

“十一五”国家
重大工程出版规
划重点图书

现代农业种植
养殖专业丛书

现代 中国 水稻

● 程式华 李建 主编

金盾出版社

“十一五”国家重大工程出版规划重点图书

现代农业种植养殖专业丛书

现 代 中 国 水 稻

程式华 李 建 主编

金 盾 出 版 社

内 容 提 要

本书由中国水稻研究所水稻各学科专家编写。内容包括:水稻概况,栽培稻的起源与演化,稻种资源,稻田生态环境与水稻种植区划,水稻生物技术,水稻基因组,常规水稻育种,杂交水稻育种,超级稻育种,稻米品质改良,水稻新品种评价体系,稻田农作制度与水稻栽培,水稻病害及其防治,水稻虫害及其防治,稻田杂草及其防治,水稻信息技术,优质稻米加工技术,水稻技术标准体系,稻米生产、消费与贸易,水稻产业经济,共 20 章。本书以翔实的资料,全面而系统地阐述了我国当代水稻生产与科学技术的新成就、新进展及对发展前景的展望,尤其是增加了过去的水稻综合性专著涉及不多或不深的领域及新兴领域新技术的介绍,是一部集专业性、技术性和知识性于一体的综合性、资料性和实用性参考书,可供从事水稻科学研究、技术推广、加工贸易、生产经营及相关管理人员和农业院校师生阅读。

图书在版编目(CIP)数据

现代中国水稻/程式华,李建主编. —北京:金盾出版社,2007.1
(现代农业种植养殖专业丛书)
ISBN 7-5082-4336-6

I. 现… II. ①程…②李… III. 水稻-中国 IV. S511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 131200 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)
邮政编码:100036 电话:68214039 83219215
传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn
彩色印刷:北京百花彩印有限公司
黑白印刷:北京金盾印刷厂
装订:永胜装订厂
各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:39.25 彩页:8 字数:931 千字

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1—6000 册 定价:80.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

《现代中国水稻》编写人员

主 编

程式华 李 建

各章编写人员

- | | | | |
|------|-----|-----|-----|
| 第一章 | 李 建 | | |
| 第二章 | 汤圣祥 | | |
| 第三章 | 魏兴华 | | |
| 第四章 | 朱德峰 | 张玉屏 | |
| 第五章 | 杨长登 | 庄杰云 | 季芝娟 |
| 第六章 | 郑康乐 | | |
| 第七章 | 马良勇 | 李西明 | |
| 第八章 | 曹立勇 | 程式华 | |
| 第九章 | 程式华 | | |
| 第十章 | 胡培松 | | |
| 第十一章 | 杨仕华 | 魏兴华 | |
| 第十二章 | 金千瑜 | 朱练峰 | |
| 第十三章 | 黄世文 | 王宗华 | 鲁国东 |
| 第十四章 | 傅 强 | | |
| 第十五章 | 余柳青 | 周勇军 | 张建萍 |
| 第十六章 | 王 磊 | 朱德峰 | 鄂志国 |
| 第十七章 | 陈铭学 | 朱智伟 | |
| 第十八章 | 朱智伟 | 陈 能 | |
| 第十九章 | 章秀福 | 王丹英 | |
| 第二十章 | 陈庆根 | | |

序

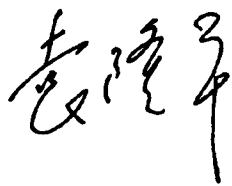
水稻是世界上最重要的粮食作物之一,全球一半以上的人口以稻米为主食,同时它也是我国最主要的栽培作物之一。中国能用不足世界 1/10 的耕地,养活占世界 1/5 的人口,其中水稻功不可没。不仅如此,水稻还是生物科学研究的重要实验材料,尤其在近年蓬勃发展的禾谷类作物基因组学研究中成为了模式植物。因此,水稻在保障粮食安全和生物科学研究中具有举足轻重的地位。

近半个多世纪以来,水稻科学技术的不断进步,促进了我国的水稻生产水平不断跨上新台阶。如 20 世纪 50 年代的矮秆水稻和 70 年代的杂交水稻选育成功,使得我国的水稻单产取得了两次大的飞跃。这些成就不仅为保障我国的粮食安全作出了巨大贡献,而且造福全世界。近年来,我国超级稻研究又取得重大进展,高产纪录不断被刷新,再加上生物技术和信息技术的快速发展正源源不断地给水稻的科技进步增添新的动力,水稻单产正孕育着第三次飞跃。

进入 21 世纪,水稻生产面临着新的挑战,这就是如何以合理利用自然资源与经济条件为前提,实现水稻生产的高产稳产,生产出符合优质、高产、高效、安全、生态要求的稻米产品。在此背景下,对水稻生产和科学技术的成就和经验及时进行总结,为我国的水稻生产和科学研究提供指导,无疑是一项非常有意义的工作。中国水稻研究所集多学科的力量组织编写的这部《现代中国水稻》专著,正是此项工作的极好体现。

