

# 中国农业监测预警的研究进展与展望

许世卫

(中国农业科学院农业信息研究所/农业部农业信息服务技术重点实验室/

中国农业科学院智能化农业预警技术与系统重点开放实验室/

北京市农业监测预警工程技术研究中心,北京 100081)

**摘要:**农业监测预警不仅是当今农业科技的前沿领域和重大课题之一,也是应对农业的复杂性、高风险性,突破制约中国农业发展的资源环境管理等问题的高端工具。文章以农业监测预警内涵特征的变化为基础,系统回顾了几十年来国内农业监测预警研究经历的主要发展阶段,简述了农业监测预警研究在理论基础、关键技术和系统研发上取得的突破,总结了近10年来在不同产业领域中监测预警取得的系列重大进展,以及在现代农业管理的应急调度及信息权威发布上的重要应用。最后针对当前国内农业面临的发展新态势,提出了农业监测预警的未来发展前景,指出大数据和智能化支撑的中国特色农业监测预警体系,必将成为实现中国农业现代化的强力保障。

**关键词:**农业监测预警;内涵特征;发展;大数据;智能化

**中图分类号:**S-1,S1

**文献标志码:**A

## Review on Research in Agricultural Monitoring and Early Warning in China

Xu Shiwei

(Agriculture Information Institute of Chinese Academy of Agricultural Sciences/

Key Laboratory of Agro-information Services Technology of Ministry of Agriculture/

Key Laboratory of Intelligent Agricultural Early Warning Technology and System of Chinese Academy of Agricultural Sciences/

Beijing Engineering Research Center of Agricultural Monitoring

and Early Warning, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Agricultural monitoring and early warning is not only the frontier field and major subject of agricultural science and technology, but also a high effective management tool to cope with the complexity and risk of agriculture, and to deal with the bottleneck of agricultural development in China. Based on the change of the connotation characteristics of agricultural monitoring and early warning, this paper reviewed the main development stages of agricultural monitoring and early warning in the past decades, briefly introduced the breakthrough of the research on the theoretical basis, key technology and system development of agricultural monitoring and early warning, and summarized the major progress of monitoring and early warning in different industries, as well as its important application to emergency dispatch and information authority release in modern agricultural management in the past 10 years. According to the new development trend of agricultural development in China, the future development foreground and trend of agricultural monitoring and early warning are put forward, and we also pointed out that the perfect agricultural monitoring and early warning system with Chinese characteristics based on big data and intellectualization will be a powerful guarantee to

**作者简介:**许世卫,男,1962年出生,江苏如东人,二级研究员,博士生导师,管理学博士。长期从事农业信息分析与预警、农业信息智能服务技术和食品安全等研究工作。全国农业科研杰出人才、“十二五”国家863计划现代农业技术领域主题专家组专家、农业监测预警专家委员会秘书长、享受国务院特殊津贴专家。先后主持国家、部委、国际合作科研课题等课题40多项,多次获得省部级科技成果奖励,起草国家和行业标准5个,获得发明专利、软件著作权登记多项。公开发表论文100多篇,在相关研究领域出版专著15部,培养研究生50余名。通信地址:100081 中国农业科学院农业信息研究所 北京市海淀区中关村南大街12号, Tel: 010-82105229, E-mail: xushiwei@caas.cn。

**收稿日期:**2017-11-08, **修回日期:**2017-11-29。

realize agricultural modernization.

**Key words:** Agricultural Monitoring and Early Warning; Connotative Characteristics; Development; Big Data; Intellectualization

## 0 引言

农业监测预警是基于信息流特征,对农业生产及其农产品市场全产业链过程中的环境因素、生物本体等进行信息特征提取、数据变化观测、信息流向追踪,并对未来进行态势分析、提前发布预告、采取应对措施、防范和化解农业风险的过程<sup>[1-2]</sup>。农业监测预警融合了农学、信息学、经济学和管理学等学科基础理论,能够明确农业全产业链信息流的变化特征,揭示信息流间的内在联系与调控机制,为农业生产管理提供科学依据。

