

# 中国旱地农业

李生秀等  
编著

中国农业出版社



# 中国旱地农业

——

中华农业科教基金资助图书

# 中国旱地农业

李生秀等 编著

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

中国旱地农业/李生秀等编著. —北京: 中国农业出版社, 2003.11

ISBN 7-109-08538-4

I. 中... II. 李... III. 旱作农业—研究—中国  
IV. S343.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 079597 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 傅玉祥

责任编辑 贺志清

---

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行  
2004 年 7 月第 1 版 2004 年 7 月北京第 1 次印刷

---

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 52

字数: 1296 千字 印数: 1~1 000 册

定价: 160.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)



封面设计 杨 璞  
责任编辑 贺志清



## 内 容 介 绍

国以民为本,民以食为天。粮食和纤维是人类生存的物质基础,饲料和饲草是人类饲养动物、发展饲养业的基本条件,而这些产品主要来自农业。农业之所以重要就在于它提供了人类绝对不可缺少的生活资料和生存物质,奠定了人类生活、生存和发展的基础。

人口增长和人民生活水平的提高增加了对粮食和纤维的需求,而强烈增长的需求却面对着土地资源和淡水资源日益减少的形势。人为和自然因素的影响使农用地日益减少;淡水资源缺乏,地下、地面水资源消耗多而补充困难,发展灌溉农业已无可望前景,迫使人们把注意力投向了旱地农业。旱地幅员辽阔,资源相对丰富,人口密度较低,有着发展农业的较大潜力。发展旱地农业对增加粮油产品,提高人民生活水平;对促使不发达地区经济繁荣,贫困地区脱贫致富,民族地区兴旺发达;对扩大内需,减少东部地区人口高密压力;对推动整个国民经济全面持续增长都有重大意义。这是《中国旱地农业》一书编著出版的目的所在。

《中国旱地农业》一书由长期从事旱农工作,具有丰富实践经验的各方面专家编著,系统地论述了旱地的自然和生产特点,总结了旱地农业管理的成功经验和技术,也揭示了旱地存在的问题和开发利用前景。本书集科学性、基础性与实用性于一体,涵盖了旱地农业的各个方面。除介绍世界旱地农业一章,共包括五大部分,分别为旱地的自然特点、旱地的水分管理和侵蚀防治、旱地的养分管理、旱地的耕作栽培体系,最后是发展旱地农业的途径和对策。本书以大量试验资料为依据,以大量文献为支撑,论证有据,言无虚发或臆猜。

本书可供全国高等农林院校的学生、研究生阅读,也可供从事这方面教学、研究和推广工作的专业人员参考。

## 编著者名单

- 第一章 李生秀 (西北农林科技大学资源环境学院)
- 第二章 罗志成 (西北农林科技大学农学院干旱半干旱研究中心)
- 第三章 王 谦 (西北农林科技大学生命科学学院)
- 第四章 贾恒义 (中国科学院、水利部水土保持研究所)
- 第五章 尉庆丰 (西北农林科技大学资源环境学院)
- 第六章 马耀光 (西北农林科技大学水利与建筑工程学院)
- 第七章 高亚军 (西北农林科技大学资源环境学院)  
刘小兰 (甘肃省扶贫干部管理学院)
- 第八章 马耀光 (西北农林科技大学水利与建筑工程学院)  
杨之为 (西北农林科技大学植保学院)
- 第九章 田霄鸿 (西北农林科技大学资源环境学院)  
杜建军 (仲恺农业技术学院农学系)
- 第十章 包忠谟 (西北农林科技大学水利与建筑工程学院)
- 第十一章 张兴昌 (中国科学院、水利部水土保持研究所)  
李生秀 (西北农林科技大学资源环境学院)
- 第十二章 李生秀 (西北农林科技大学资源环境学院)
- 第十三章 李祖荫 (西北农林科技大学资源环境学院)
- 第十四章 周建斌 (西北农林科技大学资源环境学院)
- 第十五章 余存祖 戴鸣钧 (中国科学院、水利部水土保持研究所)
- 第十六章 李辉桃 (西北农林科技大学资源环境学院)
- 第十七章 荆家海 杨根平 高俊凤 (西北农林科技大学生命科学学院)
- 第十八章 高亚军 (西北农林科技大学资源环境学院)
- 第十九章 王朝辉 (西北农林科技大学资源环境学院)
- 第二十章 王林权 (西北农林科技大学资源环境学院)  
张博勇 (西北农林科技大学林学院)
- 第二十一章 冯佰利 史俊通 (西北农林科技大学农学院)
- 第二十二章 苏印泉 (西北农林科技大学林学院)
- 第二十三章 程积民 (中国科学院、水利部水土保持研究所)  
呼天明 张 岳 (西北农林科技大学动物科技学院)
- 第二十四章 黄丽丽 张管曲 张 皓 (西北农林科技大学植保学院)
- 第二十五章 李生秀 (西北农林科技大学资源环境学院)

