

中国野生稻的保护与利用

孙希平 编著

中国农业科学技术出版社

中国野生稻的保护与利用

孙希平 编著

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

中国野生稻的保护与利用/孙希平编著. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2010.7

ISBN 978-7-5116-0239-8

I. ①中… II. ①孙… III. ①野生稻—资源保护—中国
②野生稻—资源利用—中国 IV. ①S511.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 127578 号

责任编辑 张孝安 赵 赟

责任校对 贾晓红

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82109708 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82109700

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 新华书店北京发行所

印刷者 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 850mm×1 168mm 1/32

印 张 4.625

字 数 130 千字

版 次 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

定 价 30.00 元

—— 版权所有·翻印必究 ——

前 言

中国是亚洲栽培稻 (*Oryza sativa* L.) 的起源中心之一,野生稻资源非常丰富。自 1917 年 Roschev 和 Merrill 在广东罗浮山麓至石龙平原、1926 年丁颖在广州市郊犀牛尾的沼泽地发现普通野生稻之后,中国政府和科学工作者非常重视野生稻资源的考察和收集,并将野生稻资源的收集与保存连续 5 年列为国家重点科技攻关项目和财政专项。经过多次规模不等的考察和收集,不仅查清了我国野生稻的种类和地理分布,而且收集野生稻资源 8 千多份,在国家长期库保存野生稻种子近 6 千份,还在广州和南宁建立了 2 个国家野生稻种质圃。

野生稻由于长期处于野生状态,经受了各种有害和不良环境的自然选择,不仅抗病虫,抗逆性较强,而且具有潜在的高产和优质等优良基因,是我们祖先留下的珍贵遗产,为水稻育种和生物技术研究提供了雄厚的物质基础。中国第一个水稻新品种“中山 1 号”的育成和我国籼型杂交稻三系配套的成功,野生稻都发挥了不可磨灭的作用。特别是 20 世纪 80 年代以后,由于现代农业的发展、育种水平的提高和多种生物育种技术的广泛利用,野生稻在研究稻种起源,演变以及在水稻育种中的作用尤为显著。野生稻资源更为专家、学者所重视。

但是,近 20 年来,中国水稻育种一直徘徊不前,究其根本原因主要是因为育种材料遗传基础狭窄,从而导致产量和品质的改良难以取得重大突破,而且狭窄的遗传基础还使水稻对生物和非生

物环境胁迫的脆弱性增加。所以,深入挖掘野生稻中的有利基因对提高水稻产量、改善稻米品质、增强水稻对生物和非生物胁迫的抗性、保障粮食安全和保护生态环境具有重要的战略意义。

该书概述了野生稻资源的分类、特征及优异资源的保存,如利用;并总结了诸多学者利用分子标记对野生稻遗传资源多样性的比较研究结果,同时对其优异基因的利用做了一系列探讨。

此外,在该书撰写过程中编者结合了曾经参加的“野生植物抢救性收集与保存”(国家农业部科技项目)、“热带亚热带农作物优异资源鉴定及分析”(国家农业部支撑计划)和正在主持的“野生稻导入系的构建及后代分析”(山西省农业大学博士科研启动项目)等项目的工作总结,同时也参阅了该学科大量的国内外研究有关资料。

由于时间仓促,不妥之处在所难免,恳请各位专家、学者和同行朋友提出宝贵意见,不吝赐教以臻完善。

编 者

2009年12月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 野生稻种质资源的概况	2
第二节 中国野生稻种质资源收集与整理的现状	6
第二章 野生稻研究概述	9
第一节 野生稻的分类及其特征	9
第二节 野生稻种质资源在中国的地理分布	28
第三节 野生稻的濒危现状、原因和存在问题	31
第四节 野生稻种质资源的保存与保护	37
第五节 野生稻核心种质的构建	51
第三章 野生稻种质资源多样性研究	54
第一节 遗传多样性的研究方法	55
第二节 遗传多样性的分析方法	64
第三节 分子标记在遗传多样性研究中的应用	70
第四节 野生稻种质资源遗传多样性的研究进展	71
第四章 野生稻优异基因的研究与利用	77
第一节 普通野生稻优异基因的分子标记定位	77
第二节 对中国野生稻种质资源的抗性评价	93
第三节 野生稻种质资源利用的前景展望	95

