

中国亚热带山区农业气候资源研究

张养才 王石立 李文 等著



气象出版社

中国亚热带山区农业 气候资源研究

张养才 王石立 李 文 等著

气象出版社

内 容 简 介

本书是根据中国气象局“九五”科技重点项目“我国亚热带丘陵山区气候资源开发利用与农业持续发展研究”课题的科研成果编写而成的专著。全书共分九章,内容包括:亚热带山区农业气候资源质量评估模式研究;亚热带山区主要种植制度、部分经济林果气候资源评估模式及商品生产基地建设;亚热带主要山区农业气候资源信息系统;井冈山山区、哀牢山区、南岭山区农业气候资源高效持续利用的研究;亚热带山区气候资源开发利用与农业可持续发展对策等。

本书应用的基础资料比较系统、翔实,紧密联系农业生产实际,重视实用性,反映中国亚热带丘陵山区农业气候资源开发利用研究的进展和先进水平。可供从事农业、气候、环境和国土整治等方面的科研、技术、教学及有关领导部门的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国亚热带山区农业气候资源研究/张养才等著.——北京:气象出版社,2001.7

ISBN 7-5029-3133-3

I. 中… II. 张… III. 亚热带-山区-农业气象-气候资源-研究-中国 IV. S162.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 22450 号

中国亚热带山区农业气候资源研究

张养才 王石立 李文 等著

责任编辑:顾仁俭 终审:周诗健

封面设计:曾金星 责任技编:赵杰 责任校对:张永俭

气象出版社 出版

(北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码:100081)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:12.5 插页:1 字数:320 千字

2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第一次印刷

印数:1~1200 定价:26.00 元

前 言

20 世纪 70 年代以来,中国亚热带丘陵山区农业气候资源开发利用越来越被人们倍加关注。农业气候资源作为发展农业生产可更新的物质资源,具有量、质、时、空的属性。当前,中央提出实施西部大开发战略,加快中西部地区发展等重大决策,都涉及调整山区农业产业结构、建设和保持生态环境、发展高产优质高效农业及合理开发利用自然气候资源等问题。这不仅直接关系到中国亚热带山区特定空间生态环境的建设和提高环境资源效益,缓解平原环境容量及土地资源日趋紧张的态势,促进农业可持续发展,更重要的是与减少长江、珠江、淮河等流域水土流失与巩固广大平原生态屏障息息相关,对保证全国经济稳定持续增长具有重要的战略意义。

本书是在“我国亚热带丘陵山区气候资源开发利用与农业持续发展研究”课题各专题研究报告和论文的基础上,经系统分析、归纳、总结完成的科技专著。书中展示了开发利用亚热带山区农业气候资源与农业可持续发展研究的最新成果和进展。主要内容包括:运用 GIS、卫星遥感技术研制建立亚热带主要山区农业气候资源信息系统;考虑光、热、水资源匹配特征及其有效性,明确提出农业气候资源质量的概念和构建评估模式;研制亚热带山区主要种植制度和经济林果优质高效生产的气候资源评估模型模式,划分水平和垂直方向气候资源优势区域、层次和商品生产基地建设;深入研究哀牢山、井冈山、南岭山区国家级农业开发区高效持续利用农业气候资源的种植模式和农林牧业优化模型及综合开发途径;全面系统评估亚热带东、西部山区独特的地理空间生态环境和丰富的农业气候资源类型优势,提出开发利用亚热带山区农业气候资源的基本战略抉择与农业可持续发展对策。研究成果不仅对当前合理开发亚热带山区的农业气候资源和建设高效益的农业生态系统具有实用价值,而且为 21 世纪国民经济部门制定发展规划及重大项目决策提供科学依据。

众所周知,生物种群的地理分布与地貌、地形、环境、气候资源是密切相关的。公元 1400 年前,《齐民要术》中已对开发利用山区不同农业气候资源生态类型有较详实的科学论述。从生态观点看,中国亚热带山区错综复杂的地形直接制约着光、热、水等气候因子重新分配的作用,山区呈现的“暖区”、“暖层”、“湿岛”、“冷湖”及“阴阳坡”等,孕育着繁多的名、优、特生物门类的优势种群,在水平分布出现“突变”、垂直方向发生“倒置”现象。为充分揭示上述地形的正负效应构成不同类型农业气候生态环境,应用 GIS 来定量采集、管理分析具有时空特性的气候资源,建立 GIS 农业气候资源数据库、数字高程模式(DEM)和空间分析模型,并结合卫星遥感技术不断修正 GIS 中的部分数据,运用 GIS 软件分析等功能,开展不同生态环境类型农业气候资源评估和区划是十分重要的。它不仅信息量大、空间分辨率和可视程度高,而且较客观地反映山区海拔高度、坡向及河谷、平坝、森林植被等复杂地形的农业气候资源状况,为综合评估山区不同类型农业气候资源优势提供科学依据。

当前,随着市场经济体制建立,农业生产面临气候、市场双重风险。不同生态气候资源类型适宜不同的农业结构,产生不同的经济效益。为适应市场经济体制,围绕发展高产优质高效农业,针对农业对象,构建机理性强的主要作物生长模拟评估农业气候资源质量;建立主要种植制度和亚热带经济林果优质高产的气候资源评估模式;应用 GIS 的空间数据管理、分析等功

能及资源卫星解译,分析井冈山、袁牢山和南岭山区农业气候资源特征规律,分别制作油茶、茶叶、毛竹、柑橘、沙田柚、冬玉米等种植气候区划和气候风险决策区划;同时优化种植模式和引种名、优、特作物及农业气象适用技术等。这些研究成果,可望在调整农业布局和规划商品生产基地,更有效地开发适宜各门类生物种群生育、繁衍和不同种植制度的生态环境气候资源优势,减少或化解气候和市场双重风险,大大提高农业气候资源利用效率,具有重要的实用价值。对加速发展亚热带山区生态农业和特色农业具有不可替代的有效途径。

