

吕雄杰,刘恒一,王翔宇,等.面向病害预警的设施蔬菜环境监测 Android 系统[J].江苏农业科学,2018,46(11):197-200.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.11.050

面向病害预警的设施蔬菜环境监测 Android 系统

吕雄杰¹,刘恒一²,王翔宇³,王建春¹,徐义鑫¹,钱春阳¹

(1.天津市农业科学院信息研究所,天津 300192; 2.中国农业大学信息与电气工程学院,北京 100083; 3.中国农业大学工学院,北京 100083)

摘要:设施蔬菜在我国已成为一大农业支柱产业,然而病害问题仍时有发生。针对设施蔬菜种植过程中易发生病害的问题,设计一种面向病害预警的设施蔬菜环境监测 Android 系统。为达到预警设施蔬菜病害的目的,以蔬菜病害产生的环境机制为理论基础,以物联网为技术支撑,构建设施蔬菜病害预测模型,通过实时监测环境信息,来完成对蔬菜病害的及时预警。根据病原菌入侵蔬菜时间的长短采用分类预警的方法,并对系统用户实行分级管理,以实现效率最大化,同时由于该系统是安装在手机上的系统,它具有实时、快捷、方便等特点。

关键词:设施蔬菜;病害预警;Android 系统;实时监测;环境机理

中图分类号:S126 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)11-0197-04

随着经济的发展和人们对健康的日益重视,蔬菜已经成为人们日常餐桌上越来越重要的食品。设施农业是一项随着农业现代化及农村种植业结构调整而发展起来的新型产业^[1],如辽宁省朝阳县通过设施农业来突破干旱制约,转变农业增长方式^[2]。随着我国社会的进步,都市型现代农业成为发展的主要方向,设施农业正逐步成为城市郊区蔬菜生产的最重要形式。“菜篮子工程”是我国重大民生工程,其目标为保障食品安全,满足食品高品质及多样化的消费需求。我国是世界上最大的蔬菜生产国和消费国,截至 2010 年年底,我国设施蔬菜种植面积达 466.7 万 hm²,分别占我国设施栽培的 95% 和世界设施园艺 80% 的面积^[3],设施蔬菜已经成为“菜篮子工程”的重要支柱产业之一。

蔬菜在栽培过程中因受到环境胁迫以及微生物、病毒、细菌等影响会产生各种病害,造成其品质下降,影响其质量和经济效益,造成难以估量的损失。如连作导致土壤障碍发生,使土壤发生了理化性质的改变,高温高湿或低温高湿以及通风不畅为病原菌的孳生创造了有利条件。设施蔬菜栽培通常在温室或大棚中进行,其生长会受到温室环境条件的影响,而温室虽然提供了一个适合蔬菜生长的环境,但由于温室独特的生态环境也造成了生态系统的不稳定。研究表明,大棚、温室中的有害细菌、真菌等病原菌的数量均大于露地^[4],因此使蔬菜病虫害发生的概率大为增加。温室蔬菜病害预警是保护温室生态环境和蔬菜质量安全的重要途径^[5]。蔬菜病害是制约蔬菜产业发展的重要因素之一^[6],如 2008 年重庆市番茄煤霉病迅速暴发导致损失严重^[7],2005—2006 年新疆地区出现的根腐病给农民造成了巨大的损失^[8]。

近年来农业专家系统也获得了长足的进步,并被广泛应

用到农业生产管理的许多方面。冯圣东等研究了蔬菜土壤的安全环境^[9];代秀莲等从农业防治、物理防治、化学防治等方面提出具体的防治对策^[10];纪恩琪等用学习向量量化神经网络、BP 神经网络等算法来构建设施蔬菜病害静态预警模型^[11];柏立新等对棉铃虫灾害与我国农区水体进行分级确定预警等级^[12-13];于合龙等设计出基于 ZigBee 网络的人参生长监测及环境关系敏感型病害自动化预警系统^[14];康晓慧等研究 3 种时间序列分析模型对水稻稻瘟病的预测效果,为该病害的预测提供参考^[15];陆军等通过对河蟹病害的流行和发生进行监测,在河蟹生态养殖过程中开展病害防控工作^[16];李毅等用臭氧对病虫害进行防治^[17];徐婉莉从空间、地面、地下等 3 个方面构建立体的无害化治理生态模式管理^[18];冯渊博等从农业、化学、生物、物理等不同方面总结绿色防控技术^[19]及基于神经网络的营养液自适应灌溉控制等方法^[20]对设施蔬菜病害进行防治。

