

DAOTIAN SHENGTAI NONGYE:
HUANJING XIAOYING YANJIU



稻田生态农业： 环境效应研究

闵庆文 孟凡乔 韩永伟 等 编著

中国环境出版社

环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书

稻田生态农业：环境效应研究

闵庆文 孟凡乔 韩永伟 等 编著

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

稻田生态农业. 环境效应研究/闵庆文等编著. —北京:
中国环境出版社, 2014.6

(环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书)

ISBN 978-7-5111-1932-2

I. ①稻… II. ①闵… III. ①稻田—生态农业—
环境模式—研究 IV. ①S511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 140206 号

出 版 人 王新程
责任编辑 陶克菲
责任校对 唐丽虹
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版社
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京市联华印刷厂
经 销 各地新华书店
版 次 2015 年 4 月第 1 版
印 次 2015 年 4 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 11
字 数 250 千字
定 价 33.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书》

编委会

顾 问：吴晓青

组 长：赵英民

副组长：刘志全

成 员：禹 军 陈 胜 刘海波

序言一

我国作为一个发展中的人口大国，资源环境问题是长期制约经济社会可持续发展的重大问题。党中央、国务院高度重视环境保护工作，提出了建设生态文明、建设资源节约型与环境友好型社会、推进环境保护历史性转变、让江河湖泊休养生息、节能减排是转方式调结构的重要抓手、环境保护是重大民生问题、探索中国环保新道路等一系列新理念新举措。在科学发展观的指导下，“十一五”环境保护工作成效显著，在经济增长超过预期的情况下，主要污染物减排任务超额完成，环境质量持续改善。

随着当前经济的高速增长，资源环境约束进一步强化，环境保护正处于负重爬坡的艰难阶段。治污减排的压力有增无减，环境质量改善的压力不断加大，防范环境风险的压力持续增加，确保核与辐射安全的压力继续加大，应对全球环境问题的压力急剧加大。要破解发展经济与保护环境的难点，解决影响可持续发展和群众健康的突出环境问题，确保环保工作不断上台阶出亮点，必须充分依靠科技创新和科技进步，构建强大坚实的科技支撑体系。

2006年，我国发布了《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006—2020年）》（以下简称《规划纲要》），提出了建设创新型国家战略，科技事业进入了发展的快车道，环保科技也迎来了蓬勃发展的春天。为适应环境保护历史性转变和创新型国家建设的要求，原国家环境保护总局于2006年召开了第一次全国环保科技大会，出台了《关于增强环境科技创新能力的若干意见》，确立了科技兴环保战略，建设了环境科技创新体系、环境标准体系、环境技术管理体系三大工程。五年来，在广大环境科技工作者的努力下，水体污染控制与治理科技重大专项启动实施，科技投入持续增加，科技创新能力显著增强；发布了502项新标准，现行国家标准达1263项，环境标准体系建设实现了跨越式发展；完成了100余项环保技术文件的制修订工作，初步建成以重点行业污染防治技术政策、技术指南和工程技术规范为主要内容的国家环境技术管理体系。环境

科技为全面完成“十一五”环保规划的各项任务起到了重要的引领和支撑作用。

为优化中央财政科技投入结构，支持市场机制不能有效配置资源的社会公益研究活动，“十一五”期间国家设立了公益性行业科研专项经费。根据财政部、科技部的总体部署，环保公益性行业科研专项紧密围绕《规划纲要》和《国家环境保护“十一五”科技发展规划》确定的重点领域和优先主题，立足环境管理中的科技需求，积极开展应急性、培育性、基础性科学研究。“十一五”期间，环境保护部组织实施了公益性行业科研专项项目 234 项，涉及大气、水、生态、土壤、固废、核与辐射等领域，共有包括中央级科研院所、高等院校、地方环保科研单位和企业等几百家单位参与，逐步形成了优势互补、团结协作、良性竞争、共同发展的环保科技“统一战线”。目前，专项取得了重要研究成果，提出了一系列控制污染和改善环境质量技术方案，形成一批环境监测预警和监督管理技术体系，研发出一批与生态环境保护、国际履约、核与辐射安全相关的关键技术，提出了一系列环境标准、指南和技术规范建议，为解决我国环境保护和环境管理中急需的成套技术和政策制定提供了重要的科技支撑。

