

农业气象观测资料应用现状及建议

■ 杨霏云 史继清 陈德生 樊栋樑 马杰

利用样本采集和统计归纳等方法,将常规农业气象观测资料中的作物观测、农业小气候观测、土壤水分观测等观测情况和数据应用情况进行总结,分析农业气象观测资料在气象为农服务工作中未能充分应用的原因,给出深度应用农业气象观测资料的建议,为农业气象观测内容的改革提供依据,同时为农业气象业务服务技术发展提供思路。

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2021.05.025

农业气象观测作为现代气象综合观测系统组成部分之一,是对农业气象要素和农业生产的对象和过程进行平行观察、测定和记载的一种专业观测。中国的农业气象观测站网和农业气象业务服务主要模式源于前苏联,始于21世纪50年代;60—70年代的农业气象观测中断,直至80年代初恢复。目前中国的农业气象观测站共为653个,分为国家一级站和二级站。观测种类分为常规农业气象观测、特种观测和农业气象试验观测。目前大部分农业气象观测站主要进行常规的农业气象观测。

农业气象观测是农业气象服务和科研工作的基础,是开展气象为农业服务的重要数据支撑,也为各级农业、统计等相关部门了解农情提供了依据。农业气象观测资料在农业气象情报服务中大量的应用,发育期资料、土壤水分资料等用于鉴定农业生产对象、生产过程与气象条件的关系,评价气象条件的优劣;农用天气预报、发育期预报、农业气象灾害预报等农业气象预报服务也需要结合发育期、土壤水分、农业气象灾害等资料,预测未来农作物生长发育阶段、生长发育条件及农业气象灾情的发展变化趋势。近些年特色农业气象服务需求凸显,不同农业区域的农业小气候数据也为特色农业的情报服务、预报服务、农业小气候调控等提供了有针对性的资料。

随着农业对气象服务精细化需求和针对性要求的不断提高,常规农业气象观测越来越不能满足现代农业气象服务需求,表现为农业气象观测代表性不够、观测密度和频次不足等。但从现有农业气象观测资料来看,由于各种原因部分观测项目长期以来在气象为农服务工作中应用较少,造成了观测资源的较大浪

费,也不利于提高农业气象服务工作的质量。而针对农业气象观测资料应用现状的分析评估及价值深度挖掘的研究,已有文献中缺乏系统性的阐述。基于此,本文利用样本采集和统计归纳等方法,将常规农业气象观测资料中的作物观测、农业小气候观测、土壤水分观测等观测情况和数据应用情况进行总结,分析农业气象观测资料在气象为农服务工作中未能充分应用的原因,给出深度应用农业气象观测资料的建议,为农业气象观测内容的改革提供依据,同时为农业气象业务服务技术发展提供思路。

1 农业气象观测现状

1.1 农业气象观测内容

中国气象局的大部分农业气象观测站主要进行常规农业气象观测,主要包括作物观测、土壤水分观测、自然物候观测、畜牧观测和农业小气候观测等。作物观测是大多数农业气象观测站的观测内容,观测的作物是当地主要种植的大宗作物。作物观测包括作物生育期观测、生长状况评定和产量因素测定、大田观测与调查、生长量测定、产量结构分析、农业气象灾害及病虫害的观测等项目。其中,作物的生育期观测是根据作物的外部形态变化,记载作物生育过程中各个发育期出现的日期;生长状况的观测主要是针对作物某几个发育期进行高度、密度及产量因素等的观测;生长量的测定是指在一定时间(或发育期),剪取一定数量具有代表性的植株,测定其单位面积上的叶面积和植株干物质重量;产量因素的观测是指在作物产量形成后期,对构成产量的各因素如株穗数、结实粒数、粒重等产量结构进行测定。农业气象灾害、

收稿日期: 2020年1月6日; 修回日期: 2020年2月12日

第一作者: 杨霏云(1972—), Email: yangfy@cma.gov.cn

资助信息: 中国气象局气象软科学研究项目(2019ZZXM28)

病虫害观测是指对农业生产对象的受灾害症状等的观测和调查，内容包括植物受灾症状、受害程度、灾前灾后采取的主要措施、预计对产量的影响等，除此以外，还要记载灾害发生时的主要气候情况。

