

北方地区干旱规律 及抗旱综合技术

KANG HAN ZONG HE JI SHU

李玉中 程延年 安顺清 编著

中国农业科学技术出版社

北方地区干旱规律及 抗旱综合技术

李玉中 程延年 安顺清 编著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

北方地区干旱规律及抗旱综合技术/李玉中、程延年、安顺清编著.
—北京: 中国农业科学技术出版社, 2002, 11
ISBN 7-80119-895-6

I. 北… II. 李… III. ①干旱-规律-中国②抗旱
IV. P426.616

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 088913 号

责任编辑
责任校对
出版发行

阎庆健 鲁卫泉 严海军
马丽萍 贾晓红

中国农业科学技术出版社

(地址: 北京海淀区中关村南大街 12 号)

电话: 62187620 68975144 邮编: 100081)

新华书店北京发行所

北京奥隆印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张: 18

1~1 000 册 字数: 455 千字

2003 年 11 月第一版, 2003 年 11 月第一次印刷

50.00 元

经 销
印 刷
开 本
印 数
版 次
定 价

序

干旱规律及早灾防御技术是世界性的研究课题。近年来，干旱对农业生产危害严重，并随着全球气候变暖而加剧。沙漠化、沙尘暴与旱灾互为因果，共同肆虐，形成恶性循环。我国农业的可持续发展将长期受到干旱的威胁。统计表明，干旱的程度与年景显著相关。特别是 20 世纪 90 年代以来，干旱和连续干旱的影响增加，2000 年旱灾是产量下降的主要原因；我国的西北部分地区沙漠化的趋势正在加剧；温室效应引起的气候变暖有改变农业气象灾害格局并加剧其危害的作用。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。

我国年年有灾，每年约有三分之一的农作物受灾，损失粮食约 500 万~2000 万吨，平均每年 1000 万吨，据历史资料结合当前的农业生产水平分析，极端重灾年份可达 5000 万吨，2000 年就是一个明显的例子。其经济损失轻灾年也达到 100 亿元，重灾年则为数百亿元，极端重灾年份可达 1000 亿元以上。其中又以干旱的危害为最严重，造成的损失占总损失数的 60% 以上。减轻干旱等农业气象灾害的影响，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。

干旱等农业气象灾害具有不可避免、普遍性、非均衡性、积累性和交替并发性等特点。近年来，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加快，范围扩大，危害加剧，受到国内外的广泛关注。

20 世纪 80 年代以来，笔者在这一领域已开展了多年研究。

1996~2000年,笔者主持国家重点科技攻关项目96-020-01-02专题“抑蒸集水防旱抗旱集成技术研究”,在抗旱种衣剂的研制及配套使用技术和旱地集水底墒灌溉和地膜覆盖的集成技术方面取得两项研究成果,并在地膜覆盖畦集水、秸秆全程覆盖、关键期集水补灌等方面取得进展;2001~2002年,笔者主持科研院所社会公益研究专项资金项目“北方地区干旱规律及抗旱综合技术”,深入开展干旱规律研究,并在抗旱节水技术研究和产品研制等方面取得了新的进展;2001~2003年,笔者主持国家重点科技攻关项目课题“农业气象灾害控制技术研究”和863节水农业课题“节水化学制剂的研制与产品开发”是以上工作的延续。“十五(2001~2005)”期间,研究工作将进一步加强并可望取得新的进展。

笔者认为,为了更好地开展新的研究,有必要对北方地区的干旱发生规律、抗旱技术的影响机理和从宏观到微观的抗旱措施与技术进行总结。通过多年的研究实践,已经取得了一些成果,形成了一套设想,正在当前的工作中推广应用和付诸实践。为抛砖引玉,我们编写了这本专著。本书以当前研究的三个课题中的研究进展为主,同时介绍国内外有关研究情况;第一部分运用我们自己研究改进的模式,对北方地区的干旱发生规律进行了深入的分析;第二部分讨论重点研究的集水、抑蒸、节水等技术的机理并介绍了应用于抗旱机理研究的新仪器;第三部分介绍北方地区抗旱技术的研究进展和有关实用技术,并展望了在农业可持续发展过程中旱灾防御的前景。