中国水稻研究所是一个多学科的综合性的研究机构,具有专业较为齐全的优势。参加编写《现代中国水稻》的人员多为该所的科研骨干,学术思想活跃,具有丰富的科研实践经验,并掌握学科前沿动态,在长期的工作中积累了丰富的学科资料。由他们编写的《现代中国水稻》,集专业性、技术性和知识性于一体,以翔实的数据全面而系统地阐述了我国水稻生产和科学技术的特色和经验,着重反映了 20 世纪 90 年代以来的最新进展,并展望未来。除了传统的领域外,此书特别对过去的水稻综合性专著涉及不多或不深的领域和新兴领域,如水稻生物技术、水稻基因组、超级稻育种、稻米品质改良、水稻新品种评价体系、优质稻米加工技术、水稻技术标准体系、信息技术、水稻产业经济等进行了较为详尽的阐述。

《现代中国水稻》的出版,为水稻界提供了一部涵盖水稻各领域的综合性、资料性参考书。它有助于读者系统地了解我国水稻生产和科技的最新动态和发展趋势,有助于读者开拓思路、掌握研究理论和方法,值得一读。我很荣幸地将此书推荐给大家,并期盼它的出版能够在促进我国的水稻生产和科学技术进步中发挥积极的作用,为保障我国的粮食安全作出贡献。



2006 年 4 月

前 言

水稻作为世界上最重要的粮食作物之一,在全球粮食生产和消费中具有举足轻重的地位。世界上半以上的人口以稻米为主食。亚洲、非洲和美洲的近 10 亿个家庭,把以水稻为基础的系统作为其营养、就业和收入的主要来源,而且世界上 4/5 的水稻是低收入发展中国家的小规模农业生产者种植的。因此,水稻对粮食安全、脱贫和世界和平至关重要。

我国是世界上最大的稻米生产国和消费国,水稻生产为我国十几亿人民的粮食供给提供了重要的保障。我国还是稻作历史最悠久、水稻遗传资源最丰富的国家之一。我国的水稻栽培历史可以追溯到 1 万年以前。水稻农耕文明与旱作农耕文明一起构成了中华民族数千年的农耕文明史。悠久的稻作历史和多样的生态环境,孕育了我国丰富的水稻种质资源,使我国成为水稻遗传多样性中心之一。我国在水稻科技方面更是成果累累,在水稻矮化育种、杂种优势利用、生物技术、栽培技术研究等方面,均走在世界的前列。这些科技成果不仅推动了我国水稻生产的发展,也极大地促进了世界的水稻生产发展和科技进步。

过去的几十年间,我国水稻的生产和科学技术取得了举世瞩目的成就,形成了自己的优势和特色。各个时期的成就在水稻综合性专著如丁颖的《中国水稻栽培学》(1961 年)、中国农业科学院主编的《中国稻作学》(1986 年)、中国水稻研究所组织编写的《中国水稻》(1992 年)中均得到了很好的体现。20 世纪 90 年代以来,伴随着科学技术的不断进步,再加上水稻生产和市场需求发生了明显改变,我国水稻的生产和科学技术发生了重大的变化。面对水稻生产和市场新的需求和挑战,新的科研成果不断涌现,并在生产中得到应用。为了及时反映我国水稻生产和科学技术的成就,对我国水稻领域的经验进行总结,中国水稻研究所组织编写了《现代中国水稻》这部专著。

《现代中国水稻》是一部集专业性、技术性和知识性于一体,多角度反映我国水稻生产和科学技术的综合性、资料性参考书。它不同于一般的稻作学专著或论文汇编,而是各章相对独立,但通过围绕提高水稻生产水平这条主线联系在一起,构成一个整体。全书分 20 章系统地阐述了我国水稻生产与科学技术的成就和经验,尤其着重反映了 20 世纪 90 年代以来的最新进展,并对水稻生产和科学技术的发展前景及策略进行了展望。同时,也对国际稻作研究的突出成就作了适当介绍。除了传统的领域外,特别对过去的水稻综合性专著没有涉及的领域和新兴领域,如水稻生物技术、水稻基因组、超级稻育种、稻米品质改良、水稻新品种评价体系、优质稻米加工技术、水稻技术标准体系、信息技术、水稻产业经济等专设章节进行了阐述。

全书主要由中国水稻研究所各领域专家撰写而成。尽管在统稿过程中注意了全书体例上的统一和写作结构上的尽量一致,但由于全书涉及面广,不同领域作者所掌握的侧重点不一,而且所涉猎内容的广度和深度也有所差异,再加上时间仓促,限于编者水平,错误和疏漏之处在所难免,祈望广大读者批评指正。

中国水稻研究所所长、研究员 程式华 博士

2005 年 10 月

目 录

第一章 水稻概况	1
第一节 水稻的作用和地位	1
第二节 我国水稻的概况	2
第三节 我国水稻生产面临的挑战与科技发展需求	5
第二章 栽培稻的起源与演化	9
第一节 栽培稻的祖先种	9
第二节 栽培稻的起源地	10
第三节 栽培稻的传播	17
第四节 栽培稻的演化	18
第五节 栽培稻的遗传多样性	22
第六节 稻的分类	24
第三章 稻种资源	31
第一节 稻种资源的含义、类别及在水稻生产中的作用	31
第二节 野生稻种质资源	32
第三节 栽培稻种质资源	52
第四节 稻种资源共享	68
第五节 稻种资源未来研究重点	70
第四章 稻田生态环境与水稻种植区划	78
第一节 稻田生态环境	78
第二节 水稻光温反应特点及其应用	85
第三节 中国水稻种植区划	90
第四节 气象灾害对水稻生产的影响	93
第五节 气候变化对水稻生产的影响	96
第五章 水稻生物技术	98
第一节 水稻花药培养	98
第二节 水稻体细胞无性系变异及突变体筛选	105
第三节 水稻遗传转化	113
第四节 水稻原生质体培养和体细胞杂交	122
第五节 水稻分子标记辅助选择	127
第六章 水稻基因组	145
第一节 细胞质基因组	146
第二节 结构基因组	147
第三节 功能基因组	163
第四节 比较基因组	170
第五节 结语	174

