

甘肃省十五科技攻关重大项目(GS012-A45-118)研究专著

高原干旱气候 作物生态适应性研究

邓振镛 编著

气象出版社

甘肃省十五科技攻关重大项目 (GS012-A45-118) 研究专著

高原干旱气候作物 生态适应性研究

邓振镛 编著

气象出版社

内容简介

本书较系统而全面地阐述了高原干旱气候作物生态适应性研究的基本理论和研究方法；分析了6种粮食作物、5种经济作物、6种特色作物、4种中药材和5种瓜果作物的高原干旱气候生态适应性；探讨和研究了现代气候变化特征及其影响、农业种植结构性调整、作物干旱气候生态适生种植区划服务系统和防旱减灾技术，是一本资料翔实、内容完整、针对性强、实用性好、并具有一定学术价值和生产实践意义的专著。可供农业、林业、畜牧业、园艺、经济、国土、气象等方面工作的各级领导、管理人员、科技人员阅读，也可供相关学科的大专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

高原干旱气候作物生态适应性研究/邓振镛编著.
—北京:气象出版社, 2005.3
ISBN 7-5029-3938-5

I. 高... II. 邓... III. 高原-干燥气候-作物-
生态-适应性-研究 IV. S314

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 022796 号

气象出版社出版

(北京中关村南大街 46 号 邮编: 100081)

总编室: 010-68407112 发行部: 010-62175925

网址: <http://cmp.cma.gov.cn> E-mail: qxcsbs@263.net

责任编辑: 陈红 汪勤模 终审: 周诗健

封面设计: 王伟 责任技编: 陈红 责任校对: 黄云华

*

北京燕龙印刷有限公司印刷

气象出版社发行

*

开本: 850×1168 1/32 印张: 9.25 字数: 240 千字

2005 年 3 月第一版 2005 年 3 月第一次印刷

印数: 1~600 定价: 30.00 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

高原干旱气候作物生态适应性问题是作物生态学的一个重要组成部分,对它的研究丰富了作物生态学的内容。高原干旱气候作物生态特征与其它气候类型作物生态特征有着明显的差异性。通过系统研究高原干旱气候作物生态适应性,能因地制宜地提高这一地域作物生产力和资源利用率,既保护了作物生存环境,又提高了作物的产量和品质,最终达到建立高原干旱气候区作物—环境—措施的最佳模式的目的。

西北地区占有全国许多高大山脉和著名高原,大部分地域属干旱、半干旱气候类型。甘肃省地处黄土、青藏和蒙古三大高原交汇地带,境内山脉纵横交错,高低相差悬殊,丘陵、山地、盆地、荒漠、戈壁等兼而有之,是山地型高原地貌。同时,甘肃省地形地貌复杂多样,多种气候类型齐全,分析研究高原干旱气候区特征极具代表性。因此,本书以西北地区和甘肃为重点,来着重研究高原地区干旱气候及其作物生态适应性。

本书第一章高原干旱气候作物生态和第二章高原干旱气候作物生态区划主要从基本理论和研究方法加以阐述。第三、四、五、六、七章分别讨论了粮食作物(春小麦、冬小麦、玉米、马铃薯、糜子、谷子)、经济作物(胡麻、油菜、蚕豆、棉花、甜菜)、特色作物(花椒、油橄榄、黄花菜、百合、啤酒大麦、啤酒花)、中药材(甘草、当归、党参、黄芪)和瓜果作物(白兰瓜、酿酒葡萄、苹果、桃、板栗)高原干旱气候生态适应性。第

