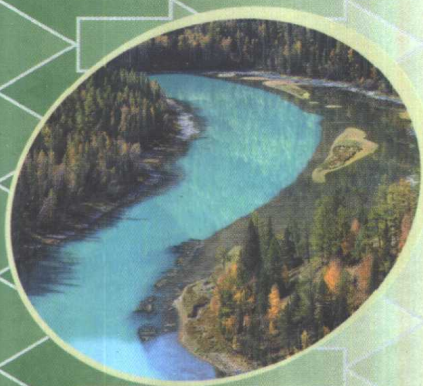


水资源

农业与 可持续发展



绿色科学文库·

资源环境与农业可持续发展

王德荣 张 泽
李艳丽 主编

北京出版社

绿色科学文库·
资源环境与农业可持续发展

水资源 与 农业可持续发展

王德荣 张泽 李艳丽 主编

北京出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

水资源与农业可持续发展/王德荣, 张泽, 李艳丽 主编.
—北京: 北京出版社, 2000
(绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展)
ISBN 7-200-04224-2

I. 水 II. ①王…②张…③李… III. 农业资源: 水资源—
关系—农业经济—可持续发展—研究—中国 IV. F323.213

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 73142 号

绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展

水资源与农业可持续发展

SHUIZIYUAN YU NONGYE

KECHIXU FAZHAN

王德荣 张 泽 李艳丽 主编

*

北 京 出 版 社 出 版

(北京北三环中路 6 号)

邮政编码: 100011

网址: www.bph.com.cn

北京出版社出版集团总发行

新 华 书 店 经 销

北京朝阳北苑印刷厂印刷

*

850×1168 毫米 32 开本 11.625 印张 263 000 字

2001 年 4 月第 1 版 2001 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 7-200-04224-2/S·175

定价: 26.00 元

丛书编委会名单

主 编：杨雍哲 路明

副主编：段武德 陶信成

编 委：	于 丹	王兆骞	王敬国
	王德荣	李清霞	张凤荣
	张洪生	李 博	陈炳浩
	周 健	林而达	顾树华
	徐惠国	袁 海	

本书编委会名单

- 主 编：王德荣 农业部环境保护科研监测所，
研究员
- 张 泽 农业部环境保护科研监测所，
工程师
- 李艳丽 农业部环境保护科研监测所，
助理研究员
- 编 委：潘淑君 农业部环境保护科研监测所，
副研究员
- 李无双 农业部环境保护科研监测所，
助理研究员
- 高怀有 农业部环境保护科研监测所，
助理研究员
- 陈德金 农业部环境保护科研监测所，
助理研究员
- 米长虹 农业部环境保护科研监测所，
助理研究员
- 姚秀荣 农业部环境监测总站，工程师

序

21 世纪,中国农业的发展任务极其艰巨。不仅要持续增产,确保食物安全,发展农村经济,确保农民收入稳定增长,而且还要为国民经济和社会发展提供能源和工业原料。与此同时,中国的农业发展目前面临着资源短缺、环境污染和生态破坏的严峻挑战。因此,中国农业不能再走破坏生态环境、掠夺自然资源、追求短期效益的老路,必须选择培育和保护资源、优化生态环境、提高综合生产能力的可持续发展道路。

农业生产是自然再生产和经济再生产相互交织的过程。良好的农业生态环境以及对自然资源实行合理的开发、利用和保护是实现农业可持续发展的基础和条件。依靠科技进步,挖掘农业资源潜力,提高农业资源利用效率,千方百计减少资源的占用和消耗,提高生态系统的自我恢复能力,增殖自然资源,改善生态环境,已成为实现农业可持续发展的重要途径,也是当今世界农业科技的发展趋势。正如 1996 年世界粮食安全首脑会议曾指出的,以科技为支柱的新的绿色革命必须建立在可持续发展基础之上,这对于我国农业科技工作者更是一项紧迫而长期的任务。

《中国 21 世纪议程》中指出,“科学技术是综合国力的重要体现,是可持续发展的主要基础之一”。我国有历史悠久的农业技术,其主要精华是生态农业。现代农业科学技术的开发、推广和应用,为我国农业发展作出了重大贡献。随着时代的进步,农业科技必须适应现代化的生产方式和生活方式。现代生态农业是 21 世纪农业可持续发展的战略方针和关键