为广泛共享“十一五”期间环保公益性行业科研专项项目研究成果，及时总结项目组织管理经验，环境保护部科技标准司组织出版“十一五”环保公益性行业科研专项经费项目系列丛书。该丛书汇集了一批专项研究的代表性成果，具有较强的学术性和实用性，可以说是环境领域不可多得资料文献。丛书的组织出版，在科技管理上也是一次很好的尝试，我们希望通过这一尝试，能够进一步活跃环保科技的学术氛围，促进科技成果的转化与应用，为探索中国环保新道路提供有力的科技支撑。

中华人民共和国环境保护部副部长

吴晓青

2011 年 10 月

序言二

农业是国民经济的基础。经历了从原始的刀耕火种、自给自足的个体农业到现代化农业，通过科学技术的进步和土地利用的集约化，人类社会在农业生产上取得了巨大的成就，但建立在以消耗大量资源和能源基础上的现代化农业也带来了一些严重弊端，并引发了一系列具有全球特点的生态与环境问题。造成这些问题的原因是多样的，其中农业的发展方向与道路成为思索的焦点。人们越来越认识到农业的目标不仅要提高产品数量，还须提高产品质量、确保食物安全；不仅要提高土地产出率、获得经济利益，还应发挥农业生态系统的多种服务功能并促进农村的可持续发展。

稻田生态农业模式与技术是把稻田农业生产和稻田生态环境治理与保护、资源培育和高效利用融为一体的农业技术体系。它注重采取不同农业生产工艺流程间的横向耦合，以继承和发扬传统农业技术精华并吸收现代农业科技手段为技术特点，通过在生态关系调整、系统结构功能整合等方面的巧妙处理，充分发挥稻田生态系统的服务功能，从而在源头尽量缓解化肥、农药、畜禽粪便等污染土壤和水的可能性。

当前，随着我国经济的快速增长，资源环境问题已成为社会经济发展的瓶颈。而相比于以工业排放为主的点源污染，农业面源污染起源于分散、多样的地区，地理边界和发生位置难以识别和确定，其控制更为困难。同时，稻田是陆地生态系统中大气甲烷的一个重要来源，对全球气候变化有着重要贡献。研究与实践均表明，发展低碳经济与生态农业，采用生态耕作技术体系，是减缓温室气体排放、防治农业面源污染的重要途径。

《稻田生态农业：环境效应研究》一书是国家环保公益专项“基于低碳排放与面源污染控制的稻田生态农业技术模式筛选与效益评估”项目的重要成果。项目组在总结国内外稻田生态农业模式与技术的基础上，利用生态经济学方法，

综合分析并定量评估了稻田生态系统的功能与效益，以浙江稻鱼共生系统、辽宁稻蟹共生系统为重点，通过田间试验定量评估了稻田生态农业减排温室气体、控制面源污染的两项重要功能，揭示了稻田生态农业模式和技术的环境效应。