2 · 高原干旱气候作物生态适应性研究

八、九、十、十一章突出应用方面的问题,分析现代气候变化特征及其影响;概述农业种植结构适应性调整;建立作物干旱气候生态适生种植区划服务系统;提出防旱减灾技术等。

本书的完成得到甘肃省气象局宋连春局长的指导和大力支持。谢金南先生、张强研究员、董安祥研究员、郭锐研究员,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所李栋梁研究员、西北师范大学董宏儒教授、甘肃省农业科学院李守谦研究员、兰念军研究员审阅了原稿。蒲金涌、马兴祥、刘明春、尹宪志、姚玉璧、陈雷、王全福、郝志毅、张毅、马鹏里、韩永翔、尹东、方德彪、万信、刘德祥、薛生梁、把多辉、胡广义、杨启国、郭慧、秘晓东、龚建福、徐启运、王志禄、姚小英、杨小利、朱国庆、陈艳华、张惠玲、李琳、张杰、李巧珍、王位泰、李耀邦、郭江勇、王宁珍、郭海英、孙畅、许彦平、胡利平、姚晓红、李世龙、高蓉、马鸿勇、杨学斌等参加本书部分工作。气象出版社责任编辑陈红做了繁重的文字工作。对他们付出的辛勤劳动,作者在此一并致谢。

本书的出版得到中国气象局、甘肃省科学技术厅、甘肃省气象局、中国气象局兰州干旱气象研究所、甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室的资助,表示特别感谢。本书付梓仓促,虽经再三校核,错漏在所难免,敬请不吝指正,深表感谢。

邓 振 镛

(中国气象局兰州干旱气象研究所、

甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室)

2005年2月

目 录

前言

第一章 高原干旱气候作物生态·····	(1)
---------------------	-------

§1 高原干旱气候作物生态适应性 ·····	(1)
------------------------	-------

§2 高原干旱气候作物生态研究方法 ·····	(3)
-------------------------	-------

参考文献·····	(5)
-----------	-------

第二章 高原地区干旱气候作物生态区划·····	(6)
-------------------------	-------

§1 气候资源特征 ·····	(6)
-----------------	-------

§2 气象灾害特点 ·····	(10)
-----------------	--------

§3 高原干旱气候作物生态适生种植区划综合指标	
-------------------------	--

体系 ·····	(15)
----------	--------

§4 作物气候生态区划方法 ·····	(20)
---------------------	--------

参考文献·····	(23)
-----------	--------

第三章 粮食作物·····	(25)
---------------	--------

§1 春小麦 ·····	(25)
--------------	--------

§2 冬小麦 ·····	(38)
--------------	--------

§3 玉米 ·····	(56)
-------------	--------

§4 马铃薯 ·····	(66)
--------------	--------

§5 糜子 ·····	(74)
-------------	--------

§6 谷子 ·····	(83)
-------------	--------

参考文献·····	(90)
-----------	--------

2 · 高原干旱气候作物生态适应性研究

第四章 经济作物.....	(93)
§ 1 胡麻	(93)
§ 2 油菜	(102)
§ 3 蚕豆	(113)
§ 4 棉花	(119)
§ 5 甜菜	(125)
参考文献.....	(132)
第五章 特色作物.....	(135)
§ 1 花椒	(135)
§ 2 油橄榄	(143)
§ 3 黄花菜	(151)
§ 4 百合	(155)
§ 5 啤酒大麦	(159)
§ 6 啤酒花	(163)
参考文献.....	(166)
第六章 中药材.....	(168)
§ 1 甘草	(168)
§ 2 当归	(172)
§ 3 党参	(177)
§ 4 黄芪	(180)
参考文献.....	(183)
第七章 瓜果作物.....	(185)
§ 1 白兰瓜	(185)
§ 2 酿酒葡萄	(189)
§ 3 苹果	(197)
§ 4 桃	(203)
§ 5 板栗	(208)

参考文献·····	(214)
第八章 现代气候变化特征及其影响·····	(216)
§ 1 现代气候变化特征 ·····	(216)
§ 2 干旱灾害对气候变化的响应 ·····	(226)
§ 3 气候变化对水资源的影响 ·····	(231)
§ 4 气候变化对农业的影响 ·····	(243)
参考文献·····	(250)
第九章 农业种植结构适应性调整·····	(253)
§ 1 影响农业种植结构的因素 ·····	(253)
§ 2 农业种植结构调整的基本原则 ·····	(257)
§ 3 农业种植结构性的调整 ·····	(259)
参考文献·····	(268)
第十章 作物干旱气候生态适生种植区划服务系统·····	(270)
§ 1 系统开发和运行环境及系统特点 ·····	(271)
§ 2 系统的结构 ·····	(272)
§ 3 系统的应用 ·····	(278)
参考文献·····	(279)
第十一章 防旱减灾技术·····	(280)
§ 1 加强干旱灾害和生态环境动态监测预测 ·····	(280)
§ 2 改善生态环境 ·····	(281)
§ 3 优化农业结构 ·····	(282)
§ 4 提高水资源的利用率 ·····	(283)
§ 5 大力开发空中水资源 ·····	(285)
参考文献·····	(286)

