

国家出版基金项目
中国气象局“精细化农业气候区划试点”项目研究成果

湖南省现代农业 气候区划

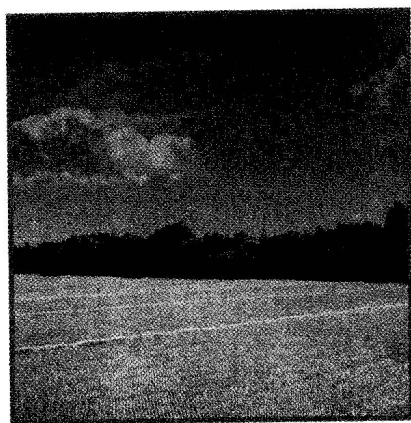
廖玉芳 汪扩军 赵福华 白树仁 等编著

湖南大学出版社

国 家 出 版 基 金 项 目
中国气象局“精细化农业气候区划试点”项目研究成果

湖南省现代农业 气候区划

廖玉芳 汪扩军 赵福华 白树仁 等编著



湖南大学出版社

内 容 简 介

全书共分三编9章。上编：现代农业气候区划；中编：现代农业气候区划关键技术；下编：精细化农业气候区划业务系统。应用最新的长序列地面气象观测资料（1961—2008年），选择适宜湖南地理条件的气象要素空间插值技术，构建湖南高时空分辨率的现代农业气候区划基础数据；运用GIS技术，结合数理统计方法及主要农作物种植适宜性气候区划指标，开展湖南农业气候资源及主要农作物种植适宜性气候区划；在分析评述湖南农业气候资源状况，及气候变化对农业气候资源、农作物种植结构影响的基础上，提出应对建议。介绍了农业气候区划业务系统开发技术及操作说明。

本书可供从事农业、气象、林业、水利、环境资源开发利用及其发展规划等方面的生产、科研、教学及管理部門的人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

湖南省现代农业气候区划/廖玉芳，汪扩军，赵福华，白树仁等编著.

—长沙：湖南大学出版社，2010.7

ISBN 978-7-81113-858-0

I. ①湖… II. ①廖…②汪…③赵…④白… III. ①农业区划—气候区—湖南省

IV. ①S162.226.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2010）第 144085 号

湖南省现代农业气候区划

Hunansheng Xiandai Nongye Qihou Quhua

作 者：廖玉芳 汪扩军 赵福华 白树仁 等编著

责任编辑：卢 宇

责任校对：祝世英

出版发行：湖南大学出版社

责任印制：陈 燕

社 址：湖南·长沙·岳麓山

邮 编：410082

电 话：0731-88822559（发行部），88821315（编辑室），88821006（出版部）

传 真：0731-88649312（发行部），88822264（总编室）

电子邮箱：pressluy@hnu.edu.cn

网 址：<http://press.hnu.cn>

印 装：衡阳顺地印务有限公司

开本：889×1194 16开

印张：19.25

字数：492千

版次：2010年7月第1版

印次：2010年7月第1次印刷

印数：1~2000册

书号：ISBN 978-7-81113-858-0/S·6

定价：80.00元

序 言

据 IPCC 第四次评估报告显示, 全球气候变暖是不争的事实。近百年来全球地表平均温度明显升高, 本世纪变暖幅度还会增大, 全球变暖对人类的影响不仅是广泛的, 而且也是很深刻的, 其对农业生产的影响也必将是重大的。

湖南气候条件优越, 是中国粮食主产区, 但湖南农业生产在很大程度上受制于气候条件, “靠天吃饭” 仍然是目前和今后相当长时期内都难以改变的现实。在全球气候变化的背景下, 湖南温、光、水等农业气候资源的时空分布, 以及引起作物产量波动的各种农业气象灾害的发生频率和危害程度发生了明显变化, 对农业生产产生了诸多影响。一是旱涝灾害发生频率增大、强度增强, 直接造成农作物产量减产严重。近 10 年 (1998—2007 年), 湖南因洪涝灾害年均农作物受灾面积较前 10 年增加 6.5 万 hm^2 , 粮食因灾的减产量较前 10 年增加 0.9 亿 kg ; 因干旱年均农作物受灾面积较前 10 年增加 29.5 万 hm^2 , 粮食因灾的减产量较前 10 年增加 1.8 亿 kg 。二是种植制度和作物品种发生改变, 气温升高也使作物的发育速度加快, 生育期缩短, 单产下降。三是气候变化使病虫害和动物疫病有新发和加剧趋势, 气温升高, 病虫害发生早, 一年中害虫繁殖代数增加, 造成农田多次受害的概率增高, 作物受害程度加重, 农药使用量增加, 农业生产成本和对环境的污染随之增加。

