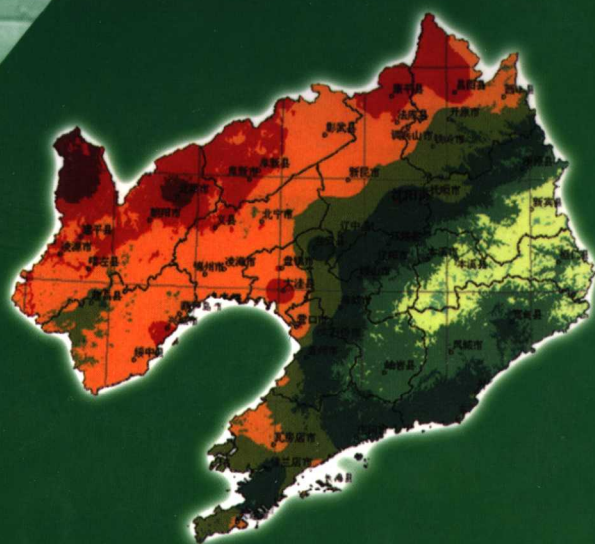


辽宁省农业气候资源 精细化模拟与专题区划

张玉书 纪瑞鹏等 编著



LIAONINGSHENG NONGYE QIHOUIZIYUAN JINGXIHUAMONI YU ZHUANTIQUHUA
LIAONINGSHENG NONGYE QIHOUIZIYUAN JINGXIHUAMONI YU ZHUANTIQUHUA
LIAONINGSHENG NONGYE QIHOUIZIYUAN JINGXIHUAMONI YU ZHUANTIQUHUA
LIAONINGSHENG NONGYE QIHOUIZIYUAN JINGXIHUAMONI YU ZHUANTIQUHUA
LIAONINGSHENG NONGYE QIHOUIZIYUAN JINGXIHUAMONI YU ZHUANTIQUHUA

辽宁科学技术出版社

辽宁省农业气候资源 精细化模拟与专题区划

张玉书 纪瑞鹏等 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

辽宁科学技术出版社

沈 阳

内容提要

本书针对辽宁省农业气候资源的变化特征,详细分析了光能资源、热量资源、水分资源的现状及变化趋势,系统地阐述了基于地理信息技术的农业气候资源精细化模拟和专题区划的技术方法,包含辽宁省农业气候资源精细化模拟图222幅,并对冬小麦、红富士苹果、烤烟、玉米、丹东柞蚕、朝阳大枣、大连大樱桃及洪涝灾害进行了专题区划,空间精度为500m×500m。全书内容翔实,图文新颖、直观、生动,全面反映了辽宁省农业气候区划领域的最新成果。

本书可作为气象、农业、生态、林业等专业业务学习及科研工作者参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

辽宁省农业气候资源精细化模拟与专题区划 / 张玉书, 纪瑞鹏等编著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2006. 12
ISBN 7-5381-4934-1

I. 辽… II. ①张…②纪… III. 农业—气候资源—气候区划—辽宁省 IV. S162.223.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第136078号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路25号 邮编: 110003)

印刷者: 辽宁北方彩色期刊印务有限公司

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 210mm×285mm

印 张: 11.5

字 数: 500千字

印 数: 1~800册

出版时间: 2006年12月第1版

印刷时间: 2006年12月第1次印刷

责任编辑: 张 钰 郭 健

封面设计: 刘萍萍

版式设计: 于 浪

责任校对: 王晓秋

定 价: 78.00元

联系电话: 024—23284360

邮购热线: 024—23284502

E-mail: lkzsb@mail.lnpgc.com.cn

http://www.lnkj.com.cn

编委会名单

主 编 张玉书

副主编 纪瑞鹏 陈鹏狮

编 委 (以姓氏笔画为序)

冯 锐 纪瑞鹏 张玉书

张淑杰 陈鹏狮 武晋雯

侯艳华

序

全球气候变化已经影响世界各个科学领域和人类经济社会的发展和进步，其对农业的影响更是直接关系到国计民生和可持续发展，因而备受各国政府和社会各界的关注。气候变化对农业的影响利弊有之，关键在于我们怎么去应对气候变化，达到趋利避害的目标。新时期社会主义新农村建设，为社会主义大农业的发展提出了更高的要求。依托科技进步，加强科技创新，是实现农业现代化的关键，利用地理信息技术和计算机技术等新成果，对农业气候资源进行精细化模拟，为农业结构和生产力布局的调整提供更加科学的气候区划支撑，是农业科技创新的一项重要任务。正在这时，《辽宁省农业气候资源精细化模拟与专题区划》一书即将出版，无疑是具有科学和应用价值的。本书的出版对于推动省级农业气候资源高精度模拟和农业气候专题区划工作，从而加强对省级农业发展的气象保障和技术支撑，将具有积极的意义和借鉴价值。

该书是在由农业气象、生态、GIS等多学科人员三年多的研究基础上完成的，是第一部基于GIS技术进行省级尺度的高分辨率农业气候资源精细化模拟与专题区划的专著。这一成果完成了包括光、温、水等主要农业气候资源精细化模拟工作，空间分辨率为500m×500m。全书共222幅栅格图，并对冬小麦、红富士苹果、烤烟、玉米、丹东柞蚕、朝阳大枣、大连大樱桃及洪涝灾害进行了专题区划，含9幅栅格图。全书真实地反映了辽宁省农业气候资源现状、变化趋势以及各农业气候要素的时空分布特征，方法较先进，精度达到了实用要求。

值得一提的是，本书的几位作者，都是新一代年轻的气象工作者。他们有志选择应用气候的重要课题，潜心做一些基础性和实用性工作，这是十分可贵的。希望有更多青年工作者在这一领域中取得更大成就。

