

基于物联网的茶树病虫害监测预警系统设计与实现*

赵小娟¹, 叶云^{1*}, 冉耀虎²

(1. 广东轻工职业技术学院生态环境技术学院, 广州 510300; 2. 广州海睿信息科技有限公司, 广州 510663)

摘要:【目的】基于物联网技术的茶树病虫害监测预警系统为农业生产过程病虫害绿色防治工作提供了技术支持, 对提高茶叶品质和产量、保障茶园生态安全具有重要作用。【方法】基于物联网、多媒体、计算机图像识别、GIS等技术设计茶树病虫害监测预警系统, 结合自动虫情灯、自动性诱仪、孢子捕捉仪、智能气象仪、高清摄像机等物联网硬件设备, 实现茶园环境数据、病虫害信息的自动化监测和病虫害信息在地图上的可视化展示, 并通过构建病虫害发生的环境气候模型, 对病虫害发生进行预警。【结果】茶树病虫害监测预警系统在英德市试点茶园进行了应用, 系统软硬件配合良好, 实现了茶园生产环境监测、虫情监测、病虫害预警等功能。【结论】茶树病虫害监测预警系统的应用提高了茶园病虫害防治工作效率, 促进了茶叶产业的经济效益增长和可持续发展。

关键词: 物联网; 茶树; 病虫害; 监测; 预警

DOI: 10.12105/j.issn.1672-0423.20190611

0 引言

广东省英德市是华南茶区之一, 产茶历史悠久。英德红茶以其外形匀称优美、色泽乌黑红润、汤色红艳明亮、香气浓郁纯正等特点, 与云南滇红、安徽祁红并称“中国三大红茶”, 是我国主要的红茶出口品种。“英德红茶”于2006年12月获得国家地理标志产品保护。近年来, 随着英德红茶种植面积的不断扩大及茶树树龄的增加, 加之气候变化的影响, 茶树病虫害日趋严重, 成为制约英德红茶产业可持续发展的问题之一^[1]。

英德地区气候条件温暖高湿, 茶树树冠茂密, 容易发生病虫繁衍和孳生。茶树常发生的虫害主要有黑刺粉虱、茶网蝽、茶小绿叶蝉、茶尺蠖、茶毛虫等; 常见病害主要有炭疽病、茶饼病、茶云纹叶枯病、芽枯病等^[2]。每年因病虫害造成的茶叶产量损失高达10%~20%, 茶树病虫害大面积爆发对茶树造成的危害更为严重^[3-4]。目前茶树病虫害监测技术发展相对比较落后, 仍然以传统的人工巡查为主, 依靠农业专家定时开展田间普查, 监测范围有限, 费时费力, 很难达到对病虫害的实时有效监测和预警。

物联网技术提供了基于网络的物物相连技术, 通过信息传播媒介进行信息交换和通信, 实现智能化识别和管理^[5], 其智能化、实时性等特点为农业生产带来技术变革, 在

收稿日期: 2019-12-10

第一作者简介: 赵小娟 (1986—), 博士、讲师。研究方向: 资源环境监测、农业信息化。Email: 422510302@qq.com

* 通信作者简介: 叶云 (1980—), 博士后、高级工程师。研究方向: 资源环境监测、农业信息化。Email: 13999865@qq.com

* 基金项目: 广东省普通高校毕业生创新创业人才类项目 (2018GKQNCX092); 广东轻工职业技术学院2019年度人才项目 (KYRC2019-006; KYRC2019-010)

农业信息感知、定量决策、智能控制、精准投入、个性化服务等方面都有广泛应用。近年来相关学者开展了物联网技术在农业病虫害防治方面的应用，傅晓耕^[6]通过物联网资源对农业病虫害监控系统进行优化，利用簇间优化机制解决物联网病虫害监控系统中监控点区域路径抖动问题；高磊^[7]基于 ZigBee 与 GPRS 技术，开发虫害传播的昆虫诱捕监测传感器，实现了果园局部区域虫害信息的实时监测；陈令芳等^[8]提出了基于物联网技术的蓝莓病虫害监测预警系统的构想；马菁等^[9]利用现代农业信息技术开展枸杞病虫害监测预警技术研究和应用；易宁等^[10]采用客户 / 服务和浏览器 / 服务器相结合的开发方式，结合地理信息系统，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。目前物联网技术在茶树病虫害监测预警方面的研究还不多见。