技术。今后农业发展的主要潜力在于发展和应用现代化的生态农业科学技术。《绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展丛书》正是针对这一客观要求,比较全面地从理论研究到技术实践,介绍了关于资源环境与农业可持续发展的国内外最新的理论与技术研究成果;比较系统地阐述了为实现农业可持续发展,对资源与环境保护的政策调控以及新的科学技术发展与应用;特别是结合中国国情对现代生态农业的新观点、新技术作了较深入和有益的探讨。尽管对许多问题的探讨还是初步的,但我深信这一丛书对于提高广大农业生产、科技和管理工作者的可持续发展意识,树立可持续发展的思想,加速农村科技进步和环境友善型的高新技术在农业上的应用与发展,促进我国农业在提高整体素质和效益的基础上持续、稳定发展,实现我国国民经济和社会发展第十个五年计划确定的目标,都将起到积极的作用。

《绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展丛书》作为一套理论、技术专著,涉及了有关资源环境与农业可持续发展的各个学科领域,是我国第一套现代化农业可持续发展的大型综合性工具书。数十位来自各个学科领域的资深专家、学者为此付出了他们的辛勤劳动和智慧,北京出版社的同志也为此做了大量的组织工作,在丛书即将付梓之际,谨向他们致以诚挚的敬意和感谢。

实现农业可持续发展是我国发展的长期目标,也是摆在广大农业科技工作者面前的全新课题,对其理论与技术的研究与探讨还在不断深化,本丛书的出版仅仅是进一步深入研究的开端,如果能促进这一课题的更深层次研究,并指出其尚待完善之处,则本丛书将更有意义。是为序。

路 明

2000.12

前 言

水是生命的摇篮，是维持一切生命活动不可缺少的物质，是人类赖以生存和生产的必需品，是国家的重要资源，也是促进或制约国民经济的重要因素。水不仅是农业的命脉，而且是整个经济、社会发展的基础，水资源的开发和合理利用是治国安民的大事。

随着世界工农业生产的飞速发展，淡水资源的浪费、污染与日俱增，淡水资源短缺，已成为影响农业可持续发展的严重问题。特别是在世界广大干旱农业地区，水资源不足更是限制农业发展的重要因素。由此可见，淡水资源日益减少，以及淡水资源的使用不当，已对农业可持续发展构成严重威胁。

农业是水的最大用户，世界上的河流、湖泊和地下蓄水层提供的 $2/3$ 以上的水用于农业灌溉，灌溉对提高农业生产率有显著的作用。据专家估计：目前全球约有 24 亿人的工作、食物和经济收入要依赖灌溉农业。世界粮食的 $30\% \sim 40\%$ 来自占耕地面积 18% 的灌溉农业。21 世纪的粮食安全，在某种程度上要取决于灌溉农业的发展。据 1997 年联合国粮农组织预测，今后 30 年要供养世界人口所需的粮食，其增加部分的 80% 要靠灌溉农业生产。

中国年人均水资源为 $2\,200\text{ m}^3$ ，2000 年工业和城市需水量为 $1\,385\text{ 亿 m}^3$ ，农业和农村生活需水量为 $4\,498\text{ 亿 m}^3$ ，农业用水缺 300 亿 m^3 ，工业、城市用水缺 60 亿 m^3 ，是世

界上贫水国家之一。水将变得更加珍贵，不再是可充分供应和廉价供应的资源。今后的要求将是以持续的方式，用较少的水生产较多的产品。因此，需要制定一套奖励、管理、许可、限制和惩罚的措施，指导、协调人们如何用水，鼓励在节水方面应用新技术，讲究经济、合理用水，保持农业持续、稳定发展。本书是“绿色科学文库·资源环境与农业可持续发展”丛书中的一个分册，主要以国内外大量文献为基础，全面系统论述了全球水资源状况及粮食生产状况；重点论述中国水资源的现状及评价，中国水资源的农业利用及对农业可持续发展的影响；介绍了一些农业节水措施和劣质水的农业利用技术。目的在于通过国内外的大量事实，论证水资源在农业可持续发展中的重要地位，提高全民的节水意识，关注全球水资源危机的严重程度，以及节约用水、合理用水对农业可持续发展的重要性和迫切性。