王侍博

2006年11月

前言

自工业革命以来,大气中 CO_2 、 CH_4 和 NO_2 等温室气体的含量分别增加了约30%、145%和15%,其结果是对气候产生正的辐射强迫,导致气候变暖。Hansen分析发现,在最近100年中,全球气温平均上升了 0.8°C 。20世纪80年代,全球温度上升有加速的趋势,1998年达到了有可靠记录以来(1860年)的最高值,比1961—1990年的平均温度高 0.57°C 。Bradley等比较了中国气温变化与北半球气温变化的异同,指出中国气温变化总的趋势与北半球的趋势一致。1998年,中国平均气温距平值达到 $+1.38^\circ\text{C}$,也是最近119年中最高的一年。据IPCC的估计,在未来的100年中,全球平均气温可能升高 $1.0\sim 3.5^\circ\text{C}$,这种增温在高纬度地区和冬季更为显著。

全球气候变化对农业的影响可能是严重的,它将通过改变农业生产条件而导致农业生产的不稳定性增加,带来农业生产布局和结构的变动,造成粮食生产的波动,使农业生产成本和投资额外增加,但现在尚不能确定气候变化使全球平均农业生产力增加还是减少。近年来,世界各地的作物产量及生产率都将有较大的变化,许多地区的农业生产模式也有可能改变。可以预见的是,因我国特殊的地理位置和地形特征,在全球变化背景下,我国的气候变化将更为复杂,气候的变化对中国陆地生态系统,特别是农业气候资源和农业生产的影响也更为明显。因此,中国气象局提出进行“全国第三次农业气候区划”,辽宁省从2003年已正式全面展开这项工作。

本书在认真总结国内外有关农业气候资源模拟和区划研究的基础上,结合辽宁省实际特点,利用1971—2000年的气候资料,对辽宁省农业气候资源的现状进行了详细的分析,并进行了突变性检测;利用混合插值方法,在ArcGIS平台上对光、温、水等主要农业气候要素进行精细化模拟,制作了辽宁省空间分辨率为 $500\text{m}\times 500\text{m}$ 的栅格图;针对辽宁省农业结构调整中出现的问题,重点完成了对冬小麦、红富士苹果、烤烟、玉米、丹东柞蚕、朝阳大枣、大连大樱桃及洪涝灾害的专题区划。为了更好地满足为地方政府服务的需要,我们分别制作了辽宁省14个市、近百个县(区)的农业气候资源空间信息化数字图,空间分辨率为 $100\text{m}\times 100\text{m}$,还制作了气候资源精细化模拟栅格三维图。

本书内容共分为六章,重点介绍了辽宁省农业气候资源的现状和变化趋势,精细化模拟的技术方法,图集的制作和专题区划;附有大量精美的基于GIS技术、数学模拟技术和计算机技术而生成的省级尺度空间分辨率为 $500\text{m}\times 500\text{m}$ 的农业气候要素栅格图,共计222幅,专题区划栅格图9幅。书中所有插图、附图均经辽宁省测绘局审查合格,审图号:辽S(2006)031号。

在本书出版之际,衷心感谢中国气象局、中国气象局沈阳大气环境研究所、辽宁省气象局档案馆、辽宁省各级气象台站、辽宁省气象局领导和各职能处室的鼎力支持。

农业气候资源精细化模拟与专题区划工作,涉及学科广泛,是一项复杂的研究工作,存在着许多不确定性因素,特别是可利用的气象台站的数量远比发达国家少,典型地形气象代表站点建设还是空白,加上作者学术水平有限,难免有不当之处,恳请读者批评指正。

著者

2006年11月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 农业气候资源的概念	1
1.2 农业气候资源的特点	1
1.3 农业气候区划	2
1.4 农业气候资源精细化模拟与专题区划的目的和意义	2
第2章 气候要素精细化模拟主要技术方法	4
2.1 基础资料来源与预处理	4
2.1.1 气候资料准备及预处理	4
2.1.2 基础地理信息资料来源及预处理	4
2.2 气候要素精细化模拟基本技术方法	4
2.2.1 整体插值模拟法	5
2.2.2 局部插值模拟法	5
2.2.3 混合插值模拟法	5
第3章 辽宁省农业气候资源现状及变化	6
3.1 辽宁省地理特征与气候概况	6
3.2 辽宁省光能资源现状与变化	6
3.2.1 太阳辐射	6
3.2.2 日照时数	9
3.2.3 日照百分率	10
3.3 辽宁省热量资源现状与变化	10
3.3.1 平均气温	10
3.3.2 平均最高气温	12
3.3.3 平均最低气温	13
3.3.4 极端气温	14
3.3.5 积温	14
3.3.6 无霜期	18
3.4 辽宁省水分资源现状与变化	18
3.4.1 降水量	18
3.4.2 降水变率	20
3.4.3 相对湿度	20
3.4.4 蒸发潜力	20
3.4.5 水分盈亏	20
3.5 辽宁省农业气候变化趋势与突变性分析	21