森林是发展农业不可替代的绿色屏障。丘陵山区是森林立身之处、江河之源;季风气候造成中国亚热带山区水热资源优势的不稳定性及生态环境的脆弱性。因此,开发亚热带山区特定空间生态农业气候资源是一个复杂的系统工程。本书从环境、资源、生态等效益出发,强调树立丘陵山地、高原、水域、盆谷地及森林植被为一个有机整体的观念,提出“治水先治山”,实行保护和改善生态环境的基本战略抉择及制定趋利避害、优势互补的可持续发展对策,确保环境、资源、经济、社会之间协调发展,实现山区农业气候资源高效持续利用,加速山区农业和经济的腾飞。

本专著是中国气象科学研究院农业气象与遥感应用研究中心主持,福建、江西、云南、广东、甘肃5省气象局和浙江大学农业生态研究所等单位参加,经过三年的协作攻关完成的中国气象局“九五”科技重点项目“我国亚热带丘陵山区气候资源开发利用与农业持续发展研究”课题的科研成果。本书应用的基础资料比较系统、翔实,紧密联系农业生产实际,重视实用性,反映中国亚热带丘陵山区农业气候资源开发利用研究的进展和先进水平。

本专著共分九章、二十七节。各章节的主要执笔人:前言、第一章,张养才;第二章第一节,林日暖,第二节,王石立;第三章,李文;第四章第一节,李群山、张养才,第二节,余优森、谭凯炎;第五章,章毅之、殷剑敏、陈建海、李全胜;第六章殷剑敏、李迎春、辜晓青、肖玉玲;第七章,秦剑、王明、朱勇;第八章,周世怀、刘锦奎、陈新光、林举宾;第九章,张养才。全书统稿由张养才、王石立、李文完成。参与本项目田间试验、资料整理及专著撰稿工作还有:江西省付双喜、曾先仁、李冠根;云南省余凌翔、张茂松、豆映晖、黄传坤、朱斌、朱以维、马淑芬、曹高生、张玉华、王学锋、周德丽、高敏、舒建红、曾仲仁、陈志华、杨文、王鹏云;广东省植石群、吴志伟、刘洪新、林杰荣、邹世忠、林继生、李鸿海、刘爱君、李桂培、姚纲伟、丘仕天。

本项研究是在中国气象局科技教育司、中国气象科学研究院和有关省、市、县气象部门及农业部门各级政府大力支持下完成的。当然,还得到了山区气象台站广大气象工作者及农、林、园艺科技工作者有力支持,在此一并致谢。

目 录

前言

第一章 引论	(1)
§ 1 丘陵山区气候资源与农业生态环境	(1)
§ 2 丘陵山区农业气候灾害简介	(3)
§ 3 丘陵山区农业气候资源优势及其利用现状	(6)
参考文献	(10)
第二章 亚热带山区农业气候资源质量评估模式研究	(12)
§ 1 丘陵山区光热水农业气候资源质量概述	(12)
§ 2 丘陵山区农业气候资源质量评估模式研究及其应用	(23)
参考文献	(34)
第三章 亚热带山区主要种植制度气候评估模式及农产品生产基地建设	(36)
§ 1 主要作物生育期与产量的气候评估模式研究	(36)
§ 2 主要种植制度气候评估模式的研究及应用	(43)
§ 3 建设山区农产品生产基地	(51)
参考文献	(57)
第四章 亚热带山区部分经济林果气候资源评估模式及商品生产基地建设	(59)
§ 1 脐橙优质高产气候资源评估模式及商品生产基地建设	(59)
§ 2 油茶优质高产气候资源评估模式及商品生产基地建设	(73)
参考文献	(82)
第五章 亚热带主要山区农业气候资源信息系统	(83)
§ 1 GIS 在亚热带山区农业气候资源分析中的应用	(83)
§ 2 农业气候资源信息系统的结构、功能和设计开发中的技术关键	(88)
参考文献	(98)
第六章 井冈山山区农业气候资源高效持续利用的研究	(99)
§ 1 农业气候资源及其区划	(99)
§ 2 主要经济林果生态气候区划	(105)
§ 3 农业气候资源高效持续利用及其对策	(111)
参考文献	(116)
第七章 袁牢山区农业气候资源高效持续利用的研究	(117)
§ 1 袁牢山区农业气候资源开发利用	(117)
§ 2 袁牢山区多熟种植模式及主要经济林果与气候生态环境	(127)
§ 3 袁牢山区农业气候资源高效持续利用的途径与对策	(136)
参考文献	(139)
第八章 南岭山区农业气候资源高效持续利用的研究	(140)
§ 1 南岭山区农业气候资源及其特征	(140)

§ 2 南岭山区部分农林作物气候生态适宜性研究及区划	(143)
§ 3 南岭山区几种农业气象实用技术方法	(153)
§ 4 优化农业生态模型与山区气候资源高效持续利用的研究	(156)
参考文献	(160)
第九章 亚热带山区农业气候资源开发利用与农业可持续发展对策	(161)
§ 1 亚热带山区农业气候资源类型及其区位优势	(161)
§ 2 亚热带东、西部山区农业气候资源优势评估	(163)
§ 3 亚热带山区农业气候资源开发利用与农业可持续发展对策	(171)
§ 4 亚热带山区农业气候资源研究进展与展望	(179)
参考文献	(185)

