宁夏枸杞病虫害监测与预警系统研究

李小文[1]， 马 菁[2]， 海云瑞[2]， 周 恒[1]

（1. 北京师范大学地理科学学部资源学院，北京 100875；
2. 宁夏农林科学院农业经济与信息技术研究所，银川 750002）

摘要 依托地理信息系统(GIS)、遥感(RS)、全球定位系统(GPS)、物联网(TOI)、移动互联网、数据库等现代农业信息技术，研发宁夏枸杞病虫害网络化监测预警系统。系统可以利用智能终端传感器采集病虫害数据，并通过 GPS 进行定位，再通过网络将数据传输到服务端，在此进行数据整合分析，实现了对宁夏枸杞空间分布精准化和可视化管理、病虫害实时动态监测与早期预警，对枸杞病虫害监测预警形成现代化的网络一体管理支持，实现了枸杞病虫害发生的“早预防，早发现，早防治”，保证枸杞的生产安全。

关键词 枸杞； 病虫害监测； 信息系统； GIS

中图分类号： S 431.9 **文献标识码**： A **DOI**： 10.16688/j.zwbh.2017115

Monitoring and early warning system for Ningxia wolfberry pests and diseases

LI Xiaowen[1]， MA Jing[2]， HAI Yunrui[2]， ZHOU Heng[1]

（1. *College of Natural Resources*, *Beijing Normal University*, *Beijing* 100875, *China*; 2. *Institute of Agricultural Economy and Information Technology*, *Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Sciences*, *Yinchuan* 750002, *China*）

Abstract The networking monitoring and early warning system for Ningxia wolfberry pests and diseases was researched and developed based on geographic information system (GIS), remote sensing (RS), global positioning system (GPS), internet of things (TOI), mobile internet, database and other modern agricultural information technologies. The system could use intelligent terminal sensors to collect pest data and locate them by the GPS, then transmit the data to the server by network. The system integrated and analyzed all the data. The system could provide accurate and visible management of the spatial distribution for Ningxia wolfberry, and realize the dynamic monitoring and early warning. Based on the monitoring and early warning of wolfberry pests and diseases, the system can provide support for the development of modern networking management. The system realized early prevention, early detection and early control of wolfberry pests and diseases, and thus ensure the safety of wolfberry production.

Key words wolfberry; pests and diseases monitoring; information system; GIS

宁夏位于中国中部偏北，处在黄河中上游地区及沙漠与黄土高原的交界地带，地处我国地质、地貌“南北中轴”的北段，在华北台块、阿拉善台块与祁连山褶皱之间。枸杞是宁夏特产，是唯一用宁夏区域名称命名的道地珍贵中药材，宁夏枸杞多糖含量高达 8%，是其他产区枸杞的 2.7～4 倍[1]，枸杞因其果实鲜红美丽被称为“宁夏五宝”中的红宝，是宁夏的地理标志保护产品，枸杞产业是宁夏六大支柱产业之一，在宁夏农村经济中占有重要地位。2015 年宁夏枸杞产量已经达到 8.7 万 t，较上年增长 2.4%[2]，枸杞产量年成与当地广大农民的收入息息相关。目前对宁夏枸杞影响最大的因素有两个，第一是气候，第二就是病虫害。在枸杞的生产过程中，病虫害严重影响到了宁夏枸杞的产量与质量。从 20 世纪 90 年代末到 21 世纪初，枸杞病虫害主要以枸杞蚜虫、锈螨、木虱、实蝇为主，枸杞病害有根腐病、炭疽病零星发生[3]。近年来枸杞病虫害种类增多，危害程度呈加重趋势，病虫害的防控难度大大提高，及时、准确地检测病虫害的发生时间和发生程度是采取防治措施的基础。

从总体来看，病虫害监测与预警技术的研发及应

收稿日期： 2017 - 03 - 30 **修订日期**： 2017 - 04 - 28
联系方式 E-mail: blagg@163.com

用工作存在一个“数据采集、数据报送与管理、数据处理与预报、信息发布”的过程[4-7]。长期以来，各职能部门对枸杞病虫害的发生进行了系统监测，积累了大量资料，这些资料对于枸杞病虫害的监测预报发挥了重要作用。采用飞速发展的现代信息化技术来加强和完善枸杞病虫害监测和预报成为一种必然趋势。