文章针对茶树病虫害绿色防治需求，利用物联网技术、计算机图像识别、GIS 等信息技术，开发茶树病虫害监测预警系统，实现基于无线传感器网络的茶园病虫害信息采集、储存、分析和预警，并在英德市试点茶园进行病虫害监测预警应用。

1 系统总体结构

茶树病虫害监测预警系统的总体架构主要包括物联网感知识别层、网络数据层、应用服务层 3 层（图 1）。在感知识别层，系统利用自动虫情灯、自动性诱仪、孢子捕捉仪、智能气象仪等多种传感器设备采集茶园环境、病虫害信息，实现茶树生产环境的实时感知；网络数据层提供了感知层数据的网络的传输、分析和处理；应用服务层通过网站、APP 等为用户提供了环境数据监测、病虫害监测、远程专家诊断等智能监控及管理服务。

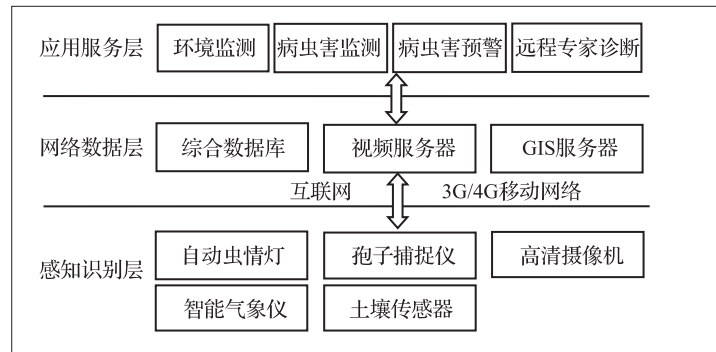


图 1 茶树病虫害监测预警系统总体架构

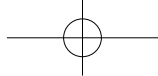
Fig.1 Tea tree pests and disease monitoring and early warning system architecture diagram

1.1 感知识别层

感知识别层利用部署在茶园的各种物联网信息采集终端，对环境信息、病虫害信息等茶园生产信息进行采集和监测。感知识别层集成了虫情监测设备、病菌孢子监测设备、环境监测设备和高清摄像机等物联网信息采集终端设备。

(1) 虫情监测设备

虫情监测设备主要选用自动虫情灯，其工作原理是利用紫外线诱虫灯发出令害虫敏



2019年12月

感的光线, 引诱害虫飞扑撞击玻璃屏、电网击落到杀虫仓, 摄像头按照系统设置定时拍摄杀虫仓内的害虫图片。该系统将从害虫的诱集、分类统计、实时报传、远程检测、虫害预警和防治指导的自动化、智能化方面设计开发虫情监测功能。

(2) 病菌孢子监测设备

病菌孢子监测设备主要采用孢子捕捉仪, 可检测随空气流动、传染的病害病原菌孢子及花粉尘粒, 主要用于监测病害孢子存量及其扩散动态, 为预测和预防病害流行、传染提供可靠数据, 是农业植保部门应当配备的农作物病害检测专用设备。用于监测病害孢子存量及其扩散动态, 可定时清晰拍摄孢子图片, 以 4G 网络上传至云服务器, 监测并分析孢子情况。

