

Studies on *Javanica* Rice and Heterosis of Inter-subspecific Hybrids

爪哇稻 及其亚种间杂种 优势的研究

肖国樱 袁隆平 著

By Guoying Xiao and Longping Yuan



科学出版社

www.sciencep.com

爪哇稻及其亚种间杂种优势的研究

Studies on *Javanica* Rice and Heterosis of Inter-subspecific Hybrids

肖国樱 袁隆平 著

By Guoying Xiao and Longping Yuan

科学出版社

北 京

内 容 简 介

爪哇稻资源在水稻亚种间杂种优势利用中作用重要,水稻亚种间杂种优势利用是今后水稻杂种优势利用的主攻方向。本书系统地介绍了爪哇稻及其亚种间杂种优势研究的主要结果和结论,对于利用爪哇稻资源和水稻亚种间杂种优势具有重要的参考价值。

本书主要内容有:亚洲栽培稻的分类及爪哇稻的分类地位,爪哇稻的分布及其在长沙的性状表现,水稻亚种间杂种优势利用,籼爪和粳爪交的杂种优势表现,籼爪和粳爪交杂种 F_1 代的杂种优势分析,籼爪和粳爪交杂种 F_1 代性状间的关系,籼爪和粳爪交杂种的配合力和遗传力分析,爪哇稻在亚种间杂种优势利用研究中的问题探讨,爪哇稻研究的主要结论和利用策略。同时,本书还提供了具有重要参考价值的相关原始数据,有利于读者更好地研究和利用爪哇稻资源。

本书适合于大专院校和科研院所中从事水稻种质资源利用和分子生物学、水稻遗传学和育种学方面工作的科研人员、教师和研究生阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

爪哇稻及其亚种间杂种优势的研究/肖国樱,袁隆平著. —北京:科学出版社, 2009

ISBN 978-7-03-022964-9

I. 爪… II. ①肖…②袁… III. 水稻-杂交育种-研究 IV. S511.035.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 140034 号

责任编辑:莫结胜 李晶晶 / 责任校对:张小霞

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009 年 1 月第一次印刷 印张:8

印数:1—1 200 字数:182 000

定价:48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<新蕾>)

目 录

第 1 章	绪论	1
第 2 章	亚洲栽培稻的分类及爪哇稻的分类地位	3
第 3 章	爪哇稻的分布及其在长沙的性状表现	6
3.1	爪哇稻的分布和特点	6
3.2	爪哇稻在长沙农艺性状的表现	8
3.3	爪哇稻在长沙米质性状的表现	10
3.4	爪哇稻与杂种 F_1 代农艺性状的比较	12
3.5	爪哇稻与杂种 F_1 代品质性状的比较	14
第 4 章	水稻亚种间杂种优势利用	17
4.1	水稻亚种间杂种优势的间接利用	17
4.2	水稻广亲和性及广亲和系的选育	17
4.3	水稻亚种间杂种优势的直接利用	20
第 5 章	籼爪和粳爪交的杂种优势表现	23
5.1	杂种 F_1 代在长沙农艺性状的表现	23
5.2	杂种 F_1 代在长沙米质性状的表现	25
5.3	杂种 F_1 代在长沙生物学产量的表现	28
5.4	杂种 F_1 代在三亚的农艺性状表现	29
5.5	相同组合在长沙、三亚两地农艺性状的比较	31
5.6	杂种 F_1 代在三亚品质性状的表现	35
5.7	长沙、三亚两地相同组合品质性状的比较	37
第 6 章	籼爪和粳爪交杂种 F_1 代的杂种优势分析	40
6.1	杂种 F_1 代在长沙的农艺性状超亲优势分析	40
6.2	杂种 F_1 代在长沙的农艺性状对照优势分析	44
6.3	籼爪交杂种 F_1 代在长沙的品质性状超亲优势	49
6.4	籼爪交杂种 F_1 代在长沙的品质性状对照优势	50
6.5	杂种 F_1 代在长沙的生物学产量对照优势分析	52
6.6	杂种 F_1 代在三亚的农艺性状对照优势分析	54
6.7	相同组合在长沙、三亚两地农艺性状对照优势的差异	56
6.8	籼爪杂种 F_1 代在三亚的品质性状对照优势分析	59
6.9	相同组合在长沙、三亚两地品质性状对照优势比较	60
第 7 章	籼爪和粳爪交杂种 F_1 代性状间的关系	63
7.1	杂种 F_1 代农艺性状间直线相关分析	63
7.2	长沙籼爪和粳爪交杂种 F_1 代单株粒重和结实率的通径分析	65
7.3	长沙籼爪交杂种 F_1 代农艺性状和品质性状典型相关分析	70

7.4	父本农艺性状与其杂种农艺性状的关系	72
7.5	父本品质性状与其杂种品质性状的关系	74
第8章	籼爪和粳爪交杂种的配合力和遗传力分析	76
8.1	亲本一般配合力及其相对效应	76
8.2	各性状的遗传参数	80
第9章	爪哇稻在亚种间杂种优势利用研究中的问题探讨	83
9.1	亲本遗传差异与杂种优势的关系	83
9.2	亚种间杂交稻结实稳定性	84
9.3	爪哇稻在杂交稻品质改良上的应用潜力	85
9.4	籼爪和粳爪交杂种的产量潜力	87
第10章	爪哇稻研究的主要结论和利用策略	88
10.1	爪哇稻亚种间杂种优势研究的主要结论	88
10.2	爪哇稻资源利用的策略和体会	89
参考文献		91
附录		94
1	田间试验方法	94
2	供试爪哇稻品种	95
3	长沙种植的184个爪哇稻农艺性状原始数据	101
4	长沙种植的4个对照杂交稻农艺性状原始数据	108
5	长沙种植的229个籼爪杂种农艺性状原始数据	109
6	长沙种植的98个粳爪交杂种农艺性状原始数据	119
后记		123