CONTENTS

Preface

Chapter 1: Introduction	(1)
1. Climatic resources and agroecological environments in mountain areas	(1)
2. A brief introduction to agroclimatic disasters in mountain areas	(3)
3. Advantages and current utilization status of agroclimatic resources in mountain areas	(6)
References	(10)
Chapter 2: Studies on models for assessing the quality of agroclimatic resources in subtropical mountainous areas	(12)
1. Summary of the quality of agroclimatic resources (radiation, thermal and water conditions) in mountainous areas	(12)
2. Models for assessing the quality of agroclimatic resources in mountainous areas and their application	(23)
References	(34)
Chapter 3: Climatic models for assessing the main cropping systems in subtropical mountainous areas and construction of farm produce base	(36)
1. Studies on climatic models for assessing the staple crop growth stages and final yield	(36)
2. Studies on climatic models for assessing the main cropping systems and their application	(43)
3. Construction of farm produce base	(51)
References	(57)
Chapter 4: Models for assessing the climatic resources for the growth of commercial crop in subtropical mountainous areas and construction of farm produce base	(59)
1. Models for assessing the climatic resources for the growth of navel orange with high quality and yield, and construction of farm produce base	(59)
2. Models for assessing the climatic resources for the growth of oiltea camellia with high quality and yield, and construction of farm produce base	(73)
References	(82)
Chapter 5: Agroclimatic resources information system of major mountainous areas in the subtropics	(83)
1. GIS application in the analysis of agroclimatic resources of subtropical mountainous areas	(83)
2. The structure and key techniques in the design and development of agroclimatic	

resources information system	(88)
References	(98)
Chapter 6: Studies on the sustainable utilization of agroclimatic resources with high efficiency in Jinggang mountain areas	(99)
1. Agroclimatic resources and its regionalization	(99)
2. Eco-climatic regionalization of major commercial plants	(105)
3. Sustainable utilization and strategy of agroclimatic resources with high efficiency	(111)
References	(116)
Chapter 7: Studies on the sustainable utilization of agroclimatic resources with high efficiency in Ailao mountain areas	(117)
1. Development and utilization of agroclimatic resources in Ailao mountain areas	(117)
2. Multiple cropping systems and climatic ecological environments of main commercial plants	(127)
3. Approaches and strategy for sustainable utilization of agroclimatic resources with high efficiency	(136)
References	(139)
Chapter 8: Studies on the sustainable utilization of agroclimatic resources with high efficiency in Nanling mountain areas	(140)
1. Agroclimatic resources and its characteristics in Nanling mountain areas	(140)
2. Studies on the climatic ecological adaptability of major agricultural and forestry crops in the Nanling mountain areas	(143)
3. Practical agrometeorological techniques in the Nanling mountain areas	(153)
4. Studies on the optimizing of agroecological patterns and sustainable utilization of agroclimatic resources with high efficiency	(156)
References	(160)
Chapter 9: Development and utilization of climatic resources and strategy of sustainable development of agriculture in subtropical mountainous areas	(161)
1. Agroclimatic resources types in subtropical mountainous areas and regional predominance	(161)
2. Assessment of the advantages of agroclimatic resources in the east and west mountainous areas in subtropics	(163)
3. Development and utilization of climatic resources and strategy of sustainable development of agriculture in subtropical mountainous areas	(171)
4. Advances and prospect in the studies on agroclimatic resources in the subtropical mountainous areas of China	(179)
References	(185)

第一章 引 论

§ 1 丘陵山区气候资源与农业生态环境

当人类在迈进 21 世纪的时候,一个巨大的挑战呈现在人类发展和前进的道路上。即人口、资源和环境之间失衡对生态系统所构成的威胁。中国是一个发展中国家。由于历史和人为的原因,在经济发展过程中,人口激增带来的资源短缺、环境恶化问题日益突出。据估算^[1],每年因环境污染和生态破坏而造成的直接或间接经济损失至少在 1000 亿元以上。

CAgM(世界气象组织农业气象专业委员会)第十届大会,围绕“农业气象为农业稳定持续发展服务”的主题,代表们一致认为保证农业稳定持续发展与减灾是当今世界面临的严重问题,特别提出当前最敏感的全球气候变化和人类活动引起的气候变化对农业和生态环境的影响问题,乃是世界各国普遍关注的研究领域;同时阐述了农业气象科学要适应农业稳定持续发展和增强为优质高效农业及适宜环境等有效的服务能力,指出未来农业气象科学的国家水平和国际水平(WMO)在很大程度上将取决于对全球生态环境保护和改善问题研究的贡献^[2]。这是个具有科学依据的预见性的共识。

农业生产是人类利用生物在自然环境或人工调控环境条件下进行物质再生产的一个复杂过程,在相当大的程度上受到气候和土壤等自然条件的影响。气候和土壤是农业最基本的重要因子,它们是农业产品、品质形成的必要条件。其中土壤形成及不同地区土壤水热状况在很大程度上又决定于气候条件。因此,在自然因素中气候在农业增产丰收过程起着主导作用。人类的农业历史,从狩猎到刀耕火种,从轮荒制到集约化经营乃至现代化农业,就是不断地为农业寻找和创造更适宜的自然生态环境。长期以来,人类利用山地气候变化规律安排农业生产有着十分丰富的实践经验。公元 1400 年前,北魏贾思勰在《齐民要术》中提出:“山田种强苗以避风霜,泽田种弱苗,以求华实也”;“地势有良薄,山泽有异宜”;“顺天时,量地利,则用力少,而成功多,任情返道,劳而无获”。此外,还有“山下桃花山上雪,山前山后两重天”等。这些足以说明广大劳动人民早已开始重视山区地形气候资源与农业生态环境的密切关系。

山区地形与气候之间相互关系是一个古老的科学概念。普遍认为地理位置或空间环境是形成不同的气候,并导致空间呈现出生物种群的明显差异。前者内容可以称为“气候对空间的响应”,后者内容可以认为“气候功能的生态响应”。有关气候对地形响应的研究,无论是在野外考察或是在实验室模拟,响应的各种因果性具有较好的可观测性,而气候功能的生态响应往往具有较大的适应性。在自然界中,天气、气候随时随地都在不断变化。通常把大气空间分为宏观尺度、中尺度和微观尺度三种。随着人类大规模改造自然方面的措施和对气候资源的开发利用,出现了大气候、中气候、小气候、局地气候、地方气候、地形气候、区域气候等不同尺度的气候术语。根据日本吉野正敏研究统计了世界上 36 位学者自 1927~1971 年间,对气候现象归纳出共有 3~7 种不同尺度,其中应用颇多的是大气候、中气候和小气候术语^[3]。说明世界上各国学者对气候现象尺度在认识上还是较一致的。实际上从大尺度到中尺度及中尺度到小尺度之间气候问题是难以严格区分的。笔者认为丘陵山区气候主要属中、小尺度气候问题。应该指出:

