

“十二五”国家科技支撑计划项目“农林气象灾害监测预警
与防控关键技术研究(2011BAD32B00)”资助

Study on Key Technologies of Monitoring and
Early Warning, Prevention for Agro-meteorological
and Forest Disasters

农林气象灾害监测预警 与防控关键技术研究

王春乙等 著



科学出版社

“十二五”国家科技支撑计划项目“农林气象灾害监测预警
与防控关键技术研究(2011BAD32B00)”资助

Study on Key Technologies of Monitoring and
Early Warning, Prevention for Agro-meteorological
and Forest Disasters

农林气象灾害监测预警 与防控关键技术研究

王春乙等 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是“十二五”国家科技支撑计划项目“农林气象灾害监测预警与防控关键技术研究”的研究成果。主要阐述了农林气象灾害监测预警与防控关键技术国内外相关研究进展和发展趋势及其主要研究内容与研究方案;在此基础上,全面系统地介绍了重大农业气象灾害的立体监测与动态评估技术、预测预警技术、防控与管理技术、风险评估与管理关键技术及森林火灾风险评价与防范技术的最新研究方法、技术与成果,经过凝练、整理和编辑,充分反映了农林气象灾害监测预警与防控关键技术研究的最新进展和系统性研究成果。

本书可供从事农业气象灾害领域工作的研究人员、管理人员、业务人员阅读和参考,也可以供政府减灾管理部门的技术官员、保险工程技术人员参考使用,还可作为高等院校相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

农林气象灾害监测预警与防控关键技术研究 / 王春乙等著. —北京: 科学出版社, 2015. 11

ISBN 978-7-03-046231-2

I. ①农… II. ①王… III. ①农业气象灾害-监测预报-研究 ②农业气象灾害-灾害防治-研究 IV. ①S42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 264662 号

责任编辑: 霍志国 / 责任校对: 张小霞 赵桂芬

责任印制: 徐晓晨 / 封面设计: 铭轩堂

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京教图印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 11 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2015 年 11 月第一次印刷 印张: 27 3/4 插页: 5

字数: 570 000

定价: 138.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

撰写专家组

主 编 王春乙 赵艳霞 刘建栋 李玉中 舒立福

副主编 郭建平 霍治国 孙忠富 张继权 刘晓东

成 员	赵俊芳	张 祎	吕厚荃	吴门新	李祎君
	何延波	张建平	何永坤	杨沈斌	王萌萌
	黄敬峰	程勇翔	郭瑞芳	方文松	张志红
	成 林	陈怀亮	邬定荣	毕建杰	陈新光
	胡 飞	姜会飞	匡昭敏	陆魁东	殷建敏
	郭家选	李巧珍	刘布春	刘 杰	吕国华
	徐春英	褚金翔	杜克明	李 晶	张建诚
	张继祥	郑飞翔	苏一峰	刘 玲	关福来
	刘兴朋	佟志军	高晓容	吴文军	张 琪
	刘晓静	蔡菁菁	张玉静	姚蓬娟	孟 林
	姚树然	刘宏举	王明玉	赵凤君	周汝良
	闻东新	叶江霞	郭恩亮	朱 萌	张京红

序

自然灾害是人类社会面临的共同挑战。受特殊的天气气候条件、自然地理环境、人口密度与分布、经济发展阶段、科技发展水平、综合管理应对能力等诸多因素影响，我国是世界上发生自然灾害最为严重的国家之一，灾害种类多、分布地域广、发生频率高、造成的损失重。在各种自然灾害中，约 70% 为气象灾害，而因气象灾害造成的损失中，农林业气象灾害占 60% 以上，在我国主要包括干旱、洪涝、低温冷害、霜冻、冰雹、热害（含干热风）、森林火灾等。农业是气候影响最敏感的领域之一，如何采取有效措施，减轻气象灾害给我国农业带来的经济损失，已成为各地气象部门重点关注和研究的问题。农业是一个高风险产业，而气象灾害则是农业生产最主要的风险源。受全球气候变化因素的影响，气象灾害对农业影响的风险也进一步加剧，已引起国际社会的普遍关注，对风险的评估分析和预测研究越来越引起各国科技界和决策部门的重视。