第五章 普通野生稻多样性的研究	106
一、普通野生稻表型性状的分析研究	106
二、普通野生稻遗传多样性的分析研究	108
三、普通野生稻遗传分化的分析研究	109
四、普通野生稻生态分化的分析研究	110
五、普通野生稻生殖特性的研究	110
六、普通野生稻抗稻褐飞虱新基因的发掘	111
七、普通野生稻核糖体 RNA 基因的分析研究	112
八、普通野生稻的保护策略研究	113
九、中国、南亚及东南亚普通野生稻遗传多样性的比较研究	114
十、普通野生稻籼粳分化的研究	118
十一、普通野生稻栽培方法的研究	119
十二、花粉管通道法将普通野生稻 DNA 导入栽培稻的研究	120
十三、中国普通野生稻(<i>Oryza rufipogon</i> Griff.)原生境保护与未保护居群的遗传多样性比较	123
第六章 野生稻种质资源保存与利用的思考	124
一、野生稻种质资源保护的思考	124
二、野生稻优异基因转移的思考	125
三、野生稻未来的研究方向	126
参考文献	127

第一章 绪 论

水稻是世界上最重要的粮食作物之一，全球近一半的人口以稻米为主食（卢宝荣，1998）。面对 21 世纪中国 13 亿人口粮食安全的重大问题，提高稻谷产量仍占有举足轻重的地位。而在当今全球人口继续增长而耕地面积、水资源逐渐减少的严峻挑战下，只有提高水稻的单位面积产量才能满足人类不断增加的粮食需求。在增加稻谷单位面积产量的诸多因素中，选育优良品种是首要因素。要在水稻育种上再次实现突破，关键在于进一步开发和利用稻种基因源丰富的遗传多样性。通过不断扩大栽培稻改良品种的遗传基础，获得适应生产需要的新品种。研究表明，普通野生稻是水稻育种宝贵的种质资源。普通野生稻中广泛存在着可用于栽培品种改良的优异基因，特别是育种急需而栽培稻缺乏的基因。但迄今可利用的基因还很少（丁颖，1961）。

野生稻在长期的自然选择过程中形成了丰富的变异类型，对水稻病虫害有较强的抗性，并对环境有较强的适应性，具有抗白叶枯、稻瘟病、细菌性条斑病、纹枯病、褐飞虱、白背飞虱、稻瘿蚊、抗旱、耐寒、耐盐碱、优质、氮磷高效利用以及雄性不育等优异基因。野生稻的研究、开发和利用，一直是国内外水稻专家进行水稻品种改良、创造新种质的重要途径。20

世纪 30 年代, 中国著名水稻专家丁颖教授, 就利用多年生普通野生稻 (*O. fufipogon* Griff.) 与栽培稻进行远缘杂交培育出了抗寒和抗逆性强的水稻品种“中山 1 号”(Yuan, 1993), 以后各地又选育出几个衍生品种如“包胎矮”等, 该品种在 20 世纪 80 年代仍在生产上推广利用, 历经半个世纪, 长盛不衰。1970 年, 中国杂交稻之父袁隆平院士利用在海南发现的“野败”不育株, 开创了三系杂交水稻育种的新局面, 使我国水稻产量大幅度提高。我国水稻育种家和遗传学家利用野生稻种质资源, 选育水稻新品种的例证还可以在许多其他实例中见到(熊振民, 1990; 王象坤, 1996; Jena, 1990)。在国外, 利用野生稻种质资源来选育水稻新品种的例子也不鲜见(Harlan, 1971; Khush, 1990; Xiao, 1996; Brar, 1997)。由此可见, 野生稻种质资源在丰富栽培稻品种的遗传基础, 提供抗病虫害、抗逆境胁迫以及其他优异农艺性状的基因, 促进栽培稻品种改良等方面具有重要价值。因此, 如何保证这些宝贵的野生稻种质资源能够可持续地存在和安全利用, 是摆在每一个种质资源工作者面前的重要任务。

第一节 野生稻种质资源的概况

野生稻种质资源是一个非常广泛的概念。通常认为, 野生稻种质资源是指与栽培稻有一定亲缘关系的所有野生稻近缘物种, 包括①栽培稻的祖先种多年生普通野生稻 (*O. rufipogon* Griff.) 和一年生野生稻 (*O. nivara* Sharma et Shastry), 栽培稻被认为是由该物种驯化而形成; ②栽培稻的近缘种——杂草

