

国家自然科学基金项目（41001059）资助

中国雨养农业旱灾适应性 评价与策略研究

Zhongguo Yuyang Nongye Hanzai Shiyingxing
Pingjia Yu Celue Yanjiu

王志强◎著

中国雨养农业旱灾适应性 评价与策略研究

王志强 著



气象出版社

China Meteorological Press

图书在版编目(CIP)数据

中国雨养农业旱灾适应性评价与策略研究/王志强
著. —北京:气象出版社,2017.8
ISBN 978-7-5029-6615-7

I. ①中… II. ①王… III. ①旱作农业—研究—中国
IV. ①S343.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 185594 号

中国雨养农业旱灾适应性评价与策略研究

王志强 著

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

邮政编码:100081

电 话:010-68407112(总编室) 010-68408042(发行部)

网 址:<http://www.qxcbs.com>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑:张盼娟

终 审:张 斌

责任校对:王丽梅

责任技编:赵相宁

封面设计:楠竹文化

印 刷:北京建宏印刷有限公司

开 本:787 mm × 1092 mm 1/16

印 张:10.125

字 数:160 千字

彩 插:2

版 次:2017 年 8 月第 1 版

印 次:2017 年 8 月第 1 次印刷

定 价:38.00 元

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。

前 言

联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第五次评估报告指出，在1880—2012年间全球平均陆地和海洋表面温度升高了 0.85°C 。全球气候变暖的背景下，极端天气气候事件的特征可能更为复杂，气象灾害可能增多、增强，粮食安全将受到严重挑战。2015年，第21届联合国气候变化大会上一份名为《气候变化、全球粮食安全及美国粮食系统》的报告指出，全球变暖可能会对世界，尤其是对贫困地区和热带地区的粮食安全产生深远影响。气候变暖可能导致的粮食减产，极端天气引起的运输成本升高，高温带来的储存成本升高，都会大大降低粮食的可获得性并造成粮食价格波动。这将对粮食消费占比很大的低收入群体的生存构成严重威胁。同时，人口的快速增长使得农业用地承载压力增强，人地矛盾更加突出；社会经济的发展，对农业生产和粮食质量提出了更高的要求。2009年6月17日，国际环保组织“绿色和平”与国际扶贫组织“乐施会”共同发布的《气候变化与贫困——中国案例研究》报告指出，气候变化已成为中国贫困地区致贫甚至返贫的重要原因之一，95%的中国绝对贫困人口生活在生态环境极度脆弱的地区。

雨养农业又称旱作农业，是指在降水稀少又无灌溉条件的干旱、半干旱和半湿润易旱地区，主要依靠天然降水和采取一系列旱作农业技术措施，以发展旱生或抗旱、耐旱的农作物为主的农业，是一种较为传统的农业生产模式。雨养农业地区往往由于相对匮乏的自然资源和恶劣的地理环境，使灌溉农业难以发展，社会经济发展相对落后，农户仍继续维持着“靠天吃饭”的生活状态。这一区域又处于气候变化和农业生产方式变化的过渡区域，气候变化影响明显，生态环境较为脆弱。在这样的背景下，针对气候波动敏感和

贫困问题较重的雨养农业地区，适应气候变化和降低农业旱灾风险已成为其能否可持续发展的重要现实问题。

本书系统阐述了农业旱灾的形成过程以及适应性的内涵，构建了环境变化—发展需求—适应措施三者相互驱动影响的农业旱灾适应机制，提出了适应评价、对策分析和实证研究为一体的适应性研究方法，并以中国的两个典型雨养农业区为例进行了适应性研究；同时，结合我国农业旱灾保险和国外农业旱灾保险的现状，提出了我国构建雨养农业区旱灾保险制度体系的相关建议。本书对我国雨养农业区适应性研究进行的探索，可为国家制定雨养农业地区旱灾适应和降低风险方面的政策提供重要参考，也为雨养农业地区脱贫工作提供一定的帮助。

本书是在作者主持的国家自然科学基金项目“中国雨养农业旱灾适应性评价与策略研究”（项目号：41001059）的资助下，总结了自研究生阶段开始的多年研究雨养农业旱灾脆弱性、风险、适应性、旱灾救助等相关问题的理论与实践，在整合近5年来发表的农业旱灾适应性相关研究成果的基础上，对农业旱灾适应性研究理论进一步提升后完成的，希望能对从事旱灾研究的科研人员有所帮助和启发。在作者从事中国雨养农业旱灾适应性相关研究的近5年中，民政部国家减灾中心邓岚参与了云南农业旱灾适应性研究的工作，北京师范大学硕士研究生马箐、陈思宇、岳天雨等先后参与了旱灾适应性评价、农业旱灾保险制度等方面的研究工作，他们都对本研究的不同阶段做出了贡献。另外，北京师范大学硕士研究生陈思宇、民政部国家减灾中心麻楠楠先后负责了全书的编排和校对工作，在此一并致谢。

