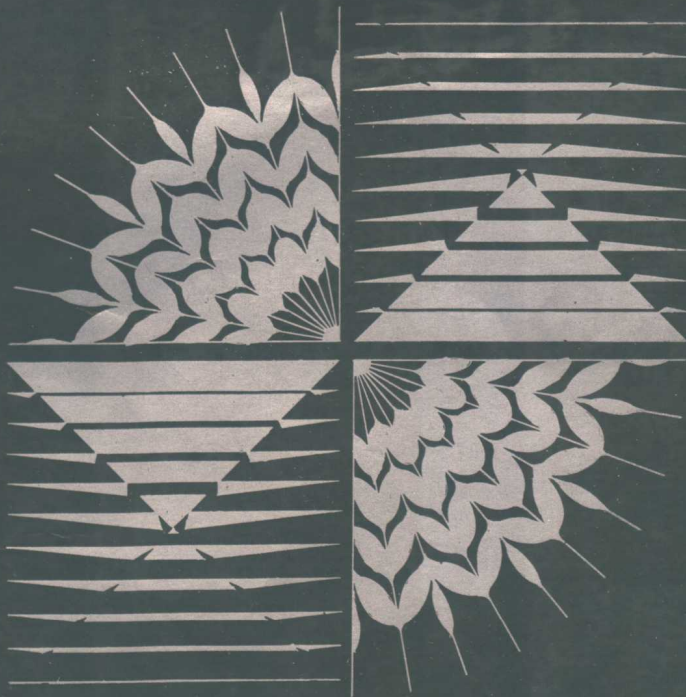


土壤物理与农业持续发展

庄季屏 主编



科学出版社

土壤物理与农业持续发展

主 编 庄季屏
副主编 俞劲炎
张学询

科 学 出 版 社

1995

(京)新字 092 号

内 容 简 介

本书是 1992 年 10 月在山东泰安召开的全国第五届土壤物理学术讨论会论文集。全书共收入论文 37 篇,约 34 万字。内容涉及以下六个方面:(1)区域土壤水分及其调控管理;(2)灌溉与排水;(3)土壤水动力学与数学模型应用;(4)农业土壤物理性质;(5)测试仪器及方法;(6)溶质运移及其他。

本书出版目的是使土壤物理学科更好地为国民经济建设服务,并推动我国农业持续发展。文集基本可以反映我国土壤物理研究的最新进展和近期的部分成果,不仅具有一定理论意义,对生产实践也有较大的应用价值,可供土壤、农林、水利等专业的科研、管理人员及有关大专院校的师生参考。