稻 (*O. sativa spontanea*) ; ③遗传上与栽培稻亲缘关系较近的稻属所有野生物种 (*Oryza* spp.) 和稻族 (*Oryzeae*) 中的其他近缘属的野生物种; 以及④栽培稻与野生稻 (通常是具有 AA 基因组的野生稻) 经天然杂交而形成的杂种群体 (Hybrid swarms) 及其后代。包括稻属在内的稻族各野生近缘种全球约有 70 余种, 它们与栽培稻具有不同程度的遗传关系。按照 Harlan 和 de Wet (1971) 所定义的基因库 (Gene pool) 概念, 并根据与栽培稻的亲缘关系以及基因向栽培稻转移的难易程度, 将野生稻遗传资源可以划分在不同等级的基因库中, 即原生 (Primary gene pool) 基因库 (GP-1), 次生 (Secondary gene pool) 基因库 (GP-2) 和三生 (Tertiary gene pool) 基因库 (GP-3)。通常野生稻物种大多分布在农业生态系统中而与栽培稻有密切的接触, 因此, 在趋同进化中的过程中野生稻的某些种类与栽培稻不断产生着天然杂交和种质渗入, 使得这些野生种类与栽培稻有着较近的亲缘关系。这些野生稻因而很容易通过有性杂交将其有益的农艺性状转移到栽培稻中, 从而成为水稻育种最重要的种质资源。

一、野生稻研究与利用的成就

“民以食为天, 食以质为先”, 粮食问题始终是关系到民族生存与发展和国家繁荣昌盛的头等大事 (卢宝荣, 1998)。近年来, 中国由于水稻品种的改良, 如半矮秆基因和杂种优势的利用, 带来水稻单位面积产量的提高, 总产也获得很大提高, 稻谷总产由 1978 年的 1.3 亿吨增加到 2002 年的 1.8 亿吨。除了众多的其他因素之外, 有效利用水稻种质资源, 特别是利用普通野生稻近缘种来改良水稻品种使中国水稻品种改良

获得巨大成功并走在世界的前列。

二、野生稻优良性状的成功利用

野生稻作物稻属资源的重要基因库源，存在着众多的优良性状，包括：抗病虫、耐寒、耐盐碱、耐旱、节间伸长，耐涝淹、耐阴、胞质雄性不育、大柱头、大粒、早熟、广亲和、高生物产量、高收获指数等（表 1-1）。典型例子是：20 世纪 70 年代从中国海南岛的普通野生稻中发现的细胞质雄性不育基因 *cms*，开创了我国三系杂交水稻大面积应用的新纪元。Song 等（1996）利用图位克隆技术进行了 *Xa21* 基因的分离克隆和转基因研究，获得了高抗白叶枯的转基因水稻植株，*Xa21* 基因的成功克隆与转基因利用，被认为是野生稻有利基因利用的成功典范。此外，在抗寒、抗旱、抗虫基因、产量性状基因、细胞质雄性不育恢复基因等有利基因研究中也取得重大进展（罗林广，2004）。表 1-1 列出了近年从野生稻中发现的抗病虫材料。

表 1-1 野生稻中已鉴定出的抗病虫材料

Table 1-1 Resistant resources of wild rice to diseases and insects

野生稻种类 Species	抗病虫特性 Resistant to diseases/insects
普通野生稻	纹枯病，通戈洛病，纵卷叶螟
尼瓦拉野生稻	稻瘟病，锯齿病毒，通戈洛病，褐飞虱，纵卷叶螟
短舌野生稻	叶蝉
长雄蕊野生稻	白叶枯病，稻瘟病
斑点野生稻	褐飞虱

续表

野生稻种 Species	抗病虫害特性 Resistant to diseases/insects
小粒野生稻	白叶枯病, 稻瘟病, 纹枯病, 褐飞虱, 白背飞虱
药用野生稻	白叶枯病, 通戈洛病, 褐飞虱, 白背飞虱, 叶蝉
紧穗野生稻	白叶枯病, 褐飞虱, 白背飞虱, 叶蝉
澳洲野生稻	褐飞虱
高秆野生稻	螟虫, 褐飞虱
短药野生稻	白叶枯病, 褐飞虱, 螟虫, 纵卷叶螟
马来野生稻	白叶枯病, 稻瘟病, 褐飞虱, 螟虫, 稻水蝇
宽叶野生稻	白背飞虱