第1章 绪 论

水稻(亚洲栽培稻)(*Oryza sativa* L.)是世界上最重要的粮食作物之一,在全球粮食生产和消费中占有极其重要的地位。全世界种植水稻的国家有122个之多,但水稻的生产和消费都集中在亚洲。据联合国粮农组织统计,2005年全世界共计种植水稻 $1.537\ 83\times 10^8\text{ hm}^2$ (23.067亿亩^①),平均单产 4022.1 kg/hm^2 (268.14 kg/亩),共计总产量为 $6.185\ 34\times 10^8\text{ t}$ (6.185亿吨)。其中,2005年中国水稻种植面积为 $2.9300\times 10^7\text{ hm}^2$ (4.395亿亩),平均单产 6329.5 kg/hm^2 (421.97 kg/亩),共产稻谷 $1.854\ 54\times 10^8\text{ t}$ (1.855亿吨)。中国以占世界水稻种植总面积19.05%的土地,产出了占世界水稻总产量29.98%的稻谷。而同年印度种植水稻面积占全世界总面积的27.96%,而产量只占世界总产的20.86%。中国以其不太优越的土地条件和参差不齐的耕作水平在水稻生产上创造出如此惊人的业绩,主要依靠农业科学技术的进步,其中,杂交水稻的推广和应用起着至关重要的作用。

杂交水稻1976~2004年累计推广约4亿公顷,累计增稻谷约6亿吨。近年来,杂交水稻年种植面积为 $1.5\times 10^7\text{ hm}^2$ (2.25亿亩),占水稻总种植面积的51.19%,而产量约占水稻总产的60%,全国年种植杂交水稻所增产的稻谷可多供养6000多万人口。但是随着人口的增加、耕地的减少,人类对粮食日益增长的需求与粮食产量之间的矛盾越来越突出,怎样继续提高粮食产量是摆在育种者面前的首要课题,也是政治家不可回避的问题。

三系杂交水稻自1976年推广应用以来已有三十多年,现在新育成的三系杂交稻品种间组合虽然在抗性、米质等方面有不少改良,但其产量潜力并未超过杂交水稻推广初期的主栽组合南优2号,说明品种间杂种优势利用已经接近了顶峰,进一步提高杂种优势水平需要新方法、新技术、新材料的支撑。

水稻籼粳亚种间杂种 F_1 代具有强大的生物学优势(杨守仁,1962;朱立宏等,1964;曾世雄等,1980),这已为人们所熟知。但是其杂种 F_1 代结实不正常从而阻碍了这种生物学优势向产量优势的转化,影响了籼粳亚种间杂种优势的直接利用,籼粳杂交主要用来在亚种间转移优良性状。例如,日本通过籼粳杂交把籼稻的抗稻瘟病基因导入粳稻遗传背景中,改良了粳稻的稻瘟病抗性;美国利用籼稻与粳稻杂交育成了早熟的推广良种;韩国则从20世纪60年代中后期起通过籼粳杂交先后育成了水源、密阳等系列的矮秆品种;国际水稻研究所则利用爪哇稻皮泰(Peta)和籼稻低脚乌尖育成了轰动一时的IR8;我国的推广品种矮粳23、鄂晚5号、南粳35、辽粳5号和晚粳T209等均是通过对籼粳杂交育成的(林世成等,1986)。

广亲和系的发现和广亲和理论的提出(Ikehashi,1982;Ikehashi and Araki,1984)对直接利用籼粳 F_1 代杂种优势起了很大的推动作用,袁隆平(1987)关于杂交

① 1亩 $\approx 667\text{ m}^2$,后同。1Mu $\approx 667\text{ m}^2$, the same in the following.

水稻育种的战略设想正式揭开了大规模利用籼粳 F_1 代杂种优势的序幕，为实现籼粳杂种 F_1 代杂种优势利用指明了方向和途径。随着籼粳亚种间杂种优势利用研究的深入，发现直接利用典型的籼粳亚种间杂种优势在现阶段还存在一些难于解决的问题，主要表现为引入了广亲和基因的典型籼粳交杂种结实率偏低（杨克虎和李泽炳，1989；万邦惠和唐一雄，1992），结实性不稳定（李和标等，1995），充实度差（袁隆平，1990）以及品质性状难于协调等。针对这些问题，袁隆平 1991 年及时提出了选育亚种间杂交稻组合的技术策略（孙宗修和程式华，1994；袁隆平，1996），即矮中求高、远中求近、显超兼顾、穗求中大、高粒叶比、以饱攻饱、爪中求质、生态适应。

矮中求高：利用了等位矮秆基因，亚种间杂交稻植株过高的问题已获解决。反过来又要求在不倒伏的前提下，适当增加株高，借以提高生物学产量，使之具有充足的源，为高产奠定基础。