本书的第一部分由安顺清组织编写,刘巍巍、刘庚山、郭安红参加部分章节的编写,第二、三部分由李玉中、程延年编写,王一鸣、李凤民、王立祥、胡良温、杜宝华、贺菊美、严菊芳、史学贵、池宝亮、陶士珩、崔欢虎、朱国庆、李巧珍、王俊、王庆锁、李红梅等先后参加了有关课题的研究并提供了资料,基因有限公司和澳作生态仪器有限公司提供了有关仪器资料。全书由李玉中、程延年、安顺清统稿、定稿。

中国农业科学院农业气象研究所、中国气象科学研究院、兰州大学干旱农业生态国家重点实验室、西北农林科技大学、山西省气象科学研究所、山西省农业科学院、甘肃省定西地区农业气象试验站等单位参加了有关课题的协作研究，本书得以出版和各单位领导的大力支持与同事们的辛勤劳动分不开，本书还得到中国农业科学院农业科技专著出版基金的资助，在此一并表示衷心的感谢。

本书引用了许多学者和同行专家的文献，在此表示诚挚的敬意，其中难免有疏漏和不妥的地方，敬希谅解。限于编者水平和研究阶段性的局限，书中错误之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

本书可供农学、生态学、地理学、气象学、农业气象学等专业人员和大专院校师生参考，也可供广大农业科技人员、农业管理人员和农业生产部门参考。

李玉中

中国农业科学院农业气象研究所

2002年9月10日

目 录

第一部分 北方干旱发生规律

第一章 干旱研究进展	(7)
一、干旱成因研究进展	(8)
二、干旱发生规律研究进展	(10)
三、干旱指标研究进展	(11)
四、干旱预测预报研究进展	(13)
五、农业干旱防御技术研究进展	(16)
第二章 影响干旱发生规律的主要因素	(18)
一、纬度、海陆位置和地形影响	(18)
二、季风影响	(18)
三、副热带高压影响	(19)
四、西风带环流的影响	(19)
五、ENSO 事件的影响	(20)
六、陆面热异常的影响	(20)
七、天文因素的影响	(21)
八、人类活动的影响	(21)
第三章 干旱特征	(25)
一、干旱持续期	(26)
二、干旱范围	(27)
三、干旱强度	(28)
四、干旱发生频率	(28)
五、干旱的阶段性和周期性	(30)
第四章 干旱指标的选择	(32)
一、划分干旱气候指标	(32)

二、气象干旱指标	(34)
三、农业干旱指标	(37)
四、水文干旱指标	(45)
五、干旱影响评估指标	(46)
第五章 帕默尔干旱指数计算方法	(52)
一、干旱定义	(52)
二、帕默尔干旱指数计算中应用的主要技术	(54)
三、帕默尔旱度计算步骤	(56)
四、计算干旱度和湿期的程序	(81)
五、干旱评估模式的修正	(86)
第六章 北方地区干旱发生规律分析	(90)
一、历史时期北方旱涝发生规律	(90)
二、1961~2000年北方地区干旱发生规律分析	(92)

第二部分 抗旱技术的机理研究

第七章 集水抗旱机理	(131)
一、主动抗旱与集水技术	(131)
二、覆盖畦集水的防旱抗旱效应分析	(133)
三、覆盖畦集水的田间小气候特征分析	(135)
四、覆盖畦集水作物生育特征	(142)
五、沟植垄盖技术对降水生产力的增进	(146)
第八章 化学制剂抗旱机理	(149)
一、保水剂	(149)
二、节水抗旱种衣剂	(157)
三、植物蒸腾抑制剂	(164)
四、高分子土壤覆盖材料	(169)
第九章 覆盖抗旱机理	(172)
一、覆盖栽培技术概述	(172)
二、地膜覆盖的生态效应	(174)