土壤物理与农业持续发展

主 编 庄季屏

副 主 编 俞劲炎
张学询

责任编辑 李桂芝

科 学 出 版 社

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

中国科学院沈阳分院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

*

1995 年 12 月第一版 开本:787×1092 1/16

1995 年 12 月第一次印刷 印张:16 2/5

印数:0 001—1 000 字数:340 000

ISBN 7-03-005533-0/S 176

定价:20 元

《土壤物理与农业持续发展》

编辑委员会

主 编：庄季屏

副主编：俞劲炎 张学询

编 委：（以姓氏笔划为序）

王仕新 庄季屏 刘作新

李玉山 李桂芝 严长生

张学询 周礼恺 姚贤良

俞劲炎 崔剑波

SOIL PHYSICS AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF AGRICULTURE

Editorial Committee

Chief editor: Zhuang Jiping

Vice-chief editors: Yu Jinyan

Zhang Xuexun

Members: Wang Shixin

Zhuang Jiping

Liu Zuoxin

Li Yushan

Li Guizhi

Yan Changsheng

Zhang Xuexun

Zhou Likai

Yao Xianliang

Yu Jinyan

Cui Jianbo

序

发展持续农业是当前全世界农业建设面临的一个基本课题；对于人口众多，土壤资源不足，土壤退化问题较多的中国来说就更为紧迫。众所周知，当自然环境和土壤自然理化、生物学属性存在不同程度的限制性因素时，就会降低土壤农业利用的适宜性等级，降低农业经营的集约化程度，降低生产力。如果盲目地对土壤采用不合理的利用方式，缺乏针对性的科学管理和改良措施，将使土壤障碍因素进一步扩大，肥力退化，生态环境劣变，农业生产愈加低而不稳。只有认识和掌握了土壤的环境条件及土壤属性的特点，加以合理利用并采用科学管理和改良技术措施，才能减轻或消除土壤的限制性，提高土壤肥力，保持良好生态环境和农业持续增长。显然，土壤科学工作者在认识土壤限制因素，评价土壤利用适宜性，研究土壤科学管理和改良技术方面，负有不可推卸的责任，在国家持续农业建设工作中理应作出自己的贡献。

1992年10月，由中国土壤学会土壤物理专业委员会在山东泰安召开的以“土壤物理和农业持续发展”为主旨的学术讨论会和由本书编辑委员会选编的这一论文集的内容，充分体现了土壤科学工作者对推动我国农业持续发展的建设精神。它说明近年来我国土壤物理工作者在这方面已经作出了不少成绩，有的在科研和农业生产实践中证明了确是行之有效的。例如：针对中国北方大面积的干旱、半干旱、半湿润偏旱地区黄绵土、褐土、黑土等土壤水分不足，物理性质容易退化，造成农业生产低而不稳，引起水土流失等问题，研究了各种针对性的科学管理和改良的技术措施，包括多种节水技术如调整灌溉时期、灌溉方法、实行轮作调控、耕作技术调控、以肥调控、生态调控、地膜覆盖、秸秆覆盖等；对红壤的结构和库容及其抗旱性能的研究；为防止物理性退化和水土流失，研究了红壤地区大环境农业综合治理和开发，此外，还有许多涉及土壤物理性的基础性研究和测试技术研究，对提高土壤科学管理技术也是有重要意义的。

应该认识到农业持续发展的涵义，是指广泛的大农业，它不仅对种植业要求保有持续增长的生产力，并维护好良好的生态环境，而且对各种不同自然环境条件，不同类型土壤上经营的林业、牧业以及林农、林牧、农牧、农林牧等复合农业也应该有同样的要求。希望在全国各地区多种多样的土壤上有更多的土壤科学工作者参加此项有重要意义的工作，为我国农业持续发展作出更大的贡献。

唐耀光

1995年6月26日

于沈阳农大

前 言

在人类即将步入 21 世纪的前夕,随着人口日益增长和经济飞速发展,粮食紧缺、环境污染已经成为最迫切需要解决的两大全球性问题。

当代土壤物理学要求运用物理学的原理和方法来描述土壤特性并探讨包括物质循环和能量转移在内的土壤过程。为此,最近十几年来,国际土壤物理研究的方向已经逐渐从单纯的农业生产问题扩展到更为复杂的环境污染问题;研究对象也不再局限于土表至 2m 深的土层(即传统的根分布层),而是从土表直至地下水面以上的整个非饱和带;研究内容除了农业生产的优化和持续发展外,还包括全球范围水文模型、非饱和流与溶质运移等,特别是近年来才发展起来的优先流(Preferential flow)和多相流(Multiphase flow)的研究备受重视。

土壤物理是我国土壤科学中起步较晚和相对薄弱的一个分支学科。尽管建国以来,土壤物理研究在努力为国民经济建设服务的同时,在学科发展方面也取得了可喜的成绩,但与国际土壤物理近年来的发展相比,还存在着较大的差距。

根据我国国情和具体情况,农业始终是国民经济最重要的基础产业,而农业发展的根本出路,在于科技进步。就土壤物理工作者而言,当前的首要任务是为我国农业持续发展做出应有的贡献,同时也要重视农业地区的生态环境建设,并在此基础上逐步放眼于中国乃至全球资源的永续利用和环境保护。