作为当今农业科技前沿研究领域和重大研究课题之一,监测预警理论与技术的应用有利于三农工作中实际问题的解决。随着农业信息技术的发展及在农业领域应用地不断深化,农业监测预警的地位和作用凸显,对调控农业生产水平、提高农产品数量及品质、提升应对风险与突发事件能力,以及保障国家食品安全、提高农产品国际竞争力、加强农业管理等都将起到重大支撑作用。

## 1 农业监测预警研究发展历程

农业系统是一个包含自然、社会、经济以及人类活动的复杂系统,衍生的信息数量和类型繁多,其数据可以分为农业资源环境类、农业生产类、农产品消费类、农产品市场类和农业经营管理类信息<sup>[1,3]</sup>。信息的采集、处理、分析及信息管理服务是农业监测预警的基本内涵,也是在任何发展时期都需要解决的核心问题,是实现农业信息化的基础<sup>[2,4]</sup>。随着中国农业发展信息化水平的提升,农业监测预警的内涵特征也发生着显著变化。几十年来,国内农业监测预警主要经历了以传统计数与统计为基础的起步阶段、以计算机辅助为特征的成长阶段、以信息感知与智能分析为特征的成熟阶段等3个阶段。

### 1.1 以传统计数与统计为基础的起步阶段

新中国成立后至20世纪80年代初为农业监测预警工作的起步阶段。这个时期计算机等现代信息技术尚未引入国内农业信息研究领域,农业信息采集及分析、管理均主要依靠人工完成。信息收集主要是典型实地调查和访谈,报表记录,逐级报送上级管理部门;信息类型主要是数值型和文本型,信息的处理以基本数理统计为主,信息分析以专家经验判断为准<sup>[5]</sup>。如对作物产量和长势的监测,由于信息采集、分析技术落后,

从信息获取到信息处理都存在着数据时效差、尺度小、费用大、准确性较差的问题,使得对农业信息的把握存在较大不确定性<sup>[6]</sup>,从学科建设角度看,农业监测预警在这个阶段尚不成熟。

尽管这个阶段并没有形成真正意义上的监测预警理论与机制,然而一些科研工作地开展如新中国成立后科研工作者对蝗虫、水稻螟虫、小麦条纹病等的发生规律和防治技术进行了系统研究,利用病虫指标预测法、数理统计预测法和综合分析预测法等,提出了综合防治策略,基本控制了这些农作物病虫害的危害<sup>[7]</sup>;建国后的30余年里,国内的土壤科学工作者进行了大量的土壤调查和综合考察,开展了2次土壤普查工作,为当时的土地开发利用、综合治理和农业综合区划提供了重要的科学依据<sup>[8]</sup>。这些工作的开展为农业监测预警理论研究的发展打下了基础。

### 1.2 以计算机辅助为特征的成长阶段

20世纪80年代中后期至20世纪末,计算机在农业领域的应用以及现代农业信息技术的飞速发展<sup>[3-4,8-9]</sup>,助力农业监测预警研究进入了信息化分析的快速发展阶段。创建了一系列数据采集和处理的关键技术,逐渐建立预警与信息发布机制,借助先进信息技术手段快捷的获取信息,实现了由专家经验判断向简单模型分析与计算机模拟分析相结合的分析方法的转变<sup>[5,7]</sup>。

这一时期信息获取技术已开始运用遥感技术、全球定位技术并进行大量农业信息的调查研究与监测,逐步开展农业精细、精准化管理<sup>[3,8,10-12]</sup>;信息类型主要是数值型、图像型和文本型信息;信息处理技术主要是借助计算机软硬件的信息处理系统,如随着计算机技术的应用,专家系统已比较多地应用于作物生长管理、病虫预测预报等工作中<sup>[4,7,10-12]</sup>。农业信息的发布主要是基于报纸、电视、广播等媒介。

计算机的采用,使得监测预警的一些技术用于粮食生产、食物安全等成为可能。中国的发展始终面临着粮食安全、重大病虫害疫情和自然灾害、人地矛盾、生产力低下等严峻的问题,亟待全面把控农业生产态势,早发现早规避风险。这一阶段,国内开展了由中国农业科学院主持的国家自然科学基金重大项目“中国中长期食物发展战略研究”,对食物供需进行分析预警<sup>[14]</sup>。同时在这一时期监测预警的技术研究在农业资源管理与规划、农业生产决策分析、重大病虫害疫情和自然灾

