



華夏英才基金學術文庫

陈温福 徐正进 著

水稻超高产育种 理论与方法

华夏英才基金学术文库

水稻超高产育种 理论与方法

陈温福 徐正进 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书在系统分析水稻产量潜力的基础上,具体估算了我国主要稻区理论生产力和现实生产力,综合评述了水稻超高产研究历史与现状,论述了水稻超高产育种的生理基础、遗传基础,以及超高产育种亲本和杂交后代选择技术。

本书适合高等院校农学类专业研究生和本科高年级学生使用,同时也可供科研单位、相关技术推广和生产单位的工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水稻超高产育种理论与方法/陈温福,徐正进著. —北京:科学出版社, 2007

(华夏英才基金学术文库)

ISBN 978-7-03-020014-3

I. 水… II. ①陈…②徐… III. 水稻-作物育种 IV. S511.035

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 195784 号

责任编辑:韩学哲 / 责任校对:刘小梅
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳信达艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007 年 4 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2007 年 4 月第一次印刷 印张:19 1/2 插页:4

印数:1—3 500

字数:383 000

定价:78.00 元

如有印装质量问题,我社负责调换

前 言

水稻、小麦和玉米是世界上三大主要粮食作物。人类摄入能量的 50% 以上是由这三大作物直接提供的。在这三大作物中，小麦的收获面积最大，20 世纪末达到了 2.14 亿 hm^2 ；水稻次之，为 1.54 亿 hm^2 ；玉米居第三位，也有 1.40 亿 hm^2 。这三大作物生产的粮食用于人类直接消费的比例分别为水稻 85%、小麦 72%、玉米 19%。进入 21 世纪，全世界至少已有 120 个国家种植水稻，其中年产量超过 10 万 t 的国家占半数以上，有 15 个国家的年收获面积超过 100 万 hm^2 。

亚洲历来是水稻生产和稻米消费最多的地区。20 世纪末，全世界稻谷年产量约为 6 亿 t，其中 90% 以上产自亚洲国家。在亚洲国家中，又以中国和印度的收获面积最大，分别达到 3050 万 hm^2 和 4460 万 hm^2 以上，约占全世界稻作总面积的 20% 和 29%；稻谷总产量分别为 1.90 亿 t 和 1.34 亿 t，约占全世界稻谷总产量的 31.8% 和 22.4%。因此，完全有理由认为水稻肩负着亚洲人的食物安全和社会稳定的重任。在人口不断增加、耕地逐年减少、水资源危机日益加重的严峻形势下，努力提高稻谷产量，对于确保 21 世纪粮食安全、促进经济发展和稳定亚洲社会具有重要意义。

增加稻谷总产量一方面靠扩大种植面积，另一方面靠提高单产。由于受耕地和水资源限制，依靠扩大种植面积来增加稻谷总产量的潜力已很有限，因而我们只能通过科技进步提高单产。然而，亚洲的水稻单产水平在经历了矮化育种和杂交稻育种这两次大的飞跃以后，长期停滞不前。为了打破这种局面，实现水稻单产水平的第三次飞跃，20 世纪 80 年代初期，日本率先提出并开展“水稻超高产育种研究”。当时我们这些正在沈阳农业大学攻读硕士和博士学位的学子们，在导师杨守仁教授的悉心指导下，开始了“水稻超高产育种理论与方法”的应用基础研究。毕业留校以后，我们得到国家自然科学基金、国家“863 计划”、国家农业科技跨越计划、教育部、农业部以及辽宁省的大力支持，在该领域开展了进一步系统、深入的研究，并将研究成果撰写成《水稻超高产育种生理基础》一书，于 1995 年由辽宁科学技术出版社出版发行。与此同时，我们在新株型种质创新和超高产育种实践方面也做了大量工作，并取得了显著的进展。本书就是对这些研究成果全面、系统的总结。