第七章 常规水稻育种	179
第一节 我国常规水稻育种概况	179
第二节 系统育种	183
第三节 杂交育种	185
第四节 诱变育种	188
第五节 航天育种	192
第六节 加速育种进程的途径	195
第七节 常规水稻育种的成就	197
第八章 杂交水稻育种	202
第一节 水稻杂种优势的理论	202
第二节 水稻雄性不育机制	207
第三节 杂交水稻雄性不育系及保持系的选育	213
第四节 杂交水稻恢复系的选育	224
第五节 三系法品种间杂交稻选育	226
第六节 两系法杂交水稻选育	228
第七节 水稻杂种优势利用的现状与进展	230
第九章 超级稻育种	238
第一节 水稻产量潜力	238
第二节 水稻超高产育种计划	245
第三节 水稻超高产的生理基础	250
第四节 水稻超高产的遗传基础	259
第五节 超级稻育种策略与成效	270
第十章 稻米品质改良	283
第一节 食用稻米的化学成分、结构与品质评价	283
第二节 稻米蒸煮与食用品质指标间的关系	285
第三节 淀粉测定技术演变	288
第四节 影响稻米食用品质的环境条件及生化基础	291
第五节 稻米品质主要性状的遗传	299
第六节 分子技术改良稻米品质	304
第七节 稻米品质改良研究进展	307
第八节 稻米品质研究热点	312
第十一章 水稻新品种评价体系	325
第一节 水稻新品种特异性、一致性和稳定性测试	325
第二节 水稻新品种保护	330
第三节 水稻品种区域试验及生产试验	334
第四节 水稻品种审定	351
附录 11A 水稻品种区域试验及生产试验观察记载项目与标准(试行)	354
附录 11B 水稻品种区域试验主要病害抗性鉴定方法与标准(试行)	357
第十二章 稻田农作制度与水稻栽培	361

第一节	新时期中国水稻栽培科学的发展概况	361
第二节	稻田种植结构调整和多元化农作制度	362
第三节	水稻优质、高产、高效、安全和生态栽培技术	369
第四节	水稻生产机械化和农机农艺配套栽培技术	382
第五节	21 世纪中国稻作技术展望	388
第十三章	水稻病害及其防治	393
第一节	水稻真菌病害	394
第二节	水稻细菌性病害	407
第三节	水稻病毒病和水稻线虫病	416
第十四章	水稻虫害及其防治	423
第一节	主要稻虫种类、分布及为害习性	423
第二节	稻虫的地理分布特点	431
第三节	我国稻虫的演替及其原因	433
第四节	我国稻虫的综合治理及防治技术	437
第五节	稻虫防治研究展望	443
第十五章	稻田杂草及其防治	447
第一节	稻田杂草生物学	447
第二节	稻田杂草生态学	457
第三节	水稻化感作用	461
第四节	微生物除草剂	465
第五节	化学除草剂	468
第六节	除草剂的复配	471
第七节	稻田化学除草技术	474
第十六章	水稻信息技术	479
第一节	信息采集技术	479
第二节	作物模型	485
第三节	专家系统	491
第四节	农业生产决策支持系统	494
第五节	3S 技术	497
第六节	水稻信息技术发展趋势	506
第十七章	优质稻米加工技术	510
第一节	我国稻米生产加工现状	510
第二节	优质稻米生产加工主要技术	511
第三节	我国稻米生产加工的主要技术要求	514
第四节	稻米转化及深加工	530
第十八章	水稻技术标准体系	536
第一节	标准在稻作中的作用	536
第二节	我国水稻技术标准现状	541
第三节	国内外水稻技术标准及比较	551

第四节	我国水稻技术标准体系	556
第十九章	稻米生产、消费与贸易	560
第一节	水稻的生产情况	560
第二节	稻米的消费需求	567
第三节	稻米的贸易状况	568
第二十章	水稻产业经济	575
第一节	水稻产业经济发展背景	575
第二节	水稻产业经济理念	577
第三节	水稻产业结构调整	578
第四节	水稻产业经济效益	587
第五节	市场整合分析方法	600
第六节	水稻科技支撑	603

第一章 水稻概况

水稻属于禾本科(Poaceae 或 Gramineae)稻亚科(Oryzoideae)稻属(*Oryza* Linnaeus),为广泛分布于热带和亚热带地区的一年生草本植物。稻属由两个栽培种(亚洲栽培稻, *Oryza sativa* L.; 非洲栽培稻, *Oryza glaberrima* Steud.)和 20 余个野生稻种组成。亚洲栽培稻(又称普通栽培稻)普遍分布于全球各稻区,非洲栽培稻现仅在西非有少量栽培。栽培稻起源于野生稻,其中非洲栽培稻起源于长药野生稻(*Oryza longistaminata*),亚洲栽培稻则起源于普通野生稻(*Oryza rufipogon*)。