众所周知,在我国农业持续发展的进程中,粮食生产一直是一个比较严峻的问题。到 2000 年时要在现有基础上再增产 1000 亿斤粮食的任务还很艰巨。根据我国人口增长、土地资源减少的实际情况,粮食增产的主要途径不可能依靠扩大耕地面积,而主要应依靠充分利用自然资源和农业资源、发挥科技进步的作用、挖掘现有农田的增产潜力。鉴于当前我国化肥施用量已达到一定高度,因此,改善农田土壤的物理环境、防止土壤物理退化,对进一步提高中低产田的单位面积产量来说,就更具有重要意义。

1992 年 10 月在山东泰安举行的全国第五届土壤物理学术讨论会,就是在这种形势下召开的。大会的主题是“让土壤物理研究推动农业持续发展”,来自全国各地的 30 多个科研单位、大专院校的 66 名代表参加会议,并进行广泛而热烈的讨论。会议共收到论文 126 篇,其中 44 篇在会上宣读交流。

根据全体与会代表的要求,决定会后正式出版会议论文集,原则上刊登在会上报告的论文,但也适当选用少量未经宣读的论文,总计 37 篇。全书围绕土壤物理与农业持续发展这个主题,内容包括区域土壤水分及其调控管理、灌溉与排水、土壤水动力学与数学模型应用、农业土壤物理性质、测试仪器及方法、溶质运移及其他六个方面,它们基本上可以反映我国土壤物理研究的最新进展和近期的部分成果。

本书在编辑过程中,由于经费拮据和其他原因,进展曾一度延缓,后经主编部门多方努力,始能顺利付印。中国土壤学会自始至终对本书出版给予很大支持和关怀,我国著名土壤学家、德高望重的唐耀先教授还欣然为本书作序,中国科学院自动化研究所编辑室、科学出版社沈阳书店和中国科学院沈阳分院印刷厂为本书编辑出版做了大量工作,本书编委会成员不仅对编辑工作提出许多宝贵意见,还对书稿进行认真、细致的审核。在此谨代表土壤物理专业委员会和土壤物理界同仁,向为本书编辑出版工作给予大力支持和付出辛勤劳动的所有同志表示诚挚的谢意。

庄季屏

1995 年 9 月于沈阳

目 录

序

前言

一 区域土壤水分及其调控管理

从水分条件看我国半干旱地区作物生产的潜力	庄季屏(1)
山东省主要土壤类型的水分状况	
..... 聂俊华 聂宜民 王一川 骆洪义 仲跻秀 王 静(9)	
冀东几种主要土壤水分有效性的研究	王荫槐 戴良香 李法政(16)
豫西一年两熟制旱地的土壤水分利用	张景略 李裕元 张万美 白由路(21)
辽西半干旱地区覆膜播种的增产效应	王仕新 庄季屏(26)
半湿润偏旱区土壤底墒与冬小麦产量的关系	王小彬 高绪科 汪德水(32)
辽西半干旱地区春玉米水分利用效率的研究	张发宝 庄季屏(40)
不同水文年型作物的水肥产量效应与水分利用	李开元 邵明安 李玉山(49)
调控农田黑土水分,实现作物高产稳产	孟 凯 王德禄 刘鸿翔(59)
丘陵红壤旱地水分调控及其对柑桔生长影响的研究	余崇祥 李国满 刘志刚(63)

二 灌溉与排水

利用计算机进行灌溉管理的研究	聂宜茂 聂俊华(69)
设施园艺滴灌应用技术研究	杨金楼 朱济成 计中孚 金福鑫(76)
土壤间歇入渗特性的大田试验研究	樊贵盛 党志良(87)
鲁西小麦合理灌水	王明杰 郑东峰 常明芳 彭玉泉(94)
潜育化稻田开沟排水治渍研究	古汉虎(99)

三 土壤水动力学及数学模型应用

黄土高原台塬区土壤水分在 100—1500kPa 中吸力段的动力学特性	
..... 石玉洁 李玉山(105)	
紫色土水分常数及运动参数的研究	谢德体 魏朝富 杨剑虹 陈绍兰(113)
北方麦田水动态模型研究	田哲旭 王 坚 黄金龙(119)
波涌畦灌运动波模拟及地表水流特性分析	汪志荣 王文焰 沈 晋(126)
浙北平原浅埋地下水对冬小麦生产影响的模拟研究	吕 军 俞劲炎(133)

