

三系杂交水稻谷粒性状的遗传及相关分析

邹小云^{1,2}, 邓辉明³, 傅军如¹, 彭小松¹, 朱昌兰¹, 贺晓鹏¹, 陈小荣¹, 贺浩华¹, 刘宜柏¹

(1. 江西农业大学农学院/江西省作物生理生态与遗传育种重点实验室, 江西南昌 330045; 2. 江西省农业科学院作物研究所, 江西南昌 330200; 3. 江西省萍乡市农科所, 江西萍乡 337000)

摘要 [目的]研究三系杂交稻谷的遗传动态,探索不育系和恢复系各自对杂交稻谷粒性状的影响。[方法]利用华中地区常用的4个三系不育系与27个恢复系(品种)为供试材料,组成4×27NC II 交配设计,对三系杂交稻谷粒性状进行了遗传及相关分析。[结果]谷粒长、粒宽、千粒重和长宽比等4个性状均为加性基因效应起主导作用;谷粒长、粒宽、千粒重和长宽比同时受到父母本的影响,但受父本的影响比受母本的影响大。谷粒长、粒宽、千粒重和长宽比都有很高的广义遗传力,分别为99.65%、98.31%、95.27%和98.81%。相关分析表明,粒长与千粒重和长宽比均达极显著正相关;千粒重与粒长和长宽比均达极显著正相关,与粒宽未达显著相关;粒宽与粒长和长宽比达极显著负相关。通径分析表明,粒长、粒宽和千粒重对长宽比的直接通径系数分别为0.6246、-0.5559和-0.0158。[结论]该研究系统分析了不育系和恢复系对杂交稻谷粒性状的影响,为杂交水稻高产、优质育种提供了理论基础。

关键词 三系杂交稻;谷粒性状;遗传;相关

中图分类号 S511 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)18-08391-03

Genetic and Correlation Analysis of Grain Characters in Three-line Hybrid Rice

ZOU Xiao-yun et al (College of Agronomy, Jiangxi Agricultural University/Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology, Genetic and Breeding, Jiangxi Province, Nanchang, Jiangxi 330045)

Abstract [Objective] This study was to understand the genetic dynamics of three-line hybrid rice, and explore the respective effect of sterile line and restoring line on grain characters of hybrid rice. [Method] Four three-line sterile lines and 27 restoring lines (cultivars) commonly cultivated in Central China were regarded as experimental materials to conduct 4×27NC II cross design, and the grain characters of three-line hybrid were analyzed at genetic and correlation levels. [Result] Four characters of grain length, grain width, 1 000-grain weight and length-to-width ratio play the leading role in additive gene effect; these four characters were simultaneously influenced by male parent and female parent, but the effect from male parent was relatively larger. The grain length, grain width, 1 000-grain weight and length-to-width ratio all have high broad heritabilities (respectively 99.65%, 98.31%, 95.27% and 98.81%). Correlation analysis showed that grain length was positively correlated with 1 000-grain weight and length-to-width ratio at extremely significant level; 1 000-grain weight was positively correlated with grain length and length-to-width ratio at extremely significant level, and was insignificantly correlated with grain width; grain width was negatively correlated with grain length and length-to-width ratio at extremely significant level. Path analysis showed that the direct path coefficients of grain length, grain width and 1 000-grain weight to length-to-width ratio were 0.6246, -0.5559 and -0.0158, respectively. [Conclusion] This study systematically analyzed the effects of sterile line and restoring line on grain characters of hybrid rice, which provided theoretical basis for breeding high quality and yield hybrid rice.

Key words Three-line hybrid rice; Grain characters; Inheritance; Correlation

稻谷粒形性状是构成水稻产量的重要因素之一,同时也影响着稻米的外观品质。随着生活水平提高和稻米市场的开放,稻米已成为商品进行交易,人们对米质的要求日益提高,不仅要求其口味适合,而且要求其外形美观,尤其在市场上特别突出。改良米质,育成具有较高产量水平的优质抗病品种,已成为水稻育种家的重要目标。一般认为,籼稻长粒形品种米质较好,而谷粒太长又会出现整精米率下降,粒宽太大会出现垩白增大、透明度下降,只有粒形较好和粒重适中的谷粒才易达到优质米育种的目^[1]。谷粒的粒长、粒宽、长宽比和粒重直接决定稻米的粒长、粒宽、长宽比和粒重,而这些性状又恰是组成稻米外观品质的重要部分。因此,通过谷粒的粒长、粒宽、长宽比和粒重等性状间接测知稻米品质非常必要。该研究以华中地区常用的4个三系不育系和27个恢复系(品种)为供试材料,研究三系杂交稻谷粒性状的遗传动态,探索不育系和恢复系各自对杂交稻谷粒性状的影响,以期对杂交水稻高产、优质育种提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 材料 不育系:金23A、II-32A、优IA、珍汕97A;恢复系

