



UNDP-CPR/91/114
旱地农业技术系列丛书



北方旱区农业节水技术

王龙昌 贾志宽 主 编



 世界图书出版公司

CPR/91/114 旱地农业技术系列丛书

北方旱区农业节水技术

王龙昌 贾志宽 主编

中国水利水电出版社
西安 北京 上海 广州

(陕)新登字 014 号

CPR/91/114 旱地农业技术系列丛书

北方旱区农业节水技术

王龙昌 贾志宽 主编

焦毓本 杨宗武 责任编辑

世界图书出版公司 出版发行

(西安市西木头市 34 号 邮编:710002)

西北农业大学印刷厂印刷

开本:850×1168mm 1/32 印张:9.8 字数:236 千字

1998 年 6 月第 1 版 1998 年 6 月第 1 次印刷

印数:001~6000 册

ISBN 7-5062-2633-2/S·72

定价:18.00 元

CPR/91/114 旱地农业技术系列丛书指导委员会

主 任 魏益民

副主任 王立祥 韩靖国

委 员 (按姓氏笔画为序)

马云瑞 马建荣 王立祥 李 靖 李立科 宋尚友
杨改河 贾志宽 贾金龙 高世铭 韩靖国 魏益民

CPR/91/114 旱地农业技术系列丛书编委会

主 任 魏益民

副主任 杨改河 王鹏新

委 员 (按姓氏笔画为序)

丁建懿 王鹏新 王龙昌 兰晓泉 毕研光 花 蕾
杨改河 邱 凌 罗 静 贾金龙 樊廷录 魏益民

西北旱地农业系列丛书由联合国开发计划署(UNDP)援华技术项目(中国西北旱作地区持续农业体系研究示范与推广(CPR/91/114))(实施单位组织编写,联合国开发计划署资助出版,联合国粮食及农业组织(FAO)、中华人民共和国农业部(MOA)和中国国际经济技术交流中心(CICETE)负责执行并指导。

本书编委会

主 编：王龙昌 贾志宽

编著者：（按姓氏笔划排列）

王龙昌 王俊鹏 马 林

龙明秀 李 军 杨世琦

贾志宽 廖允成 谢晓玉

审 稿：王立祥

序 言

在我们生活的地球上,约占地球陆地面积 34.9% 的地区,天然降水不足,地下水资源短缺,无法进行灌溉,属于旱作农业区。

目前,世界人口出生率有所下降,某些国家的水资源短缺状况会有所好转,但工业、农业和生活用水仍很紧张,水资源的不合理开采和浪费现象十分严重,缺水的人数还会继续增长。到 2050 年,全世界生活在缺水状态下的人数有可能增加到 20 亿。在未来 50 年里,全世界至少有 1/4 的人口将面临水资源短缺的危胁。

我国北方和西北地区是水资源严重欠缺的地区。近年来,旱情连年发生,旱区范围趋于扩大,水的供需矛盾极为突出。借助于现代科学技术,提高有限水资源的利用效率,是解决水资源短缺的唯一途径。发展旱地农业,提高天然降水的利用效率,发展节水灌溉技术,势在必行。

中国西北地区滞后发展的主要原因在于恶劣的自然条件、人口的不断增长及农业用水资源短缺等多重压力。西北地区约占中国国土面积的 31.0%,绝大多数地区年降雨量低于 500mm,许多地区的年蒸发量大于降雨量;水土流失与土地沙化严重;一些地区经常发生人畜饮水短缺现象,至今仍有一部分群众生活比较艰苦。发展旱地农业对保证干旱地区的粮食自给、摆脱贫困、改善生态环境、节约水资源和持续发展有着举足轻重的作用。

《中国西北旱作地区持续农业体系研究、示范与推广》项目是由联合国开发计划署(UNDP)援助,中国国际经济技术交流中心(CICETE)执行,中华人民共和国农业部(MOA)、联合国粮农组