土壤水能量原理在西北农村窑洞减渗防塌对策研究中的应用	王文焰 张建丰 汪志荣 高 岩 杨志威(139)
----------------------------------	--------------------------

四 农业土壤物理性质

红壤作物易旱与土壤物理性质关系的研究	水建国 罗永进(148)
粘闭对不同有机质含量高产水稻土结构性的影响	朱红霞 姚贤良(152)
德国帕·劳斯特(Bad·Lauchstadt)长期试验地的土壤理化性状和产量结果研究	陈子明(158)
化肥与有机肥配合施用对稻田土壤结构和耕性的影响	刘克樱 黄德凯 陈美凤(165)
施肥及种植方式对土壤物理性状的影响	孙宏德 李 军 安卫红 尚惠贤 朱 平 刘淑环 宋雅茹(172)
栽参土壤的物理特性研究	李志洪 吴培祥 张大军 刘兆荣(177)
广东省海岛土壤颗粒组成特点	梁永奕(182)

五 测试仪器及方法

土壤通气性的电化学指标	丁昌璞(190)
田间水量平衡的估算	刘作新(196)
应用负压计测定土壤蒸发量及有关参数的探讨	王克明 林象琴 张翠珍 邵长泉 孙士宗(203)
作物叶面蒸腾量测试方法的探讨	张 利(210)
小容重范围的土壤总孔隙度计算	赵洪书 姜林杰(213)
沟灌静水入渗仪	孙西欢 张建丰(217)

六 溶质运移及其他

淹水稻田中氮肥的运移	刘培斌 张瑜芳(223)
不同类型吸水剂及其在持续农业中的应用	张秉刚 骆佰胜 卓慕宁 黄湘兰(232)
四川省紫色土磁性研究初报	李映强(243)

CONTENTS

Preface

Introduction

1. Regional Soil Water, Its Regulation and Management

Crop Production Potential in Semiarid Area of Northern China from View Point of Water Supply *Zhuang Jiping* (1)

Moisture Regime of Main Soil Types in Shandong Province

Nie Junhua Nie Yimin Wang Yichuan Luo Hongyi Zhong Jixiu and Wang Jing(9)

Moisture Availability of Main Soils in Eastern Hebei

..... *Wang Yinhai Dai Liangxiang and Li Fazheng*(16)

Soil Water Utilization on Uplands with Two Croppings in West Henan Province

..... *Zhang Jinglue Li Yuyuan Zhang Wanmei and Bai Youlu*(21)

Yield Increasing Effect of Seeding with Plastic Film Cover in Semi-Arid Area of West Liaoning *Wang Shixin and Zhuang Jiping*(26)

Relationship between Soil Water Storage and Winter Wheat Yield in Rainfed Agricultural Area *Wang Xiaobin Gao Xuke and Wang Deshui*(32)

Water-Use Efficiency of Spring Maize in Semi-Arid Area of West Liaoning

..... *Zhang Fabao and Zhuang Jiping*(40)

Water—Fertilizer—Yield Effect and Water Use in Different Hydrological Years

..... *Li Kaiyuan Shao Mingan and Li Yushan*(49)

Moisture Regulation of Black Soil and Yield Increment on Its Farmland

..... *Meng Kai Wang Delu and Liu Hongxiang*(59)

Moisture Regulation of Hilly Upland Red Soil and Its Effect on Citrus Growth

..... *Yu Chongxiang Li Guoman and Liu Zhigang*(63)

2. Irrigation and Drainage

Irrigation Management with Computer *Nie Yimao and Nie Junhua*(69)

Drip Irrigation Techniques in Greenhouse Culture	
.....	<i>Yang Jinlou</i> <u><i>Zhu Jicheng</i></u> <i>Ji Zongfu and Jing Fuxing</i> (76)
Field Experimental Study on Soil Intermittent Infiltration Property	
.....	<i>Fan Guisheng and Dang Zhiliang</i> (87)
Rational Irrigation for Wheat in West Shandong Province	
.....	<i>Wang Mingjie Zheng Dongfeng Chang Mingfang and Peng Yuquan</i> (94)
Efficiency of Ditch Drainage in Water logging Management of Gleyed paddy Soil	
.....	<i>Gu Hanfu</i> (99)