基金项目 国家自然科学基金(305600731);国家科技支撑计划(2006BAD01A01);江西省重大科技创新项目;江西省科技攻关项目(200210100201)资助。

作者简介 邹小云(1978-),男,江西新余人,硕士,助理研究员,从事作物遗传与育种研究。*通讯作者。

收稿日期 2009-03-17

(品种):桂99、广陆矮4号、桂朝2号、窄叶青8号、特青、胜优2号、比四稻、常杂3号、晚三、培C311、明恢86、明恢63、南京11号、9311、金陵57、盐粳1号、93-9、贵辐粳3号、黔粳2号、IR36、IR24、IR72、密阳46、密阳54、密阳42、水源287、水源290。

1.2 方法 选择华中地区常用的4个三系不育系作母本,以27个恢复系(品种)作父本,组成4×27的NCII交配设计。于2004年冬至2005年春在海南人工杂交,共制得108个组合。2005年夏,将各组合F₁和31个亲本(不育系用同型保持系代替)按随机区组排列,3次重复,种植于江西农业大学科技园。5月17日播种,6月12日单本移栽,每小区种植2行,每行15株,株行距20cm×20cm,常规管理。成熟后按小区混收,将谷粒10粒一起整齐排在玻璃板上,用比例尺量其总粒长和粒宽,每小区测量30粒。最后计算出平均粒长、粒宽和长宽比;另外,每个小区选取1000粒黄熟、饱满的谷粒用百分之一天平称其千粒重。

1.3 数据处理 杂种优势以超父优势(H_K)为指标,按下式计算:H_K=(F₁-K)/K×100%

式中,F₁为杂种F₁的表型值,K为父本的表型值。

运用DPS软件统计分析杂种F₁代谷粒性状的相关系数及直接和间接通径系数;由于谷粒长、粒宽、千粒重和长宽比受植株基因型控制,所以,对其考种资料可直接进行NCII选

计遗传相关分析,具体步骤参见文献[2]。

2 结果与分析

2.1 谷粒性状的方差分析 表1为供试材料谷粒长、粒宽、千粒重和长宽比4个性状的方差分析结果。母本、父本以及母本×父本各自引起的方差按模型II进行F测验,结果表明

各性状方差均达0.01显著水平。重复间所有方差均不显著。这说明粒长、粒宽、千粒重和长宽比同时受到父本和母本的影响。另外父母本的互作效应对上述4个性状的作用也不容忽视。

表1 各性状的方差分析结果(模型II)

Table 1 Variation analysis of the characters (Model II)

性状 Character	重复 Replication	组合 Combination	母本 Male parent	父本 Female parent	母本×父本 Male×Female	机误 Error
粒长 Grain length	0.002 6	1.003 7**	4.368 7**	2.750 5**	0.292 0**	0.001 3
粒宽 Grain width	0.002 1	0.109 5**	0.327 2**	0.289 0**	0.041 3**	0.000 7
千粒重 1 000-grain weight	0.390 9	19.415 7**	5.076 1**	60.034 9**	6.427 5**	0.323 4
长宽比 Length/Width	0.002 0	0.312 4**	1.620 3**	0.776 0**	0.107 6**	0.001 3

注:表中数据为均方差(MS);**表示差异达0.01显著水平。

Note:The figures are squares(MS);** means Significant difference at 1% level.

