水稻产量的影响[J]. 应用生态学报,2010,21(2):331-337.
- [17] Biggs P, Srivastava L. ITU Internet reports 2005: the internet of things[M]. Geneva: International Telecommunication Union,2005.
- [18] 陈晓华. 农业信息化概论[M]. 北京:中国农业出版社,2012.
- [19] 杨宏业,张维庭,冯文涛,等. 基于 ZigBee 技术的温室环境监控系统设计与应用[J]. 江苏农业科学,2016,44(9):401-405.
- [20] 李辉,周忠凯,陶建平,等. 基于物联网的温室大棚多点光照度采集与管理系统的实现[J]. 江苏农业科学,2016,44(11):388-391.
- [21] 孙忠富,曹洪太,李洪亮,等. 基于 GPRS 和 WEB 的温室环境信息采集系统的实现[J]. 农业工程学报,2006,22(6):131-134.
- [22] 吕永田,杜克明,孙忠富,等. 温室环境远程监控与诊断管理系统设计[J]. 农业网络信息,2008(9):14-16.
- [23] 赵伟,孙忠富,杜克明,等. 基于 GPRS 和 WEB 的温室远程自动控制系统设计与实现[J]. 微计算机信息,2010,26(31):20-22,11.