

司丽丽, 闫峰, 姚树然, 等. 基于 GIS 的小麦白粉病防控气象服务系统的构建与应用[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(8): 131–135.

基于 GIS 的小麦白粉病防控气象服务系统的构建与应用

司丽丽¹, 闫峰¹, 姚树然², 高军³

(1. 河北省保定市气象局, 河北保定 071000; 2. 河北省气象科学研究所, 河北石家庄 050021;

3. 河北省农业厅植保总站, 河北石家庄 050021)

摘要:为了系统地提供小麦白粉病气象服务, 提高农业决策部门防治白粉病的准确性和科学性, 基于“小麦白粉病发生气象条件监测、预警和评价体系”课题组研制的小麦白粉病气象指标与模型, 采用 Microsoft Visual Studio 9.0、MSSQL2005、C#、GIS 等相关技术, 研制小麦白粉病防控气象服务系统。该系统集成了地面观测气象数据库、病害资料数据库等 7 类数据库 100 余种基础数据, 实现了 20 余项统计分析功能, 集数据采集、加工处理、病害监测预警、中长期预报、影响评估及服务产品编辑输出于一体, 实现了小麦白粉病的监测预警、预测预报、影响评估、服务产品制作发布一体化, 并基于 GIS 技术开发了预警、测报、评估结果图形显示等功能, 可直观显示该病的地域分布及未来发生情况。2012 年、2013 年实际运行结果表明, 该系统操作简单、功能强大、内涵丰富, 显著提高了白粉病气象服务水平, 取得了显著的社会效益、经济效益, 为政府领导、农药企业宏观决策提供了科学依据。

关键词:小麦白粉病; 预警预测; 影响评估; GIS; 防控系统

中图分类号: TP182; S435.121.4⁺6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)08-0131-05

白粉病是小麦生产中发生范围较广、危害较重的一种气侯型病害^[1-3]。有研究表明, 该病发生流行程度与气象条件及其变化关系密切^[4-7], 且在菌源、品种、耕作栽培方式等条件相对稳定的情况下, 当地气候条件是决定其流行程度的关键要素^[8-10]。当前, 小麦种植制度逐渐变化, 水肥条件逐年提高, 中矮秆品种及密植方法得以推广, 使得小麦白粉病逐年加重, 例如, 河北地区小麦白粉病自 20 世纪 90 年代即上升为

主要病害^[2]。当前, 生产上推广的品种大多不抗病, 因此药剂防治就成为必需的应急措施。但如果不能抓住关键时期进行病害防治, 往往既造成药剂浪费、环境污染和经济负担的加重, 又达不到预期的防治效果^[11-12]。因此, 将精准的危害监测预警、预测预报、影响评价等体系集合起来构建一个有机运行的气象服务业务系统非常必要^[13]。

国外早在 20 世纪 70 年代就开始利用计算机技术解决病虫害防控问题。例如, 瑞士开发的谷物预测预报系统 EIPRE, 可准确预报杀虫剂的施用日期^[14]; 日本开发的农业用咨询系统(MICCS), 对因气象条件诱发的番茄、草莓等的病害和生理障碍进行有效诊断^[15]; 瑞士用于预测防治马铃薯晚疫病的 PhytoPRE+2000 系统^[16-17]等。在我国已建立了一些农业气象服务业务系统^[18-19], 但尚未有关于小麦白粉病气象业务系统的研究。本研究在建立小麦白粉病预警、测报、评估模型的基础上, 创建了基于 GIS 的小麦白粉病防控气象服务业务

收稿日期: 2014-02-26

基金项目: 公益性行业(气象)科研专项(编号: GYHY201006026); 河北省气象局集约基金(编号: 11tc06)。

作者简介: 司丽丽(1978—), 女, 山东东阿人, 硕士, 工程师, 主要从事农业气象研究。Tel: (0312)8632141; E-mail: sl_l0312@163.com。
通信作者: 姚树然, 正研级高级工程师, 主要从事农业气象灾害和农业气象情报预报研究。E-mail: yaosr0503@sina.com。

