

“十二五”国家科技支撑计划项目资助出版
《中国农业防灾减灾理论与实践》学术专著系列

西南地区农业干旱和 低温灾害防控技术研究

◎ 谷晓平 李茂松 等著

中国农业科学技术出版社

“十二五”国家科技支撑计划项目资助出版
《中国农业防灾减灾理论与实践》学术专著系列

西南地区农业干旱和 低温灾害防控技术研究

◎ 谷晓平 李茂松 等著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

西南地区农业干旱和低温灾害防控技术研究 / 谷晓平等著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2016. 12

ISBN 978 - 7 - 5116 - 2612 - 7

I. ①西… II. ①谷… III. ①粮食作物 - 旱害 - 灾害防治 - 研究 - 西南地区②粮食作物 - 低温伤害 - 灾害防治 - 研究 - 西南地区 IV. ①S42

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 108287 号

责任编辑 李 雪 徐定娜

责任校对 马广洋

出 版 者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109707 82105169 (编辑室)

(010) 82109702 (发行部) (010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82109707

网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 者 各地新华书店

印 刷 者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 16.5

字 数 352 千字

版 次 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

定 价 60.00 元

《西南地区农业干旱和低温灾害防控技术研究》

著作人员

主 著：谷晓平 李茂松

副主著：古书鸿 李朝苏 张连根 朱 勇 王国强 张建诚
张 继

著 者：（按姓氏笔画排序）

丁 昊	于 飞	马君义	王 静	王久光	王俊龙
左 晋	吕 芬	朱 斌	刘凤兰	刘永红	刘宇鹏
刘朝显	池忠志	汤永禄	安瞳昕	苏 跃	李 靖
杨 娜	杨 勤	肖 俊	吴晓丽	邱金亮	何 幸
何希德	张 杰	张 波	张东海	陈学林	岳丽杰
周 平	周 练	郑家国	赵保堂	郝佳丽	胡家敏
柏 勇	段长春	侯双双	姚 熠	姚景珍	徐永灵
郭楠楠	席吉龙	黄明波	梁 平	董二飞	程晋昕
魏会廷					

前 言

西南地区（四川省、云南省、贵州省、重庆市）地理环境复杂、气候类型多样、气象灾害频发，广大山区经济发展水平相对滞后，是典型的气候脆弱区，抗灾能力弱。近年来，干旱、低温等灾害进一步频发、重发，诸如2006年夏季川渝大旱、2008年冬季低温雨雪冰冻、2009—2010年持续秋冬春连旱、2010年春季低温阴雨、2011年年初持续低温雨雪冰冻、2011年和2013年贵州特大夏旱等，都对农业生产和社会经济发展造成了巨大影响。

做好农业气象灾害的监测预警和防控技术研究，是增强农业生产防御灾害能力，提高农业抗灾能力，减轻灾害损失的基础。本书结合国家科技支撑计划课题“西南突发性灾害应急与防控技术集成与示范”研究成果，针对影响西南地区主要粮食作物的干旱、低温等重大农业气象灾害，在灾害发生时空分布特征、灾害对农业生产影响的成灾机理等研究基础上，应用农业气象灾害预警、监测技术，实现灾害监测预警。通过筛选与培育适合本区域生态特点的抗旱、耐渍涝、低温的农作物品种，研究与集成应用灾害防御应急技术、减灾技术和灾后恢复生产技术等，建立了西南地区干旱和低温防控技术体系，为西南地区重大农业灾害应急和防控提供科技支撑。

在本书的编写过程中，得到了全体著作和审稿专家的大力支持，此外，贵州省气象局的王方芳、石艳、龙俐、李忠燕、易俊莲、胡欣欣、黄晓俊、谭文、陈芳，云南省气候中心的张茂松，四川省农业气象中心的陈东东，重庆市气象科学研究所的唐余学等参与了大量前期研究和编辑修改校正等工作，同时得到了中国农业科学技术出版社的帮助，在此一并表示感谢。此外，向本书中所引用成果的作者表示诚挚感谢，参考文献等如有遗漏或错误之处，敬请谅解和指正。由于全书涉及内容较多，编著者水平有限，书中仍难免会有错误和不当之处，恳请读者提出宝贵意见。