3. Soil Water Dynamics and Mathematical Models

Dynamics of Soil Water within 100—1500kPa Suction Range in Loess Region	
.....	<i>Shi Yujie and Li Yushan</i> (105)
Moisture Constants and Water Movement Coefficients of Purple Soils	
.....	<i>Xie Deti Wei Chaofu Yang Jianhong and Chen Shaolan</i> (113)
A Soil Water Dynamic Model of Winter Wheat Field In North China	
.....	<i>Tian Zhexu Wang Jian and Huang Jinlong</i> (119)
Kinematic—Wave Model and Characteristics of Surface Water Flow Under Surge Border Irrigation	
.....	<i>Wang Zhirong Wang Wenyan and Shen jin</i> (126)
Effects of High Ground-Water Table on Winter Wheat Production in Northern Zhejiang Province— A Simulation Study	
.....	<i>Lu Jun and Yu Jinyan</i> (133)
Application of Energy Theory of Soil Water on Studies of Preventing Infiltration and Collapse of Cave-Dwelling in Countrysides of Northwest China	
.....	<i>Wang Wenyan Zhang Jianfeng Wang Zhirong and Gao Yan</i> (139)

4. Physical Properties of Agricultural Soil

Relationship between Drought-Susceptibility of Crop and Physical Properties of Red Soil	
.....	<i>Shui Jianguo and Lou Yongjin</i> (148)
Effect of Puddling on Structure of High-Yield Paddy Soil with Different Organic Matter Contents	
.....	<i>Zhu Hongxia and Yao Xianliang</i> (152)
Soil Properties of A Long-Term Experimental Land in Bad Lauchstadt of Germany and Its	

Crop Yield	<i>Chen Ziming</i> (158)
Effect of Mixed Application of Chemical and Organic fertilizers on Soil Constitution and Tilt of Paddy Field	<i>Liu Keying Huang Dekai and Chen Meifeng</i> (165)
Effect of Fertilizer Application and Cropping System on Soil Physical Properties	<i>Sun Hongde</i>
.....	<i>Li Jun An Weihong Shang Huixian Zhu Ping Liu Suhuan and Song Yaru</i> (172)
Physical Properties of Soil Cultivated with Ginseng	
.....	<i>Li Zhihong Wu Piexiang Zhang Dajun and Liu Zhaorong</i> (177)
Particle Composition of Island Soils in Guandong Province	<i>Liang Yongan</i> (182)

5. Instrument and Methodologies

Electrochemical Indexes of Soil Aeration	<i>Ding Changpu</i> (190)
Estimation of Field Water Balance	<i>Liu Zhoxin</i> (196)
Measurement of Soil Evaporation with Tensiometer	
.....	<i>Wany Keming Lin Xiangqin Zhang Cuizhen Shao Changquan and Sun Shizong</i> (203)
An Approach to the Measurement of Crop Leaf Surface Transpiration	<i>Zhang Li</i> (210)
Calculation of Total Porosity of Soils with Smaller Bulk Density	
.....	<i>Zhao Hongshu and Jiang Linjie</i> (213)
Furrow Irrigation Static Water Infiltrometer	<i>Sun Xihuan and Zhang Jianfeng</i> (217)

6. Solute Transport and Others

Migration of N Fertilizer in Flooded Rice Field	<i>Liu Peibin and Zhang Yufang</i> (223)
Types of Water-Absorbents and their Application in Sustainable Agriculture	
.....	<i>Zhang Binggang Luo Bosheng Zhuo Muning and Huang Xianglan</i> (232)
A Preliminary Study on Magnetism of Purple Soil in Sichuan Province	
.....	<i>Li Yingqiang</i> (243)