3.5.1	Mann-Kendall方法简介	21
3.5.2	农业气候突变性分析	22
第4章	农业气候资源精细化模拟	25
4.1	基础地理信息数据处理	25
4.1.1	基础地理信息数据拼接、分割和格式转化	25
4.1.2	数字高程模型 (DEM) 数据库的建立	26
4.1.3	经度、纬度网格数据库的建立	27
4.1.4	坡度、坡向网格数据库的建立	27
4.1.5	地理坐标系 (GCS) 和投影坐标系 (PCS)	28
4.2	主要气候资源要素小网格推算模型的建立	29
4.2.1	利用ArcGIS进行热量资源分析的技术方法	29
4.2.2	建立热量资源GIS基本数据库	29
4.2.3	热量资源空间分布形式	29
4.2.4	热量资源空间小网格推算模型的建立	30
4.2.5	计算结果误差分析	30
4.2.6	主要气候资源小网格推算模型的建立	30
4.3	气候资源精细化模拟方法	32
第5章	农业气候资源精细化模拟数字图集制作	34
5.1	省级农业气候资源精细化模拟数字图	34
5.2	市、县级农业气候资源精细化模拟数字图	35
第6章	专题农业气候区划	36
6.1	辽宁省冬小麦北移的气候区划	36
6.1.1	资料来源与区划方法	37
6.1.2	冬小麦越冬指标	37
6.1.3	1月平均最低气温小网格推算	37
6.1.4	冬小麦北移气候区划	38
6.2	辽宁省红富士苹果气候适宜栽植区划	38
6.2.1	红富士苹果区划指标的确定	38
6.2.2	对辽宁省红富士苹果发展的建议	39
6.3	辽宁省烤烟热量条件区划	39
6.3.1	区划指标的确定	39
6.3.2	烤烟热量区划指标小网格推算模型	40
6.4	辽宁省玉米主栽品种布局区划	40
6.5	丹东地区柞蚕农业气候区划	41
6.5.1	柞蚕生产与农业气象条件	41
6.5.2	区划方法与结果	42
6.5.3	柞蚕生产气候区评述	43
6.6	朝阳地区大枣农业气候区划	43

6.6.1 大枣区划项目的选择·····	43
6.6.2 大枣专题区划指标的确定·····	44
6.6.3 大枣种植农业气候区划·····	45
6.7 大连地区大樱桃农业气候区划·····	45
6.7.1 区划项目的选择·····	45
6.7.2 大樱桃专题区划指标的确定·····	46
6.7.3 大樱桃种植农业气候区划·····	47
6.7.4 综合区划·····	47
6.8 辽宁省洪涝灾害风险区划·····	47
6.8.1 洪涝灾害分布规律及特点·····	47
6.8.2 洪涝灾害风险等级发生区域确定·····	48
6.8.3 洪涝灾害风险区划图制作·····	48
附 图 辽宁省农业气候资源及专题区划图集·····	49
光能资源图集·····	51
热量资源图集·····	79
水分资源图集·····	135
专题区划图集·····	165
参考文献·····	172

1.1 农业气候资源的概念

自然界的土地、水、矿物、空气、森林和草地等，是在人类出现之前就存在于地球上的自然物。在没有人类干预前，它们按照自身的规律运动变化着，只是在人类出现之后，逐渐被人类所利用，并给人类带来效益，才被人类称为“自然资源”，简称为“资源”。一般所说的资源是指能被人类利用的自然物质和自然能量。气候是自然环境的重要因素之一，这一观点早已被人们所接受，而把气候作为自然资源则是近几十年的事情。气候资源与农业的关系最为密切，最早研究气候资源的是农业部门，从农业的观点看气候也是重要的资源，称之为“农业气候资源”，也称为“气候肥力”。它是农业自然资源的重要内容之一，包括太阳辐射、热量、降水、日照等，具体是指生长期（包括无霜期）的长短、总热量和降水的多少及其年内和年际间的分配与变化、太阳辐射强度、质量及其年内变化特点、日照时数等。其数量的多少及其配合情况的不同，形成了各种各样的农业气候资源类型，这些农业气候资源类型在一定程度上决定了农业生产结构和布局类型，如农、林、牧、副、渔的比重，作物种类和品种，种植方式，栽培管理措施，相应的耕作制度等，这些因素最终都将影响农业产量的高低及其产品质量的优劣。

1.2 农业气候资源的特点

农业气候资源与土地、矿山等资源相比，其主要特点有：

1. 具有时间周期的循环性

农业气候资源是具有周期性的可再生资源。一个地区每年的积温、降水量、太阳辐射和日照时数的数量是有限的，但供植物所能利用的光能、降水、热量等，是年复一年、周而复始、永无穷尽的。

2. 时间分布上的不稳定性 and 空间分布的不均衡性

农业气候资源时空分布存在较大变率。在辽宁由于南北纬度差异较大，距海洋远近有别，以及地形、地势、土壤、植被等不同特性，造成了光、热、水资源的区域分布、季节分配上的明显差异。此外，气候年际间的变化引起产量的波动。有的年份光、热、水配合得好，可获得丰收；有的年份光、热、水配合不好，某一因素过多或不足，即给农业生产造成不利的影响。只有光、热、水条件都满足作物生育要求时，才是良好的农业气候资源。可见气候条件既是农业的重要资源，又会给农业带来不利影响和灾害。

3. 气候要素之间的相互制约性

农业气候资源具有数值特征。光、热、水各因素中，一个要素的变化往往会引起另一个或几个要素的变化。如雨日多则光照弱，温度偏低；降水少则光照充足，温度偏高。另外，对于农业生产，单一气候要素的多少也影响另一要素效能的发挥，如雨水不足则限制光温发挥作用，温度低也限制光和水的利用。光、热、水资源只有在一定数值范围内并且匹配适宜时，对农作物的生长发育才最有利。

4. 农业气候资源和土地、生物资源互相作用

农业气候资源需要合理开发利用，气候、土壤、植物构成一个整体。若没有肥沃的土壤与优良的作物品种，也就发挥不出农业气候资源的优越性，产量也难以提高。因此，只有不断培肥地力，改良品

