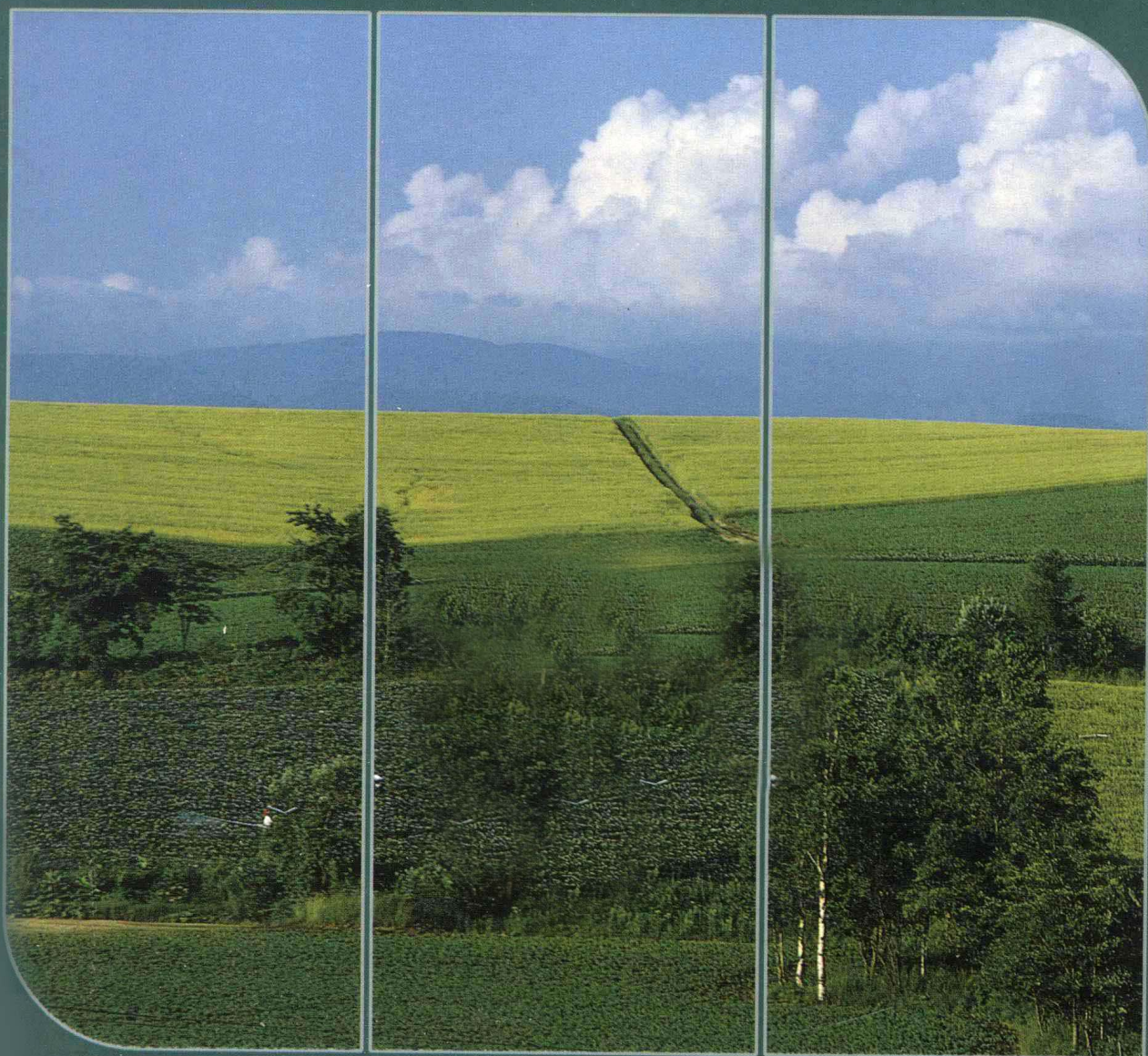


国家科技支撑计划重点项目研究专著

中国重大农业气象灾害研究

王春乙 等著



国家科技支撑计划重点项目研究专著

中国重大农业气象灾害研究

王春乙 等著

 **气象出版社**
China Meteorological Press

内 容 提 要

本书为国家科学技术部“十一五”科技支撑计划重点项目“农业重大气象灾害监测预警与调控技术研究”的研究成果。主要介绍了我国北方农业干旱、北方低温冷害、华南寒害、长江中下游高温热害监测预警的最新研究方法、技术与成果,同时介绍了森林火灾监测预警与防控技术的最新研究方法、技术与成果,并进一步介绍了北方农业干旱、南方季节性干旱和低温灾害防控技术的最新研究方法、技术与成果,进而简要介绍了重大农业气象灾害对农业的影响评估与风险评价技术的最新研究方法、技术与成果,最后展示了农业重大气象灾害综合服务系统开发技术的最新研究成果。本书可供从事农业气象灾害的研究、业务人员参考,还可供政府减灾管理部门的技术官员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

中国重大农业气象灾害研究/王春乙等著. —北京:
气象出版社, 2010. 10
ISBN 978-7-5029-5066-8

I. ①中… II. ①王… III. ①农业气象-气象灾害-
灾害防治-中国 IV. ①S42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 199602 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:陈 红

封面设计:王 伟

责任校对:石 仁

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

字 数:790 千字

版 次:2010 年 11 月第 1 版

定 价:100.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@263.net

终 审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:31

印 次:2010 年 11 月第 1 次印刷

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

序

中国地处亚洲东部、太平洋西岸,是气象灾害频发重发区和典型的气候脆弱区。中国农业又是受气候影响最敏感的行业,农业生产高度依赖天气气候条件,区域性、季节性农业气象灾害时有发生。近年来,在全球气候变暖背景下,全球极端天气气候事件趋多趋强,农业气象灾害发生频率和强度也呈上升态势,中国成为世界上农业气象灾害种类多、灾情严重的国家之一,给农业生产造成了巨大损失。因此,防御和抗御农业气象灾害成为各地气象部门和农业部门重点关注、研究和服务的领域。