从水分条件看我国半干旱地区作物生产的潜力

庄季屏

(中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

摘 要 我国北方广大的半干旱地区, 目前作物生产水平很低, 每毫米降水仅生产 $1.7-5.8\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 粮食。如根据当地光热资源及水分条件进行估算, 每毫米降水至少可生产 $5.7-12.6\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ 粮食, 说明对当地气候资源仅开发利用了 25—45%, 尚有巨大的潜力可挖。本文仅从水分条件来探讨开发与挖掘该区作物生产潜力的有效对策, 如充分利用一切可利用的水资源, 强调土壤供水的作用, 提高水分利用效率等, 俾使半干旱地区的农业能够稳定地持续发展。

关键词 半干旱地区 水分利用效率 作物生产潜力

1 引言

随着世界人口的日益增长, 粮食短缺的危机已渐趋迫近。我国粮食生产的前景亦不容乐观, 要在 2000 年达到生产 5000 亿公斤粮食的任务还很艰巨。根据我国的具体情况, 粮食要上新的台阶, 主要应依靠挖掘现有耕地的潜力, 提高单位面积产量。而面积最广、潜势最大的是目前仍停留在中低产水平的我国北方半干旱地区。

由于研究目的和应用对象不同, 国内外对干旱和半干旱地区划分的标准和界线至今并不统一。本文大体上参照中国自然地理区划和农业区划中以年降水量 400mm 等值线作为干湿分界的原则, 并在此基础上稍作调整。所论述的地区, 主要是指我国东北西部、华北和西北各省、区的半干旱地区(包括少部分半干旱至半湿润易旱区的过渡地带)。这一广大地带年平均降水量为 350—600mm, 由于大部分地区仍在东亚季风控制范围内, 所以降雨大都集中在 7—9 月, 一般表现为冬春比较干旱, 夏秋相对多雨。该区年均温 $2-12^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温约为 2000—4000 $^{\circ}\text{C}$, 无霜期 110—200 天; 由于可能蒸散量较大, 所以干燥度可达 1.2—2.0。

本区光热资源尚较丰富, 土地资源有一定优势, 尽管大部分地区丘陵起伏, 但农业土壤大都为发育在黄土性母质上的褐土、塋土、垆土、黄绵土和栗钙土, 土层都较深厚, 盛产玉米、小麦、谷子、棉花、花生、马铃薯等多种作物, 为我国北方重要农业地区之一。虽然在最近十几年内, 化肥投入量已达到一定高度, 但这一地区的产量仍然不高不稳。显然, 除了经济发展不快、技术力量薄弱之外, 水分不足是当地作物生产最大的限制性因素。

根据本区气候资源分析、计算, 说明目前作物生产对自然资源的利用率还很低, 产量的提高还孕育着巨大潜势。尽管本区生长季节水分亏缺的局面难以根本扭转, 但如能从不同层次提高水分利用效率, 并通过各种有效的农业技术措施和水分管理途径来大力挖掘和开发气候资源的生产潜力, 这对提高半干旱地区的作物生产力和推动我国农业持续发展均具有十分重要的意义。

2 降水生产潜力分析

人们在评价某一地区的作物生产力及其对当地降水的利用程度时, 常简单地用每毫米降水所能生产的粮食公斤数来表示。尽管它也有许多不足之处(因为产量是光、热、降水等气候资

源以及耕作管理、施肥水平等综合作用的结果),但还是可以一般地说明该地区的农业生产水平和对气候资源开发利用的现状。

如前所述,我国北方广大半干旱地区年降水量为 350—600mm,根据部分代表性地区的资料⁽⁸⁾初步计算,目前每毫米降水平均仅生产 1.7—5.8kg·ha⁻¹粮食(表 1)。从地区看,辽西、晋东南及渭北地区较高,陕北、甘肃次之,宁夏西南和内蒙古、河北的高寒地区最低;从作物看,每毫米降水生产的玉米公斤数最高,冬小麦次之,谷子和春小麦较低。