进入 21 世纪以来，以增暖为主要特征的全球气候变化对我国农林业气象灾害的发生与灾变规律产生了显著的影响，导致我国极端天气气候事件不断增加、生态环境逐渐恶化和作物遗传多样性不断下降，我国农林业生产面临更大的自然风险。灾害性天气及其衍生和次生灾害对我国农业、林业和农民生命财产造成了非常大的危害。气候变暖不仅影响农林气象灾害致灾因子变化以及灾害形成的各个环节，而且还会影响形成农林气象灾害风险的孕灾环境、致灾因子、承灾体和防灾减灾能力等诸多因素，从而致使我国农林气象灾害面临更多的不确定因素，包括灾害的突发性、持续性、严重性、多发性、关联度等方面，造成粮食作物产量降低、林业资源损失严重，对农林业可持续发展和国家粮食安全构成严重威胁。因此，开展农林气象灾害研究是一项很有价值的工作，对我国农业高产稳产、保障粮食与林业资源安全意义重大。

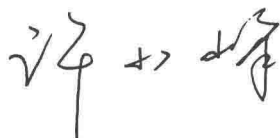
面对气候变化背景下农林气象灾害造成的种种影响，提高防灾减灾工作的科学性依然任重道远，需持续围绕农业生产中灾害发生的新情况、新问题，不断拓展和深化研究，特别是要加强对农林气象灾害监测预警与防控关键技术的研究，围绕灾害风险管理、农业干旱、低温灾害、干热风及森林火灾等的立体监测、动态预警，科学防御、精准评估与区划等环节，解决气象农林气象防灾减灾工作中迫切需要解决的重大科学和关键技术问题。为此，国家科技部在“九五”和

“十五”期间,设立了“农业气象灾害防御技术研究”的国家科技攻关项目,在“十一五”国家科技支撑计划中,设置了“农业重大气象灾害监测预警与调控技术研究”重点项目,联合多部门、多学科开展综合协作攻关研究。“十二五”期间,不断扩大研究范围和加大支持力度,在“十二五”国家科技支撑计划中,又设置了“农林气象灾害监测预警与防控关键技术研究”的重点项目,由中国气象局牵头,农业部、国家林业局和东北师范大学参加,王春乙研究员担任项目首席科学家,组织全国30个科研、教学、企事业单位协作开展研究和成果转化工作。该项目针对我国干旱、干热风、低温灾害、森林火灾等农林气象灾害,以农林业综合防灾减灾为目标,围绕气象灾害的实时监测、预测预警、风险评估与防控等方面进行攻关研究,攻克灾害监测、长中短期综合预测预警、风险动态评估、新型减灾生化调控制剂研制、综合减灾调控技术集成、扑火危险性评价及扑救技术等一批关键技术,经过五年的研究与技术开发,在农业气象灾害立体监测与动态评估技术、预测预警技术、防控与管理技术、风险评价与管理技术及森林火灾风险评价与防范技术等方面取得一批具有创新性和推广应用价值的研究成果,大量研究成果已在业务服务中得到应用和推广,发挥了很好的作用,将显著提高我国农林业综合防灾减灾的科技支撑能力,实现农林气象灾害监测预警业务服务与配套防控减灾生产应用,最大限度地减轻灾害造成的危害,对促进我国农林业可持续发展、保障国家粮食安全和生态安全以及新农村建设目标的实现等意义重大。