相信本书的出版，将为减缓和适应气候变化、控制农业面源污染有关技术规范制定提供科学依据，为国家的环境管理政策提供重要的理论依据和技术支撑。

特为之序。

中国工程院院士

李文华

2014年8月

前 言

农业不仅是重要的生产部门,而且具有提供生态系统服务和影响全球气候变化的双重作用。农业温室气体排放和农业面源污染已成为全世界包括我国环境保护和经济发展需要面临重大问题。2010年2月6日公布的《第一次全国污染源普查公报》表明,农业源污染物排放是导致水环境污染的最重要因素。同时,我国农业产生的温室气体排放量,占温室气体总排放量的17%以上(全球水平为13%),而农业温室排放量中70%以上和氮肥的制造与使用有关。相比于以工业排放为主的点源污染,农业面源污染起源于分散、多样的地区,地理边界和发生位置难以识别和确定,其控制更为困难。过量化学肥料与农药的使用,使氮磷积累以及农药残留导致的负面生态效应远远大于作物的产量增益,对于生态脆弱地区产生的负面效应更为显著。研究与实践均表明,发展低碳经济与生态农业,采用生态耕作技术体系,把农业生产、农村经济发展和生态环境治理与保护、资源培育 and 高效利用融为一体,是减缓温室气体排放、防治农业面源污染的重要途径。

为弄清不同稻作模式对降低稻田温室气体排放和控制面源污染的有效性,明确不同稻作模式和技术的固碳与减排综合功能和效益,筛选出降低稻田温室气体排放和控制面源污染的模式与技术,为降低温室气体排放和控制农业面源污染的稻田环境管理政策的制定提供依据,2010年环境保护部设立了环保公益性行业科研专项经费项目“基于低碳排放与面源污染控制的稻田生态农业技术模式筛选与效益评估(201009020)”。本项目由中国科学院地理科学与资源研究所主持,中国环境科学研究院、中国农业大学和浙江大学等单位参加。

经过近30位研究人员3年的共同努力,在多点调查、定位试验和资料分析的基础上,圆满地完成了预期任务,在环保部组织的中期评估和结题验收中都得到“优秀”的评价。项目筛选了稻鱼共生系统、稻蟹复合系统和稻鸭共作系统3套以低碳和面源污染物降低为主要目标的稻田生产模式,制订了相关生产技术规程。其中,稻鸭共作标准化生产技术规程已申请广东省惠东县地方标准。研究表明,与水稻单

作相比,在北方田间试验区,稻蟹复合系统田间排水硝态氮的排放量减少 23%,甲烷排放减少 14%;在南方田间试验区,稻鱼共生系统甲烷排放减少 26%,化肥使用减少 24%,农药使用减少 68%。在研究过程中,项目完成政策建议 3 份。其中 1 份提交给环保部生态司,并在其报送中央农村工作领导小组办公室的文件(环办函[2011]985 号)中得到了应用;1 份以中国环境科学研究院科技专报的形式报送环保部部领导及相关司局。同时,在国内外核心期刊发表学术论文 29 篇,其中 SCI 收录论文 4 篇,一篇以封面论文的形式在《美国国家科学院院刊》(PNAS)上发表。此外,还获得国家发明专利 3 项,并且在稻田种养结合、控制温室气体排放和面源污染方面得到应用。

本书作为项目的重要成果之一,是全体成员共同努力的结果。本书筛选了国内外有关减缓温室气体排放以及控制面源污染的不同稻作生态农业模式与技术,总结了国外面源污染减排管理政策和实践经验;构建了典型生态农业系统综合效益评估框架体系,确定了重要生态系统服务功能的评估参数,并评估了多种稻作模式的生态效益和经济收益;通过在南北稻区布置试验区,进行了完整生长季的稻田实验和观测,明确了典型稻作模式的基本生态学过程及稻田温室气体的排放和面源污染物的输出规律,评估了典型稻作模式与技术在减缓气候变化和控制面源污染的有效性,提出了基于面源污染控制和削减温室气体排放的标准化生产技术规程。全书共分 7 章。其中,第 1 章由闵庆文、刘某承、李静完成;第 2 章由闵庆文、白艳莹、曹智完成;第 3 章由刘星辰、杨振山完成;第 4 章由刘某承完成,第 5 章由章家恩、秦钟完成,第 6 章由孟凡乔、陈淑峰完成,第 7 章由韩永伟、尚洪磊、刘某承完成。全书由闵庆文统稿。