害、食品安全等领域都已有较快的发展<sup>[4,7-8,10,14-15]</sup>。

国家有关部门开始重视农业监测研究与技术应用工作。20世纪90年代,农业部2次立项支持主要病虫长期运动规律及预测的研究。90年代后期以来,全国农业技术推广服务中心每年年底都组织专家对翌年重大病虫长期发生趋势进行会商,形成全国农作物灾害性病虫发生趋势(长期、超长期预测材料),提供给每年的全国农业工作会议参阅<sup>[7]</sup>。20世纪90年代以来,农业部、国家粮食局、商务部等都开展了粮食流通和粮食储备、农产品生产流通与消费的信息分析工作<sup>[1]</sup>。这些活动的开展均推动了农业监测预警理论与预测分析技术的发展。

### 1.3 以信息感知与智能分析为特征的壮大阶段

21世纪开始至今,农业监测预警学科领域逐步壮大与完善,互联网、物联网等信息技术为农业监测预警研究提供了有效的分析与管理工具,农业监测预警向着系统化、集成化、智能化方向发展。农业信息数据的获取已经实现了即时感知和广泛性采集,形成了动态和静态结合的大数据集合;数据分析实现了定性定量相结合;监测对象更加全面和细化,预警和服务系统不断完善,信息发布方式多元化。农业监测预警已经步入大数据时代,农业监测预警工作的思维方式和范式发生了根本性变化。依托大数据构建的系统集成和预警模型,通过对海量数据的智能分析和深度挖掘,发现和准确模拟信息流走向,实现各类相关信息的相互印证,不断提高监测预警结果的准确性,促使农业监测预警理论和技术体系日趋壮大与完善。

国家部署了一批重大研究项目,全面推动农业监测预警理论发展和技术创新。在“农产品质量安全智能分析与预警关键技术及支撑平台研究”、“基于物联网技术的农业智能信息系统与服务平台”、“主要粮油作物质量安全全程跟踪与溯源研究”等项目的支持下,全国各大农业高校和科研院所积极进行农业监测预警领域的理论探索,突破了一系列重大难题,创新了理论和关键技术,推动了成果应用。

从研究力量部署上,农业部先后建立了“农业部智能化农业预警技术重点开放实验室”、“农业部信息采集技术重点实验室”、“农业部农业信息服务技术重点实验室”、“农业部农业信息技术重点实验室”等机构,大力开展专门化研究,对促进农业生产发展和农产品市场稳定发挥了重要作用,农业部于2011年成立了首批以上海交通大学、中国农科院信息所、中国人民大学、农业部农村经济研究中心等10家单位的10位专家组成的农业部市场预警专家委员会,进一步为农产品

市场调控政策的制定提供重要智库支撑。2015年初,农业部启动了覆盖17个省(区、市)的小麦、稻米等8个品种的全产业链信息分析预警团队试点工作。组建了一支由首席分析师、会商分析师、省级分析师和产业信息员共计1000余人的预警团队<sup>[16]</sup>。

从学会层面,中国农学会科技情报分会于2008年在南宁召开了“全国农业信息分析学术研讨会”,2009年在郑州召开了“全国农业信息分析理论与方法学术研讨会”,2010年在上海召开了“全国现代农业与信息智能分析预警学术研讨会”、在石家庄召开了“全国农业信息智能服务技术高层论坛”,2012年在福州召开了“全国农业信息监测预警方法与技术学术研讨会”,2014年在南京召开了“2014农业信息科技前沿技术与应用学术年会暨农业大数据、物联网与智慧农业研讨会”,2017年在扬州召开了“全国农业大数据与监测预警学术研讨会”等系列学术会议,协同开展全国性的农业信息分析预警研究工作。