远中求近：以部分利用亚种间的杂种优势选配亚亚种组合为上策，克服纯亚种间杂交因遗传差异过大所产生的生理障碍和不利性状。

显超兼顾：既注意利用双亲优良性状的显性互补作用，又特别重视保持双亲有较大的遗传距离，避免亲缘重叠，以发挥超显性作用。

穗求中大：以选育每穗颖花数 180 个左右，每公顷 300 万穗左右的中大穗型组合为主，不片面追求大穗和特大穗，以利协调库源关系，使之有较高结实率和较好的籽粒充实度。同时，在提高穗粒数方面，是以增加穗长和一次枝梗数为主，因为追求过大的着粒密度，不利于灌浆和籽粒的充实。

高粒叶比：粒叶比值是衡量一个品种光合效率的重要指标。通过测定，选择粒叶比值高的组合，把凭经验的形态选择与能定性和定量的生理机能选择结合起来，使选择技术建立在更科学的基础上，从而能大大提高选择的准确性和效果。

以饱攻饱：根据观察和经验，杂种一代籽粒的饱满度与亲本这方面的性状密切相关，因此选择籽粒充实良好和特好的品种、品系作亲本，是解决亚种间杂交稻籽粒充实不良的途径之一。另外，选用千粒重不大但容重大的作亲本，也是一条有效途径。

爪中求质：选用爪哇稻或者爪粳中间型的长粒优质材料，与籼稻配组，米质优良且倾粳型；选用爪哇型或爪粳中间型的短粒型材料，与粳稻配组，米质优良且倾粳型。

生态适应：籼稻区以籼爪交为主，兼顾籼粳交；粳稻区以粳爪交为主，兼顾籼粳交。

在袁隆平提出的这 8 条技术策略中将爪哇稻的利用提到了很重要的位置。但是国内爪哇稻资源贫乏，引进的爪哇稻资源主要是一些广亲和材料并且数量有限，所以有必要大量引进爪哇稻并加以认真研究。本书较为系统地汇集了我们进行爪哇稻研究的重要结果，可以为大规模利用籼爪和粳爪杂种优势提供可资借鉴的资料，对进一步改良和利用爪哇稻资源具有重要的理论和实际价值。

第2章 亚洲栽培稻的分类 及爪哇稻的分类地位

从植物分类学上来看,世界上栽培的水稻(稻)有两个种:一个是亚洲栽培稻(*Oryza sativa* L.),一个是非洲栽培稻(*Oryza glaberrima* Steud),它们属于禾本科稻属。亚洲栽培稻由于栽培面积大(占世界水稻种植面积的98%以上)、范围广(在世界五大洲均有种植)、产量多(占世界水稻产量的98%以上),常简称或者统称为水稻、栽培稻、稻,其中,水稻称呼最为普遍。非洲栽培稻的种植范围局限于非洲的中西部,面积和产量均不到世界份额的2%(Maclean et al., 2002)。

根据考古资料提供的证据,亚洲栽培稻(简称栽培稻、水稻或稻,其中,水稻称谓最常见)在中国栽培已有约7000年的历史。虽然水稻种内分化很早就出现了,但对水稻有2个亚种分化的认识最早见于《广雅》(公元3世纪)的记载:“粳,粳也。”由于古代文献中粳不仅指粳稻,也是稻的总称,故《广雅》中就有粳稻就是粳稻的说法。例如,《本草纲目》(1578年)有“粳乃稻之总名也”的记载(游修岭,1995)。

日本人加藤1928年最先用较科学的分类方法把水稻分为印度型(*Indica*)和日本型(*Japonica*)两个亚种。但随后,寺尾(1939)、水岛(1950)指出:根据杂交亲和性不可能把水稻清楚地分成两个类型,从一种类型到另一种类型有许多中间类型,即I_a、I_b、I_c、II和III。盛永(1968)也证明F₁不育性有中间类型。松尾(1952)根据对1000多个品种进行包括籽粒大小在内的约20个形态性状的研究结果,把水稻分为A、B和C三群,这些类型主要分布在日本、爪哇和印度,大多数日本品种属于A群,大约90%的爪哇稻品种属于B群,90%以上的印度品种属于C群。冈(1953)则根据100多个品种12种性状的表现型,把水稻分为大陆群、热带海岛群、温带海岛群三类。盛永(1968)则把加藤分类中的粳粳亚种两类分为冬稻(*Aman*)生态种,布鲁(印尼)(*Bulu*)生态种、日本(*Japonica*)生态种和秋稻(*Aus*)生态种共4个生态种,其中,冬稻生态种包括冬稻(*Aman*)生态型、春稻(*Boro*)生态型和久莱(*Tjereh*)生态型,日本生态种中包括日本(*Japonica*)生态型和光壳稻(*Nuda*)生态型(高桥成人,1988)。

我国台湾学者张德慈主张把水稻分为粳稻、粳稻和爪哇稻三个亚种(Chang, 1976)。我国大陆学者俞履圻最早(1940年)对四川稻种的分类进行了研究,他以粳粳、糯性、米色、早中晚稻把四川稻种资源分为15个类,再以粒形、米香、芒、颖色、颖尖色、叶片色、叶鞘色、节间色、柱头色、叶毛等把四川水稻分为58个型,其中,粳稻品种达1381个,粳稻品种75个。著名水稻专家丁颖(1949)认为栽培稻种的系统发育过程与栽培及生态条件有密切关系,所以栽培稻的分类标准应把生物学、植物学和栽培学结合起来,求得三者的统一。他将我国水稻分为粳粳两个亚种,亚种下面再根据熟期早晚、水稻或陆稻、黏稻或糯稻分为16个变种(俞履圻和钱咏文,1986)。