本书是围绕“十二五”国家科技支撑计划项目“农林气象灾害监测预警与防控关键技术研究”,中国气象科学研究院、中国农业科学院、中国林业科学研究院、东北师范大学等多部门通力合作研究的最新成果,全书集成了重大农业气象灾害立体监测与动态评估技术、预测预警技术、防控与管理技术、风险评价与管理关键技术及森林火灾风险评价与防范技术研究成果,经过凝练、整理和编辑,充分反映了农林气象灾害监测预警与防控关键技术研究的最新进展和系统性研究成果,理念先进,技术可行,资料翔实,内容丰富,包含了许多原创性的成果,是迄今有关农林气象灾害监测预警与防控技术研究领域最全面和系统的一部专著。研究成果可为有关部门实施防灾减灾措施提供决策依据,显著提高重大农林气象灾害的监测预警、防控能力和风险管理能力,使灾害监测预警的时效性、准确率和灾害的调控能力得到进一步加强,灾害影响评估和风险管理水平得到明显提升,显著减轻农林气象灾害对农林业生产造成的损失。我相信该书的出版将大大推动我国农林气象灾害监测预警与防控技术研究的科技进步,对进一步拓宽

气象部门的业务服务领域，提升气象为农林服务水平也都具有显著的推动作用，同时也为进一步开展农林气象灾害研究和防御提供理论基础和实用技术。为此，我谨向为该书出版做出贡献的科技工作者和出版人员表示衷心的感谢。同时，也预祝该书的编著者们在今后的研究工作中取得更好、更丰硕的成果。

中国气象局党组成员、副局长



2015年9月23日

前 言

自然灾害是人类社会面临的共同挑战。我国是世界上自然灾害最为严重的国家之一,灾害种类多、分布地域广、发生频率高、造成损失重。我国 70% 以上的城市、50% 以上的人口分布在气象、地震、海洋等自然灾害严重的地区。我国自然灾害中有 70% 为气象灾害,由于农业生产基础设施薄弱,抗灾能力差,靠天吃饭的局面没有根本改变,致使每年因各种气象灾害造成的农作物受灾面积达 5000 万 hm^2 以上,影响人口 4 亿人次,经济损失 2000 多亿元。同时,我国又是一个森林火灾频发的国家,受气候和人为因素的影响,近年来森林火灾随着全球气候变化有上升的趋势,特大和重大森林火灾频繁发生。火灾对森林资源和生态环境的破坏十分严重,扑救森林火灾具有极高的危险性。我国每年森林火灾和由扑救造成的人员伤亡时有发生,形势十分严峻。尤其是近年来,全球气候变暖、生态环境的恶化导致农作物的脆弱性日趋加剧。进入 21 世纪以来,以增暖为主要特征的全球气候变化对我国农林气象灾害的发生与灾变规律产生了显著的影响,导致我国极端天气气候事件不断增加、生态环境逐渐恶化和作物遗传多样性不断下降,我国农林业生产面临更大的自然风险。气候变化导致灾害性天气频发,它是触发农林气象灾害的主要因素之一,灾害性天气及其衍生和次生灾害对我国农业、林业造成了非常大的损失。气候变化不仅影响农林气象灾害致灾因子变化及灾害形成的各个环节,而且还影响形成农林业气象灾害风险的孕灾环境、致灾因子、承灾体和防灾减灾能力等多个因素,从而致使我国农林气象灾害在突发性、不确定性,以及灾害的持续性及强度等方面表现出更多的异常现象,气象灾害呈现出频率高、强度大、危害日益严重的态势,主要粮食作物产量损失增加、林业资源损失严重,已对农林业可持续发展和国家粮食安全构成严重威胁。因此,开展农业气象灾害研究是一项长期而艰巨的工作,是我国农业高产稳产和粮食安全的基本保证。持续开展农林气象灾害的监测预警和防控技术研究,意义重大,十分紧迫。

“九五”和“十五”期间,国家科技部分别设立了“农业气象灾害防御技术研究”和“农林重大病虫害和农业气象灾害的预警及控制技术研究”的国家科技攻关项目,在“十一五”国家科技支撑计划中,设置了“农业重大气象灾害监测预警与调控技术研究”重点项目,联合多部门、多学科开展综合协作攻关研究。“十二五”期间,不断扩大研究范围和加大支持力度,在“十二五”国家科