著 者

2016年3月

目 录

第1章 西南地区概况	(1)
1.1 地形地貌	(1)
1.2 气候概况	(2)
1.3 农业生产	(7)
1.3.1 主要粮食作物生产概况	(7)
1.3.2 主要粮食作物生育期分布	(9)
第2章 干旱和低温对粮食生产影响及成灾机理	(15)
2.1 灾害对粮食产量影响	(15)
2.1.1 2001 年川渝干旱	(16)
2.1.2 2002 年云贵水稻抽穗扬花期低温	(17)
2.1.3 2006 年川渝大旱	(17)
2.1.4 2009—2010 年云贵秋冬春连旱	(17)
2.1.5 2011 年渝黔夏旱	(18)
2.2 干旱和低温灾害对作物影响试验	(18)
2.2.1 干旱影响试验研究	(18)
2.2.2 水稻低温影响海拔梯度试验	(38)
2.3 干旱和低温成灾机理	(44)
2.3.1 干旱成灾机理	(44)
2.3.2 低温成灾机理	(46)
第3章 农业干旱和低温监测评价及时空特征	(50)
3.1 农业干旱和低温指标	(50)
3.1.1 干旱指标	(50)
3.1.2 低温指标	(51)
3.2 灾害强度表征方法	(53)
3.2.1 干旱灾害	(53)

3.2.2 低温灾害	(62)
3.3 西南地区突发性灾害(干旱、低温)监测预警系统	(70)
3.3.1 气象信息处理	(71)
3.3.2 低温监测预警	(71)
3.3.3 干旱实时监测	(72)
3.3.4 干旱预测预警	(73)
3.3.5 历史干旱计算	(75)
3.3.6 历史灾害查询	(76)
3.4 干旱和低温灾害时空特征	(78)
3.4.1 干旱	(78)
3.4.2 低温	(90)
3.4.3 农业灾害综合分区	(98)
第4章 主要粮食作物抗逆品种鉴选	(100)
4.1 水稻抗逆品种鉴选	(100)
4.1.1 水稻耐低温、耐旱鉴定指标	(100)
4.1.2 水稻品种抗旱性对比试验	(103)
4.2 玉米抗逆品种鉴选	(105)
4.2.1 玉米抗旱鉴定指标	(105)
4.2.2 玉米耐旱性模拟试验	(108)
4.2.3 玉米耐旱和短生育期品种资源筛选	(116)
4.2.4 玉米品种抗耐旱性对比鉴选	(118)
4.3 小麦抗旱品种鉴选	(121)
4.3.1 小麦抗旱鉴定指标	(121)
4.3.2 耐萌发期干旱的小麦品种筛选	(124)
第5章 干旱和低温灾害防控关键耕作栽培技术	(126)
5.1 耕作覆盖技术	(126)
5.1.1 稻茬麦免耕抗逆栽培技术	(126)
5.1.2 稻茬麦免耕精量露播稻草覆盖技术	(127)
5.1.3 稻茬麦半旋机播抗逆栽培技术	(128)
5.1.4 玉米免耕(少耕)栽培技术	(130)
5.1.5 旱地秋季秸秆覆盖保墒技术	(130)
5.1.6 旱地垄播沟覆耕作技术	(133)

5.2 抗逆播栽技术	(134)
5.2.1 播栽期对低温的避灾减灾作用	(134)
5.2.2 播栽技术对干旱的避灾减灾作用	(135)
5.3 机械化技术	(142)
5.3.1 机械化生产技术与灾害防控的关系	(142)
5.3.2 旱地小麦机械化抗逆生产技术	(143)
5.4 水肥调控技术	(146)
5.4.1 水肥因子与灾害的关系	(146)
5.4.2 作物灾害水肥调控技术	(146)
第6章 抗逆减灾生化制剂应用技术	(152)
6.1 抗干旱生化制剂应用技术	(152)
6.1.1 抗旱剂种类	(152)
6.1.2 抗旱剂抗逆减灾效果	(157)
6.1.3 抗旱剂使用技术	(167)
6.2 抗低温生化制剂应用技术	(168)
6.2.1 抗低温剂种类	(168)
6.2.2 抗低温剂抗逆减灾效果	(175)
6.2.3 抗低温剂应用技术	(184)
第7章 西南地区主要粮食作物灾害防控技术体系	(187)
7.1 四川主要粮食作物灾害防控技术体系	(187)
7.1.1 主要种植制度与综合防控原则	(187)
7.1.2 水稻灾害防控技术体系	(188)
7.1.3 玉米灾害防控技术体系	(190)
7.1.4 小麦灾害防控技术体系	(192)
7.2 云南主要粮食作物灾害防控技术体系	(195)
7.2.1 主要种植制度与综合防控原则	(195)
7.2.2 水稻灾害防控技术体系	(197)
7.2.3 玉米灾害防控技术体系	(200)
7.2.4 小麦灾害防控技术体系	(206)
7.3 贵州主要粮食作物灾害防控技术体系	(208)
7.3.1 主要种植制度与综合防控原则	(208)
7.3.2 水稻灾害防控技术体系	(209)