# 前言

## (一)

国以民为本，民以食为天。管子以农业为“积于不涸之仓，藏于不竭之府”，可致“食足”、“民富”之大业，深刻地道出了农业的重大意义。粮食和纤维是人类生存的物质基础，饲料和饲草是人类饲养动物、从事饲养业生产的基本条件，而这些产品主要来自农业。农业之所以重要，就在于它提供了人类绝对不可缺少的这些生活资料和生存物质。皇帝的御食珍馐，富人的太牢之滋，穷人的粗米淡饭，虽有贵贱之别，高低之分，都是或主要是农产品的贡献。千家万户，男女老幼，天子圣哲，凡夫俗子，文人雅士，公子小姐，士农工商，三教九流，不论职业如何不同，爱好差异多大，雅俗有何区别，境界何等超脱，一日三餐均仍不可缺少。不闻人间烟火，不食农业生产的动植物产品而生者，未之有也。孔子在陈绝粮后惶惶不可终日，说明圣人先哲和凡夫俗子对农业产品有同样需求。由此可见，农业是人类生活和生存的基础，也是人类发展的前提。人类的生存与农业相依为命，人类的发展也与农业不可分割。农丰则国安，食足则民乐，从过去到现在，从国内到国外莫不如此。

农业生产的核心内容是栽培植物，通过栽培绿色植物生产人类所需要的食品和纤维，提供动物所需要的饲料。绿色植物的巨大功能在于能以强大的根系贪婪地由土壤中吸收水分和养分；以叶片为工厂，利用根系吸收的无机原料和太阳光能进行光合作用，生产人类必需的产品，借此而把太阳光能贮存于产品之中，供给人类和动物利用。显然可见，农业生产是一个增加能量的过程，增加能量的机制是固定和利用太阳光能；而增加能量的执行者和实施者就是人们栽培的绿色植物。绿色植物是生物，除需要光、热、水、温、气等自然条件外，尚需要生存基地和生育载体（介质）。对绿色植物来说，土地就是基地，土地载负的土壤就是载体。《易》曰“百谷草木丽乎土”；谚云“万物土中生”。土地之所以重要，不仅在于它提供了作物生存的空间，还在于它载负的土壤以其强大的容量供应作物所需要的水分和养分，保证作物生长。水分是生命活动的介质，作物生产的基础，决定着农业生产的成败；养分是营养作物的元素，构成躯体的成分，在很大程度上决定着产量的高低。因此，养分和水分供应是土地生产能力的重要标志。农业生产归根结底是人类利用土地进行的活动，人类的大部分农事行为，实际上是通过改善土壤的水肥气热条件，特别是水肥条件，而后改善作物生育。土地与农业如皮之与毛，有不解之缘。没有土地，农业生产便成了无米之炊。

## (二)

人口增长和人民生活水平提高增加了对粮食和纤维的需求，给农业生产提出了更为严峻的挑战，也对农业生产增加了巨大压力。如何满足这种日益增长的需要是各国政府和广大群



众一直关心的问题。但是强烈增长的需求却面对着土地资源和水资源日益亏缺的形势,形成了尖锐对立。随着城市化、工业化、娱乐场地和公路设施的发展,农用地向非农用方向转化的范围越来越宽,保留下来的农用地负荷量也越来越大,要进一步增加投入,使现有农用地获得更高的产量越来越困难;人为不良活动又加剧了自然条件的恶化,侵蚀、荒漠化、盐碱化、酸化等自然因素和人为因素结合起来使土地破坏、损失和退化更趋严重。由于这些原因,土地资源不足已对世界各国农业生产构成了巨大威胁,而且这种威胁越来越突出。在土地资源减少的同时,水资源缺乏也日趋严重。淡水资源不足,地面、地下水资源消耗多而补充困难,使灌溉土地面积难以增加,甚至有减少的趋势;具有高生产力的灌溉土地因无法灌溉而失去其原有生产能力,不得不改弦更张,另觅新径。美国西部大平原灌溉农业向旱作农业的转向预示了这种趋势。由于水资源不断减少,进一步发展灌溉农业已有极大困难,甚至已无可望前景。这些原因迫使人们把注意力投向了旱地农业。发展旱地农业,保证旱地农业的可持续性是世界农业发展的趋势。专家估计,在水资源和土地资源日益减少的情况下,旱地农业将是未来农业发展的前沿阵地。专家又估计,绿色革命的第二阶段是要和比之灌溉农业来说很少注意的农业生产体系联系在一起,是要与水分供应不足为主要生产问题的旱地农业生产体系联系在一起。旱地农业在未来农业中的重要地位由此可见端倪。