由于智能分析方法的建立,监测预警技术支撑的应用工作不断加强。2001年,农业部建立了农产品质量安全例行监测制度,进行了农产品质量安全风险监测信息分析。2002年,农业部开始对农产品进行定时市场形势分析,按照月度、季度、年度定期提出分析报告,2010年开展了18个农产品品种的单品种分析,为促进农业生产发展和农产品市场稳定发挥了重要作用。基于农业监测预警的数据准备、分析模型创立和专业分析队伍的建立,2014年中国首次召开了中国农业展望大会,大会展望报告成为国内农产品市场权威信息发布的重要渠道之一。农业部进一步提出,到2025年全面建成全球农业数据调查分析系统,进一步增强在国际市场的话语权、定价权和影响力<sup>[16]</sup>。

## 2 农业监测预警的重要成果与应用

经过多年的累积和发展,在一系列国家科研项目及国际合作项目的支撑,以及多个科研单位监测预警团队地不懈努力下,中国农业监测预警工作取得显著进展。创建了农业监测预警分析理论,突破了信息分类的关键技术和系统研发中的系列问题;在农业重大病虫害疫情防治和自然灾害预警、农业生产过程精准管理、农产品市场信息采集技术方面取得重大突破,并获得多项国家级和省部级奖项;研建了中国农产品监测预警系统、农情监测系统、在线会商系统平台等;创办了中国农业展望大会等。

### 2.1 构建了农业监测预警理论基础,突破了信息分类关键技术和系统研发难题

在理论方法研究方面取得以下显著进展:针对农



业监测预警数据语义不清的现状,提出了农产品信息监测全息化理论;针对农业监测预警系统化特点,研究提出了模块化系统方法论;针对当前农业监测预警精度不高的问题,研究了农业生产和市场剧烈波动影响机理,分析了农业生产、市场等信息波动规律及其影响因子的相关关系,提出了监测预警指标的评估体系,建立了农业生产、市场、消费等监测预警指标体系,构建了基于多源信息融合技术的农业监测预警的基本理论框架和方法;针对农产品展望支撑技术缺乏,利用现代信息技术并融合经济学原理与生物学机理,开展涵盖气象因子、投入品和管理因子的监测预警模型与系统研究<sup>[1]</sup>。

在关键技术和系统研究方面,开展了农业预警知识库划分标准和类型设计研究,构建了农业预警知识库群;建立了研究区农业预警的空间数据库与属性数据库以及综合集成的案例库;针对大数据获取及科学处理的问题,围绕大数据中的疏密度数据聚合化、智能分析、高价值数据快速应用等难题,探索建立统一管理、全面覆盖、全方位服务的农业信息分析巨系统和服务平台;开展了模型及数据同步技术研究、协调及配置智能经济服务技术研究等,实现了各应用系统、各预警分析模型的统一管理和调度<sup>[5]</sup>。

以此为基础,构建了农业监测预警的关键理论与技术体系,极大地促进了农业信息分析学学科的形成,出版了《农业信息分析学》、《农产品数量安全智能分析与预警的关键技术及平台研究》等标志性专著。

## 2.2 近10年来在农业发展中取得多项成果

农业监测预警研究内涵丰富,近年来,农业监测预警研究成为发展迅速的综合交叉性学科领域之一。围绕农业发展中的一系列重大问题和需求,如农业自然灾害、作物病虫害、自然资源监测和农产品市场监测等,经过多年联合攻关,已经取得不少研究成果<sup>[17-20]</sup>。

**2.2.1 农业气象灾害监测预警方面** 甘肃省气象局主持完成的“中国西北干旱气象灾害监测预警及减灾技术”项目,丰富和发展了西北干旱预测物理指标和干旱监测指标体系,研制了监测农田蒸散的大型称重式蒸渗计,有效提高了干旱监测、预测的准确度,成果获得2013年度国家科技进步二等奖。中国农科院农业资源区划所主持完成的“农业旱涝灾害遥感监测系统”,突破了旱涝灾害信息快速获取、灾情动态解析和灾损定量评估3个技术瓶颈,创建了国内首个精度高、尺度大和周期短的国家农业旱涝灾害遥感监测系统,成果获得2014年度国家科技进步二等奖。