7.3.3 玉米灾害防控技术体系	(214)
7.3.4 小麦灾害防控技术体系	(217)
7.4 重庆主要粮食作物灾害防控技术体系	(219)
7.4.1 主要种植制度与综合防控原则	(219)
7.4.2 水稻灾害防控技术体系	(220)
7.4.3 玉米灾害防控技术体系	(224)
参考文献	(227)

第 1 章 西南地区概况

西南地区包括四川省、云南省、贵州省和重庆市，是全国一级气象地理区划中的 11 个大区之一。区域内生物、矿产、能源、旅游、气候等资源丰富，地形复杂，气候类型多样，立体气候特征显著，农业生产随之呈现多样性，农产品在全国占有比较重要的地位。与此同时，复杂多变的气候伴随着频发的气象灾害，给农业生产造成严重威胁。

1.1 地形地貌

西南地区地形复杂，海拔落差大，最高峰为大雪山主峰贡嘎山，海拔 7 556 m，最低点位于云南与越南交界的河口县境内南溪河与元江交汇处，海拔仅 76.4 m。地貌类型多样，由山地、高原、盆地、丘陵、平原、峡谷等组成，其中高原和山地面积最广，此外还广泛分布着喀斯特地貌、河谷地貌等。

西南地区地形（图 1-1）可以分为川西高原高山区、横断山区、四川盆地及边缘山区和云贵高原山区等部分。

西南地区西北部为川西高原高山区，属青藏高原东南缘，区域内平均海拔在 3 000 m 以上，区域内丘谷相间，广布沼泽，分为丘状高原和高平原，包括沙鲁里、石渠、色达丘状高原和阿坝高原。分布在若尔盖、红原与阿坝一带的高原沼泽是我国南方地区最大的沼泽带。

横断山区包括川西山地至滇西横断山脉纵谷区，由一系列山河并列的山原、山地和峡谷组成，地形复杂，山岭和峡谷相间，海拔 4 000 ~ 5 000 m，岭谷相对高差大，一般在 1 000 m 以上。主要山脉有岷山、邛崃山、大雪山、沙鲁里山、云岭等。与山脉相伴的是一系列峡谷，包括岷江峡谷、大渡河峡谷、雅砻江峡谷、金沙江峡谷、澜沧江峡谷、怒江峡谷等。

四川盆地及边缘山地包括四川中东部和重庆市，可分为盆西平原地貌、盆中丘陵

地貌和盆东山地地貌。盆底地势低洼，海拔 200 ~ 750 m，盆地边缘山地多中山和低山，海拔多在 1 000 ~ 3 000 m。

云贵高原山区，包括由云南东部、贵州全境，及邻近的四川、重庆等区域，地势西北高，东南低。云贵高原大致以乌蒙山为界分为云南高原和贵州高原两部分。云南高原位于哀牢山以东的云南省东部地区，高原地形较为明显，海拔在 2 000 m 以上。东面的贵州高原起伏较大，高原面保留，山脉较多，自中部向北、东、南三面倾斜，海拔在 1 000 ~ 1 500 m。