织(FAO)负责实施。项目受援单位是西北农业大学、甘肃省农业科学院、陕西省农业科学院、青海省农林科学院、宁夏农林科学院、新疆农业科学院。项目于1993年9月启动实施。

联合国开发计划署援助中国西北地区这一项目,旨在通过引进旱地农业技术和方法,与本地经验和农业生产技术相结合,在黄土高原的不同地区,依据持续性发展和保护农民利益的原则,开发不同作物最佳管理措施,建立一种有效的、基层组织参与的推广体系。通过发展和采用生态学上健全的、经济上实用的农业生产技术,达到减轻地区贫穷和保证粮食自给的最终目的。

联合国开发计划署(UNDP)驻华代表贺尔康(Arthur N. Holcombe)先生在致项目受援单位的信中指出,西北五省区项目受援单位的科技人员为帮助成千上万户农民摆脱贫困做出了杰出的贡献,为在中国广阔的干旱半干旱地区实现可持续发展取得了巨大的成就。在迈向二十一世纪之时,人们应该认识到,为了保证粮食的基本需求和在生态条件脆弱的干旱半干旱地区实现农业的可持续发展所面临的挑战。联合国开发计划署将会继续支持中国实现农业可持续发展及摆脱贫困的战略。

《旱地农业技术系列丛书》由《中国西北旱作地区持续农业体系研究、示范与推广》项目实施单位组织编写,联合国开发计划署资助出版,联合国粮农组织、中华人民共和国农业部和中国国际经济技术交流中心负责执行并给予指导和帮助。

《旱地农业技术系列丛书》是项目受援单位的科技人员多年来在研究、示范、推广农业技术工作中的研究论文、技术报告及工作经验的总结。丛书经作者和编者反复讨论、加工、修改,编辑而形成的集技术性与实用性为一体的专业手册,主要为农业技术管理工作、农技人员和农民服务,是发展旱作农业、生态农业、可持续农业的好教材,是从事这一领域研究人员富有价值的参考书。

愿《旱地农业技术系列丛书》将《中国西北旱作地区持续农业

体系研究、示范与推广》项目在研究、示范、推广及项目管理方面取得的成果、技术和经验得到更广泛的交流和传播,希望有更多的学者和国际社会能够研究和支持中国的粮食自给、增加农民经济收入、摆脱贫困、保护生态环境和农业可持续发展战略和方针,为二十一世纪中国干旱半干旱地区、西北地区的发展作出较大贡献。

路 明

1998 年 2 月 16 日

前 言

我国北方旱区系指淮河、秦岭及昆仑山以北水分收不抵支的广大区域。涉及 16 个省(市、自治区),总土地面积约 542km^2 , 占全国土地面积的一半以上,其中有耕地 5133 万公顷,约占全国总耕地的 51%,耕地中没有灌溉条件的旱地约占本区耕地的 65%。

我国是地表水、地下水资源均比较紧缺的国家,人均占有的淡水资源仅及世界人均占有量的 $1/4$,而北方旱区缺水问题则尤为突出。水分不足构成本区农业生产的重要制约因素,也是许多地区低产、贫困的直接原因。针对我国人口膨胀,资源短缺,社会发展对农产品需求与日俱增的情势,国务院通过的《中国 21 世纪议程》指出,中国的农业与农村要摆脱困境,必须走可持续发展的道路。这就对北方旱区农业提出了更新、更高的要求。为充分挖掘旱区农业资源的生产潜力,增强农业可持续能力,走节约用水、高效用水之路则属势在必行。

本书将北方旱区传统农业技术与近年来科学研究和生产实践的最新成果有机结合,系统地论述了北方旱区农业节水增产技术。其内容包括旱地集水聚流工程技术、农田蓄水保墒耕作技术、农田培肥技术、化学抗旱保水技术、北方旱区节水灌溉技术和北方旱区农业综合增产技术体系等七个方面。全书将基本理论与应用技术融为一体,注重系统性、新颖性和实用性,既可用于指导旱区农业推广人员和农民从事生产管理活动,又可作为农业院校师生和广大科研人员的参考书。