程侃声等在前人研究的基础上,根据杂交亲和力的高低、生态分布特点、形态特征及栽培利用的特点,提出亚洲栽培稻按种—亚种—生态群—生态型—品种的五级分类新

体系，主张亚种以上尽可能和植物学分类系统保持一致，亚种间在亲和性、形态和地理分布上应有较大的差别（程侃声等，1984，1988；程侃声，1993）。其分类体系为



同工酶位点分析和分子标记分析为水稻分类提供了新手段。Glaszmann (1987) 用 8 种同工酶的 15 个位点对来自亚洲各地的 1688 份地方品种进行了研究，将亚洲栽培稻分为 I、II、III、IV、V 和 VI 群，每一群品种均有明显的地理分布特点。聚类分析将 I、II、III 归为一组，IV、V、VI 归为一组，前者相当于籼粳两个亚种分类体系中的籼或偏籼，后者相当于粳或偏粳。应用 RFLP 标记证实亚洲栽培稻具有籼粳分化，但对于中间类型还少有论述；RFLP 标记分类和形态分类法，同工酶分类之间的分类结果并不完全一致；任何一种分类方法都很难做到完美无缺，而相互印证是十分必要的（程侃声，1993）。孙传清等（1997）对 74 份亚洲栽培稻的三个遗传系统（核、线粒体和叶绿体遗传系统）的多样性进行了全面探索，认为籼粳分化代表了亚洲栽培稻分化的主流。

亚洲栽培稻的分类至今尚未形成一个国际公认的分类体系（王象坤，1993）。中国内地学者多主张把亚洲栽培稻分为籼和粳两个亚种，而国外和中国台湾学者则有些人认为应分为两个亚种、有些人则认为分为籼、粳、爪三个亚种或四个生态种较为合理。从研究者分类时使用的材料类型来看，寺尾博、松尾孝岭、冈彦一、盛永俊太郎和程侃声不仅使用了典型的籼粳品种，而且使用了分化不彻底的爪哇稻、光壳稻和秋稻等，其中，以盛永俊太郎分类中涉及的类型较多，并且把亚洲栽培稻分为 4 个生态种。

爪哇稻在把亚洲栽培稻只分为籼粳两个亚种的分类体系中均归入粳亚种，而在分为三个亚种（或群）和四个生态种的分类体系中均把它作为种下面的一个亚种或群或生态种。不管是亚种还是生态群，爪哇稻作为水稻中的重要组成部分，其作用和利用价值是不容置疑的，值得进行广泛、深入的研究和利用。

表 2-1 对各种分类系统进行了综合并统一了中译名以供参考。

表 2-1 亚洲栽培稻分类系统比较
Table 2-1 Classification of Asia cultivated rice (*Oryza sativa* L.)

分类者及分类年份 Classifier and classification time	分类系统 Classification system		
加藤茂苞 Kato S (1928, 1930)	粳稻（亚种） <i>Japonica</i> (subspe- cies)		籼稻（亚种） <i>Indica</i> (subspecies)
寺尾博和水岛宇三郎 Terao H and Mizushima U (1939)	I _a , I _b 类 I _a , I _b group	I _c 类 I _c group	II, III 类 II, III group

续表

分类者及分类年份 Classifier and classification time	分类系统 Classification system		
丁颖 Ding Ying (1949)	粳稻 (亚种) <i>Keng</i> (subspecies)		籼稻 (亚种) <i>Hsien</i> (subspecies)
松尾孝岭 Matsuo T (1952)	A 群 A group	B 群 B group	C 群 C group
冈彦一 Oka H I (1953)	温带海岛群 Temperate insular group	热带海岛群 Tropical insular group	大陆群 Continental group
盛永俊太郎 Moninaga T (1968)	日本生态种 <i>Japonica</i> ecospecies 日本生态型 <i>Japonica</i> ecotype 光壳稻生态型 <i>Nuda</i> ecotype	布鲁 (印度尼 西亚) 生态种 <i>Bulu</i> cospecies	冬稻生态种 <i>Aman</i> ecospecies 冬稻生态型 <i>Aman</i> ecotype 春稻生态型 <i>Boro</i> ecotype 久莱生态型 <i>Tjereh</i> ecotype 秋稻生态种 <i>Aus</i> ecospecies
张德慈 Chang T T (1976)	粳稻 (亚种) <i>Sinica</i> (subspecies)	爪哇稻 (亚种) <i>Javanica</i> (sub- species)	籼稻 (亚种) <i>Indica</i> (subspecies)
程侃声 Cheng Kansheng (1984, 1988, 1993)	粳稻 (亚种) <i>Keng</i> or <i>Japonica</i> (subspecies) 普通粳稻生态群 <i>Communis</i> ecotype 光壳稻生态群 <i>Nuda</i> ecotype 爪哇稻生态群 <i>Javanica</i> ecotype		籼稻 (亚种) <i>Hsien</i> or <i>Indica</i> (subspecies) 冬稻生态群 <i>Aman</i> ecotype 春稻生态群 <i>Boro</i> ecotype 秋稻生态群 <i>Aus</i> ecotype
顾铭洪 Gu Minghong (1988)	粳亚种 <i>Japonica</i> subspecies 普通粳稻生态型 <i>Keng</i> ecotype 布鲁稻生态型 <i>Bulu</i> ecotype 光壳稻生态型 <i>Nuda</i> ecotype		籼亚种 <i>Indica</i> subspecies 春稻生态型 <i>Boro</i> ecotype 秋稻生态型 <i>Aus</i> ecotype 冬稻生态型 <i>Aman</i> ecotype 久莱稻生态型 <i>Tjereh</i> cotype

注：冬稻、春稻和秋稻中的季节是指收获季节，收获时间分别为 11~12 月、2~3 月和 8~9 月。

Note: The season of *Boro*, *Aus* and *Aman* rice means harvest season, their harvest times are November to December, February to March and August to September, respectively.