表 1 半干旱地区目前作物生产水平

省(区)	地 区	降 水 (mm)	平均产量 (kg·ha ⁻¹)	每毫米降水 生产粮食 (kg·ha ⁻¹)
辽 宁	喀左	500.9	2592.0	5.17
	阜 新	423.0	2460.0	5.82
山 西	屯 留	551.3	2986.5	5.42
陕 西	合 阳	596.3	3060.0	5.13
	澄 城	554.2	2034.0	3.67
	长 武	584.0	1993.5	3.51
	永 寿	590.0		
	乾 县	530.0		
甘 肃	榆 中	406.7	1152.0	2.83
宁 夏	固 原	450.0	868.5	1.93
河 北	张 北	385.0	777.0	2.02
内 蒙 古	武 川	355.1	594.0	1.67

但如果根据当地气候资源来估算作物生产的潜力,就会发现它与当前的生产水平差距很大。本文介绍 FAO 所推举的 Slabbers 在荷兰 Wageningen 国际土地开垦与改良研究所采用的计算方法⁽³⁾,其基本原理为:气候作为一种资源,对作物生产有直接的影响,即认为产量是光、热和水分综合作用的函数:

$$Y = f_1(Q) \cdot f_2(T) \cdot f_3(W)$$

Y——产量, Q——辐射, T——温度, W——水分。

经引入各种订正系数后,写成下列公式:

$$Y = K \cdot CH \cdot CT \cdot G \cdot Y_0 \cdot ET_m / (ea - ed) \cdot [1 - ky(1 - ET_a/ET_m)]$$

式中 K——作物种类校正系数(0.5—2.0)

CH——收获部分的校正系数(0.3—0.9)

CT——温度校正系数(当生育期平均温度在 10—35℃ 范围内为 0—0.6)

G——出苗至收获生育期天数, d

Y₀——某种标准作物干物质总产量, kg·ha⁻¹d⁻¹

$$Y_0 = Fy_0 + (1 - F)y_c$$

F——白天云量覆盖度

y_0 ——一定地区某种标准作物在一全阴天里干物质生产率, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$

y_c ——一定地区某种标准作物在一全晴天里干物质生产率, $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{d}^{-1}$

$(ea-ed)$ ——作物生育期饱和水汽压与实际水汽压之差

ky ——产量反应系数

ETa ——生育期作物实际耗水量(实际蒸散量), mm

ETm ——生育期作物需水量(作物最大蒸散量), mm

$$ETm = Kc \cdot ET_0$$

Kc 为作物系数

ET_0 为可能蒸散量

下面是利用上述公式根据部分地区资料的计算结果^[8]:

表 2 半干旱地区气候生产潜力

省(区)	地 区	目前产量 ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	潜在生产力 ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	开发利用程度 (%)
陕 西	榆 林	1152.0	2617.5	44
	延 安	1656.0	3915.0	42
	铜 川	1993.5	4695.0	42
	渭 北	2293.5	5211.0	44
甘 肃	庆 阳	1470.0	4500.0	33
	平 凉	1186.5	3898.5	30
	定 西	1338.0	3079.5	43
	天 水	1596.0	4977.0	32
山 西	长 治	2986.5	6951.0	43
宁 夏	固 原	868.5	2677.5	32
河 北	坝 上	777.0	2178.0	36
内 蒙 古	后 山	594.0	2347.5	25

由表 2 可见,尽管这些地区的自然条件较差,但按气候资源计算,产量还可以大幅度增长,即每毫米降水的生产潜力可达 $5.7-12.6 \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$,说明当前的生产水平,对气候资源的生产潜力还只开发利用了 25—45%。下面将着重探讨进一步开发利用的途径。

3 土壤供水在潜力开发中的积极作用

在半干旱地区,开发和挖掘作物生产潜力的关键是能否满足作物对水分的需求。为此,除应充分利用降水、地表水和地下水资源外,本文要特别强调对土壤水资源的有效利用,因为就一个农田生态系统来说,不论进入系统的水分来源是大气降水还是灌溉水,都必须转化为土壤储水,才能被作物根系吸收利用。