丘陵山地的空间环境类型是错综复杂的,在自然条件下,起伏地形的排列、形状、峰谷连绵及山间平原和大小峡谷相间等等,都直接影响气候要素变化特征。因此,丘陵山区作为分析研究的农业生态环境单元,首先确定外形的主要特征和特定的空间尺度;其次,视在一定的时间间隔内气候基本特征有相对稳定性。在同一大气气候影响下,不同山区地形气候要素的变化具有各自的特征。影响丘陵山区气候特征的地形因子:有山体走向、总体高度、长度及江河、湖泊、水域等中尺度地形;有低山丘陵、坡地方位、盆地谷地及土壤、植被景观等小尺度地形地貌。中尺度气候在空间分布上有一定的规律,但随纬度、经度、海拔高度的不同,气候和农业生态类型有明显差异;小尺度气候随地形、高度、坡向等变化,同一地形形态在山体的不同部位或不同高度,或同一海拔高度因坡地方位、形态不同,气候及生态环境也有明显差异。丘陵山区农业气候资源特征,一般由大气的动力作用和自由大气热交换作用形成不同的气候资源特征和生态环境类型,再直接影响农业结构、生物生长发育、产量及品质形成过程。如神农架对冬夏季风的屏障作用,南坡秭归县极端最低气温较北坡谷城县高 10.8°C ,年平均气温高 2.6°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温高 774.7°C ,年降水量秭归县达 1016.2mm ,谷城县为 935.6mm 。秭归县城北彭家坡从海拔 $150\sim 500\text{m}$ 之间有阶梯式橘园,生长不耐寒的脐橙,热量资源能满足麦稻稻、油稻稻等三熟制,适宜发展油茶、油桐等亚热带经济林木,同纬度江汉平原主要是稻麦两熟为主,亚热带经济林果冻害严重。1985 年在武夷山区农业气候调查,在南坡观察到枇杷适宜生长在海拔 500m 高度左右,海拔 750m 虽有枇杷树,群众反映枇杷树开花多、结果少,而北坡枇杷树一般生长在 350m 以下。考察武夷山区南北坡盆地地形气候特征^[4]:(1)南坡盆地地多为暖性,北坡多为冷性,南坡盆地地形气候生态环境比北坡优越。(2)冬季,在盆地出现明显的“冷湖”效应,谷地冷空气较易排泄;盆底、盆壁温度低于谷底、谷壁;夏季出现相反状况。(3)湿润状况谷地较盆地优越。如同为北坡,向西北开口、长达 $50\sim 60\text{km}$ 禹溪谷地,7 月份降水量 80.8mm ,而直径 1000m 左右金钟山盆地降水量为 65.3mm ,两地海拔仅差 20m ,水平距离差 $3\sim 5\text{km}$ 。(4)谷地盛行风向较盆地明显。1 月和 7 月份禹溪谷底盛行风向频率为 38% (N)和 75% (S),而金钟山盆地盛行风向频率为 16% (NW)和 14% (S);无风频率盆底大于盆壁,在谷地则相反。又如云南省丘陵山地总面积占全省面积 84% ,形态各异。其中土地面积大于 1km^2 (1500 亩)以上的坝子(坡度 8° 以下)约有 1422 个,分高坝(海拔 2300m 以上)、中坝(海拔 $1500\sim 2300\text{m}$)、低坝(海拔 $< 1500\text{m}$)三种类型。高坝的气候冬长夏短,农作制为一年一熟;中坝的气候冬暖夏凉和干湿季分明,农作制一年两熟;低坝一般温度高、湿度大,适宜种植双季稻和橡胶、咖啡、香蕉等热带作物^[5]。可见,不同地貌地形,不仅直接制约着土地资源的性质、数量分布及其利用,而且对光、热、水等气候因子施行重新分配的作用,构成丘陵山区不同类型农业气候生态环境。

就农业生态环境而言,通常可划分为自然生态环境和人工生态环境两大类,前者主要是决定不同地貌、地形、土壤、植被等,后者则是人为影响改变生物体的生态环境。丘陵山区是自然生态环境的主要组成部分。如高山、中山、丘陵、盆地、平坝及河谷平原等地貌,具有各自的地形气候资源和土壤类型,适合不同的生物群体生息繁衍,各自构成其能量和物质的转移及其循环系统。在生产实践中,无论自然生态环境或人工生态环境,在发展高产、优质、高效农业的历史进程中,高效利用气候资源是提高总体环境资源利用率的核心。从生态系统出发,适宜的气候环境可以促进能量转化和进行合理的物质循环,使总体环境资源转换的农产品数量多、质量优,转换效率高。例如,水、热资源直接制约土壤有机质的增长与分解速度,或以形成不同的土壤肥力特征;又如气候的冷暖、干湿、日照时数长短等,均能直接影响作物生长发育速度、产量和品质。丘陵山区作为农业生态空间,在大气气候背景下,因错综复杂的山区地形条件构成了区