土壤水分观测是指测定代表地块中土壤的水分含量，包括人工和自动两种观测方法。人工观测指的是利用手工取土的方式，使用烘干称重法测定土壤湿度，其优点是观测数据较准确，缺点是过程复杂、时间较长、人力耗费大。随着气象观测自动化工作的推进，自动土壤水分观测已逐渐代替人工土壤水分观测，目前中国已有2000多个自动土壤水分观测站。自动土壤水分观测的优点是实时获得当前墒情，反映墒情的连续、动态性变化；缺点是观测仪器移动不便，必须在固定地点观测且观测精度也需要进一步订正。

自然物候观测是指各观测站针对当地自然环境中具有代表性的动植物，观测其生命活动的季节变化，以及观测在特定时间出现的某些气象、水文现象。长序列物候观测资料过去多被用于气候变化研究，近些年随着气象观测自动化水平的不断提高，自动气象观测站能获取长序列、精细化的气象信息，自然物候观测的重要性有所下降。2013年，中国气象局调整了自然物候观测布局，即在国家一级农业气象观测站保留自然物候观测任务，国家二级农业气象观测站取消了自然物候观测任务。

畜牧观测是主要在牧业区进行的一种农业气象观测。观测内容除针对牧区主要牧草发育期、牧草生长状况、畜牧气象灾害及病虫害等的观测外，还对牧区的放牧家畜膘情和牧事活动进行观测调查。

农业小气候观测指农业生物活动环境（如农田、果园、温室、畜舍等）和农业生产活动环境（如喷药和农产品储运环境等）的物理量的测定。通常观测的小气候要素有表征辐射、气体成分、水汽及空气运动的各种特征量。

在中国大部分种植业区的农业气象观测站，作物观测、土壤水分观测及农业小气候观测均是主要的观测内容，故本文主要分析这三种农业气象观测资料的上报及应用情况。

1.2 农业气象观测数据传输格式

2009年前，农业气象观测数据的记录和传输业务多为手工操作，数据记录采用手工纸质记录，数据处理采用计算器计算，传输采用手工编发报文的形式上传，资料的纸质化和观测记载的人为差异性，给资料的服务和科研应用带来很大不便。为提高农业气象观测资料信息化程度，中国气象局观测司2009年下发了

农业气象测报业务系统软件（AgMODOS V1.0），并于2010年1月1日在全国农业气象观测站正式投入业务运行。

AgMODOS的业务应用，改变了原手工记录、分析、统计的方式，实现了农业气象观测资料录入、传输、管理等业务的信息化。

1.3 农业气象观测的质量

1.3.1 农业气象观测人员调查

通过问卷调查方式，对农业气象观测的各项内容是否观测、是否及时上报情况进行调查。问卷发放地包括吉林、辽宁、内蒙古、河北、河南、山西、湖北、广东、福建、新疆、山东、青海、云南、陕西、江苏、宁夏等16个省（自治区），总共调查了30个农业气象观测站的业务人员，调查内容主要为“常规农业气象观测中的作物观测是否按《农业气象观测规范（上卷）》规定的时段及项目进行”，回收的30份调查问卷全部有效，结果表1所示。

表1 农业气象观测的各项内容调查情况

观测项目	作物发育	作物生长发	作物产量结	农业气象灾害	农作物病虫害
	期观测	育状况观测	构要素观测	观测或调查	观测或调查
观测比例/%	100	95	100	94	87
是否实时上传	是	是	是	是	是

据调查表的分析数据显示，作物观测的各项观测内容中，除发育期和作物产量结构要素的观测比例为100%外，作物生长发育状况观测、农业气象灾害观测或调查及农作物病虫害观测或调查均不是完全按照观测规范实时观测，其中病虫害观测比例最低。

1.3.2 农业气象观测资料统计分析

（1）观测资料来源

2016、2017、2018、2019年全国作物观测资料来自于国家气象信息中心相关网站；2019年全国土壤水分资料的统计分析情况来源于中国气象局大气探测中心相关网站；2013—2018年农业气象灾害资料和农业病虫害资料来源于国家气象中心相关网站。

（2）作物观测资料统计分析

从2016—2019年河南、山东、河北三省的冬小麦观测站和湖南、江西、福建三省的一季稻观测站中各随机选取1~2个农业气象观测站，统计连续四年作物发育期、作物生长状况、植株高度和植株密度的观测情况（表2），可以看出，在6个冬小麦观测站中，发育期观测的漏报率为4%、生长状况的漏报率为7%、植株高度的漏报率为13%、植株密度的漏报率为15%；5个一季稻观测站中，发育期的漏报率为2%、生长状况的漏报率为3%、植株高度的漏报率为7%、