水稻是世界上最重要的粮食作物之一。全球一半以上的人口以稻米为主要食物来源。据统计,全世界有 122 个国家种植水稻,栽培面积常年在 1.40 亿 ~ 1.57 亿 hm^2 , 90% 左右集中在亚洲,其余在美洲、非洲、欧洲和大洋洲。世界稻谷年总产量 6 亿 t 左右,有 50 多个国家年产稻谷达到或超过 10 万 t。世界上十大水稻生产国是中国、印度、印度尼西亚、孟加拉国、越南、泰国、缅甸、菲律宾、巴西和日本。据联合国粮农组织(FAO)的统计数据,2004 年全球稻作面积为 1.53 亿 hm^2 ,稻谷产量为 6.09 亿 t,平均单产 3.97 t/hm^2 ;世界上水稻单产较高的国家为埃及(9.84 t/hm^2)、澳大利亚(8.38 t/hm^2)、美国(7.79 t/hm^2)、西班牙(7.41 t/hm^2)、韩国(6.94 t/hm^2)、乌拉圭(6.80 t/hm^2)、意大利(6.63 t/hm^2)、日本(6.42 t/hm^2)、中国(6.31 t/hm^2)和秘鲁(6.08 t/hm^2)。大米的主要出口国是泰国、美国、越南、巴基斯坦和中国。

水稻具有适应性广、单产高、营养好、用途多等特点。水稻虽起源于高温、湿润的热带地区,但由于长期的演变和分化,而今耐寒、早熟的稻种可以在位于北纬 53°29' 的我国黑龙江省漠河县和地处海拔 3 000 m 的尼泊尔、不丹高原等冷凉地区种植,并且具有适于各种水分供应条件的类型(深水稻、水稻、陆稻),其广泛适应性是其他任何作物所不及的。根据生态地理分化特征,可以将水稻分为籼稻和粳稻;根据水稻品种对温度和光照的反应特性,可以分为早稻、晚稻和中稻;根据籽粒的淀粉特性,可以分成粘稻(非糯)和糯稻。

全球水稻以灌溉稻为主,灌溉稻面积占全球水稻收获总面积的 1/2 左右,占总产量的 3/4,绝大部分分布在亚热带潮湿、亚潮湿和热带潮湿生态区。陆稻占世界稻作面积的 13%,但仅占总产量的 4%。天水稻占世界水稻面积 34% 左右。深水稻面积大约有 1 100 万 hm^2 ,产量很低,平均单产仅 1.5 t/hm^2 。

第一节 水稻的作用和地位

水稻以食用为主要用途,人类食用部分为其颖果,俗称大米。稻米中的成分以淀粉为主,蛋白质次之,另外还含有脂肪、粗纤维和矿质元素等营养物质。稻米是禾谷类作物籽粒中营养价值最高的,它的蛋白质生物价比小麦、玉米、粟(小米)高,各种氨基酸的比例更合理,并含有营养价值高的赖氨酸和苏氨酸;稻米的淀粉粒特小,粗纤维含量少,容易消化;食用的口感也较好,加工、蒸煮方便。稻米提供了发展中国家饮食中 27% 的能量和 20% 的蛋白质。仅在亚洲,就有 20 亿人从稻米及稻米产品中摄取占总需求量 60% ~ 70% 的热量。而在非洲,稻米是其增长最快的粮食来源。水稻对越来越多的低收入缺粮国的粮食安全至关

重要。稻米经过发酵,便能制成各种发酵产物,其中大量生产的有米酒(如中国有名的绍兴黄酒)和米醋。

稻谷加工后的副产品用途很广。米糠占谷重的 5%~8%,含 14%左右的蛋白质、15%左右的脂肪和 20%的磷化合物以及多种维生素等,可用于调制上等食料和调料(如味精、酱油等);米糠中富含维生素 B₁(为治疗脚气病的特效药),还可提取维生素 B₂、维生素 B₆、维生素 E 等;米糠的糠油含量为 15%~25%,可用作工业原料和食料。稻壳占谷重的 20%,可制作装饰板、隔音板等建筑材料,也可提取多种化工原料。稻草大致相当于稻谷产量的重量,除作为家畜粗饲料和用于牲畜垫圈及蘑菇培养基质外,将它还田是一种很好的硅酸肥和有机肥;在工业上是造纸、人造纤维等的原料,还可编织草袋、绳索等;另外还可用于农村建筑和作为保暖防寒材料等。

稻谷生产系统及收获后经营,为发展中国家农村地区提供了近 10 亿个就业机会。世界上 4/5 的稻谷是低收入发展中国家的小规模农业生产者种植的。提高稻谷系统的产量,无疑有助于消除饥饿、脱贫,有助于国家粮食安全和经济发展。

水稻还是进行生物科学研究的重要实验材料,尤其在禾谷类作物基因组学研究中成为了模式植物。水稻的基因组在禾谷类作物中最小,单倍体基因组为 430 Mb(百万碱基对),仅为拟南芥的 3 倍、玉米的 20%和小麦的 3%;其基因组中重复序列的含量相对较低(约 50%),与其他禾谷类作物有着广泛的共线性。随着水稻基因组测序工作的完成和水稻基因组学研究的不断深入,无疑会给禾谷类作物的研究提供更为有用的信息。