2.2 杂交组合谷粒性状杂种优势表现 由表2可以看出,各性状的杂种优势大小顺序为:粒宽>千粒重>粒长>长宽比。其中尤以粒宽的杂种优势表现明显, F_1 平均值为2.95 mm,其超父优势平均为1.44%,表现出正向杂种优势;在所配的108个杂交组合中,粒宽具有正向超父优势组合有72个,占总组合数的66.67%。长宽比具有正向超父优势的组合同最少,有44个,占总组合数的40.74%。在所考察的谷粒性状中,粒宽和千粒重表现出正的平均超父优势,长宽比和粒长表现出负的平均超父优势。

力较好,而窄叶青8号、胜优2号、常杂3号和金陵57各性状的一般配合力都较差。在粒长性状上,南京11号、贵辐粳3号和黔粳2号的一般配合力较高,相对效应值分别为3.34%、3.00%和2.67%;而在长宽比性状上,其一般配合力变幅不大,为-2.39%~1.85%。

表2 108个杂交组合谷粒性状杂种优势表现

Table 2 Performance of heterosis in grain character of 108 F_1 hybrid rice combinations

性状 Character	F_1 (平均值) F_1 (Mean value)	父本 (平均值) male parent (Mean value)	超父优 势//% over-male parent heterosis	正向组合数 positive hybrids
粒长 Grain length	8.70	8.92	-2.44	51
粒宽 Grain width	2.95	2.90	1.44	72
千粒重 1 000-grain weight	23.85	23.65	0.84	61
长宽比 Length/Width	2.97	3.11	-4.37	44

2.3 谷粒性状的一般配合力相对效应值 从表3可以看出,不育系金23A的粒长、长宽比和千粒重都具有较好的一般配合力,优1A和珍汕97A的千粒重和粒宽一般配合力较好,II-32A在粒宽性状上表现出较高的一般配合力。在27个恢复系(品种)中,明恢86、明恢63、93-9、贵辐粳3号、黔粳2号、IR72和水源290的粒长、千粒重和长宽比一般配合

表3 各亲本的一般配合力相对效应值

Table 3 Relative effects of general combining ability for the parents in a 4×27 incomplete diallel cross

性状 Characters	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	千粒重 1 000-grain weight	长宽比 Length/ Width	性状 Characters	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	千粒重 1 000-grain weight	长宽比 Length/ Width
金23A Jin 23 A	1.47	-0.40	0.54	0.93	南京11号 Nan jing 11	3.34	0.23	-0.43	0.96
II-32A	-0.55	0.14	-0.99	-0.36	9311	2.80	0.17	-1.53	0.71
优1A You 1 A	-0.39	0.02	0.18	-0.19	金陵57 Jin ling 57	-0.14	-0.09	-13.41	-0.03
珍汕97A Zhen shan 97 A	-0.49	0.18	0.34	-0.35	盐粒1号 Yan xian 1	0.40	-0.42	-0.39	0.50
桂99 Gui99	1.75	-0.96	-2.80	1.60	93-9	1.97	0.09	16.02	0.54
广陆矮4号 Guang lu ai 4	-3.16	1.54	-1.43	-2.39	贵辐粳3号 Gui fu xian 3	3.00	-0.79	9.35	1.85
桂朝2号 Gui chao 2	-3.09	0.44	-7.47	-1.49	黔粳2号 Qian xian 2	2.67	-0.14	4.86	1.03
窄叶青8号 Zhai ye qing 8	-1.52	-0.31	-4.20	-0.29	IR36	-1.64	-0.93	0.13	0.35
特青 Te qing	-1.76	0.02	3.27	-0.68	IR24	0.14	-0.44	-3.55	0.44
胜优2号 Sheng you 2	-1.68	-0.09	-2.46	-0.53	IR72	2.39	-0.31	14.91	1.12
比四稻 Bi si dao	-2.64	1.07	1.90	-1.89	密阳46 Ming yang 46	-0.31	0.31	8.01	-0.49
常杂3号 Chang za 3	-1.21	-0.21	-0.21	-0.28	密阳42 Ming yang 42	-1.97	0.09	-7.16	-0.81
晚三 Wan san	1.03	-1.26	-1.66	1.71	密阳54 Ming yang 54	-2.06	0.14	-6.28	-0.88
培C311 Pei C 311	-1.14	1.36	-9.33	-1.63	水源287 Shui yuan 287	-0.70	-0.47	-3.23	0.17
明恢86 Ming hui 86	2.34	0.63	16.01	0.09	水源290 Shui yuan 290	0.40	-0.10	7.41	0.21
明恢63 Ming hui 63	1.07	0.00	4.15	0.29					

2.4 群体配合力方差和遗传力 由表4可以看出,各性状的一般配合力总方差都大于其特殊配合力方差,粒长、粒宽、千粒重和长宽比一般配合力总方差分别为基因型方差的

72.48%、64.11%、67.89%和67.74%,其特殊配合力方差分别为27.52%、35.89%、32.11%和32.26%,说明群体中一般配合力效应比特殊配合力效应更为重要。对各性状的Vg1