### (三)

旱地农业 (Dryland Agriculture or Dryland Farming) 主要是指在半干旱和半湿润地区无灌溉条件下,依靠天然降水进行的农业生产。这一定义界定了旱地农业的地域范围 (半干旱和半湿润地区), 指出了旱地农业的生产特点 (无灌溉条件), 肯定了旱地农业生产的问题所在 (依靠降水进行生产)。半干旱及半湿润区域降水较少, 甚至稀少, 由降水滋养的地面水和地下水资源也相应短缺, 局部地区虽可灌溉, 但无灌溉是主要特征, 这就构成了旱地农业的基本条件。依靠不足的降水进行农业生产, 必然有着水分不足的胁迫, 这就产生了旱地农业的主要问题。由于依靠降水维持生产, 旱地农业经常与雨养农业 (Rainfed agriculture) 相提并论。其实, 这是有区别的。严格地说, 两者都是不包括灌溉在内、单纯依靠天然降水从事的农业生产, 都是非灌溉农业的同义语。但不进行灌溉的雨养农业体系既包括着降水合适地区的农业生产体系, 也包括着有水分胁迫 (有效水分不足是最主要限制因子)、强调水分保持的农业生产体系, 还包括着降水偏多、强调排除过多水分的农业生产体系; 而旱地农业仅是在降水量少的半干旱和半湿润地区内没有灌溉条件土地上的农业生产。旱地农业一般仅指种植业, 不包括草地和畜牧业, 后者在一些干旱区 (Arid area) 也可存在。旱农地区在世界各国都占有很大比重, 特点是土地面积大、人口少、光热资源丰富; 限制农业生产的主要问题是水资源短缺、风蚀和水蚀严重。只要充分开发和利用降水资源, 旱地仍有着发展农业的潜力。

旱地农业曾在农业发展历史中发挥过重要作用, 做出过重大贡献。从狩猎过渡到定居的农业生产以后, 人类就在不同地区开垦种植, 从事种植业活动。考古资料证明, 几千年甚至近万年前, 位于中国的黄河流域, 位于幼发拉底河和底格里斯河流域的美索不达米亚地区, 位于印度的印度河流域, 以及墨西哥和秘鲁高地, 就开始了农耕。这几个地区的农业生产对世界经济和文化发展做出了巨大贡献, 既形成了世界农业起源中心, 也形成了古代文明的发源中心。但是, 由于最初的农业并不是单纯的种植业, 而是由采猎到种植业的过渡, 兼有采猎和种植双重性质, 这就决定了它并不在河谷原地, 也不在高山进行, 而是在浅山丘陵或河

旁台地：浅山丘陵或河旁台地具有多种生态条件，既可采猎、驯化动物，又可农耕，自然成了最佳选择。高山条件差，不适于农耕；平原多沼泽，当时抵御外界条件能力差的人类难以适应，自然不去问津。因此，起始农耕地区并非现代农业生产的理想地区；起始农业也不是灌溉农业，而是雨养农业。不过，人类首先定居和从事农业生产的这些地区，都是自然条件优越、水土肥美之处。以后，随着人口增加，才逐渐由浅山丘陵坡地转到河谷平原，采用灌溉，出现了灌溉农业；也逐渐向其他地区迁移，包括向生态环境脆弱、存在着水分不足胁迫的地区迁移，这样就出现了人们目前所谓的旱地农业。因此，旱地农业源远流长，有着悠久的历史。

从古至今，旱地农业以生产大量特有的农畜产品对人类的生存和社会发展做出了重要贡献，也以其特有的重要性在近几十年内更加受到人们的高度重视。由旱地起源的麦类、粟类、高粱、棉花、耐旱豆类、玉米、油料、苜蓿和多种牧草，至今仍一直广泛种植。现在世界上所需要的小麦、高粱和小米主要由旱地生产和供应。其中特别突出的是小麦，目前小麦的面积和产量在各种作物中均居世界第一位，而由旱地（包括有灌溉条件的旱地）生产的约占世界小麦总产量的3/4以上。

古代人类利用旱地自然资源进行农业生产，对农牧业的发展做出了巨大贡献，现代科学技术的应用已使旱地生产面貌改观：保水集水措施的实施减轻了旱农区域内年和年、月和月、生长季节内不可避免的降雨变动所造成的绝产风险；适当地带条件作物品种的选育、推广和应用，提高了旱地农业生产的稳定性；先进耕作和土地利用制度的建立，减轻了一些地区风蚀和水蚀的危害；因地制宜、农林牧有机结合已使一些旱农地区成为社会、生态、经济“三效益”显著的典范。过去50年中，这方面的成就特别突出。美国经过几十年努力，已把曾经称为大沙漠的西部地带变成了粮仓。