技支撑计划中,又设置了“农林气象灾害监测预警与防控关键技术研究”的重点项目,该项目由中国气象局牵头,农业部、国家林业局和东北师范大学参加,全国30个科研、教学、企事业单位协作开展研究和成果转化工作。设置的5个课题是:①重大农业气象灾害立体监测与动态评估技术研究;②重大农业气象灾害预测预警关键技术研究;③重大农业气象灾害防控与管理技术研究与示范;④重大农业气象灾害风险评价与管理关键技术研究;⑤森林火灾风险评价与防范关键技术研究。主要任务针对干旱、低温灾害、干热风、森林火灾等农林气象灾害,研制基于地面观测、卫星遥感、作物模型耦合的立体、实时监测和损失动态评估技术与业务平台;构建基于区域气候模式、作物模型、数值天气预报产品释用及“3S”(remote sensing, RS; geography information system, GIS; global positioning system, GPS)技术的预测预警技术和业务平台;研制提高作物出苗率和增强作物抗逆性的化控制剂,构建低温灾害的精准监测与综合诊断技术和防灾减灾技术体系;研制多灾种、多尺度、多属性的风险评价技术软件与区划模型,构建综合风险管理对策体系;研制复杂地形植被、多元气象要素和特殊火环境下的森林火灾风险评估、监测预警、森林可燃物调控、扑火危险性评价及扑救技术,构建风险防范技术对策和应急指挥系统;建设研究试验示范、业务转化基地,进行成果推广应用。

经过全体科研人员五年的研究与技术开发,在农业气象灾害的立体监测与动态评估技术、预测预警技术、防控与管理技术、风险评价与管理关键技术及森林火灾风险评价与防范技术等方面取得了一系列科研成果和重大进展。

本书系统地介绍了“十二五”国家科技支撑计划项目“农林气象灾害监测预警与防控关键技术研究”的最新研究成果,供相互交流和借鉴。本书的出版,也将为进一步开展农林气象灾害监测、预测、预警和防御提供理论基础和实用技术。

由于研究的阶段性和各课题进展的不平衡,对一些问题的认识尚有待于反复实践和不断深入,本书疏漏之处和缺点错误在所难免,敬请有关专家和广大读者批评指正,以便进一步完善。

王春乙

2015年10月10日

目 录

序	
前言	
第1章 绪论	1
1.1 研究目的和意义	1
1.2 国内外相关研究进展和展望	3
1.2.1 农林气象灾害监测预警与防控关键技术研究现状与进展	3
1.2.2 农林气象灾害监测预警与防控关键技术研究存在的问题	9
1.2.3 农林气象灾害监测预警与防控关键技术研究的发展趋势与展望	10
1.3 研究内容和研究方案	11
1.3.1 研究内容	11
1.3.2 研究方案	16
1.3.3 研究创新点	18
参考文献	18
第2章 重大农业气象灾害的立体监测与动态评估技术	24
2.1 灾害时空变化规律分析	24
2.1.1 南方双季稻低温灾害	24
2.1.2 西南农业(玉米)干旱	36
2.1.3 黄淮海冬小麦干热风	41
2.2 灾害的立体监测技术	47
2.2.1 南方双季稻低温灾害	47
2.2.2 西南农业(玉米)干旱	67
2.2.3 黄淮海冬小麦干热风	76
2.3 灾害的动态评估技术	88
2.3.1 南方双季稻低温灾害	88
2.3.2 西南农业(玉米)干旱	103
2.3.3 黄淮海冬小麦干热风	110
参考文献	118
第3章 农业气象灾害预测预警技术	123
3.1 农业气象灾害的变化规律分析	123