种, 因时因地因作物制宜, 开展多种经营, 使气候—土壤—作物三者协调, 才能达到高产、稳产、优质的效果。

因此, 充分合理地利用农业气候资源就是要因地制宜, 从农业生态系统的观点出发, 既要提高农业气候资源的利用率, 发展以粮食为主的多种经营、多熟种植, 又要建立积极的生态平衡, 否则, 将会引起失调和失误。正如古人所说: “顺天时, 量地力, 用力少而成功多。任情反道, 劳而无获。” (见《齐民要术》)

1.3 农业气候区划

农业气候区划是反映农业生产与气候关系的区域划分, 是发展农业集约化, 提高气候资源利用率、土地利用率与劳动力利用率, 促进农牧结合全面发展, 合理进行农业结构调整, 全面实现农民增产增收的必然需求, 也是持续合理开发利用农业气候资源的重要手段之一。在农业生产发展和全球变化的过程中, 不断地出现农业生产结构、农业种植制度、农业产业布局、农业技术改进等变化, 形成农业与气候的新关系。随着农业生产科技能力和水平的不断发展, 对农业、气候以及农业与气候关系研究不断进步, 农业气候区划也是不断丰富和发展的。在辽宁省的历史上, 农业气候区划共进行过两次: 第一次是20世纪50年代末至60年代初做过一些工作; 第二次比较全面完整, 于20世纪80年代中期完成, 其研究成果在当时及以后相当长时期内的农业生产中发挥了积极作用, 取得了显著的经济效益。客观地讲, 前两次农业气候区划是在当时技术水平条件下进行的, 气象资料年代短, 区划精度偏低。另外, 区划的本身也不是一成不变的, 以前区划的成果已经很难适应如今农业现代化生产快速发展的局面了。

面对全球气候变化的不争事实, 辽宁气候变化所带来的一系列问题已经引起政府、科技界和公众的极大关注。天气暖和了, 积温增加了, 生长季、无霜期延长了, 物候变化规律改变了, 等等, 都给农业生产带来了诸多影响。某个品种在某个地区到底适合不适合种, 早熟品种可不可以改种中晚熟品种, 农业结构如何来正确调整等众多问题, 都迫切需要通过重新对农业气候资源进行深入的分析 and 进行高精度区划工作来求得答案。

1.4 农业气候资源精细化模拟与专题区划的目的和意义

在全球气候发生变化的大背景下, 随着近几十年气候的变化, 农业生产由数量型向质量型的转变以及市场经济的发展, 辽宁省的农业结构和生产环境也已发生了很大变化, 农业正朝高产、优质、高效、低耗的方向发展。农产品尤其是粮食产品已由卖方市场转向买方市场, 人民生活水平的提高迫切需要提高农产品的质量。然而, 近年来由于缺乏科学的区划及正确的市场调查和预测, 个别地区相继发生了由于盲目引种和随意发展而造成经济损失的事例。另一方面, 农业气象灾害也随着气候的异常变化明显增多, 从而限制了正常的农业生产和特色农业的发展。

农业是辽宁“兴省富民”、构建“和谐社会”之根本, 稳定健康的农业生产仍然是全省经济社会全面发展的有利保障。在2005年12月28日至29日的中央农村工作会议上, 党中央、国务院已经明确提出了建设社会主义“新农村”的发展战略。胡锦涛总书记强调指出, “建设社会主义新农村是一项长期的历史任务。本世纪头20年实现全面建设小康社会的目标, 到本世纪中叶我国基本实现现代化, 建设社会主义新农村需要经过几十年的艰苦努力。从更长远的时间看, 即使将来基本实现现代化了, ‘三农’问题依然是关系我国发展全局的重大问题。我们一定要树立长期作战的思想, 坚持不懈地做好‘三农’工作”。《中共中央国务院关于推进社会主义新农村建设的若干意见》中明确提出, “加强气象为农业服务, 保障农业生产和农民生命财产安全”。开展农业气候资源精细化模拟与专题区划工作的主要目的, 是为了更好地配合和适应当前农业结构调整的新形势, 提高为农业和农村经济服务的水平和应变能力,

从而进行的新一轮农业气候区划。近年来,随着科学技术的不断进步,农业生产也进入了一个崭新的时期,耕作制度的改革、新品种的相继问世、特色农业的不断兴起,使得20世纪80年代中期完成的第二次农业气候区划的成果已远远不能满足当前农业快速发展的需要。在这种情况下,开展新一轮农业气候资源分析与专题区划工作势在必行。应用计算机和地理信息系统等高新技术进行农业气候区划,区划精度可大大提高,区划周期明显缩短,为充分合理地开发利用当地农业气候资源,防灾减灾,改善农业生态环境,提高农业生产力,提供客观、准确、科学的参考依据。

快速发展的GIS技术以及计算机技术,为传统的农业气候区划由平面走向立体、从静态走向动态提供了良好的技术环境和支持平台,提高了气象行业为现代化精细农业的发展提供服务的能力和水平,使农业气候区划朝着农业综合规划的方向发展,更具有可靠性和可操作性。

此次农业气候资源精细化模拟与专题区划研究工作较传统的农业气候资源分析及区划,突出体现了以下4个方面特点:

1. 使用最新的气候资料

辽宁省从20世纪80年代末以来,气候发生明显变化,四季温度增幅趋势显著,干旱、洪涝等极端异常的气候事件明显增多,对农业生产、特色农业的发展产生一定制约作用。第二次农业气候区划只使用了20多年的气候资料,而此次农业气候资源精细化模拟与专题区划则使用最近30年(1971—2000年)的气候资料,符合世界气象组织(WMO)对气候进行评价所用资料长度的规定。利用这种更具代表性、稳定性和规范性的气候资料,能有效过滤气候变化中的高频震荡信息,突出地理、地形因子对气候要素时空分布规律的影响,可进一步提高模拟精度。