水稻超高产育种是稻作科学研究领域的全新课题，涉及面广、问题多、难度

大。本书只是我们从理论与实践两个方面探索水稻超高产问题的初步尝试，仁者见仁，智者见智。由于学识水平有限，著述经验不足，书中错谬在所难免，恳请读者批评指正。

作 者

二〇〇七年一月于沈阳

图 版



图版 1-1 超级稻沈农 265



图版 1-2 超级稻沈农 9741



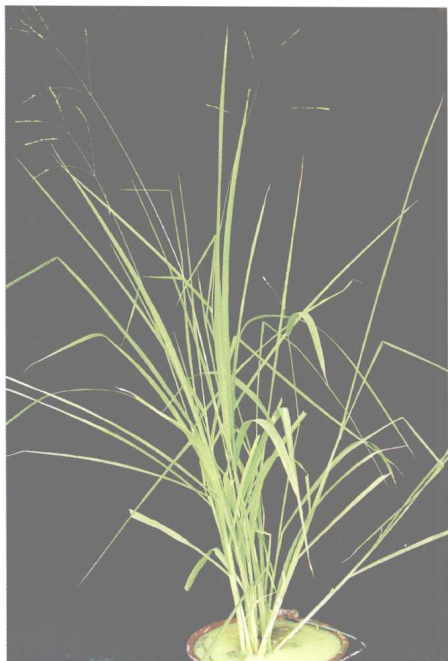
图版 1-3 超级稻沈农 606



图版 1-4 超级稻千重浪 2 号



图版 6-1 普通野生稻的株型



图版 6-2 药用野生稻的株型



图版 6-3 疣粒野生稻的株型



图版 6-4 籼稻的株型



图版 6-5 粳稻的株型



图版 8-1 籼梗稻杂交后代疯狂分离



图版 8-2 沈农 89366



图版 8-3 沈农 9836

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 水稻生产概况	1
一、世界水稻收获面积和产量	1
二、中国水稻种植面积和产量	2
第二节 水稻高产育种成就	4
一、水稻矮化育种	4
二、杂交稻育种	5
第三节 水稻与粮食安全	6
一、人口与环境的压力	6
二、耕地与水资源危机	7
三、水稻与粮食安全	8
第四节 水稻超高产育种研究进展	9
一、水稻超高产育种的兴起	9
二、水稻超高产育种理论与方法研究	10
三、水稻超高产育种实践	12
第二章 水稻生产潜力分析	15
第一节 水稻的理论生产潜力	16
一、产量潜力形成的基础	16
二、水稻的理论生产潜力	22
第二节 水稻的现实生产力	29
一、不同国家和地区的现实生产水平	29
二、小面积最高产量纪录或现实生产力	31
第三节 提高水稻产量的途径	32
第三章 水稻超高产育种研究的历史回顾	35
第一节 日本的水稻超高产育种研究	35
一、研究目标	35
二、研究内容与方法	36
三、主要研究结果	38
第二节 国际水稻研究所的新株型稻育种	63

一、提高产量潜力的新株型设计	63
二、新株型设计的理论基础	64
三、新株型稻培育现状及评价	67
第三节 中国的水稻超高产育种研究	69
一、北方粳稻超高产育种研究	69
二、南方籼稻超高产育种研究	75
第四章 水稻超高产育种生理基础	78
第一节 水稻群体光合作用与物质生产	78
一、水稻群体叶面积与物质生产	78
二、单叶光合效率与物质生产	90
三、源库关系与物质生产	106
第二节 超高产品种的物质生产特性	108
一、产量结构和物质生产与产量的关系	108
二、产量结构和物质生产的变化趋势	111
第三节 超高产品种的形态与生理特性分析	112
一、超高产品种的高产机制	112
二、超高产品种的形态与生理特性	113
三、超高产品种的根系特征	121
四、综合分析讨论	129
第四节 超高产品种的食味与品质	134
一、食味的变异及其与品质性状的关系	135
二、食味与其他品质性状的关系	136
第五章 水稻超高产育种的遗传基础	138
第一节 籼粳稻杂交育成品种的亚种特性及其遗传	138
一、籼粳稻杂交育成品种亚种特性	138
二、籼粳稻杂交后代亚种特性表现与分类研究	143
第二节 穗颈维管束性状的遗传	148
一、穗颈维管束性状的类型间差异及其遗传	148
二、穗颈维管束性状与穗部性状的关系	158
第三节 直立穗型的遗传与多效性	163
一、水稻直立穗型的遗传	163
二、直立穗型基因的多效性	165
第四节 籼粳亚种间杂种优势利用	166
一、水稻的杂种优势及其与类型分化的关系	167
二、籼粳亚种间杂种优势利用形式	169