3 结论与讨论

本研究表明, 马铃薯立枯丝核菌 1 对马铃薯块茎的致病力最强; 7 个品种的马铃薯中, 早大白与 K18 对供试病原菌比较敏感, 兴佳 2、中薯 5 抗病性比较强, 应选择抗病性较强的马铃薯品种进行栽种。用 7 种不同的生防菌剂分别对早大白与 K18 这 2 个马铃薯品种的块茎进行定量喷雾处理后马上接丝核菌菌丝块, 接菌前喷用 7 种生防菌剂对病原菌有一定的抑制作用, 但 7 种生防菌剂的抑病率稍有差别, 2 个混菌发酵液的抑病效果要好于单菌发酵液的抑病效果, 3 种混菌发酵液的效果最好。2 个不同马铃薯品种的块茎接种丝核菌菌丝块培养 2 d 后, 用 7 种不同生防菌剂分别进行定量喷雾处理, 再培养 1 d, 结果表明, 接完丝核菌菌丝块 2 d 后再进行喷雾处理虽有一定的抑菌作用, 但当病原菌已侵入后再进行抑菌治疗不能起到明显的效果。

参考文献:

- [1] Suwannarach N, Kumla J, Bussaban B, et al. Biocontrol of rhizoctonia solani AG-2, the causal agent of damping-off by *Muscodor cinnamomi* CMU-Cib 461[J]. World Journal of Microbiology & Biotechnology, 2012, 28(11): 3171–3177.
- [2] 刘力, 葛起新. 华东地区立枯丝核菌融合群鉴定[J]. 浙江农业大学学报, 1987, 13(3): 3–9.
- [3] 张天晓, 张志光. 立枯丝核菌 *Rhizoctonia solani* Kühn 的研究[J]. 湖南师范大学自然科学学报, 1986, 9(1): 76–82.
- [4] 郝建军, 康宗利, 于洋, 等. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 98–101.
- [5] 陈立杰, 董健, 朱晓峰, 等. 生防放线菌 Snea253 代谢产物的理化性质[J]. 农药, 2010, 49(1): 26–28.
- [6] 周德庆. 微生物学实验手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1986: 342–345.

务系统,该系统将信息采集、管理、加工处理以及白粉病监测预警、预测预报、影响评价集于一体,投入业务应用以来,明显提高了小麦白粉病业务服务的自动化水平,丰富了服务内容,提高了服务能力,为优质、高效地为政府决策提供服务、准确测报、有效防治小麦白粉病打下了基础。

1 材料与方法

1.1 资料及其处理

本研究以河北省小麦主产区为例,气象数据来源于河北省气象局,农业数据主要来源于河北省农业委员会及相关科研单位,此外考虑到及时准确获取农业生产现场的各种环境与生物信息是科学决策管理的重要基础^[20],2011 年在河北省邯郸县、宁晋县、辛集市分别建设了小气候观测站,目前已有 3 年的观测资料。

1.2 研究方法

1.2.1 数据库构建 数据库是系统的基础,也是设计的关键。本系统内数据类型较多,数据量较大,系统功能的实现取决于析取数据的速度、灵活性以及精准性。系统数据库的构建采用目前最流行的数据库开发平台——SQL Server 企业版,该数据库与系统开发平台 VS2008 无缝集成,保证了高可用、高伸缩和高效率,同时更易于内部和外部系统连接,大幅降低系统运行、维护风险和 IT 管理成本。

1.2.2 系统开发环境 系统基于 C/S 模式,运用 Microsoft Visual Studio 9.0 作为开发环境,采用 MSSQL 2005 作为运行数据库,应用目前主流的 C#语言进行开发,同时集成了 GIS 出图、Office 自动化产品生成技术,实现气象资料、农业气象资料、大环境背景资料的快速统计、分析,预警、预测、评估结