和 V_{g2} 进行比较可知,在所考察的 4 个谷粒性状中,父本对谷粒长、粒宽、千粒重和长宽比的影响远大于母本。从各性状的 V_s 值可以看出,粒长、粒宽、千粒重和长宽比的 V_s 分别达到 27.52%、35.89%、32.11% 和 32.66%,说明加性效应占主导地位,但非加性效应也不容忽视。

表 4 各性状的群体配合力方差和遗传力估算值

Table 4 Estimated values of combining ability variance and heritability

性状 Character	一般配合力方差 GCA variance		特殊配合力方差 SCA variance	V_{g1} %	V_{g2} %	V_g %	V_s %	H^2_B %	H^2_N %
	母本 female	父本 male							
粒长 Grain length	0.050 3	0.204 9	0.096 9	14.29	58.18	72.48	27.52	99.65	72.22
粒宽 Grain width	0.003 5	0.020 6	0.013 5	9.36	54.75	64.11	35.89	98.31	63.02
千粒重 1 000-grain weight	0.016 7	4.467 3	2.034 7	0.26	68.53	67.89	32.11	95.27	65.54
长宽比 Length/Width	0.018 7	0.055 7	0.035 4	17.01	50.73	67.74	32.26	98.81	66.93

2.5 性状间的相关及通径分析 相关分析结果如表 5 所示,粒长与千粒重和长宽比均呈极显著正相关,相关系数分别为 0.425 9 和 0.853 2,与粒宽呈极显著负相关;千粒重与粒长和长宽比均呈极显著正相关,与粒宽未达显著相关,相关系数为 -0.152 6;粒宽与粒长和长宽比呈极显著负相关,相关系数分别为 -0.423 3 和 -0.817 9。

表 5 各性状间的表型相关系数

Table 5 Coefficients of phenotypic correlation between characters

性状 Characters	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	千粒重 1 000-grain weight
粒宽 Grain width	-0.423 3**		
千粒重 1 000-grain weight	0.425 9**	-0.152 6	
长宽比 Length/Width	0.853 2**	-0.817 9**	0.334 9**

注: ** 表示达 0.01 的显著水平。

Note: ** means Significant difference at 0.01 level.

进一步的通径分析(表 6)表明,粒长对长宽比的直接通径系数为 0.624 6,远大于其通过粒宽和千粒重的间接通径系数,说明粒长对长宽比的影响主要是直接的;粒宽对长宽比的影响主要也是直接的,间接影响很小;千粒重对长宽比的直接通径系数只有 -0.015 8,而其通过粒长和粒宽的间接通径系数为 0.266 0 和 0.084 8。说明千粒重的增大或减小,不直接影响长宽比,而是通过影响谷粒长度来间接影响长宽比。总之,增加谷粒的绝对长度,能使长宽比增大;增加粒宽和千粒重,则能使长宽比大大减小。

表 6 各谷粒性状对长宽比的直接和间接通径系数

Table 6 Direct and indirect path coefficients of the grain characters to length/width ratio

相关的通径 Relative path	粒长 Grain length	粒宽 Grain width	千粒重 1 000-grain weight
	length→	width→	weight→
粒长→ Grain length→	0.624 6	0.235 3	-0.006 7
粒宽→ Grain width→	-0.264 4	-0.555 9	0.002 4
千粒重→ 1 000-grain weight→	0.266 0	0.084 8	-0.015 8

3 小结与讨论

3.1 谷粒性状的杂种优势问题 水稻谷粒性状与产量和品质均有密切关系。彭小松等对两系杂交水稻谷粒性状的研究表明,千粒重和长宽比有明显的杂种优势表现^[3]。该试验

表 4 还表明,谷粒长、粒宽、千粒重和长宽比都具有很高的广义遗传力(均在 95% 以上)。各性状都具有中等以上的狭义遗传力,狭义遗传力最小的性状是粒宽(其狭义遗传力值为 63.02%);而粒长、千粒重和长宽比的狭义遗传力则分别达 72.22%、65.54% 和 66.93%。

的 108 个杂交组合中,所考察的性状在一定程度上都存在一定的超亲优势,性状粒宽表现为超父优势的组合有 72 个,千粒重表现为超父优势的组合有 61 个,长宽比表现出显著的超父优势效应的组合有 44 个。其试验结果与彭小松等对两系杂交水稻谷粒性状的研究结论基本一致。