雨养农业旱灾适应性研究是一个处于不断完善和发展中的课题，限于作者的时间和水平，书中难免存在差错和不足，恳请读者批评斧正。

王志强

2017年3月于北京

目 录

前 言

第1章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 农业旱灾风险研究进展	16
1.3 农业旱灾适应研究进展	25
1.4 本书结构	40
参考文献	41
第2章 雨养农业旱灾适应研究的理论与方法	50
2.1 干旱事件及早灾形成过程	50
2.2 农业旱灾适应的理论构建	55
2.3 农业旱灾适应性研究评价方法	61
2.4 本章小结	73
参考文献	73
第3章 山西省大同县农业旱灾适应性研究	74
3.1 大同县农业旱灾孕灾环境分析	74
3.2 大同县农业旱灾适应性评价	84
3.3 大同县农业旱灾适应措施分析	91
3.4 大同县农业旱灾适应模式选择	93

3.5 本章小结	96
参考文献	96
第4章 云南省施甸县农业旱灾适应性研究	97
4.1 施甸县农业旱灾孕灾环境分析	97
4.2 施甸县农业旱灾适应性评价	109
4.3 施甸县农业旱灾适应措施分析	123
4.4 施甸县农业旱灾动态适应模式	127
4.5 本章小结	130
参考文献	131
第5章 雨养农业旱灾政策性保险的理论思考	132
5.1 旱灾政策性保险的含义	132
5.2 我国农业旱灾保险的发展现状	134
5.3 国外旱灾保险发展情况	142
5.4 完善我国雨养农业区旱灾保险制度的建议	144
5.5 本章小结	148
参考文献	149
第6章 结论与展望	150
6.1 结论	150
6.2 讨论	153
6.3 展望	155

第1章 绪论

1.1 研究背景

1.1.1 全球变暖与干旱事件

2014年11月,联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)发布了IPCC第五次评估报告。报告显示:过去50年极端天气事件呈现增多、增强趋势,预计未来极端事件将更趋频繁。1880至2012年间,全球地表温度升高了 0.85°C ,其中北半球升温高于南半球,冬半年升温高于夏半年。在北半球,1983—2012年可能是过去1400年中最暖的30年。而过去30年,每10年地表温度的增暖幅度高于1850年以来的任何时期。此外,IPCC第五次评估报告指出,人类对气候系统的影响是明确的,而且这种影响在不断增强,世界各个大洲都已观测到这种影响(IPCC, 2014)。研究表明,21世纪末期及之后一段时间的全球地表变暖主要取决于 CO_2 的累积排放,即使目前停止 CO_2 的排放,其引起的气候变化仍将对多个方面产生持续数世纪的影响(Hertel et al., 2014)。当前,大气中温室气体的浓度持续显著上升, CO_2 、 CH_4 和 N_2O 等温室气体的浓度已上升到过去800 ka来的最高水平。尽管各国政府采取了多项措施以减缓这种增长,但现今的气候系统状态和社会发展需求使得未来20~30年全球的气温将继续升高(IPCC, 2013)。气候变化给世界各地已经带来了实质性的经济损失,一个跨部门联合工作组曾利用3种经济模型估算出,现在每排放1 t二氧化碳将给未来造成37美元的损失(Richard et

al., 2014)。而更严重的是,全球气候变暖导致海水受热膨胀、冰川融化、冰盖解体,从而使得海平面上升,马尔代夫、塞舌尔等低洼岛国将从地面上消失,上海、威尼斯、东京、纽约等滨海城市都有被海水吞没的可能。