三、籼粳亚种间杂种优势利用的其他问题	170
四、杂种优势利用与常规育种的关系	172
第六章 水稻的株型与超高产育种	174
第一节 株型概念及其发展	174
一、作物的株型及株型改良的意义	174
二、株型研究的历史回顾	177
第二节 水稻株型的适应性进化	180
一、野生稻的株型特征	181
二、栽培稻的株型特征	182
三、野生稻、籼稻、粳稻和爪哇稻特性比较	183
第三节 水稻株型改良的理论依据	185
一、株型改良与耐肥抗倒性	185
二、株型改良与适于密植性	187
三、株型与生长量	191
四、理想株型理论研究	192
五、超高产理想株型的理论设计	201
第四节 对理想株型中若干性状的评价	204
一、对株高的重新评价	204
二、水稻的穗型问题	205
三、关于叶片质量的研究	209
第七章 水稻的直立穗型与超高产育种	211
第一节 直立穗型与群体结构和受光态势	211
一、按穗直立程度的穗型分类	211
二、直立穗型水稻的群体结构	213
三、直立穗型与群体受光态势	214
第二节 直立穗型与群体生态环境和物质生产	219
一、直立穗型与群体生态环境	219
二、直立穗型品种的物质生产特点	221
三、直立穗型与产量和品质	224
第三节 直立穗型与抗倒伏性及其他性状的关系	227
一、直立穗型与抗倒伏性	227
二、直立穗型与其他性状的关系	230
第四节 其他穗部性状与产量和品质的关系	232
一、穗部性状与产量和结实性	232
二、穗部性状及粒形与品质	238

三、穗型分类及其与产量和品质的关系	252
第八章 水稻超高产育种技术	259
第一节 常规超级稻育种技术	259
一、新株型优异种质创造	259
二、优化性状组配与聚合有利基因	261
三、理想株型与优势利用相结合	264
第二节 超级杂交稻育种技术	264
一、三系法亚种间超级杂交稻育种技术	264
二、两系法亚种间超级杂交稻育种技术	268
第三节 生物技术在超级稻育种中的应用	273
一、有利基因的发掘和利用	273
二、超高产育种中的分子标记辅助选择	274
三、超高产育种中的分子设计育种技术	275
第九章 综述与展望	276
第一节 水稻超高产育种的生理与遗传基础	276
一、关于籼粳稻杂交育种的应用基础研究	276
二、关于水稻株型改良的生理基础研究	278
三、关于水稻直立穗型与超高产育种研究	281
第二节 水稻超高产育种研究中若干问题讨论	284
一、提高生物产量——超高产的物质基础	284
二、优化产量结构——超高产的先决条件	285
三、理想株型与优势相结合——超高产的必由之路	286
四、超高产育种与栽培技术的结合	287
第三节 生物技术与常规育种技术相结合问题	288
第四节 水稻超高产育种研究展望	289
主要参考文献	293
图版	

第一章 概 述

第一节 水稻生产概况

一、世界水稻收获面积和产量

20 世纪 50 年代以来,世界水稻收获面积迅速扩大,单产和总产均稳步提高。1948 年,全世界水稻收获面积仅有 8670 万 hm^2 ,单产 $1.68\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$,总产量不过 1.45 亿 t。到 1998 年,收获面积已扩大到 1.52 亿 hm^2 ,单产和总产量分别增加到 $3.81\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 5.79 亿 t,50 年收获面积扩大了 1.75 倍,单产和总产量分别提高了 55.9%和 74.9% (表 1-1)。1999 年收获面积和总产达到历史最高水平,分别为 1.57 亿 hm^2 和 6.68 亿 t。进入 21 世纪以后,收获面积开始缓慢下降,但由于单产仍在稳步提高,水稻总产量并未出现明显的下降。截止到 2004 年,收获面积缩减到 1.51 亿 hm^2 ,总产量则仍保持在 6.06 亿 t。