应对气候变化对湖南农业的影响, 必须采取相应的措施: 调整农业结构和种植制度; 强化优势农产品的规模化、区域化布局; 开发高产、稳产的集约化农业技术; 选育抗逆农作物品种; 加强农业基础设施建设和农田基本建设, 改善农业生态环境, 不断提高对气候变化的应变能力。廖玉芳、汪扩军、赵福华、白树仁等同志编著的《湖南省现代农业气候区划》

一书，深入分析了湖南光、温、水资源分配和农业气象灾害的新格局，以及气候变化对湖南农业气候资源、农作物种植适宜性的影响，并提出了科学应对建议。这本书从湖南农业生产科学应对气候变化的角度出发，对湖南现有农业种植结构和品种布局进行了重新区划，实施该区划可以有效地适应新的自然资源环境，进一步提高气候资源利用效率和规避气象灾害风险，为湖南提升国家新增千亿斤粮食生产能力提供决策依据。

徐明华

湖南省人民政府副省长

2010年7月于长沙

前言

据 IPCC 第四次评估报告显示，全球气候变暖是不争的事实。全球气候变化将直接影响农业生产的平稳和持续发展，势必对我国粮食安全造成重大威胁。据研究，我国已观测到气候变化对农业的影响，主要表现在农业生产不稳定性增加，极端天气事件导致农业损失加大，气候变暖导致作物种植制度、品种布局变化等。粮食安全问题，关系到经济全局，关系到人民群众切身利益。党的十七届三中全会审议通过了新形势下推进农村改革发展的行动纲领——《中共中央关于推进农村改革发展若干重大问题的决定》，指出发展现代农业，必须按照高产、优质、高效、生态、安全的要求，加快转变农业发展方式，推进农业科技进步和创新，增强农业抗风险能力、国际竞争能力、可持续发展能力，搞好产业布局规划，科学确定区域农业发展重点，形成优势突出和特色鲜明的产业带。

随着农业生产由传统农业向现代农业转变，以及气候条件、气候资源的变化，开展现代农业气候区划将成为合理利用农业气候资源、科学布局农作物生产的重要依据，对农业防灾减灾、提高农业生产效益、发展特色农业、保障我国粮食安全具有十分重要的意义。2009 年，中国气象局立项支持我们开展“精细化农业气候区划试点”，建设目标是利用最新的长序列气象观测资料及农业气候区划指标、主要农作物种植适宜性指标，基于 GIS 和小网格推算模型，开展湖南、吉林、河北等我国粮食主产区试点省份的高分辨率农业气候资源区划及主要农作物种植适宜性区划，研制省级精细化农业气候区划业务系统。此项目由湖南省气候中心主持，吉林省气候中心、河北省气象科学研究所、河北省气候中心、湖南大学、湖南省气象科学研究所、国家气象信息中心参加。项目组在课题研究基础上，将湖南相关研究成果汇总编写了《湖南省现代农业气候区划》一书，以便能

有效指导湖南农业科学应对气候变化，提高气候资源利用效率和规避气象灾害风险能力，为提升湖南粮食生产能力做出应有的贡献。该书的出版得到了国家出版基金的资助。

《湖南省现代农业气候区划》共分9章，第1章：湖南自然地理和气候概况，由赵福华、杜东升编写；第2章：农业气候资源区划，由赵福华、廖玉芳编写；第3章：主要农作物种植适宜性气候区划，由宋忠华、廖玉芳、杜东升、陆魁东编写；第4章：气象要素空间插值技术，由廖玉芳、杜东升编写；第5章：气候背景场与日降水量小网格插值，由沈艳编写；第6章：业务系统开发技术，由廖玉芳、白树仁、谢健、马亿旻编写；第7章：系统概述，由廖玉芳、杜东升编写；第8章：系统运行环境和软件安装，由白树仁、马亿旻、杜东升编写；第9章：操作说明，由白树仁、谢健、马亿旻编写；附录由杜东升、廖玉芳、沈艳编写。全书由汪扩军、廖玉芳统稿。