国外农作物病虫害数字化监测预警网络体系已比较健全，国内这方面虽然起步较晚，与国外有差距，但近年来奋起直追[8-13]，多个农作物病虫害信息监测预警项目已初步建成。宁夏枸杞病虫害监测与预警系统依托地理信息系统(GIS)、遥感(RS)、全球定位系统(GPS)、物联网(TOI)、移动互联网、数据库等现代农业信息技术，主要内容包括枸杞病虫害监测预警信息平台建立、枸杞种植区域数据库建设、枸杞病虫害智能移动采集系统研发、枸杞病虫害监测发布系统研发；系统实现宁夏枸杞空间分布精准化和可视化管理、病虫害定位无线网络化采集、病虫害实时动态监测与早期预警，对枸杞病虫害监测预警形成现代化的网络一体管理支持，从而实现了枸杞病虫害发生的“早预防，早发现，早防治”，保证枸杞病虫害监测预报和及时发布，做好枸杞病虫害监测防治工作，为宁夏枸杞产业持续健康稳定发展提供有力的保障。

1 系统设计与开发

1.1 总体框架结构

根据宁夏枸杞病虫害监测与预警的需要，依托宁夏枸杞病虫害监测管理技术规范和工作流程，采用面向服务架构(SOA)，对系统分层设计，建立 5 个层次，包括基础软硬件环境层、数据层、服务层、应用层、用户层。系统总体框架结构如图 1 所示。