李文华院士十分关注项目进展,多次提出宝贵建议,并欣然应约为本书作序,在此表示由衷感谢和敬意。

由于项目参加人员较多,各人对问题的理解也不尽统一。考虑到对各章原作者的尊重,及保持各章内容之间的相对独立,对原稿尽可能进行保留,造成一些地方表达重复。疏漏之处,敬请读者批评。

闵庆文

2014 年 9 月

目 录

第 1 章 中国稻作生产概况与主要环境问题	1
1.1 新中国成立以来稻作生产概况.....	1
1.2 稻作生产的温室气体排放	13
1.3 稻作生产的面源污染	22
第 2 章 中国稻田生态农业模式与技术	33
2.1 稻田生态农业的概念与特点	34
2.2 中国稻田生态农业发展简述	37
2.3 中国稻田生态农业模式与技术筛选.....	39
第 3 章 国外稻田生态农业模式及其启示	54
3.1 日本	54
3.2 韩国	61
3.3 泰国	63
3.4 越南	64
第 4 章 稻田生态系统功能分析与效益评估	68
4.1 生态系统服务及其价值评估	68
4.2 稻田生态系统的物种间关系	77
4.3 稻田生态系统功能效益评估框架.....	80
第 5 章 稻田生态农业减排温室气体的功能分析	91
5.1 稻田生态系统温室气体排放及减排措施.....	93
5.2 稻田生态系统温室气体排放观测技术.....	105
5.3 稻田生态农业温室气体的减排功能.....	107

第 6 章 稻田生态农业控制面源污染的功能分析 124

6.1 稻田生产与面源污染 124

6.2 稻田生态系统面源污染研究进展..... 125

6.3 稻田生态系统面源污染物排放观测技术..... 130

6.4 稻田生态农业控制面源污染的功能分析..... 131

第 7 章 相关政策分析与建议 135

7.1 国外面源污染控制政策 135

7.2 国内面源污染控制政策 144

7.3 主要发达国家低碳农业发展经验..... 149

7.4 国内气候变化控制现状 151

7.5 基于稻田生态农业的农业环境管理政策建议..... 155

7.6 稻田生态系统生态补偿机制 157

第 1 章 中国稻作生产概况与主要环境问题

中国是世界稻作农业起源中心之一，稻作历史悠久、水稻遗传资源丰富，浙江河姆渡、湖南罗家角、河南贾湖出土的炭化稻谷证实，中国的稻作栽培至少已有 7 000 年以上的历史。据在江西万年、湖南道县等地的考古研究，稻作历史甚至可达 12 000 年左右。新中国成立 60 多年来，我国水稻生产取得了令人瞩目的成就，位居世界水稻生产大国的行列，其中杂交水稻育种技术居世界领先水平，水稻最高单产屡屡突破世界纪录。

水稻是我国主要粮食作物之一。大力发展水稻生产，增加稻谷有效供给，对于保障中国乃至世界粮食安全具有举足轻重的作用。稻田作为一类典型的人工湿地生态系统，既受到气候变化的影响，也因其温室气体排放对气候变化产生作用。同时，随着化肥、农药的大量使用，农田环境污染严重，水稻生产面临严峻挑战。

1.1 新中国成立以来稻作生产概况

1.1.1 稻作面积变化趋势

中国作为世界上最大的稻米生产国和消费国之一，南方主要生产籼稻，北方生产粳稻。2011 年，我国水稻种植面积超过 3 000 万 hm^2 。图 1-1 为 1949—2011 年我国水稻播种面积的变化趋势。