3.2 粒形较好的高产强优势组合的选育问题 该试验结果表明,谷粒长、粒宽、千粒重和长宽比都具有中等以上的狭义遗传力,说明在育种实践中,适当选择亲本是有意义的。结果还表明杂种 F_1 谷粒长、粒宽、千粒重和长宽比同时受父母本的影响,但受父本的影响均要大于母本。另外,粒长与千粒重和长宽比均呈极显著正相关,与粒宽呈极显著负相关;千粒重与粒长和长宽比均呈极显著正相关,与粒宽未达显著相关;粒宽与粒长和长宽比呈极显著负相关。可见,要培育谷粒较长、粒形较好的高产强优势组合,其关键是首先要选育出谷粒绝对长度较大、宽度较小、长宽比较大和粒重中等的优良恢复系,再用其与粒形较好、长度较大、粒重中等的不育系配组才有可能培育出粒形较好的高产强优势杂交组合。

3.3 利用谷粒性状遗传效应预测值选育优质高产新品种 利用亲本和 F_1 的遗传效应预测值,可预测和了解所研究亲本和杂交组合在粒形改良中的育种价值,这有利于及时淘汰不良组合,并有利于选用最优亲本进一步选配更优组合。前人研究结果表明,在长粒型品种中容易选到粒宽小和长宽比大的亲本,而在谷粒厚度大的品种中则易选出谷粒重量和单穗重量高的亲本^[4-6]。所以在选配杂交组合时应根据具体情况,协调各因素之间的关系,达到改良粒形前提下进一步提高产量之目的,进而达到优质高产新品种的选育效果。

参考文献

- [1] 应存山. 中国稻种资源[M]. 北京:中国农业出版社,1993.
- [2] 刘来福,毛盛贤,黄远樟. 作物数量遗传[M]. 北京:农业出版社,1984.
- [3] 彭小松,邹小云,贺浩华,等. 两系杂交水稻谷粒性状的遗传及相关分析[J]. 杂交水稻,2005(3):60-63.
- [4] 石春海,申宗坦. 早籼稻谷粒性状遗传效应的分析[J]. 浙江农业大学学报,1994,20(4):405-410.
- [5] 石春海,申宗坦. 早籼粒形的遗传和改良[J]. 中国水稻科学,1995,9(1):27-32.
- [6] 贺浩华,元生朝. 两系杂交水稻的研究与应用[M]. 南昌:江西科技出版社,1993.
- [7] 朱智伟,陈能,王丹英,等. 不同类型水稻品质性状变异特性及差异性分析[J]. 中国水稻科学,2004,18(4):315-320.

(下转第 8427 页)

大, Vc 含量为 3.75 mg/kg, 较对照增加了 317.22%, β -胡萝卜素含量为 631.265 mg/kg, 增加了 37.10%。用不同浓度 PCPA 处理小南瓜未授粉的雌花花柱, 均能提高小南瓜的 Vc

含量, 增幅为 22.34% ~ 245.63%, 与对照的差异均达显著水平。因为植物激素具有调动营养的作用, 增加果实的库力^[19], 从而获得更多的养分, 利于果实品质的改善。