本书所引用的资料较多，在此谨向有关论文的作者表示衷心的感谢和敬意。由于编著者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请各位专家和读者指正。

编 者

2000年6月

目 录

第一章 全球水资源概况和粮食生产状况	(1)
第一节 全球水资源概况	(1)
第二节 全球粮食生产概况	(33)
第二章 中国水资源分布和评价	(66)
第一节 中国水资源分布	(66)
第二节 水质	(104)
第三节 水资源综合评价	(140)
第三章 水对农业可持续发展的影响	(170)
第一节 农业发展对水的需求	(170)
第二节 农作物对水的需求规律	(180)
第三节 主要农作物需水量的计算	(195)
第四节 水对农业土壤的影响	(212)
第四章 节水农业技术	(219)
第一节 节水农业	(219)
第二节 节水灌溉技术	(234)
第三节 节水农业栽培技术	(247)
第五章 劣质水的利用技术	(263)
第一节 水质污染对农作物产量和品质的影响	(263)
第二节 污水的农业回用	(285)
第三节 咸水灌溉	(328)
附录 农田灌溉水质标准	(350)

第一章

全球水资源概况和粮食生产状况

地球堪称为水的行星。地球表面 70% 以上均被水覆盖，其中绝大部分为海洋咸水，陆栖动物和大多数植物赖以生存的淡水仅占地球上水的一小部分，约为 3%。

第一节 全球水资源概况

一、地球上水资源的分布及水的循环

(一) 地球上水资源的分布

1. 全球水资源总量及分布：水是地球上分布区域最广的自然资源，总体积约为 $1.386 \times 10^9 \text{ km}^3$ ，总面积占地球表面积的 71%。可以说，整个地球无处没有水。因此，往往给人造成一种错觉，好像水是取之不尽，用之不竭的。

事实并非如此。水资源有 97% 分布在海洋中。陆地上的地面水除了无法取用的冰川和高山顶上的冰雪之外，还有无法使用的盐碱湖和内海的水。适于人类饮用的淡水和河流的水量不到地球总水量的 1%。自然界水的分布情况见表 1-1 及图 1-1。

表 1-1 各大洋面积、体积和深度

名 称	面 积 /10 ³ km ²	体 积 /10 ³ km ³	深度/m	
			平 均	最 大
太平洋	179 679	723 699	4 028	11 034
大西洋	93 369	337 699	3 617	9 296
印度洋	74 917	291 945	3 897	7 725
北冰洋	13 100	16 980	1 296	5 449
总计	361 065	1 370 323	3 795	11 034

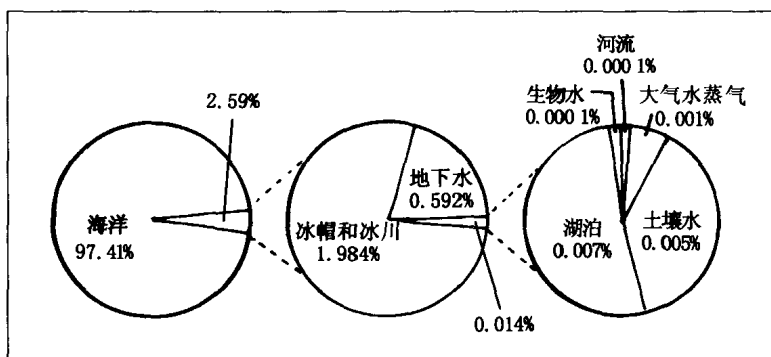


图 1-1 自然界水的分布情况

2. 地球上淡水资源的分布：地球上的淡水资源主要包括地下水、冰帽和冰川、河川、湖泊、土壤水、生物水、大气水蒸气等，总量估计有 $3.5 \times 10^7 \text{ km}^3$ 。这些淡水资源在地球上各大陆的分布也是极不均匀的。世界上淡水资源最丰富的地区是赤道带，尤其是南美洲和非洲的赤道地区。水资源较缺乏的地区是中亚南部、阿富汗、阿拉伯和撒哈拉地区。各大洲的淡水资源分布情况见表 1-2。