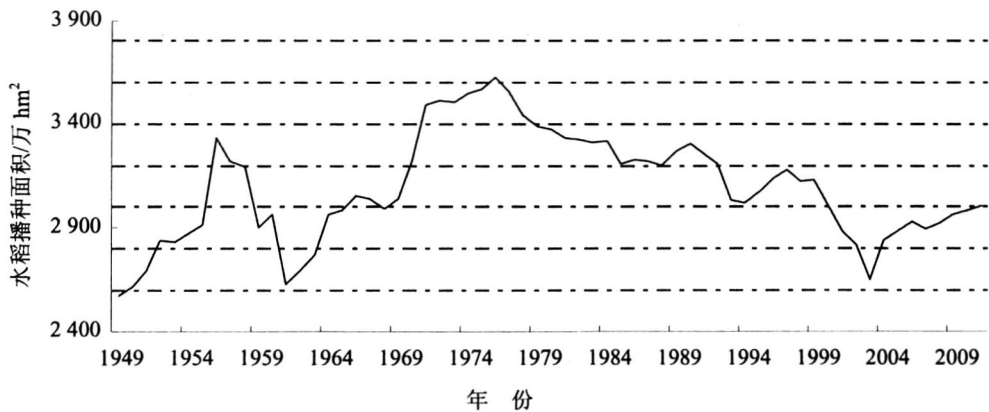


图 1-1 1949—2011 年中国水稻播种面积变化趋势
资料来源：《中国统计年鉴》，1950—2012。

从图 1-1 中可以看出,水稻播种面积升降较大。新中国成立伊始,农民种田热情高,播种面积持续增加,从 1949 年的 2 570.90 万 hm^2 持续增长到 1958 年的 3 191.5 万 hm^2 ;而 1958—1961 年期间,由于自然灾害影响,加上政策失误,播种面积趋于下降,1961 年的水稻种植面积仅为 2 627.60 万 hm^2 ,较 1958 年减少了 563.90 万 hm^2 ;1962—1976 年,随着矮秆品种的育成推广和大面积单季稻改双季稻,再次推动了播种面积的增长,1976 年播种面积达历史最高峰($3\,621.70 \times 10^4 \text{ hm}^2$),比 1949 年提高 40.9%,比 1961 年提高 37.8%;1977—2003 年,水稻的种植面积呈波动性下降,从 1976 年的 3 621.70 万 hm^2 减少到 2003 年的 2 650.79 万 hm^2 ,减少了 970.91 万 hm^2 ,原因主要是基本建设占用耕地,房地产开发占用耕地,抛荒,复种指数下降,或发展其他种、养殖业;2004 年以后,在国家出台一系列惠农政策以及较好的粮食市场表现的激励下,农民种稻积极性提高,全国水稻播种面积逐年扩大;2011 年的水稻播种面积为 3 005.70 万 hm^2 ,比 2003 年扩大了 354.91 万 hm^2 ,增幅为 13.39%。

1.1.2 水稻单产变化趋势

新中国成立 60 多年来,水稻科研与生产发展非常迅速,取得了举世瞩目的巨大成就,水稻单产量呈现波动增长趋势。1949 年全国水稻单产仅 1 890 kg/hm^2 ,2011 年水稻单产达 6 687 kg/hm^2 ,是 1949 年的 3.54 倍。作物单产水平直接影响着粮食总产量,也是技术水平的直接反映。图 1-2 为新中国成立以来我国水稻单产的变化趋势。