在全球变暖的背景下,全球陆地大部分地区存在着干旱化趋势的可能。除北美洲外,其他地区在增暖的作用下干旱化强度都有大约1~5个百分点的加强,尤其是非洲大陆,从1951—2002年非洲大陆的干旱化强度增加了16% (秦大河,2008)。受气候变暖的影响,20世纪70年代以来,全球陆地干旱区域(帕尔默旱度指数 < -3)的面积增加了一倍多,而引起这个现象的原因很可能是20世纪80年代中期以后的气候变暖 (Dai et al., 2004)。1968至1973年间,在西非的萨赫勒地区发生严重旱灾,有约20万人死于这次旱灾。1983至1985年间,非洲的西非、非洲之角及南非地区均发生了不同程度的旱灾和饥荒,至少有20个国家的3000万人受灾,1000万人离家寻找水源和食物。2000年,中国出现大范围干旱,全国累计受旱面积4054万 hm^2 ,成灾面积2678万 hm^2 。2000—2004年,长期干旱袭击北美洲西北部,导致森林干枯、河流干涸,成为800年来最严重的干旱。2011年,非洲东部多国面临60年来最严重的旱灾,出现粮食危机,约有1200万人饱受饥荒之苦^①。2012年夏季,美国经受近半个世纪以来最严重的干旱,美国本土48个州三分之二的区域遭遇了中度以上干旱灾害,给农业生产和经济增速带来不利影响^②。2015年,欧洲大陆绝大部分地区遭受了自2003年以来最严重的干旱,法国、比利时、荷兰、卢森堡、德国、匈牙利、捷克、意大利北部以及西班牙北部等地区遭受干旱影响^③。目前在全球气候变暖的背景下,干旱事件发生的频率和范围呈增加趋势,将对世界各国社会经济发展造成深远影响。

农业是受旱灾影响最严重的产业之一,联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)和联合国粮食及农业组织(FAO)都将农业列为最易受气候变化

① 来源:新华网 http://news.xinhuanet.com/world/2011-07/08/c_121640979.htm。

② 来源:中新网 <http://www.chinanews.com/gj/2012/08-10/4097674.shtml>。

③ 来源:人民网 <http://world.people.com.cn/n/2015/0821/c157278-27499307.html>。

影响、最脆弱的产业之一 (Bruinsma, 2003)。气候变化通过改变温度、降水、二氧化碳、地表径流和极端天气事件等因素影响农业生产 (World Bank, 2007), 其中温度和降水的影响最为直接 (Calzadilla et al., 2014)。气温变化会改变农业生产环境条件, 使农作物种植结构和布局发生变化。同时, 气候变化改变区域降水模式, 影响降水的分配和强度。研究表明由于全球水循环响应气候变暖的变化不是均匀的, 潮湿和干旱地区之间、雨季与旱季之间的降水对比度会更加强烈 (Willem, 2007)。目前, 全球范围内逐渐改变的气候环境已经成为威胁农业生产和粮食安全的主要因素 (Coumou et al., 2012)。

1.1.2 农业旱灾与粮食安全

1.1.2.1 农业旱灾释义

干旱通常指淡水总量少, 不足以满足人的生存和经济发展的气候现象。根据不同学科对干旱的理解, 干旱可分为四类: 气象干旱、农业干旱、水文干旱和社会经济干旱 (Wilhite, 2000)。气象干旱是指持续的不正常干燥天气导致缺水, 从而引起严重的水文不平衡。最明显的表现是区域的降水量持续低于某一正常值, 以特定历时降水的绝对值表示干旱程度。农业干旱是指在农作物生长发育过程中, 因降水不足, 土壤含水量过低致使供水不能满足作物正常需水, 从而造成作物减产, 甚至绝收的一种农业气象现象。农业干旱不仅受到降水、气温、地形等自然因素的影响, 也受到农作物布局、土地利用、作物种类等人为因素的影响。水文干旱是指河川径流低于其正常值使含水层水位降低的现象, 其主要特征是特定时段内可利用水量的短缺。社会经济干旱是各种用水需求的相互竞争带来的相对缺水现象, 具体是指由自然降水系统、地表和地下水量分配系统及人类社会需水排水系统这三大系统的不平衡造成的异常水分短缺现象。由于农业干旱、水文干旱和社会经济干旱受到地表水和地下水供应的影响, 其出现频率小于气象干旱, 并滞后于气象干旱发生。