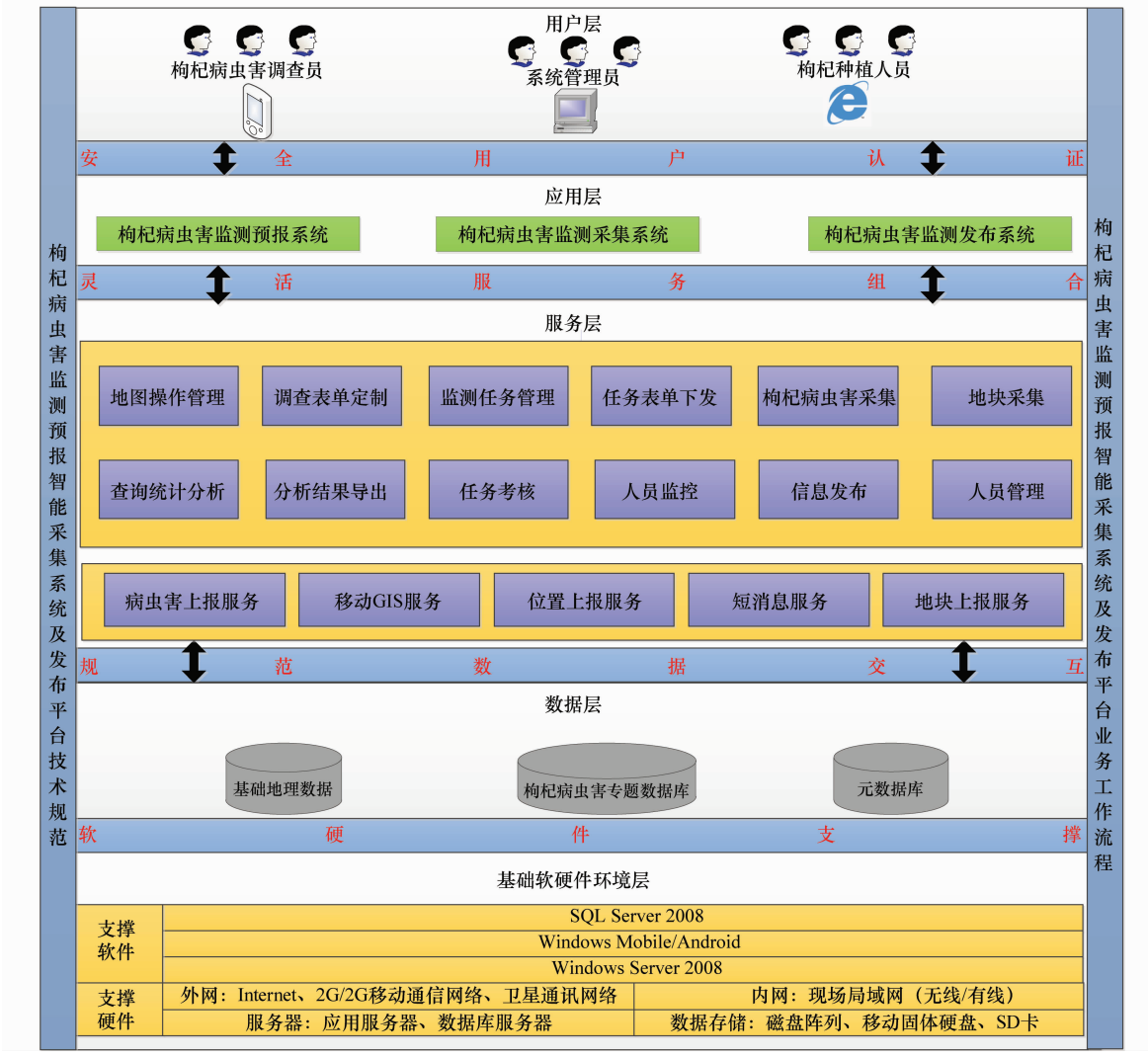


图 1 系统总体框架

Fig. 1 Overall framework of the system

1.1.1 用户层

根据业务需求分析,从使用环境上,用户分为系统管理员、枸杞病虫害监测员、枸杞种植人员三类。第一类用户系统管理员负责通过系统管理整个枸杞病虫害监测、预报、发布的全部流程,是系统的核心用户;第二类用户是枸杞病虫害监测员,负责在枸杞种植园区采集枸杞病虫害发生的监测信息,并上报到枸杞病虫害监测预报系统中,这类用户是系统业务数据的来源。每个枸杞病虫害监测员负责 10 个监测网点,大约 130 hm^2 的监测面积。大多是具备一定农业知识的人员,他们具有较为丰富的枸杞种植和病虫害防治经验。在每年的病虫害测报期之前,省市县农业技术推广单位会组织枸杞种植专家和研究人员对所有监测员进行培训,传授枸杞主要病虫害识别方法、发生规律和调查采集方法,发送纸质和电子培训材料。丰富的经验积累和专业的培训保证所有枸杞病虫害监测员能够很好地完成病虫害识别和信息采集;第三类用户是枸杞种植人员,这类用户浏览枸杞病虫害监测预报信息发布网站,获取枸杞病虫害监测预报信息,指导枸杞生产。为了保证系统和数据的安全,枸杞病虫害监测预报系统、枸杞病虫害监测采集系统及枸杞病虫害监测发布系统建设了统一用户认证与授权体系,所有用户访问系统,都必须先通过系统的严格认证,符合要求的用户才可以访问到系统的功能和数据。

1.1.2 应用层

应用层体现为系统中建成的三个应用系统,通过对服务的组合调用,分别对系统各个功能模块再统一整合,实现枸杞病虫害“早预防,早发现,早防治”的业务目标,进而满足用户层不同用户的需求。

枸杞病虫害监测预报系统是核心系统,负责整个监测预报流程,从枸杞病虫害监测表单的定制到枸杞病虫害监测数据的专家模型统计分析以及最终分析数据的导出。

枸杞病虫害监测采集系统是系统业务数据的来源,负责采集不同枸杞病虫害(包括枸杞蚜虫、负泥虫、木虱瘿螨、锈螨、蓟马等)监测数据,将数据在线上报到枸杞病虫害监测预报系统中。调查员通过采集系统定位、采集各种枸杞病虫害数据、上报定位信息,采集系统以 APP 的形式部署在手持智能设备上。