本书编著过程中，得到了湖南省农业科学院的大力支持，得到了中国农业科学院李茂松教授，湖南省农业厅申建斌研究员和廖振坤、吴若云、吴淑珍高级农艺师，湖南省林业科学院陈永忠教授，湖南省气象局潘志祥正研级高工的指导和帮助，在此表示最诚挚的感谢。

由于水平有限，时间仓促，不足和错误在所难免，欢迎批评指正。

作 者

2010年3月于长沙

目次

上 编 现代农业气候区划

1 湖南自然地理和气候概况

1.1 地理地貌特征	3
1.1.1 地形	3
1.1.2 地质地貌	3
1.1.3 土壤	4
1.1.4 水系	4
1.1.5 土地利用	4
1.2 湖南气候	5
1.2.1 气候特点	5
1.2.2 主要农业气象灾害	6
参考文献	11

2 农业气候资源区划

2.1 农业气候资源区划研究动态	13
2.2 湖南农业气候资源概况	14
2.2.1 热量资源	14
2.2.2 光能资源	24
2.2.3 水资源	27
2.2.4 参考作物蒸散量	29
2.3 农业气候资源区划	31
2.3.1 农业气候资源区划指标及方法	31
2.3.2 农业气候资源区划评述	32
2.4 农业气象灾害气候风险区划	33
2.4.1 农业气象灾害气候风险指数	34
2.4.2 农业气象灾害气候风险区划	35
2.4.3 多灾种气候风险综合区划	39

2.5 湖南农业气候资源对气候变化的响应	40
2.5.1 热量资源	40
2.5.2 光资源	43
2.5.3 水资源	47
2.6 农业气候资源开发利用建议	47
参考文献	50
3 主要农作物种植适宜性气候区划	
3.1 国内外研究进展	52
3.2 区划指标及方法	53
3.2.1 区划指标	53
3.2.2 区划方法	53
3.3 湖南主要农作物种植适宜性气候区划	54
3.3.1 双季稻	54
3.3.2 油菜	56
3.3.3 棉花	58
3.3.4 柑橘	60
3.3.5 油茶	63
3.3.6 烟草	65
3.4 气候变化对湖南主要农作物种植适宜性的影响	67
3.4.1 气候变化对水稻种植的影响	67
3.4.2 气候变化对油菜种植的影响	67
3.4.3 气候变化对棉花种植的影响	69
3.4.4 气候变化对柑橘种植的影响	69
3.4.5 气候变化对油茶种植的影响	71
3.4.6 气候变化对烟草种植的影响	71
3.5 生产建议	71
参考文献	73

中 编 现代农业气候区划关键技术

4 气象要素空间插值技术

4.1 国内外研究现状	77
4.2 插值分辨率的选择	78
4.3 插值数据源分析	79
4.3.1 基于日值插值与基于统计值插值的误差分析	79
4.3.2 基于日值插值统计的稳定通过各界限温度特征值与统计值推算结果的比较	79
4.3.3 结论	81
4.4 插值方法介绍	81
4.4.1 反距离加权法	81
4.4.2 加入海拔影响因子的反距离加权法	82
4.4.3 梯度距离反比法	82