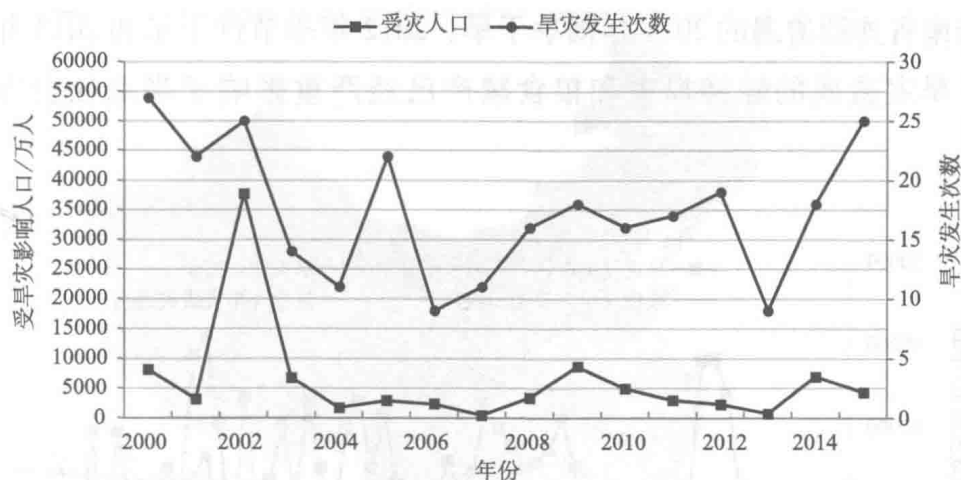
当一个地区一段时间内的湿度状况低于该地区作物生长的适宜湿度水

平,造成作物减产或绝收,给农业生产和人类经济活动带来负面影响时,即为发生旱灾(Wilhite, 2000)。具体而言,农业旱灾是指农作物在生长过程中,由于降水量不足的气候变化,使得土壤水分不断消耗、又得不到应有的补给,产生农作物生长受到抑制而减产或绝收的现象。农业旱灾具有季节性、区域性、时间与空间连续性等特征。农业旱灾的严重程度与气温、降水、土壤、作物和水资源利用等多种因素有关。不同地区的气候条件和土壤类型、作物生长季与品种特性、水资源管理与利用方式存在较大的差异,因此不同地区农业旱灾发生的具体条件和程度不尽相同。对农业干旱进行监测、对农业旱灾进行预报和评估需要考虑地区差异,根据具体的农业气候条件进行具体分析。

1.1.2.2 农业旱灾灾情

旱灾的形成主要取决于气候。通常将年降水量少于 250 mm 的地区称为干旱地区,年降水量为 250 ~ 500 mm 的地区称为半干旱地区(徐淑英, 1991)。世界上的干旱地区大部分集中在非洲、撒哈拉沙漠边缘,中东和西亚,北美西部,澳洲的大部和中国的西北部。这些地区对气候变化十分敏感,是受干旱灾害影响的重灾区。

图 1.1 是 2000—2015 年全球旱灾发生次数与受灾人口情况。2000—2015 年期间,全球旱灾的发生次数呈波动变化,总体上呈先下降后上升的趋势,旱灾受灾人口的年际波动也呈现相同特征。2004、2006 和 2013 年旱灾发生次数较少;2000 和 2015 年旱灾发生次数较多,均达 25 次之多。2010 年,俄罗斯遭遇了罕见干旱,粮食产量减少约三分之一。2011 年,全球发生大范围的旱灾。美国遭遇了过去 50 年间最为严重的旱情,得克萨斯州灾情尤其严重,几乎全州受灾,预计经济损失超过 30 亿美元。法国、德国等欧洲国家遭遇连续干旱,小麦产量下降。墨西哥也出现 70 年来最严重旱灾,使 99 万 hm^2 作物减产。2012 年,全球 100 多个国家遭遇的不同程度的旱灾,再次造成粮食减产、价格上涨并引发全球粮食安全隐忧。2015 年全球约有 5000 万人深受旱灾之苦,受气候变化和厄尔尼诺现象的影响,该年是联合国有记载中的最热年份。



数据来源: EMDAT(<http://www.emdat.be/database>)

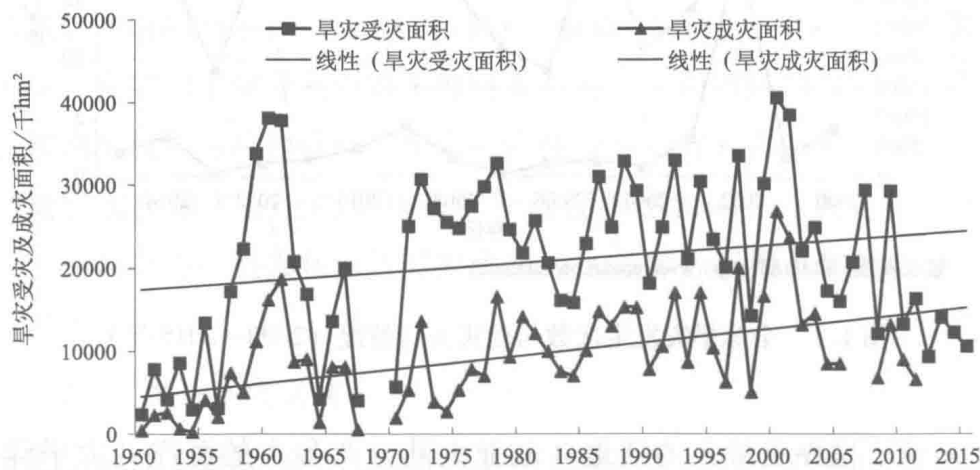
图 1.1 全球旱灾发生次数与受灾人口情况 (2000—2015 年)