三、野生稻研究与利用的前景

随着人口的不断增加和耕地面积的逐渐减少, 粮食安全形势越来越严峻 (庞汉华, 2004)。由于耕地面积有限, 提高单位面积产量已经成为增加粮食总产的唯一之路, 培育增产潜力更大的新品种则是提高单位面积产量的一条经济有效途径。人类在将野生稻驯化为栽培种的过程中, 施加了强大的选择压力, 使水稻的遗传多样性发生了急剧而根本的改变。现代作物育种又使栽培稻的遗传多样性受到又一次巨大的冲击。这种“瓶颈效应”使得现代高产品种的遗传多样性狭窄化, 进而使得这几年水稻育种出现“高原”现象 (董玉琛, 2004)。

普通野生稻蕴藏着丰富的优异基因, 对其特有基因进行鉴定、评价、定位并导入到优良栽培品种中, 不仅能够保护生物资源, 而且有利于发现具有重要应用前景的新基因、新材料和

新品种，进而提高我国农业领域的国际竞争力，避免类似“孟山都事件”的再度发生（杨庆文，2004）。

第二节 中国野生稻种质资源 收集与整理的现状

稻属（*Oryza* L.）分布于亚洲、非洲、大洋洲和美洲的热带、亚热带地区，目前认为有 22 种（Tateoka, 1963; Chang, 1985）。野生稻是该属中栽培稻（*O. sativa* L.）和非洲栽培稻（*O. glaberrima* Steud.）以外的野生种类的总称。野生稻不仅是现代水稻遗传育种的基础，也是适应未来环境变化和人类需求变化选育相应品种的前提。对栽培作物及其野生近缘种的研究与保护是目前全球生物多样性研究的优先项目（Ledig, 1988）。

中国是世界上第一产稻大国，中国粮食问题的解决和农业的发展前途很大程度上取决于能否保存水稻品种资源及其野生种类的遗传多样性。中国分布有三种野生稻（广东农林学院农学系，1975；全国野生稻资源考查协作组，1984）：①普通野生稻 *O. rufipogon* Griff.；②药用野生稻 *O. officinalis* Wall 和③疣粒野生稻 *O. meyeriana* Baill.；均被列为国家二级保护植物（傅立国，1992）。其中以普稻与亚洲栽培稻（*O. sativa* L.）具有共同的基因组（AA）亲缘关系也最近。迄今大多常规育种以及杂交稻（袁隆平，1986）、无融合生殖水稻（陈建三，1992）等高产优质品种的培育均以普通野生稻作为亲本，而且，该种被公认为水稻的祖先种（Oka, 1988）。1978 ~

1982 年全国野生稻普查时虽已报道了野生稻的种类、分布与生态习性,但近年来随着我国的人口猛增,农业生产体系的现代化和迅速的都市化,它们正常生长和繁衍的自然生境遭到毁灭,遗传多样性正在大量丧失。笔者于 1994 ~ 1995 年初步考察了中国野生稻的生境和濒危现状,结果令人焦虑不安,普稻的状况尤为严重。

经过 1963 年以及 1978 ~ 1982 年的野生稻种质资源的考查与普察,收集到大批野生稻种质,之后,对野生稻资源进行了一系列的研究。“七五”期间,编写了《中国稻种资源目录》(野生稻种),由农业出版社于 1991 年出版(黄清港和盛锦山,1991)。编入野生稻资源目录的主要内容有学名、采集地、生长习性、始穗期、茎基部色、叶舌形状、芒性、柱头色、花药长度、地下茎有无、内外颖色、种皮色、外观品质、千粒重、谷粒长宽、生育周期、抗病性等 20 多个项目,为野生稻种质资源的利用提供了基本资料。编入野生稻资源目录的共有 4655 份,其中原产中国的有 4447 份(包括普通野生稻 3733 份,药用野生稻 670 份,疣粒野生稻 44 份),由外国引进的 20 多个野生种和杂草种的种质(庞汉华和应存山,1993)。面向 21 世纪的中国生物多样性保护近年来又考察、收集了大批野生稻资源,经整理、鉴定编入目录的有 6945 个编号(庞汉华,1996)(表 1-2)。