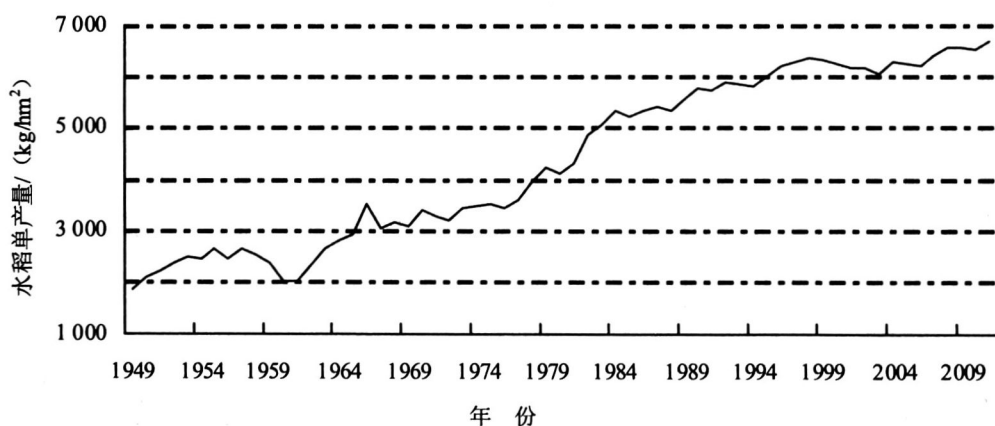


图 1-2 1949—2011 年中国水稻单产变化趋势

资料来源:《中国农业年鉴》,1950—2012。

从图 1-2 中可以看出,1949 年水稻单产量为 1 890 kg/hm^2 ,当时主要是采用地方品种和传统栽培技术。1951—1955 年,总结推广群众经验,改革耕作制度,单改双、间改连,评选推广地方良种,全国评出了 160 多个品种大面积推广,其中,“南特号”就是当时推广面积最大的品种之一,水稻单产达 2 458.8 kg/hm^2 ,比 1949 年单位面积产量增加 30.10%。

从新中国成立初到 20 世纪 50 年代中期,水稻单产稳步增长,此阶段为高秆地方良种评选阶段。

1958—1961 年水稻播种面积大幅度下降,水稻单产也呈现明显的下降趋势。之后由于我国水稻矮化育种的主要创始人黄耀祥先生开创了水稻矮化育种,促进了我国籼稻矮秆化,单位面积产量增加了 30%以上。水稻矮秆良种化促成了我国水稻产量从 50 年代中后期的 $2\,421.3\text{ kg/hm}^2$ 跃上 70 年代 $3\,450\text{ kg/hm}^2$ 的台阶,实现了中国水稻单产量的一次重大突破。从 1962 年开始,我国水稻单产恢复增长态势。因而将 20 世纪 50 年代后期到 70 年代初期称为矮化育种阶段。

20 世纪 70 年代“中国杂交水稻之父”袁隆平先生育成的杂交水稻,打破水稻“自花授粉作物没有杂种优势”的传统观念,不仅丰富了作物遗传育种的理论和实践,也使我国的水稻生产出现了一次飞跃,使水稻单产在矮秆良种基础上提高 20%左右,取得了巨大的社会、经济效益,这是水稻育种史上的又一次重大突破。90 年代后期,我国又在世界上最早育成两系法杂交稻。1985—1994 年单产量达到 $5\,565\text{ kg/hm}^2$,该阶段杂交稻已普及应用,同时高产常规品种以及高产模式也不断出现应用。此阶段被称为水稻杂交育种阶段。

随后,在国家“863”计划的支持下,全国选育成功一批达到生产应用水平的超级稻品种,并在生产上大面积推广应用,取得了显著的社会、经济效益。这些超级稻的大面积产量潜力达 $12\sim 15\text{ t/hm}^2$,在高产的同时,米质也达到了国家二级优质标准,致使 1995—2011 年水稻生产又上了一个台阶,年平均产量达到了 $6\,249\text{ kg/hm}^2$ 。其中最具代表性的品种包括:中国水稻研究所培育的三系法亚种间籼型杂交稻组合协优 9308,福建农业科学院培育的三系法亚种间籼型杂交稻优明 86 等,湖南国家杂交水稻研究中心与江苏农业科学院合作育成的两系法亚种间籼型杂交稻组合两优培九等。此阶段被称为超级稻育种阶段。