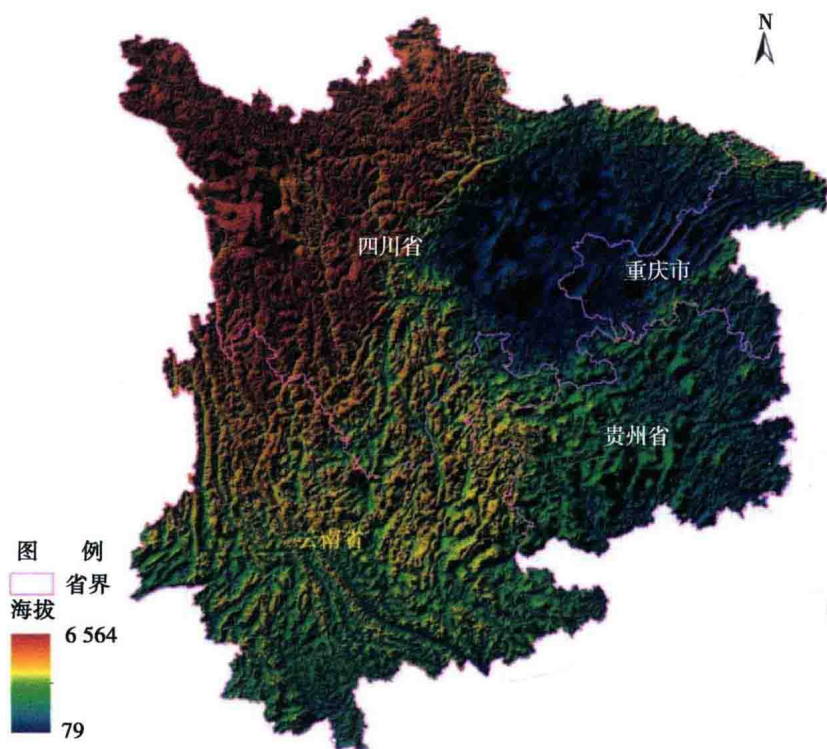


图 1-1 西南地区地形

1.2 气候概况

西南地区属于亚热带季风气候区，受东南季风和西南季风影响的同时，也受青藏高原大地形和区域内复杂地形影响，气候类型多样，立体气候显著，局地小气候特征明显。随着光照、热量、降水等气候资源搭配的不同，各地气候呈现不同的特征。包

括北热带、南亚热带、中亚热带、北亚热带、南温带、中温带和高原气候等多种气候类型。

西南地区各地年平均温度分布受地形影响，呈现多样性分布特征。西北部高海拔地区年平均温度在 10°C 以下，其余大部地区在 $10\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，其中，四川中东部和南部、重庆、贵州北部及东部和南部，云南除西北部和东北部以外的大部地区，年平均气温在 15°C 以上（图1-2）。