枸杞病虫害监测发布系统是面向枸杞种植人员和公众的信息发布平台,通过监测预报系统得到枸杞病虫害监测预报相关的数据、图表,在发布系统中将数据和图表进行发布,广大枸杞种植人员通过浏览器以网页的形式访问。

1.1.3 服务层

服务层是枸杞病虫害监测与预警系统及平台的核心,根据系统设计的需要,将服务层分为基础服务和应用服务两层。基础服务为系统提供公共服务支持,服务便于扩展;应用服务是在基础服务之上根据业务需求对系统用户提供的应用功能支持,主要目的是通过灵活的功能组合实现多样的业务目标。

1.1.3.1 基础服务

基础服务为应用服务提供公共服务支持,其特点是功能相当独立,便于扩展。本系统的基础服务主要包括:病虫害上报服务、移动 GIS 服务、位置上报服务、短消息服务。

病虫害上报服务为调查员采集的枸杞蚜虫、木虱、负泥虫等枸杞病虫害监测数据提供一整套标准的上报服务接口,部署在智能设备上的枸杞病虫害监测采集系统调用病虫害上报服务将监测的数据上报到系统数据库中。病虫害上报服务采用标准化接口,支持对不同枸杞病虫害种类的扩展。

移动 GIS 服务主要提供移动终端地图数据的可视化、移动数据采集、GPS 个人定位等与移动终端相关的工作。

位置上报服务以提供标准化接口规范提供的 GPS 定位位置上报服务,监测采集系统通过位置上报服务将 GPS 定位位置上报到系统中。

短消息服务主要提供短信息支持,将通知或任务要求以短信息的方式通知到现场各终端调查仪。

1.1.3.2 应用服务

根据业务需求,应用服务可以抽象为多个应用服务:

(1) 地图操作管理:提供地理信息地图数据和枸杞病虫害业务数据的显示、操作、选择和量算、删除等功能;

(2) 调查表单定制:提供枸杞病虫害监测表单的制作和管理功能,管理定制枸杞蚜虫、负泥虫、瘿螨、锈螨、蓟马、炭疽病、白粉病等病虫害的监测表单和属性信息和约束条件;

(3) 监测任务管理:提供枸杞病虫害监测任务的增加、删除和修改功能;

(4) 任务表单下发通知:提供监测任务及表单的

下发功能，并实现向终端调查仪发送任务短信通知；

（5）枸杞病虫害采集：提供枸杞病虫害监测信息的采集，包括采集位置点的 GPS 定位信息，病虫害的发生情况调查、调查时间记录、病虫害照片拍摄等功能；

（6）查询统计分析：提供枸杞蚜虫、负泥虫、瘿螨、锈螨、蓟马、炭疽病、白粉病等各类常见病虫害统计分析，根据用户需要供高级定义查询功能，提供专家模型分析监测数据，提供病虫害照片查询与显示，辅助监测预报；

（7）分析结果导出：统计分析结果以表格、图片等多样式展示和提供 Excel、图片等多形式导出保存；

（8）任务考核：以按区域、按人员、按表单等多种形式统计调查员采集数据的情况，考核调查员完成工作的进度和质量；

（9）信息发布：将监测预报系统分析出的枸杞病虫害监测预报信息和枸杞种植百科文化等信息以网页的形式进行发布；

（10）人员管理：提供系统用户和枸杞病虫害调查员信息的增加、删除、修改批量导入等管理功能。

1.1.4 数据层

数据层是为整个系统提供数据支撑，主要对接服务层，主要包括基础地理数据、枸杞病虫害专题数据、元数据这三大类数据。基础地理数据主要是宁夏枸杞种植片区的基础地理数据、枸杞种植区划数据。枸杞病虫害专题数据包括枸杞木虱、枸杞蚜虫、枸杞负泥虫、枸杞蓟马、枸杞红瘿蚊、枸杞实蝇、枸杞锈螨等枸杞病虫害业务数据。元数据包括系统日志、枸杞病虫害模板、设备管理、系统管理等数据信息。