本书编著分工为:第一章,李军;第二章,廖允成、杨世琦;第三章,王俊鹏;第四章,龙明秀;第五章,王龙昌、贾志宽;第六章,马林、贾志宽;第七章,谢晓玉、王龙昌。全书由王龙昌、贾志宽统稿,

中国耕作制度研究会副理事长、西北农业大学干旱半干旱研究中心名誉主任王立祥教授审稿。

本书的出版得到联合国开发计划署援华技术项目“中国西北旱作地区持续农业体系的研究、示范与推广”(UNDP-CPR/91/114)的大力支持。在撰稿过程中参阅了大量的文献,在此谨向有关作者致以谢意。

由于时间仓促,加之编著人员知识面和经验所限,不妥之处在所难免,恳请广大读者不吝指正。

编著者

1997年10月31日

目 录

第一章 旱地集水聚流工程技术·····	(1)
第一节 旱地集水聚流工程技术应用与发展概况·····	(1)
一、集水聚流工程技术在旱区农业中的地位·····	(1)
二、北方旱区集水聚流工程技术应用与发展概况·····	(2)
第二节 径流集蓄农业工程技术·····	(4)
一、水窖·····	(5)
二、涝池、塘坝·····	(13)
三、引洪漫地·····	(14)
四、淤地坝·····	(16)
第三节 农田集雨增墒工程技术·····	(24)
一、梯田·····	(24)
二、鱼鳞坑植树·····	(37)
三、水平沟植树·····	(38)
四、山地水平沟耕作法·····	(39)
五、垄作区田耕作法·····	(39)
六、垄沟种植法·····	(41)
七、抗旱丰产沟耕作法·····	(42)
八、蓄水覆盖丰产沟耕作法·····	(45)
第二章 农田蓄水保墒耕作技术·····	(46)
第一节 北方旱区农田土壤水分状况及其土壤耕作的 技术原理·····	(46)
一、北方旱区农田土壤水分状况·····	(46)
二、北方旱区土壤耕作的技术原理·····	(49)
第二节 农田蓄水耕作技术·····	(55)
一、翻耕法·····	(55)

二、深松耕法·····	(59)
三、旋耕法·····	(61)
四、少免耕法·····	(62)
第三节 农田保墒耕作技术·····	(70)
一、耙耱保墒·····	(71)
二、镇压保墒及提墒·····	(73)
三、中耕保墒·····	(76)
第四节 农田覆盖耕作技术·····	(77)
一、秸秆覆盖·····	(77)
二、地膜覆盖·····	(85)
三、砂田覆盖·····	(97)
第五节 旱地蓄水保墒耕作技术体系·····	(102)
一、“四水一早”耕作技术体系·····	(102)
二、“四早三多”耕作技术体系·····	(104)
三、“秋耕壮垡,三墒整地”耕作技术体系·····	(105)
第三章 农田培肥技术·····	(107)
第一节 农田培肥的原理和依据·····	(107)
一、土壤肥力及其培育·····	(107)
二、北方旱区农田土壤肥力现状·····	(108)
三、土壤培肥与蓄水保墒及用水效率的关系·····	(111)
第二节 北方旱区农田培肥的主要途径·····	(113)
一、重视生物养地,实行合理轮作·····	(113)
二、增施有机肥料·····	(122)
三、合理施用化学肥料·····	(138)
四、有机肥、化肥配合施用·····	(146)
第三节 肥料的合理施用·····	(148)
一、合理施肥的基本原理·····	(148)
二、肥料合理施用的依据·····	(151)