第一章 高原干旱气候作物生态

§1 高原干旱气候作物生态适应性

1 作物生态学

作物生态学是一门生态学、植物生理学、农业气候学交叉的边缘学科。它是将作物与环境作为一个整体和系统来研究,研究作物生产与环境间相互关系的应用性学科,其研究对象既包括作物,又包括环境。

作物生态学研究的的主要任务是,针对农业发展的的问题,从生态学观点出发,研究环境对作物的适宜度,并提出发展的方向 and 对策。其主要目的是因地制宜地提高作物生产力和资源利用率,既达到保护作物生存环境,又提高作物的产量和品质。最终达到建立不同生态区作物—环境—措施的最佳模式。

作物生态学研究的主要内容是,作物与环境的关系;作物生态特性对环境的反应;作物的生态适应性;提高和保护作物生产环境资源利用的途径。

2 高原干旱气候作物生态特征

研究作物与气候的关系是作物生态学研究环境对作物生产适宜度的重点。高原(包括高大山脉的山地以及相间地区)干旱气候

区深居内陆,东南季风影响极其微弱,气候干燥,虽雨热同季,但光、热、水、土地资源时空总体配置不是最佳,尤其是降水比较少。同时,干旱气候引起水资源紧缺,风蚀强烈,风沙危害严重,盐渍化现象普遍,大部分地表植被稀疏,生态环境独特。该区作物生态特征与其它气候类型作物生态特征有着明显的差异性。

2.1 气候—作物—土壤的同步性的差异

我国自然植被的分布,是热量和降水共同作用的结果。热量和降水分布的差异形成了不同的气候类型作物种植带。位于西北大部分地区的温带特干旱荒漠地带,大多种植喜冷凉耐旱性强的作物,喜温耐水作物比较少。这里形成了典型的绿洲灌溉农业生态类型,没有灌溉就没有农业。农牧交错地带的分布在西北地区也非常普遍。

土壤是气候和植物有机体总体活动的产物。在气候、植物共同作用下,决定了土壤类型的带状分布和斑状分布。干旱气候荒漠地带的土壤质地以砂壤土为主。

2.2 作物生态特性的形成和分布的差异

冬小麦和春小麦种植分布以及冬小麦的冬性、弱冬性、春性品种分布在甘肃地域界限非常明显。西北地区干旱气候环境下形成的旱生型作物生理特征,表现为根系发达,针叶、短生或叶小,叶有厚的角质层或绒毛,叶肉细胞及其间隙小,细胞小,细胞液渗透浓度高,蒸腾效率高,遇旱时气孔关闭。

同作物同品种遇旱时,根与茎叶比增大,叶小、茎短细,小穗数减小,籽粒不饱满;而水分适宜时,则根与茎叶之比小,叶宽长,植株高大,小穗多,千粒重高。

2.3 作物生态适应性的差异

由于受干旱气候生态环境长期的驯化,形成和发展了具有优势的地方特色作物,如新疆的棉花、甜菜、葡萄、哈密瓜;甘肃的甜菜、啤酒大麦、啤酒花、油橄榄、白兰瓜、百合、中药材;

宁夏的早稻、枸杞等。

在高原冷凉灌区种植的春小麦，由于幼穗分化期和灌浆期有适宜的偏低温度条件，使这两个生育阶段的时间延长，穗大粒重的丰产性状非常突出。如民乐（海拔高度 2271m）测得结实小穗数达 18~19 个，千粒重达 50g 以上，最高千粒重达 74g。