表2 2016—2019年代表站作物观测情况统计

作物	省份	观测站数	发育期观	生长状况	植株高度	植株密度
			测漏报率 /%	观测漏报 率/%	观测漏报 率/%	观测漏报 率/%
冬小麦	山东、河北、河南	6	4	7	13	15
一季稻	湖南、江西、福建	5	2	3	7	4

注：北方冬小麦发育期观测要求全生育期共观测13个发育期，生长状况观测要求全生育期共观测3次，植株高度观测3次，植株密度观测5次；南方一季稻发育期观测要求全生育期共观测11个发育期，生长状况观测要求全生育期共观测2次，植株高度观测3个，植株密度观测4次。

植株密度的漏报率为4%。

自2017年之后，基层农业气象观测站在农业气象观测资料实时上传之后，还要启动年度观测资料整理上传业务，对于缺测记录加以更新、更正。整编之后的作物观测资料缺测记录非常少。通过下载并统计2009—2018年全国农业气象灾害观测上报情况（图1），发现不同年份、不同观测站上报的情况差异较大，上报的站数基本呈逐年递减的趋势。十年中总观测记录数为6648条，平均每年为665条，且2018年上报的观测站不足2009年的十分之一；十年中上报农业气象灾害的站为36—323个站不等，平均每年为147站。其中2009—2013年共有347个农业气象观测站上报农业气象灾害信息，共有306个站无任何灾情信息上报；2014—2018年农业气象灾害上报次数为0的观测站达到512个，上报的站数仅为141个。

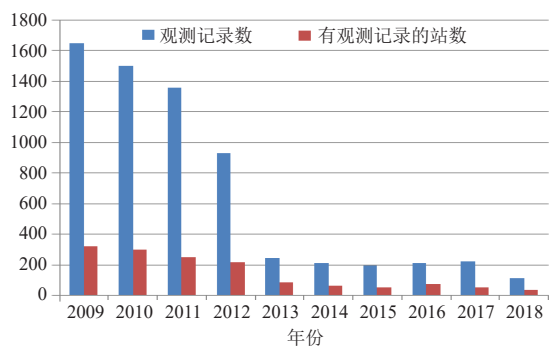


图1 2009—2018年农业气象灾害观测资料上报情况统计

农业气象灾害观测上报频次差异较大，究其原因：一是由于各地农业气象灾害的发生频率本身差异较大，二是各地对于农业气象灾害观测和上报尺度掌握不一致。另外由于农业气象观测站与地面气象观测站观测体系分离等原因，之前使用地面气象观测中灾情观测的农业气象站，很多不再上报灾情信息。农业气象灾害观测资料的统计结果与个别农业气象观测站人员不进行农业气象灾害观测的调查结果基本相符（农业气象观测人员调查过程中由于受观测人员主观因素影响，结果中观测比例存在偏高的可能性），可

见农业气象灾害观测存在由于人为因素导致漏报率增多的现象。

通过统计2013—2018年全国农作物病虫害资料（表3），发现在常规农业气象观测资料中，农作物病虫害的观测资料记录上报最少，六年內共有50个农业气象观测站上报，观测资料记录有344条（次），平均每年仅有57个记录。这与农作物病虫害观测情况的调查结果也相符，可见农作物病虫害观测是常规农业气象观测中观测质量最差的一个项目，也佐证了全国农业气象观测站中有数量相当可观的农业气象观测站不进行农作物病虫害观测。

表3 2013—2018年农作物病虫害观测资料上报情况统计

年份	观测记录数	有观测记录的站数
2013	37	12
2014	67	20
2015	78	29
2016	62	17
2017	48	12
2018	52	15

（3）土壤水分观测资料统计分析

2007年之前，中国气象局土壤水分观测以人工观测为主。自2007年以来开始建立自动土壤水分观测站，到2019年全国已经有2000多个自动土壤水分观测站。目前自动土壤水分观测成为业务服务中主要的土壤水分资料来源。但据一些学者针对全国及安徽、江苏、山西、山东、陕西等十几个省的自动土壤水分观测情况进行分析，部分自动土壤水分观测数据与人工土壤水分观测数据相比误差较大，准确性有待提高。近年来中国气象局大气探测中心、国家气象信息中心、河南、山东、陕西等省研发了系列自动土壤水分观测资料质量控制方法，促进了资料质量的提高。但部分观测站仍然由于自动土壤水分观测站安装、土壤代表性及仪器本身误差等原因，资料存在一定的误差。据中国气象局大气探测中心综合气象观测数据质量控制系统（天衡）统计分析，2019年全年全国自动土壤水分观测资料中通过质量检查的数据与应收数据之比（观测可用率）为91.3%，因为通信异常或设备故障导致8.7%的数据未能正确上传；通过质量检查的数据与实收数据之比（数据正确率）为98.4%，全年收到的数据中有1.6%的数据值出现异常。