设施栽培所造就的独特环境是引起设施蔬菜病害发生与流行的一个重要因素,如何根据设施环境的变化来完善设施蔬菜的病害预警,是一个急须解决的问题。以蔬菜病害产生的环境机制为理论基础,以物联网为技术支撑,构建适当的预测模型,通过实时监测环境信息来完成对蔬菜病害的及时预警。之前有 Web 形式的病害预警系统^[21],但随着智能手机普及率的提高,基于 Android 系统面向病害的设施蔬菜环境监测系统的设计与开发也能对农业专家系统技术应用的普及起到良好的推进作用。

1 系统设计

1.1 系统总体设计

面向病害预警的设施蔬菜环境监测系统(Android 版)的开发环境包括软件和硬件 2 个部分。其中,硬件环境已经在本项目的实践基地——通州基地搭建好,因此本研究主要负责软件环境的开发。系统开发的软件环境包括开发时所用操作系统、数据库、系统代码开发和调试工具等,本研究选用 Java 作为开发语言,该语言的优点在于其跨平台性,在编写成功后,可以方便地在各个平台运行,使得系统移植与平台变迁

收稿日期:2017-09-28

基金项目:天津市科技支撑计划(编号:15ZCZDNC00120);北京市级大学生创新训练项目(编号:2017bj069);青年科研人员创新研究与实验项目(编号:2018006、2018009)。

作者简介:吕雄杰(1977—),男,湖北武汉人,硕士,副研究员,主要从事农业信息技术应用研究。Tel:(022)23678610;E-mail:lvxiongjie@126.com。

更加便捷。语言运行环境为运行于 Windows 7 64 bit 操作系统上的 Java 语言工具开发包 (Java development kit, 简称 JDK) 1.6 64 位版本。开发时的集成开发环境为集成开发环境 (integrated development environment, 简称 IDE): Eclipse 3.4 和安卓开发插件 for Eclipse [抽象数据类型 (abstract data type, 简称 ADT)], 安卓开发库为 Android 软件开发工具包 (software development kit, 简称 SDK), 包含 Android 1.5 以上版本的类库和 Android 运行虚拟设备 (Android virtual device, 简称 AVD) 模拟器。本系统采用 Oracle 进行数据库的设计, 主要由于 Oracle 数据库处理数据速度快且安全级别高, 能支持快闪及完美恢复。

1.2 系统功能模块设计

通过对系统业务、功能、性能、运行等方面的需求分析, 以及对用户角色的定义, 本系统的操作流程如图 1 所示。

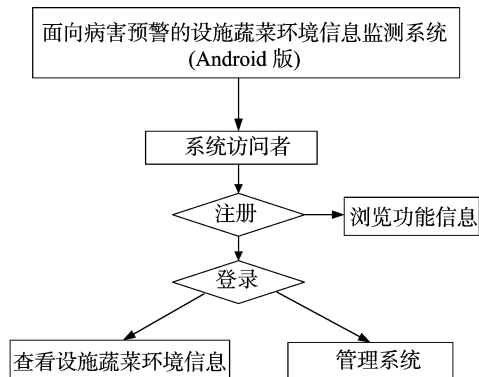


图1 系统流程

根据系统所需实现的功能, 具体的系统模块 (界面) 由以下部分组成: (1) 主界面, 用于显示系统名称; (2) 注册登录界面, 用于用户注册账号或登录系统; (3) 实时监控界面, 用于实时监控温室内的空气温湿度、土壤温湿度、二氧化碳浓度、光照度等环境指标; (4) 短信报警界面, 用于环境预警, 当温室环境超出所设定的监测阈值时, 系统将自动给用户发送预警短信; (5) 远程控制界面, 用于对温室内的相关设备 (补光灯、增氧机等) 进行远程操控; (6) 历史数据界面, 用于访问历史数据, 如空气温湿度数据等; (7) 系统管理界面, 用于管理用户信息、监测信息以及病害信息等基础数据。

虽然设施蔬菜作物生长周期短, 但设施内高温高湿环境常导致蔬菜病害多发, 且在生产过程中空间分布广、管理难度大, 这对面病害预警的设施蔬菜环境信息监测系统的时效性提出了较高的要求。如以上分析所述, 为了使环境信息及时有效, 系统生产部分的分工一定要细致, 本研究首先在理论分析的基础上对用户角色权限进行划分, 并依此进行用户角度的需求分析。