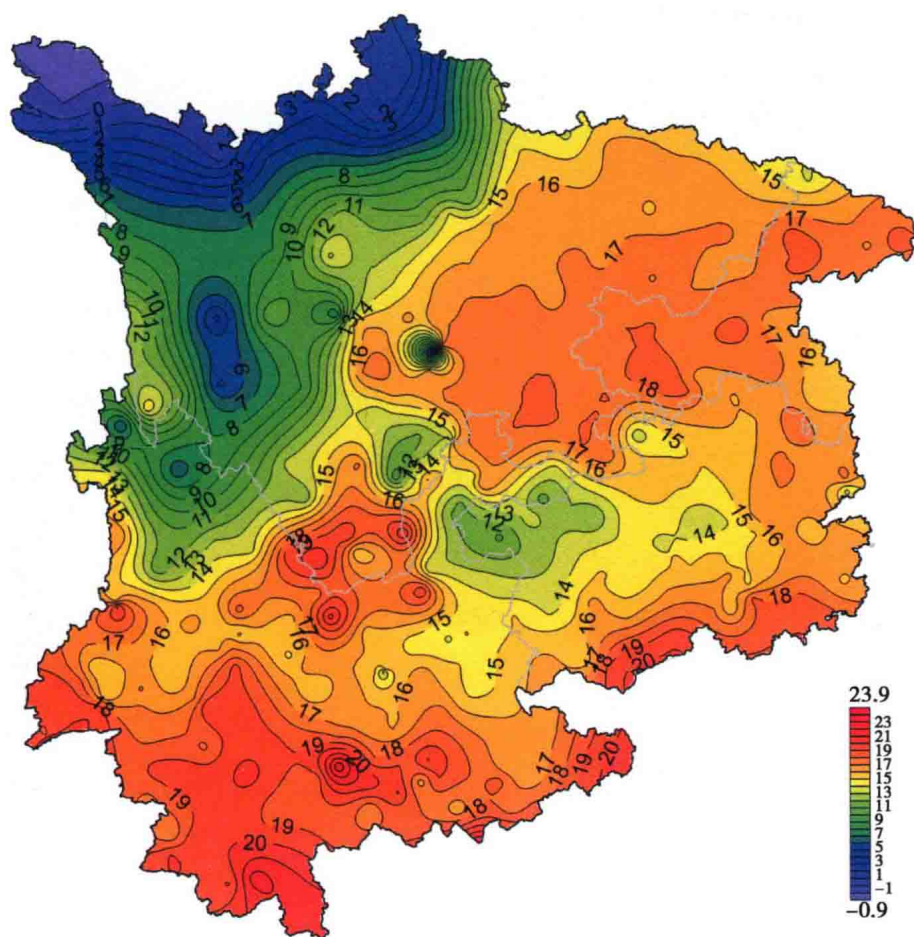


图1-2 西南地区年平均气温 ($^{\circ}\text{C}$) 分布

活动积温西北部高海拔地区在 $4000^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ 以下，其余大部地区在 $4000^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ 以上，其中四川中东部地区、重庆大部、贵州东北部和南部、云南南部和西部边缘地区

在 $6\,000\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上, 云南南部河谷地区、贵州南部边缘、四川南部河谷等局地在 $7\,000\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上 (图 1-3)。

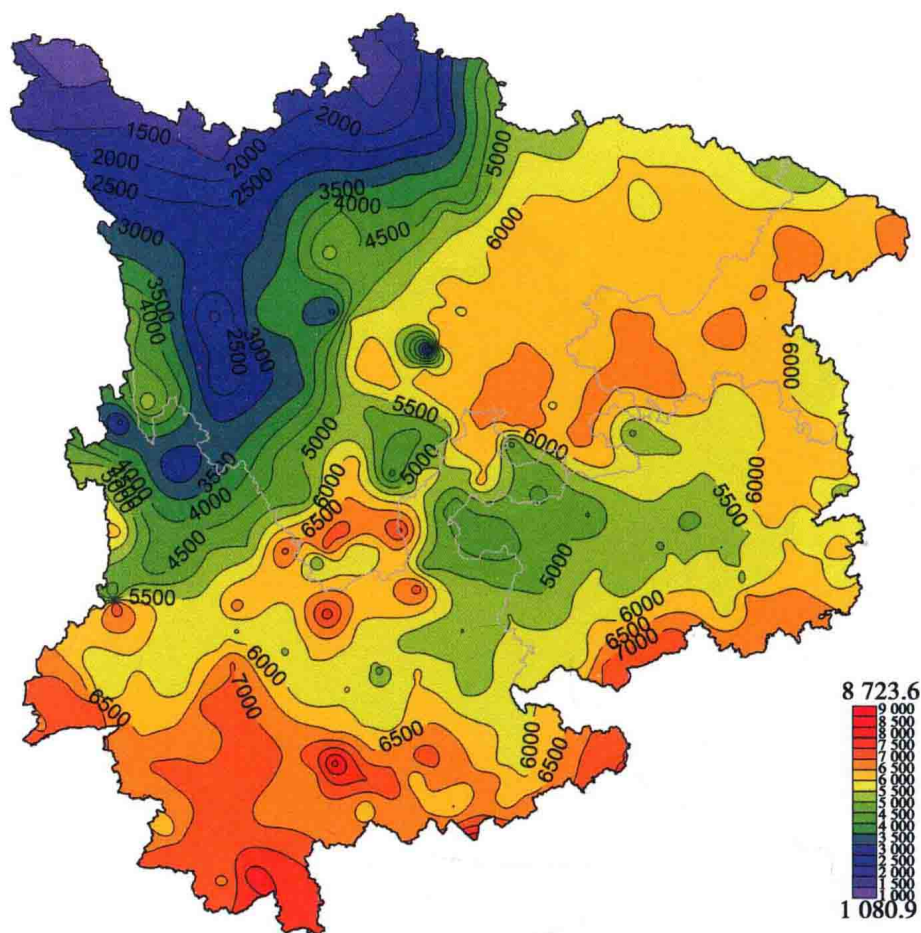


图 1-3 西南地区全年活动积温 ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$) 分布

西南地区年平均降水量空间差异大, 西北部高海拔地区普遍在 700 mm 以下, 其中四川西部边缘得荣等金沙江干热河谷地区, 在 500 mm 以下。云南西部、西南部、南部、东南部, 贵州除西部边缘以外的大部、重庆、四川中东部大部 and 南部部分地区, 降水量在 900 mm 以上, 大部地区在 $900\sim1\,300\text{ mm}$, 其中云南西部边缘和南部边缘地区以及东南部边缘, 贵州西南部、四川中部峨眉山等局部地区是多雨中心, 年降水量在 $1\,500\text{ mm}$ 以上 (图 1-4)。