**2.2.2 农业病虫害监测预警方面** 中国农科院植保所主

持完成的“棉铃虫区域性迁飞规律和监测预警技术的研究与应用”项目,建立了覆盖中国棉铃虫发生区的国家棉铃虫区域性灾变预警技术体系,成果获得2007年度国家科技进步二等奖。中国农科院植保所主持完成的“主要农业入侵生物的预警与监控技术”,创新了入侵生物定量风险分析技术,提高了对入侵生物野外跟踪监控能力,成果获得2013年度国家科技进步二等奖。江苏省农科院植保所主持完成的“长江中下游稻飞虱爆发机制及可持续防控技术”项目,探明了长江中下游褐飞虱后期突发、灰飞虱区域性暴发关键机制,创新了监测防控技术,成果获得2015年度国家科技进步二等奖。

**2.2.3 森林资源监测预警方面** 中国林科院资源信息所主持完成的“森林资源综合监测技术体系”项目,首次构建了森林资源综合监测指标与技术体系,突破了森林资源信息一体化采集、综合分析处理、集成管理服务等关键技术,自主研发了森林资源综合监测系列软件,实现了森林、湿地、森林灾害、林业生态工程的综合监测、高效管理和集成服务,成果获得2013年度国家科技进步二等奖。

**2.2.4 农产品市场信息采集技术方面** 中国农业科学院农业信息研究所主持完成的“农产品市场信息采集关键技术及设备研发”项目,围绕农产品市场信息的采集,开展了关键技术研究及设备研制,解决了该农产品市场领域信息感知、传输、处理环节的科学问题,为实现农产品市场的信息采集和分析预警提供了有效手段。成果获2014—2015年度农业部中华农业科技奖一等奖。

**2.2.5 农作物生产过程精准化管理方面** 南京农业大学主持完成的“基于模型的作物生长预测与精确管理技术”项目,创建了具有动态预测功能的作物生长模型及具有精确涉及功能的作物管理知识模型,成果获得2008年度国家科技进步二等奖。上海交通大学机械与动力工程学院主持完成的“土壤作物信息采集与肥水精量实施关键技术及装备”项目,围绕精准施肥目标,在土壤作物信息获取、施肥处方生成、变量施肥耕作等方面突破了系列核心技术,成果获得2011年度国家科技进步二等奖。浙江大学主持完成的“植物-环境信息快速感知和物联网实时监控技术及装备”项目,攻克了农田信息快速感知、稳定传输和精准管控3个技术难题,成果获得2015年度国家科技进步二等奖。

**2.3 对现代农业管理的应急调度、防控系统及信息权威发布等发挥了技术支撑**

监测预警能够实时掌握农业信息,对未来发生的

事情进行不间断的预判预警,不仅为解决农业全产业链的重大科学问题提供支撑,同时也是现代农业管理最高端、最基本的工具。随着在食品安全、市场流通、农产品消费、旱涝等灾害、病虫害防控等生产和管理工作中建立监测预警系统,形成了一批数据与深度分析报告、展望报告等,为农业管理者在宏观把控农业全产业链态势、制定应急预案及实施政策模拟等提供了最有利保障。

农业监测预警助力政府应急防控。20世纪90年代以来,通过国家“金农”工程、国家科技支撑计划、农业部市场预警专项等一系列重大工程和科研项目的协作研究与示范,国内成功研发了一系列农业监测预警系统,建立了主要涉及农业生产、食品安全、市场流通、农产品消费、疫病监控、病虫害防控等在生产和管理工作中应用的预测预警系统,并在生产实践中得到广泛普及<sup>[1]</sup>。

近十几年来,农业部、科研单位和企业等坚持开展农产品监测预警工作,建立了数个农产品数量、价格、质量追溯等监测预警系统。如中国农业科学院农业信息研究所建立了“中国农产品监测预警系统”,实现了分时间、分区域的农产品动态监测预警,并为农业决策部门及相关预警分析人员提供了自助协同工作环境,能够及时发布会商后形成的预警报告、展望报告、聚焦报告和调研报告。通过对农产品分品种的常规分析监测和应急追踪监测,以日报、周报、专报、专刊等形式,将农产品市场监测数据及形成的深度报告上报决策部门。2010年以来,农产品的分品种监测由常规监测延伸到热点监测,对于一些已经发生或潜在发生的事件能够及时监测预警,为相关部门及时、有效地进行宏观调控提供了决策参考,提升了对突发事件的应急能力。