农业是最易受天气气候影响的脆弱行业,农村是气象灾害防御的薄弱地区,农民是最需要提供专业气象服务的弱势群体。党的十七届三中全会及 2010 年中央 1 号文件强调,要加强农村防灾减灾能力建设,加强灾害性天气监测预警,健全农业气象服务体系和农村气象灾害防御体系,充分发挥气象服务“三农”的重要作用。这是新时期党中央、国务院把握我国农业农村基本特征,着眼于推动我国农业农村又好又快发展对气象工作提出的新要求。当前也是农村经济社会发展、农村防灾减灾和稳定农业生产对气象服务需求最为旺盛的时期,气象服务“三农”面临良好的内外部发展环境和条件。随着农业发展方式的转变和现代农业产业体系的构建,气象服务“三农”的内涵与思路都在发生深刻变化,在服务的理念、广度、深度和能力建设上均有很多新机遇和新挑战。

新中国成立 60 年来,气象部门始终把为农业服务作为首要任务,始终坚持把为农服务作为气象工作的重中之重。气象服务“三农”的内涵日益丰富,功能空前凸显,发展思路发生深刻转变。不断扩大为农服务范围,努力提高服务“三农”的能力和水平,形成气象服务“三农”的合力。在农业气象监测、农业气象情报、农业气象灾害防御、农业气候区划及资源开发利用、农作物产量预报等方面开展了大量富有成效的工作,为保障和促进我国农业生产做出了显著贡献。

在国家科技攻关和科技支撑计划项目的支持下,我国农业气象科技工作者长期致力于我国不同区域典型农作物的受害机理、防御和调控技术以及灾害影响评估等方面的研究,取得了一系列的研究成果,大量成果已在业务服务中得到应用,

发挥了很好的作用。本书正是“十一五”国家科技支撑计划重点项目“农业重大气象灾害监测预警与调控技术研究”的最新成果,全书集成了农业干旱、低温冷害、低温寒害、高温热害等方面的监测预警研究成果,也从森林火灾监测预警与防控技术及北方农业干旱、南方季节性干旱和低温灾害防控技术措施等方面进行了总结,全面分析了重大农业气象灾害对区域农业的影响,全书最后还对整个项目的业务化成果“农业重大气象灾害综合服务集成技术系统”进行了总体介绍。该书成果是中国气象科学研究院、国家气象中心、中国林业科学研究院、中国农业科学院等多家科研业务单位通力合作研究的最新成果,内容极其丰富,是农业气象灾害监测预警与防控技术研究方面不可多得的一本好书,对于进一步强化气象服务“三农”的能力,健全农村气象灾害防御体制机制,提高气象服务“三农”的科技水平有很好的参考作用。借此机会,我也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。

中国气象局党组书记、局长 郑国光

二〇一〇年十月

前 言

我国农业面临严重的气候和环境问题,农业对气候和环境变化的反应最敏感、承受最脆弱,并成为我国农业发展进程的不稳定因素。因此,加强气候变化和灾害对农业影响的研究,具有重要的意义。

在各种农业灾害造成的损失中,农业气象灾害占 60% 以上,包括干旱、涝渍、低温冷害、霜冻、热害(含干热风)、森林火灾、风灾及雹灾等,其中又以干旱的危害最为严重,平均每年造成粮食损失约 120 亿千克。20 世纪 90 年代以来,气候变化引起的农业气象灾害对农业生产危害严重,耕地有减少和退化的趋势,水环境的变化给农业带来巨大影响,沙尘暴的威胁已经逼近北京地区。由于人口压力,土地减少、经济发展引起的农业变化和气候变化的影响,使孕灾环境、致灾因子、灾变机理发生变化,农业气象灾害发生频率更快,范围扩大、危害加重,因灾引起的平均损失达 2000 多亿元,成为深受关注的制约因素。减轻农业气象灾害造成的损失,是保证农业持续稳定发展,实现优质、高产、高效农业的迫切需要。

随着农业生产水平的提高,其对灾害的敏感性总体上也在上升,将影响资源的持续利用和农业生产的持续发展。研究农业气象灾害防灾减灾预警系统和调控技术,是摆在我们面前的当务之急,对促进农业持续发展具有非常重要的意义。

“九五”期间,国家科技部设立了“农业气象灾害防御技术研究”的国家攻关项目,进行多部门、多学科的综合协作攻关研究。经过“十五”的继续,不断扩大研究范围和加大支持力度。在“十一五”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,由中国气象局牵头,农业部和国家林业局参加,组织全国范围内 46 个科研、教学、企事业单位协作,开展研究和成果转化。项目共设 10 个课题:(1)北方农业干旱监测预警技术研究;(2)北方农业低温冷害监测预警技术研究;(3)南方寒害监测预警技术研究;(4)长江中下游高温热害监测预警技术研究;(5)森林火灾监测预警与防控技术研究;(6)北方农业干旱调控技术研究;(7)南方季节性干旱防控技术研究;(8)低温冷害与霜冻调控技术研究;(9)农业重大气象灾害对农业的影响研究;(10)农业重大气象灾害综合服务技术集成系统研究。

项目的总目标为建立我国农业重大气象灾害立体监测体系;以常规预测预警技术、作物生长模式和区域气候模式预测技术及“3S”等高新技术综合集成手段,初步建立我国农业重大气象灾害预警业务服务体系 and 综合减灾调控技术体系;开发研制针对我国森林火灾特点的扑火机具装备;初步建立重大农业气象灾害对我国农业影响的评估技术体系。