此外,水稻的种植形成了丰富的稻米文化。稻作至少有 1 万年的历史。稻作曾经是不少国家社会制度的基础,在亚洲的宗教与习俗中占有重要的地位。很早以前,大致开始于亚洲,水稻分别从不同地方向不同的方向传播,至今遍及除了南极洲以外的各个大陆。只要有水稻生长的地方,稻米就会出现在人们的日常饮食、宗教庆典和各种喜筵上,或者歌曲、绘画、故事里,从而形成了各种社会结构和丰富多彩的稻米文化。许多节日以稻米和水稻种植为主题,如我国著名的“开秧节”和“开镰节”,就是为了庆祝种稻和收割的开始。亚洲古代的许多皇帝和君王视稻米为神圣之物,视稻农为其文化和乡村的守护者。可见在农业发展和文明的历史上,水稻占有十分重要的地位。

随着对生态环境恶化担忧的不断增加,对种植水稻的生态效应也越来越受到重视。凌启鸿(2004)总结出水稻具有五大生态功能:储水抗洪的功能,清新空气的功能,调节气候的功能,人工湿地的功能和改良土壤的功能。

第二节 我国水稻概况

一、我国水稻生产的基本状况

水稻是我国最重要的粮食作物,其播种面积和总产量均居粮食作物首位。由于水稻适应性强,产量高而稳定,在我国粮食生产中有举足轻重的地位。在我国,南自海南省,北至黑龙江省北部,东起台湾省,西抵新疆维吾尔自治区的塔里木盆地西缘,低如东南沿海的滩涂田,高至西南云贵高原海拔 2700 m 以上的山区,凡是有水源灌溉的地方,都有水稻栽培。除青海省外,各个省、自治区、直辖市均有水稻种植。中国水稻产区主要分布在长江中下游的

湖南、湖北、江西、安徽、江苏,西南的四川,华南的广东、广西和台湾,以及东北三省。世界上稻作的最北点在我国黑龙江省漠河。中国能用不足世界 1/10 的耕地,养活占世界 1/5 的人口,解决国人的温饱问题,水稻功不可没。全国有超过一半的农民从事水稻生产,赖以为生,水稻也为千百万稻米加工者和经营者带来生计。

我国是世界上最大的稻米生产国和消费国。水稻播种面积在世界产稻国中位居第二,总产量居世界之首。在近半个世纪中,全国水稻年播种面积约占粮食种植面积的 27%,而年稻谷产量占粮食总产量的 43% 左右。2005 年全国水稻播种面积 2884 万 hm^2 ,总产量 1.81 亿 t,占粮食总产量的 37.3%。1981 ~ 2005 年全国年平均水稻播种面积为 3 125 万 hm^2 ,产量达 1.79 亿 t,单产为 5.75 t/hm^2 。平均单产比小麦的 3.39 t/hm^2 和玉米的 4.42 t/hm^2 高得多(分别为小麦和玉米单产的 1.7 倍和 1.3 倍)。稻米是中国人热量和各种营养的主要来源之一。大米是我国一半以上人口的主食,特别是在华南和长江流域,千百年来已经形成了以稻米为主食的饮食习惯。

二、我国悠久的稻作史和丰富的遗传多样性

我国的稻作具有悠久的历史。我国是水稻的起源地之一。亚洲栽培稻的祖先种普通野生稻在我国分布极广:南起海南省三亚市,北至江西省东乡县,西至云南省盈江县,东至台湾省桃园县。水稻栽培历史极为悠久,浙江省余姚河姆渡、桐乡罗家角及河南省舞阳县贾湖等地出土的炭化稻谷证实,中国的水稻栽培至少可以追溯到 7 000 年前,而在浙江省浦江县上山遗址发现的谷壳痕迹,使我国水稻栽培的历史进一步上推到 1 万年前。在古籍中有关水稻的记载也非常丰富,早在《管子》、《陆贾新语》等古籍中,就有公元前 27 世纪神农时代播种“五谷”的记载,而稻被列为五谷之首。稻米文明是中华文明不可或缺的组成部分和源泉,水稻农耕文明与旱作农耕文明一起构成了中华民族数千年的农耕文明史。

我国具有丰富的稻种资源。我国是水稻品种多样性的起源中心。广阔的稻作地域,多样的生态环境,悠久的栽培历史,形成了我国稻种资源的多样性。据估计,全球仅亚洲栽培稻就有 14 万份种质,我国已收集编入国家稻种资源目录的栽培稻资源达 69 179 份(2003 年)。丰富多样的稻种资源,为我国水稻品种的遗传改良和水稻生产,提供了不可替代的物质基础。

三、我国水稻科学技术的成就

近半个世纪以来,我国在水稻科技方面取得了举世瞩目的成就,为我国乃至世界的水稻生产作出了巨大贡献。世界矮秆稻育种的“绿色革命”源于我国。广东省于 1956 年首先选育出矮秆品种矮脚南特,1959 年育成广陆矮,台湾省于 1956 年育成台中在来 1 号,比国际稻 IR8 育成时间早 10 年;随后,全国各地又相继选育出 50 多个不同熟期、不同类型矮秆良种,实现了水稻矮秆品种熟期类型配套,这是我国水稻发展史上的第一次飞跃。我国的杂交水稻更是举世闻名,1973 年实现籼型杂交稻三系配套,1975 年建立杂交水稻种子生产体系,这是水稻发展史上的又一次飞跃。近几年,杂交水稻的年种植面积已达 1 500 万 hm^2 ,单产比常规稻增产 15% ~ 20%。另外,近年来超级稻育种研究又取得重大突破,已选育出不少新品种、新组合,如协优 9308、Ⅱ优明 86、Ⅱ优航 1 号、Ⅱ优 162、D 优 527、Ⅱ优 7 号、Ⅱ优 602、Ⅲ优 98 等三系超级杂交稻新组合,两优培九、准两优 527 等两系超级杂交稻新组合及沈农