域性、层次性和局地性等多种气候类型,充分反映山区气候资源在农业生态环境中重要作用。

应该指出,生物生产能力,首先决定生物自身的遗传潜势。这种潜势是在外界环境因子与生物生理要求相一致时,可得到充分体现。对丘陵山区来说,不同地理位置及地形地貌具有不同的气候资源类型。生物潜在生长势受气候条件的影响程度,一般反映在生物的数量和质量上的差异。丘陵山区一般是大小江河的发源地,山区生态环境遭受破坏,水土流失严重,往往殃及平原地区和流域下游生态环境。因此,由地形、气候、土地等因素组成的丘陵山区生态环境是一个互相关联的开放性系统。对农业生产来说,随着人口增长、经济发展及现代化农业的深入,对生态环境的冲击与日俱增,尤其是目前最为敏感的全球气候变化和人类活动引起的气候问题对丘陵山区农业生态环境的影响更受到世界各国政府普遍关注。

农业生态环境是指在一定的空间范围有生命的生物群体与非生物的环境资源之间共同构成特有的能量转移、物质循环的生态系统。作为丘陵山区农业生态环境具有以下特性:

(1)非生物的气候环境资源是在特殊地形条件下形成的,不同的地形条件可以形成不同类型的气候资源,在有限的生态空间和时段内气候资源是有度的,并是发展农业生产不可替代的重要环境资源。生物体对它的循环利用是一种可更新的资源。

(2)丘陵山区气候环境资源特征,不仅随地理位置、地貌地形有变化,而且随时间推移也有较大变化。农业生产需要因地、因时调整布局 and 配置作物,才能做到合理开发利用和保护环境资源永续发挥最佳的经济、生态和社会效益。

(3)在自然条件下,农业生产处于土壤—作物—大气系统。讨论单一生态因子与农业之间的关系时,则假定其它生态因子处于一固定不变的水平,所得到的关系,仅是某一瞬间是合适的。实际上高产、优质、高效农业生产潜力是众多生态因子匹配综合作用的反映,但在众多生态因子中,气候资源又是起主导作用。

(4)当前,改变大气候形成的因子尚难以达到。但随着科技的发展,可以通过改变局地环境达到改变中小气候特征及其变化规律。如长江三峡水库建成后,改变了局地下垫面的性质,形成以山体与水域共同影响的“山-水”型气候环境资源,引起库区及周边地区气候和农业气候资源的数量、资源配置及其分布格局发生变化,打破原来丘陵山区生态环境资源的平衡。从三峡水库这一特定生态空间来说,“山-水”型气候环境资源会直接影响生态系统的结构、功能及开发利用和保护问题;又如中国精耕细作的传统农业生产,对掌握“时宜”、“地宜”不仅是合理利用环境气候资源,更重要是通过各种技术措施有效地调控小气候资源获得增产丰收等。另外,在不同类型丘陵山区气候区域,加强生物自身对气候的适应性和抗逆性试验,可以促进农业区域化和专业生产基地的建设。

§ 2 丘陵山区农业气候灾害简介

亚热带丘陵山区地处中、低纬度,在冬、夏季风与青藏高原环流系统的影响下,正值于冷气团和暖湿气团的交汇处。水、热等条件在时空分布上既有长期的趋势变动,又有不同周期的波动变化。不仅发生范围较大的干旱、洪涝、低温冷害、冻害、霜冻等灾害较多,并因复杂的地貌地形,常引发生成强对流天气,给丘陵山区带来暴雨、冰雹、大风等农业气候灾害,对山区农业生产造成严重的损失^[6]。

2.1 干旱

根据干旱集中出现的主要季节,中国亚热带山区基本上可以划为三个干旱区:

(1)长江中下游干旱区:干旱主要集中在夏、秋季节。尤其伏秋连旱出现频率高达60.0%,远大于夏旱(23.3%)和秋旱(16.7%)出现频率。干旱的持续时间一般2~3个月,部分地区可持续长达4~5个月。其它季节出现干旱频率少、范围小、持续时间短、旱情轻。

(2)华南干旱区:干旱多数年份出现在上一年的秋、冬季至下一年的初春,个别年份夏季也有出现。本区干旱有跨年度和不跨年度两种类型:一类秋冬春连旱或冬春连旱,干旱期持续可达6~8个月,旱情较严重;另一类为秋冬连旱,旱期持续时间一般为3~4个月,旱情较秋冬春连旱轻。

(3)滇、黔和川西南干旱区:本区的特点是雨季和旱季比较明显,干旱主要出现在冬春干旱季节,持续时间一般为3~4个月。其中以春旱频率最高。如1961~1990年四川盆地春旱发生频率为83%,川西春旱频率 $\geq 75\%$;云南、贵州等省春旱频率70%~90%^[1]。

根据干旱的划分标准^[8],1951~1994年,长江中下游地区,重旱年出现频率为75.0%,一般干旱年出现频率45.5%,其中伏秋连旱出现频率高、影响范围大,对夏秋作物危害严重;华南地区重旱年出现频率为52.3%,一般干旱年出现频率25.0%,其中以秋冬连旱和秋冬春连旱较多,旱期持续较长,直接威胁晚秋作物产量和冬种作物播种面积;滇、黔及川西南地区,重旱年出现频率为44.3%,一般干旱年出现频率34.2%,直接影响小春作物生长。经计算,亚热带丘陵山区重旱出现频率平均57.2%。足以说明干旱是对本区农业生产危害严重的气候灾害。

应该指出,丘陵山区降水量随高度递增、蒸散量减小,旱情随高度明显减小。经考察,一般在海拔500m以上基本不出现旱情;旱情的坡向差异大。对夏秋干旱言,长江中下游受副高控制下形成,干旱南坡重于北坡,但南岭位于副高南缘,干旱是北坡重于南坡;南北走向或东北-西南走向的井冈山、雪峰山、武夷山区,干旱是西坡重于东坡或西北坡重于东南坡。对冬春干旱而言,一般出现南坡重于北坡,东坡重于西坡;例如哀牢山西坡是西南季风的迎风坡,东坡为背风坡,冬春干旱东坡重于西坡。可见,丘陵山区出现旱情与山体走向、地理位置及环流形势有密切关系。