表 1-2 世界各大洲的淡水资源分布情况

大陆 (连同岛屿)	径流量 /km ³	占总径流量的 百分比/(%)	水 量 分 布	
			面积 /10 ⁴ km ²	径流模数 /(km ² /s)
欧 洲	3 210	7	10 500	9.7
亚 洲	14 410	31	43 475	10.5
非 洲	4 570	10	30 120	4.8
北 美 洲	8 200	17	24 200	10.7
南 美 洲	11 760	25	17 800	21.0
大 洋 洲	2 388	5	8 950	52.5
南 极 洲	2 310	5	13 980	5.2
总计陆面	46 848	100	149 025	114.4

地球上有些国家水资源总量比较丰富,而有些国家水资源比较缺乏。富水国和贫水国的水资源情况见表 1-3。

表 1-3 富水国和贫水国的水资源情况

国家		总量 /km ³	每公顷平均 年径流量 /(km ³ /hm ²)	每人平均 年径流量 /10 ³ m ³
富 水 国	冰岛	170	16.96	685.48
	新西兰	397	14.78	117.53
	加拿大	2 901	3.15	111.74
	挪威	405	13.16	97.40
	尼加拉瓜	175	14.74	49.97
	巴西	5 190	6.14	36.69
	厄瓜多尔	314	11.34	31.64
	澳大利亚	343	0.45	21.30
	喀麦隆	208	4.43	19.93
	印度尼西亚	2 530	13.97	14.67
	美国	2 478	2.70	10.23

续表

国家		总量 /km ³	每公顷平均 年径流量 / (km ³ /hm ²)	每人平均 年径流量 /10 ³ m ³
贫 水 国	埃及	1.00	0.01	0.02
	沙特阿拉伯	2.20	0.01	0.18
	巴巴多斯	0.05	1.16	0.21
	新加坡	0.60	10.53	0.23
	肯尼亚	14.80	0.26	0.66
	荷兰	10.00	2.95	0.68
	波兰	49.40	1.62	1.31
	南非	50.00	0.41	1.47
	海地	11.00	3.99	1.59
	秘鲁	40.00	0.31	1.93
	印度	1 850.00	6.22	2.35
	中国	2 800.00	3.00	2.58

人类可以利用的淡水资源主要贮存于世界各地的大江大湖中,世界各大洲湖泊的储水量见表 1-4,世界主要湖泊分布情况见表 1-5,特征值见表 1-6。

表 1-4 世界各大洲湖泊的储水量

大陆	面积超过 100 km ² 的湖泊数	总面积 /10 ³ km ²	储水量/km ³	
			淡水	咸水
欧 洲	34	430.4	2 047	78 000
亚 洲	43	209.9	27 782	3 165
非 洲	21	196.8	30 000	—
北美洲	30	392.9	25 623	19
南美洲	6	27.8	913	2

续表

大陆	面积超过 100 km ² 的湖泊数	总面积 /10 ³ km ²	储水量 /km ³	
			淡水	咸水
大洋洲	11	41.7	154	174
南极洲	—	—	—	—
总 计	145	1 299.5	86 519	81 360

表 1-5 世界主要湖泊分布情况 (面积大于 5 000 km²)

湖名	面积 /km ²	最大水深 /m	湖面高度 /m	所在国家
里海	371 794	995	-28	前苏联, 伊朗
苏必利尔湖	82 103	406	183	美国, 加拿大
维多利亚湖	69 479	81	1 134	坦桑尼亚, 乌干达, 肯尼亚
咸海	65 527	68	53	前苏联
休伦湖	59 829	229	176	美国, 加拿大
密执安湖	57 757	281	176	美国
坦噶尼喀湖	32 893	1 418	773	坦桑尼亚, 扎伊尔
大熊湖	31 328	413	156	加拿大
贝加尔湖	30 510	1 621	455	前苏联
马拉维	29 603	679	472	马拉维, 莫桑比克, 坦桑尼亚
大奴湖	28 570	614	156	加拿大
伊利湖	25 667	64	174	美国, 加拿大
温尼伯湖	24 390	18	217	加拿大
安大略湖	19 554	244	75	加拿大, 美国
巴尔喀什湖	18 427	26	340	前苏联
拉多加湖	17 702	225	4	前苏联
乍得湖	16 317	7	240	乍得