第3章 爪哇稻的分布及其在长沙的性状表现

3.1 爪哇稻的分布和特点

爪哇稻主要分布于马来半岛、印度尼西亚、菲律宾等地的热带山区（汤圣祥，1996）。印度尼西亚多种多样的地方栽培品种可分为籼稻和爪哇稻两类，爪哇稻包括有芒的布鲁稻（*Bulu*）和无芒的冈地稻（*Gundil*）。印度尼西亚在1972~1977年的种质收集活动中，从爪哇、加里曼丹、苏拉威西、苏门答腊以及努沙登加拉共征集稻种资源8277份，其中，籼稻5275份、爪哇稻3002份，保存在茂物中央粮食作物研究所和国际水稻研究所。但现在爪哇稻的种植日益减少，仅在病虫害较少的山地、高地等土地肥沃地带及巴里、龙目岛等较为偏僻的地方才能见到。菲律宾由于在许多岛屿及栽培季节间生态差异很大，生态类型分为陆稻、水稻和水陆兼用稻，地方品种约1500个，以籼稻为主，少数为爪哇稻（应存山，1989）。至今为止，国际水稻研究所共保存爪哇稻4000多份，其来源非常广泛，主要为印度尼西亚和菲律宾，此外还有马来西亚、泰国、老挝、越南、孟加拉国、缅甸、印度、巴基斯坦、尼泊尔、斯里兰卡、中国、马达加斯加、俄罗斯、匈牙利、保加利亚、象牙海岸、古巴、美国等（参考附录中2）。爪哇稻有两种类型，即布鲁稻和冈地稻，二者杂交亲和性很高，其主要特点可概括为迟熟、高秆、长穗、阔形大粒、较耐寒、叶宽大且淡绿、分蘖弱、直链淀粉含量介于籼粳之间，内外颖上有较长的稃毛等（汤圣祥，1996）。根据以前（Nayar, 1981; Noboru, 1983; 高桥成人，1988; 汤圣祥，1996）的研究和报道，将爪哇稻的主要特性归纳于表3-1中，从中可以清楚地看出籼、粳、爪之间的差别。

表 3-1 籼稻、粳稻和爪哇稻性状的比较
Table 3-1 Comparison of traits among *indica*, *japonica* and *javanica* rice

性状 Trait	籼稻 <i>Indica</i> rice	粳稻 <i>Japonica</i> rice	爪哇稻 <i>Javanica</i> rice
植株高度 Plant height	高 High	矮 Short	高 High
植株质地 Tissue texture	软 Soft	硬 Hard	硬 Hard
茎 Stalk	细 Thin	—	粗 Thick
叶型 Leaf shape	中 Middle	窄 Narrow	宽 Broad
叶色 Leaf color	绿 Green	浓绿 Dark green	淡绿 Virescence
剑叶 Flag leaf	长窄 Long & narrow	短窄 Short & narrow	长宽 Long & broad
剑叶与茎间角度 Angle between flag leaf and stalk	小 Small	中 Middle	大 Large

续表

性状 Trait	籼稻 <i>Indica</i> rice	粳稻 <i>Japonica</i> rice	爪哇稻 <i>Javanica</i> rice
倒2叶长度 Length of the 2nd leaf from top	长 Long	短 Short	长 Long
倒2叶与茎间角度 Angle between the 2nd leaf from top and stalk	大 Large	小 Small	小 Small
叶毛 Leaf hair	较多 More	无 Non	少 Less
穗数 Panicles per plant	多 More	少 Less	少 Less
分蘖习性 Tillering habit	松散 Loose	直立 Erect	直立 Erect
颖毛 Glum pubescens	稀而短 Sparse & short	密而长 Crowde & long	较长 Longer
芒 Awn	多数无芒或短芒 Awnless or short awn	长芒至无芒 From long awn to awnless	长芒至无芒 From long awn to awnless
粒形 Grain shape	细长稍扁平 Slender & slight flat	粗短宽厚 Thick & short	粗大宽厚 Thick & long
落粒性 Seed holding	易 Bad	难 Good	难 Good
酚反应 Carbolic acid reaction	一般染色 Stained generally	一般不染色 Unstained generally	一般不染色 Unstained generally
种子休眠性 Dormancy	较长 Long	—	较短 Short
穗长 Panicle length	中 Middle	短 Short	长 Long
穗茎长短 Length of ear stem	一般较短 Short generally	一般较长 Long generally	较长 Longer
穗分枝性 Branchy stem of panicle	中 Middle	少 Less	多 More
着粒密度 Grain density on panicle	中 Middle	密 High	中 Middle
穗重 Grain weight per panicle	轻 Light	重 Heavy	重 Heavy
抗干旱性 Drought tolerance	抗 Tolerance	不抗 Intolerance	从抗到不抗 From tolerance to intolerance
抗氯酸钾 $KClO_3$ -resistance	不抗 Non-resistance	抗 Resistance	抗 Resistance
耐寒性 Cold tolerance	弱 Weak	强 Strong	较强 Middle
抗倒伏性 Lodging resistance	大多不抗倒 Many nonresistant to lodge	—	大多抗倒 Many resistant to lodge
感光性 Photoperiod sensitivity	大多感光 Many sensitive	有些感光有些不感光 Some sensitive but other insensitive	不感光或弱感光 Insensitive or weak sensitive
抗病虫力 Disease and insect resistance	强 Strong	—	弱 Weak
适应性 Adaptability	能在贫瘠土地生长 Survive in poor soil		适于肥沃土地 Suit for fertile soil