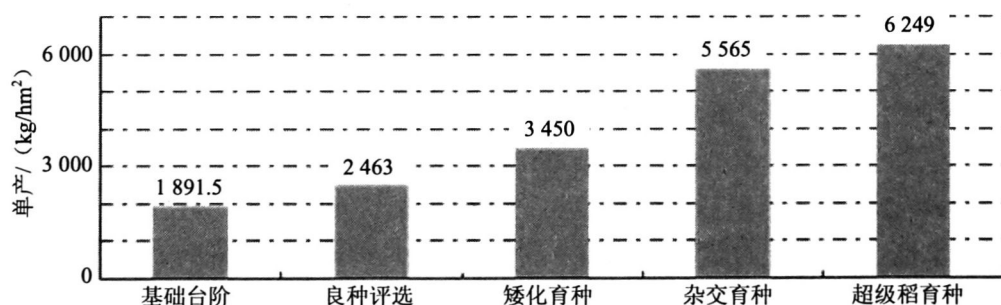


图 1-3 水稻育种 4 个阶段单产情况

数据来源:我国水稻生产现状及发展对策研究^[1]。

图 1-3 显示了我国水稻育种的 4 个重要阶段的水稻单产情况。从图中可以看出，以新中国成立初期的水稻单产为基础台阶，其水稻单产为 $1\,891.5\text{ kg/hm}^2$ ，良种评选阶段的水稻单产为 $2\,463\text{ kg/hm}^2$ ，比基础台阶阶段的水稻单产增加了 571.5 kg/hm^2 ，增长率为 30.21%；矮化育种阶段的水稻单产为 $3\,450\text{ kg/hm}^2$ ，比基础台阶阶段的水稻单产增加了 987 kg/hm^2 ，增长率为 52.18%；杂交育种阶段的水稻单产为 $5\,565\text{ kg/hm}^2$ ，比基础台阶阶段的水稻单产增加了 $2\,115\text{ kg/hm}^2$ ，增长率为 111.82%；超级稻育种阶段的水稻单产为 $6\,249\text{ kg/hm}^2$ ，比基础台阶阶段的水稻单产增加了 684 kg/hm^2 ，增长率为 36.16%。

1.1.3 水稻总产变化趋势

新中国水稻生产得到极大发展，取得了巨大成就，其中优良品种的选育与推广对水稻有效产量的迅速提高起到了关键作用。然而，我国水稻产量的巨幅提高过程并非是一条直线，而是在频繁的波动中实现的。

图 1-4 为 1949—2011 年中国的水稻总产量变化趋势，从图 1-1 和图 1-4 中可以看出，1949—1958 年，水稻总产持续增加，而 1958—1961 年，水稻总产呈现出减少趋势，这显然是受播种面积的影响。1962—1976 年，水稻的播种面积再次呈现增长趋势，并且水稻矮化育种技术的推行促进了我国籼稻矮秆化，使水稻总产呈现增长趋势。