2 农业气象观测资料在气象为农业服务中的应用现状

2.1 农业气象观测资料在农业气象情报中的应用

农业气象情报是为分析气象条件变化对农业生

产影响而编制的具有实时性、综合性特点的专业性简报，是农业气象监测评价业务的主要表现形式。其主要原理是根据农业生产对气象条件的要求，将已经出现的气象条件与农业气象指标结合，分析、鉴定过去和当前气象条件对农业生产可能产生的影响并提出相应对策建议。

目前国家级、省级、地市级和部分县级气象部门定期制作农业气象周报、旬报、月报等农业气象情报服务产品（网站），主要内容包括过去一段时间的气象条件概述、农作物或其他农业生产对象的生长发育阶段、气象条件对农业生产的利弊影响、结合未来一段时间的气象预报做出的农业生产条件预估和农业生产建议等。在这些农业气象情报的制作过程中，评价农业气象条件的重要依据之一是农业气象指标。农业生产对象的各个生长发育阶段的农业气象指标不同，在评价农业气象条件时，要紧密结合农业生产对象的发育阶段或物候期，农业气象观测中的发育期资料是农业气象情报业务应用的重要资料。

针对特色农业生产对象的农业气象评价服务中，农业小气候资料不可或缺。传统农业气象指标中尚未涵盖某些特色农业生产对象生长发育的气象指标，特色农业气象指标经常基于特色农业生产对象周边的小气候特征建立。利用农业小气候观测的各种气象要素与特色农业气象指标，可以更加准确地评价气象条件是否适宜特色农业生产对象的生长发育。

农业气象情报中的土壤水分监测报告的主要内容是指各地土壤水分观测资料的分布、发展变化，土壤水分观测资料是主要的资料来源。

目前的农业气象情报业务在进行农业气象评价时，大多只是评价某个作物生长发育阶段的气象条件。农业气象条件对作物生长发育和产量的影响，在生育过程中具体表现在生长状况和产量形成上。但在农业气象评价业务服务中，农业气象观测资料中的生长高度、密度、产量因素、生长状况评定、大田生育状况观测调查等生长状况观测资料应用较少。陈怀亮等利用自然正交函数分解等方法对河南省近30多年的气候和近20多年的小麦产量构成三要素（穗数、粒数、粒重）进行了时空变化特征分析，并在此基础上分析了春季气候变化对小麦产量及其构成要素的影响。可见将气象条件与农作物的生长发育状况有机结合作为农业气象评价的依据，将是未来农业气象评价的发展趋势，既可深度应用作物观测中的作物长势观测、农业气象灾害观测资料，又可提高农业气象评价的农业意义和量化水平。

2.2 农业气象观测资料在农业气象预报中的应用

2.2.1 观测资料在农用天气预报中的应用

农用天气预报是从农业生产需要出发，结合农业气象指标，依据天气学原理，采用现代预报技术和分析手段，分析、预测未来天气条件对农业生产中的农事活动或农业技术措施等的影响。农用天气预报是普通天气预报与作物发育进程、关键农时季节等农业生产实际的有机结合。其中在做农用天气预报时，需要对作物的发育期进行预报。作物发育期预报一般是根据作物的生物学特性，结合气象条件对作物发育进程的影响而做出的发育期出现日期的预报。预报的主要方法有经验统计法和作物模拟法，这些方法均要用到作物前期的发育期观测资料来预测未来的发育期。农用天气预报的技术流程如图2，其中作物发育期是农用天气预报的重要基础资料之一。