三、秸秆覆盖的生态效应	(179)
四、有机物覆盖	(185)
第十章 作物水分胁迫	(187)
一、水分胁迫对作物形态发育及产量的影响	(187)
二、渗透调节与弹性调节	(190)
三、水分胁迫下的气孔行为	(195)
四、水分胁迫下 ABA 等激素的变化	(197)
五、水分胁迫下的光合作用下降的气孔与 非气孔行为	(201)
第十一章 应用于抗旱机理研究的新仪器	(202)

第三部分 北方地区抗旱技术研究

第十二章 北方地区干旱防御系统工程	(239)
一、中国旱灾概况	(239)
二、旱灾对北方地区农业的影响	(239)
三、旱灾对中国农业生态环境的影响	(241)
四、我国北方抗旱技术的研究	(242)
五、防御旱灾的基本经验	(244)
六、防御旱灾的农业技术措施	(246)
七、北方地区抗灾减灾农事月历	(250)
八、北方干旱防御系统工程	(261)
第十三章 集水抗旱系列技术	(263)
一、集水抗旱技术概述	(263)
二、集水的三个层次	(266)
三、集水工程	(267)
四、田间集水	(270)
五、根区微集水	(273)
六、集水补灌	(273)
七、集流补灌工程的建设	(280)

第十四章 化学制剂抗旱技术	(283)
一、抑蒸制剂抗旱剂一号	(284)
二、抑制蒸腾剂农气一号	(288)
三、保水剂	(291)
四、抗旱型种子复合包衣剂	(297)
第十五章 覆盖抗旱技术	(299)
一、地膜覆盖栽培技术	(299)
二、秸秆覆盖栽培技术	(302)
三、地膜覆盖抑蒸技术的改进	(303)
四、秸秆全程覆盖技术	(311)
五、渗膜覆盖栽培技术	(314)
六、覆盖栽培技术的发展前景	(316)
第十六章 节水抗旱技术	(317)
一、节水灌溉的基础	(318)
二、农业节水技术概述	(319)
三、地面节水灌溉技术	(321)
四、掌握作物需水规律浇好关键水	(324)
五、华北地区小麦的优化灌溉	(325)
六、节水灌溉制度	(328)
七、精准农业与精准灌溉	(328)
八、节水农业生产分区	(331)
九、节水灌溉系统工程	(332)
第十七章 利用作物水分胁迫的抗旱技术	(334)
一、利用水分胁迫机制的抗旱技术和思路	(335)
二、小麦有限水分胁迫研究示例	(341)
第十八章 抑蒸集水集成抗旱技术	(345)
一、发展西部地区农业的思考	(345)
二、西部地区农业气象灾害的主要特征	(346)
三、主动抗旱与被动抗旱	(347)

四、抑蒸集水集成抗旱技术的提出	(348)
五、抑蒸集水防旱抗旱集成技术	(351)
六、抑蒸集水集成抗旱技术的发展前景	(357)
第十九章 农业结构调整与抗旱技术	(359)
一、环境控制农业	(360)
二、牧区干旱和草原黑灾的防御	(361)
三、果树干旱的防御	(364)
四、蔬菜干旱的防御	(366)
五、因地制宜调整种植结构	(367)
六、实施西部地区作物生态环境适宜区优选	(369)
七、发展干旱地区的草业	(370)
第二十章 沙漠化、沙尘暴的防御	(375)
一、沙漠化及其危害	(375)
二、沙尘暴及其危害	(377)
三、沙漠化的治理	(380)
四、沙尘暴的防御	(385)
第二十一章 展望	(389)
一、全球气候变化和未来干旱趋势	(389)
二、干旱灾害的若干特征	(391)
三、适应未来气候变化的对策	(392)
四、减轻干旱灾害的对策	(395)
参考文献	(405)

第一部分

北方干旱发生规律

干旱是一种复杂的自然现象，在一定程度上受社会因素影响。说它是一种自然现象是因为它是一种严酷的气象现象，是由持续的异常的水分亏缺为特征的气象异常，也称气象干旱。由于这种气象异常，导致地面自然生态系统中水分支出大于供给，从而发生农业干旱、水文干旱等。说它是在一定程度上受社会因素影响，是因为人类活动对干旱发生及其严重程度有一定影响，是人类活动和自然系统中水分平衡的结果。当人类需水量大于自然供水量时就形成了社会经济干旱。对于干旱的这种阐述可能更符合今天人类活动对气候有更加明显影响的客观情况，只强调它是自然现象，往往会忽视人类活动有时会加剧干旱，有时会减缓或避免干旱的现实。