在本系统中, 用户权限共被划分为 4 个级别, 分别是游客、普通用户、高级用户、系统管理员。各级用户的权限及需求分析如下: 游客为本系统生产活动以外的用户, 主要事务是通过面向病害预警的设施蔬菜环境信息监测系统查询设施蔬菜生产过程中产生的历史数据。普通用户具有生产系统最基本的权限, 在游客权限的基础上, 除了可以登录修改密码之外, 还可以直接登录系统查看当前监测系统的各类环境信息的汇总, 包括空气温湿度、土壤水分含量、土壤温度、二氧化碳

浓度、太阳辐射强度的相关参数, 但并不具有设置短信报警与修改远程控制参数的权限。高级用户是参与整个设施蔬菜生产流程的管理者, 其主要权限和职责在于设置短信报警与修改远程控制参数实现对设施蔬菜环境信息的监测, 以及对设施蔬菜种植环境的管理。系统管理员是整个系统的最高级别管理者, 拥有系统全部功能的权限。除了上述各级用户的功能以外, 系统管理员的最高权限还体现在系统的数据管理上。系统管理员要负责维护系统运行必需的基础数据, 包括地块信息、病害信息、监测系统信息、农户信息以及所有采集到的环境信息。这些基础数据有效安全是系统稳定运行的首要条件, 因此这些重要数据的维护权限不能下放给各级管理者, 要由最高级别的系统管理员统一维护。另外, 系统管理员还要负责系统的用户管理和各用户的角色权限管理。

Android 版的面向病害预警的设施蔬菜环境监测系统充分利用其手机的便携性和移动性来查询设施蔬菜种植环境的基本信息, 管理设施蔬菜种植环境的相关参数并实时反馈设施蔬菜的种植情况, 有效防治病虫害的发生。为了实现面向病害的设施蔬菜环境信息的监测, 手机端软件主要有用户登录、短信报警、远程控制、查看历史数据、系统管理等功能, 由这些功能构成的手机端使用人员用例图 (用例图是由参与者、用例、边界以及它们之间的关系构成的用于描述系统功能的视图) 如图 2 所示。

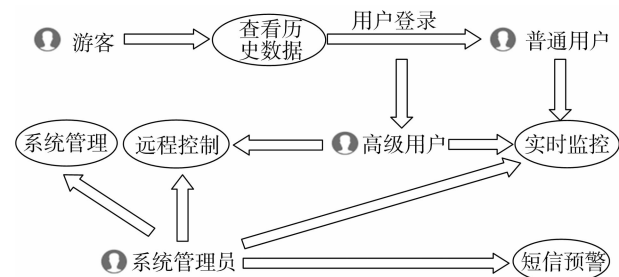


图2 手机端使用人员用例图

用户登录: 专门供用户登录的登录界面。用户在该界面可以输入用户名及密码, 为保证机密性, 其中密码输入时会以星号显示, 用户若要点击发送则须要对用户名和密码进行规范性检查, 不能为空格且不能含有特殊字符, 在发送时密码会进行加密。将用户名发送到后台服务器后, 服务器要查询数据库进行认证, 若认证通过, 就会返回用户的用户级别, 接下来手机端软件根据用户级别开放与其相对应的功能, 实现权限控制。

实时监控: 该功能对普通用户及以上权限的用户开放, 用户可以实时查看不同温室的环境信息, 包括空气湿度、空气温度、土壤水分、二氧化碳浓度及光照度等, 且可以选择不同的摄像头以及采集点查看种植情况。

短信报警: 该功能的设置仅对高级用户及以上权限的用户开放, 用户可以设置环境信息异常值, 当实际环境信息处于异常值范围时, 服务器端自动向手机端发送信息实现报警。此外, 当在设施蔬菜环境中监测到病斑现象后, 服务器会自动向手机端发送信息 (包括病害植株的图像) 实现报警。

远程控制: 该功能的设置仅对高级用户及以上权限的用户开放, 用户根据实时监控反馈的环境信息, 远程操控设备增氧机、卷帘门、灯光的参数, 改变环境参数, 控制设施蔬菜的栽