表 1-6 世界主要河流特征值(以平均年流量为序)

河流	所在洲	平均年 径流量 /10 ⁸ m ³	总流域 面积 /km ²	河长 /km	水文测站	测站以上 流域面积 /km ²	多年平均 流量 /(m ³ /s)	实测最 大流量 /(m ³ /s)	实测最 小流量 /(m ³ /s)
亚马逊河	南美洲	69 300	6 150 000	6 400	巴西奥比多斯	4 688 000	150 000	227 000	72 100
扎伊尔河	非洲	14 140	3 822 000	4 630	刚果布拉柴维尔	3 480 000	39 160	76 000	22 000
长江	亚洲	9 600	1 808 500	6 300	中国安徽大通	1 705 383	28 900	92 600	6 020
奥里诺科河	南美洲	9 140	880 000	2 151	委内瑞拉布拉伐	850 000	25 200	—	—
巴拉那河	南美洲	7 250	2 970 000	3 998	阿根廷科连斯特	—	15 800	45 000	—
布拉马普特拉河	亚洲	7 250	665 000	2 900	孟加拉巴哈吐拉 巴特	537 000	19 200	76 600	3 120
叶尼塞河	亚洲	6 100	2 580 000	5 540	前苏联伊加尔卡	2 440 000	17 800	154 000	1 990
密西西比河	北美洲	5 800	3 220 000	6 020	美国维克斯堡	2 960 000	15 800	70 600	5 580
勒拿河	亚洲	5 320	2 490 000	4 400	前苏联基尤修尔	2 430 000	16 300	189 000	580
伊洛瓦底江	亚洲	4 860	409 000	2 100	缅甸赛光撒	360 000	13 600	63 700	1 306
湄公河	亚洲	4 750	795 000	4 500	柬埔寨桔井	646 000	14 800	66 700	1 250
圣劳伦斯河	北美洲	4 390	1 303 000	4 000	美国奥格登斯堡	764 600	6 760	8 580	3 936
鄂毕河	亚洲	3 950	2 990 000	5 410	前苏联萨列哈尔 德	2 950 000	12 200	43 800	1 650
恒河	亚洲	3 680	980 000	2 527	孟加拉哈尔丁吉 斯	976 000	11 610	73 200	1 170

续表

河流	所在洲	平均年 径流量 /10 ⁸ m ³	总流域 面积 /km ²	河长 /km	水文测站	测站以上 流域面积 /km ²	多年平均 流量 /(m ³ /s)	实测最 大流量 /(m ³ /s)	实测最 小流量 /(m ³ /s)
黑龙江	亚洲	3 550	1 855 000	4 350	前苏联共青城	1 730 000	10 300	36 400	340
马更些河	北美洲	3 500	1 805 000	4 240	加拿大诺曼韦尔斯	1 570 000	7 340	22 500	2 110
珠江	亚洲	3 466	442 585	2 210	中国广西梧州	329 700	6 990	58 700	720
托坎廷斯河	南美洲	2 900	836 000	—	巴西图库鲁伊	758 000	9 200	68 000	1 500
尼日尔河	非洲	2 700	2 090 000	4 200	尼日利亚奥尼察	1 215 000	6 330	22 500	—
伏尔加河	欧洲	2 300	1 360 000	3 690	前苏联古比雪夫	1 200 000	7 600	63 900	230
哥伦比亚河	北美洲	2 340	669 000	2 000	美国达勒斯	614 000	5 520	35 100	1 019
萨尔温江	亚洲	2 110	324 000	2 820	—	—	—	—	—
印度河	北美洲	2 070	850 000	3 180	美国卡尔塔格	767 000	6 210	29 200	—
多瑙河	欧洲	2 010	817 000	2 850	罗马尼亚多瑙河口	817 000	6 430	17 000	1 700
尼罗河	非洲	840	2 900 000	6 600	埃及阿斯旺	2 682 000	2 650	13 500	275