#### （四）

农业的兴起为人类的生存和发展奠定了基础，也为文明大厦的建设和社会发展做出了异乎寻常的贡献。但世界上最富于创造力的人类在谋求进步和发展过程中却有恃无恐，滥垦滥伐，不断地破坏自身难以创造的自然遗产：森林、水源、河流和土地；不合理的栽培耕作，不顾后果的掠夺式经营，进一步强化了对农业生态环境的影响，带来了无穷后患，不仅直接毁掉了人类可以利用的自然资源基础，也毁掉了人类赖以生存的生态环境，导致经济、社会和文明衰退，威胁人类生存。这种影响由灌区而及旱地，事例多不胜数。

古代文明发祥地区由于滥伐林木，促使了这些河流流域的侵蚀和表层土壤的损失，破坏了原来良好的生态环境而最后导致衰落。由幼发拉底河和底格里斯河（发源于土耳其境内）流域形成的土层深厚、沃野千里的美索不达米亚平原（今伊拉克境内），8000年前就萌发了人类早期的农业生产活动；公元前1894—538年，古代东方兴起的奴隶制国家巴比伦王国以两河流域和巴比伦城为中心形成了政治、经济和科学文化中心，产生了显赫一时的巴比伦文明。从此以后，在这一带大量聚集和增长的人们扩大耕地，过度放牧，毁坏了两河上游繁茂的森林和草地，摧毁了涵养水源和防风阻沙的绿色屏障，导致了水旱灾害不断发生；不良的灌溉和排水体系又引起了土壤盐分大量累积。结果，这个具有大片肥田沃土的平原或则为两大沙漠（阿拉伯沙漠和波斯高原沙漠）所侵袭，或则为盐碱所危害，终于沦为不毛之地。公元前4世纪末巴比伦文明衰落；公元前2世纪时，占据了这些河流优越地位的繁华城市——巴比伦古城成为废墟。昔日古城区的庆典大道已是残垣断壁，土丘低洼，一片荒凉，成为人

们感叹、凭吊和怀念的历史遗迹。其他古代文明发祥地也随着农业的衰落而不振，多数这些地区的人民现在反而处在贫困之中。尼罗河两岸的大片冲积沃土成了埃及农业发展的摇篮，抚育了公元前 2685—2180 年的埃及金字塔繁盛时代，形成赫然一时的埃及文明。但由于毁林和破坏生态环境，600 年的埃及文明带来了近 3000 年的荒凉和贫困。开罗附近的金字塔依然存在，昔日的绿色林海却一去不返：辽阔的埃及国土 90% 土地为沙漠所覆盖，仅有疏林 16 万  $\text{hm}^2$ ，人均不到 0.003  $\text{hm}^2$ ，埃及实际上成了无林国家。以文明古国著称的位于南亚次大陆的印度，人口过度增长和森林、灌丛和草地遭到的彻底破坏，绿色保护屏障层层失去，大片土地连连遭受水、旱之灾，沙漠和水土流失两大自然灾害给印度社会和经济带来了许多麻烦和困难。

### (五)

生态环境的变迁和恶化在旱地更为突出，脆弱的自然条件面对着人口增长的压力，降水稀少的特点面对着强度耕作的实践，已使不少旱农地带沙化和废弃。近代美国和前苏联的过度垦牧、粗放经营所导致的黑风暴发生，曾使一些地区一度呈现出荒凉景象。我国干旱地区的风沙侵袭，绿洲的退化和收缩，黄土高原严重的水土流失，已使本来脆弱的农业生态系统如雪加霜，严重地威胁着这些地区农业生产和人民生存。这种惊心动魄的变迁是气候环境变化和人为活动双重作用的结果，而后者起的作用更大。我国的干旱荒漠带的大山曾分布着可观的森林，涵养、调节大气降水和冰川融水，滋润了天山南北和河西走廊的绿洲，是干旱地带人们赖以生存的命脉。这些宝贵的森林远在汉代已开始破坏，清代后的大规模滥伐已使不少山区土石裸露，草原失绿。开发很早的毛乌素沙地曾是“临广泽而带清流”，但到公元 9 世纪时已飞沙为堆，高及城堞，沃野千里的塞上江南已成了黄沙滚滚、不见五谷的荒野了。丝绸之路经过的塔克拉玛干沙漠南缘的楼兰、且末、精绝、若羌等地曾是古代人口兴旺的绿洲，后来由于水源断绝，人口外迁，绿洲消失，楼兰古城葬身沙漠，只留下了典籍中的记录。黄河流域及黄土高原，昔日气候温和，水源丰沛，土壤肥厚，覆盖着森林和森林草原植被，降雨量大多在 400 mm 以上，山地森林茂密，川原草地广阔，对发展原始农耕文化提供了极为有利的条件，产生了著名的黄河古文明。但自秦汉以后，屯垦戍边，人口增加，垦殖活动活跃，生态环境发生了急剧变化。公元 1 世纪初，黄河已“河水重浊，水一石而泥六斗”。此后不断地乱砍乱伐，毁林扩种，引发了高强度的水土流失。随着环境条件的恶化，唐朝以后西安就不再成为首都，宋朝以后政治中心退出黄河流域。目前黄土高原支离破碎，沟壑纵横，干旱贫瘠，生产水平低，是旱灾频发的严重地区。而黄河的泥沙含量却举世领先，世界上任何河流望尘莫及。