中国位于世界上最大的陆地 (欧亚大陆) 与最大的海洋 (太平洋) 之间, 因此形成了典型的东亚季风气候。冬季受极地大陆气团影响, 气温偏低, 降水少, 夏季受热带海洋气团影响, 高温多雨, 水分季节分配不均。雨季开始南方早、北方迟, 东部早、西部迟; 雨季结束北方早、南方迟, 西部早、东部迟。中国东南部广大地区由于受季风影响, 降水以季风雨为主, 降水的地区分布也不均匀, 东部近海多雨, 西部干旱少雨; 南方比北方多雨。总体而言, 北方干旱主要发生在春季, 南方虽然受夏季风控制时间长, 干旱时间较短, 但盛夏也易发生伏旱。

图 1.2 是 1950—2015 年我国旱灾受灾及成灾面积变化情况。新中国成立以来, 我国干旱受灾面积和成灾面积不断增加, 发生过两次规模较大的旱灾。第一次是 1959—1961 年, 历史上称为 “三年自然灾害时期”, 全国连续 3 年的大范围旱情, 使农业生产大幅度下降, 市场供应十分紧张, 人民生活相当困难。第二次是 1978—1983 年, 全国连续 6 年大旱, 累计受旱面积近 20 亿亩^①, 成灾面积 9.32 亿亩。近年来我国也发生了多次重大旱灾, 2009 北方地区夏秋连旱, 2009 年底到 2010 年西南五省 (市) 秋冬春三季连旱, 特