4.4.4	反距离高斯算子法	82
4.4.5	加入海拔影响因子的反距离高斯算子法	83
4.4.6	多元回归残差反距离订正法	83
4.4.7	多元回归残差高斯算子订正法	83
4.4.8	位温插值法	83
4.4.9	普通克里金法	84
4.4.10	加入海拔影响因子的普通克里金法	85
4.4.11	样条函数法	85
4.4.12	加入海拔影响因子的样条函数法	86
4.5	插值方法适宜性分析	86
4.5.1	日平均气温	87
4.5.2	日最高气温	94
4.5.3	日最低气温	100
4.5.4	日降水量	106
4.5.5	月日照时数	111
4.5.6	月太阳总辐射	114
4.5.7	参考作物蒸散量	115
4.6	总结及检验	117
4.6.1	总结	117
4.6.2	检验	117
	参考文献	118
5	气候背景场与日降水量小网格插值	
5.1	国内外研究进展	120
5.2	气候背景场构建方法	122
5.2.1	数据源	122
5.2.2	气候背景场的建立	123
5.2.3	地形对降水量影响的订正	124
5.3	降水量小网格产品生成方法	125
5.4	效果评估	125
5.4.1	中国区域	126
5.4.2	长江流域	127
5.4.3	青藏高原	128
5.4.4	湖南区域	129
5.4.5	单站	131
5.5	降水量分析产品的应用	132
5.5.1	卫星反演降水产品介绍	132
5.5.2	地面观测降水分析产品	134
5.5.3	卫星资料的检验和质量评估	134
5.6	降水量小网格插值方法的未来发展方向	138
	参考文献	138

6 业务系统开发技术

6.1 利用 NetCDF 进行海量数据存储与管理	141
6.2 并行计算技术在插值算法中的应用	142
6.3 改进的 K-means 聚类分析算法	144
6.3.1 传统的基于质心的 K-means 算法	144
6.3.2 改进的 K-means 算法	145
6.3.3 实例验证	146
6.3.4 结论	148
6.4 面向服务的数据访问架构	148
6.5 符合 OGS 规范的 GIS 框架	150
6.6 基于组件对象模型的 GIS 嵌入式模型开发	151
6.6.1 ArcGIS Engine	151
6.6.2 System	152
6.6.3 SystemUI	152
6.6.4 GeoMetry	152
6.6.5 Display	152
6.6.6 Output	152
6.6.7 GeoDatabase	153
6.6.8 DataSourceRaster	153
6.7 气候分析图表可定制方式	153
6.8 小网格数据压缩	155
6.9 基于策略模式的可配置计算模型	156
6.10 基于有限自动机的自定义计算公式	156
6.11 支持通用性的体系架构	157
6.12 基于插件模式的指标算法	159
6.13 面向对象建模技术	160
6.13.1 基本概念	160
6.13.2 地理数据组织中的面向对象技术的应用	160
6.13.3 基于气象数据的面向对象建模	161
6.14 针对目标的项目管理	162
6.14.1 项目管理的三个约束条件	162
6.14.2 项目管理的五个主要过程组	164
参考文献	165

下 编 精细化农业气候区划业务系统

7 系统概述

7.1 系统特点	169
7.1.1 功能强大	169
7.1.2 指标管理灵活	169
7.1.3 操作简单	169

7.1.4	开放性和可扩充性	170
7.1.5	低成本业务应用	170
7.2	系统模块架构	170
7.3	系统功能	171
7.3.1	数据信息管理功能	171
7.3.2	气候统计分析功能	179
7.3.3	农业气候区划功能	181
7.3.4	农业气候资源动态监测评估功能	184
7.3.5	农作物种植气候适宜区预估功能	185
7.3.6	系统管理功能	185
	参考文献	186
8	系统运行环境和软件安装	
8.1	系统运行环境	188
8.1.1	硬件环境	188
8.1.2	软件环境	188
8.2	软件安装步骤	189
8.2.1	客户端安装	189
8.2.2	服务器端安装	197
8.3	系统启动与关闭	198
8.3.1	系统启动	198
8.3.2	系统关闭	199
9	操作说明	
9.1	系统登录	200
9.2	系统基本操作	201
9.2.1	系统界面布局	201
9.2.2	系统通用按钮说明	203
9.2.3	系统通用操作方法说明	203
9.3	基础管理信息	204
9.3.1	观测站信息	204
9.3.2	气象要素	205
9.3.3	行政区代码	206
9.3.4	系统参数	206
9.3.5	指标算法参数	207
9.3.6	色标管理	208
9.4	基础数据导入及统计数据形成	209
9.4.1	基础数据导入	209
9.4.2	观测站统计数据形成及分析	214
9.5	气象要素小网格插值	231
9.5.1	小网格数据指标设定	231
9.5.2	小网格数据任务提交	235
9.6	指标及区划方法管理	235