果输出,服务产品制作生成、输出等功能。

1.2.3 系统运行环境 硬件为 Pentium III 兼容处理器或更高速度处理器(32 位及以上)微机,内存 512 MB 以上,硬盘 10 GB 以上。

软件为 Windows XP 专业版 SP3 及以上版本操作系统, DotNet Framework 3.5 sp1 版本。

2 结果与分析

2.1 系统总体结构

系统结构如图 1 所示,主要由 6 部分构成,分别是数据库管理(对应图 1 中的“基础数据管理”),小麦白粉病实时监测预警、预测决策(对应图 1 中的“预测预报”),影响评价(数理统计方法),产品制作发布及系统设置。系统运行的基础为气象、生物等数据库,数据库内存放海量数据信息,并具备强大的统计分析功能,为业务应用以及科研奠定良好基础;设计充分考虑了延展性,管理员可对数据进行录入、更新、修改、删除等工作;依据预警条件,通过自动调用气象数据可实现预警指标的自动判别,可对该病的发生流行进行自动预警;依据自行研制的预测模型,对该病的发生程度进行中、长期预测;通过影响评价子系统,依据系统内的评价指标,可对小麦白粉病发生影响进行旬尺度或全生育期尺度的评估;数理统计模块集合了 10 种模型,可动态修正预报预测模型;产品制作模块提供了不同产品模板,通过调用系统内提供的相关信息制作并发送相关服务产品;系统设置主要是对本系统数据库及相关参数的设置,主要包括数据库设置、短期预警模型参数设置、等值面配色方案设置等 3 个设置选择。



图1 系统主页

2.2 数据库构建与管理

充分考虑了业务应用的实用性、方便性,通过分析、提炼、集约,将其分为 7 类数据库(表 1):(1)地面观测气象数据库。包括温度、湿度、降水等 6 种常用气象要素,系统具备与历史值比较,任意时段雨日、极值、积温的计算以及界限温度初终

日的确定等统计分析功能,并可进行相关图表分析(图 2)。同时,该系统提供利用方差分析预测积温出现的日期,进而预测生育进程等功能,也可以 Excel、txt 等形式导出数据。(2)病害资料数据库。主要为白粉病历史发生情况,包括分区普查资料、系统调查数据以及历史发生资料。(3)农情资料数

据库。主要为农气站点冬小麦及麦田墒情等数据资料。(4) 气候背景数据库。包括大气环流指数以及海温资料。(5) 田间实测小气候、生物数据库。包括田间实时气象数据、小麦白粉病系统观测资料以及小麦农学特征数据。(6) 模型库。包括监测预警、预报、影响评估指标及模型。上述指标模型均由“小麦白粉病发生气象条件监测、预警和评价技术”课题组自

行研发,系统具备较强的延展性,可随时加入新的指标及模型。(7) 预报方法库。集合 10 种预报方法,用来进行白粉病发生、发展的预报预测。

该系统的数据放置在服务器端的 MS SQL SERVER 2005 数据库中,利用数据库访问组件以后台方式运行,提供数据库访问功能^[21]。

表 1 系统数据库分库详细信息

数据库名称	要素名称	要素数量 (个)	资料长度 (年)	站点数 (个)
地面观测气象数据库	气温、降水、湿度、风速、日照、地温	6	33	65
病害资料数据库	分区普查:病叶率、病情指数、发病面积、发病程度	4	22	10
	系统普查:病茎率、病叶率、病情指数	3	22	4
	历史发生:发生程度、发生面积、防治面积、实际损失、挽回损失	5	22	1(全省)
农情资料数据库	冬小麦发育期	2	32	15
	土壤墒情		32	4
气候背景数据库	大气环流指数:北半球副高面积指数、南方涛动指数、西太平洋副高指数等	74	62	
	海温资料	1	65	
田间实测小气候、生物数据库	大田逐时气象数据:逐时大田温湿度数据	2	2	3
	小麦白粉病系统观测资料:病茎率、病叶率、病情指数	3		
	小麦农学特征数据:品种、播种量、基本苗、有效穗数、发育期、粒数、千粒质量、实际产量	8		
模型库	监测预警	2		
	中、长期预测预报		3	
	影响评价	1		
预报方法库	一元回归、多元回归、逐步回归、正交多项回归、岭回归、修正权重的气象距离模	10		
	型、模糊 C 均值聚类、模糊等价矩阵动态聚类、灰色系统、生长曲线模拟			