^① 1 亩 $\approx 666.67 \text{ m}^2$ 。

别是云南省连续遭遇的 2011 年雨季干旱、2012 年季节性干旱和 2013 年冬春连旱，旱灾造成的经济损失和粮食减产已经严重影响了当地社会经济的发展。

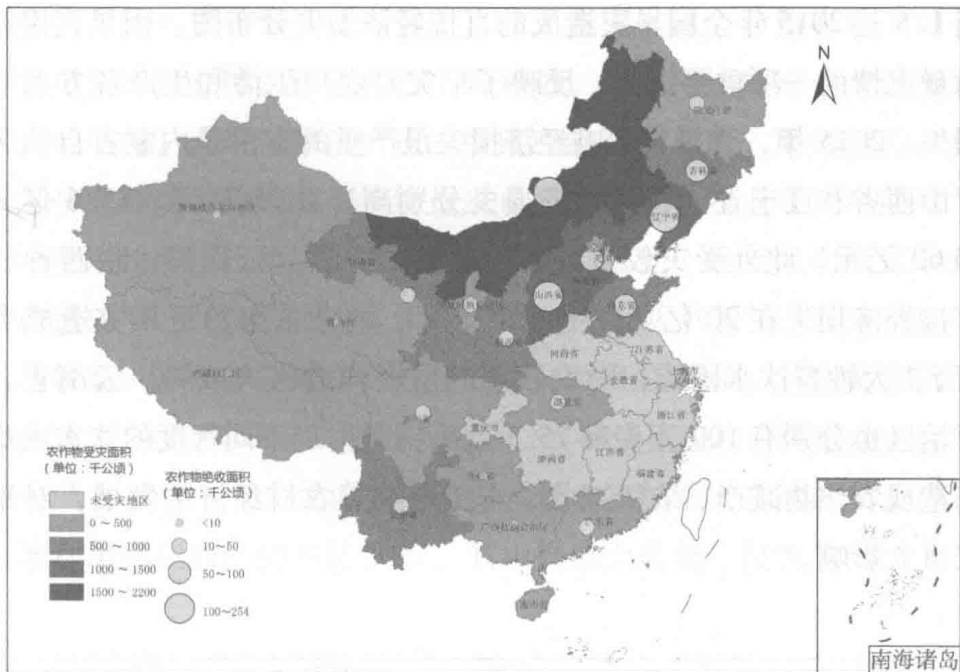


注：数据来源于民政部国家减灾中心。1968—1969、2006—2007、2012—2015年的数据缺失

图 1.2 我国旱灾受灾及成灾面积变化情况（1950—2015 年）

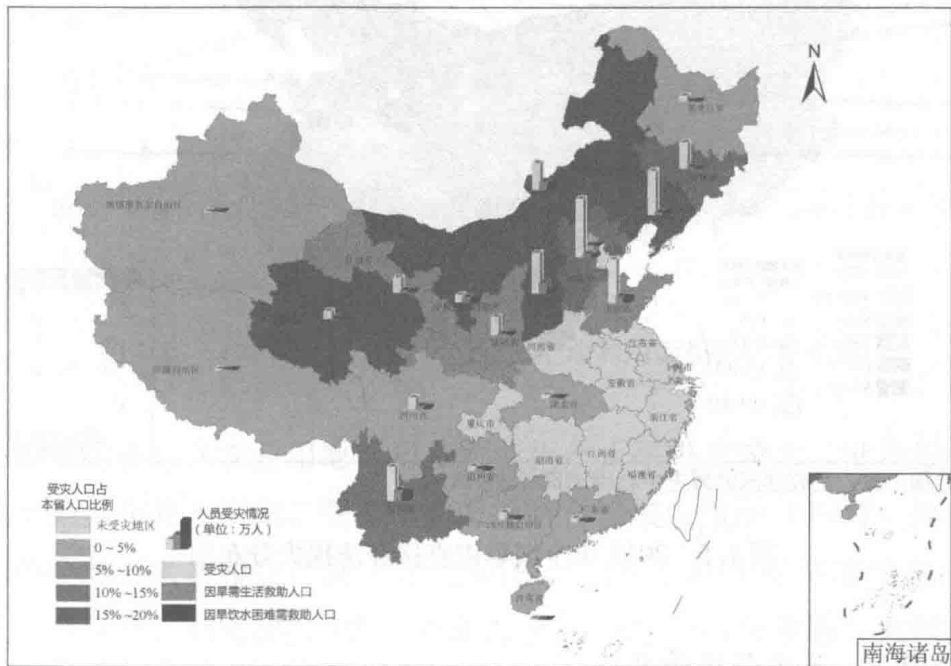
由于气候环境等旱灾孕灾环境的差异，我国不同区域受旱灾影响的程度差异较大。图 1.3 是 2015 年我国各省份旱灾农作物受灾面积和农作物绝收面积分布图。其中，内蒙古自治区农作物受灾面积最广， $2.1717 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 耕地受旱灾影响，其中有 $2.54 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 耕地绝收。辽宁省、河北省和山西省也受到较严重的旱灾影响，农作物受灾面积在 10^6 hm^2 以上，农作物绝收面积在 $5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 以上。2015 年，我国总的农作物受灾面积达 $1.05146 \times 10^7 \text{ hm}^2$ ，绝收面积 $1.0411 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。总体而言，相对于南方地区北方地区受旱灾影响更为严重，位于农牧交错带上的省份更易遭受旱灾影响。

图 1.4 是 2015 年我国旱灾受灾人口分布图。从全国各省（区、市）受旱灾影响的人口统计指标看，山西、河北、山东、辽宁等省的旱灾受灾人口最多，其中河北省受灾人口多达 894.8 万人。青海省、宁夏回族自治区受灾人口占本省总人口的比例多达 15%。总体上，南方地区受旱灾影响的人口相对较少，其受旱灾影响较重的是云南省。



数据来源:民政部国家减灾中心(无台湾省的资料)

图 1.3 2015 年全国旱灾农作物受灾面积和农作物绝收面积分布图



数据来源:民政部国家减灾中心(无台湾省的资料)

图 1.4 2015 年全国旱灾受灾人口分布图

图 1.5 是 2015 年全国旱灾造成的直接经济损失分布图。因旱直接经济损失是衡量灾情的一项重要指标，反映了旱灾对农户生活和生产各方面造成的经济损失。2015 年，受旱灾影响经济损失最严重的省份是内蒙古自治区、吉林省、山西省和辽宁省，直接经济损失分别高达 81.5 亿元、73.6 亿元、71 亿元和 60 亿元。此外受灾较重的省份还有山东省、云南省、陕西省和甘肃省，直接经济损失在 20 亿元以上。2015 年，内蒙古自治区旱灾造成当地共 252.4 万头大牲畜饮水困难，对农牧业的发展构成巨大威胁。云南省、宁夏回族自治区也分别有 100 万头和 75.3 万头牲畜出现不同程度的饮水困难。干旱灾害造成农作物减产、农民减收，直接影响着农村经济的发展，对生态环境带来重大影响。