2.2 洪涝

洪涝常发生在暴雨多发区。强暴雨引起山洪爆发,造成水土流失和泥石流,冲毁农田、堤坝,淤积水库,对工农业、交通运输及人民生命财产危害极大。本区的洪涝与各地雨季降水集中时段以及台风活动等密切相关。洪涝分布有明显的地域性,地区间存在较大差异。

据统计,1951~1994年长江中下游地区出现涝、大涝频率分别为65.9%和20.5%;华南地区为68.2%和15.9%;西南地区为少涝区,平均5%~6%。长江中下游地区,6月份是梅雨主要时期,受涝次数占全年的25%~35%,7月份一般为20%~25%,8月份进入伏旱少雨季节,很少出现雨涝。洪涝主要集中在5~7月份出现,江、浙沿海受台风影响,7~9月份仍有洪涝出现;华南地区是全国出现洪涝的多发区,主要是遭受台风影响形成,涝期长。5~7月份出现的洪涝占全年70%~80%,沿海地区集中在5~9月份,占全年70%~95%;滇、黔、川地区地形复杂,雨季早晚、降雨集中时段差异大,洪涝出现的迟早和集中时段变化大。贵州省洪涝出现在4~8月份,四川、云南的洪涝主要集中在夏季三个月。

2.3 低温冷害^[6]

春、秋季节,发生在亚热带丘陵山区的低温冷害,引起早稻烂秧和晚稻抽穗扬花、授粉过程不能正常进行,严重的可以造成水稻大面积减产失收。

春季低温冷害在本区时空分布特点:(1)低温出现频率和降温强度随时间推移自北向南减小、减弱,降温地区也逐渐缩小。(2)受地形、海陆影响明显。秦巴山脉的屏障作用,西部四川盆地比同纬度东部地区的低温出现频率少30%~50%。(3)结合早稻普遍播种时间及育秧期,岭南地区2月中、下旬至3月上旬,低温出现频率年平均10%左右;西部四川盆地3月下旬至4月上旬,低温出现频率10%~20%;东部沿海地区在3月上旬至4月上旬,低温出现频率为30%~70%;内陆地区平均15%~40%。(4)随海拔升高,低温出现早、结束迟。

秋季低温冷害在本区时空分布特点:(1)低温出现日期,基本上自高纬度向低纬度、自内陆向沿海逐步推迟;丘陵山区则随海拔升高出现日期明显提早。(2)全区每年第一次秋季低温的频率分布,受纬度、地形的影响大,受海陆的影响减小。(3)丘陵山区低温冷害随高度的变化,远大于随纬度、海陆影响的变化。

此外,亚热带南部丘陵山区,受强寒潮南下的影响,常出现以辐射型为主的混合型的降温过程,使亚热带、热带经济林果发生严重寒害。近40年来,发生大范围严重寒害有7次,两广地区橡胶树等经济林木受害率占70%~80%,云南西双版纳橡胶树受害也高达36.4%。对中小山区地形来说,东北坡、北坡的寒害最重,东、西坡寒害中等,西南坡及南坡寒害轻;盆地重于坡地,狭谷重于宽谷。

2.4 冻害与冰冻

1. 冻害

强寒潮爆发南下,使气温骤然猛降,降温幅度大和持续时间长,往往引起亚热带丘陵山区越冬作物、经济林果发生严重的周期性冻害。但由于青藏高原、秦巴山脉的屏障作用,亚热带西部山区极端最低气温比东部山区可以偏高9~14℃,冻害轻,甚至不出现冻害。

本区冬季冻害的空间分布特点:(1)江汉平原、江南丘陵降温强度大,常为冷中心。如武汉、溧阳极端最低气温曾出现-18.1℃和-15.3℃,越冬作物、经济林果发生严重冻害。(2)中国亚热带山区发生大范围严重冻害,一般是受西北一路(NW1)和北路(N)两路寒潮影响。但四川盆地、长江三峡、汉中盆地及东南沿海地区降温幅度小,发生冻害少;冷空气入侵西南地区的次数少,降温强度小,冻害轻。(3)根据各级低温出现频率及持续时间,30°N以北地区,冻害区域大,30°N以南,受山脉、水域影响,冻害发生在局部地区,范围小。(4)冻害随纬度降低而减轻,随海拔升高而增多,北坡冻害日数明显多于南坡^[6]。

2. 冰冻

强冷空气南下,抵达亚热带山区,降温的同时往往伴有降雪或冻雨(冰凌)等天气。冰冻(雨凇、雾凇和雪压等冬季结冰现象的总称)使植株机械损伤、林果断梢折枝甚至翻倒伏。冰冻在本区的东部,主要分布在湖南、湖北、江西、安徽等省,尤其是湖南、江西两省中部最多,东南沿海及两广地区冬季气温较高,在海拔800m以下不易出现冰冻;本区的西部,主要发生在贵州省、滇东北和桂东北,四川省的大小凉山、峨眉山、大娄山南坡、牦牛山、米仓山南北坡和岑王老山中上部冰冻日数也较多。各山区冰冻出现的高度、日数、出现时间和坡向之间有较大差异。一般北坡多于南坡,西坡多于东坡^[7]。

2.5 春、秋季连阴雨

春季连阴雨主要是影响东部丘陵山区早稻育秧和棉花、玉米播种,引起三麦湿害、病害,影响果树开花座果等;秋季连阴雨主要是影响西部丘陵山区大春作物的收获和不利小春作物的播种,造成晚稻扬花期冷害、棉花烂桃、吐絮不畅和红薯霉烂等。

东部山区春季连阴雨日数由南往北推迟。北部每年平均在 17 天以下,中部年平均在 50 天以上,南部平均 40~45 天。其中江南丘陵、华南及东南沿海出现最多。南北走向山脉是东坡连阴雨日数多,东西走向山脉是南坡最多。连阴雨日数随高度递增,迎风坡比背风坡递增明显。