干旱是一个公认的复杂的科学问题，不仅与大气圈有关，而且也与气候系统中的水圈、冰雪圈、生物圈和人类活动有关。有不少研究证明其与天文背景也有关。干旱是持续的异常水分亏缺所致，而水分又是人类、动植物生命活动、社会经济活动以及自然生态系统最为重要的不可缺少的因子。因此，一旦发生持续性干旱，其不利影响就会涉及广泛的领域。在持续的严重干旱期间，水资源通常是很紧缺的，因此干旱控制有其艰巨性。虽然人类在长期生产实践中已积累了一些感性认识和防旱经验，科技工作者在 100 多年的干旱研究中取得了大量的成果，但人们对于干旱的认识和控制水平远远不够。甚至有人认为干旱与其它灾害相比是不可战胜的灾祸。随着科学技术发展日新月异，上述论点可能过于悲观，但无疑在今后一段相当长的时间里，人们对于干旱的认识仍还不能迈入自由王国的阶段。目前人们对于干旱仍处于边研究、边防御的阶段。人类彻底征服干旱的道路还很遥远。

干旱是世界上广为分布的自然灾害，全世界有 120 多个国家受到不同程度的干旱威胁。干旱自古以来就是困扰着人类的重大自然灾害，不论过去还是现在，全球发生的特大干旱对人类社会所酿成的灾难是触目惊心的，它像无形的杀手，夺走了难以计数的生命；它是导致自然生态和环境恶化的罪魁祸首；它是社会经济特别是农

业可持续发展的重要障碍。当今世界最大的旱灾发生在 20 世纪 60 年代到 90 年代初的非洲撒赫勒——苏丹地区。持续了 20 多年的这次干旱导致饥荒遍地，社会动乱，到 80 年代该地区死亡人数达 300 多万。在世界上经济最为发达的美国也逃脱不了干旱的袭击，仅 1980 年、1983 年和 1988 年发生的 3 次大旱和热浪，造成各年粮食减产 1/3 以上，3 年经济损失总计约 730 多亿美元。1988 年底因干旱导致世界谷物只有 54 天的储备，比大旱的 1973 年的 57 天还少。

干旱是我国农业最为严重的自然灾害，李代鑫等（2001 年）在 1950~1998 年的统计结果表明：平均每年我国受旱面积约 2 100 多万 hm^2 ，约占全国各种气象灾害受灾面积的 60%。平均每年成灾面积 870 万 hm^2 ，成灾率达 40%，每年因旱灾损失粮食 100 亿 kg 以上，占全国粮食损失总量的 50%。其中 1959~1961 年 3 年连旱，受旱面积达 10 900 多万 hm^2 ，减产粮食 611.5 亿 kg。大旱的 1997 年全国受旱面积 3 351 万 hm^2 ，成灾面积 2 000 万 hm^2 ，成灾率高达 60%，因旱灾粮食损失达 300 亿 kg 左右，占全年因灾损失粮食总量的 75%。我国 20 世纪 90 年代，单位播种面积因旱灾损失的粮食平均每年高达 183.22 kg/ hm^2 。据统计，1990 年以来，我国每年因气候灾害造成的直接经济损失都超过 1 000 亿元以上，特别是 1998、1999 和 2000 年每年高达 2 000 亿元以上，其中由于旱造成的损失占很大比例。

很多学者的研究结果表明，全球气候变暖将可能导致包括干旱在内的极端异常气候事件更加频繁发生，其危害更加严重。因此，对于干旱灾害的深入研究和有效防御是大家面临的重要任务。

