

优质稻核心种质绿珍占 8 号及其衍生系统的理想株型构建

李 宏, 周少川, 王家生, 黄道强, 卢德城

(广东省农业科学院 水稻研究所, 广东 广州 510640)

摘要: 研究了优质稻核心种质绿珍占 8 号及其衍生系统的晚造农艺性状和品质性状, 相关分析结果表明: 产量与结实率、穗长和剑叶长均呈极显著正相关, 与倒二叶长和倒三叶长呈极显著负相关, 与倒二叶宽和倒三叶宽呈极显著正相关。食味品质与垩白粒率和垩白度呈显著负相关, 与胶稠度呈极显著正相关。主成分分析表明: 穗长因子对产量有极显著正线性关系; 整精米率因子对食味品质有极显著负线性关系; 在此基础上构建了优质稻核心种质绿珍占 8 号及其衍生系统的理想株型模式, 为华南晚籼优质稻育种提供依据。

关键词: 水稻; 核心种质; 理想株型

中图分类号: Q37

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2005)02-0009-05

The construction of rice ideal plant type on core germplasm Lüzhenzhan 8 and its pedigree

LI Hong, ZHOU Shao-chuan, WANG Jia-sheng, HUANG Dao-qiang, LU De-cheng
(Rice Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Agronomic characters of core germplasm Lüzhenzhan 8 and its pedigree grown in late-cropping season were evaluated and quality indices were tested systematically. Correlation analysis showed that yield was significantly positive correlation to seed setting rate, panicle length, flag leaf length and 2nd leaf width and 3rd leaf width; but significantly negative correlation to length of 2nd and 3rd leaf. Eating quality was significantly negative correlation to chalky grain and chalkiness and highly positive correlation to gel consistency. Principal component analysis indicated that panicle length factor had very significantly positive linear relationship to yield. Head rice factor had very significantly negative linear relationship to eating quality. Based on these studies, a ideal plant type for breeding of South-China late-cropping quality rice was constructed.

Key words: rice; core germplasm; ideal plant type

理想株型育种对于提高水稻品种的产量具有重要作用, 作为株型育种的矮化育种使水稻单产实现了一次大的飞跃, 目前正孕育着水稻单产再次突破的超级稻育种也涉及到株型育种, 国际水稻研究所 (IRRI)、沈阳农业大学、广东省农业科学院、四川农业大学、国家杂交水稻中心根据各地的生态特点及对高产品种的形态生理特征的分析, 相继提出了各具特色的理想株型模式^[1~3], 在水稻高产育种中发挥了重要的指导作用。华南籼稻品种理想株型的研

究一直是育种家的工作重点, 周少川等^[6~8] 已对优质稻核心种质青矮 1 号及其衍生系统进行了较深入的研究, 本文通过对绿珍占 8 号及其衍生系统的农艺及品质性状的系统分析, 综合提出了理想株型模式, 为该衍生系统的进一步遗传改良乃至华南晚籼优质稻育种提供依据。

1 材料与方法

以绿珍占 8 号及衍生系统的 9 个品种(系)为供

收稿日期: 2004-04-25

作者简介: 李 宏(1971-), 男, 副研究员, 硕士。通讯作者: 周少川(1962-), 男, 研究员;

E-mail: xxs123@pub. guangzhou. gd. cn

基金项目: 农业部 948 项目 (2001-102-03); 农业部 948 重大项目 全球分子育种计划
©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

试材料(亲缘关系见图 1), 其中, 青六矮 1 号、绿黄占、绿源占 1 号是通过广东省品种审定并在生产上

大面积种植的品种,绿特占、绿源占 7 号和茉莉油占曾参加广东省区试初试和复试.