经过五年研究与开发,在预警预测技术集成、农业减灾技术与制剂、扑火机具装备以及影响评估技术等方面,取得了一系列成果和重大进展。

以“十一五”期间的课题研究为主,项目组织专家编写了“中国重大农业气象灾害研究”一书,系统地介绍了有关重大农业气象灾害监测、预警、调控、评估与服务等方面的研究成果,供有关部门和领域交流与相互借鉴。相信本专著的出版,将为进一步开展农业气象灾害研究和

防御提供理论基础和实用技术。

全书由王春乙研究员主持编写,其中第一章由刘建栋、陈怀亮、毕建杰、史学丽、金之雁、刘晶淼、马玉平、邬定荣等执笔;第二章由郭建平、马树庆、赵俊芳、马玉平、姜丽霞、张玉书、陈玥煜、李帅、王琪、纪瑞鹏等执笔;第三章由霍治国、杜尧东、谭宗琨、陈惠、姜会飞、胡飞、陈新光、徐宗焕、杨鑫、毛飞、唐力生、李娜、王春林、蔡文华、李春梅、欧钊荣、刘锦銮、潘卫华等执笔;第四章由张佳华、李秉柏、高素华、侯英雨、姚凤梅、王培娟、延昊、程高峰等执笔;第五章由舒立福、赵凤君、王明玉、田晓瑞、周汝良、刘晓东等执笔;第六章由李玉中、刘晓英、郭家选、李巧珍、安顺清、刘巍巍执笔;第七章由李茂松、杨晓光、刘永红、肖小平、王春艳等执笔;第八章由孙忠富、杜克明、魏湜、路运才、李晶、黄雅曦、李彩凤、罗新兰、邱建军、高懋芳、郭晓丽、王立刚、张建诚、郭尚、胡新等执笔;第九章由王春乙、吕厚荃、赵艳霞、张雪芬、娄秀荣、杨霏云、张艳红、韩丽娟、张建平、张倩、吴东丽、王远皓、李祎君、余卫东、杜子璇、刘伟昌等执笔;第十章由庄立伟、侯英雨、何延波、吴焕萍、李轩、王良宇等执笔。

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难免,敬请广大读者批评指正。

王春乙

2010年8月

目 录

序	
前 言	
第 1 章 农业干旱监测预警	(1)
1.1 农业干旱指标研究	(1)
1.2 华北平原多层次相互作用的农业干旱综合指标实用模式	(6)
1.3 农业干旱监测技术研究	(10)
1.4 农业干旱预测研究	(30)
1.5 农业干旱监测预测技术展望	(38)
参考文献	(38)
第 2 章 低温冷害监测预警	(40)
2.1 玉米低温冷害动态监测指标体系研究	(40)
2.2 玉米低温冷害动态监测技术体系研究	(45)
2.3 玉米低温冷害动态预测技术体系研究	(58)
参考文献	(79)
第 3 章 华南寒害监测预警	(80)
3.1 寒害的概念与发生概况	(80)
3.2 寒害的天气气候特征	(81)
3.3 主要果树、蔬菜寒害指标	(86)
3.4 寒害的监测技术	(98)
3.5 寒害的预警技术	(104)
3.6 寒害的预测技术	(110)
3.7 寒害气候风险区划	(117)
参考文献	(128)
第 4 章 高温热害监测预警	(130)
4.1 高温热害对水稻的影响机理	(130)
4.2 长江中下游主要地区水稻的高温热害研究	(134)
4.3 水稻高温热害生理和遥感地面试验和监测	(141)
4.4 长江中下游地区水稻高温热害遥感	(159)
参考文献	(168)
第 5 章 森林火灾监测预警与防控	(172)
5.1 森林火灾扑救辅助决策	(172)
5.2 森林火灾安全与防护	(177)

5.3	树种的燃烧性和抗火性	(182)
5.4	边境森林火灾监测预警	(190)
5.5	森林可燃物调控技术研究	(197)
	参考文献	(211)
第6章	北方农业干旱防控	(214)
6.1	干旱综合防御技术	(214)
6.2	北方农业干旱监测与农业水资源高效利用技术模式研究	(236)
6.3	我国北方地区农业干旱防治技术布局	(253)
	参考文献	(256)
第7章	南方季节性干旱防控	(258)
7.1	南方季节性干旱区农业概况	(258)
7.2	南方季节性干旱分区与评价	(260)
7.3	典型区域季节性干旱防控关键技术	(286)
7.4	化学避旱减灾节水关键技术	(302)
	参考文献	(313)
第8章	低温灾害防控	(315)
8.1	低温灾害调控技术	(315)
8.2	东北玉米低温冷害调控关键技术进展	(320)
8.3	东北地区玉米生长发育及干物质生产模拟模型研究	(324)
8.4	作物低温灾害精确区划研究	(333)
8.5	棉花低温灾害调控技术研究进展	(336)
8.6	园艺作物低温灾害调控技术研究进展	(345)
8.7	黄淮麦区小麦防御霜冻实用技术研究	(351)
8.8	低温灾害远程监控关键技术	(357)
	参考文献	(361)
第9章	重大农业气象灾害对区域农业的影响	(365)
9.1	主要农区重大农业气象灾害的时空演变	(365)
9.2	主要农区重大农业气象灾害对农业影响模拟	(382)
9.3	主要农区重大农业气象灾害风险评价	(399)
9.4	主要农区重大农业气象灾害综合影响评估	(409)
9.5	农业气象灾害影响评估与风险评价研究展望	(426)
	参考文献	(430)
第10章	农业重大气象灾害服务系统	(431)
10.1	系统总体设计	(431)
10.2	卫星遥感应用技术开发	(446)
10.3	地理信息系统应用技术开发	(453)
10.4	数据库应用技术开发	(464)
	参考文献	(486)