2. 适应新的服务对象

第一、二次农业气候区划重点要解决的问题是,力争提高粮、棉、油等主要农作物单位面积产量和总产,以解决人民温饱。而此次农业气候资源精细化模拟与专题区划,要解决的问题是如何提升气象为“三农”服务的水平,如何适应农产品供大于求的现实,如何适应农产品尤其是粮食由卖方市场向买方市场的转变,为发展适合当地气候资源特点的特色农业、提高农产品质量服务。

3. 达到新的要求

在计划经济条件下,农业生产模式很少变化,一次区划可以指导很多年。目前各地都在发展符合当地资源优势、适合当前市场需求的农业生产项目,新项目、新品种的频繁引进,都要求大大提高农业气候区划工作实时化和业务化水平。

4. 充分利用新技术

此次农业气候精细化模拟与专题区划使用计算机、地理信息系统等先进技术手段,使得农业气候区划获得了全方位信息,实现农业气候区划的精细化和动态化,同时也赋予农业气候区划新的内涵,使农业气候资源空间模拟与区划精度和成果在表现形式上都得到进一步提高,充分体现了现代高新技术的优势和特点。

第2章

气候要素精细化模拟主要技术方法

2.1 基础资料来源与预处理

本书所用整编气象资料由辽宁省气象档案馆提供,资料年代为1971—2000年,代表站点54个,资料统计在“辽宁省气候资源数据库”和SPSS10.0统计软件下完成,气象点(哨)补充气象资料由各市气象局提供。

所用基础地理信息资料来源于国家基础地理信息中心(NGCC),资料处理软件采用ArcGIS,比例尺为1:250 000,全部覆盖辽宁省的资料共有24幅。

2.1.1 气候资料准备及预处理

气候资料主要包括光能资源要素(年、季、月的太阳辐射,日照时数,日照百分率)、热量资源要素(年、季、月的平均气温,平均最高气温,平均最低气温,极端最高气温,极端最低气温, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 、 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 积温,积温持续日期、稳定开始日期、稳定结束日期,无霜期、初霜开始日期、终霜结束日期)、水分资源要素(年、季、月降水量,平均相对湿度,年、季降水日数,降水变率,蒸发潜力,结冰开始和终止日期,积雪开始和终止日期,最大积雪深度)等。根据实际需要,对各站点逐日气象资料进行统计整理,计算生成旬值、月值、年值和多年平均值,并建立了“辽宁省气候资源数据库”,以便于资料的调用和查询。全部气象资料都已经过严格审核,确保异常资料不进入统计过程中。

2.1.2 基础地理信息资料来源及预处理

基础地理信息资料主要包括地形数据、数字高程数据、地名数据3种,比例尺为1:250 000。全部基础地理信息来自国家基础地理信息中心(NGCC),更新资料截止时间为1995年年底,部分重要内容更新资料截止时间为1997年年底。

地形数据主要包括以矢量方式存储的边界、水系、交通、居民地、地貌等要素。

数字高程数据主要是以网格点方式储存的地形起伏高程信息。

地名数据主要是以关系数据库存储的各类地名信息。

基础地理信息资料处理软件为ArcGIS,预处理过程如下:

- (1) 将覆盖辽宁省的全部24幅各类基础地理信息资料分别进行拼接、分割、格式转换;
- (2) 利用气象站点的经、纬度数据生成全省气象站点空间矢量数据;
- (3) 在ArcGIS空间分析(Spatial Analyst)模块中,利用等高线数据生成全省分辨率分别为 $500\text{m} \times 500\text{m}$ 、 $100\text{m} \times 100\text{m}$ 的数字高程模型(DEM);
- (4) 在ArcGIS空间分析(Spatial Analyst)模块中,利用Slope、Aspect函数自动完成坡度、坡向数据的提取。

2.2 气候要素精细化模拟基本技术方法

随着全球变化科学研究的深入,几乎所有的估算区域乃至全球的生态系统过程模型、生物群落模型、植被生产力和碳循环的生态模型、精细化天气预报、精细现代化农业生产,都离不开气候要素精细

化模拟的时空分布信息,并且所要求的时空分辨率也越来越高,气候数据的精细化模拟技术已经成为区域或全球尺度地学、生态学、农学研究中的关键技术之一。

目前气候要素精细化模拟技术方法主要分为3类,即整体插值模拟法、局部插值模拟法和混合插值模拟法。

2.2.1 整体插值模拟法

1. 趋势面法

趋势面法实际上是多项式回归法的一种。多项式回归的基本思想是用多项式表示的线或面,按最小二乘法原理对数据点进行拟合。线或面多项式的选择取决于数据的维数。多项式回归通过分析气象要素和气象站点的空间位置以及变量之间的线性和非线性关系,构造不同维度的趋势面,建立不同的函数关系。

2. 多元回归法

多元回归法主要是用数学表达式来描述相关变量之间关系的一种插值方法。可以利用气象站点的地理坐标和高程数据,结合其他的影响因子如坡向、坡度等,建立回归模型。

2.2.2 局部插值模拟法

1. 泰森多边形法

最简单的局部插值法是泰森多边形法,又称为“最临近点插值法”,是一种近似估计方法。该方法假定所需要估算的气候要素数据与最临近它的已知站点数据相同。这种方法适用于站点密集并且地形应该大致相同的地区。同时,该方法忽略了高程的影响,对于高程变化较大的区域,用泰森多边形插值所得的插值数据的误差很大。