培环境维持稳定。

历史数据:用户可以请求查询数据库中种植蔬菜在某一阶段中的环境信息与栽培情况的影像,通过发送查询请求到服务器,服务器在对数据库进行查询后将结果返回到手机端,用户可以在手机端查看并保存相关数据。

系统管理:系统管理员负责维护系统运行必需的基础数据,并对数据实行统一维护,为确保数据安全,维护权限不下放给各级管理者,系统管理员还要负责系统的用户管理和各用户的角色权限管理等工作。

1.3 核心算法模型设计

1.3.1 环境监测指标的确立 蔬菜病害的发生与环境有着密切关系,不同蔬菜具有不同的生活习性,受环境的影响不同,本研究的系统主要通过查阅文献及实地调研来确定这些环境因子。根据所确定的环境因素,利用采样时间间隔为 10 min 的传感器采集数据,并计算该环境因素每小时的平均值。对于某个环境因素,传感器每小时采集 6 个数据,计算其平均值,公式如下:

$$\bar{X} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 x_i (i=1, 2, \dots, 6)。$$

式中: \bar{X} 为某个环境因素(如空气温度、空气湿度等)每小时的平均值; x_i 为每隔 10 min 传感器所采集的环境数据。

同样利用采样时间间隔为 10 min 的传感器采集的数据来计算该环境因素在 1 d 中的最大值、最小值、平均值。1 d 共采集空气温度数据和空气相对湿度数据各 144 个,对 1 d 所采集的所有数据进行统计分析,得出该环境因素每天的最大值(X_{\max})、最小值(X_{\min})、平均值(X_{mean})。

1.3.2 预警类别的确定 由于蔬菜病害是在适当环境下由病原菌侵染引起的,病原包括细菌、病毒、真菌等,不同病原菌在不同环境下完成侵染的时间也是不同的。根据病原菌入侵蔬菜时间的长短,分别采用即时预警、积时预警、短期预警结合的分类预警方法进行预警。

(1)即时预警:病毒、细菌在适当条件下可以迅速侵入植物,需要的时间极短,数分钟内即可完成,因此对于由病毒和细菌引起的蔬菜病害进行即时预警,即当环境条件达到细菌、病毒适合侵染的环境阈值时,立刻进行预警。

(2)积时预警:真菌侵染植物时,孢子在适当的环境条件下须要萌发并生长出芽管才可以对蔬菜进行侵染,一般为 3~6 h,很少超过 1 d,因此对于由真菌引发的病害进行积时预警,即根据每种真菌侵染时间的不同,连续统计每小时的环境数据,若这些环境数据在持续一段时间(若干小时)内均在易引发真菌病害的环境阈值之内时,则进行积时预警。

(3)短期预警:病原菌一旦完成侵染,则会进入潜育期,

潜育期是病原侵入寄主到出现病症的一段时期,潜育期的长短与蔬菜的抗性 & 环境条件有关,抗性强的蔬菜,其潜育期较长,有可能最终并不表现出病害,对于不同病原和不同蔬菜,潜育期的时间也不同,一般为 3~15 d,因此对于已进入潜育期的蔬菜,通过短期预警来完成病害情况的监测与预报,即根据历史环境数据来预测第 2 天的环境数据,若预测结果在易引发蔬菜病害的环境阈值范围内,则进行短期预警。

无论是积时预警还是短期预警,本着预警的原则,预警须要提前进行,因此选择 3 h 作为积时预警的时限,选择 1 d 作为短期预警的时限。对于短期预警,须要预测第 2 天的环境条件来为蔬菜病害预警作指导,其中短期预警通过支持向量机算法来完成对第 2 天环境条件的预测。

设 $x_k(i)$ 为预测样本集,其中 k 表示环境指标,如空气温度的最大值、空气温度的最小值等; i 表示日期,即数据采集的日期。考虑到各个预报因子之间的量纲有较大差异,因此对样本的各个因子分别做归一化处理,在本研究中则采用 min-max 归一化的方法,使各因子归一化后的数据均落入 $[0, 1]$ 区间内,以消除量纲不同的影响,归一化表达式为

$$x'_k(i) = \frac{x_k(i) - \min[x_k(i)]}{\max[x_k(i)] - \min[x_k(i)]}。$$

式中: $\max[x_k(i)]$ 、 $\min[x_k(i)]$ 分别表示第 k 个环境指标的最大值、最小值。

本研究选用径向基函数作为核函数来建立模型,径向基函数形式为

$$K(X, Y) = \exp[-g \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2];$$

则预测模型为

$$Y = \sum_{i=1}^p (\alpha_i - \alpha_i^*) \exp[-g \cdot \sum_{i=1}^p (x_i - y_i^2)] + b。$$