1.1.5 基础软硬件环境层

基础软硬件环境是整个系统运行的基础，软件环境主要包括：操作系统、数据库、地图处理工具，GIS 系统。

硬件环境主要包括服务器、智能终端采集设备、无线通信设备。服务器包括应用服务器、Web 服务器和数据库服务器。

2 系统主要功能

宁夏枸杞病虫害监测与预警系统分为枸杞病虫害监测预报系统、枸杞病虫害监测采集系统和枸杞病虫害监测发布系统。系统的主要功能模块如图 2 所示。

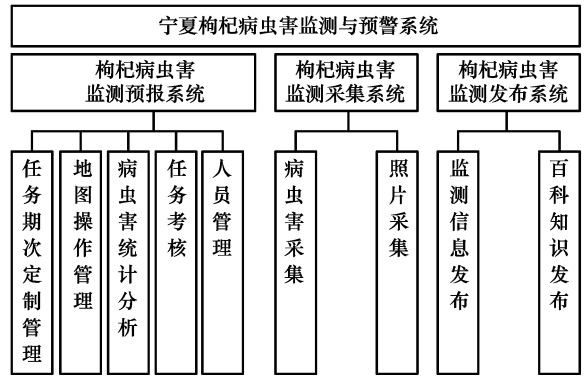


图 2 系统主要功能模块图

Fig. 2 Main function modules of the system

2.1 枸杞病虫害监测预报系统

2.1.1 任务期次定制管理

根据枸杞病虫害发生的实际监测情况，动态配置当前的监测作任务分期情况，动态配置病虫害监测数据调查表。



图 3 任务期次定制管理

Fig. 3 Custom task management

2.1.2 地图操作管理

按照区域和任务期次加载显示枸杞病虫害监测点、枸杞病虫害监测数据，提供电子地图放大、缩小、漫游、全幅、选择、测量等功能。

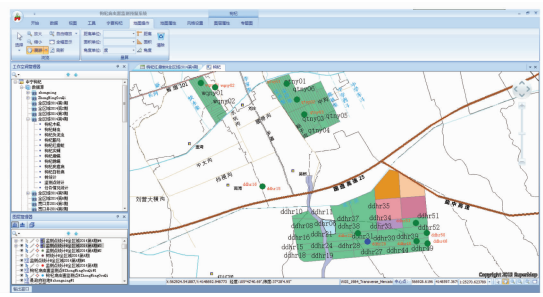


图 4 地图操作管理

Fig. 4 Map operation management

2.1.3 病虫害统计分析

对基层调查员上报的宁夏枸杞病虫害数据，按照不同监测表单、作物、病虫害等自定义条件进行查询统计，分析病虫害发生情况，进行枸杞病虫害预报预警。

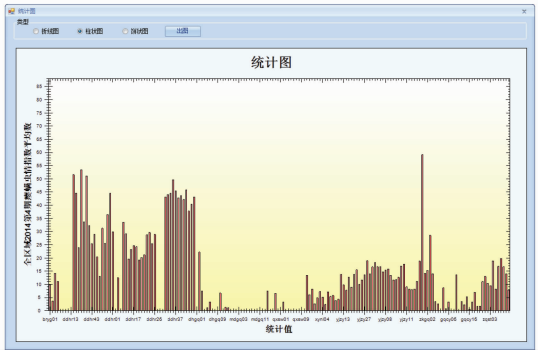


图 5　病虫害统计分析

Fig. 5　Statistical analysis of pests and diseases

2.1.4　任务考核

以监测点调查员上报的数据为依据,对全区每个调查员在监测期间的任务完成情况进行客观考核评分,并用不同颜色标示区别,可以直观查看。

2.1.5　人员管理

对系统使用人员、权限等进行增加、删除和修改等管理操作,支持用户基本信息和调查员信息的增加、删除和修改。

2.2　枸杞病虫害监测采集系统

调查员接收到监测任务,借助 Android 智能终端,在枸杞园区进行枸杞病虫害发生情况采集填报,在采集过程中系统会自动获取当前的 GPS 位置,拍摄现场照片,并进行数据有效性检查,以保证上报数据的准确和规范,将信息上报到监测预报系统。