表 1-1 世界水稻收获面积和产量

年 份	收获面积/万 hm^2	单产/($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	总产/万 t
1948	8670	1.68	14 540
1958	11 701	1.92	22 409
1968	12 945	2.23	28 871
1978	14 364	2.68	38 511
1988	14 625	3.34	48 829
1998	15 200	3.81	57 879
2004	15 130	4.00	60 576

数据来源: FAOSTAT 数据库。

从收获面积和总产量的增长情况来看,20 世纪前期水稻总产量的快速增加主要来自于收获面积的迅速扩大,而中后期总产量的稳步增加则主要来自于单产水平的大幅度提高。从表 1-2 中可以看出,1948~1968 年这 20 年间,世界水稻总收获面积扩大了 33%,单产提高了 24.7%,总产量随之增加了 49.6%。1968~1988 年,也是 20 年,总收获面积仅扩大了 11.5%,单产却提高了 33.2%,并由此拉动总产量增加 40.9%。进入 21 世纪以后,收获面积开始下降,单产和总产量的增加幅度也逐渐趋缓 (表 1-3)。

表 1-2 世界水稻收获面积和单产的变化

年 份	收获面积增长/%	单产增长/%	总产增长/%
1948~1958	25.9	12.50	35.12
1958~1968	9.61	13.90	22.38
1968~1978	9.88	16.79	25.03
1978~1988	1.78	19.76	21.13
1988~1998	3.78	12.34	15.64
1998~2004	-4.63	4.75	4.45

数据来源：FAOSTAT 数据库。

表 1-3 世界主要水稻生产国的面积和产量

国 家	收获面积/万 hm ²			产量/(t · hm ⁻²)			总产量/万 t		
	2000	2002	2004	2000	2002	2004	2000	2002	2004
中国	3050	2836	2833	6.23	6.26	6.26	19 017	17 759	17 743
印度	4460	4000	4230	3.01	3.08	3.05	13 415	12 300	12 900
印度尼西亚	1152	1150	1191	4.43	4.23	4.54	5100	4865	5406
孟加拉国	1070	1090	1100	3.35	3.59	3.45	3582	3900	3791
越南	765	754		4.25	4.15		3255	3132	
泰国	1005	992	980	2.33	2.72	2.75	2340	2700	2695
缅甸	621	620	600	3.24	3.42	3.67	2012	2120	2200
菲律宾	404	403	413	3.08	3.14	3.51	1241	1269	1449
日本	177	170	170	6.07	6.63	6.42	1186	1126	1091
韩国	107	105	100	6.59	7.07	6.79	707	743	680
巴西	367	318	373	3.04	3.30	3.55	1117	1049	1325
美国	123	130	135	7.04	7.41	7.78	867	962	104
巴基斯坦	231	204	250	3.03	2.83	2.99	700	578	749
尼日利亚	206	225	370	1.59	1.50	0.96	327	337	354
世界总计	15 376	14 603	15 130	3.89	3.97	4.00	59 885	57 948	60 576

资料来源：Rice Almanac (3rd edition), IRRI, 2002。

20 世纪下半叶世界水稻单产水平的大幅度提高，与增施化肥、改善灌溉条件、提高栽培技术管理水平等有关，但最直接的原因则是在此期间品种改良取得的两次重大突破，即 50 年代后期至 60 年代中期矮秆品种的培育成功和 70 年代中期杂交稻的大面积推广应用。

半个世纪以来，在人口急剧增加、耕地面积日趋减少、饥饿危机四伏的严峻形势下，水稻生产的飞速发展，为确保世界粮食安全、促进社会发展和稳定做出了巨大贡献，并将对缓解 21 世纪世界人口、耕地、资源与粮食安全的矛盾产生深远的影响。

二、中国水稻种植面积和产量

中国是世界上最大的水稻生产国和稻米消费国之一。截止到 20 世纪末，中