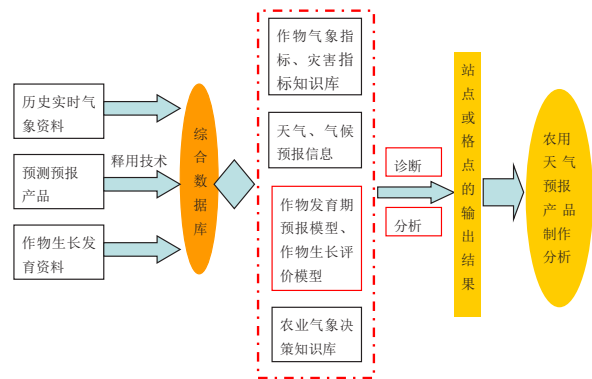


图2 农事活动农用天气预报的技术路线概念图

2.2.2 观测资料在农业气象产量预报中的应用

农业气象产量预报即农作物产量气象预报，是根据农业生产对象与农业气象条件之间的定量关系，预测农业生产对象的单位面积产量的一种农业气象预报。编制农业气象产量预报的主要方法可分为数理统计预报、遥感预报和动力生长模拟预报三种。数理统计预报主要是建立气象条件与历史产量间的关系模式，从而预测未来的产量，一般各级气象部门用来建立产量预报模式的产量资料均来源于统计部门，并未应用农业气象观测资料。动力生长模拟预报的方法是指利用作物模型预报农作物的产量，在作物模型的建立过程中，要用到作物发育期、作物生长发育的各种过程量、各种土壤参数等来建立模型或调试已有模型的参数。但由于作物模型的参数复杂，各种参数不易获取，目前在业务服务中应用并不广泛。

产量是由作物生长发育各阶段的气象条件综合决定形成，作物观测中的作物产量结构要素的观测，是衡量气象要素对产量形成影响利弊的重要观测项目。

目前业务服务中作物产量预报模型主要利用各区域（国家、省、市、县）统计产量构建，作物产量结构要素的应用较少。由于区域统计产量的误差等原因，有时难以反映气象条件的真实影响，更难以反映不同气象条件对各个产量构成要素的影响。以后的研究中应加强农业气象观测站产量结构要素的分析，促进产量形成过程的评价和预报定量化水平的提高。

2.2.3 观测资料在农田土壤水分预报中的应用

农田土壤水分预报是对作物的根层或其他指定土层内未来一段时期的土壤含水量进行预报，也是农业干旱综合预报的主要预报依据。由于需要根据作物不同发育阶段对水分的需求和外界对土壤水分供应状况的好坏做出判断，所以土壤水分观测资料和作物发育期观测资料均是农田土壤水分预报的重要资料来源。值得注意的是，目前自动化土壤水分观测的准确性问题在一定程度上影响了土壤水分预报的准确性。

2.2.4 观测资料在农业小气候要素预报中的应用

农业小气候要素预报是指针对农业小气候观测的温度、湿度、光照、CO₂浓度等要素进行预测，目前农业小气候要素预报主要在设施农业气象服务中开展。设施小气候要素预报方法一般是基于设施内小气候要素观测资料和设施外气象观测资料，建立统计预报模型，利用设施外气象预报资料预报设施内气象要素。设施小气候观测是预报服务的重要资料来源，目前山东、天津、辽宁的部分地区设施小气候要素预报服务在农业生产中发挥了重要作用，但其他省（自治区、直辖市）由于观测资料、预报技术等原因，设施小气候要素预报服务开展较少。

2.2.5 观测资料在农业病虫害发生发展气象等级预报中的应用

农林病虫害气象条件预报是监测气象条件对农林病虫害发生发展影响以及病虫害发展状况，在病虫害防治关键期或猖獗期之前开展的气象条件监测预报预警类服务。主要包括农林病虫害发生发展气象等级预报和农林有害生物预报预警两类产品。其中，农林病虫害发生发展气象条件预报是利用现代数理统计方法，根据气象条件对病虫害发生流行和害虫生长发育影响的程度建立定量评价指标和预测模型，预报未来一段时间农林病虫害发生发展的气象条件等级。病虫害发生发展气象等级预报是一种环境气象条件预报，主要利用的资料是作物发育期和气象资料。农林有害生物预报预警主要利用的资料除了作物发育期、气象资料外，还需要病虫害观测和发生情况资料。但由于气象部门的病虫害观测资料很少，预报用到的主要资

料均来源于农业部门。

综上所述，各种农业气象预报中，农业气象观测资料的应用情况见表4。

表4 农业气象预报应用情况统计

观测项目	作物发育 期观测	作物长势 观测	农业气象 灾害观测	农业病虫害 害观测	农业小气 候观测	土壤水分 观测
应用情况	大量应用	部分应用	部分应用	少量应用	部分应用	大量应用