### (六)

我国半干旱地区约占国土面积的 21.4%，半湿润地区约占 22.1%。和世界上所有的情况一样，我国干旱地区降雨过少，没有灌溉就没有农业，因而干旱地区内的农业是灌溉农业，一般不包括在旱地农业之内。但是干旱地区的农业同样也受着水分胁迫，灌溉农业实是降水不足产生的后果，同时又受到水资源不足的限制。从此考虑，我国一般把干旱地区的灌溉农业也包括在旱地农业之内。如果这样，我国旱农地区可占到国土面积的 74.3%，主要分布在北方，包括华北、东北部分地区和西北地区。但是由于不少半湿润地区（如华北平原）具有灌溉条件，西北半干旱地区的农业便成了旱地农业的典型和代表，也成了旱地农业

研究的中心所在。这些地区幅员辽阔,资源相对丰富,人口密度较低,既有发展旱地农业的较大潜力,也有发展旱地农业的悠久历史。号称中华民族文明象征的黄河,像一条金色巨龙横卧在这一地区辽阔大地上,曾在数千里的流程中滋润着千里沃野,以绿色植被覆盖着广阔平原和高山峻岭。黄河穿过的著名黄土高原,历史上曾是森林郁蔽、绿草遍野、牛羊成群、五谷丰登之处。大约 6000 年前,中华民族开始在这一地区的汾、渭河谷的肥沃土地上定居。西周和春秋战国时代,黄河流域已经成为全国农业中心,以后再扩展到长江流域、东南海岸、长城北部。公元前 121 年,霍去病带领数十万士兵在河西走廊建署固边,发展农业。当时所有河流的中、下游地区都发展了灌溉农业,黑河中下游灌溉农业闻名当时,以后还获得了金张掖、银武威的称号。联结东西方有名的丝绸之路,象征中国古代文化第二次高峰的敦煌石窟穿过或位于这一地区。由春秋战国,经秦、汉、唐至宋,即公元 11 世纪之前,这一地区的渭河流域一直是全国政治、经济和文化中心。因此,旱农地区不仅是中国农业发展的源地,也是中国文化的摇篮。在过去许多世纪与自然斗争中,这一地区的人民积累了管理旱地的丰富经验。多年以前,新疆人民就创造了坎儿井地下灌溉系统,至今仍灌溉着新疆广大地区。几千年来,我国人民有效地利用了旱区的水土资源,创造了大量的肥沃土壤,沙漠中的绿洲就是这种肥沃土壤的典型代表:古代创造的塔里木河中、下游地区的绿洲,像珍珠串一样排列在这一河流两侧;河西走廊的绿洲绵延千里,闻名遐迩;近代创造的马纳斯河谷绿洲,水清田秀,引人注目。旱地土壤管理既创造了生产力高的绿洲,也从整体上改善了一些地区的生态环境。敦煌的绿洲土壤经过 2000 多年灌水和施肥的农业实践,耕层土壤加厚到 2 m 以上;黄土高原地区,由于几千年施用有机肥料,形成了 20~30 cm,甚至 50 cm 的人造表层土壤,反映了这一方面的成就。

旱地农业对我国农业生产有着重大贡献。从过去到现在,旱农地区都是我国农业生产的重要基地,也是我国小麦、玉米、棉花、豆类和多种杂粮集中产区。但是由于自然条件和人为活动的影响,一些旱地,尤其是西北地区的旱地,生态环境十分脆弱,不合理开发利用已经带来严重的资源短缺与环境破坏;经济发展相对滞后,又使一些省份农民收入低于全国平均水平。甚至有些省(自治区)还是全国贫困人口较集中的地区。我国土地资源少、耕地少、水资源短缺,而人口又在世界上遥遥领先。在这种形势下开发和利用广阔的旱农地区,发展旱地农业,对我国农业持续发展的意义就显得更加突出和重要:增加粮油产品,提高人民生活水平,减少农产品调运,一也;促使不发达地区经济繁荣,贫困地区脱贫致富,民族地区兴旺发达,实现各地区协调发展,共同富裕,二也;扩大内需,开拓就业渠道,减少东部地区人口高密压力,三也;推动整个农业和国民经济全面持续增长,实现社会稳定,长治久安,四也。但是发展旱地农业不能竭泽而渔,而要在保护和改良旱地生态环境基础上提高作物生产力。