§ 2 高原干旱气候作物生态研究方法

作物与气候生态关系的研究方法很多，这里简单介绍几种常用方法。

1 农业气候调查研究方法

调查研究是作物气候生态研究的基础工作。它分为农业气候调查和野外实地考察两类。根据具体情况可以分开进行，也可以合并进行。农业气候调查主要了解气候生态条件与农业生产或作物之间相关联的资料，调查内容因目的不同而有所差异，调查研究之前必须编制调查研究内容目录。野外实地考察包括农业地形与局地小气候路线考察和物候学考察两种。前一种，一方面进行农业自然景观考察，另一方面按不同路线进行小气候观测，这样可以取得不同地形景观特征与局地气候的相互关系的资料。后一种主要对自然物候与作物物候考察。这两类考察可以结合同时进行。

2 田间试验与气候生态平行观测法

该方法是根据研究任务的需要，开展多年田间试验工作，田间试验方法多采用分期播种法、地理播种法和地理分期播种法等，进行物候期、生物量、产量要素、产量等内容的农业气象基本观测，并结合农田小气候观测以及气象观测资料。通过对两种资料对比分析，便可揭示气候生态因子对作物生长发育和产量及

品质形成的影响和适应性。

3 生物量与气候生态资料统计分析和图解分析法

这种方法是根据某地作物多年产量或品质等生物量资料和相应时期的气候生态资料进行统计分析,确定出影响作物产量或品质等生物量的关键时段起主导作用的关键因子。具体步骤:

(1) 对生物量资料进行处理,排除因农业生产水平不断提高产生的误差,求出因气候条件影响的生物量资料。

(2) 将处理的生物量资料与气候生态要素进行常用农业气象统计分析,如相关分析、方差分析、回归分析等;或者制作生态图,如列线图、相关图、散布图、点聚图等。

(3) 对农业气象统计和气候生态图分析结果进行适应性研究,找出生物量波动的主要影响气候生态因子及关键期和定量的生物量值。

4 应用农业气候相似原理的对比分析法

农业气候相似原理基于生物与气候统一性和生物生态适应性规律。它是以考虑生物对气候生态条件的具体要求为基础,对生物生育以及产量和品质形成有决定意义的气候生态因子相似性来确定的。根据这一原理进行引种、扩种、作物布局等,从而大大提高农业气候资源利用和经济效益。具体步骤是:

(1) 确切了解作物的生物学特性及其气候生态适应性。

(2) 对作物的原产地及其引进地的农业气候生态条件以及产量、品质形成具有决定意义的关键时段的气候生态因子和适宜幅度的上下限的保证率进行对比来确定。

(3) 先试种示范后再推广,确保成功率。

5 农业气候模型模式方法

农作物生长发育和产量以及品质形成过程是随时间而变化,并随气候生态因子的变化而变化的,用数学函数关系来讨论气候生态条件对农作物生长发育、产量和品质形成的影响,建立一个或多个动态数学模型模式,客观反映农作物与外界环境的动态相互关系。利用系统论观点建立的模型模式和农业气候生态信息系统,为农业生产提供科学决策服务。目前常用的有作物产量形成机理模型、作物气候产量模式、作物生产力模式、作物生物量累积增重模型等。

6 3S 技术的应用

地理信息系统 GIS、全球定位系统 GPS 和遥感 RS 三者的一体化系统集成,简称 3S 技术。随着 3S 技术的发展,目前已广泛应用于农业气候资源调查、农业气象灾害监测、作物产量预报、作物气候生态适应性、作物适生种植区划等方面,并收到了明显的效果。

参 考 文 献

- 邓振镛,林日暖. 1987. 河西沿祁连山冷凉灌区春小麦气候生态的研究. 气象学报, (3) 346~353
- 韩湘玲,曲曼丽. 1991. 作物生态学. 北京:气象出版社, 1~130
- 韩湘玲主编. 1999. 农业气候学. 太原:山西科学技术出版社, 11~16, 162~189
- 欧阳海,郑步忠,王雪娥,简慰民. 1990. 农业气候学. 北京:气象出版社, 1~14, 332~380
- 魏淑秋. 1985. 农业气象统计. 福州:福建科学技术出版社, 239~253