式中: Y 为预测值; p 为支持向量数; α_i 、 α_i^* 均为拉格朗日乘子; g 为核参数; x_i 为预测样本集中的环境指标组成的样本向量; y_i 为所要预测的环境指标的样本向量; b 为偏置系数。

根据实时采集的数据,并结合蔬菜的病害种类以及病害发生的环境条件,来判断环境条件满足哪一类预警,若满足相应类别的预警,则进行报警。即时预警、积时预警、短期预警这 3 种类别预警的先后顺序是不必限制的,在具体实践中可以根据需要灵活调整即时预警、积时预警以及短期预警的顺序,以达到更好的预警效果。具体情况如图 3 所示。

2 系统实现

2.1 系统硬件与软件平台

2.1.1 硬件平台 服务器类型:5 U 塔式;中央处理器型号:至强 Xeon MP E7-3402,处理器频率:400 MHz;标配:中央处

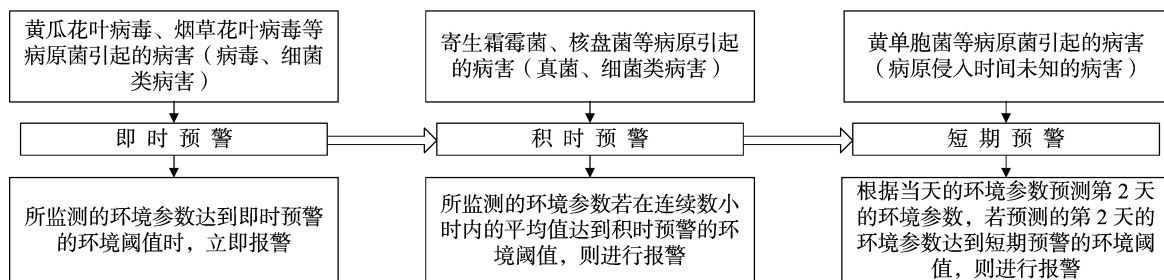


图3 预警方法

处理器数/最大支持数为 4/4;内存标准/最大:48 GB/48 GB PC2—5300 全缓冲双列直插式存储模块(DDR2-667,双倍速率同步动态随机存储器);硬盘类型/个数:14 GB 串行连接 SCSI 接口/最高可支持 6 块 3.5 寸热插拔硬盘;网络:集成双千兆以太网接口;推荐惠普 ProLiant DL580 G5 机架式服务器

2.5.2 支持软件。

2.1.2 软件平台

选用 Java 作为开发语言,语言运行环境为运行于 Windows 7 64 bit 操作系统上的 JDK1.6 64 位版本;集成开发环境为 IDE:Eclipse 3.4 和安卓开发插件 for Eclipse (ADT);安卓开发库:Android SDK (包含 Android 1.5 以上版本的



图4 初始界面



图5 功能界面

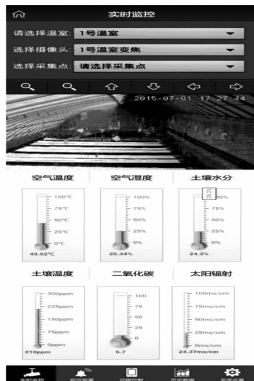


图6 实时监控界面

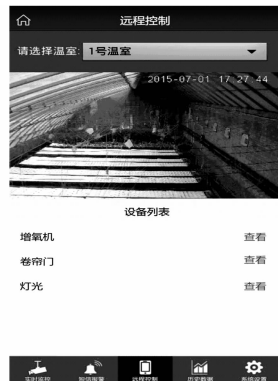


图7 远程控制界面

3 结论

通过查阅文献及实地调研来确定影响设施蔬菜的环境因子,选用径向基函数作为核函数来建立模型,从而建立预警模型。根据实时采集的数据,并结合蔬菜的病害种类以及病害发生的环境条件,来判断环境条件满足哪一类预警。可通过灵活调整 3 种预警类别的顺序,达到更好的预警效果。本系统在开发时的集成开发环境为 IDE:Eclipse 3.4 和安卓开发插件 for Eclipse (ADT),安卓开发库为 Android SDK (包含 Android 1.5 以上版本的类库和 AVD 模拟器)。本系统采用 Oracle 进行数据库的设计,主要由于 Oracle 数据库处理数据速度快且安全级别高,能支持快闪及完美恢复。对用户实行分类可提高效率,总体来说,系统具有安全简洁、实用的特点,具有较高的应用前景。