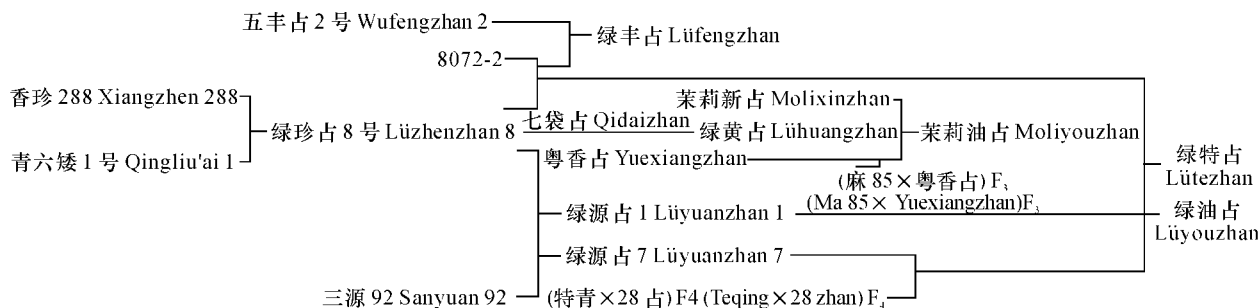


图 1 绿珍占 8 号及其衍生系统系谱

Fig. 1 Lüzhenzhan 8 and its pedigree

2001 年在广东省农业科学院水稻研究所大丰实验农场(广州)对供试材料进行套袋提纯。2002 年晚造设置随机区组 3 次重复试验, 每小区按 6 科 $\times$ 6 科、行株距为 16.7 cm $\times$ 16.7 cm 进行单株植。水肥、病虫害和栽培管理均按常规水平进行。随机取样 10 科调查株高、穗数等 16 项农艺性状。稻谷样品由广东省粮食科学研究所按国家优质稻谷标准 GB/T17891—1999 测定出糙率、整精米率等 9 项品质指标。应用 SAS 软件对性状数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 供试材料特征值

供试材料在广州地区晚造的农艺和品质性状的均值和标准误均表现正常: 产量为 (7.54 ± 0.78) t/hm², 有效穗为 (308 ± 31.10) 穗/m², 每穗总粒数为 (187.63 ± 16.93) 粒, 每穗实粒数为 (143.12 ± 16.42) 粒, 结实率为 $76.32\% \pm 6.63\%$, 千粒质量为 (21.01 ± 1.50) g, 株高为 (95.0 ± 4.03) cm, 穗长为 (23.5 ± 1.24) cm, 着粒密度为 (8.00 ± 0.69) 粒/cm, 剑叶长为

(30.6±0.94) cm, 剑叶宽为(1.79±0.39) cm, 倒二叶长为(42.3±2.04) cm, 倒二叶宽为(1.35±0.24) cm, 倒三叶长为(46.3±2.80) cm, 倒三叶宽为(1.09±0.15) cm, 出糙率为75.7%±0.94%, 整精米率为66.7%±3.49%, 粒型为3.2±0.27, 垩白粒率为24%±21.60%, 垩白度为14.6%±18.50%, 直链淀粉质量分数为21.1%±5.10%, 胶稠度为(49.8±16.34) mm, 不完善粒率为8.7%±2.40%, 食味品质得分为(76.6±2.31)分。

2.2 方差分析

供试材料的产量、剑叶长、倒二叶长等 3 项指标差异不显著,有效穗数、株高、剑叶宽、倒二叶宽、倒三叶长等 5 项指标差异显著,每穗总粒数、每穗实粒数、结实率、千粒质量、穗长、着粒密度、倒三叶宽等 7 项指标差异极显著(表 1). 供试材料产量的不显著差异以及 12 项指标的显著或极显著差异,说明了实现高产这一育种目标的株型可多样化,剑叶长、倒二叶长这 2 项指标的不显著差异说明该系统株型存在着一定的共性.

表 1 供试材料主要农艺性状均值及多重比较¹⁾

Tab. 1 Mean values of agronomic characters of cultivars (lines) tested and multiple comparisons