第二章 高原地区干旱 气候作物生态区划

西北地区占有全国许多高大山脉和著名高原，大部分地域属干旱、半干旱气候。甘肃省地处黄土、青藏和蒙古三大高原交汇地带，境内山脉纵横交错，高低相差悬殊，丘陵、山地、盆地、荒漠、戈壁等兼而有之，是山地型高原地貌，具有典型的高原干旱气候特征和复杂多样的作物种植类型。同时，甘肃地形地貌复杂多样，各种气候类型齐全，分析研究高原干旱气候区特征极具代表性。现以西北地区和甘肃为重点，着重研究高原地区干旱气候及其作物生态适应性的主要特征。

§ 1 气候资源特征

1 光照充足，太阳辐射强

甘肃省年日照时数为 1700~3300h，自东南向西北增多。河西走廊年日照时数为 2800~3300h，是日照最多地区；陇南为 1800~2300h，是最少地区；陇中、陇东和甘南高原为 2100~2700h。

全省太阳总辐射达 4800~6400MJ/m²，河西走廊和甘南高原分别为 5800~6400MJ/m²和 5800~6200MJ/m²，是太阳能最

丰富区；陇南为 $4800 \sim 5200 \text{ MJ/m}^2$ ，是最少地区；其余地区为 $5200 \sim 5800 \text{ MJ/m}^2$ 。

光照充足、光能资源丰富，是得天独厚的气候资源优势。发展塑料大棚日光温室，提高太阳能利用率，使光能转变为热能，有着广阔的前景；提高农作物产量和品质有很大潜力，只要解决水的问题，作物产量将会大幅度提高。

2 气候温凉，气温日较差大，热量分布复杂多样差异大

全省热量分布的最大特点是地区和垂直层带差异性大，日较差大，大陆性气候明显。热量的纬向分布差异不明显，主要受地形、地势影响，形成随地形分割的条块相间的不规则热量分布区。

全省年平均气温在 $0 \sim 14^\circ\text{C}$ 之间，大致由东南向西北降低（图 2.1），基本属于温带气候类型。河西走廊年平均气温在 $4 \sim 9^\circ\text{C}$ ，祁连山区 $0 \sim 6^\circ\text{C}$ ，陇中和陇东分别为 $5 \sim 9^\circ\text{C}$ 和 $7 \sim 10^\circ\text{C}$ ，甘南高原 $1 \sim 7^\circ\text{C}$ ，陇南 $9 \sim 15^\circ\text{C}$ 。

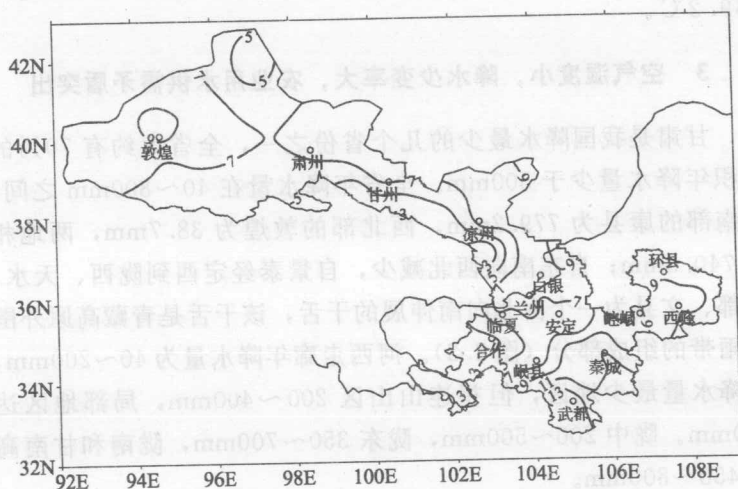


图 2.1 甘肃省年平均气温 (1971—2000 年)

全省温度日较差分布由南向北、由东向西增大。日较差最小地区在白龙江河谷,为 9.5°C 左右。最大在河西走廊和甘南高原,为 $13\sim 16^{\circ}\text{C}$;其它地区为 $10\sim 13^{\circ}\text{C}$,比同纬度东部地区都大。日较差大是热量资源重要特征,对作物产量和品质的形成,对糖分和淀粉的积累极为有利。