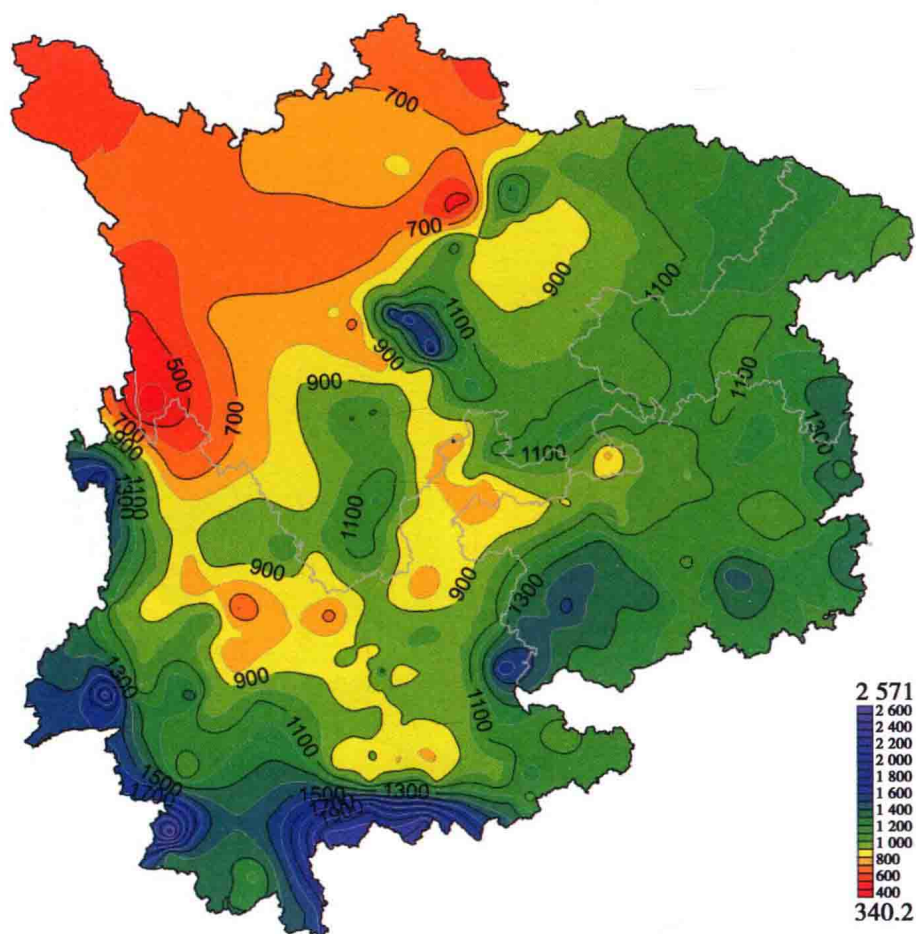


图 1-4 西南地区年降水量 (mm) 分布

西南地区光能资源时空分布差异也较大,年日照时数为 700~2 600 h,其中四川西部和云南中西部地区,普遍在 2 000 h 以上;四川中东部地区和贵州大部地区,普遍在 1 500 h 以下,局部地区在 1 000 h 以下(图 1-5),是全国日照最少的区域。太阳辐射分布与日照分布相似,西部高海拔地区辐射总量高,东部日照少的区域太阳辐射量相应较低。