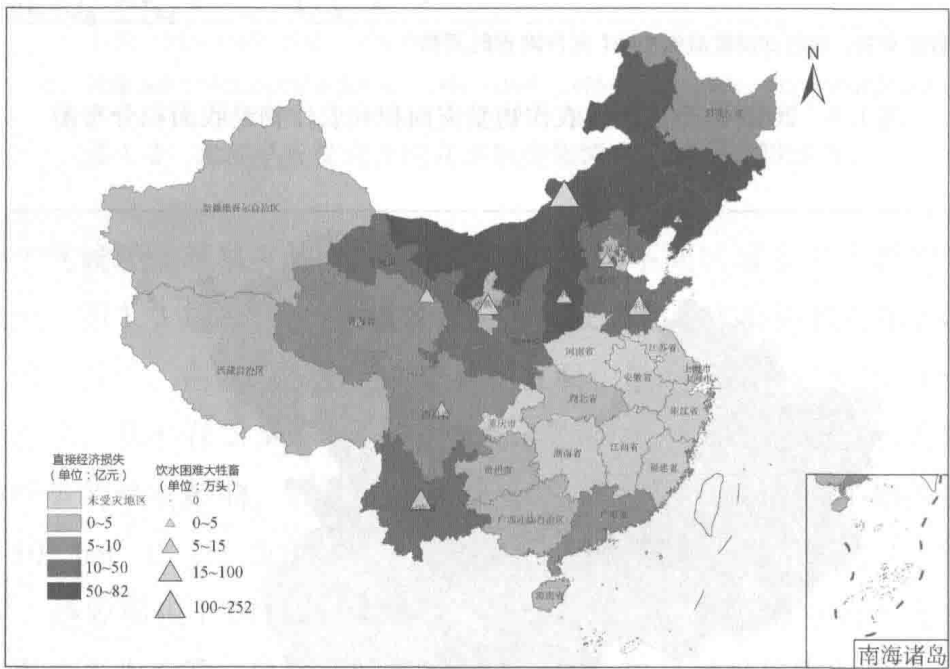
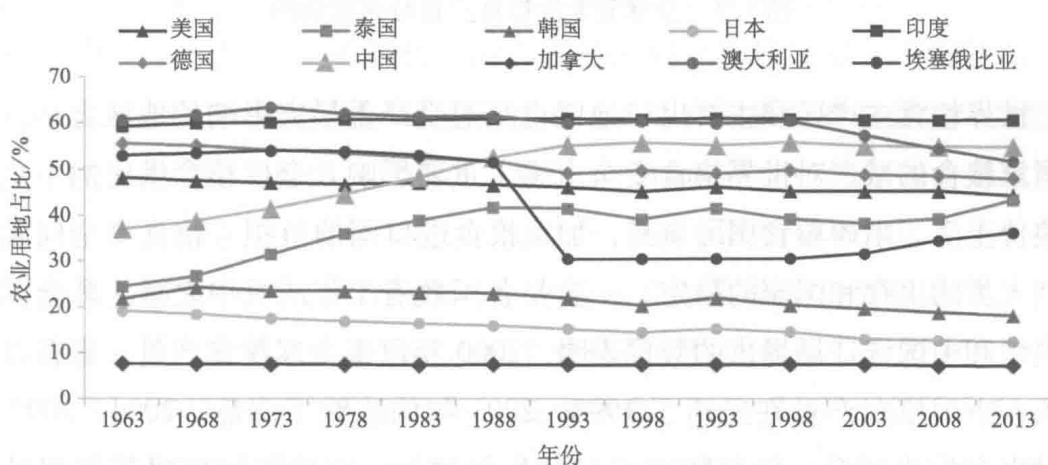


图 1.5 2015 年全国旱灾直接经济损失分布图

1.1.2.3 旱灾与粮食安全

每年，全球约有 100 多个国家遭遇不同程度的旱灾影响，造成粮食产量和价格波动，并引发全球粮食安全隐忧。图 1.6 是全球部分国家农业用地占

土地利用面积比例变化图，可以看出，除了泰国在这个阶段有较为明显的增长外，大多数国家总体上都呈现出下降趋势。农业用地的减少与近年来世界人口的持续增加，使得对单位面积的粮食产出要求更高，而相应的，相同程度的干旱孕灾环境下造成的农作物损失也更为严重，农业旱灾风险增加。对各国的农业用地所占比例进行横向对比，可以看到，近年来在所选取受旱灾影响较严重的10个代表国家中，印度、中国和澳大利亚三个国家的农业用地面积占比较高，其中印度最高，占到了国土面积的60%，其次是中国和澳大利亚，分别为54%和51%。德国、美国、埃塞俄比亚和泰国的农业用地占国土面积比例为30%~50%之间，而韩国、日本和加拿大三国的农业用地所占国家土地利用面积的比例不足30%，其中加拿大最低，仅为7%。