(3) 环境监测设备

环境监测设备包括智能气象仪及土壤传感器等, 用于监测茶园空气温湿度、光照强度、降雨量、风速、风向、土壤温湿度、土壤 EC 值等生产环境数据。

(4) 高清摄像机

高清摄像机用于拍摄茶树长势、叶片病虫害侵袭视频和图像, 通过 4G 或宽带网络将田间监测视频和图像传输到云服务器, 实现茶园的远程视频实时监测。

1.2 网络数据层

网络数据层是物联网系统的神经中枢和信息传递、处理层, 包括综合数据库、视频服务器、GIS 服务器等, 用于传递和处理感知层获取的信息。气象数据、病虫害监测数据通过 Lora 协议传输至物联网网关, 网关通过 TCP/IP 协议发送至服务器; 视频图像直接通过宽带网路或 WIFI 上传至视频服务器。综合数据库用于存储和处理环境数据、病虫害数据、茶树病虫害知识信息; 视频服务器是用于以太网实时传输数字音视频的多媒体服务器, 其通过以太网(局域网/广域网)将实时的图像和声音通过网络传输, 实现应用端的访问; GIS 服务器主要用于执行地理信息处理和分析工作。

1.3 应用服务层

茶树病虫害监测预警系统应用服务层通过软件系统向茶农、茶园管理者提供了茶园病虫害监测和管理功能, 以网站、APP 等形式提供了茶园环境数据监测、茶树病虫害监测、远程专家诊断等功能。

2 系统功能

茶树病虫害监测预警系统由环境监测子系统、病虫害监测子系统、病虫害预警子系统和远程专家诊断子系统 4 部分组成, 实现茶树生长环境数据监测分析、病虫害数据统计、病虫害地图可视化展示、病虫害发生气候模拟、病虫害预警、病虫害诊断和监测设备控制等功能。

2.1 环境监测子系统

环境监测子系统利用布置在茶园的智能气象仪及土壤传感器, 自动监测空气温湿度、光照强度、降雨量、风速、风向、土壤温湿度、土壤 EC 值等影响茶树生长及病虫害发生

的关键环境因子，并通过统计图等形式展示。茶园工作人员可通过手机 APP 和电脑 Web 页面实时查看茶园环境监测数据，并根据气象环境数据变化趋势判断病虫害发生的概率情况。

2.2 病虫害监测子系统

病虫害监测子系统主要由虫情监测模块、病菌孢子监测模块和病虫害远程视频监控模块组成，通过物联网信息采集终端采集的虫害、病害以及茶园视频信息，实时监测茶树生长状况。

(1) 虫情监测模块主要实现虫情监测功能。该模块以列表形式展示虫情信息，可查询某一时间段、特定区域的害虫总数、害虫图像及某种害虫的发生数量等情况，并以统计图展示虫情发展变化趋势。此外，该模块还提供了害虫发生区域的专题图制作等功能，在地图上直观显示害虫发生区域及害虫密度，以可视化方式展示茶园虫害发生情况。

(2) 病菌孢子监测模块主要实现了病菌孢子监测数据的展示功能，提供了病菌孢子数量按时间段、监测点位筛选查询，以统计图形式展示病菌孢子数量化发展趋势及不同维度的数据对比。该模块提供了病害发生区域的专题图制作等功能，在地图上直观显示病害发生区域及为害程度，以可视化方式展示茶园病害发生情况。

(3) 病虫害远程视频监控模块包括实时监控、历史视频、图片中心等内容，其中实时监控提供了茶园摄像头的多路画面展示及云台控制功能，实现了远程在线查看茶树植株生长情况及病虫害发生、侵害情况，为工作人员判断病虫害类型及发展程度提供了参考依据。

2.3 病虫害预警子系统

由于病虫害的发生与气候、环境有着密切的关系，在系统上设置茶园空气温湿度、土壤温湿度等环境参数对应病虫害发生的阈值，当环境监测数据超过阈值时，系统发出病虫害发生概率等预警信息。预警信息在 GIS 地图上显示，并通过系统向工作人员及农户自动发送微信、短信进行提醒。另外，茶园工作人员通过查看系统内的环境及病虫害监测数据，可通过人工分析来预测病虫害发生情况，并使用系统预警功能手动发送预警信息给农户等相关人员。