西部山区秋季连阴雨,主要分布在四川盆地、川西南、黔西北、滇东北等地区。山区和坡向间连阴雨日数随高度的递增率差异明显,最大递增率为 6.7 天/100m,最小为 1.7~2.6 天/100m。连阴雨日数山区多于平川,北坡比南坡多,西坡比东坡多^[7]。

西部山区秋季连阴雨日数出现频率比东部山区春季连阴雨日数出现频率平均多 15%~20%,平均日数多 5~10 天。

2.6 冰雹

冰雹是一种局地性、季节性强和持续时间短以砸坏、砸伤为主的气象灾害。降雹常伴有大风、暴雨,对农、林、牧业、工业、电讯、交通以及人畜危害极大。如 1988 年 3 月 13~17 日,苏、皖、浙、沪、鄂、湘、赣、川、闽及两广等 11 个省市(区)148 个县相继出现冰雹天气,360 万亩农作物受灾,损失种子 150 多万公斤,倒塌房屋 45 万多间,有 405 人受伤,6 人死亡;又如 1994 年 4 月 6 日,湖北省武汉、黄陂等 11 个县市出现最大一次降雹天气,局部地区积雹 1m 以上,农作物受灾 135 万亩^[8]。

亚热带山区相对全国来说属少雹区。云贵高原年平均雹日一般 1~3 天,闽浙沿海及两广地区年平均雹日 ≤ 0.2 天,长江中下游地区及四川盆地年平均雹日一般 ≤ 0.4 天。由于降雹与中小尺度天气系统紧密相联,又受地形、地势的影响极大,亚热带局部山区如乌蒙山区、滇西南迎风坡、川东南、川东北盆地边缘地区年平均雹日可达 3~6 天^[7]。

亚热带山区降雹季节集中在 2~5 月份,主要出现在午后或傍晚。降雹持续时间一般较短促,以 10 分钟多见,也有 15~20 分钟。据贵州统计,降雹时间 ≤ 10 分钟的频率占 83.7%, ≤ 5 分钟的占 62%,超过 30 分钟占 1.8%,个别特殊的降雹过程可超过 1 小时^[7]。年平均降雹日数亚热带山区西部多,东部少;山区多,平原和盆地少;迎风坡多,背风坡少;南坡多,北坡少;高山多,河谷少;地形起伏、相对高差大的地区多,地势起伏小的地区少。

§ 3 丘陵山区农业气候资源优势及其利用现状

我国是一个多山的国家,丘陵山地约占全国总面积的三分之二。海拔 500m 以下占 25.2%,500~3000m 占 48.9%,3000m 以上占 25.9%。以丘陵山地为主的县市占全国总县市数 60%以上,人口约占总人口数的 40%。丘陵山地农业气候资源存在着带、层、形、态等多种类型结构,具有发展高产、优质、高效大农业的环境资源优势。其中尤以 240km²的亚热带丘陵山区,作为农业生态空间来说,雨热同季的季风气候条件,山、江、河、湖、海相连的优越地理位置,

①: 1 亩=666.6m²,下同。

形成多样的农业气候生态环境类型,蕴藏着得天独厚丰富的农业资源和环境气候资源,具有农林牧副渔业综合发展的农业气候资源优势,在世界亚热带范围内也占有重要地位。建设好我国亚热带丘陵山区农业生态空间,不仅利于发展建设优质高效大农业的生产基地,提高整体生态环境质量,缓解平原环境容量和土地资源日趋紧张的态势,促进农业可持续发展,更重要是减轻长江、珠江、淮河等流域水土流失,与巩固江河流域广大平原生态屏障息息相关。这对保证全国的经济稳定、协调增长具有重要的战略意义。

3.1 农业气候资源优势

1. 具有发展大农业和建设优质种群资源的自然地理、生态环境、气候资源优势

我国亚热带约自 $22^{\circ}\sim 34^{\circ}\text{N}$ 、 98°E 以东广大地区,位于青藏高原边缘的斜坡上,又值冬夏季风与青藏高原环流系统的交汇地带,地势自东南向西北呈阶梯状递增(相对高差平均 $1500\sim 3000\text{m}$ 以上)。由于气流上升和下沉作用,呈现水热资源丰沛的湿润季风气候特征,热带和温带生物资源均能在本区繁衍生息。从大地形地貌、海拔高差及生物资源来看,我国亚热带地区从东向西整体呈现农林牧副渔业结合的立体大农业体系。境内北部秦岭,向东延伸为伏牛山、桐柏山、大别山,随后进入宁镇山系;南部有与西南高山连接并向东伸展的南岭山脉、武夷山及仙霞岭等。山体不仅对冬夏季风有一定的阻滞作用,且因山脉走向、坡地方位和起伏地形的不同,山岭之间大小盆地、河川谷地及海拔高度和坡向等非地带性影响,形成众多复杂的自然地理气候生态类型空间。特别是生长季节的水热资源在空间上分布不均匀,呈现不同生物生态环境,形成生物的“突变”。素有“华中第一峰”美名的神农架,从河谷到山顶不仅有亚热带植物区系,并兼有温带和热带植物区系成分。可是在地中海、大陆型亚热带气候区,生长季节水热条件配置非一致性,农业生态环境类型较为单一^[1]。

110°E 以东亚热带丘陵山区是我国大地形三级阶地,以平原和低山丘陵为主组成,光、热、水资源丰富,生物品种植类型繁多,农作制一年可二熟或三熟,历来是我国“鱼米之乡”和主要粮、棉、油生产基地,盛产茶叶、柑橘、枇杷、油茶、油桐、杉木、毛竹等亚热带经济林果。本区东、南面临海,各山系间有长江、淮河、赣江、闽江、湘江、汉水、珠江及洞庭湖、鄱阳湖、太湖等,水陆交通便利。从生态观点看,山江河湖海、平原、盆地等紧密联系,具有发展农林牧副渔业综合经营的优势; 110°E 以西亚热带山区是我国大地形二级阶地,以中高山地及高原、平坝和盆谷地为主,地势高差悬殊,形成了热带、亚热带河谷至高山冰雪冻土带的“立体气候”。本区大部分地区未受到冰川侵袭,成为动植物的天然“避难所”,是我国乃至亚洲名符其实的“动植物王国”,保存大量的特有或具有世界意义的珍稀动植物和孑类遗种等。因此,依托独特的自然地理环境、土壤和气候条件,可以建立大农业的种质基因库和野生资源的保护区^[11]。亚热带山区目前已建70多个自然保护区。保护区既是研究生态类型原始状态的重要场所,又是天然的信息库、基因库,还可培育出国内、国际市场上竞争能力强的优势生物种群。