第1章 农业干旱监测预警

农业干旱是我国农业主要自然灾害之一,其发生频率高、成灾范围大、持续时间长、损失影响大,每年农田受旱面积占全部农业灾害面积的62%以上。据统计,1950—1999年全国农作物年平均受旱面积3.3亿亩*,成灾面积1.3亿亩。进入1990年代后,旱灾面积总体呈现增加趋势,1999年全国作物受旱面积4.5亿亩,2000年全国作物受旱面积高达6.1亿亩,农业干旱对我国农业生产的影响日趋严重。我国北方地区水资源短缺,干旱威胁尤为严重,其受旱和成灾面积分别占全国受灾和成灾面积的47%和51%,农业干旱已经成为我国北方地区国民经济发展的重要限制因子。其中,作为我国粮食主产区之一的华北平原水资源十分匮乏,农业干旱尤为严重,尽管该地区灌溉面积已达3.46亿亩,占耕地面积的44.6%,但旱灾频繁,春旱十年九遇,对当地农业生产影响十分严重。20世纪90年代以来东北地区,特别是东北西部地区在全球气候变化背景下增暖明显而降水减少或增加很少,春末至夏季出现气候暖干化趋势,而且近年来干旱态势进一步发展,农业干旱已经成为我国北方地区农业持续稳定发展的严重障碍。

及时准确的农业干旱监测预测信息可以为各级政府部门提供重要的决策依据,赢得宝贵的时间以采取防御措施和应变对策,最大程度地降低经济损失。因此,长期以来,气象、水利、农业、地理等各部门对干旱的形成、监测、预警、影响评估、防灾减灾等进行了大量研究并取得了一定的进展,但相关研究成果多是基于地面气象观测信息和田间试验,尚未形成基于天基、空基、地基的综合监测预警技术体系,监测预警的准确率和时效性与实际生产需求尚有较大差距。特别是以往干旱研究多是以大气干旱、土壤干旱研究为主。然而由于农业干旱在受到气象、土壤条件影响的同时,又与农业生产对象密切相关,不仅不同作物对水分敏感性不同,即使同一种作物的不同品种、不同发育期对相同水分胁迫的反应也迥然不同。因此,真正的农业干旱研究必须以农作物为中心,从SPAC系统出发,针对具体作物和具体发育阶段,客观真实地刻画出作物对水分胁迫的生理生态反应,并据此监测、预测农业干旱的发生、发展、影响范围和程度(王春乙等,2005)。

基此,国家“十一五”科技支撑计划项目“农业重大气象灾害监测预警与调控技术研究”中设立了第一课题“北方农业干旱监测预警技术研究”,通过技术攻关,研制了基于天基、空基、地基多元信息的农业干旱监测技术,发展了基于作物生长模型、区域气候模式和“3S”高新技术手段的长、中、短期相结合的农业干旱预警技术,实现了农业干旱的实时监测、动态预警,本章将系统介绍北方农业干旱课题最新研究成果。

1.1 农业干旱指标研究

农业干旱指标是表征农业受旱程度的一种度量,国内外在干旱指标的研究方面已取得了一定的成果(张养才等,1994;李玉中等,2003;商颜蕊,2004;Meyer等,1993),但是较完整表述

* 1亩=1/15 hm²,下同。

农业干旱综合指标罕见。农业干旱对我国造成的损害较为严重,当前对农业干旱的研究仍旧是干旱领域中研究的热点,又是政府当前急需解决的课题。本节基于农业干旱的理念,构建了多层次相互作用的农业干旱指标体系,在评述多层次干旱指标的基础上,提出农业干旱综合指标的评估概念模型。

农业干旱的定义有很多种,不同专家有不同的定义,至今还没有一种统一的定义能被大家广泛接受(刘建栋,2003;王劲松等,2007;Dracup 等,1980)。在本书中,认为农业干旱是在一定生产力水平下多层次(大气、作物、土壤、水文、人类活动层)致旱因素相互作用于农业对象所造成的水分亏缺失调而导致作物减产。生产力水平可由抗旱能力体现。其造成的旱情可用农业干旱综合指标来表示。

根据上述农业干旱的定义,分析农业干旱的主要影响因子,把影响农业干旱的主要因子分为5个层次(图1.1), (1)大气层:大气层的降水是地表水和地下水资源的主要来源,是水分盈亏平衡的主要供水项,是干旱的主要孕灾体,是引发干旱的主要层次;(2)作物层:作物是农业承受干旱的主要对象,是农业干旱的承灾体;(3)土壤层:是作物生长的根基,作物的水分直接从土壤水分中吸收,是干旱孕灾体;(4)水文层:能为作物生长提供充足的水分,是农业干旱的孕灾体;(5)人类活动层:在干旱孕灾体的背景下,人类活动有时会加重农业干旱的影响。