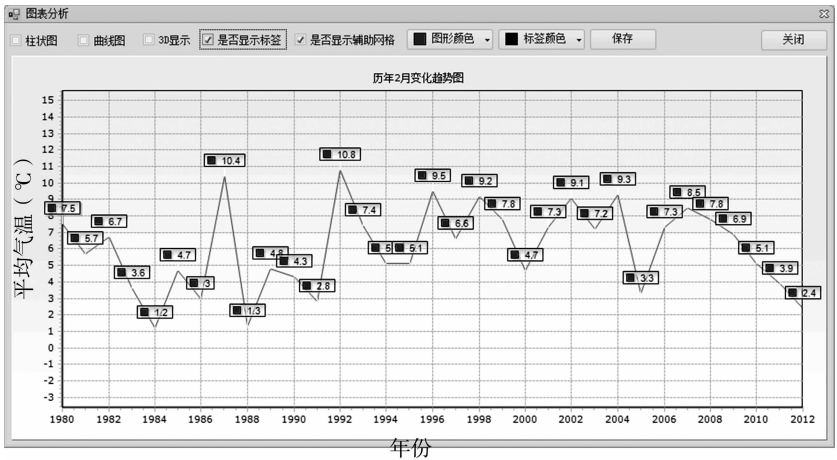


图2 1980—2012 年逐年 2 月保定市月平均气温变化趋势

2.3 预警、预测及评估

系统的核心功能是小麦白粉病的监测预警、预测预报及影响评价,3 项功能具有一定的承接性,可以较全面地针对该病开展防控业务服务,服务结果均可以 GIS 地图形式输出。图 3 即为监测预警 GIS 的图形显示,可以看出,不同颜色代表适宜白粉病发生的不同程度,从深到浅分别表示从不适宜到适宜。

2.3.1 指标模型建立 控制好作物病害的前提就是做好精准的预警、预报及评估服务,而服务的基础是具备适于当地应用的相关指标及模型。本系统内相关指标模型均为笔者所在的课题组在近 2 年依据历史、实时的气象、生物数据以及实地

试验所建立的,且模型的回判及实测准确率均在 80% 以上,适用于小麦白粉病防控气象服务业务。

2.3.2 监测预警

2.3.2.1 预警指标的确立 基于逻辑斯蒂曲线原理,采用贝叶斯判断准则方法,利用已建立的田间实测观测站及实时大气观测数据,建立冠层与大气 2 种尺度白粉病流行速度的温湿度气象等级指标,进而建立基于上述 2 种尺度短临温湿度及其日变化的白粉病流行速度预测模型。利用研究成果,依据小麦冠层及大气前 5 d 气象要素变化和未来天气数据预报判别 1 ~ 5 d 内该病流行速度^[22],进而进行短期防治方法决策。



图3 监测预警GIS图形显示结果

2.3.3.2 预警流程 在白粉病发生的关键期内,系统通过远程气象监控系统读取田间实测温湿度数据,访问局域网以读取各气象台站逐日的气象数据以及气象台制作的各地逐日天气预报数值预报产品,同时检索预警条件库,当确定天气要素值达到预警条件时即可判断该病的发生、流行,进而通过声音及标识自动报警。预警结果通过 GIS 输出在地图上,同时生成详细预警信息。