9.6.1	农业气候资源指标	235
9.6.2	农业气象灾害指标	244
9.6.3	农作物种植适宜性气候区划指标	245
9.6.4	任务管理	253
9.7	系统管理	254
9.7.1	角色管理	254
9.7.2	用户管理	255
9.7.3	功能模块管理	256
9.8	数据展示与分析	257
9.8.1	观测站数据展示与分析	257
9.8.2	观测站数据等值线图展示	262
9.8.3	网格数据展示	264
9.8.4	图片的导出与打印	266
9.9	农业气候资源区划	266
9.9.1	单属性 K-means 聚类方法	267
9.9.2	多属性 K-means 聚类方法	269
9.9.3	层次聚类方法	270
9.10	农业气象灾害区划	271
9.11	农作物种植适宜性气候区划	271
9.12	农业气候资源动态监测	274
9.12.1	动态监测	274
9.12.2	自定义监测	276
9.13	农作物种植气候适宜性预估	277
9.13.1	操作说明	277
9.13.2	数据说明	278
9.14	PACDS 监控 Daemon	279
9.14.1	操作说明	279
9.14.2	数据说明	280
附录 1	相关地域用语说明	281
附录 2	太阳总辐射计算方法介绍	282
附录 3	参考作物蒸散量计算方法	287
附录 4	PRISM 方法	294

上 编

现代农业气候区划

○ 湖南自然地理和气候概况

○ 农业气候资源区划

○ 主要农作物种植适宜性气候区划

1 湖南自然地理和气候概况

湖南属内陆省份，位于中国中南部、长江中游以南，是云贵高原向江南丘陵、南岭山脉向江汉平原的过渡地带。因大部分位于洞庭湖以南而得名湖南，又因湘江贯穿于全境而简称“湘”。介于东经 $108^{\circ}47'$ ~ $114^{\circ}15'$ 、北纬 $24^{\circ}38'$ ~ $30^{\circ}08'$ 之间，东西宽 667 km、南北长 774 km，总面积 21.18 万 km^2 。受东亚季风影响很大，属亚热带季风湿润气候类型。

1.1 地理地貌特征

1.1.1 地形

湖南东、南、西三面环山，中部丘陵，北部平原、湖泊展布。东面是与江西交界的诸山，大都是东北—西南走向，呈雁行式排列，是湘江水系与赣江水系的分水岭，山峰海拔大都超过 1 000 m，其中大围山七星岭海拔高度达 1 607.9 m。南面是南岭山脉，呈东北—西南走向，是长江水系和珠江水系的分水岭，海拔大都在 1 000 m 以上，其中桂东县与资兴县交界的八面山海拔高达 2 042.1 m。西面为雪峰山，呈东北—西南走向，是资江与沅江的分水岭；南起城步县，向东北偏北方向延伸，到安化折向东，至益阳县境而没于洞庭湖平原；南段海拔 1 500 m 以上，最高峰苏宝顶海拔达 1 934.3 m，北段海拔为 500~1 000 m。西北为武陵山脉，呈东北—西南走向，海拔大多在 1 000 m 以上，其中壶瓶山高达 2 099 m，是湖南境内最高的山峰。湘中则大都为丘陵、岗地和河谷两岸的冲击平原，地势南高北低，海拔大多在 500 m 以下；其中衡山位于丘陵台地之上，主峰祝融峰海拔 1 290 m，为中国名山五岳之一的南岳。北部是我国第二大淡水湖——洞庭湖，洞庭湖沿岸是平坦的湖积、冲积平原和人工围垦平原，面积达 11 195 km^2 ，是湖南地势最低、最平坦的地区，海拔大多在 50 m 以下。

1.1.2 地质地貌

地貌以山地、丘陵为主，其次为盆地、平原和水域，其中山地为 51.2%，丘陵为 15.4%，盆地为 13.9%，平原为 13.1%，水域占 6.4%，有“七山一水两分田”之称。

地质分属两个大地构造单元。以罗翁绥宁大断裂向北东经安化，宁乡至长寿永安大断裂一线为界，其北西为扬子准地台的一部分，其东南为南华准地台的一部分。三大岩系（沉积岩、岩浆岩、变质岩）发育，晚元古代以后的地层出露齐全。地史上各期大的构造运动在湖南均表现明显。中、酸性岩浆活动强烈。