### (七)

为了发展旱地农业,除重视旱地农业的管理和研究工作外,各国都组织有关专家编写旱地农业方面的专著,目的在于揭示旱地的自然特点、生产特点、开发潜力和总结旱地管理的先进经验和技術。一方面使人们认识旱地农业的重要性,明确开发途径,掌握旱地生产的先进经验和技術,提高旱地农业生产水平;另一方面使人们认识旱地农业存在的问题,促进旱地农业研究工作的深入。可以说,有旱地的国家都有这方面的专著问世,如美国、加拿大、澳大利亚。美国 1982 年出版了《Dryland Agriculture》一书,在世界上很有影响。2000 年,

美国农学会、作物学会和土壤学会又决定重编此书，将范围扩大到世界各个旱农地区，邀请了世界各国著名科学家参与编写工作（笔者应邀撰写了东亚地区旱地农业“Dryland Agriculture in Eastern Asia”一章），预定2004年出版。

我国已有不少旱农方面的书籍问世，各有其特色。但就总体来看，多不够系统，不够全面，深度和广度都有待改进；而且这些书籍出版较早，最新研究成果亟待总结和归纳。

旱地农业发展的迫切要求促使我们立意编写《中国旱地农业》书。1998年我们确定了提纲，邀请了作者，召开了编写会，动手工作，迄今已六年矣。原想在两年内完成任务，由于各种原因，未能如期成书。这六年内，作者的书稿大都经过二、三次修改，甚至四、五次之多。在这本书即将付印之时，我们对作者的辛勤劳动深表感谢。在这里特别要说明的是，2002年9~10月最后定稿之时，我们还请有些作者进行了最后修改。李辉桃教授当时健康极差，但她还以带病之躯认真地修改了撰写的一章，并认真地校对了打好的稿样。谁也没有想到时过一月之后，她突然作古而去！余存祖教授在完成他所撰写的章节修改任务后不久住院，迄今仍在医院治疗。本书中有几章是1992年我们和英国爱丁堡大学土壤科学系计划合作出版英文专著《中国西北干旱半干旱地区的气候、土壤和农业生产潜势》（The climates, soils and agricultural potentials of the arid and semiarid areas in northwest China）时，邀请一些专家撰写的。其中“作物抗旱的生理学和生物化学”一章邀请荆家海教授撰写。荆教授当时任校长，工作繁忙，但他还是愉快地承担了这一章的编写任务。这本英文专著因成稿文章太少，未能问世。而在本书出版前，荆家海教授已谢世多年，无法一读了，我们只好请高俊凤教授对本文进行全面修改。在撰写此前言的时候，笔者思绪万千，心情久久不能平静。苏轼诗曰：“但愿人长久，千里共婵娟”。现在虽非中秋佳节，“但愿人长久”却是我的心底祝愿。在这里除向逝者表示哀悼外，衷心地祝福病者早愈，其他作者健康快乐！

## （八）

本书就要和读者见面了。作为主编，笔者既有内疚之情，又有欣慰之感。内疚者，此书编写过程长而有些明显可见的缺点却尚未改正，作者工作忙而主编工作不力是主要原因；其他问题估计亦不少，这些只好留待读者纠正了。欣慰之处在于本书基本上达到了原来要求，有着一些显明的特色。这些特色归结起来主要是：

第一，全面。除了介绍世界旱地农业一章，本书包括五大部分，分别为旱地农业的自然特点（中国旱地农业分布、气候、地貌、土壤和内陆盐碱土、自然灾害），旱地水分管理和侵蚀防治（旱地水资源、水分管理、风蚀和水蚀防治），旱地养分管理（旱地氮素、磷素、钾素、微量元素管理和配方施肥），旱地耕作栽培体系（作物抗旱生理学和生物化学、旱地种植制度、作物生产潜力、农作物种质资源、作物生态适应性、混林农业、草地资源和生物灾害综合防治），最后是发展旱地农业的途径。在本书中，旱地耕作已分别在水分管理和其他章节中论述，故未列专章。由上述内容可以看出，本书涵盖了旱地农业的各个方面，从完整性及全面性来看，迄今尚无此类专著面世。