虫害预测方法采用基于环境数据的多元回归分析方法^[11]，从与虫害发生有关的所有数据中选取对茶树病虫害的发生产生重大影响的因素作为自变量，以虫害发生期或发生量作为因变量，利用数理统计方法构建因变量和自变量之间的回归方程式，从而实现预测，多元回归模型为：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_k X_k + \varepsilon \quad (1)$$

式(1)中， Y 为虫害发生程度预测指标， β_n 为回归系数， X_n 为环境数据因子(空气温度、空气湿度、降雨、光照、土壤温度、土壤含水量等)，系统主要针对茶树的常见蛾类虫害进行混合预测分析，不单独针对具体某类虫害。

虫情测报灯以诱杀蛾类为主，通过杀虫次数、害虫图像等数据统计虫情发生情况，虫情测报结果可以反映小区域内的短期虫害发生情况，并进一步与预测结果进行对比。

2.4 远程专家诊断子系统

远程专家诊断子系统提供了向植保专家问诊，由专家通过远程视频查看病虫害情况，实现远程诊断并提供防治方法的功能。茶树病虫害种类繁多，一般工作人员无法准确诊

2019年12月

断和识别病虫害,给茶树病虫害的防治工作造成困难。针对该问题,当工作人员遇到无法识别的病虫害时,病虫害远程专家诊断子系统提供了向植保专家进行远程问诊的功能,通过提出问题并发送病虫害相关照片、视频,由农业植保专家通过系统专家端进行诊断、答复,双方也可建立视频连接进行线上实时对话。

3 应用案例

3.1 系统开发

茶树病虫害监测预警系统采用 B/S 架构、C# 开发语言、Visual Studio 软件开发平台,数据库管理部分采用 MySQL 系统,WebGIS 前端开发技术采用 ArcGIS API for JavaScript,将 ArcGIS Server 上的地图服务嵌入到 Web 应用中。业务层控制器接受用户查看专题地图的请求,从综合数据库中提取环境及病虫害信息,生成并返回 JSON 格式数据,通过 ArcGIS API for JavaScript 实现地图服务的调用,并将环境及病虫害信息叠加到对应空间图层上,最终完成专题地图的动态生成。

3.2 系统应用

茶树病虫害监测预警系统在广东英德某茶业基地进行应用示范,该基地位于广东省英德市,种植面积约 200 hm²,基地处于亚热带向中亚热带的过渡地区,属亚热带季风气候。

3.2.1 设备部署

在示范基地 1、2、3 号茶园各布置自动虫情灯 1 套、孢子捕捉仪 1 套、智能视频气象站 1 套及土壤温湿度传感器 3 组,设备均选自广州海睿信息科技有限公司(图 2)。



图 2 茶树病虫害监测预警系统物联网信息采集终端

Fig.2 IoT monitoring equipments of tea tree pests and disease monitoring and early warning system

(1) 自动虫情灯

选用 HRCQ-ZD18 型号自动虫情测报系统，利用现代光、电、数控技术、无线传输技术、物联网技术、构建害虫生态监测及预警系统。该设备诱集光源为主波长 365 nm、20 W 的黑光灯管，灯管启动时间 ≤ 5 s，供电模块为 320 W 太阳能板、200 A·h 蓄电池，工作功率 ≤ 450 W、待机功率 ≤ 5 W，绝缘电阻 ≥ 2.5 MΩ，灯体尺寸为 650 mm × 650 mm × 2 000 mm，撞击屏互成 120° 角，单屏尺寸长 595 ± 2 mm、宽 213 ± 2 mm、厚 5 mm，配置 800 万像素内置相机，内置 GPS 模块。该设备提供了高清虫体图像采集、识别、计数，采集并上传虫害发生环境数据和地理位置数据，进行害虫图像异常自动分析报警，可以通过远程监测控制设备运行状态。