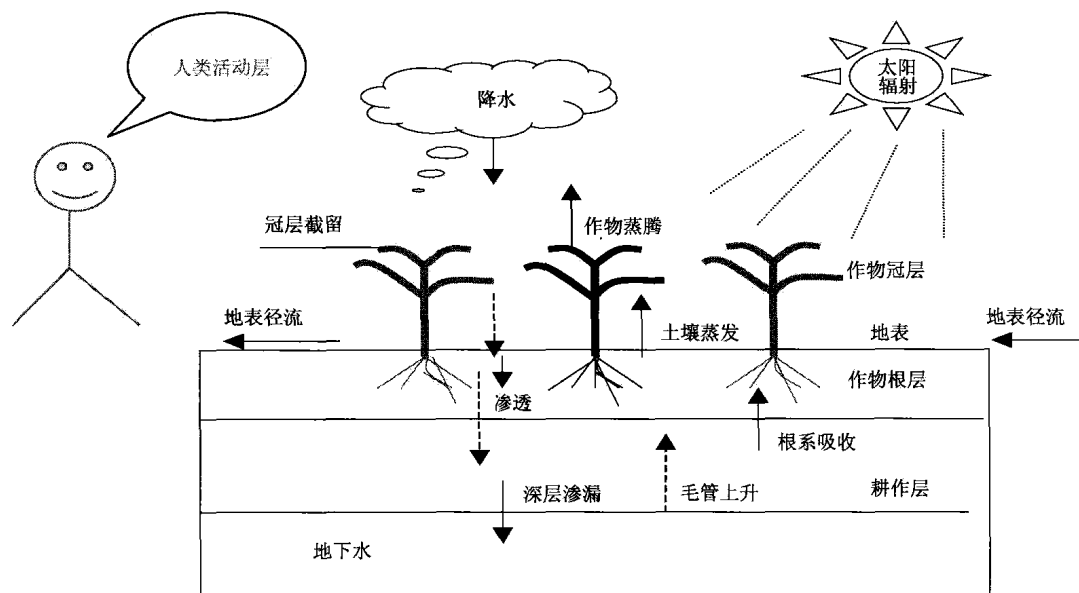


图 1.1 农业干旱影响因子层

这五大层次对农业干旱的影响相互关联、至关重要。大气层的降水是农业水分供应的主要来源,降水多少对作物、土壤及水文层都有很大的影响。大气层的温度高低和作物旱情,土壤水分的含水量及水文层的水分变化都有直接或间接的联系。作物特性与土壤层、水文层及人类活动层都有很大的联系。

1.1.1 华北平原多层次相互作用农业干旱综合指标体系

由于农业干旱影响比较复杂,它涉及众多的自然因素和人为因素,因此,单一的干旱指标不能精确地表述农业干旱的影响范围及程度,根据农业干旱的影响因子构建华北平原多层次相互作用的农业干旱综合指标体系,从而能更好地表述农业干旱。华北平原多层次相互作用