2. 反距离加权法

对于山区或者站点不是很密集的地区,反距离加权法(IDW)有助于提高所预测数据的精度。反距离加权法是根据距离衰减规律,对样本点的空间距离进行加权。当权重等于1时,是线性距离衰减插值;当权重 >1 时,是非线性距离衰减插值。这种方法的优点是可以通过权重调整空间插值等值线的结构,缺点是该方法也没有考虑地形因素(如高程等)的影响。

3. 克里金插值法

克里金插值法(Kriging)又称为“地学统计法”,该方法是以南美的一个采矿工程师的名字命名的,应用领域相当广泛。克里金插值法充分吸收了空间统计的思想,认为任何空间连续性变化的属性非常不规则,不能用简单的平滑数学函数进行模拟,但是可以用随机表面给予较恰当的描述。从数学角度抽象来说,它是一种对空间分布数据求最优、线性、无偏内插的估计方法。较常规方法而言,它的优点在于不仅考虑了各已知数据点的空间相关性,而且在给出待估计点的数值的同时,还能给出表示估计精度的方差。经过多年的发展与完善,克里金插值法已经有了好几个变种,如普通克里金法、通用克里金法、泛克里金法、协同克里金法等。

4. 样条法

另一种较常用的局部插值方法是样条法,包括薄板滤波样条插值法、规则变形样条插值法、张力规则变形样条插值法等。这种方法是通过两个样本点之间的曲线变形达到最佳拟合的插值效果,该方法优点是相对比较稳健,并且不怎么依赖潜在的统计模型;缺点是不能提供误差估计,并要求研究区域是规则的。

2.2.3 混合插值模拟法

混合插值模拟法是通过改正整体插值法中存在的残差来进一步提高插值精度的方法。该方法融合了整体插值法和局部插值法的优点,是一种有效的插值手段。本书中多是采用该方法进行气候资源精细化模拟的。

第3章

辽宁省农业气候资源现状及变化

3.1 辽宁省地理特征与气候概况

辽宁省位于东北地区南部，地处东经 $118^{\circ} 50' \sim 125^{\circ} 47'$ ，北纬 $38^{\circ} 43' \sim 43^{\circ} 29'$ 之间，西南与河北省交界，西北与内蒙古自治区相依，北和东北与吉林省接壤，东南隔鸭绿江和朝鲜民主主义共和国为邻，南邻黄、渤二海，陆地总面积约 $14.81 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。东部有长白山山系千山山脉，自东北向西南伸入黄海和渤海，构成辽东半岛，千山山脉山峰均在1000m左右。北有来自吉林省南伸的哈达岭与千山山脉相接于沈阳之东，形成辽东丘陵，海拔高度均在200m以下，此区由北向南显著降低，地势平坦，土壤肥沃。西部为辽西丘陵山地，它是由河北省的燕山山脉的一部分和努鲁儿虎山（老虎山）及松岭山脉所组成，最高处海拔1000m上下，地势由西北向东南阶梯式递减，到渤海沿岸构成了一条狭长的海滨平原，称为“辽西走廊”，海拔均在50m以下，是沟通关内外的交通要道。全省地势自东、西、北三面向中部和南部倾斜，东西两侧为丘陵山地，中部为自东北向西南倾斜的辽河平原，全省具有山、平、洼等多种多样的地势类型。

辽宁省地处中纬度，属温带大陆性季风气候区，主要的气候特点是，气候资源比较丰富，各地全年降水主要集中在夏季，雨量比较稳定，与农作物需水高峰期相一致。除东部山区个别地区外，热量资源丰富，作物生育期积温保证率高；日照充足，太阳辐射强；风能资源较为丰富。与同纬度地区相比，辽宁省的水分资源优于西北、华北地区，沿海地区的风能资源也同样好于同纬度的其他地区。虽然热量资源、光能资源比同纬度的西北、华北地区稍差，但辽宁省光、温、水资源三者的配合程度好于同纬度的其他地区。

3.2 辽宁省光能资源现状与变化

太阳光能是主要的农业气候资源，它是最基本的气候因素，是绿色植物进行光合作用的能量源泉，也是热量的主要来源。在植物体总干物质中，有90%~95%是通过光合作用合成的，只有5%~10%来自根部吸收的养分。因此，太阳光能的多少与农作物产量和品质关系极大。

3.2.1 太阳辐射

到达地面的太阳辐射，是重要的农业资源与立地环境条件之一。20世纪80年代，由于气候区划等的需要，曾计算过辽宁省太阳辐射。随着计算机技术的进步、辐射研究方法的进展和气候条件的变化，重新选择一种更准确、适合于辽宁省的辐射计算方法，确定各地乃至细小网格的辐射值，为农业生产和科学研究提供有关辐射资源的基础数据，已显得十分必要。利用朱志辉的多因子综合法月值和年值的全国通用公式重新计算辽宁省太阳总辐射，总辐射的月值公式为：

$$Q_{\text{月}} = W (0.160 + 0.612X_1 + 0.0384X_1X_2 - 0.00313X_1X_3 - 0.000469X_2X_3)$$

总辐射的年值公式为：

$$Q_{\text{年}} = W (0.191 + 0.579X_1 + 0.0477X_1X_2 - 0.00518X_1X_3 + 0.00198X_2X_3)$$

式中， W 为月（或年）天文辐射总量， X_1 为月（或年）的日照百分率（以两位小数表示）， X_2 为海拔高度（km）， X_3 为月（或年）平均水汽压（hPa）。