三、配方施肥	(154)
四、肥料的施用时期及方式	(156)
第四章 化学抗旱保水技术	(159)
第一节 抗旱化学制剂基本概况	(159)
一、抗旱化学制剂研究与应用回顾	(159)
二、抗旱化学制剂分类与节水原理	(165)
第二节 主要化学抗旱保水制剂应用技术	(172)
一、土面保墒增温剂	(172)
二、吸水剂	(177)
三、抗旱剂一号	(182)
四、钙—赤(Ca—GA)合剂	(185)
五、水分蒸发抑制剂	(189)
六、ABT生根粉	(191)
第五章 机械化旱作农业技术	(194)
第一节 机械化在旱地农业中的地位和作用	(194)
第二节 机械化旱作机具概况	(197)
第三节 机械化旱作农业适用技术	(204)
一、机械化沟播种植技术	(204)
二、机械化丰产沟种植技术	(206)
三、机械化地膜覆盖技术	(209)
四、机械化小麦地膜覆盖穴播技术	(213)
五、机械化深松覆盖免耕沟播技术	(218)
六、机械化坐水补墒播种技术	(222)
第六章 北方旱区节水灌溉技术	(225)
第一节 北方旱区水资源与农业灌溉概况	(225)
一、北方旱区水资源状况	(225)
二、北方旱区农业灌溉现状	(228)
第二节 节水型农业灌溉技术与节水灌溉制度	(233)

一、节水灌溉技术的含义	(233)
二、节水灌溉技术分类	(234)
三、节水灌溉的增产机制	(235)
四、节水灌溉制度	(236)
第三节 北方旱区节水灌溉适用技术	(240)
一、改进地面灌溉技术	(240)
二、低压管道灌溉技术	(245)
三、喷灌技术	(249)
四、微灌技术	(256)
五、地下灌溉技术	(264)
六、渠道防渗技术	(265)
七、节水灌溉管理新技术	(267)
第七章 北方旱区农业综合节水增产技术体系	(270)
第一节 北方旱地主要农作物高产栽培技术体系	(270)
一、旱地冬小麦高产栽培技术体系	(270)
二、旱地春小麦高产栽培技术体系	(272)
三、旱地春玉米高产栽培技术体系	(274)
四、旱地甘薯高产栽培技术体系	(276)
第二节 北方旱作农业节水增产配套技术体系	(279)
第三节 北方旱作农区农牧业优化节水技术	(286)
第四节 北方灌溉农区作物高产节水灌溉技术	(291)

第一章 旱地集水聚流工程技术

第一节 旱地集水聚流工程技术应用与发展概况

一、集水聚流工程技术在旱区农业中的地位

我国北方旱区包括 16 个省、自治区、直辖市的 741 个县(市),耕地面积 5133 万公顷,约占全国耕地面积的 51%,北方旱区多年平均降水量约 200mm 左右,为全国平均降水量的 1/3;年降水总量约 6000 亿立方米,占全国降水总量的 1/10;多年平均径流量为 3800 亿立方米,占全国平均径流量的 1/7。水资源的匮乏对工农业生产和人民生活带来了极大威胁。

北方旱区降水的基本特征是:年降水量少,年际变化大,年内分布不均,暴雨集中,易造成水土流失。多年平均降水量 100mm~700mm,多雨年的雨量为少雨年的 3 倍~4 倍,多雨年降雨量可达平均年降雨量的 140%~170%,少雨年降雨量只有平均年降雨量的 35%~65%,年降雨变率高达 15%~30%,6 月~9 月的雨季降雨量占年降雨量的 60%~75%,冬春少雨,易发生春旱,夏秋雨季降雨多以暴雨形式出现,降雨强度大,常达每分钟 1mm,历时 20 分钟~30 分钟,较大暴雨可达 24 小时降雨 160mm~200mm,造成严重的水土流失和洪水灾害,农田作物对降水有效利用率低。冬春季节和少雨年份则降水稀少,多为小于 5mm 的无效降水,农田

作物难以有效利用。由于干旱少雨和降水有效性差,北方旱区农田水分难以满足作物生长发育的需要,旱地农作物受到不同程度的干旱胁迫,产量低下,许多地区粮食产量仅 750kg/公顷~150kg/公顷,粮食的低产难以满足人口日益增长对粮食的需求。同时,由于降水稀少,地表水欠缺或难以利用,地下水埋藏深,许多地区人畜饮水发生极度困难。缺水与缺粮使得北方旱区不少地区难以摆脱贫困落后面貌。以“苦甲天下”著称的“两西”地区就是一例。