的农业干旱综合指标体系如图 1.2 所示。

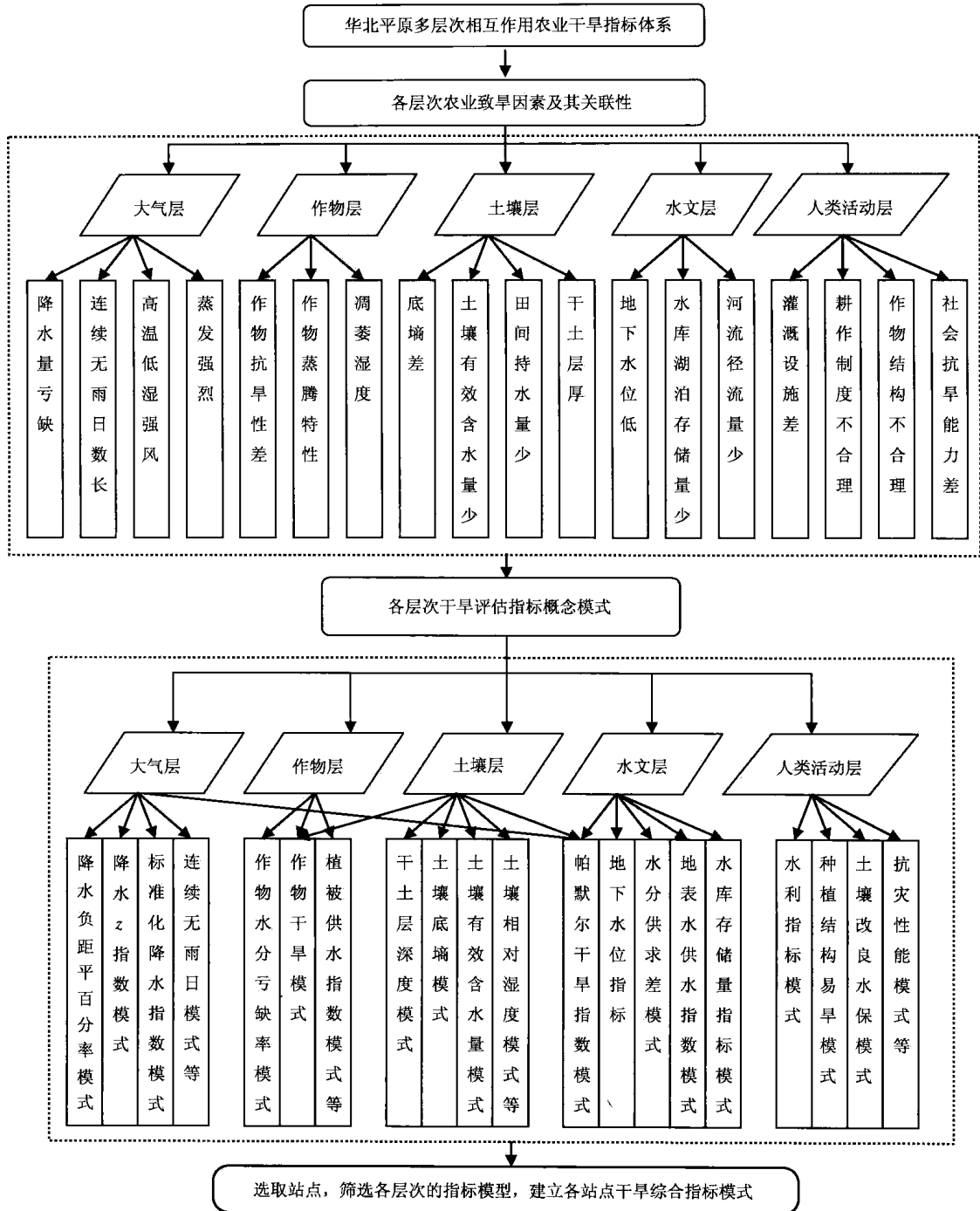


图 1.2 华北平原多层次相互作用的农业干旱综合指标体系图

华北平原多层次相互作用的农业干旱综合指标体系分为三部分：各层次农业致旱因素及其关联性、各层次农业干旱评估概念模式及选取站点构建农业干旱综合指标模式。

各层次农业干旱致旱因素及其相互作用是根据农业干旱的影响因子，把影响因子分为五个层次：大气层、作物层、土壤层、水文层、人类活动层。每个层次中有各自的影响因素，大气层中影响干旱的因素有降水量、高温低湿强风，蒸发等因素；作物层的影响因素有作物的品种、特

性,凋萎湿度等;土壤层的影响因素有土壤有效含水量、底墒、干土层厚等;水文层的影响因素有地下水位、水库湖泊存储量、河流径流量等;人类活动层的因素有灌溉能力、耕作制度、作物结构、社会抗旱能力等。这五个层次的因素是相互作用的,当大气层中有降水时,作物根据不同特性吸收不同量的水分,有一部分降水也会渗透到土壤中,增加土壤的相对湿度,降水也会通过径流增加地下水位。

各层次干旱评估指标概念模式,每个层次根据其影响因素都有其干旱指标来评定,大气层中有降水负距平百分率模式,降水 z 指数模式、标准化降水指数模式、连续无雨日数等模式;作物层有作物水分亏缺率、作物干旱模式、植被供水指数模式等;土壤层有干土层深度模式、土壤底墒模式、土壤相对含水量模式、土壤相对湿度模式等;水文层有地下水位指标模式、水分供求差模式、地表水供水模式、水库存储量指标模式等;人类活动层有水利指标模式、种植结构易旱指标模式、土壤改良水保模式、抗灾性能指标模式等。

华北平原多层次相互作用的农业干旱综合指标体系最后一部分是选取站点筛选各个层次的指标模式,构建农业干旱综合指标模式。由于农业干旱的影响因子较多,较复杂,不同的地区影响当地的干旱程度的因子是各不相同的,因此每个地区选取的模式也不尽相同。模式的选取遵循以下原则:

- (1)综合性原则:选择独立性较强、能综合反映指标群特征的指标;
- (2)实用性和易操作性原则:各指标含义明确,数据资料容易获得,计算方法简明易懂;
- (3)可比性原则:保证指标的一致性,便于比较。同时还要根据当地的农业干旱致旱因素和日常工作经验,并结合上述选取原则,选取各个层次的干旱指标模式。

在影响农业干旱的各层次中,人类活动层是一个特殊的层次,因为人类活动层中有许多影响因素,研究中选择抗旱系数作为人类活动层中模式。

1.1.2 构建农业干旱综合指标概念模式

华北平原多层次相互作用的农业干旱综合指标体系建立后,筛选各个层次的指标构建了农业干旱综合指标概念模式。基于上述农业干旱定义的理念,本研究构建的华北平原多层次相互作用的农业干旱综合指标概念模式是由各个层次主要不同权重致旱指标作用的总和及其受到抗旱力影响的函数。其概念模式为:

$$M = (1 - \lambda) \sum_{i=1}^n a_i F_i(x) \quad (1.1)$$

式中, M 为农业干旱综合指标($0 \sim 1.0$); λ 为归一化标准的抗旱能力系数,随着系数增大,致旱的程度越轻; a_i 为某一层次干旱指标子模式的权重系数,归一化为 $0 \sim 1.0$, a_i 的确定是模式中的关键技术; $F_i(x)$ ($i=1,2,3,\dots$) 为子模式,为 x 层次干旱指标的函数,一般选主要的 $3 \sim 5$ 个子模式代表多层次子模式组合成综合模式。这里的子模式的干旱等级都归一化为 $1 \sim 5$ 级,分别是无旱、轻旱、中旱、重旱、严重干旱,其相应数值为 $0,1,2,3,4$ 。所有子模式的干旱等级都归一化为 $1 \sim 5$ 级,主要是消除量纲,便于子模式之间具有可比性。

1.1.3 权重具体确定方法

在其他研究方法的思路 and 基础上提出了一种新的权重确定方法——“级差加权指数法”。

级差加权指数法具体步骤:假设已有某时段的干旱资料,把各个子模式干旱级别统一为无旱、轻、中、重、严重五个等级,并定量化为 $0,1,2,3,4$ 。然后根据某时段逐年出现的干旱实况

划定各年的相应的干旱级别,将各子模式计算的各年干旱级别与实况对照,并进行权重确定。权重计算的公式为:

$$a_i = \frac{1 - A_{ij} / \sum_{j=1}^n |A_{ij}|}{n - 1}$$

(1.2)

式中, a_i 为权重, A_{ij} 为第 i 种干旱指标的模式在第 j 年计算的值与实测的值之差。

假设某时段的干旱资料为 50 年,把各个子模式干旱级别统一为无旱、轻、中、重、严重五个等级,并定量化为 0,1,2,3,4。如表 1.1 所示。

表 1.1 各干旱子模式的干旱等级

干旱程度	等级	帕默尔干旱指数模式	SPI 指数模式	植被指数模式
严重	4	≤ -4.00	< -2.5	6~15
重	3	$-3.00 \sim -3.99$	$-2 \sim -2.5$	16~25
中	2	$-2.00 \sim -2.99$	$-2 \sim -1.5$	26~35
轻	1	$-1.00 \sim -1.99$	$-1.5 \sim -1$	36~45
无旱	0	$0.99 \sim -0.99$	$-1 \sim 1$	> 45