农业气象预报服务是农业气象服务中的重要服务内容。农业气象预报对象复杂，应用的预报技术各异，应用的农业气象资料多样。由于部分预报技术并不十分普及，导致农业气象观测资料的应用不够广泛。例如作物模型、设施小气候要素预报等预报技术的普及程度有限，影响了作物长势资料和设施小气候观测资料的应用。另外，观测质量的问题，也影响了部分业务服务的发展。例如自动化土壤水分观测资料的准确性有待提高，不能完全满足土壤水分及干旱监测预报的要求。还有部分农业气象观测十分不规范，甚至与业务服务脱节。例如作物病虫害观测，基本不能在业务服务中应用，业务服务中应用的病虫害资料大多来源于农业部门的共享。如观测不能满足业务的需要，则要视服务情况调整观测内容。

2.3 农业气象观测资料在农业气象灾害监测预警评估服务中的应用

农业气象灾害的监测评估以及预警包含两方面内容，一方面是对农业生产过程中发生的不利天气或气候条件进行监测评估或预警，包括可能致灾的高影响天气出现的区域（农区）、灾害性天气的强度、持续的时间等；另一方面是对灾害受体即农作物的影响程度、灾害程度的描述，包括判断作物是否处于对该类灾害性天气敏感的时段，进而判断对该作物的影响程度、影响范围等。在业务服务过程中，主要根据作物生长发育状况监测、农业气象灾害指标、灾情收集与调查资料、天气预报（含数值天气预报）、气候预测等制作农业气象灾害监测预警评估业务服务产品（图3），主要用到农业气象观测中的农作物发育期、生长发育状况资料、农业气象灾害观测和调查资料。但如表5统计信息所述，农业气象灾害资料长期以来漏报率较高，导致业务人员对农业气象灾害资料的应用不够充分。而实际农业气象灾害业务服务中，由于没有有效的评估模型和完备的灾害影响信息等原因，灾害评估的定量化程度一直较低。

2.4 农业气象观测资料在其他农业气象服务中的应用

近年来，气象为农业服务为适应现代农业发展，

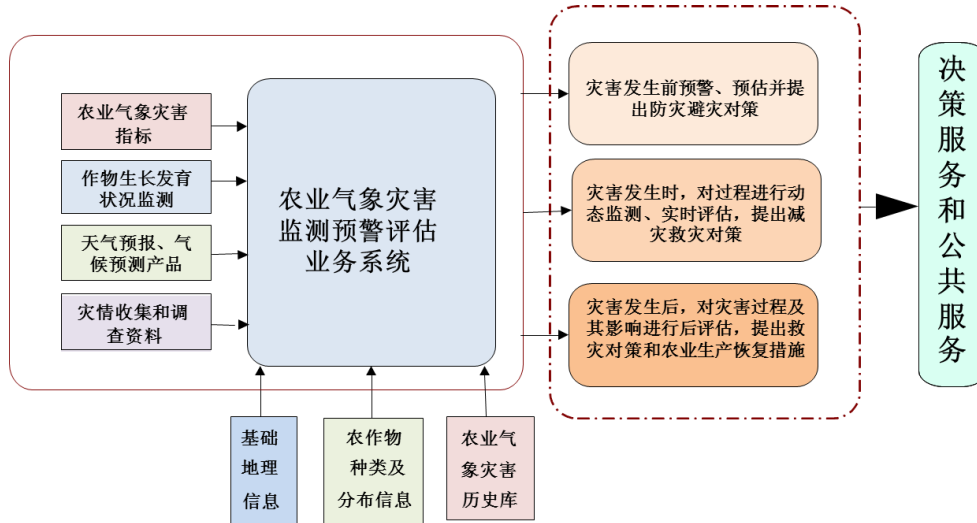


图3 农业气象灾害监测预警评估业务流程

表5 农业气象灾害监测预警评估服务应用情况统计

观测项目	作物发育 期观测	作物长势 观测	农业气象 灾害观测	农业病虫 害观测	农业小气 候观测	土壤水分观测
应用情况	大量应用	部分应用	大量应用	未应用	部分应用	大量应用
目前资料 情况	具备	部分具备	少量具备	不具备	部分具备	具备(资料准 确率有待提 高)