监测预警技术支撑《中国农业展望报告》发布。农业展望是农业监测预警的重要出口之一,是组织强化农业信息监测预警体系、完善信息发布制度、开展农产品市场调控的重要工具,美国、澳大利亚等国家的农业展望和监测预警体系相对比较健全。目前在国内已经逐步建立起具有开创性和先导性的中国农业展望大会制度。2014—2017年连续召开的4届中国农业展望大会,受到了国内外广泛关注。大会主要发布了未来10年中国农业展望、进行宏观经济与农业热点专题研讨交流农业监测预警、农业大数据等理论与方法的最新成果,标志着中国特色农产品监测预警体系建设取得重要成效。

### 3 未来展望

当前国内农业的发展正处于传统农业向“优质、高

产、高效、生态、安全”的现代化农业转型期,这必然是一个漫长和艰难的过程,要推动其发展必须依靠技术创新和组织创新的双轮驱动。2015年以来,中国农业科技进步贡献率达到56%<sup>[21]</sup>,仍低于大多数发达国家(75%以上),同时中国也进入了高成本、高风险、资源环境约束趋紧的发展新阶段,迫切需要不断提升信息引领现代农业发展的能力,建立健全、高效的农业信息监测预警机制,把监测预警体系建设作为重要基础建设,提高农业生产和管理效率。

#### 3.1 农业监测预警将与现代农业产业管理唇齿相依

中国提出的国家发展新常态下战略需求,亟待监测预警完善体系支撑。现代农业各产业间的衔接联动、国内外市场间的传导联动以及线上线下的协同互通变得越来越强烈,对现代农业管理和调控提出了巨大的挑战。农业监测预警通过对农业产业链、价值链和供应链的链式监测,以及对信息流、物质流和资金流等的流式预警,可以实现对现代农业全生命周期的实时化、精准化和智能化管理调控。未来伴随信息化和农业现代化的发展,融合了大数据、物联网、云计算和人工智能的农业监测预警,有望成为两者在农业各产业交融发展中的管理利器,为现代农业的转型升级提供必不可少的保障和服务。

#### 3.2 大数据应用将贯穿农业监测预警过程始终

据估算,目前每亩农田每年产生的数据约为15 G(环境与土壤类传感器监测每10 min采集1次数据+市场监测数据+统计监测数据+农情视频监控数据),农业每年还开展大量的统计调查,产生大量的数据。在来源广泛、类型丰富和结构复杂的大数据推动下,农业监测预警的监测信息将从样本向总体延伸,分析对象和研究内容将变得更加细化,监测过程将从农业单一环节向全产业链、全过程、全生命周期扩展,预警周期也将由中长期向短期扩展,预警区域将从全国、省域向市域、县域、镇域,甚至是田块级别覆盖。与此同时也带来了诸多挑战,如何充分利用大数据,化繁为简、去伪存真,亟需建立以需求为导向的实时化信息采集技术,形成标准规范的农业基准数据库,构建多市场、多场景智能模型分析系统,形成可视化的预警服务表达和应用,为现代农业全生命周期精准管理提供支撑。

#### 3.3 实时感知与个性服务成为研究与应用重点

通过物联网技术改造农业,提升各环节智能化程度,有助于实现“环境可测、生产可控、质量可溯”的实时感知。未来将以提高国内农业生产环境监测能力、农业生产和流通智慧化水平、保障农产品质量安全为目标,大力发展农业物联网技术,完善农产品全产业链



监测体系建设为重点,推动传统农业管理方式变革,减少生产管理中的传统路径依赖,建立市场导向的现代农业管理制度;探索建立涉农信息共享机制,形成全行业、可比较的基础数据库;完善工作机制、模型和方法,继续开展中国农业展望活动,发布权威农业市场信息。最终以向 2 亿多农户和成千上万其他农业经营主体提供全流程、多层次、低成本、个性化的信息服务为目标,实现农业信息服务“进村入户”。