图 6　枸杞病虫害采集

Fig. 6　Data collection of wolfberry pests and diseases

2.3　枸杞病虫害监测发布系统

枸杞病虫害监测发布系统用于枸杞监测信息和农业百科知识的信息发布,包括工作通知、农业百科知识、枸杞病虫害发生情况、发生动态、发生预报和病虫害防治方法等内容。信息由管理员在中心网站进行发布,下级各级农业相关单位、基层调查员和广大种植农户可以根据访问权限查看到相应信息。

3　系统应用情况

3.1　运行成果

宁夏枸杞病虫害监测与预警系统建设了枸杞规模化种植区域数据库和病虫害监测预报平台,实现了八大枸杞种植示范区空间和属性数据的数字化,实现枸杞病虫害的精确定位、即时采集、实地表单填写、实时上传、照片采集、新病种上报,实现枸杞病虫害自动按照病虫种类统计、树统计、监测点统计、任务统计以及图表展示、数据导出,实现枸杞病虫害监测预报信息的互联网发布。在枸杞生长监测期,参与上报的监测点达到 178 个,取样枸杞树达到1 652株,总计上报记录为 99 120 条。

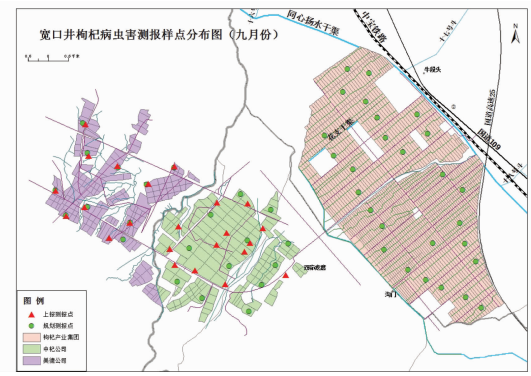


图 7　宁夏宽口井枸杞病虫害测报样点分布

Fig. 7　Distribution of sampling points of *Lycium barbarum* pests in Ningxia

3.2　技术成果

宁夏枸杞病虫害监测与预警系统采用移动互联网技术,结合地理信息系统、遥感、专家系统等现代农业信息技术,在数据采集端,基于 Android 平台和移动 GIS 组件,开发的病虫害监测采集系统综合集成枸杞种植区地图、影像、表单、文档、图像等多源信息,具有 GPS 精确定位采集、路径记录、智能选择、填写方便、自动计算、数据核实、实地拍照等功能,保证了数据采集的真实性、准确性、及时性、可靠性和可比较性,彻底解决了以往采用表格填写进行数据采集存在的无实地定位信息、无实地采样图片、无数据自动计算核准等问题。在数据传输方式上,采集

系统采用无线移动互联网技术，实现了实时上传下载双向信息传输。

在数据分析处理方面，系统采用 WebGIS 和云遥感技术，全面集成基础地理信息、遥感影像、枸杞区域分布空间数据库、枸杞病虫害专题数据库、视频、文档、表格等各类数据，以地图可视化界面方式，实时、动态、准确地监测显示病虫害发生情况，同时以统计表格、柱状图、饼状图、曲线图等多种形式展现统计分析结果，开发了基于历史数据的预警模型，分短期、中期、长期三个时段，自动预测预报病虫害区域性发生发展趋势，并以地图可视化的方式显示，同时给出预防措施和办法。

3.3 经济效益

首先，移动采集系统的应用可极大地提高数据采集效率，减少采集人员及物资投入，与常规填写表格实地采集方式相比，应用枸杞病虫害监测采集系统进行数据采集人工投入费将减少三分之二；其次，通过实时监测结果和防治措施的发布，种植企业和农户将及时、科学地防治枸杞病虫害，根据病虫害发生程度和分布区域，实现精确防治和科学防治，减少农药喷施量，实现枸杞安全生产，提高枸杞质量和品质，降低生产成本，增加产出与效益；再次，通过枸杞病虫害预警信息的发布，种植企业与农户可提前采取预防措施，防治病虫害区域性蔓延，避免不必要的经济损失，降低防治费用投入，增加经济效益。