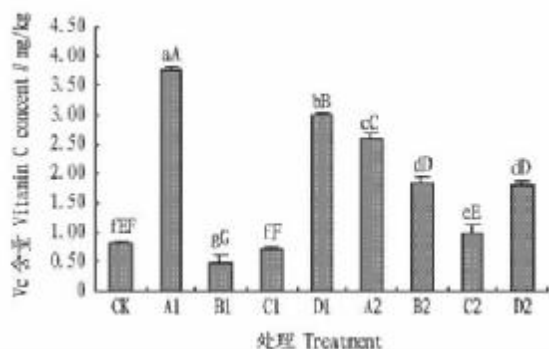


图1 PCPA 对小南瓜 Vc 含量的影响

Fig.1 Effect of PCPA on Vitamin C content in pumpkin

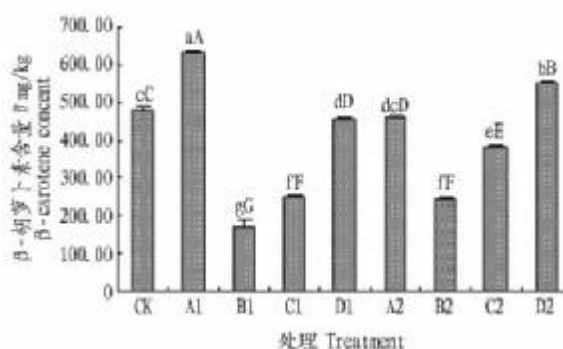


图2 PCPA 对小南瓜 β -胡萝卜素含量的影响

Fig.2 Effect of PCPA on β -carotene content in pumpkin

3 结论与讨论

(1) 用 138 mg/kg 的 PCPA 处理小南瓜未授粉的雌花花柱对增加单果重效果较好。

(2) 用 79 和 138 mg/kg 的 PCPA 处理小南瓜经人工授粉的雌花花柱利于增加净瓜率和果肉厚, 即小南瓜可食用部分的比例增大, 利于改善小南瓜的商品特性。

(3) 用 79 mg/kg 的 PCPA 处理小南瓜未授粉的雌花花柱, 能显著降低其饱粒率和提高瘪粒率。

(4) 用 50 mg/kg 的 PCPA 处理小南瓜经人工授粉的雌花花柱, Vc 和 β -胡萝卜素含量增幅最大, 且与 CK 达到了极显著水平。

可见, 用低浓度的 PCPA 处理小南瓜对抑制籽粒发育、增加果肉比重及改善果实品质方面效果较好, 因此应加大 PCPA 的低浓度梯度做进一步试验。此外, PCPA 在果实中的残留以及对人体的影响尚需进一步的研究。

参考文献

[1] 黄伟. 钾营养对日光温室小南瓜产量和贮藏特性的影响[J]. 中国土壤

与肥料, 2006(4): 34-37.

[2] 王光亚. 食物成分表[M]. 北京: 人民出版社, 1991: 17-68.

[3] 孙清芳, 崔崇士, 张耀伟. 南瓜营养品质育种的研究进展[J]. 东北农业大学学报, 2004, 35(6): 754-758.

[4] 张学杰, 刘宜生, 姚蔚, 等. 不同南瓜品种果实生长发育过程中果胶物质的动态变化[J]. 中国农业科学, 2002, 35(9): 1154-1158.

[5] 张拥军, 沈晓伟, 朱龙华, 等. 天然降糖食品——南瓜的最新研究进展[J]. 食品科技, 2002(9): 69-71.

[6] MOHANTY B K, MISHRA R S. Variation and genetic parameters of yield and its components in pumpkin[J]. Indian J Hort, 1999, 56(4): 337-342.

[7] 王彦波, 鲜开梅. 外源激素对嫁接西瓜糖分积累的影响[J]. 北方园艺, 2007(10): 27-29.

[8] 官春云, 黄太平. 不同植物激素对油菜角果生长和结实的影响[J]. 中国油料作物学报, 2004(1): 5-7.

[9] 朱进. 激素对大棚早春西葫芦产生生长的影响[J]. 湖北农业科学, 2003(3): 33-41.

[10] 侯曼玲. 食品分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 116-118.

[11] 大连轻工业学院. 食品分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1999: 235-260.

[12] 王萍, 刘杰才, 赵清岩, 等. 南瓜果实营养成分分析及其利用研究[J]. 内蒙古农业大学学报, 2002, 23(3): 52-54.

[13] 辛贺明, 张喜焕. 套袋对鸭梨果实内含物变化及内源激素水平的影响[J]. 果树学报, 2003, 20(3): 233-235.

(上接第 8393 页)

[8] 郭咏梅, 卢义宣, 刘晓利, 等. 杂交籼稻稻米主要品质性状的遗传改良[J]. 西南农业学报, 2003, 16(2): 17-19.

[9] LIAO Z R, HUANG D Y, LI Q, et al. Genetic analysis of a biomass mutant in *Oryza sativa* [J]. Agricultural Science & Technology, 2008, 9(2): 63-66.

[10] 彭灵佳, 肖层林. 杂交水稻稻米品质遗传与育种研究进展[J]. 作物研究, 2006, 20(z1): 405-408.

[11] 黄少军, 梁庆平. 早籼杂交稻稻米品质性状相关分析[J]. 广西农业科学, 2003(1): 15-17.

[12] ZHAO G L, DING G X. Analysis of combining ability of starch content in hybrid sorghum based on AMMI model[J]. Agricultural Science & Technology, 2008, 9(3): 92-94.

[13] 卢瑶, 赵芳明, 钟秉强, 等. 两系籼型杂交水稻材料粒形遗传效应分析[J]. 西南农业学报, 2008, 21(1): 1-5.