辽宁省各地月太阳总辐射量地域差异较小,但季节变化较大。就月份而言,以雨季到来之前的5月总辐射量最多,6月次之,4月、7月、8月三个月也比较多,以12月为最少,其次是1月和11月(表3-1)。就季节而言,总辐射量由多到少的顺序依次为夏季、春季、秋季和冬季。辽宁省各月及全年的总辐射地区分布基本一致,以年的总辐射量为例,大致上是由南向北、由西向东减少。其最大值出现在辽西半干旱地区,主要是由于这一地区干旱少雨、云量少、大气透明度高的缘故;次大值出现在辽东半岛南端,原因是这一地区纬度低,年天文辐射量大;低值出现在辽宁东部的山区,主要是因这一地区纬度较高,降水相对频繁,阴雨天气较多,山区多雾,致使大气透明度降低所造成的。

表3-1 辽宁省各地月及全年太阳总辐射量 (单位: $\times 10^8 \text{J} \cdot \text{m}^{-2}$)

年份 台站	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
彰武	2.51	3.18	4.77	5.78	6.82	6.70	5.99	5.86	5.11	3.89	2.60	2.18	55.39
阜新	2.60	3.27	4.98	5.95	6.95	6.78	6.11	5.95	5.19	4.02	2.72	2.26	56.77
昌图	2.60	3.27	4.94	5.90	6.99	6.95	6.28	6.03	5.28	3.94	2.55	2.14	56.90
康平	2.60	3.27	4.81	5.82	6.78	6.74	6.03	5.90	5.15	3.94	2.55	2.18	55.81
法库	2.55	3.22	4.81	5.82	6.87	6.74	6.07	5.74	5.11	3.89	2.60	2.18	55.56
铁岭	2.47	3.18	4.69	5.69	6.70	6.49	5.99	5.69	5.02	3.81	2.51	2.09	54.30
西丰	2.43	3.18	4.73	5.69	6.74	6.82	6.03	5.74	4.98	3.77	2.47	2.05	54.64
开原	2.39	3.10	4.65	5.61	6.57	6.49	5.90	5.53	4.98	3.77	2.39	2.01	53.34
清原	2.30	3.01	4.56	5.48	6.45	8.12	7.45	5.40	4.77	3.64	2.39	1.93	55.47
建平	2.76	3.43	4.98	5.99	7.12	7.12	6.78	6.32	5.40	4.23	2.89	2.43	59.41
北票	2.64	3.43	4.98	5.99	7.03	6.82	6.24	6.15	5.32	4.06	2.81	2.30	57.82
朝阳	2.68	3.43	4.94	5.90	6.82	6.66	6.32	5.95	5.32	4.10	2.81	2.34	57.19
羊山	2.72	3.43	4.90	5.99	6.91	6.66	6.11	5.86	5.19	4.14	2.81	2.39	57.02
叶柏寿	2.68	3.39	4.98	5.99	6.99	6.78	6.45	6.07	5.36	4.14	2.85	2.39	58.07
凌源	2.68	3.43	4.90	5.95	6.99	6.87	6.45	6.03	5.19	4.14	2.81	2.34	57.73
喀左	2.68	3.35	4.98	5.95	6.99	6.87	6.45	6.15	5.32	4.14	2.81	2.34	58.03
北宁	2.72	3.35	4.90	5.90	6.87	6.66	5.90	5.90	5.28	4.06	2.76	2.34	56.65
辽中	2.55	3.22	4.77	5.74	6.53	6.41	5.86	5.74	5.07	3.98	2.64	2.26	54.72
新民	2.60	3.27	4.81	5.86	6.87	6.78	4.10	5.82	5.19	3.94	2.64	2.22	54.09
义县	2.72	3.35	4.86	5.90	6.87	6.53	6.20	5.74	5.36	4.10	2.81	2.39	56.77
黑山	2.60	3.27	4.77	5.74	6.74	6.53	5.86	5.65	5.02	3.85	2.64	2.22	54.89
台安	2.55	3.18	4.69	5.74	6.70	6.45	5.78	5.57	5.07	3.94	2.64	2.22	54.51
锦州	2.64	3.31	4.86	5.82	6.78	6.41	5.86	5.78	5.40	4.14	2.81	2.39	56.14
盘锦	2.68	3.39	4.90	5.90	6.95	6.66	5.86	5.78	5.19	4.02	2.76	2.39	56.39
鞍山	2.43	3.14	4.65	5.74	6.66	6.53	5.99	3.52	5.07	3.89	2.55	2.09	52.21
沈阳	2.26	3.01	4.56	5.65	6.57	6.53	5.99	5.74	4.94	3.81	2.43	1.93	53.38
本溪市	2.30	3.10	4.56	5.57	6.45	6.07	5.32	5.19	4.69	3.64	2.43	1.97	51.33
辽阳	2.47	3.14	4.65	5.65	6.66	6.28	5.90	5.57	4.98	3.85	2.47	2.14	53.67
本溪县	2.39	3.10	4.52	5.48	6.45	6.20	5.53	5.32	4.65	3.60	2.43	2.05	51.71
抚顺	2.43	3.14	4.69	5.65	6.61	6.45	5.82	5.53	4.94	3.81	2.47	2.05	53.63
新宾	2.30	3.01	4.44	5.19	6.11	5.90	5.28	5.02	4.44	3.52	2.34	1.93	49.49
桓仁	2.43	3.14	4.48	5.48	6.32	6.11	5.53	5.19	4.44	3.60	2.39	2.01	51.12
建昌	2.76	3.39	4.86	5.90	6.87	6.78	6.20	5.95	5.32	4.10	2.85	2.47	57.36
葫芦岛	2.68	3.35	4.86	5.82	6.74	6.32	5.57	5.65	5.15	4.10	2.85	2.39	55.43
绥中	2.85	3.35	4.90	5.86	6.70	6.32	5.57	5.53	5.23	4.10	2.89	2.47	55.77
兴城	2.89	3.47	4.98	5.95	6.78	6.41	5.78	5.69	5.36	4.14	2.89	2.51	56.81