品种(系)	产量	有效穗	每穗总	每穗	结实率	千粒质	株高	穗长	着粒密	剑叶长	剑叶宽	倒二叶	倒二叶	倒三叶	倒三叶
cultivar	Y/ (t·hm ⁻²)	数 PP/ (穗·m ⁻²)	粒数	实粒数	SS	量 GM	PH	PL	度 SD/ (粒·cm ⁻¹)	IFL	WFL	长 ISL	宽 WSL	长 LTL	宽 WTL
(line)	(t·hm ⁻²)	(穗·m ⁻²)	S	FG	/ %	/ g	/ cm	/ cm	(粒·cm ⁻¹)	/ cm	/ cm	/ cm	/ cm	/ cm	/ cm
绿特占 Lüttezhan	7.07ab	343a	181.53bc	140.77ab	78.10bc	18.13e	92.30c	22.0e	8.226bc	30.9a	1.57b	40.9ab	1.13c	43.4cd	1.00c
绿源占 1 Lüyuánzhàn1	6.83b	266b	194.70ab	150.90ab	77.50c	21.27bc	96.47bc	23.4cd	8.331b	29.9a	2.77a	45.6a	1.67a	50.9a	1.30a
绿珍占 8 Lüzhēnzhàn8	8.90a	330a	215.13a	150.93ab	70.27de	20.67bcd	99.07ab	25.1a	8.565ab	31.5a	1.53b	43.0ab	1.17bc	48.1abc	1.03bc
绿源占 7 Lüyuánzhàn7	7.37ab	250d	215.27a	159.80a	74.27cd	21.60bc	92.30c	22.8de	9.421a	30.6a	2.17ab	45.4a	1.73a	49.9ab	1.40a
青六矮 1 Qīngliù'ǎi1	6.87b	293ab	175.33bc	119.57cd	68.20e	23.87a	91.73c	24.5ab	7.160d	32.6a	1.53b	40.8ab	1.20bc	43.6cd	1.00c
绿黄占 Lühuángzhàn	7.37ab	302ab	177.37bc	159.23a	89.67b	20.60cd	104.53a	23.1de	7.70bcd	29.9a	1.60b	41.3ab	1.13c	45.6bcd	1.00c
绿油占 Lüyouzhàn	8.80a	342a	189.30abc	157.80a	83.33b	19.60d	92.97bc	23.7bcd	7.977bcd	30.4a	1.57b	39.0b	1.60ab	42.2d	1.03bc
茉莉油占 Mòlìyóuzhàn	7.63ab	322a	177.37bc	137.07bc	77.27c	21.53bc	93.03bc	24.5abc	7.240d	29.2a	1.77b	42.7ab	1.33abc	46.9abcd	1.13b
绿丰占 Lüfēngzhàn	6.67b	324a	162.97c	112.23cd	68.83de	21.87b	93.10bc	22.1e	7.366cd	30.5a	1.63b	42.1ab	1.13c	46.0abcd	0.90c

1) 同列数据后小写字母不同示在 0.05 水平差异显著 (DMRT 法); Y= yield, PP= productive panicle, S= spikelets, FG= filled grain, SS= seed setting rate, GM= 1 000-grain mass, PH= plant height, PL= panicle length, SD= spikelets density per panicle, LFL= length of flag leaf, WFL= width of flag leaf, LSL= length of 2nd top leaf, WSL= width of 2nd top leaf, LTL= length of 3rd top leaf, WTL= width of 3rd top leaf

2.3 相关分析

由表 2 可见, 供试材料的食味品质与胶稠度呈极显著正相关, 与垩白粒率和垩白度呈显著负相关, 这与前期的研究结果^[9]基本一致。

产量与结实率、穗长、剑叶长、倒二叶宽、倒三叶宽呈极显著正相关, 与株高、倒二叶长、倒三叶长、出糙率呈极显著负相关。有效穗数与着粒密度、剑叶宽、出糙率呈极显著正相关, 与每穗实粒数、整精米率分别呈显著和极显著负相关。每穗总粒数与每穗

实粒数呈显著正相关, 与株高、倒二叶长、倒三叶长、全生育期呈极显著正相关, 与千粒质量、倒二叶宽、倒三叶宽、不完善粒率呈显著负相关。每穗实粒数与倒二叶长、整精米率呈显著正相关, 与全生育期呈极显著正相关; 与着粒密度、垩白粒率呈显著负相关; 与剑叶宽、不完善粒率、千粒质量呈极显著负相关。千粒质量与剑叶宽、垩白粒率呈显著正相关, 与不完善粒呈极显著正相关; 与株高、倒二叶长呈显著负相关, 与全生育期呈极显著负相关。表明有效穗数、每