表 1-2 全国统一编号的野生稻种质资源份数及其产地
Table 1-2 The copies and origin of the united numbering
of the whole country

产地与省 (区) 代号	统一编号	份数	保存单位及地点
广东 YD1	YD1—0001—2309	2329	广东农科院水稻所, 广州
广西 YD2	YD2—0001—1790	1790	广西农科院品资所, 南宁
云南 YD3	YD3—0001—0051	51	云南农科院品资站, 昆明
江西 YD4	YD4—0001—0173	173	江西农科院水稻所, 南昌
福建 YD5	YD5—0001—0004	4	福建农科院稻麦所, 福州
湖南 YD6	YD6—0001—0010	100	湖南农科院水稻所, 长沙
国外 WYD	WYD—0001—0208	208	中国水稻所, 杭州 中国农科院品资所, 北京 广西农科院品资所, 南宁
合计		4655	

第二章 野生稻研究概述

第一节 野生稻的分类及其特征

一、野生稻的种类及其命名

植物学家们将所有的植物分类为科 (Families), 科下再细分为亚科 (Subfamilies)、族 (tribes)、属 (Genera)、种 (species) 等。按照目前分类体系, 野生稻是指稻属中的所有物种。稻属 (*Oryza*) 是禾本科 (Poaceae) 中一个很重要的属, 是由 Linnaeus (1753) 首先创立的。19 世纪末, Baillion (1894) 对稻属植物进行了详细研究并第一次对稻属进行了系统的分类, 他将当时的稻属界定为 5 个种并将其划分在 4 个组中, 即 sect. *Euoryza* (含 *O. sativa*), sect. *Padia* (含 *O. meyerana*), sect. *Potamophila* (含 *O. parviflora*) 和 sect. *Makkebrunia* (含 *O. leersioides* 和 *O. prehensilis*)。而在 Prodoehl (1922) 的稻属分类中, 种的数目已增至 16 个。俄国著名分类学家 Roschevicz (1931) 在对稻属的大量植物标本和资料进行了仔细查阅和研究之后, 对稻属的分类作了非常系统的整理与订正, 并对多个种配以插图进行了详细的描述, 建立了一个新的稻属分类系统。该系统包含了 20 个种, 归于 4 个组, 其中最大的 sect. *Oryza* 包含 12 个



种, sect. *Granulata* 只有 2 个种, sect. *Coarctata* 包含了 5 个种, 而 sect. *Rhynchoryza* 则仅含 1 个种。Vaughan (1989) 建立了一个包含 4 个复合体的稻属分类系统。这个系统包含了 22 个种, 分别归属于 *O. sativa* 复合体 (含 8 个种), *O. officinalis* 复合体 (含 8 个种), *O. ridleyi* 复合体 (含 2 个种) 和 *O. meyeriana* 复合体 (含 2 个种)。但是, 他未将另 2 个种 *O. schlechteri* 和 *O. brachyantha* 归入任何复合体中。Lu (1999) 在研究了 Roschevicz (1931), Sharma 等 (1965), Vaughan (1989) 稻属分类系统的基础上, 结合现代已发表的稻属分类学资料, 提出一个 3 组 7 系 24 种的稻属分类系统。这一分类系统的最大一个组 sect. *Oryza* 包括了 ser. *Latifoliae* (含 8 个种), ser. *Australienses* (含 1 个种) 和 ser. *Sativae* (含 8 个种)。第二个组 sect. *Padia* 由 ser. *Meyerianae* (含 3 个种), ser. *Ridleyanae* (含 2 个种) 和 ser. *Schlechterianae* (含 1 个种) 这 3 个系构成。随后, 一些稻属中存在的问题相继被澄清。卢宝荣等 (2001) 根据对稻属的不同分类系统和目前对稻属研究资料的积累与分析建立了新的分类系统如表 2-1 所示。这一分类系统既合理地反映了目前稻属的物种数目及其种间关系, 同时, 也在很大程度上支持了形态学、细胞学和分子生物学对稻属各物种研究的结果。