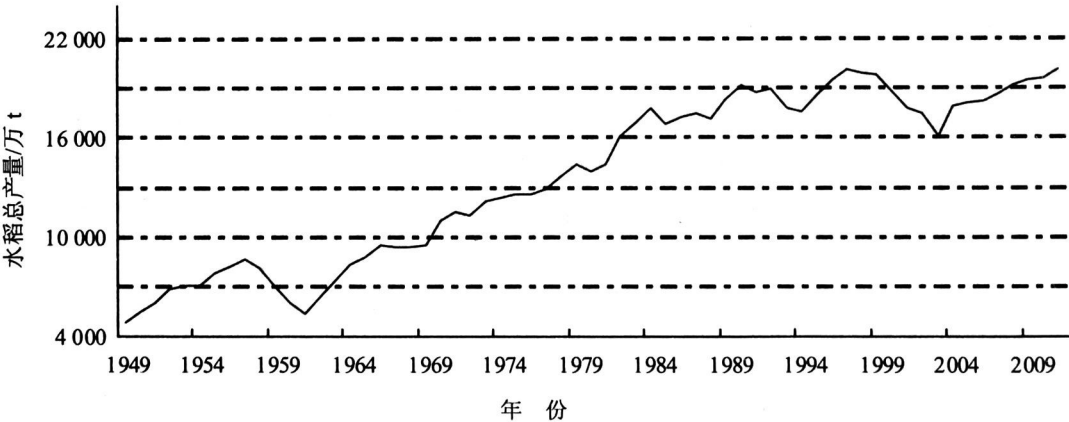


图 1-4 1949—2011 年中国水稻总产量

资料来源：《中国统计年鉴》，1950—2012。

1977—2003 年，水稻的播种面积波动下降，但由于袁隆平院士解决了三系法杂交稻研究中三系配套、优势组合选配和制种低产三大难题，从 1976 年开始，“三系”杂交稻在全国大面积推广，比常规稻平均增产 20% 左右，使水稻总产在播种面积波动下降的情况下呈现波动增长。1997 年，水稻总产达 20 073.7 万 t，比 1949 年增加了 15 209.3 万 t，增长 312.67%；1998—2003 年，因受供求关系、价格、结构调整等因素影响，南方早籼稻面积大幅度减少，稻谷产量开始明显下降，2003 年下降到 16 065.6 万 t；2004 年以来，伴随着

农业技术的突破,中央连续出台了7个关于农业的“一号文件”和一系列重大强农惠农政策,也是一个主要因素。2011年稻谷产量达到20100.1万t,实现了水稻连续8年丰收和单产连续5年突破,为中国粮食生产连续8年增产作出了重要贡献。

1.1.4 水稻生产的发展阶段

因受自然灾害、国家政策、市场调控和科技发展等因素的影响,我国水稻播种面积、总产和单产按照一定的趋势波动。在综合分析播种面积、单产和总产三项指标的基础上,可以将水稻生产大致可以划分以下六个发展阶段^[1]:

(1) 恢复发展阶段(1949—1957年)。播种面积、单产、总产三增长,8年间分别增长25.4%、42.1%和78.4%。

(2) 连续下降阶段(1958—1961年)。出现播种面积、单产、总产三下降局面,4年间分别降低18.5%、24.0%和38.2%。

(3) 稳定发展阶段(1962—1976年)。矮秆品种的育成推广和大面积单季稻改双季稻,再次推动播种面积、单产、总产三增长。单产在1966年前跳跃性提高,每公顷产量由1961年的2040kg跳到1966年的3533kg,5年提高73.2%,平均每年每公顷增产299kg。其后单产徘徊,60年代初期甚至下降,但播种面积扩大,总产仍然稳定增长,1976年比1961年,总产增长134.5%,平均每年增产稻谷481万t。

(4) 快速发展阶段(1977—1984年)。杂交水稻和新一代常规矮秆良种的大面积推广,化肥施用量成倍增长,加上农村实行家庭联产承包责任制,激发了农民生产积极性,在播种面积有所减少的情况下,单产快速提高,每公顷稻谷产量由1976年的3473kg提高到1984年的5370kg,8年间提高54.6%,平均每年每公顷增产237kg。由此推动总产快速增长,8年间增长41.7%,平均每年增产稻谷65516万t,是总产增长最快的时期。

(5) 徘徊发展阶段(1985—2003年)。随着种植业结构的调整,水稻播种面积台阶式下降,1985—1988年降为3200万hm²左右,1993—1995年降为3000万hm²左右,2000年以后又降到2900万hm²以下,仅相当于1955年水平。而单产呈波浪式上升,1985—2001年的17年间,有9年增产,8年减产,但增幅大于减幅。由于新一代高产、多抗品种的育成,一批适应不同生态地区的栽培技术推广,水稻单产在已经较高水平上大幅度提高,1998年达历史最高峰,平均每公顷6366kg,比1984年增产18.5%。播种面积和单产的变化,引起总产呈波浪式升降。1985—1992年总产缓缓登上一个新高峰,随后下降,1995—1997年再次止跌回升,1997年达历史最高峰,其后6年复又减产。显然,总产徘徊不前,在于播种面积减少,抵消了单产提高的正效应。

(6) 持续发展阶段(2004—2011年)。2004年以后,随着国家惠农增量政策的出台及市场机制调控的作用,全国水稻播种面积逐年扩大,与2003年相比,2011年水稻播种面积增幅为13.39%。从2004年开始,水稻总产实现了连续8年丰收和单产连续5年突破。