265、沈农 606 等超级常规稻新品种。1999~2004 年累计示范推广超级稻 1 000 万 hm^2 以上,正孕育着水稻产量的第三次飞跃。

在水稻育种上取得突破的同时,其他的稻作技术也不断得到发展。在耕作制度方面,大搞耕作制度改革,不断提高复种指数,总结研究出稻田多熟制配套技术与吨粮田技术。在栽培技术方面,在育秧与合理密植研究的基础上,20 世纪 60 年代围绕推广矮秆高产良种,研究提出以适当扩大群体依靠多穗增产为主的壮秧、足肥、早发、早控栽培技术;70 年代则围绕杂交稻的推广,研究提出以稀播少本为主、科学运筹肥水促进穗粒优势的栽培技术;80 年代以后,则围绕水稻生长发育和产量形成的规律,针对影响高产的薄弱环节,研究提出了 10 余种各具特色的高产栽培法。在土壤肥料方面,根据两次全国土壤普查的资料,大搞低产水田和南方红黄壤稻田的改良,研究推广稻田综合培肥养田技术,提高了土壤持续生产力;开展了绿肥品种选育、高产栽培和合理种植制度研究,提出了氮肥与有机肥结合、氮肥与磷肥结合、氮肥深施而提高氮肥利用效率的技术以及配方施肥技术。在灌溉方面,开展了水稻需水规律研究,提出了水稻水层、湿润、晒田相结合的灌溉技术。在病虫草害防治方面,研究了水稻主要病虫害的发生规律,提高了预测预报水平,建成了水稻主要病虫害综合防治体系,研究提出了一批具有多种效应与互补功能的关键防治技术。在农机方面,自行设计研制出耕整、灌溉、插秧、收获系列水田农机具,大大推进了水田机械化。

在高新技术和基础研究方面,我国也是成果累累。在基础研究方面,开展了如水稻起源、水稻品种的光温条件反应特性以及光(温)敏核不育水稻的发现、鉴定及利用等多方面的研究。在水稻基因图谱的构建上,我国已经完成了水稻全基因组精细图的绘制,另外参与的国际水稻基因组计划第 4 染色体精确测序图也已绘制完成,这将大大推动农作物与水稻分子生物学研究,提高分子育种研究水平。在生物技术方面,通过花药培养、体细胞培养以及组织培养与辐射诱变相结合等手段,育成了一批籼、粳稻新品种;通过远缘杂交与花药培养,已将野生稻的一些有利基因导入栽培稻,获得优异种质材料。通过水稻分子标记对重要农艺性状基因,尤其是对育性基因(核不育基因、野败型核质互作雄性不育恢复基因、广亲和基因)、抗性基因(抗白叶枯病基因、抗稻瘟病基因)、产量性状基因及其他数量性状基因进行了大量的作图和标记研究,克隆了一些控制白叶枯病抗性、稻瘟病抗性、分蘖等重要性状的功能基因。利用分子标记辅助育种手段,育成了一些抗病品种、组合;利用分子标记检测杂交水稻种子真伪亦已在生产上试用。采用转基因技术,在国际上率先育成了抗除草剂转基因杂交稻、粳稻。在信息技术应用方面,研制成了一些水稻生产专家系统或决策系统以及水稻病虫害的预测预报等软件,用于指导水稻的生产管理。精确稻作的研究,即 3S 技术(地理信息系统、全球定位系统、遥感技术)在稻作中的应用研究也取得了阶段性成果,到了基地示范阶段。在数据处理与信息管理上,则已建立了品种资源、文献、生产与市场贸易信息等数据库,借助于从国家到地方相继建立的农业信息网络体系,许多与水稻有关的信息通过网络进行了共享,而直接与水稻或稻米有关的专业信息网目前也有不少。上述高新技术研究与成果实用化、产业化,为稻作领域开展新的科技革命奠定了良好的基础。

第三节 我国水稻生产面临的挑战与科技发展需求

一、我国水稻生产面临的挑战

(一) 水稻生产的稳定性

近半个多世纪以来,中国水稻生产得到了极大发展,取得了巨大的成就,为满足我国日益增长的人口的粮食需求提供了重要保障。水稻种植面积由 1949 年的 2 571 万 hm^2 增加到 2005 年的 2 884 万 hm^2 ,总产量由 1949 年的 0.49 亿 t 增加到 2005 年的 1.81 亿 t,单产由 1949 年的 1.89 t/hm^2 增加到 2005 年的 6.26 t/hm^2 。然而,稻谷总产量由 1983 年的 1.69 亿 t 增加到 1997 年的历史最高纪录 2.01 亿 t 后,1998 年开始呈明显下降趋势;水稻播种面积基本呈连年下降趋势,1983 年为 3 314 万 hm^2 ,到 2003 年缩减为 2 708 万 hm^2 ,相当于 20 世纪 50 年代初期的水平;而稻谷单产在 1998 年达到 6.36 t/hm^2 的历史最高水平后,近年有所下降。尽管 2004 年国家出台有关政策后水稻的种植面积和产量都有所回升,但与最高年份仍然差距明显。水稻作为关乎国计民生的粮食作物,如何保证生产的稳定性,是水稻生产面临的重要挑战。一方面应该采取包括政策支持在内的各种有效措施,确保水稻的种植面积,另一方面要通过各种技术手段进一步提高单位面积产量,以实现水稻的高产稳产。