开展了一些新型的农业气象服务，比如天气指数保险服务和农产品气候品质认证服务等。天气指数保险服务是指把一个或若干个气候条件（如气温、降水、风速等）对农作物损害程度指数化，每个指数都有对应的农作物产量和损益，保险合同以这种指数为基础，当指数达到一定水平并对农产品造成一定影响时，投保人就可以获得相应标准的赔偿。农产品气候品质认证是指依据天气气候条件对作物品质影响的优劣等级作出评定，思路是依据农产品品质与气候的密切关系，通过相关数据的采集收集、实地调查、试验、对比分析等技术手段方法，设置认证气候条件指标，建立认证模型，综合评价确定天气气候对生产阶段的农产品品质影响的优劣，最终评定出农产品气候品质等级。

为建立不同程度的不利气候条件对应农作物不同灾损或气候品质的指数，要在传统农业气象指标的基础上，进一步观测、调查或试验某种灾害或不同气候条件下对作物产量或品质的具体影响，农业气象灾害观测和调查资料、作物产量结构和品质等资料均非常重要，另外在进行指标的重新订正或获取的试验过程中，农业小气候资料也不可或缺。但在这些技术中，一是由于针对特种农业气象服务的观测体系尚未建立，二是服务技术的普及程度不足，农业气象观测资料的应用也较少。

3 结论与建议

农业气象观测是中国气象局开展农业气象业务服务的重要资料来源，通过整理分析农业气象观测资料的上报情况及主要农业气象业务服务技术的现状，梳理了农业气象观测资料在各类农业气象业务服务中的应用现状，得出农业气象观测资料可以在气象为农服务工作中进行深度发掘应用的结论。主要分析结论与应用建议如下：

1) 由于农业气象观测内容和方法复杂，自动化程度低、质量考核困难等原因，农业气象观测的规范化程度较低，观测资料缺报的现象一直存在。其中，农作物发育期观测和作物生长状况等观测较为规范，资料的缺报率较低；农业气象灾害资料有一定的缺报现象，上报频次呈逐年下降的趋势；农业病虫害的观测在全国大部分农业气象观测站没有规范化开展。

2) 作物发育期资料应用最广泛，作物长势、生长高度、密度、产量结构要素等资料应用较少，造成了观测资源的浪费。在农业气象评价和预报业务服务中，应加强将气候条件与作物生长发育和产量结构要素相结合的评价，研发预报指标，一方面提高评价和预报的定量化水平和实用性，另一方面可提高观测资料的应用深度。

3) 农业气象灾害观测和调查资料在多种农业气象业务服务中均应是重要资料来源，但目前台站进行农业气象灾害观测、调查资料较少，影响了农业气象灾害类业务服务应用。提高农业气象灾害观测和调查的规范化程度、及时获取灾害资料，是促进农业气象灾害类业务服务水平提高的重要途径。农业病虫害资料由于观测难度大，目前极少台站进行病虫害观测、

调查业务,仅有的少量观测资料并未应用在相关业务服务中,建议加强与农业部门的资料共享力度,气象部门的农业病虫害观测内容则应根据本地的业务服务需求进行取舍。

4) 自动化土壤水分观测在全国已普及,观测资料已作为各地监测和预测土壤水分的重要基础数据,但由于部分观测站的自动土壤水分观测仪器标定、观测误差等原因,观测资料的准确率不及人工土壤水分观测,影响了应用的实效。在观测业务服务中应切实加强加强对观测仪器的标定和数据的质量控制,提高自动

化土壤水分观测资料的准确性。

5) 全国气象部门为了提高特色农业气象服务的针对性,近年来建立了很多农业小气候观测站,观测资料已在特色农业气象评价、小气候要素预报、农产品气候品质认证等业务服务中应用。但农业小气候要素的观测资料没有形成统一上报体系,省、市级气象部门对农业小气候要素资料的应用开发不够。今后一方面要进一步规范农业小气候资料上传的途径,另一方面要加强农业小气候资料应用方面的技术研发与应用培训,更大限度地提高农业小气候资料的应用效益。

深入阅读

曹婷婷,吴东丽,邵楠,等,2017. 自动土壤水分观测值订正方法及湿度产品分析. 现代农业科技, (18): 160-161, 163.

曹婷婷,吴东丽,沈超,等,2017. 全国自动土壤水分观测运行监控APP设计. 现代农业科技, (19): 195-196, 200.

此永芝玛,2016. 高原特色农业气象服务监测网建设建议. 现代农业科技, (9): 244-245, 250.