3.1.1 北方干旱及干热风时空分布特征	123
3.1.2 南方低温冷害时空分布特征	131
3.2 灾害预测技术	133
3.2.1 北方干旱中长期预测	133
3.2.2 南方低温冷害中长期预测	138
3.3 灾害的预警技术	141
3.3.1 田间实验观测	141
3.3.2 作物生长模型介绍	143
3.3.3 基于遥感的区域农业干旱预警	151
3.4 业务平台及应用	173
参考文献	175
第4章 干旱与低温灾害防控与管理技术	183
4.1 农业干旱防控关键技术	183
4.1.1 农田干旱防控管理应用方法指导	183
4.1.2 北方干旱防控综合技术	186
4.1.3 APSIM 模型在小麦-玉米轮作体系中的模拟应用	213
4.1.4 抗旱减灾技术集成体系	221
4.2 农林低温灾害监测诊断与防控关键技术	224
4.2.1 物联网在低温灾害监测诊断中的应用	225
4.2.2 玉米低温冷害诊断及化控制剂应用	232
4.2.3 果树霜冻风险分析及化学调控技术	239
参考文献	254
第5章 重大农业气象灾害风险评估与管理关键技术	259
5.1 农业气象灾害风险形成机理和概念框架构建	260
5.2 农业气象灾害风险评估与区划	263
5.2.1 农业气象灾害致灾因子危险性评估	264
5.2.2 农业气象灾害农作物脆弱性评估	267
5.2.3 农业气象灾害风险评估与风险图绘制	279
5.2.4 农业气象灾害风险预测预警	285
5.3 综合农业气象灾害风险评估与区划	295
5.3.1 东北地区玉米综合农业气象灾害风险评估与区划	296
5.3.2 华北地区冬小麦综合农业气象灾害风险评估与区划	301
5.3.3 长江中下游地区早稻综合农业气象灾害风险评估与区划	302
5.3.4 海南橡胶综合农业气象灾害风险评估与区划	305

5.4 农业气象灾害综合风险管理技术对策	308
5.4.1 基于风险区划的农业干旱灾害保险费率厘定	309
5.4.2 农业干旱灾害风险管理技术与对策	311
5.4.3 农业低温灾害风险管理技术与对策	317
5.4.4 农业气象灾害风险分析与评估系统	318
5.4.5 农业气象灾害综合风险管理体系	322
参考文献	329
第6章 森林火灾风险评价与防范技术	334
6.1 森林可燃物调控与燃烧性	335
6.1.1 森林可燃物综合调控主要方法和理论	335
6.1.2 地表可燃物负荷量及其影响因子	342
6.1.3 森林可燃物燃烧性	350
6.2 森林火灾监测预警技术	357
6.2.1 卫星热点火情监测误差评估技术	357
6.2.2 卫星热点火情监测分级预警模型	362
6.2.3 森林火险预警技术	371
6.3 森林火灾风险评估与防范技术	381
6.3.1 森林火灾火险区划	381
6.3.2 森林火灾扑救一氧化碳危险性和安全防范	388
6.3.3 森林火灾扑救安全防范技术	392
6.4 森林火灾风险与防控系统	402
6.4.1 森林火环境可视化与空间显示技术	402
6.4.2 森林火灾扑救指挥辅助决策 GIS 设计与实现	408
参考文献	416