表 2 供试品种(品系)性状相关系数¹⁾

Tab. 2 Correlative coefficients among characters of cultivars (lines) tested											
性状 characters	每穗实 粒数 FG	结实率 SS	千粒质量 GM	株高 PH	穗长 PL	着粒密度 SD	剑叶长 LFL	剑叶宽 WFL	倒二叶长 LSL	倒二叶宽 WSL	
产量 Y		0.957 **		-0.847 **	0.966 **		0.992 **	-0.825 **	0.995 **		
有效穗数 PP	-0.781 *					0.987 **	0.979 **				
每穗总粒数 S	0.784 *		-0.757 *	0.939 **					0.906 **	-0.722 *	
每穗实粒数 FG			-0.965 **	0.679 *		-0.721 *		-0.872 **	0.712 *		
结实率 SS				-0.714 *	0.975 **	-0.694 *	0.981 **				0.932 **
千粒质量 GM				-0.737 *				0.791 *	-0.789 *		
株高 PH					-0.688 *		0.787 *		-0.986 **	-0.892 **	
穗长 PL						-0.696 *	0.983 **		-0.666 *	0.939 **	
着粒密度 SD								0.958 **			
剑叶长 LFL									-0.755 *	0.977 **	
剑叶宽 WFL											-0.872 **
性状 characters	倒三叶长 LTL	倒三叶宽 WTL	全生育 期 D	出糙率 BR	不完善 粒率 UR	整精米 率 HR	垩白粒 率 CG	垩白度 C	胶稠度 GC	直链淀粉 AC	食味品 质 EQ
产量 Y	-0.945 **	0.996 **		-0.883 **							
有效穗数 PP				0.811 **		-0.994 **		0.801 **			
每穗总粒数 S	0.820 **	-0.718 *	0.894 **		-0.767 *						
每穗实粒数 FG			0.951 **		-0.810 **	0.722 *	-0.748 *				
结实率 SD	-0.838 **	0.934 **		-0.938 **		0.689 *					
千粒质量 GM			-0.963 **		0.851 **		0.792 *				
株高 GH	0.953 **	-0.889 **	0.864 **		-0.805 **						
穗长 PL	-0.843 **	0.942 **		-0.964 **		0.708 *					
着粒密度 SD				0.847 **		-0.988 **		0.846 **			
剑叶长 LFL	-0.904 **	0.978 **		-0.927 **							
剑叶宽 WFL			-0.683 *	0.695 *		-0.962 **	0.682 *	0.805 **			
倒二叶长 LSL	0.951 **	-0.870 **	0.888 **		-0.802 **						
倒二叶宽 WSL	-0.967 **	0.999 **		-0.836 **							
倒三叶长 LTL		-0.967 **	0.724 *	0.703 *	-0.681 *						
倒三叶宽 WTL				-0.839 **							
全生育期 D					-0.876 **		-0.711 *				
出糙率 BR						-0.856 **					
不完善粒率 UR							0.886 **				
整精米率 HR								-0.783 *			
垩白粒率 CG								0.899 **	-0.776 *		-0.748 *
垩白度 C											-0.667 *
胶稠度 GC										0.748 *	0.899 **

1) Y= yield, PP= productive panicle, S= spikelets, FG= filled grain, SS= seed setting rate, GM= 1 000-grain mass, PH= plant height, PL= panicle length, SD= spikelets density per panicle, LFL= length of flag leaf, WFL= width of flag leaf, LSL= length of 2nd top leaf, WSL= width of 2nd top leaf, LTL= length of 3rd top leaf, WTL= width of 3rd top leaf, D= duration, BR= brow rice, HR= head rice, UR=unperfect rice, CG= chalky grain, C= chalkiness, AC= amylose content, GC= gel consistency, UR= unperfect rice, EQ=eating quality.

©1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

穗总粒数和每穗实粒数与千粒质量等产量构成因子的选择存在矛盾,该系统需注意穗数穗重型品种的选择.结实率与整精米率呈显著正相关,与穗长、剑叶长、倒二叶宽、倒三叶宽呈极显著正相关;与株高、着粒密度呈显著负相关,与倒三叶长、出糙率呈极显著负相关.穗长与整精米率呈显著正相关,与倒二叶宽、倒三叶宽呈极显著正相关;与着粒密度、倒二叶长呈显著负相关,与倒三叶长、出糙率呈极显著负相关.剑叶长与倒二叶长呈显著负相关,与倒三叶长、出糙率呈极显著负相关;与产量、结实率、穗长、倒二叶宽、倒三叶宽呈极显著正相关.说明结实率、穗长和剑叶长为重要的选择指标.

综上所述,绿珍占 8 号及其衍生系统理想株型模式为:结实率较高,穗长较长,剑叶细长,倒二叶和倒三叶短宽,株高较矮,垩白率和垩白度均较低,这有利于综合提高产量和品质.

2.4 主成分分析

为了能更充分地解析影响产量和品质的信息,分别对农艺和品质性状进行了主成分分析.