续表

性状 Trait	籼稻 <i>Indica</i> rice	粳稻 <i>Japonica</i> rice	爪哇稻 <i>Javanica</i> rice
黑暗发芽鞘长度 Coleoptile length in dark	长 Long	短 Short	中等 Middle
发芽速度 Germination speed	快 Fast	较慢 Slow	较慢 Slow
直链淀粉含量 Amylose content	较高 High	较低 Low	中等 Middle
胶稠度 Gel consistency	较硬 Hard	较软 Soft	较软 Soft
米饭质地 Texture of cooked rice	较粗糙 Coarse	较柔软而黏 Soft & sticky	较柔软 Soft
碱消化 Alkali digestion	较慢 Slow	快 Fast	较快 Middle
基本营养生长期 Basic vegetative period	中 Middle	短 Short	长 Long

3.2 爪哇稻在长沙农艺性状的表现

对在长沙种植的 184 个引进爪哇稻材料进行农艺性状观察，其平均数分析结果列于表 3-2 中。爪哇稻的平均千粒重为 27.2 g、平均播始期（指播种到始穗的历期或天数，下同）94.5 天、平均秆高 81.4 cm、平均穗长 23.5 cm、平均单株穗数 5.3 个、平均每穗总粒数 129 粒、平均每穗实粒数 114.3 粒、平均结实率 88.4%、平均单株粒重 14.3 g、平均理论亩产 276.3 kg/亩。这些性状中以单株粒重、理论亩产、单株穗数、每穗总粒数和每穗实粒数的变异系数比较大，而以结实率的变异系数较小，为 9.359%。对其中与产量密切相关的千粒重、单株穗数和每穗实粒数进行频数分析，发现爪哇稻千粒重>30 g 的占 59/184（32.1%），千粒重>40 g 的占 4/184（2.2%），图 3-1 比较直观地反映了爪哇稻千粒重的频数分布，由此可见爪哇稻中大粒资源丰富。爪哇稻单株穗数≥10 的只占 9/184（4.9%），其单株穗数的峰值出现在组中值为 4.5 的组中（图 3-2），少蘖是爪哇稻的另一个明显特征。爪哇稻每穗实粒数>180 粒的占 13/184（7.1%），其每穗实粒数峰值出现在组中值=90 的组中（图 3-3）。

表 3-2 长沙爪哇稻农艺性状平均数分析

Table 3-2 Means analysis on agronomic characters of *javanica* rice at Changsha

观察值 N obs	性状 Trait	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均数 Mean	标准差 Std Dev	变异系数 CV/%
184	千粒重 1000-Grain weight/g	16.100	43.900	27.204	5.718	21.020
	播始期 Days to flower/d	65.00	156.00	94.503	17.239	18.241
	秆高 Culm height/cm	47.00	132.00	81.376	18.131	22.280
	穗长 Panicle length/cm	14.700	32.700	23.486	3.346	14.247
	单株穗数 Panicles per plant	2.700	17.000	5.328	2.083	39.088
	每穗总粒数 Spikelets per panicle	41.700	356.700	129.042	48.022	37.214

续表

观察值 N obs	性状 Trait	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均数 Mean	标准差 Std Dev	变异系数 CV/%
	每穗实粒数 Garins per panicle	20.700	321.700	114.349	44.043	38.516
	结实率 Seed set/%	41.100	99.000	88.358	8.270	9.359
	单株粒重 Yield per plant/g	2.400	32.600	14.276	5.787	40.539
	理论亩产 Theoretic yield per mu/kg	46.800	631.400	276.312	111.999	40.533

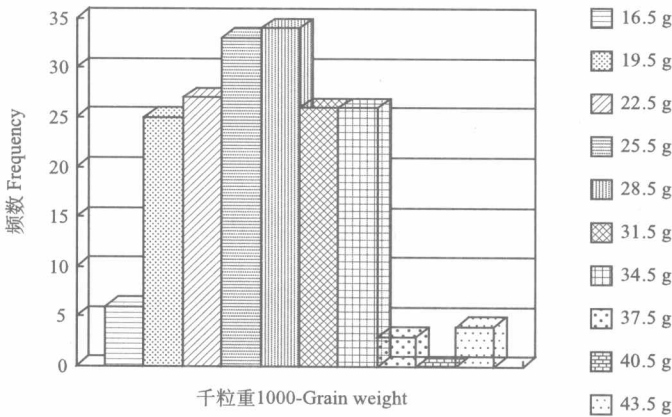


图 3-1 长沙爪哇稻千粒重频数分布图

Fig. 3-1 Distribution frequency of 1000-grain weight of *javanica* rice at Changsha