续表

年份 台站	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
大洼	2.76	3.47	4.94	5.99	6.91	6.66	5.99	5.74	5.23	4.10	2.81	2.43	56.98
营口	2.72	3.39	5.02	6.03	7.12	6.95	6.32	6.03	5.40	4.14	2.76	2.39	58.28
海城	2.60	3.27	4.73	5.82	6.82	6.70	6.07	5.69	5.15	3.98	2.64	2.22	55.60
盖州	2.64	3.31	4.77	5.82	6.87	6.53	5.99	5.69	5.19	4.02	2.64	2.30	55.77
大石桥	2.64	3.27	4.73	5.78	6.82	6.57	5.90	5.65	5.15	3.94	2.60	2.22	55.26
熊岳	2.72	3.43	4.90	5.99	7.03	6.78	6.28	5.78	5.32	4.19	2.72	2.34	57.48
草河口	2.47	3.18	4.40	5.28	6.07	5.32	4.81	4.73	4.40	3.60	2.39	2.09	48.73
岫岩	2.64	3.27	4.65	5.53	6.32	5.69	4.65	5.11	4.73	3.81	2.55	2.26	51.16
宽甸	2.60	3.22	4.69	5.65	6.45	6.03	5.19	5.32	4.86	3.77	2.43	2.18	52.38
凤城	2.64	3.31	4.69	5.61	6.45	5.82	5.19	5.23	4.86	3.89	2.55	2.22	52.46
丹东	2.72	3.35	4.77	5.74	6.61	6.11	4.98	5.48	5.07	4.02	2.68	2.34	53.88
瓦房店	2.85	3.47	4.98	6.07	7.20	6.70	5.86	5.95	5.44	4.14	2.81	2.47	57.90
金州	2.68	3.31	4.77	5.86	7.03	6.41	5.65	5.65	5.19	3.98	2.68	2.34	55.52
普兰店	2.72	3.39	4.77	5.82	6.87	6.45	5.53	5.69	5.07	4.06	2.68	2.43	55.47
长海	2.93	3.60	5.07	5.95	6.95	6.66	5.99	6.15	5.57	4.35	2.97	2.64	58.87
庄河	2.76	3.35	4.73	5.65	6.49	5.99	3.35	5.40	5.11	4.06	2.72	2.43	52.04
东港	2.72	3.39	4.81	5.69	6.41	5.99	5.28	5.40	5.11	4.06	2.64	2.34	53.84
旅顺	2.68	3.39	4.90	5.95	6.95	6.70	5.99	5.69	5.28	4.14	2.68	2.26	56.56
大连	2.81	3.47	4.98	6.11	7.12	6.87	4.19	6.11	5.48	4.35	2.85	2.51	56.86

采用线性气候倾向率的方法，对全省各气象站点太阳辐射变化趋势进行估计，即：

$$\hat{y}(t) = a_0 + a_1 t$$

其趋势变化率方程为：

$d\hat{y}(t)/dt = a_1$ ，把 $a_1 \times 10$ 称作气候倾向率。式中的系数 a_0 、 a_1 ，通过最小二乘法来确定，即满足

$$\sum_{i=0}^n (y_i - \hat{y}(t))^2 = \min。$$

1971—2000年的30年中，辽宁全省平均年太阳辐射量总体呈现减少的变化趋势，太阳辐射气候倾向率为 $-0.4 \times 10^8 \text{J} \cdot \text{m}^{-2}/10\text{a}$ 。1971—1979年间为短时震荡期，1980—1983年为偏多期，1984—1987年为偏少期，1988—1989年持续2年的偏多期后，转入为期7年的偏少期，1997—2000年太阳辐射在常年值附近波动。太阳辐射量最多出现在1978年，为 $54.01 \times 10^8 \text{J}/\text{m}^2$ ，1990年最少，为 $49.40 \times 10^8 \text{J}/\text{m}^2$ ，两年相差 $4.61 \times 10^8 \text{J}/\text{m}^2$ （图3-1）。

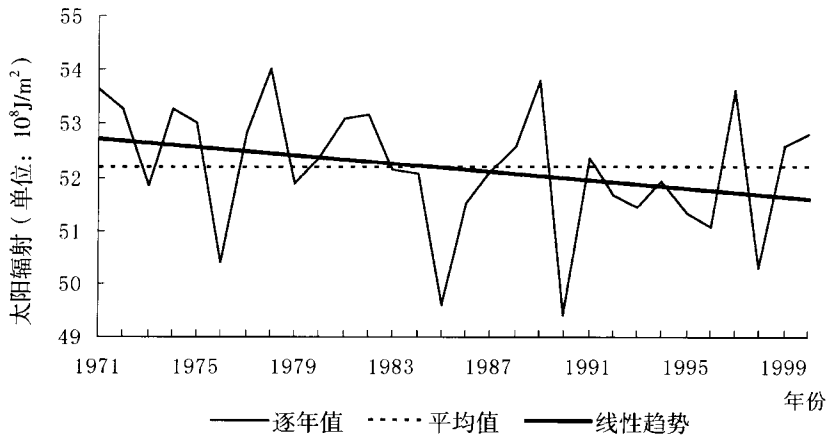


图3-1 辽宁省30年太阳总辐射量逐年变化曲线