宁夏枸杞病虫害监测与预警系统在中宁 19 个枸杞规模化种植企业共 4 000 hm^2 枸杞种植基地推广，年度节本增效约 1 000 万元人民币，2016 年枸杞盛果期干果平均产量达到 300 kg/667 m^2。宁夏枸杞病虫害监测与预警系统的使用促进了蚜虫、木虱、红瘿蚊等病虫害关键防治期的有效把握，极大地降低了采果期的农药用量和成本，每 667 m^2 减少化学农药使用量达 5.6 kg，枸杞产品质量符合出口标准要求。

3.4 社会效益

系统的实施一是通过监测预警信息和防治措施的及时准确发布，枸杞病虫害防治农药使用量大幅度减少，防治措施进一步科学合理，从而保证枸杞生产的安全性；二是通过系统的使用培训及信息发布的应用，推动枸杞种植企业和群众学习科学、应用科学的积极性，对提高群众的文化素质和科学素质具有很大的推动作用；三是减少群众枸杞种植的劳动力投入，更多的劳动力从农业生产中解放出来，有利于城乡一体化及城镇化发展；四是推动农业信息化普及，引领现代农业发展方向；五是推动我区精准农业和数字农业发展，引领智慧农业的发展。

系统的实施对宁夏枸杞产业化发展具有重要的推动作用，是引领宁夏枸杞提质增效的利器，是实现宁夏枸杞种植现代化的重要手段，对宁夏枸杞病虫害区域化网络化防治将产生十分重要的影响。系统的研发应用不仅对宁夏枸杞病虫害监测预警具有重要的作用，而且对宁夏其他粮食作物、经济作物，乃至林业和草原病虫害的监测预警都具有重要的示范带动作用，推广应用前景广阔。

参考文献

[1] 陈清华，王朝良. 宁夏枸杞产业发展优势和提升出口竞争力的对策[J]. 农业现代化研究，2008，29(2)：151－154.

[2] 宁夏回族自治区统计局，国家统计局宁夏调查总队. 宁夏回族自治区 2015 年国民经济和社会发展统计公报[R/OL]. (2016－04－22). http://www.nx.gov.cn/ztsj/sj/tjgb/201611/t20161102_330677.html.

[3] 任月萍，胡忠庆. 宁夏枸杞主要病虫害化学防治研究进展[J]. 宁夏农学院学报，2004，25(3)：88－91.

[4] 罗菊花，黄文江，韦朝领，等. 基于 GIS 的农作物病虫害预警系统的初步建立[J]. 农业工程学报，2008，24(12)：127－131.

[5] 张谷丰，朱叶芹，翟保平. 基于 WebGIS 的农作物病虫害预警系统[J]. 农业工程学报，2007，23(12)：176－181.

[6] 赵庆展，靳光才，周文杰，等. 基于移动 GIS 的棉田病虫害信息采集系统[J]. 农业工程学报，2015，31(4)：183－190.

[7] 句荣辉，沈佐锐. 农业病虫害预测预报上应用的数据采集系统[J]. 植物保护，2003，29(5)：54－57.

[8] 高琪娟，季小闯，乐毅，等. 基于 WEBGIS 的农业病虫害监测系统[J]. 计算机技术与发展，2010(4)：224－227.

[9] 于合龙，刘杰，马丽，等. 基于 Web 的设施农业物联网远程智能控制系统的设计与实现[J]. 中国农机化学报，2014，35(2)：240－245.

[10] 张谷丰，刘向东，朱叶芹，等. 基于开源 WebGIS 的病虫害监测系统[J]. 南京农业大学学报，2009，32(2)：165－169.

[11] 高灵旺，陈继光，于新文，等. 农业病虫害预测预报专家系统平台的开发[J]. 农业工程学报，2006，22(10)：154－158.

[12] 李鑫星，傅泽田，张领先. 农业病虫害远程诊断与知识呼叫中心系统[J]. 农业机械学报，2010，41(6)：153－157.

[13] 吕昭智，沈佐锐，田长彦. 棉蚜预测预报网络数据库系统的设计与开发[J]. 植物保护学报，2003，30(3)：237－242.

（责任编辑：田 喆）