我国的干旱虽然在全国各地普遍存在，但就其发生的频率和严重程度而言，北方多于南方、重于南方。因此，笔者将主要分析北方干旱发生规律。在这里所说的北方是指昆仑山脉、秦岭、淮河一线以北的 15 个省、市、自治区，包括黑龙江、吉林、辽宁、北京、天津、河北、河南、山东、山西、内蒙古、陕西、宁夏、甘肃、青海、新疆，即东北、华北、西北地区。

要控制干旱,减缓或避免干旱的不利影响,首先要了解干旱的发生规律。干旱发生规律历来是干旱研究的一个重要方面,许多学者应用各种资料和技术手段进行了大量的分析研究,积累了不少有关这方面的知识。由于对有关我国地质时期、历史时期和近代观测时期的气候干湿变化规律有不同程度的了解,这为各地不同时间尺度的干旱预报和防旱对策的制定提供了有价值的依据。

在前人研究的基础上,在这里重点将笔者承担的科技部社会公益研究项目“北方干旱发生规律和防御综合技术研究”(2001~2002)有关干旱发生规律的研究成果作为本书的一部分内容,其目的不仅为求内容的系统性和完整性,还考虑了以下一些情况。

一是以前许多学者在应用气象观测资料分析我国干旱发生规律时,受客观条件的限制,一般都利用20世纪90年代以前的资料,而90年代以来,我国同全球一样,气候异常显著,干旱连续不断发生,干旱危害也很严重,应将这一重要时段列入。进入21世纪以来,把20世纪90年代的干旱情况考虑进去,有利于较全面反映我国的干旱情况。

二是随着科学技术的不断发展以及对于干旱的深入研究,人们对干旱的认识不断深化,技术手段也较先进,有助于对于干旱发生规律的分析趋于客观。比如,干旱程度由过去的仅取决于水分亏缺量发展到干旱程度是水分亏缺量和持续时间的函数;土壤—作物—大气系统水分运移连续体(SPAC)理论的提出为农业干旱研究提供了重要的理论基础。农田水分平衡各分量的测定和估算技术日趋完善,特别是可能蒸散量的计算由桑斯威特式、彭曼式、修正的彭曼式、普利斯特莱—泰勒式、布德科式、鲍恩式等,发展到较精确的既有物理学基础又有生物学基础的彭曼—蒙蒂斯式,该式被联合国粮农组织(FAO)推荐为计算参考作物蒸散量的首选公式。在我国,刘钰等(1997)也对该式进行了验证,结果表明该式有很高的精确度,适用于我国。

三是我国正在加快农业现代化的步伐,积极推进农业结构调整

战略,提高农业质量和效益。我国西部大开发正抓紧实施,力争社会经济和自然生态协调发展。为使农业走向良性循环发展的轨道,必须实施农业可持续发展战略。这一切都迫切需要对农业最大的灾害——干旱的发生规律,有深入了解和有效控制。

四是干旱问题涉及众多领域,不同学科从各自的角度,应用不同的资料及技术方法分析的干旱规律各具特色。在这一部分中,干旱发生规律的分析是应用修正的帕默尔干旱指数,它不是针对作物的,仍然是气象干旱指标,但它又与其它的气象干旱指标不同。一般的气象干旱指标多用降水量和降水量距平表示,而帕默尔干旱指标应用水分平衡方法计算了各地气候适宜降水量、实际降水量与适宜降水量之差的水分亏缺量,另外考虑了前期天气条件及持续时间因子对旱度的贡献。各地的旱度值有一定程度的时空可比性。由于能够给出逐年逐月的旱度指数值,所以人们可以由此看出每次干旱开始、发展、结束过程,所考虑因子较全面,理论基础较坚实,能够较客观反应干旱特征,特别是反映严重干旱更客观。无疑,正如一些学者指出的那样,帕默尔干旱指数仍存在一些局限性,这也是包括美国在内的一些学者正在考虑予以解决的问题。因此,下述干旱规律分析结果只能作为应用修正的帕默尔干旱指数所获得的结果,其客观性有待进一步评估。

由于资料收集方面的困难,再考虑到20世纪50年代我国干旱不严重,所以在分析我国北方干旱发生规律时所采用的资料重点是1961~2000年。历史时期的干旱发生规律则是前人研究的结果。