### 3.4 以问题导向的数据智能处理将取得突破

数据的处理和分析是监测预警的核心能力,当前数据分析与应用的速度已经远远落后于数据产生的速度。农业生产过程繁杂、生产主体复杂、需求千变万化,针对农业大数据的数据处理分析模型缺乏,未来要以问题解决为导向,加强适用农业大数据分析挖掘技术的研究。围绕农产品消费和粮食产量分析等重点工作,紧抓前沿信息技术和“数据”这一核心,构建大型智能化机理预测模型系统;围绕农业全要素等数据资源,建立农业协同推理和智能决策模型,是未来解决大数据条件下分析预警的关键。未来将在数据处理方法、数据算法和基于云计算的“跨域关联”等方面寻求新的突破,通过数据处理、挖掘、分析,变“大”为“小”,宏观与微观相结合,抽取出农业监测预警的最关键的数据指标,归纳提炼农业信息流变化特征、内在机制、演变规律与影响路径等,凝练农业监测预警的核心方向,推动农业监测预警向更快、更准、更高的方向发展。

### 3.5 国内外技术融合将产生深刻变革

农业监测预警是信息技术服务农业发展的重要体现,是跨学科跨领域的系统工程。未来需要加强人才培养与合作交流、数据共享机制等多方面的建设,联合国内外农业、经济、信息等有关领域专家,提炼农业监测预警领域核心问题,实现农业监测预警工作的大合作与技术融合,为农业监测预警的重大理论问题的突破和关键技术体系的创新提供有利支撑。完善的中国特色的农业监测预警体系,必将成为推进农业现代化,实现国内农业“优质、高产、高效、生态、安全”目标的强

力保障。

### 参考文献

- [1] 许世卫.农业信息分析学[M].北京:高等教育出版社,2013:4-40.
- [2] 许世卫.创新农业监测预警技术服务现代农业建设[J].农产品市场周刊,2014,48:22-25.
- [3] 曹卫星.农业信息学[M].北京:中国农业出版社,2004:1-13.
- [4] 石元春.中国农业信息化发展战略[J].科技导报,2003,21(8):3-6.
- [5] 中国科学技术协会.农业科学学科发展报告:基础农学(2014—2015)[M].北京:中国科学技术出版社,2016:156-172.
- [6] 陈沈斌.小麦、玉米和水稻遥感估产技术试验研究文集[M].北京:中国科学技术出版社,1993.
- [7] 刘万才,姜玉英,张跃进,等.中国农业有害生物监测预警 30 年发展成就[J].中国植保导刊,2010,9:35-39.
- [8] 信乃谕.半个世纪的中国农业科技事业[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [9] 孙九林.农业信息工程的理论、方法和应用[J].中国工程科学,2000,2(3):87-91.
- [10] 王人潮,史舟.农业信息科学与农业信息技术[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [11] 汪懋华.汪懋华文集[M].北京:中国农业大学出版社,2012:127-311.
- [12] 赵春江.精准农业研究与实践[M].北京:科学出版社,2009:1-27.
- [13] 赵春江,杨刚.农业专家系统现状与未来[J].农业网络信息,1992(2):1-7.
- [14] 卢良恕,刘志澄.中国中长期食物发展战略[M].北京:中国农业出版社,1993.
- [15] 张强,高歌.中国近 50 年旱涝灾害时空变化及监测预警服务[J].科技导报,2004,7:21-24.
- [16] 李道亮.中国农村信息化发展报告[M].北京:电子工业出版社,2017:368-380.
- [17] 唐华俊.耕耘六十载,收获一甲子[M].北京:中国农业科学技术出版社,2017.
- [18] 农业部科技教育司,中国农业科学院农业信息研究所.2000—2010 年国家奖励农业科技成果汇编[M].北京:中国农业出版社,2013.
- [19] 袁惠民,许世卫.2011—2015 年国家奖励农业科技成果汇编[M].北京:知识产权出版社,2016.
- [20] 袁雪.2008—2015 年中国农业科技奖励获奖成果信息分析[M].北京:中国农业科学技术出版社,2016.
- [21] 中华人民共和国农业部.2016 中国农业发展报告[M].北京:中国农业出版社,2016:5.