针对上述水资源严重匮乏的实际情况,在北方旱区采取旱地集水聚流工程技术,实施降水在时间上和空间上的聚集蓄存,可有效地缓解干旱缺水的严峻局面。降水的时间聚集指把降水季节多余的降水集蓄起来,以满足缺水季节农业生产的需要。降水的空间聚集指年降水量较少和作物生长季节降水不能满足作物生长发育需要的地区,把地表上较大面积的少量降水聚集到小块耕地上或池塘、水窖内,以满足耕地作物生产对水分的需要,以便获得较高而稳定的产量,同时为饮用水欠缺地区的人畜生活用水提供有效保障。

我国北方旱区地形多丘陵沟壑,农田坡耕地比重很大,雨季坡地径流易造成严重的水土流失。在坡地上采用集水聚流工程技术不仅可以拦截径流,蓄水保水,并且可以有效地减轻土壤和养分的流失。因此,旱地沟坡治理工程技术也属于集水聚流工程技术范畴。

二、北方旱区集水聚流工程技术应用与发展概况

旱地集水聚流工程技术是指在干旱地区采取工程措施聚集有限降水拦截雨季径流为农业生产和人畜生活用水服务的技术措施。在降水量稀少、降水季节分布不均、降水变率大、无效降水和高强度降水多的干旱地区,采用这些技术,可以将大面积土地上的降水径流集中到农田,达到雨量增值的目的,或将无法预测的不稳定

的间断降水蓄存到农田或池塘中,满足作物生长对水分的连续性需要,起到降雨调蓄的作用。因而,这是一项通过人工措施影响降水的再分配,达到时间上和空间上对降水进行有效调剂,充分高效地利用有限降水资源,促进旱地农业稳产高产的重要技术措施。

旱地集水聚流技术是干旱地区发展径流农业(或称聚流农业、集水农业)的基础。所谓径流农业或聚流农业、集水农业就是充分利用现有的降水资源和径流资源把集水技术与农业生产相结合的农业生产技术的总称。利用集水聚流技术发展径流农业是一种古老的农业生产技术,已有数千年的发展历史。古代中东地区农民利用集水聚流技术使平均年降水量仅为 100mm 的荒漠地区的农业得到了发展。墨西哥、印度、澳大利亚等许多国家现在修建了径流集水场,为农田作物提供灌溉和为人畜生活用水提供保障。

我国传统的旱地农业集水工程技术的发展也有相当长的历史,如场院旱井(水窖)、沟头涝池、谷坊、淤地坝、引洪漫水、水平梯田和反坡梯田集水工程措施已在黄土高原有数百年至上千年的应用历史。如梯田起源于清康熙年间,至今仍有 600 年历史的梯田 173.3 公顷,而历史上遗留下的梯田面积达 6 万余公顷。山西、陕西境内仍保留有 400 多年前修筑的淤地坝。春秋战国时期就已有引洪漫地工程技术的应用。水窖起源于明代,涝池、塘坝起源于西周和春秋时期。这些集水聚流工程技术措施在一定程度上能够起到减轻水土流失,增加农田蓄水,解决人畜用水的作用,在黄土高原地区得到了广泛的应用。据黄委会农水局统计,截至 1991 年,黄河流域累计完成梯田 338.7 万公顷,其中甘肃、陕西、山西面积最大,均超过 66.7 万公顷,有淤地坝 10 万多座,淤地面积 29.9 万公顷。据有关部门 1985 年统计,黄土高原地区共有水窖 150 万眼,总容量 5866 万立方米,主要分布在山西右玉—陕西定边—宁夏同心—甘肃定西—兰州一线附近的干旱苦水地区,其次为山西乡宁—陕西洛川—甘肃西峰—平凉一线附近地下水较深的黄土高塬沟壑