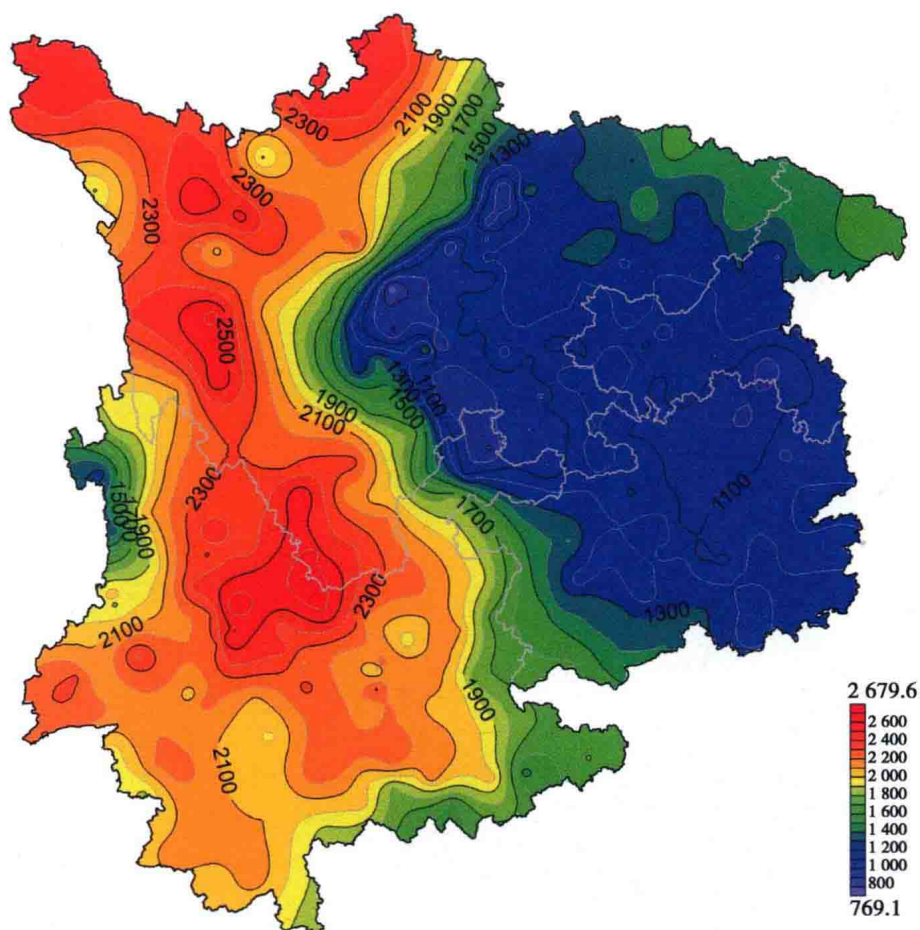


图 1-5 西南地区年日照时数 (h) 分布

西南地区气象灾害种类多且频发，主要有干旱、低温、冰雹、雷电、大风、暴雨及其带来的洪涝、滑坡、泥石流等次生灾害。

干旱是西南地区最主要的气象灾害，四季皆有发生，以春旱（3—4 月）和伏旱（7—8 月）最为显著。春旱主要出现在云南、川西山地，自西向东逐步减轻；伏旱主要受太平洋副热带高压影响而产生，以四川盆地东部、重庆、贵州东部等地区最多，自东向西逐步减轻。

低温冷害包括寒潮、霜冻、冻害、倒春寒，此外还包括水稻抽穗扬花期低温等，

都会给农业生产带来较大威胁和影响。

受天气系统和地形共同影响,西南地区多暴雨、冰雹、雷电、大风等强对流天气,山地地形进一步加重了局地山洪、滑坡、泥石流、洪涝等灾害的发生,给人们生命、财产安全带来严重危害。

1.3 农业生产

西南地区有平原盆地支撑,有适宜的气候条件,有优良的生态环境,有多样性的山地,造就了多样性的特色优质农产品。

西南地区也是全国重要的粮食产区,粮食生产对于西南各省市社会经济发展以及全国粮食安全都具有重要的意义。

1.3.1 主要粮食作物生产概况

西南地区主要粮食作物包括水稻、小麦和玉米等。其中,水稻约占粮食播种面积的1/3,产量占粮食产量一半左右。2/3的水稻集中在四川,以成都平原岷江、嘉陵江、渠江中下游以及长江沿岸等地分布较多。玉米播种面积和产量仅次于水稻,广泛适宜于西南山地丘陵区旱地种植。西南地区小麦除西北部高寒地区种植春小麦外,其余地区以冬小麦为主,其中四川是小麦的主要产区,约占西南地区小麦播种面积的2/3和产量的80%。

1.3.1.1 水稻

西南地区除四川西北部高海拔地区外,均有水稻种植,主要分布在四川中东部、重庆大部、贵州北部以及云南西部和西北部,各县播种面积在10千 hm^2 以上,其中四川中东部、重庆东部和东北部的各县超过20千 hm^2 ,水稻主产量也主要集中在相应区域,各县产量普遍在10万t以上。