受到三个地质成矿构造单元的控制：一是八面山褶皱区，二是雪峰的隆起区，三是湘中、湘东南褶皱区，构成了湘中、湘南两个大的成矿带。由于在地质构造上岩浆活动较弱，湖南是一个

弱震、少震区。

1.1.3 土壤

地层发育较齐全，土壤类型多样。根据分类原则和土壤的具体情况，可分为铁铝土纲、淋溶土纲、半淋溶土纲、初育土纲、水成土纲、半水成土纲和人为土纲等7个土纲，红壤、黄壤等13个土类，29个亚类，129个土属和463个土种。

沿武陵—雪峰山东麓一线划界，以东红壤为主，以西黄壤为主。洞庭湖平原为潮土、紫湖泥地区；湘中为丘陵红壤、紫色土、水稻土地区；湘南为中低山丘陵黄壤地区；湘西为中低山石灰土、黄壤地区。红壤 840.88 万 hm^2 ，占全省土壤总面积约 50.4%；水稻土 275.59 万 hm^2 ，占 16.5%；黄壤 210.64 万 hm^2 ，占 12.62%；黑色石灰土、红色石灰土、紫色土、潮土占 16.54%；红黏土、石质土、粗骨土、草甸土占 3.94%。

1.1.4 水系

湖南境内河流众多。5 km 以上的河流 5 341 条，属长江流域洞庭湖水系。主要河流为湘、资、沅、澧四水及汨罗江、新墙河，分别汇入洞庭湖。长江的松滋、太平、藕池三口自北向南注入洞庭湖，形成以洞庭湖为中心的辐射状水系，境内径流总长度达 43 000 多千米。

湘江：又称湘水，为湖南第一大河流，是长江七大支流之一。它发源于广西壮族自治区临桂县海洋坪的龙门界，流经广西的兴安、全州及湖南的东安、永州、祁阳、衡阳、株洲、湘潭、长沙、望城等市县，至湘阴县濠河口分东西两支汇入洞庭湖，干流全长 856 km（湖南境内 670 km），流域面积 94 660 km^2 （湖南境内 85 383 km^2 ），多年平均径流量 664.9 亿 m^3 。

资水：又称资江，分南源与西源。南源夫夷水，源于广西壮族自治区资源县越城岭北麓，流经广西的资源，湖南的新宁、邵阳等县市。西源赧水，源于湖南的城步县青界山黄马界，流经武功、隆回等县市。两水在邵阳县双江口汇合后始称资水，流经邵阳、新邵、冷水江、新化、安化、桃江等县市，至益阳市甘溪港注入洞庭湖。干流全长 653 km，流域面积 28 142 km^2 （湖南境内 26 738 km^2 ），多年平均径流量 217.4 亿 m^3 。

沅水：又称沅江，是我省第二大河流，分南北两源。南源龙头江，源自贵州省都匀县的云雾山。北源重安江，源于贵州省麻江县平越间的大山。两源汇合后称清水江，至壶山人湖南省芷江县，东流至黔城与舞水汇合后称沅江，流经会同、洪江、中方、溆浦、辰溪、泸溪、沅陵、桃源、常德等县市，至常德市德山注入洞庭湖。干流全长 1 033 km（湖南境内 568 km），流域面积 89 163 km^2 （湖南境内 51 066 km^2 ），多年平均径流量 393.3 亿 m^3 。

澧水：澧水干流分北、中、南三源。北源为主，源于桑植县杉木界，中源源于桑植县八大公山东麓，南源源于永顺县龙家寨，三源于桑植县南岔汇合后东流。沿途接纳娄水、谍水、道水和沔水等支流，至津市市小渡口注入洞庭湖。干流全长 388 km，流域面积 18 496 km^2 （湖南境内 15 505 km^2 ），多年平均径流量 131.2 亿 m^3 。

1.1.5 土地利用

2005 年末，全省已开发利用土地 19.270 4 万 km^2 ，土地利用率为 90.96%，与全国平均值相比高出 18.50 个百分点，与我国中部六省相比，仅低于安徽省。其中，农业利用率 84.64%，垦