第二，深入。本书各章作者多是这方面的专家，已有多年的研究工作累积和实际经验，所撰写的内容入木三分。有些年青作者，虽然难与老专家相比，但他们广泛阅读文献，勇于实践，不少人参加过有关旱地农业水肥管理方面的研究项目，有一定的经验累积。每人在动笔之前，又广泛征询意见，反复修改提纲。成竹在胸，挥洒自如，撰写的各章都有新颖内容和特色。



第三,有据。我们发现国内不少书籍是信手之作,随笔写来,不重视资料来源,也缺乏引用文献的习惯。为了和国际出版物相匹配,在编写本书时,我们提出了正本清源、言之有据的目标,要求作者数据注出处,图表标来源,论据以文献为支撑。这是一项艰苦的工作,不少作者因此而多次返工。除了作者努力外,在校对本书清样时,我们又对各章引文进行了认真查对,按照同一格式全部改编了全书的参考文献,使其更为完善。现在看来,这一目标已基本达到,撰写的各章均以大量试验资料为依据,以大量文献为支撑(不少文章引文达百篇以上),立论有据,言无虚发或臆断。

以上几点算是本书的特色。但本书更重要的特色还是内容的丰富和完善,科学性与实用性的紧密结合。

感谢中国农业出版社将本书列入中华农业科教基金资助图书出版。贺志清女士担任本书责任编辑,人如其名,志高气清,忠于职守,对工作极端负责;熟悉农业而精于编审,以女同志天赋的细心和编辑特有的洞察力审视本书。每章每节她都逐字逐句审读,修改文句,纠正错字,改正标点,质疑科学问题,统一文稿格式。书稿经过其手,面目全新。本书的顺利出版凝聚着她的大量心血。

本书是在国家自然科学基金重大项目(49890330),重点项目(30230230)和国家自然科学基金面上项目(30070429, 39770425)连续资助以及国家重点基础研究专项经费(G1999011707)资助下完成的。没有这些项目的支撑,研究无法进行,著书立说无源无本。在本书付印之际,我们对这些单位的关心、爱护和支持表示衷心诚挚的感谢。

李生秀

2003年5月于西北农林科技大学

# 目 录

## 前言

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 第一章 旱地农业在世界农业中的地位 .....     | 1  |
| 第一节 世界旱区的划分、类型和分布 .....     | 2  |
| 一、旱地和旱区 .....               | 2  |
| 二、旱区的划分指标和类型 .....          | 3  |
| 三、旱区的类型和分布 .....            | 4  |
| 四、各大洲旱区的主要特点 .....          | 7  |
| 第二节 干旱的概念和类型 .....          | 11 |
| 一、气象干旱 .....                | 13 |
| 二、农业干旱 .....                | 14 |
| 三、水文干旱 .....                | 14 |
| 四、社会经济干旱 .....              | 14 |
| 第三节 旱地农业地区的分布、面积和土地利用 ..... | 15 |
| 一、分布和面积 .....               | 15 |
| 二、土地利用 .....                | 17 |
| 第四节 世界旱地农业的共同特点 .....       | 18 |
| 第五节 世界旱地农业存在的问题及其发展前景 ..... | 21 |
| 一、各国旱地农业发展不平衡 .....         | 21 |
| 二、土地普遍沙化 .....              | 22 |
| 三、人口压力 .....                | 22 |
| 四、水资源不足、灌溉困难、利用浪费 .....     | 23 |
| 第六节 世界旱地农业生产经验 .....        | 23 |
| 一、集水 .....                  | 24 |
| 二、蓄水 .....                  | 25 |
| 三、保水 .....                  | 29 |
| 四、提高水分利用效率 .....            | 31 |
| 五、提高灌水利用效率 .....            | 34 |
| 六、改善生态条件 .....              | 35 |
| 七、重视旱地农业科学研究 .....          | 36 |
| 八、制订有利于发展旱地农业的政策和法规 .....   | 36 |
| 第七节 旱地农业在未来世界农业中的地位 .....   | 37 |
| 参考文献 .....                  | 40 |
| 第二章 中国旱地农业的分布和类型 .....      | 44 |
| 第一节 旱地农业及其在我国中的地位 .....     | 44 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 一、旱地农业的内涵 .....            | 44 |
| 二、旱地农业区在我国的重要地位 .....      | 45 |
| 第二节 中国旱地农业区的分布及其类型 .....   | 46 |
| 一、中国干旱、半干旱地区的范围和界限 .....   | 46 |
| 二、中国旱地农业区的范围及类型分区 .....    | 48 |
| 第三节 中国旱农地区自然资源特点 .....     | 51 |
| 一、土地资源丰富, 土壤类型多样 .....     | 52 |
| 二、干旱少雨, 地上地下水资源分布不均 .....  | 52 |
| 三、光热资源生产潜力大, 雨热同期 .....    | 53 |
| 四、生物资源种类繁多, 经济价值高 .....    | 55 |
| 五、丰富的矿产资源和能源 .....         | 55 |
| 第四节 中国旱地农业的可持续发展 .....     | 55 |
| 一、旱地农业发展的指导思想和方向 .....     | 55 |
| 二、旱地农业可持续发展的主要对策 .....     | 56 |
| 参考文献 .....                 | 59 |
| 第三章 中国旱地气候资源 .....         | 61 |
| 第一节 中国干旱半干旱带的分布 .....      | 61 |
| 一、中国干旱半干旱带的自然地理环境 .....    | 61 |
| 二、中国干旱半干旱带的分布 .....        | 62 |
| 三、中国干旱半干旱带的主要气候特征 .....    | 62 |
| 第二节 干旱区 .....              | 62 |
| 一、水分资源 .....               | 63 |
| 二、光能资源 .....               | 66 |
| 三、热量资源 .....               | 68 |
| 四、气象资源 .....               | 70 |
| 第三节 半干旱区 .....             | 71 |
| 一、水分资源 .....               | 71 |
| 二、光能资源 .....               | 72 |
| 三、热量资源 .....               | 72 |
| 四、气象资源 .....               | 73 |
| 第四节 半湿润易旱区 .....           | 73 |
| 一、水分资源 .....               | 73 |
| 二、光能资源 .....               | 74 |
| 三、热量资源 .....               | 74 |
| 第五节 中国干旱半干旱地区的主要气候灾害 ..... | 74 |
| 一、干旱 .....                 | 74 |
| 二、雨涝 .....                 | 75 |
| 三、干热风 .....                | 76 |
| 四、霜冻 .....                 | 76 |
| 五、冰雹 .....                 | 76 |
| 第六节 评价与对策 .....            | 77 |
| 一、合理开发利用气候资源 .....         | 77 |