水稻种植面积和产量分布见图1-6。

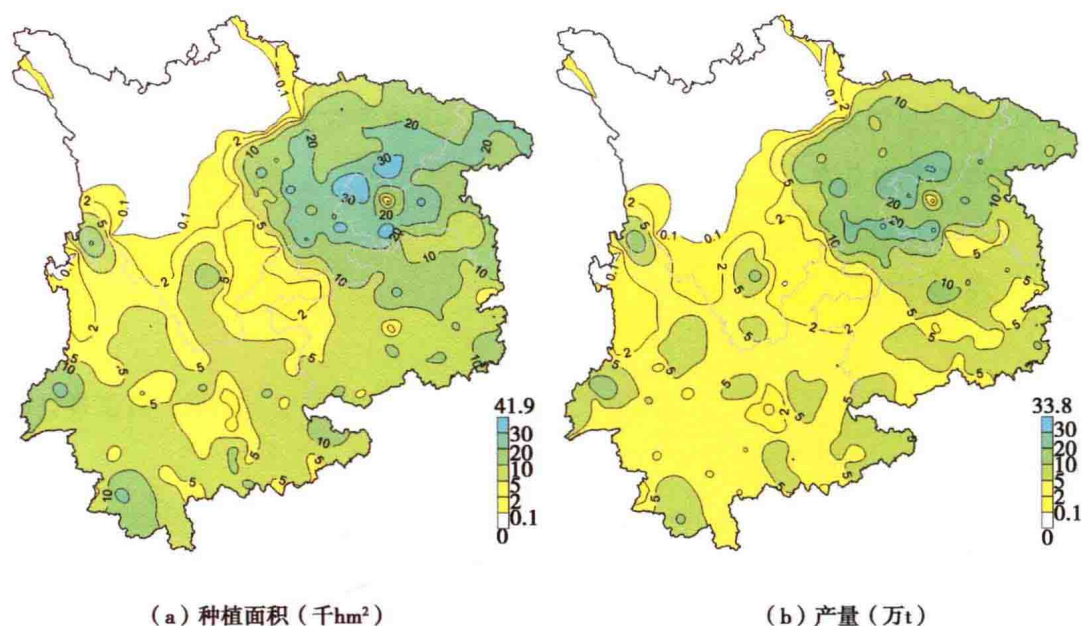


图 1-6 水稻种植面积和产量分布

1.3.1.2 玉米

玉米主产区主要分布在四川中东部、重庆大部、贵州北部和西部、云南东部及西部部分地区，各县播种面积在 10 千 hm^2 以上，产量在 5 万 t 以上。

玉米种植面积和产量分布见图 1-7。

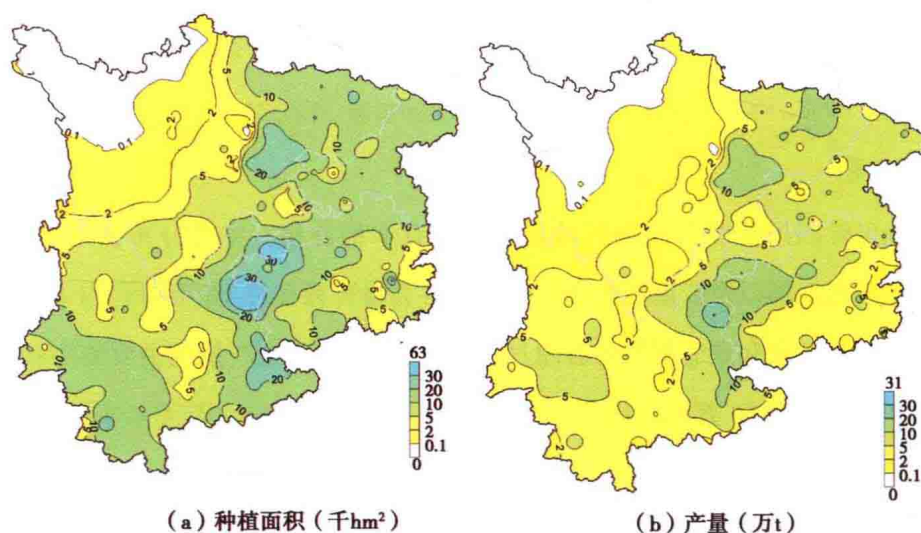


图 1-7 玉米种植面积和产量分布