数据来源: <http://faostat.fao.org>

图 1.6 全球部分国家农业用地占土地利用面积比例变化图

由于世界各地农业用地面积和农业生产水平差异较大，世界粮食产量发展的空间分布并不平衡。图 1.7 是根据联合国粮农组织（FAO）提供的数据绘制的全球五大洲粮食产量分布比例图，反映出 2015 年全球约 91% 的粮食产量来自亚洲，而美洲占 5%，非洲占 3%，欧洲占 1% 左右，大洋洲则最少。不同地区粮食产量和人口数量的差异使得粮食成为世界大交易市场最普遍的商品，美国、欧盟、俄罗斯、巴西、加拿大等是粮食主要出口国家和地区，而印度、中国、欧盟、美国等则是当前粮食主要进口国和地区。

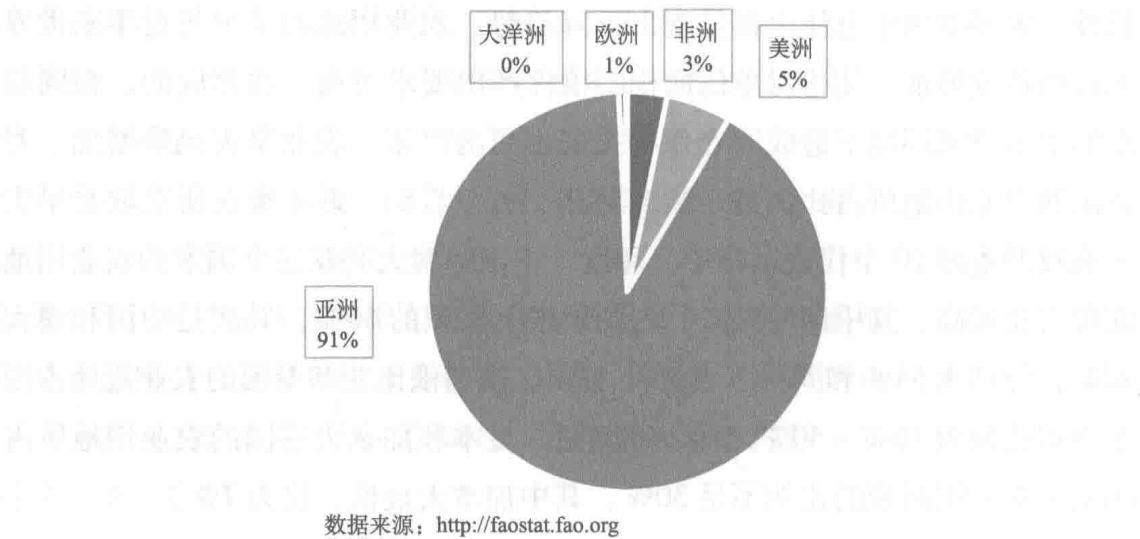


图 1.7 全球五大洲粮食产量分布比例图

世界粮食主产区和主要出口地区也是遭受严重旱灾影响的地区之一。这些国家粮食的减产对世界粮食安全产生了重要影响。全球粮食供应的不足引发粮价上涨，阻碍粮食国际贸易，加重粮食进口国的负担。粮食安全问题关系到人类的生存和国家的稳定，一直是各国政府工作的重中之重。联合国粮农组织和中国统计局提供的数据表明，2000 年以来全球粮食产量一直在温和增长，中国粮食产量在经历了 1998—2003 年的连续下降后，2004—2007 年产量也在稳步回升。但是随着人口数量的增加、全球气候变暖等因素的影响，粮食安全问题仍然长期存在。

尽管全球粮食产量在稳步上升，但随着人类对石油等能源的大规模使用，已经有些国家或组织将一部分粮食作为生产替代能源的原材料，全球粮食价格在经历了 2000 年以来的温和上涨后，到 2007 年价格上涨趋势猛增 (Joachim, 2008)，同时 2007 年中国农产品生产价格比上年也上涨了 18.5%。新华网报道，2008 年 4 月 17 日，国际米价首次突破了 1000 美元/t，而一两年前的很长一段时间里，这个价格基本维持在 300 美元/t。2007—2008 年，世界粮食价格一直在大幅度上涨，因此在非洲、美洲、亚洲等很多地方引发了骚乱、暴动，甚至政府的更替。这些现象又再次引起了包括中国在内的全