2.3.3 预测预报

2.3.3.1 预报内容 (1)中期预报。采用 Fisher 判别准则,构建白粉病发生程度的中期判别分级模型^[23],可提前 15 d 左右对未来白粉病发生流行程度进行预测。(2)长期预报。基于北太平洋海温网格数据和大气环流指数,剔除干扰因子,采用逐步回归方法,建立回归方程,可提前 6 个月开展白粉病发生面积的冬前预报,也可提前 1 个月开展病害发生面积的

早春预报。

2.3.3.2 预报推理 用户可依需要选用中期或长期预测的不同模型进行相关预测,根据模型所需变量因子,用户可在数据管理模块直接进行相应的统计分析,输入模型后,系统即可推理得到未来白粉病的发生程度,并提供针对性的防治建议^[24-25],同时预报结果可通过 GIS 清晰明了地显示在地图上。

2.3.4 影响评估 影响评估的基础是评价指标^[26],在前期已建立相关模型的基础上,利用气象要素以及白粉病发生程度等资料,通过秩相关、权重气象距离方法组建评价指标,建立影响评估模型。可分别进行旬尺度内发生面积、发生程度、病株率等及全生育期内发生面积、产量损失等项目的评价。

利用影响评价模块,用户可选择评价尺度(旬尺度、全生育期尺度)选项,系统则自动提取河北省气象局数据库中相关数据进行相关运算分析,并及时得出评价结果。选择生成分布图,即可得单站或多站的空间图,同时可选择生成历史曲线图或表进行逐旬或逐生育期比较。除此之外,系统还可以对前 1 年至 n 年同期数据进行比较,将病害发生程度作为纵轴,评价尺度作为横轴,绘制出折线图(图 4),从图上能够清晰地看出病害发生随时间的变化情况,对研究病虫害发生规律、制定适宜的防治方法有重要的参考价值。例如,图 4 显示了河北省 2011—2013 年同一时期(4 月上旬至 6 月中旬)小麦白粉病发生程度的统计比较,可以看出 2012 年白粉病自 4 月中旬起发生程度渐重,且至 5 月上旬发生程度达到 3 级,2011 年仅次于 2012 年,2013 年病害在全省发生缓慢,流行程程度轻于其他年份。系统储存的信息可供用户查询,既便于用户通过对年度间的比较指导当前生产,也可为研究该病的发生与气候及品种的关系提供一个数据平台。

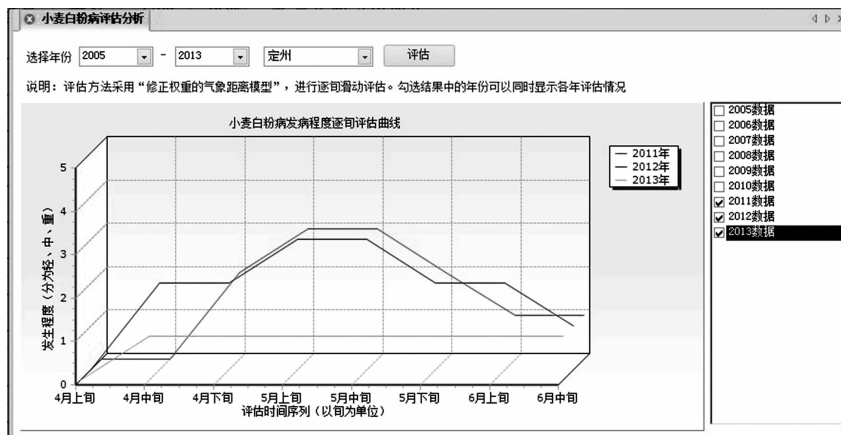


图4 小麦白粉病旬影响评价比较结果

2.4 数理统计方法

为更好地利用多种方法开展白粉病防控研究,系统建立了预报方法库,集合了 6 种回归模型、2 种模糊聚类模型以及 2 种其他模型,用来动态进行白粉病发生、发展的预报预测模型的修正与完善。