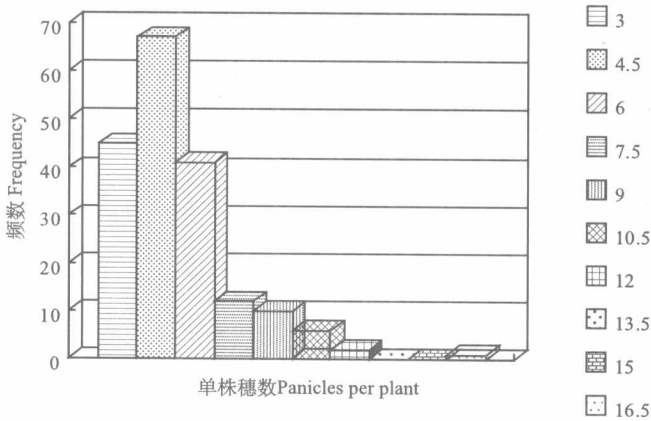


图 3-2 长沙爪哇稻单株穗数频数分布图

Fig. 3-2 Distribution frequency of panicles per plant of *javanica* rice at Changsha

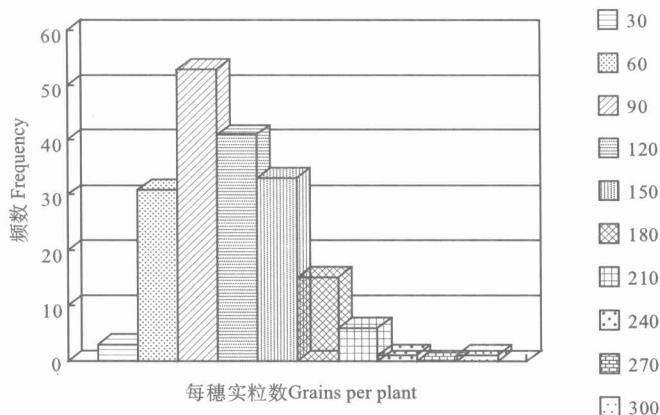


图 3-3 长沙爪哇稻每穗实粒数频数分布图

Fig. 3-3 Distribution frequency of grains per plant of *javanica* rice at Changsha

3.3 爪哇稻在长沙米质性状的表现

对 24 个爪哇稻亲本品质性状进行平均数分析, 结果列于表 3-3 中。从爪哇稻精米的长宽比来看, 其粒型属于籼稻类型。按照农业部颁布的优质籼稻米等级标准, 爪哇稻的糙米率平均值、总精米率平均值、胶稠度平均值、碱消值平均值、粗蛋白含量平均值均达到部颁一级优质米标准。爪哇稻精米长平均值、精米长宽比平均值、垩白面积率平均值达到了部颁二级标准。爪哇稻直链淀粉含量平均值 (16.658%) 没有达到部颁一级标准 (17%~22%)。爪哇稻品质性状中未达到部颁优质米等级标准的性状为整精米率和垩白粒率。在这些品质性状中以垩白面积率的变异系数最大, 为 124.230%, 其次为垩白粒率, 其变异系数达 71.244%, 整精米率的变异系数也比较大, 为 38.697%。

表 3-3 长沙爪哇稻品质性状平均数分析

Table 3-3 Means analysis on grain quality of *javanica* rice at Changsha

观察值 N obs	性状 Trait	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均数 Mean	标准差 Std Dev	变异系数 CV/%
24	糙米率 Brown rice yield/%	78.790	82.920	81.439	1.068	1.311
	总精米率 Milling yield/%	70.800	74.800	73.356	0.960	1.309
	整精米率 Head rice yield/%	7.400	71.400	51.708	20.009	38.697
	精米长 Head rice length/mm	5.050	7.110	6.260	0.556	8.878
	精米宽 Head rice width/mm	1.630	2.800	2.264	0.299	13.192
	精米长宽比 Length/width ratio	2.040	4.360	2.820	0.527	18.685
	垩白粒率 Percentage of chalky grain/%	4.600	99.000	40.708	29.002	71.244
	垩白面积率 Percentage of chalky area/%	0.200	33.700	6.271	7.791	124.230
	胶稠度 Gel consistency/mm	33.000	91.500	61.000	16.249	26.637
	碱消值 Alkali spreading value	3.900	5.900	4.517	0.555	12.278
	粗蛋白含量 Protein content/%	7.100	10.500	8.354	0.925	11.067
	直链淀粉含量 Amylose content/%	12.100	21.800	16.658	2.985	17.921

对上述平均值未达到部颁标准的品质性状进行频数分析后发现，就单个品种来看，爪哇稻整精米率达到部颁二级标准的频率为 14/24 (58.3%)，达到部颁一级标准的频率为 13/24 (54.2%)，其平均值未达到 54% 的部颁二级标准是因为有些爪哇稻整精米率太低，其整精米率在组中值为 67.50% 和 37.5% 处各有一个峰值，只是 37.5% 处的峰值小些 (图 3-4)。

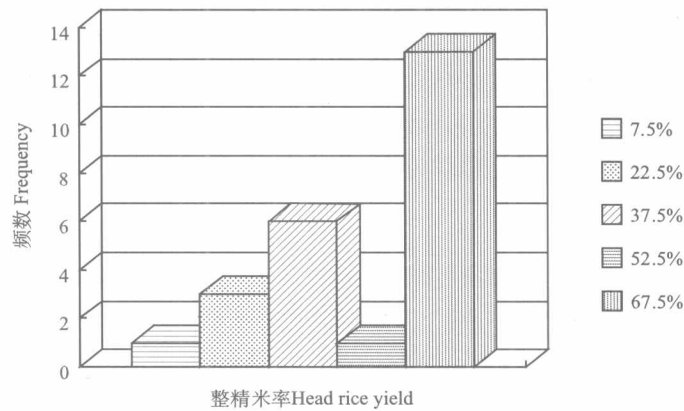


图 3-4 长沙爪哇稻整精米率频数分布图

Fig. 3-4 Distribution frequency of head rice yield of *javanica* rice at Changsha