日平均气温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的积温,全省在 $1300\sim 5400^{\circ}\text{C}$ 之间。河西走廊为 $3000\sim 4000^{\circ}\text{C}$,陇中和陇东为 $2900\sim 3800^{\circ}\text{C}$,陇南为 $3000\sim 5000^{\circ}\text{C}$,祁连山区和甘南高原为 $1500\sim 2500^{\circ}\text{C}$ 。

日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温,全省在 $270\sim 4800^{\circ}\text{C}$ 之间。河西走廊为 $2000\sim 3600^{\circ}\text{C}$,陇中和陇东为 $2300\sim 3300^{\circ}\text{C}$,陇南为 $3000\sim 4500^{\circ}\text{C}$,祁连山区和甘南高原为 $500\sim 1500^{\circ}\text{C}$ 。

统计河西走廊至祁连山坡面热量因子与海拔高度之间的关系,皆存在密切的线性负相关,相关系数均在 0.99 以上,经检验均达到极显著相关。海拔每升高 100m ,年平均气温下降 0.47°C , $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温下降 140.3°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温下降 169.2°C 。

3 空气湿度小,降水少变率大,农业用水供需矛盾突出

甘肃是我国降水最少的几个省份之一,全省大约有 70% 的面积年降水量少于 500mm 。全省年降水量在 $40\sim 800\text{mm}$ 之间,东南部的康县为 779.2mm ,西北部的敦煌为 38.7mm ,两地相差 740.5mm ;自东南向西北减少,自景泰经定西到陇西、天水、武都、文县为一个由北向南伸展的干舌,该干舌是青藏高原外围少雨带的组成部分(图2.2)。河西走廊年降水量为 $40\sim 200\text{mm}$,是降水量最少地区,但祁连山山区 $200\sim 400\text{mm}$,局部地区达 600mm 。陇中 $200\sim 500\text{mm}$,陇东 $350\sim 700\text{mm}$,陇南和甘南高原 $450\sim 800\text{mm}$ 。

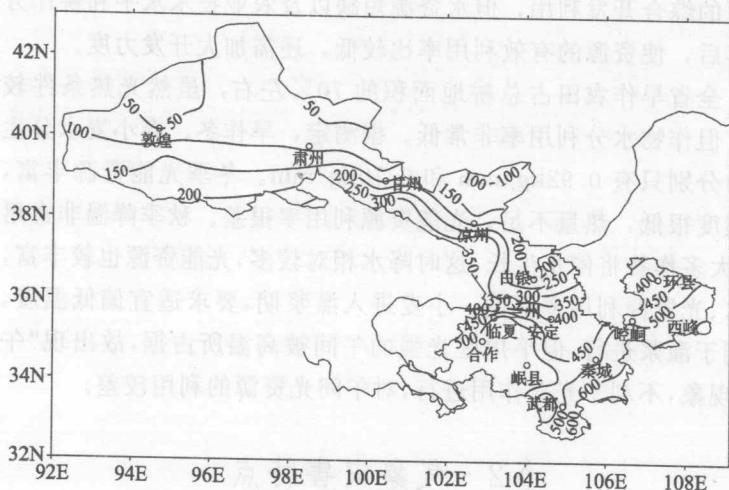


图 2.2 甘肃省年降水量 (1971—2000 年)

降水各季分配不匀，主要集中在 7~9 月，占年降水量的 45%~70%。降水量年变率大，河西最大，在 20%~40% 之间，陇中和陇东为 15%~25%，陇南为 15%。在春末初夏（5 月下旬至 6 月中旬）和盛夏（7 月中旬至 8 月中旬）有两个相对少雨时段，形成了对夏、秋作物生长影响较大的两个主要干旱时段。

全省年平均相对湿度在 40%~75% 之间。河西走廊最小，为 40%~53%，祁连山区为 55%~58%，陇南最大，为 60%~75%，陇东为 58%~68%，陇中为 51%~67%，甘南高原为 62%~65%。一年之中，冬季相对湿度最小，夏季最大。冬季相对湿度比年平均少 5% 左右；夏季多 2%~10%，降水较多的地方差值较大，降水较少的地方差值较小。

4 雨热同季，光温条件优越，但有效利用率低

全省热量分布具有温带季风气候特征，雨热同季，冬季较冷，夏季温热。光温条件优越，在作物生长季内有利于农业气候