2.4.1 产量 由表 3 可见,第一(I_1)、第二(I_2)、第三(I_3)、第四(I_4)主成分的特征向量中倒二叶宽、结实率、每穗总粒数、穗长的值分别最大,故分别将 I_1 、 I_2 、 I_3 、 I_4 称之为倒二叶宽因子、结实率因子、每穗总粒数因子、穗长因子, I_1 大的品种(系)表现为倒二叶和剑叶宽、倒二叶和倒三叶均长; I_2 大的品种(系)表现出结实率低、每穗实粒数少和千粒质量小; I_3 大的品种(系)则表现出每穗总粒数大、剑叶长长以及着粒密度大. I_4 大的品种(系)表现为穗长长、株高高以及千粒质量大. 4 个主成分的累积贡献率已达 85%,计算出各个产量的主成分值 g_1 、 g_2 、 g_3 和 g_4 . 再用这些数据与产量进行回归分析,得出标准回归方程: $y = -0.123 I_1 - 0.006 I_2 + 0.108 I_3 + 0.104 I_4$, 其决定系数为 99.4%, F 检验达极显著,产量与穗长因子达显著正相关,与倒二叶宽因子、结实率因子和每穗总粒数因子关系不大.

2.4.2 品质 由表 4 可见,第一(I_1)、第二(I_2)、第三(I_3)主成分的特征向量中垩白度、整精米率、不完善粒率的值分别最大,故分别将 I_1 、 I_2 、 I_3 称之为垩白度因子、整精米率因子、不完善粒率因子. I_1 大的品种(系)表现为大垩白度、垩白粒率大和低直链淀粉含量. I_2 大的品种(系)表现为低整精米率和出糙率以及长粒型. I_3 大的品种(系)则表现为大不完善粒率和出糙率. 3 个主成分的累积贡献率达 87%,计算出各

个品质的主成分值 g_1 、 g_2 、 g_3 ,再用这些数据与食味品质进行回归分析,建立了以下标准回归方程: $y = 0.189 I_1 - 1.158 I_2 + 0.007 I_3$, 其决定系数为 99.5%, F 检验达极显著. 食味品质与整精米率因子达极显著正相关,与垩白因子达显著相关,与不完善粒率因子关系不大.

表 3 产量入选的特征根和特征向量

Tab. 3 Selected eigenvalues and eigenvectors of yield					
农艺性状 agronomic characters	特征向量 eigenvectors				
	α_1	α_2	α_3	α_4	
有效穗数 productive panicle	-0.33	-0.08	0.16	-0.11	
穗总粒数 spikelets	0.29	-0.07	0.47	0.06	
每穗实粒数 filled grain	0.19	-0.38	0.20	0.12	
结实率 seed setting rate	-0.04	-0.45	-0.19	0.14	
千粒质量 1 000-grain mass	0.08	0.37	-0.22	0.36	
株高 plant height	-0.01	-0.29	0.08	0.58	
穗长 panicle length	0.03	0.16	0.19	0.59	
着粒密度 spikelets density	0.29	-0.15	0.39	-0.24	
剑叶长 length of flag leaf	-0.09	0.30	0.40	0.02	
剑叶宽 width of flag leaf	0.35	-0.03	-0.24	-0.05	
倒二叶长 length of 2 nd top leaf	0.37	0.06	-0.05	0.05	
倒二叶宽 width of 2 nd top leaf	0.32	-0.09	-0.12	-0.17	
倒三叶长 length of 3 rd top leaf	0.357	0.02	-0.03	0.17	
倒三叶宽 width of 3 rd top leaf	0.392	-0.02	-0.11	-0.10	
全生育期 duration	0.135	0.35	-0.29	0.04	
特征根 eigenvalues(值)	$\lambda_1(6.1)$	$\lambda_2(4.0)$	$\lambda_3(2.0)$	$\lambda_4(1.5)$	
主成分 principal components (累积贡献率 cumulative percent/ %)	倒二叶宽因子 (38)	结实率因子 (63)	每穗总粒数因子 (76)	穗长因子 (85)	

表 4 品质入选的特征根和特征向量

Tab. 4 Selected eigenvalues and eigenvectors of quality				
品质性状 quality characters	特征向量 eigenvectors			
	α_1	α_2	α_3	
出糙率 brow rice	-0.07	-0.46	0.51	
不完善粒率 unperfect rice	0.11	0.31	0.66	
整精米率 head rice	0.10	-0.58	0.14	
粒型 grain shape	-0.09	0.57	0.24	
垩白率 chalky grain	0.51	0.09	0.06	
垩白度 chalkiness	0.52	0.08	0.12	
胶稠度 gel consistency	0.45	0.04	-0.43	
直链淀粉含量 amylose content	-0.48	0.15	-0.14	
特征根 eigenvalues(值)	$\lambda_1(3.14)$	$\lambda_2(2.57)$	$\lambda_3(1.27)$	
主成分 principal components (累积贡献率 cumulative percent/ %)	垩白 (39)	整精米率 (71)	不完善粒率 (87)	