彩图

Contents

Preliminary

Foreword

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Purpose and significance of the study	1
1.2 Research progress and prospect at home and abroad	3
1.2.1 Current Situation of study on key technologies of monitoring and early warning, prevention for agro-meteorological and forest disasters	3
1.2.2 The problems of study on key technologies of monitoring and early warning, prevention for agro-meteorological and forest disasters	9
1.2.3 The trend of development and prospect of study on key technologies of monitoring and early warning, prevention for agro-meteorological and forest disasters	10
1.3 Study program and contents	11
1.3.1 Study contents	11
1.3.2 Study program	16
1.3.3 The innovation points of the study	18
References	18
Chapter 2 Stereo monitoring and dynamic evaluation technology of major agro-meteorological disasters	24
2.1 Analysis of temporal and spatial variation of disaster	24
2.1.1 Double cropping rice low temperature disaster in Southern China	24
2.1.2 Agricultural drought (maize) Southwest China	36
2.1.3 Winter wheat dry hot wind in Huang-Huai-Hai area	41
2.2 Stereo monitoring technology of disasters	47
2.2.1 Double cropping rice low temperature disaster in Southern China	47
2.2.2 Agricultural drought (maize) Southwest China	67
2.2.3 Winter wheat dry hot wind in Huang-Huai-Hai area	76
2.3 Dynamic evaluation technology of disasters	88
2.3.1 Double cropping rice low temperature disaster in Southern China	88
2.3.2 Agricultural drought (maize) Southwest China	103
2.3.3 Winter wheat dry hot wind in Huang-Huai-Hai area	110

References	118
Chapter 3 Prediction and early-warning techniques of agro-meteorological disasters	123
3.1 Analysis on variation of agro-meteorological disasters	123
3.1.1 Spatiotemporal distribution characteristics of droughts and dry hot wind disaster in North China	123
3.1.2 Spatiotemporal distribution characteristics of cold injury in South China ...	131
3.2 Prediction technique for disasters	133
3.2.1 The middle and long term prediction of drought in North China	133
3.2.2 The middle and long term prediction of cold injury in South China	138
3.3 Early-warning technique for disasters	141
3.3.1 Observation of field experiment	141
3.3.2 Introduction of Crop Growth Simulation Model	143
3.3.3 Regional agricultural drought early-warning based on remote sensing	151
3.4 Service platform and application	173
References	175
Chapter 4 Prevention and management techniques for drought and low temperature disaster	183
4.1 The key prevention technique of agricultural drought	183
4.1.1 Guidance for the application of farmland drought prevention and management	183
4.1.2 Comprehensive drought prevention technique in North China	186
4.1.3 Application of APSIM in a wheat-maize rotation system	213
4.1.4 Technique integration system of drought resistance and disaster reduction ...	221
4.2 The key techniques of detection and prevention of low temperature disaster in agriculture and forestry	224
4.2.1 The application of the internet of things in detection and diagnosis low temperature disaster	225
4.2.2 The diagnosis cold injury in maize and the application of chemical control agent	232
4.2.3 The risk analysis and chemical control of fruit trees	239
References	254
Chapter 5 Key technologies of major agro-meteorological disasters risk evaluation and management	259
5.1 Formation mechanism and conceptual framework of agro-meteorological	

disaster risk	260
5.2 Agricultural meteorological disaster risk evaluation and regionalization ...	263
5.2.1 Disaster hazard evaluation of agro-meteorological disasters	264
5.2.2 Crop vulnerability evaluation of agro-meteorological disasters	267
5.2.3 Agro-meteorological disaster risk evaluation and risk mapping	279
5.2.4 The risk prediction and early-warning of agro-meteorological disasters	285
5.3 Comprehensive agricultural meteorological disaster risk evaluation and regionalization	295
5.3.1 Comprehensive agricultural meteorological disaster risk evaluation and regionalization of maize in Northeast China	296
5.3.2 Comprehensive agricultural meteorological disaster risk evaluation and regionalization of winter wheat in North China	301
5.3.3 Comprehensive agricultural meteorological disaster risk evaluation and regionalization of rice in Middle and Lower Reaches of Yangtze River	302
5.3.4 Comprehensive agricultural meteorological disaster risk evaluation and regionalization of rubber in Hainan Province	305
5.4 comprehensive risk management technical countermeasures of agro-meteorological disasters	308
5.4.1 Premium ratemaking of agricultural drought disaster based on risk zoning ...	309
5.4.2 Technology and countermeasures of agricultural drought disaster risk management	311
5.4.3 Technology and countermeasures of agricultural low temperature drought disaster risk management	317
5.4.4 Agro-meteorological disaster risk analysis and evaluation system	318
5.4.5 Comprehensive risk management system of agro-meteorological disasters ...	322
References	329
Chapter 6 Technologies of forest fire risk assessment and prevention	334
6.1 Regulation of forest fuel and combustion	335
6.1.1 The theory and methods of comprehensive regulation of forest fuel	335
6.1.2 Surface fuel loading and relevant influence factors	342
6.1.3 Combustibility of forest fuel	350
6.2 Forest fire monitoring and early warning technology	357
6.2.1 The evaluation technology of satellite hotspot fire monitoring error	357
6.2.2 Satellite hotspot fire monitoring of the classification of early warning model	362