(2) 孢子捕捉仪

选用 HRBZ-ZD18 型号固定式孢子捕捉仪，该设备符合 GB/T 24689.3 2009 植物保护器械孢子捕捉仪（器）标准，采用 100 W 太阳能板和 76 A·h 蓄电池供电，可设 24 个时间段，材料为镀锌喷塑。设备内置 GPS 模块，可定位站点位置数据，通过无线网络传输将茶树病菌孢子数据及位置等信息传输至云服务器。通过系统远程控制可实现开关机、自动拍照、设置工作时段、设置空气采样时间、查询设备工作状态等功能。

(3) 智能视频气象站

采用 HRQX-HD17S 型号智能气象站，主要由传感器、主控模块、数据采集模块、数据传输模块以及太阳能供电模块组成，可采集空气温湿度、光照强度、降雨量、风速、风向数据，工作环境为 -50~50℃、0~100%RH，整机功耗 1.5 W，供电电源 12 V，防水等级 IP65，支持 4G、WIFI 网络和有线网络的数据传输方式，监测量程及精度如表 1 所示。该气象站支持集成海康威视萤石 C5Si 高清室外网络监控摄像头，该摄像头可支持太阳能供电、4G 移动网络传输、防水防尘，特别适用于农业户外场景，同时具备 1080P 超清拍摄、H.265 高压压缩比视频编码、50 m 夜视等功能，为农业户外监控提供了更好的技术保证。

表 1 智能气象站监测指标量程及精度

Table 1 Range and accuracy of monitoring indicators of intelligent weather stations

传感器监测指标	测量量程	精度
空气温度	-40~105℃	± 0.5℃
空气湿度	0~100%RH	± 2%RH
光照强度	0~65 535 lx	± 10 lx
风速	0~30 m/s	0.5 m/s
风向	16 个方位	10°
降雨量	0~4 mm/min	0~4 mm/min

(4) 土壤传感器

采用 HRTR-1701 型号土壤传感器监测土壤湿度和土壤温度，其中土壤湿度测量量程为 0~100%，精度 ± 3%；土壤温度量程 -40~80℃，精度 ± 0.5℃。

3.2.2 应用结果

茶树病虫害监测预警系统实现了试点茶园环境和茶树病虫害监测数据的采集及综合展示，其环境监测和虫情监测子系统界面如图 3、图 4 所示。工作人员通过统计比较，能

2019年12月

够直观地分析茶树病虫害发生的周期性特点及发展趋势。系统利用 GIS 功能模块生成了茶树病害、虫害发生地图，可清晰展示茶园病虫害分布情况。通过系统设置的超阈值提醒功能和人工发布病虫害预警信息功能，实现了茶树病虫害发生的预警。系统的应用有效提高了茶树病虫害防治工作效率。

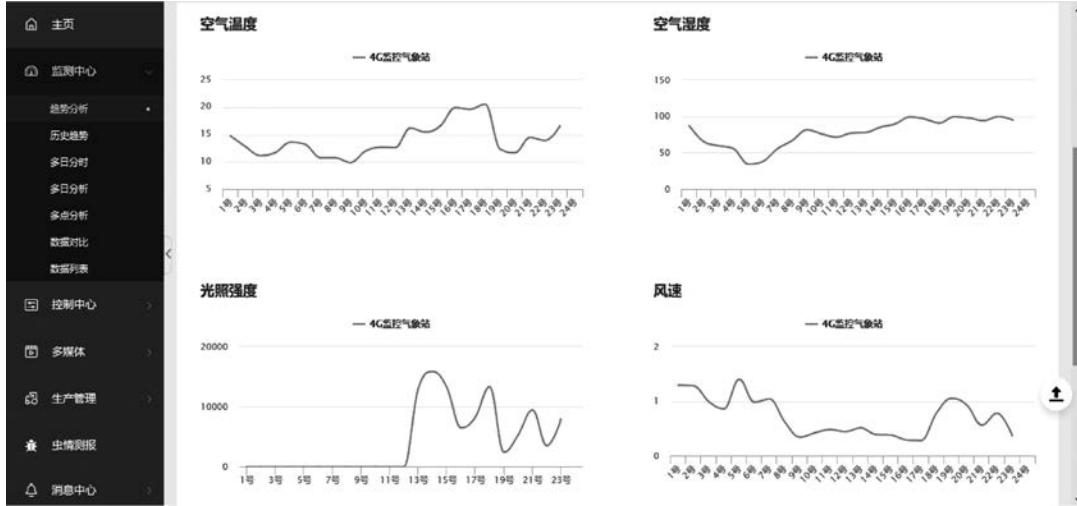


图 3 茶树病虫害监测预警系统环境监测界面

Fig.3 Environmental monitoring interface of the tea tree pests monitoring and early warning system