3 讨论与结论

华南籼稻育种先后开展了“矮化育种”、“高光效丛化育种”、“矮秆、早长、超高产育种”、“半矮秆、根深早长、超高产、(特)优质育种”等开创性工作^[12], 取得了令人瞩目的成就。经过对有利基因的发掘和利用, 水稻株型向有利于提高产量的方向有了重大发展。目前, 水稻产量出现停滞不前的局面, 人们寄希望于以籼粳亚种间强优势利用与理想株型相结合为特点的超级稻育种, 经过近 20 年的努力, 在超级稻育种理论和实践等方面, 取得了一定的进展; 进一步优化、精确量化现有优良品种的株型, 也不失为提高水稻单产的有效途径, 王家生^[13]通过广东省 20 多个主栽品种的株型研究, 提出了适合广东省生态条件的优质籼稻理想株型模式。本文通过绿珍占 8 号及其衍生系统的 9 个品种(系)在晚造种植条件下的株型研究, 提出了进一步改良该衍生系统的理想株型模式, 在育种实践中更具可操作性: 绿珍占 8 号及其衍生系统晚造选种圃的主要选择指标是较高结实率、较长穗长和剑叶长, 短宽的倒二叶和倒三叶, 较矮的株高, 较低的垩白率和垩白度。该系统理想株型模式的具体指标如下: 结实率 76.32% 以上, 穗长 23.5 cm 以上, 剑叶长 30.6 cm 以上, 倒二叶长 42.3 cm 以下, 倒二叶宽 1.35 cm 以上, 倒三叶长 46.3 cm 以上, 倒三叶宽 1.09 cm 以上, 株高 95 cm 以下, 有效穗数 308 穗/m² 左右, 每穗总粒数 187.6 粒, 千粒质量约 21 g, 整精米率 66.7% 以上, 垩白粒率 24% 以下, 垩白度 5% 以下, 胶稠度 50 mm 以上, 直链淀粉含量 21% 左右。

由于该理想株型模式综合了多个优良水稻品种(系)的共同优点和融入不同风格的株型特征, 避免了以单个高产水稻品种构建理想株型模式的片面性和局限性。该理想株型模式的建立对于华南晚籼优质稻育种具有借鉴作用。

参考文献:

[1] 杨仁崔. 国际水稻研究所的超级稻育种[J]. 世界农业, 1996, (2): 25.

[2] 黄耀祥, 林青山. 水稻超高产特优质株型模式的构想和育种实践[J]. 广东农业科学, 1994, (4): 1—6.

[3] 杨守仁, 张龙步, 陈温福, 等. Theories and methods of rice breeding for maximum yield[J]. 作物学报, 1996, 22(3): 296—304.

[4] YUAN L P. Super hybrid[J]. Chinese Rice Research News Letter, 2000, 8(1): 13—15.

[5] 周开达. 杂交水稻亚种间重穗型组合选育[J]. 四川农业大学学报, 1995, 13(4): 403—407.

[6] 周少川, 王家生, 李 宏, 等. 优质稻核心种质青六矮 1 号及其衍生品种的性状相关性研究[J]. 作物学报, 2003, 29(1): 97—104.

[7] 周少川, 柯 苇, 李 宏, 等. 优质稻核心种质绿珍占 8 号的创建与利用[J]. 中国水稻科学, 2000, 14(3): 170—172.

[8] 周少川, 缪若维, 李 宏, 等. 优质稻核心种质丰八占 1 号的创建与利用[J]. 农业结构调整与农业产业化[C]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000. 567—568.

[9] 周少川, 李 宏, 王家生, 等. 华南籼稻晚造稻米蒸煮、外观和碾米品质与食味品质的相关性研究[J]. 杂交水稻, 2002, 17(2): 53—55.

[10] 周少川, 李 宏, 王家生, 等. 华南籼稻不同处理间早晚造品质变化规律研究[J]. 作物学报, 2003, 29(2): 225—229.

[11] 周少川, 李 宏, 王家生, 等. 华南籼稻米品质性状早晚造间变化规律探讨[J]. 中国稻米, 2002, (2): 37—39.

[12] 黄耀祥. 水稻生态育种科学体系的构建和新发展[J]. 世界科技研究与发展, 2003, (4): 1—6.

[13] 王家生. 籼型优质稻理想株型的研究[D]. 广州: 华南农业大学, 1999.

【责任编辑 周志红】