2.5 产品制作与分发

在系统环境中,可根据产品需要选择不同的产品专用模板,调用预警、预报、评估等结果,同时通过“信息交换平台”参考植保部门的相关信息,以图、表、文档等多种形式叠加输

出,通过调用常用文字及建议库信息编辑形成相应产品。将待分发产品打包、压缩后通过自动调用 Notes、局域网及 Internet 等相关地址以及用户档案管理和产品目录管理库发给相关部门及公众。

3 应用

2012 年、2013 年在小麦白粉病发生期前应用系统开展了相关服务,并对相应模型进行了验证。验证结果显示,长期预报发生程度与实际相符,中期预报及短期预警准确率分别在

80%、85% 以上,系统应用稳定。2012 年 5 月 6 日利用初步建成的系统,约提前 10 d 对白粉病发生盛期和流行程度作出预测,5 月中旬有多阶段性降雨,白粉病一度发展较快,系统自动作出了流行速度预警,应用系统及时发布了“返青以来气象条件对冬小麦病虫害的影响分析及未来气象等级预报”,并预测当前白粉病发生的气象等级为 3 级较适宜发生。建议“各地麦区高度重视,密切监测冬小麦病害的发生发展,及时防治,避免流行或大发生”,为政府决策、相关部门提早组织防治提供了依据。

4 结论与讨论

为充分开展小麦白粉病针对性的业务服务,本系统集成建立了地面观测气象数据、病害资料等 7 类数据库共 100 余种数据作为服务基础,并实现了极值挑选、积温统计等 20 余项统计功能。考虑到田间实测数据的重要性,于 2011 年建立了 3 个白粉病田间温湿度试验站作为支撑验证,同时也为相应服务提供了丰富的数据材料。系统与气象局数据相连,可随时判识、获取最新报文,并可对原始报文自动翻译追加入库,分析统计。

针对性地开展了监测预警、预测预报、影响评估的模型研究,共建立 6 个指标或模型,更适于应用,为自动化、智能化开展相应服务奠定了基础。但研究所建指标与模型目前仅限于北方冬麦区,今后尚需对模型的整体效果进行验证。

以往同类系统的建设较为单一,大多局限于预测预报系统或监测预警系统,本研究集监测预警、中期预报、长期预报、风险评估为一体,四者结合动态监测、评估白粉病发生条件的时间变化,可以更加有效地防控病害;将数据采集、加工处理、病害监测预警、中长期预报、影响评估及服务材料编辑融为一体,具备资料分析、图表制作等功能,提供了系统的白粉病防治方案,简化了资料统计和服务产品的编辑与输出工作,同时具有数据库与局域网环境的支持,可提高农业气象业务服务的自动化水平。

系统内所有操作均可以单点、部分区域或全部区域为单位进行,实现空间服务的自由性。系统划分模块明晰,功能各异,在物理上相互独立,逻辑上相互联系,使系统的整体性更加稳定。

系统具有较强的移植性及扩展性,可因地制宜拓展相应数据库及功能,使系统实用性更强。系统的创建便于本地化,易于推广应用,并可在适当的条件下,设立自定义的评判因子,为子系统加入新的功能,对整个系统的功能加以完善和升级。

系统界面风格采用 Ribbon 风格(图 1),取代了利用菜单和工具条组织各个功能项和命令的传统模式,将各种功能的 Ribbon 控件放置在功能区上,可直观呈现,便于功能的使用和查找。

参考文献:

- [1] 霍治国,刘万才,邵振润,等. 试论开展中国农作物病虫害危害流行的长期气象预测研究[J]. 自然灾害学报,2000,9(1):117-121.
- [2] 曹克强,王革新,李双悦,等. 小麦白粉病中期预测模型的建立