|                                                   |            |
|---------------------------------------------------|------------|
| 二、努力开发太阳能和风能资源 .....                              | 78         |
| 三、认真解决本区干旱问题 .....                                | 78         |
| 四、加强绿洲气候研究 .....                                  | 78         |
| 五、制定切合实际的开发建设规划 .....                             | 79         |
| 参考文献 .....                                        | 79         |
| <b>第四章 中国旱地土壤 .....</b>                           | <b>81</b>  |
| 第一节 中国干旱农业区土壤类型与分布 .....                          | 81         |
| 一、中国干旱农业土壤系统分类 .....                              | 81         |
| 二、中国干旱农业区土壤分布 .....                               | 83         |
| 第二节 旱地土壤主要成壤过程 .....                              | 85         |
| 一、人为因素成壤过程 .....                                  | 85         |
| 二、腐殖质化过程 .....                                    | 86         |
| 三、干旱土成壤过程 .....                                   | 86         |
| 四、盐渍化过程 .....                                     | 86         |
| 五、钙化过程 .....                                      | 86         |
| 六、黏化作用 .....                                      | 87         |
| 第三节 主要土壤性态与生产特征 .....                             | 87         |
| 一、灌溉土 (Irrigation-warping soil) .....             | 87         |
| 二、土垫旱耕人为土 (Earth-cumulic orthic anthrosols) ..... | 90         |
| 三、肥熟旱耕人为土 (Fimic orthic anthrosols) .....         | 93         |
| 四、均腐土 (Isohumisols) .....                         | 95         |
| 五、淋溶土 (Luvisols) .....                            | 98         |
| 六、干旱土 (Aridisols) .....                           | 101        |
| 七、盐成土 (Halosols) .....                            | 105        |
| 八、新成土 (Entisols) .....                            | 106        |
| 九、砂 (石) 田 (Sandy or Stone land) .....             | 111        |
| 第四节 中国旱农地区的灾害与问题 .....                            | 113        |
| 一、干旱 .....                                        | 114        |
| 二、风沙 .....                                        | 114        |
| 三、土壤盐渍化 .....                                     | 115        |
| 四、水土流失 .....                                      | 115        |
| 五、土壤瘠薄 .....                                      | 116        |
| 参考文献 .....                                        | 116        |
| <b>第五章 中国西北内陆盐渍土 .....</b>                        | <b>118</b> |
| 第一节 土壤盐渍过程 .....                                  | 118        |
| 一、盐化过程 .....                                      | 118        |
| 二、碱化过程 .....                                      | 120        |
| 三、次生盐渍化过程 .....                                   | 120        |
| 第二节 盐渍土主要发生类型和分布 .....                            | 121        |
| 一、盐渍土主要发生类型 .....                                 | 121        |
| 二、盐渍土主要分布区域 .....                                 | 126        |