首先根据 50 年逐年出现的干旱实况划定各年的相应的干旱级别(无旱、轻、中、重、严重),将各子模式计算的各年干旱级别与实况对照,并进行权重确定(表 1.2)。

表 1.2 各干旱子模式权重的确定

年份	帕默尔干旱指数模式			SPI 指数模式		植被指数模式	
	实况的 干旱等级	模式算出的 干旱等级	差值绝对值	模式算出的 干旱等级	差值绝对值	模式算出的 干旱等级	差值绝对值
1951	4	3	1	2	2	2	2
1952	4	4	0	3	2	2	3
.....							
2000	3	3	0	2	1	1	2
总差值和		s_1		s_2		s_3	
权重系数		$\frac{1-s_1/(s_1+s_2+s_3)}{3-1}$		$\frac{1-s_2/(s_1+s_2+s_3)}{3-1}$		$\frac{1-s_3/(s_1+s_2+s_3)}{3-1}$	

1.1.4 抗旱系数 λ 的确定方法

农业抗旱能力受到自然、地域条件和人类活动等多方面因素的共同影响,对于各地区抗旱能力大小的评价也要从多方面综合判定。因此,可以通过很多抗旱因子来体现。抗旱因子选择的主要原则是:

- (1)尽可能全面反映某地区的抗旱能力,抗旱因子具有代表性,能反映人们在某一方面的抗旱举措;
- (2)抗旱因子概念明确,容易获得,容易量化,便于计算、比较;
- (3)抗旱因子之间相互独立,减少重复性因素的影响(倪深海等,2005)。抗旱因子包括水库调蓄率,耕地灌溉率,旱涝保收率、水利投资比、节水灌溉率、旱田比、抗旱浇地率等。
- 李世奎等提出了抗灾能力计算方法如表 1.3 所示,是从实际单产和最高单产,受灾面积和

成灾面积的角度出发来计算的。

表 1.3 抗旱系数计算方法

模式号	模式	公式符号代表
I	$\lambda = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{Y_i}{Y_{\max}}$	λ 为抗旱系数, Y_i 为实际单产, $Y_{\max}$ 为最高单产(可用光温生产潜力代替)
II	$\lambda = a + bx$	x 为年序, $b = Y_i / Y_{\max}$, a 为斜率, 代表抗旱性能趋势向量系数
III	$\lambda = 1 - A_h / A_u$	λ 为抗旱系数, A_h 为成灾面积, A_u 为受灾面积
IV	$\lambda = A_i / A_s$	λ 为抗旱系数, A_i 为成灾面积, A_s 为受旱面积

本节中抗旱能力可以根据每个地区情况不同选择相应的抗旱因子来表示, 根据华北平原的情况, 一般选择耕地灌溉率、抗旱浇地率、旱涝保收率, 也可以选用表 1.3 中的第二个模式。

1.2 华北平原多层次相互作用的农业干旱综合指标实用模式

本节构建了华北平原多层次相互作用的农业干旱综合指标体系及综合指标概念模式, 选取了河南许昌冬小麦为例进一步探讨华北平原多层次相互作用的农业干旱综合指标概念模型, 细化其中的参数。

1.2.1 许昌冬小麦生育期的确定

由于地理位置不同, 播种期不尽相同, 再加上降水和积温不同, 因而冬小麦的生育期也不同, 根据积温和播种期确定许昌冬小麦的生育期。研究中选择许昌冬小麦生育期的平均值, 冬小麦播种期为 10 月 11 日, 成熟期为下一年 6 月 11 日, 全生育期天数闰年为 244 d, 其他年份为 243 d。

1.2.2 指标子模式的选择

根据上述农业干旱的定义, 选择冬小麦全生育期各个层次干旱指标模式。共 4 个指标模式: (1) 全生育期降水负距平百分率; (2) 全生育期作物水分亏缺率; (3) 帕默尔干旱指数; (4) 土壤相对湿度。

降水负距平百分率是大气层的一个子模式, 作物水分亏缺率是作物层的子模式, 帕默尔干旱指数融合了大气、土壤、水文层, 土壤相对湿度是土壤层的一个子模式。人类活动层就选择抗旱系数表征抗旱能力。选择的这四个指标子模式在生理机制上既相互独立, 又有联系。全生育期降水负距平百分率是单纯从降水的角度出发, 反映生育期内降水情况, 只需用历年的降水资料计算该子模式, 意义明确, 计算简单; 全生育期作物水分亏缺率是从作物与水分关系考虑; 帕默尔干旱指数是建立在水分平衡原理基础之上的, 包括蒸散、径流、补水、失水四个方面; 土壤相对湿度是从土壤和水分的角度出发, 反映土壤干湿情况。这四个指标子模式均从水分角度考虑, 有一定的联系。因此选择这四个指标作为许昌冬小麦综合干旱模式的子模式。

1.2.3 干旱程度的确定

由于许昌的冬小麦生育期间主要受干旱的影响, 因此, 本节利用冬小麦减产率与有关统计

资料相结合即可判定许昌地区冬小麦干旱程度。

各种自然因素和非自然因素的综合影响形成了农作物的最终产量,相互间的关系极其复杂,很难用定量的量化关系来表述。国内外研究者大都把这些因素按影响的性质、时间尺度划分为农业技术措施、气象条件和随机“噪声”三大类,相应的,农作物产量也可分解为趋势产量、气象产量和随机产量三部分。表达为:

$$y = y_t + y_w + \Delta y \quad (1.3)$$

式中 y 为小麦的实际产量,单位为 kg/hm^2 ; y_t 为小麦的趋势产量,单位为 kg/hm^2 ; y_w 为小麦产量的气象分量,又称为气象产量,单位为 kg/hm^2 ; Δy 为小麦产量的随机分量,单位为 kg/hm^2 。