- [J]. 河北农业大学学报,1994,17(1):57-61.
- [3] 霍治国,叶彩玲,钱 拴,等. 气候异常与中国小麦白粉病灾害流行关系的研究[J]. 自然灾害学报,2002,11(2):85-90.
- [4] 姚树然,李春强,霍治国,等. 河北小麦白粉病流行的气象指标研究[J]. 自然灾害学报,2008,17(4):38-43.
- [5] 霍治国,陈 林,刘万才,等. 中国小麦白粉病发生地域分布的气候分区[J]. 生态学报,2002,22(11):1873-1881.
- [6] 叶彩玲,霍治国,丁胜利,等. 农作物病虫害气象环境成因研究进展[J]. 自然灾害学报,2005,14(1):90-97.
- [7] 王 丽,霍治国,张 蕾,等. 气候变化对中国农作物病害发生的影响[J]. 生态学杂志,2012,31(7):1673-1684.
- [8] 王贵生,唐铁朝,勾建军,等. 1997 年河北省小麦白粉病重发原因分析及治理对策[J]. 植保技术与推广,1998,18(1):11-12.
- [9] 王新民,徐关印. 我省小麦白粉病逐年加重的原因分析及防治对策[J]. 邯郸农业高等专科学校学报,2004,21(1):3-6.
- [10] 居为民,高 苹. 气象条件对小麦白粉病发生影响的研究[J]. 气象,2000,26(2):50-53.
- [11] 司丽丽,曹克强,刘佳鹏,等. 基于地理信息系统的全国主要粮食作物病虫害实时监测预警系统的研制[J]. 植物保护学报,2006,33(3):282-286.
- [12] 刘书华,杨晓红,蒋文科,等. 基于 GIS 的农作物病虫害防治决策支持系统[J]. 农业工程学报,2003,19(4):147-150.
- [13] 张谷丰. 基于 WebGis 的农作物病虫害预警诊断平台[D]. 南京:南京农业大学,2009.
- [14] Haberm E J, Hoffmann G M. Strategy and realization of introduction for the protection decision model(“IPS WEIZEN MODEL”) against fungal diseases of wheat in the farming practice[J]. Zeitschrift - fur - Pflanzenschutz,1994,101:617-633.
- [15] 陈怀亮,余卫东,薛昌颖,等. 亚洲农业气象服务支持系统发展现状[J]. 气象与环境科学,2010,33(1):65-72.
- [16] 胡同乐,张玉新,王树桐,等. 中国马铃薯晚疫病监测预警系统 China - blight 的组建及运行[J]. 植物保护,2010,36(4):106-111.
- [17] Cao K Q, Forrer H R, Fried P M. Crucial weather conditions for *Phytophthora infestans* - a reliable tool for improved control of potato late blight[J]. PAV Special Report,1996(1):85-90.
- [18] 黄中雄,陆 飞,马 艺,等. 南宁市农业气象情报预报业务系统[J]. 中国农业气象,2011,32(增刊):169-173.
- [19] 苏占胜,黄 峰. 宁夏春小麦全程气象服务系统[J]. 中国农业气象,2001,22(2):15-20,32.
- [20] 贾 倩,刘 洪,孙忠富,等. 基于作物模型的温室环境管理系统设计与实现[J]. 中国农业气象,2010,31(1):93-97.
- [21] 冯 锐,张玉书,纪瑞鹏,等. 基于 GIS 的农业气象预报系统集成[J]. 中国农学通报,2012,28(26):298-303.
- [22] 姚树然,霍治国,董占强,等. 基于逐时温湿度的小麦白粉病指标与模型[J]. 生态学杂志,2013,32(5):1364-1370.
- [23] 司丽丽,姚树然,闫 峰. 基于 Fisher 判别准则的河北省小麦白粉病气象条件中期预报模型[J]. 中国农业气象,2013,34(3):338-341,349.
- [24] 司丽丽,闫 峰,李春强,等. 河北省苹果主要病虫害预警系统研制[J]. 河北农业大学学报,2011,34(5):92-97.
- [25] 葛徽衍,张永红,肖科丽,等. 棉花气象预报服务系统[J]. 中国农业气象,2000,21(3):15-18.
- [26] 张树誉,杜继稳,陈晓楠. 陕西省干旱影响评估业务系统[J]. 陕西气象,2008(4):40-43.