3.1 土壤供水估算

通常可以利用水量平衡方程,根据土壤储水及部分气象资料,宏观地估算某一地区生长季的供水是否充足^[7,13,14],简化后的公式为:

$$S = P + W_1 - ET_m$$

式中 S 为供水盈亏值, 如 S 为负值, 即表明水分亏缺

P 为生长季降水量

W_1 为一定土层内生长季的起始储水量

ET_m 为生长季可能蒸散量

另一种估算方法则认为作物耗水量(即田间总蒸散量, ET_a)是供水状况的具体反映, 而可能蒸散量(ET_m)相当于作物的需水量。因此, $ET_m - ET_a$ 即为水分亏缺值(mm), 但也可用百分比来表示 ET_a 对 ET_m 不满足的程度, 即所谓水分亏缺率。半干旱地区不同作物农田水分亏缺率见表 3。

3.2 供水与产量

供水情况与产量的关系, 国内外研究甚多, 本文仅从理论上稍作探讨。其关系大致如图 1 所示。图中 Y 为实际产量, Y' 为光温生产潜力, 其他符号同前。

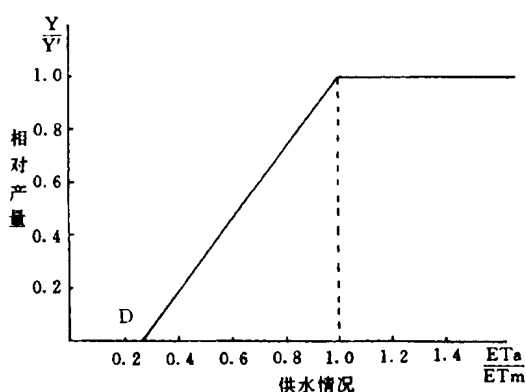


图 1 供水与产量的关系⁽¹⁾

上图表明, 当供水得到充分满足时(即 $\frac{ET_a}{ET_m} = 1$), 产量可达到最高值($\frac{Y}{Y'} = 1$), 亦即当地生产潜力值; 供水低到 D 点时(相当于干燥度 = 4), $\frac{Y}{Y'} = 0$, 表示不可能有任何产量。

当然, 实际情况要复杂得多。因此, 如改用作物耗水量来表示供水与产量的关系, 可能更确切些。如图 2 所示, 在产量不太高($< Y$)的情况下, 产量与作物耗水量(反映农田供水情况)几乎是呈线性正相关(见 OA 段); 当产量达到一定高度($> Y$)时, 产量与耗水量的关系曲线就

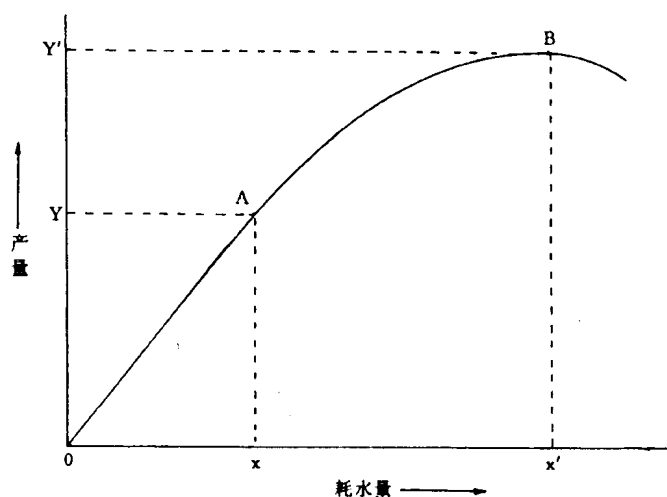


图 2 作物耗水量与产量的关系

呈抛物线型(AB 段), 这时即使供水大量增加, 增产幅度却不大; 当耗水量超过一定量(x')时, 产量甚至有降低的趋势。因此, 可以认为 x 值是在当地条件下要达到一定产量的最低供水量; 而 x' 值是达到高额产量的最适供水量, 应通过各种途径, 争取予以满足。

3.3 充分利用土壤储水

在无灌溉条件时, 半干旱地区作物消耗的水分主要是由有效降水和土壤储水两部分提供。