亚热带丘陵山区具有明显的立体农业气候资源优势。从资源环境类型分析^[12],在相对海拔高度 $300\sim 400\text{m}$ 以下,地势平缓,一般为河谷平原及山涧盆地组成,土地肥沃,灌溉便利,光、热、水资源充沛,适宜发展高产优质高效农业,是以种植业为主;相对海拔高度 $400\sim 800\text{m}$ 之间,地势起伏明显,处在暖热层向湿冷层的过渡位置,气候温暖湿润,散射光资源丰富,具有发展农林牧副业生产并举和建设名优特商品生产基地的优势;相对海拔 $800\sim 1000\text{m}$ 以上,地势起伏大,山多田少,土层瘠薄,气候湿冷,适宜营造经济林、用材林、薪炭林、水源林和防护林,是以林牧业为主,因地制宜建立优质草场,发展畜牧业。

2. 具有发展商品农业和开拓创汇农业的气候资源优势

亚热带丘陵山区是全国生物资源最丰富的地区,珍奇种类繁多,孕育着许多名贵品种和优势种群。110°E以西丘陵山区脊椎动物总数占全国69.5%,鸟类占全国74.28%,爬行类占60.26%,两栖类占75%,淡水鱼类占70%,种子植物占全国总数的2/3。在种类繁多的动植物资源中,可供人类开发利用的有多种野生稻、野牛、经济昆虫、药用动物、革用兽类及肉用渔猎动物等。植物资源中药用植物种类占全国3/4,香料植物300余种,野生油料植物200种及淀粉植物、纤维植物、树脂树胶植物、观赏花卉、野生多维果果类植物和丰富的食用菌资源等等。长期实践中,如已开发有12种香料为世界香料市场提供制作名牌精油产品,提供的中药材产量约占全国的1/2;云南省种植的三七、砂仁、当归、杜仲、黄连等名贵中药材达21.5万亩,年产值1.03亿元。近年来,花卉贸易额超过百亿美元,年增率以9%的速度递增。本区有2500余种供观赏花卉植物资源,若以国内外鲜花市场为导向,一方面加强野生花卉植物种质资源保护;另一方面引种、驯化和培育新品种,建立不同品种花卉商品生产基地,不仅满足国内外市场对花卉日益增长的需要,而且开拓创汇农业,可以大幅度提高经济效益。此外,在名优特农林产品中,有享誉中外的茶、烟、香蕉、荔枝、菠萝、甜橙、沙田柚、咖啡、可可、蔗、麻、蚕桑、药材等经济林果和土特产品资源优势等^[11];110°E以东丘陵山区也是全国动植物资源丰富地区。根据武夷山区统计:各种野生动物资源约占全国1/4;鸟类近400种,占全国1/3多;昆虫有2000多种。名优特农林产品有:柑橘、茶、荔枝、龙眼、猕猴桃、麻、烟草、甘蔗、油茶、油桐等出口创汇重要产品称誉海内外^[13]。近年来,银耳、香菇、黑木耳等也引起国际市场的关注。

3. 具有巨大的潜在农业气候资源优势

亚热带山区水热资源丰富,林木可以终年生长,人工林每亩年平均生长量达0.5~1.0m³,速生用材林10~20年即成林成材;闻名中外的“普洱茶”产区勐海,试验茶园单产茶叶达300kg^[13];计算浙南山区茶场光能利用率平均仅为0.5%~2.0%,但浙南山区松阳县红连大队10.5亩高产试验茶园单产平均高达539.5kg,高于目前平均产量7~9倍^[14];贵州省粮食单产(1988年)低于200kg的中低产田约占耕地总数的3/4,但小面积高产试验田(罗甸县城关附近)粮食单产高达1175kg;100亩草场仅能提供牛羊肉14kg、奶7kg、羊毛0.5kg(国外资料,100亩草场可提供牛羊肉540.9kg、奶9987.4kg、羊毛23.9kg)^[15]。上述足以说明光、热、水资源的开发潜力很大。近年四川省合理开发秋季水热资源栽种再生力强的高产杂交中稻,收获后,蓄留再生稻,目前已超过600万亩,最高单产达200kg以上,成为开拓增产粮食的一条重要途径;江、浙、闽、桂沿海滩涂养殖对虾年可二造,饲料充足的可三造,年单产可达60kg,高于北方沿海产量4~6倍^[7]。各地尚能利用河湖、堰塘、水库发展养殖业;利用冬暖效应发展多种高档蔬菜生产,建设一批南菜北调商品生产基地,供应北方大城市和港、澳市场。诸此种种,皆来源于丰富的光、热、水资源,充分显示亚热带丘陵山区有巨大的潜在农业气候资源优势。

农业气候资源作为获得高产优质的环境资源,用来衡量一个地区农业生产增长的前景及其生产潜力,可以分为利用型和潜在型。由于亚热带丘陵山区农业生产发展水平的差异,造成各地区对农业气候资源开发利用程度极不平衡。

3.2 农业气候资源利用现状

1. 农业布局不合理、结构单一及粗放经营的传统农业与丰富多样的气候资源不相适应,农业气候资源利用率低

长期以来,人们对丘陵山区丰富多样的农业气候资源缺乏正确的认识,农业布局不合理,