爪哇稻垩白粒率达到部颁二级标准的频率为 3/24 (12.5%)，达到一级标准的频率为 1/24 (4.2%)。从其频数分布图 (图 3-5) 来看，从 10% 到 90% 组总趋势是频数逐渐降低，在组中值 = 10% 的组有一个较高的峰值。由此看来垩白粒率较高是爪哇稻品质性状中难于避免的一个缺点，在爪哇稻中选择垩白粒率达到部颁标准的概率并不很高，好在其垩白面积并不大。尽管这样，爪哇稻的垩白粒率还是比较低的，因为一般推广杂交稻和推广籼稻的垩白粒率分别为 50.43% 和 55.54% (陈清泉等, 1991)。

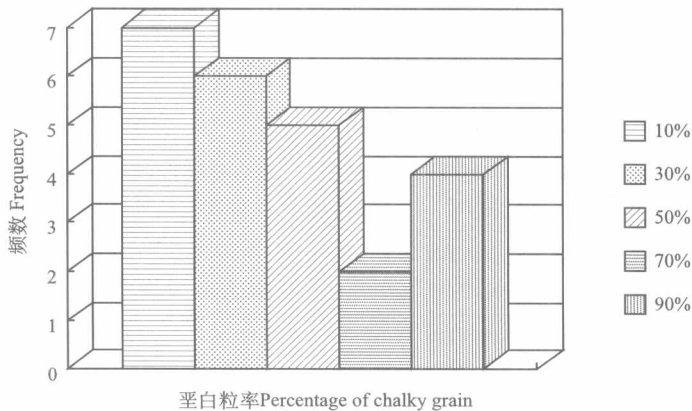


图 3-5 长沙爪哇稻垩白粒率频数分布图

Fig. 3-5 Distribution frequency of percentage of chalky grain of *javanica* rice at Changsha

3.4 爪哇稻与杂种 F₁代农艺性状的比较

种植在长沙的爪哇稻与同期种植的籼爪、粳爪和对照杂种 F₁代进行农艺性状比较, 结果列于表 3-4、表 3-5 和表 3-6 中。在长沙生态条件下, 爪哇稻与籼爪交杂种在农艺性状方面具有明显差别, 表现为籼爪交杂种播始期>爪哇稻的播始期, 籼爪交杂种秆高>爪哇稻秆高, 籼爪交杂种穗长>爪哇稻穗长, 籼爪交杂种单株穗数>爪哇稻单株穗数, 籼爪交杂种每穗总粒数>爪哇稻每穗总粒数, 籼爪交杂种每穗实粒数<爪哇稻每穗实粒数, 籼爪交杂种结实率<爪哇稻的结实率, 籼爪交杂种单株粒重>爪哇稻单株粒重, 籼爪交杂种理论亩产>爪哇稻理论亩产, 两者之间唯一没有显著差异的性状就是千粒重 (表 3-4)。

表 3-4 爪哇稻与籼爪交杂种在长沙农艺性状的比较

Table 3-4 Comparison of agronomic traits between *javanica* rice (JV) and *indica/javanica* (IJV) hybrid at Changsha

性状 Trait	类型 Type	观察值 N obs	平均数 Mean	标准差 Std Dev	T	Prob> T
千粒重 1000-Grain weight/g	籼爪交杂种 IJV	229	28.039	4.713	1.5993	0.1120
	爪哇稻 JV	184	27.204	5.718		
播始期 Days to flower/d	籼爪交杂种 IJV	229	100.686	17.558	3.5858	0.0004**
	爪哇稻 JV	184	94.503	17.239		
秆高 Culm height/cm	籼爪交杂种 IJV	229	125.481	20.592	22.8058	0.0000**
	爪哇稻 JV	184	81.376	18.131		
穗长 Panicle length/cm	籼爪交杂种 IJV	229	29.989	5.035	15.6998	0.0001**
	爪哇稻 JV	184	23.486	3.346		
单株穗数 Panicles per plant	籼爪交杂种 IJV	229	8.652	2.951	13.3920	0.0001**
	爪哇稻 JV	184	5.328	2.083		
每穗总粒数 Spikelets per panicle	籼爪交杂种 IJV	229	200.971	48.921	14.9730	0.0000**
	爪哇稻 JV	184	129.042	48.022		
每穗实粒数 Garins per panicle	籼爪交杂种 IJV	229	96.424	43.365	-4.1463	0.0000**
	爪哇稻 JV	184	114.349	44.043		
结实率 Seed set/%	籼爪交杂种 IJV	229	48.400	18.878	-28.7784	0.0001**
	爪哇稻 JV	184	88.358	8.270		
单株粒重 Yield per plant/g	籼爪交杂种 IJV	229	21.607	12.165	8.0550	0.0001**
	爪哇稻 JV	184	14.276	5.787		
理论亩产 Theoretic yield per mu/kg	籼爪交杂种 IJV	229	418.210	235.513	8.0543	0.0001**
	爪哇稻 JV	184	276.312	111.999		

** 表示差异极显著。
** means significant difference at 1% level.