陈怀亮,余卫东,薛昌颖,等,2010. 亚洲农业气象服务支持系统发展现状. 气象与环境科学, (1): 65-72.

陈怀亮,张弘,李有,2007. 农作物病虫害发生发展气象条件及预报方法研究综述. 中国农业气象, (2): 212-216.

陈怀亮,张雪芬,赵国强,等,2006. 河南省春季气候变化及其对小麦产量构成要素的影响. 河南气象, (1): 47-52.

成兆金,庄立伟,2011. 农业气象测报业务系统的输入技术. 气象科技, 39(3): 352-355.

成兆金,庄立伟,李轩,等,2019. 农业气象测报工作基数统计系统开发与应用. 气象科技, 47(2): 367-372.

李仁忠,王治海,金志凤,等,2015. 浙江省农产品气候品质认证服务浅析. 浙江气象, 36(4): 23-25, 43.

李孝军,李玉涛,2011. 自动土壤水分观测准确性研究. 山东气象, 31(4): 62-65.

李玉春,姜楠,徐淑华,2015. DZN3自动土壤水分观测仪的误差分析. 黑龙江气象, 32(2): 42-43.

李郁竹,1996. 全俄农业气象研究所简况及遥感在农业上的应用. 中国农业气象, (6): 44-46.

罗梦森,邝珠江,杜德平,2011. 盐城市特色农业与设施农业气象服务指标. 农技服务, 28(1): 122-123.

马树庆,王春乙,2009. 我国农业气象业务的现状、问题及发展趋势. 气象科技, 37(1): 29-34.

孙立德,马成芝,高鹏,等,2015. 北方日光温室精细化农用天气预报及综合调控技术研究. 现代农业科技, (18): 196, 203.

孙作启,陈立春,范庆东,2015. DZN1型自动土壤水分观测数据质量控制方法研究. 山东气象, 35(4): 57-59.

王博妮,景元书,2009. 农作物病虫害气象条件预报方法研究进展. 江苏农业科学, (4): 25-27.

王佳强,赵煜飞,任芝花,等,2018. 中国自动土壤水分观测资料质量控制方法设计与效果检验. 气象, 44(2): 244-257.

王良宇,张艳红,程路,2014. 自动土壤水分观测资料应用误差分析. 气象科技, 42(5): 731-736.

魏瑞江,李春强,姚树然,2006. 农作物气候适宜度实时判定系统. 气象科技, 34(2): 229-232.

徐远远,2013. 基于最小二乘二次曲线的土壤水分数据质量控制系统设计. 气象与环境科学, 36(3): 58-62.

薛晓萍,李鸿怡,李楠,等,2012. 日光温室小气候预报技术研究. 中国农学通报, 28(29): 195-202.

杨霏云,高学浩,钟琦,等,2012. 作物模型、遥感和地理信息系统在国外农业气象服务中的应用进展及启示. 气象科技进展, 2(3): 34-38.

杨霏云,郑秋红,罗蒋梅,等,2015. 实用农业气象指标. 北京: 气象出版社.

杨太明,许莹,孙喜波,等,2016. 安徽省夏玉米干旱天气指数保险产品设计与应用. 气象, 42(4): 450-455.

杨晓娟,刘布春,刘园,2012. 中国农业保险近10年来的实践与研究进展. 中国农业科技导报, 14(2): 22-30.

尹贞铃,田中伟,许伟峰,等,2015. GStar-I型自动土壤水分观测仪数据标定方法研究. 陕西气象, (6): 34-37.

张淑杰,孙立德,马成芝,等,2016. 日光温室番茄低温冻害指标确定及温度预报模型建立. 气象与环境学报, (4): 98-105.

张旭晖,商兆堂,蒯志敏,等,2008. 江苏特色农业气象服务初探. 安徽农业科学, (30): 13332-13333, 13373.

张有菊,2012. 农业气象自动站与人工观测值的对比分析. 山东农业科学, 44(7): 112-115.

周驰,2013. 浅谈自动土壤水分观测仪标定及数据订正方法. 西藏科技, (8): 68-70.

朱亚东,董德保,张广元,等,2019. DZN2型自动土壤水分仪数据错误原因分析. 现代农业科技, (12): 187-188.

(作者单位: 杨霏云、樊栋樑、马杰, 中国气象局气象干部培训学院; 史继清, 西藏自治区气候中心; 陈德生, 河南省气象局)