(二) 水稻生产与产量潜力差距的缩小

目前生产上应用的大多数水稻品种,其在生产中的实际产量与品种自身的产量潜力差距很大。即使在相同的生产条件下,实际产量也存在相当大的变异。同一地区的稻田,农户间的产量差异也相当明显。在许多产稻国家的不同生态区,同一生态区的不同地区以及不同种植季节间,产量潜力和田间实际产量差距范围可达 10% ~ 60%。在我国,水稻生产与产量潜力间的差距也不小,即使在单产最高的 1998 年,全国平均单产也仅为 6.36 t/hm^2 ,虽然在一些高产地区可达 8.5 t/hm^2 ,但与水稻品种的产量潜力 10 ~ 11 t/hm^2 差距很大,更不用说与目前的超级稻的产量潜力已经达到了 12 t/hm^2 以上相比,说明通过提高单位面积产量来提高水稻产量的潜力很大。缩小这种产量差距不仅可以增加产量,而且还可提高土地和劳力的利用效率,降低生产成本,提高生产稳定性。为缩小产量差距,应该采取以下措施:提供合宜的政策支持,保证充足的资金投入;研究造成产量差距的限制因素,发展新的高产水稻栽培技术;采取有效手段,减少产后损失;强化研究者、推广机构和农民之间的有效联系。

(三) 水稻生产的多样化

我国水稻生产地域广阔,气候、生态类型多样,适宜多种类型稻作。北方地区以粳稻为主,南方地区以籼稻为主(台湾例外,以粳稻为主),同时在不同气候区形成早稻、中稻、晚稻。近年随着粮食流通体制改革的不断深化和受市场驱动,水稻生产出现了“南方早稻减、北方粳稻增和优质稻受欢迎”的局面。由于过去相当长的一段时期,水稻生产片面追求数量的增长,对稻米品质以及专用性水稻的生产相对重视不够。生产中优质米品种不多,种植面积不大,而专用稻、特种稻的开发利用程度也不高。2000 年,我国各地中等优质稻种植面积达到了 1 200 万 hm^2 ,占水稻种植面积的 40% 左右,总产量达到 8 200 万 t,占稻谷总产量的 42%。到 2003 年,中等优质水稻种植面积占水稻总种植面积的比重进一步上升到 55.6%。然而,

根据 2000 年农业部稻米及制品质量监督检验测试中心对全国水稻品种的普查结果,在所调查的 1091 个水稻品种中,仅有 118 个达国标三级以上的优质品种,优质率为 10.8%。2003 年的水稻品种和上市大米品质普查结果表明,稻米品质总体达标率增长了 6.2 个百分点。说明水稻生产中达国标优质品种的种植比率仍然较低。近年来,优质米的开发利用日益受到重视,各地采取各种措施调整水稻种植结构,扩大优质水稻的种植面积;另外,作饲料、食品加工、工业酿造和保健用等专用性水稻生产也有一定的发展,但尚处在起步阶段。因此,应该在注重水稻食用品质优质化的同时,加快发展水稻的专用化生产,实行稻米的多途径转化。

(四)水稻生产效益的提高

1978 年以来,我国稻谷的平均出售价格总的来说高于其生产成本,同时其增长也高于物价指数的增长,水稻生产具有一定的经济效益,有的年份还非常可观。2003 年,稻谷每公顷现金成本为 3 340.5 元,比 2002 年下降 0.9%;每 50 kg 成本为 26 元,比 2002 年提高 2.1%;每 50 kg 销售价格为 60.1 元,比 2002 年提高 16.9%;收益为每公顷 4 365.5 元,比 2002 年提高 940.4 元。然而,如果再加上成本外支出,如村提留费、乡统筹费和其他成本外支出(即人们常说的农民负担,近两年由于农村税费改革这部分支出有所下降),种植水稻的效益已经不大,这直接影响农民种植水稻的积极性,进而影响水稻的生产。

要提高水稻的生产效益,一方面应该通过采用新的省工、节本和高效技术,降低生产成本,增加单产,提高土地、水、劳动力、种子和肥料的使用效率。随着农业现代化和农村田园化的发展,稻作制度和栽培技术正在发生新的变革,如近年发展了轻简栽培等技术和产生了一些水稻与经济作物轮作(如冬春种蔬菜与草本水果、夏秋种水稻,以及稻田养鱼、稻禽共育等)稻田种植新模式;另外,水稻生产机械化已有一定的基础。这些新技术的应用将进一步提高劳动生产率。另一方面,水稻生产必须向生产经营产业化发展。积极发展农业产业化经营,形成生产、加工、销售有机结合和相互促进的机制,推进农业向商品化、专业化和现代化转变,这是我国继农村家庭联产承包责任制后,农村经济与社会发展的又一次重要变革。尽管水稻生产的产业化发展相对滞后,但近年蓬勃发展的水田现代化园区建设和水稻产区粮食龙头企业的发展,展示了水稻生产经营产业化的良好前景。水稻产业化以市场为导向、企业为龙头、科技为核心、农技服务为保障,建立生产基地,预约生产,合同收购,确保原料供应和产品质量;建立市场销售网络,生产、加工、销售三环节信息相互反馈、相互制约和促进。以市场经济规律指导水稻生产、经营和流通,提高水稻的附加值,以利于水稻生产的发展,这也是提高水稻种植效益的重要途径。