The figure shows a table titled '历史记录' (Historical Records) with the following data:

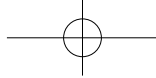
序号	灯管状态	雨控状态	温控状态	倾斜状态	定时(h)	电击次数	温度(°C)	湿度(%)	上报时间
1	正常	正常	正常	正常	4	174	16.6	94.9	2019-12-12 22:12
2	正常	正常	正常	正常	4	172	16.5	93.4	2019-12-12 22:12
3	正常	正常	正常	正常	4	167	16.2	95.6	2019-12-12 21:12
4	正常	正常	正常	正常	4	164	16.2	94.7	2019-12-12 21:12
5	正常	正常	正常	正常	4	161	16.2	92	2019-12-12 20:12
6	正常	正常	正常	正常	4	0	17	88.3	2019-12-12 20:12
7	正常	正常	正常	正常	4	156	16.9	89.9	2019-12-12 20:12
8	正常	正常	正常	正常	4	155	16.5	91.5	2019-12-12 19:12
9	正常	正常	正常	正常	4	154	16.6	91.7	2019-12-12 19:12
10	正常	正常	正常	正常	4	150	16.1	91.8	2019-12-12 19:12

图 4 茶树病虫害监测预警系统虫情监测界面

Fig.4 Pest condition monitoring interface of tea tree pests monitoring and early warning system

4 结论与讨论

基于物联网技术的茶树病虫害监测预警系统的应用，实现了英德市区域性的茶树病



虫害远程自动化监测和预警。病虫害实时监测和预警功能能够帮助工作人员和农户及早采取措施防止病虫害的发生和扩大，减轻茶园工作人员及农户劳动强度，减少农药及其他防治措施的投入，为病虫害防治降本增效，有效地促进了英德市茶叶产业的经济效益增长和可持续发展。

关于系统的后续升级和发展，包括以下几个方面：（1）该系统采用开放式设计，可通过 WebAPI/JSON 完成与第三方平台的数据交互，实现与政府、科研单位系统平台对接，为相关平台提供数据支持，帮助政府及科研部门实现农作物病虫害的监测和预警工作的统一管理。（2）系统设计及应用模式具有可复制及扩展性，可推广应用至其他地区的茶树病虫害监测预警方面。（3）随着人工智能、大数据等技术的不断进步及茶树病虫害知识库的不断完善，系统可进一步升级实现病虫害的精确自动识别功能，并建立更加精准的气候变化、茶树生育阶段与病虫害发生的数据模型，从而实现茶树病虫害的自动识别、智能诊断和智能预警。

参考文献

- [1] 梁天宝. 农产品地理标志品牌价值增长策略选择——以“英德红茶”为例. 农业研究与应用, 2013(1): 27~31.
- [2] 全国农业技术推广服务中心. 茶树主要病虫害防控技术. 农技服务, 2018, 35(3): 41~42.
- [3] 李乔宇, 阮怀军, 王磊, 等. 茶园病虫害智能监测系统设计. 山东农业科学, 2014(4): 12~15.
- [4] 彭萍, 王晓庆, 肖玉华, 等. 茶树病虫害预测预报方法的回顾与展望. 西南农业学报, 2010(5): 1742~1745.
- [5] 马建. 物联网技术概论. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [6] 傅晓耕. 基于物联网技术的现代农业病虫害监控系统设计. 计算机测量与控制, 2018, 26(2): 89~92.
- [7] 高磊. 基于物联网技术的果园虫害信息监测系统设计. 合肥: 安徽大学, 2018.
- [8] 陈令芳, 张姗姗, 张凯, 等. 物联网技术在蓝莓病虫害监测预警中的应用初探. 物联网技术, 2016(7): 95~96.
- [9] 马菁, 张学俭. 物联网技术在宁夏枸杞病虫害监测预警中的应用. 林业调查规划, 2018, 43(6): 77~80.
- [10] 易宁, 刘有珠. 基于物联网的水稻大田智能预警监控系统江苏农业科学. 2018, 46(19): 272~276.
- [11] 海滢, 陈光华. 利用人工神经网络模型预测西北太平洋热带气旋生成频数. 气候与环境研究, 2019, 24(3): 324~332.