参考文献:

- [1] 张英,穆楠,张雪清. 国外设施农业的发展现状与趋势[J]. 农业与技术,2008,28(2):123-125.
- [2] 辛宗绪. 辽宁省朝阳县设施农业发展对策研究[D]. 北京:中国农业科学院,2012.
- [3] 喻景权. “十一五”我国设施蔬菜生产和科技进展及其展望[J]. 中国蔬菜,2011(2):11-23.
- [4] 赵彦杰. 中国北方设施蔬菜病害调查及其新病害的发现与研究[D]. 北京:中国农业科学院,2009.
- [5] 李明,赵春江,杨信廷,等. 温室蔬菜病害预警体系初探——以黄瓜霜霉病为例[J]. 中国农学通报,2010,26(6):324-331.
- [6] 周艳芳. 蔬菜真菌病害的调查研究与新病害的发现[D]. 北京:中国农业科学院,2011.
- [7] 杨琦凤,尹贤贵,潘光辉,等. 重庆地区番茄煤霉病的发生与防治[J]. 南方农业,2008,2(9):30-31.

类库和 AVD 模拟器),本系统采用 Oracle 进行数据库的设计。

2.2 系统界面

点开应用程序(application,简称 app)后显示系统初始界面(图4),进入系统后,显示功能界面(图5),包括实时监控、短信报警、远程控制、历史数据、系统管理等功能,其中实时监控功能包括空气温湿度、土壤水分含量、土壤温度、二氧化碳浓度、太阳辐射指标的实时监控状况;选择要观察的温室、摄像头、采集点则会在手机界面上看到现场图像(图6)。选择温室进行远程控制功能,包括增氧机、卷帘门、灯光等,能看到现场图像(图7)。

- [8] 周黎,李国英,丁建军. 新疆加工番茄根腐病原的分离和鉴定[J]. 新疆农业科学,2008,45(1):130-134.
- [9] 冯圣东,贾海滨,张雪娜,等. 两种设施蔬菜土壤重金属与 TOC 的预测模型及环境预警值[J]. 安全与环境学报,2016,16(2):329-333.
- [10] 代秀莲,刘琴,申璐岚. 设施蔬菜烟粉虱的发生及预警防控措施[J]. 中国园艺文摘,2015(3):185,220.
- [11] 纪思琪,吴芳. 基于神经网络的蔬菜病害静态预警模型[J]. 电脑知识与技术,2016,12(10):189-191.
- [12] 柏立新,孙以文. 棉铃虫灾变监测预警指标体系及其风险等级研究[J]. 棉花学报,2002,14(2):99-103.
- [13] 王立刚,王迎春,邱建军,等. 中国农区水体环境质量预警体系构建的研究[J]. 农业工程学报,2008,24(5):217-220.
- [14] 于合龙,丁民权,黄浦,等. 基于 ZigBee 网络的人参生长监测及病害预警[J]. 吉林农业大学学报,2017,39(1):120-126.
- [15] 康晓慧,陈浩,张梅. 3 种时间序列分析模型在水稻稻瘟病预测中的应用[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2011,39(6):173-177,184.
- [16] 陆军,董娟,冯子慧. 河蟹生态养殖病害预警系统设计和实现[J]. 农业网络信息,2017(5):63-66.
- [17] 李毅,李英梅,张淑莲,等. 臭氧对设施蔬菜病虫害的应用效果[J]. 农业工程,2012,2(增刊1):31-34.
- [18] 徐婉莉. 温州地区设施栽培蔬菜病虫害调查及三个主要病虫害的防治试验[D]. 南京:南京农业大学,2012.
- [19] 冯渊博,徐进,张涛,等. 西安市设施蔬菜病虫害发生特点及绿色防控技术[J]. 现代农业科技,2011(16):142-143.
- [20] 袁洪波. 日光温室封闭式栽培系统关键技术研究[D]. 北京:中国农业大学,2015.
- [21] 孙敏,罗卫红,冯万利,等. 基于 Web 的设施蔬菜作物病害诊断与防治管理专家系统[J]. 南京农业大学学报,2014,37(2):7-14.