(五)稻米国际竞争力的提升

我国加入世界贸易组织,一方面给我国水稻的发展带来了机遇,另一方面也使水稻的生产和贸易面临着严峻挑战。我国既是稻米的主要生产国,同时又是主要的出口国和进口国之一。我国大米出口曾经位居世界第三,但近二三十年来,在国际大米出口市场的地位已退居到第六七位。1997~2003 年间,我国稻米年均出口量为 246 万 t,大约占世界稻米贸易量的 10%;出口额为 5.35 亿美元。主要出口地区为非洲、东南亚和部分美洲国家。我国出口的稻米以中低档优质米为主,缺乏市场竞争力。由于品质问题,我国稻米出口在国际市场的地位每况愈下,尽管出口的稻米是国内品质较好的,但在国外市场上还是面临“便宜也无人问津”的尴尬局面。相比于产量和消费量,我国稻米进出口数量很小。在 1997~2002 年间,

我国稻米年均进口量仅为 26.8 万 t,进口额为 1.11 亿美元。我国进口的稻米大多为泰国香米,主要是为满足高收入人群和高档饭店宾馆的需求。虽然水稻关税配额占国内生产总量的比重很小,总体来说在贸易自由化中受冲击不大,但随着人们生活水平的不断提高,优质稻米将会越来越受到消费者的青睐,如国内的稻米不能满足需要,进口量可能增加。

如何增强我国稻米的国际竞争力,确保我国稻米在国际稻米贸易中的地位得到巩固和提高,这是水稻生产必须面对和解决的问题。虽然我国稻米在世界市场上具有一定的比较优势,但目前国内稻米价格已接近国际市场价格,由于生产成本高于越南、泰国等东南亚国家,加上入世后我国取消了对稻谷的出口补贴,我国稻谷的出口会受到一定影响。目前我国水稻生产的优势主要在单产水平上,但品质差距大、生产成本低、比较效益低、知名品牌缺乏等问题比较突出,而且稻米产后精深加工更为落后,另外还要面对国际上绿色壁垒的压力。因此,为提高我国稻米在国际市场的竞争力,应进一步加强优质水稻品种的选育,建立常规优质稻种子的繁育基地,提高水稻生产的机械化水平,降低生产成本,还要加强对稻米精深加工的研究,开发适销对路的稻米制品。重点是在东北地区建立绿色食品粳米、有机食品粳米出口生产基地,在南方建立优质籼米(特别是长粒型米)的出口生产基地。

(六)水稻生产的可持续性

现代农业依靠大量施用化肥、农药和消耗大量的资源来提高作物产量,水稻生产也不例外。长期大量使用化肥、农药、除草剂等化学物质,不仅给人类生存的环境带来了不可逆转的负面影响,也对人类的食品安全造成威胁;而对土壤的掠夺性使用,不重视培肥,则给水稻生产的持续稳定的发展带来威胁。目前,稻米生产中的环境问题越来越多。滥用杀虫剂,化肥施用过量、效率低,二氧化碳、甲烷、氧化氮和氨气的释放,都是必须加以解决的问题。而随着社会经济的发展,空气、水和土壤的污染日益严重,稻作的生产环境严重恶化,特别是耕地和水资源短缺,使得水稻生产能力受到很大制约。在我国北方地区,水资源短缺将成为发展水稻生产的根本制约因素,在南方则由于水污染使得水稻的灌溉用水受到极大的制约。水稻的可持续生产,就是要以合理利用自然资源与经济条件为前提,采取符合生态安全、食品安全的生产技术,实现水稻生产的高产稳产,生产出优质、安全的稻米产品。

二、水稻科学技术的发展重点

水稻生产的发展与水稻科学技术的进步密不可分,我国数十年来的水稻产量的不断提高,除了政策因素外,主要依靠水稻品种的改良和改善生产技术等增产措施来实现。科学技术是提高水稻生产系统生产力和效率的基础,良好的技术使生产者有限的土地上,利用较少的水、劳动力和化学制剂,就可以生产出更多的稻米和提高产品质量,并减少对环境的破坏。面对水稻生产发展和市场的需求变化,水稻的科学技术无疑应该发挥更大的作用。

水稻品种改良方面,在确保产量提高的同时,强化对稻米的食用、加工、保健的多样性品种的研究。一是加强超级稻新品种的选育,努力实现全国平均单产的第三次突破,以全面提高我国水稻产量。二是培育不同用途的水稻品种,并努力提高品质。三是开发资源集约型(如节水、省肥)的水稻新品种。在育种策略上,以传统育种方法为基础,结合基因工程、细胞工程与染色体工程技术、植物诱变技术及分子育种等生物技术,深入开展遗传育种基础理论研究及优化育种程序,创制具有优异性状的新品种或种质材料;充分利用水稻基因序列图谱研究成果,开展水稻基因组学研究,克隆具有自主知识产权的功能基因,为水稻品种改良打