由于影响各地小麦增、减产的偶然因素并不时常发生,而且局地性的偶然因素的影响也不太大,因而在实际产量分解的计算中,一般都假定 Δy 可忽略不计。因此,农作物产量的公式可以简化为:

$$y = y_t + y_w \quad (1.4)$$

利用许昌 1971—2005 年的冬小麦产量资料进行分析,对趋势产量进行模拟,添加趋势线即是趋势产量的模拟曲线, $y = 0.0375x^3 - 1.4001x^2 + 128.64x + 317.79$, 相关系数为 0.970927, 通过 0.01 的检验(图 1.3)。

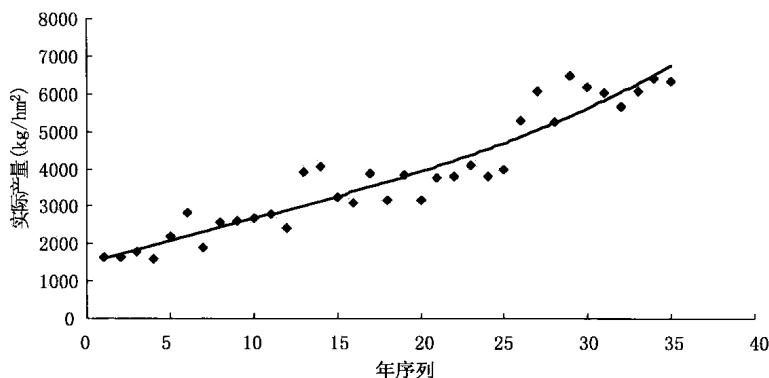


图 1.3 许昌冬小麦实际产量和趋势产量关系

然后给定 1971—2005 年 1, 2, 3, ..., 35 年, 带入公式 $y = 0.0375x^3 - 1.4001x^2 + 128.64x + 317.79$ 算出每年的趋势产量。

冬小麦减产率是采用逐年的实际产量偏离其趋势产量的相对气象产量的负值, 计算公式为:

$$y_d = \frac{y - y_t}{y_t} \times 100\% \quad (1.5)$$

式中 y_d 为小麦减产率, 单位为%; y 为实际产量; y_t 为趋势产量, 单位均为 kg/hm^2 。

许昌冬小麦的 1971—2005 年的减产率如图 1.4 所示。

根据表 1.4 冬小麦的减产率定义 1971—2005 每年的干旱程度, 无旱、轻旱、中旱、重旱, 严重干旱。

由于有些年份减产不完全是由于干旱造成的, 有可能是由病虫害、干热风等其他因素造成的减产, 这就需要对每年的减产率进行分析, 在等级划分中进行调整。例如, 根据冬小麦减产率算出的 1984 年是重旱灾, 但是根据《中国农业灾害风险评价与对策》一书中描述的 1984 年无干旱, 属于正常年份, 这就需要对 1984 年的干旱程度进行调整。

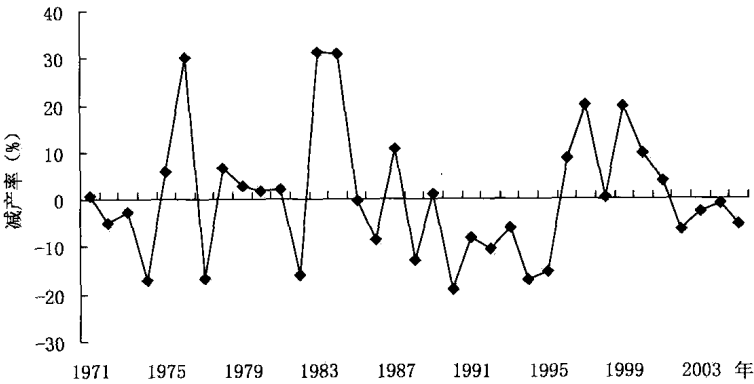


图 1.4 许昌 1971—2005 年冬小麦减产率

表 1.4 冬小麦减产率的干旱等级

干旱类型	减产率(%)
轻旱	≤10
中旱	10~20
重旱	20~30
严重干旱	>30

据冬小麦减产率和有关统计资料对许昌冬小麦干旱程度进行调整,划分无旱、轻旱、中旱、重旱、严重干旱五个等级,作为许昌冬小麦生育期内实际干旱情况,以便于其他指标与其对比。

1.2.4 模式权重系数的确定

分别对单因子干旱指标根据各自的干旱等级划分标准,并赋予无旱、轻旱、中旱、重旱、严重干旱为 0,1,2,3,4。同时对由作物减产率和有关统计资料共同界定的许昌 1971—2005 年干旱程度,并对干旱等级无旱、轻旱、中旱、重旱、严重干旱赋予 0,1,2,3,4。

把降水负距平百分率、作物水分亏缺率、帕默尔干旱指数、土壤相对湿度指标划分干旱等级并赋予 0,1,2,3,4,与作物减产率和有关统计资料共同界定的干旱程度进行比较,如表 1.5 所示。

表 1.5 各个单项干旱指标的权重计算

年份	降水负距平百分率模式			作物水分亏缺率模式	
	实况的干旱等级	模式算出的干旱等级	差值绝对值	模式算出的干旱等级	差值绝对值
1971	0	0	0	2	2
1972	0	0	0	0	0
1973	0	2	2	1	1
1974	2	2	0	1	1
1975	2	2	0	2	0
.....					
2005	0	2	2	2	2
总差值和	—		29		37
权重系数	—		0.25		0.23