6.2.3	The technology of forest fire risk early-warning	371
6.3	Technologies of forest fire risk evaluation and prevention	381
6.3.1	The regionalization of forest fire risk	381
6.3.2	The safety precautions of forest fire hazard and fire suppression of carbon monoxide	388
6.3.3	Technologies of the safety precautions of forest fire suppression	392
6.4	Forest fire risk and control system	402
6.4.1	Technologies of forest fire environment in visual and spatial display	402
6.4.2	Design and implementation of forest fire suppression and rescue system based on GIS	408
References		416

Color pictures

第 1 章 绪 论

1.1 研究目的和意义

自然灾害是人类社会面临的共同挑战。我国是世界上自然灾害最为严重的国家之一，灾害种类多、分布地域广、发生频率高、造成损失重。其中，我国 70% 以上的城市、50% 以上的人口分布在气象、地震、海洋等自然灾害严重的地区。我国自然灾害中 70% 为气象灾害，由于我国农业生产基础设施薄弱，抗灾能力差，靠天吃饭的局面没有根本改变，致使我国每年因各种气象灾害造成的农作物受灾面积达 5000 万 hm^2 以上，影响人口达 4 亿人次，经济损失达 2000 多亿元。尤其是近年来，全球气候变暖、生态环境的恶化导致农作物的脆弱性日趋加剧。近年来，严重的农业干旱、洪涝、低温灾害、干热风及森林火灾等农林气象灾害频繁发生，已对我国粮食安全和农业可持续发展构成严重威胁。

农业干旱是我国最主要的农业气象灾害，并且发生频率高、致灾范围广、持续时间长、损失影响大，我国平均每年农业干旱面积在 2000 ~ 3000 km^2 ，粮食损失高达 250 亿 ~ 300 亿 kg。在全球气候变化背景下，近年来我国农业干旱发生更为频繁，其中，2008 年冬到 2009 年春的华北特大农业干旱及 2009 年秋到 2010 年春西南特大农业干旱，持续时间之长、影响地域之广为历史所罕见，引起了中央和各级政府的高度关注。目前，农业干旱已经成为我国农业持续稳定发展的严重障碍。

农业低温灾害是导致农作物减产的重要因素之一，受农业布局和种植结构的调整等因素影响，低温灾害的潜在影响有增加的趋势。受气候变暖的影响，部分地区盲目追求晚熟高产的品种，以及种植边界地不断扩展，增加了低温冷害和霜冻危害的潜在威胁。特别是进入 21 世纪以来，虽然气候总体在变暖，但低温冷害的频率却比 20 世纪 80 ~ 90 年代有明显的增多趋势。我国东北农作物主产区近 10 年冷害发生频率几乎是 20 世纪的 2 倍，黄淮海小麦霜冻害也有上升的趋势，低温灾害对北方果树的影响不断发生。我国南方水稻产区的春季低温也出现增加趋势，严重威胁我国的粮食安全。上述种种情况表明，在气候变化的影响下，低温灾害出现了新的特点，如不确定性和突发现象明显增多。

我国是一个森林火灾频发的国家，火灾对森林资源和生态环境的破坏十分严