Design and implementation of tea tree pests and diseases monitoring and early warning system based on Internet of Things

Zhao Xiaojuan¹, Ye Yun¹, Ran Yaohu²

(1. College of ecological and environmental technology, Guangdong Industry Polytechnic, Guangzhou 510300, China;
2. Guangzhou Hairui Information Technology Co.Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: [Purpose] The tea tree pests and diseases monitoring and early warning system based on the Internet of Things provides technical support for the green prevention and control of pests and diseases in agricultural production process, and plays an important role in improving the quality and yield of tea and ensuring the ecological safety of tea gardens. [Method] Based on the Internet of Things, multimedia, computer image recognition, GIS and other technologies, a tea tree pests and diseases monitoring and early warning system was

2019年12月

designed, and was further combined with automatic insect light, automatic traps, spore capture devices, intelligent weather meters, high-definition cameras and other IoT hardware devices. It realized the functions of automatic monitoring of tea plantation environmental data, monitoring of pests and diseases information, map display of pests and diseases information, and early warning of pest and diseases occurrence by an environmental climate model. [**Result**] The monitoring and early warning system for tea plant diseases and pests was applied in a pilot tea plantation in Yingde City. The software and hardware of the system were well coordinated, and provided the functions of environment monitoring, pests monitoring and pests early warning for the tea garden. [**Conclusion**] The application of tea tree diseases and pests monitoring and early warning system improves the efficiency of controlling tea trees diseases and pests, and promotes the economic benefit growth and sustainable development of the tea industry.

Key words: Internet of Things; tea tree; pests and diseases; monitoring; early warning

欢迎订阅《中国农业信息》

《中国农业信息》(双月刊)由农业农村部主管,中国农学会农业信息分会、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所共同主办,是我国目前全方位传播和刊载国内外农业遥感/农业信息科学领域的信息获取、处理、分析和应用服务的理论、技术、系统集成、标准规范等方面最新进展和成果,促进学术交流以及农业信息学科关键技术与产品的创新研发、集成推广和应用示范的综合性科学技术期刊。

主要刊登农业遥感、农业传感器、农业信息智能处理、精准农业/智慧农业、农业监测预警与信息服务系统、农业物联网、智能装备与控制、虚拟农业、人工智能、信息技术标准等方向学科热点领域的最新、最重要的理论研究和应用成果。主要栏目有:农业遥感、智慧农业、综合研究、农业信息技术、农业物联网、专题报道等。目前被中国知网(CNKI)、万方数据、中文科技期刊数据库、中国核心期刊(遴选)数据库等多家数据库收录。

《中国农业信息》为国内外公开发行的刊物,开本为16开,彩色四封,读者范围广,影响面大,全国各地邮局均有订阅。每双月25号出版,定价为25.00元/册,150元/年。

邮局汇款

收 款 人:《中国农业信息》编辑部

地 址:北京市海淀区中关村南大街12号中国农科院资源所区划楼319

邮 编:100081

银行汇款

开 户 行:农行北京北下关支行

行 号:103100005063

账 号:11050601040011896

单位名称:中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

电 话:(010)82109632

传 真:(010)82109632

E m a i l : nyxxbjb@caas.cn

邮发代号:2-733

投稿网址:www.cjarrp.com