

杂交粳稻及其亲本千粒重与产量、品质的相关性

占新春^{1,2}, 张培江¹, 董召荣², 郑乐娅¹, 付强¹

(¹安徽省农业科学院水稻研究所/国家水稻改良中心合肥分中心, 合肥 230031; ²安徽农业大学农学院, 合肥 230036)

摘要:为了探明杂交粳稻及其亲本千粒重与产量、品质的关系,以4个千粒重介于23.1~28.0 g之间的BT型不育系和24个千粒重介于18.1~32.0 g之间的三系粳稻恢复系,采用 $p \times q$ 不完全双列杂交(NC II)设计,配制96个杂交组合为试验材料,对 F_1 千粒重优势表现、 F_1 千粒重与亲本千粒重及其与产量、品质性状间的相关性进行分析,确定高产优质兼顾的杂交粳稻的千粒重范围。结果表明:(1)56.3%的杂交组合千粒重超过其双亲平均值,19.8%的杂交组合千粒重表现正向超亲优势;(2) F_1 千粒重与母本千粒重、父本千粒重、双亲千粒重平均值的相关性均达极显著水平($r=0.33^{**}$ 、 0.71^{**} 、 0.78^{**}),且恢复系千粒重对杂种的影响大于不育系;(3) F_1 千粒重、父本千粒重及双亲千粒重平均值与组合单株产量的相关性均达极显著水平($r=0.55^{**}$ 、 0.47^{**} 、 0.51^{**}),母本千粒重与组合单株产量相关不显著;(4) F_1 千粒重、父本千粒重与糙米率、精米率、整精米率、垩白粒率、粒长、粒宽均呈极显著正相关,与透明度呈显著正相关,母本千粒重与垩白粒率、垩白度、粒长均呈极显著正相关,与粒宽呈显著正相关;(5)杂交粳稻育种中具有高产优质兼顾的 F_1 千粒重范围应在25.1~27.0 g之间。

关键词:杂交粳稻;千粒重;产量;稻米品质;相关性

Correlation between 1000-grain Weight, Grain Yield and Quality in Japonica Hybrid Rice

ZHAN Xin-chun^{1,2}, ZHANG Pei-jiang¹, DONG Zhao-rong², ZHENG Le-ya¹, FU Qiang¹

(¹Rice Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences/Hefei Sub-center of China National Rice Improvement Center, Hefei 230031; ²Agricultural College of Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: The study was aimed to prove up the relationship of 1000-grain weight with yield and quality in japonica hybrid rice. 4 BT-type CMS lines and 24 three-line japonica restorer lines with major difference in 1000-grain weight were crossed in $p \times q$ incomplete diallel design to study heterosis of 1000-grain weight in F_1 hybrids and the correlations between 1000-grain weight of hybrids and their parents with yield and quality. The results were as followed: (1) 56.3% of combinations tested had heterosis over their parents mean in 1000-grain weight, and 19.8% of combinations tested had positive super-parent heterosis. (2) The correlations of female, male parents and average of parents with F_1 hybrids were very significantly correlated in 1000-grain weight ($r=0.33^{**}$, 0.71^{**} , and 0.78^{**}). 1000-grain weight character was more greatly influenced by restorer line than by CMS line. (3) 1000-grain weight of F_1 hybrids, male parents and average of parents had high significant positive correlation with yield per plant of F_1 hybrids ($r=0.55^{**}$, 0.47^{**} , and 0.51^{**}). The correlation between 1000-grain weight of female parents and yield per plant of F_1 hybrids was not significant. (4) 1000-grain weight of F_1 hybrids and their male parents had high significant positive correlation with brown rice rate, milled rice rate, head milled rice rate, chalky grain rate, chalkiness, grain length, and grain width. They had significant positive correlation with endosperm translucency. 1000-grain weight of female parents had high significant positive correlation with chalky grain rate, chalkiness, and grain

收稿日期: 2013-12-20 修回日期: 2014-02-24 网络出版日期: 2014-08-07

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20140807.1043.026.html>

基金项目: 农业部超级稻新品种选育与示范推广项目; 科技部“十二五”农村领域国家科技计划(2012AA101103-03); 安徽省科技攻关项目(12010302055)

第一作者研究方向为水稻遗传育种。E-mail: zhanxc2000@126.com

通信作者: 张培江, 研究方向为水稻遗传育种。E-mail: peijiangzhang@126.com

length. It had significant positive correlation with grain width. (5) The range of 1000-grain weight of hybrid *japonica* with high quality and yield was 25.1-27.0 g.

Key words: *japonica* hybrid rice; 1000-grain weight; yield; grain quality; correlation

中国杂交水稻种植面积约占水稻总种植面积的50%~60%,而粳稻的总种植面积中以常规稻为主,杂交稻仅占不到3%^[1]。目前杂交粳稻组合优势不明显、品质欠佳是制约其推广的主要原因之一^[2-4]。因此,提高杂交粳稻单产、改良稻米品质是水稻育种工作者追求的目标。

粒重是品种的固有特性,是水稻库容量和产量潜力的重要决定因素^[5-6],是育种家进行品种选育时使用的重要选择性状,还是稻米品质的重要影响因子。M. Murai 等^[7]研究认为水稻粒重以显性效应为主,而 R. N. Mahto 等^[8]、D. V. S. Panwar 等^[9]和马洪文等^[10]研究认为粒重同时受加性和显性效应作用。符福鸿等^[11]研究认为千粒重受父母本的影响。姜健等^[12]研究认为大部分粳交或粳稻与中间类型的 F_1 千粒重表现正向优势。程灿等^[13]对 5 个 BT 型晚粳不育系和 5 个恢复系配组的 25 个组合的研究表明,粒重与产量呈极显著正相关。肖经鸿等^[14]研究认为 F_1 千粒重与单株产量正相关达显著水平;父本相同时,母本千粒重与 F_1 的产量显著正相关。而邹华旭^[15]研究认为千粒重、结实率虽然对产量有所影响,但它们受到水稻群体产量形成过程中自身调节作用,导致了千粒重、结实率与产量相关不密切,因而对产量的影响不大。梁世胡等^[16]则认为,千粒重与单株产量呈负相关。刘淑梅等^[17]研究认为粳稻千粒重与糙米率和精米率均呈显著正相关。邹小云等^[18]研究认为粳型杂交水稻的千粒重与糙米率和胶稠度间均呈显著正相关,与整精米率、垩白粒率、垩白度和直链淀粉含量不存在显著相关。但周立军等^[19]、徐正进等^[20]认为水稻千粒重与垩白粒率呈极显著正相关。李贤勇等^[21]认为不育系、恢复系和杂交组合的垩白粒率与千粒重均呈极显著正相关,降低千粒重是降低垩白粒率的有效途径。前人的研究几乎以粳稻或晚粳为试验材料,或亲本材料的千粒重没有明显差异。为此,本研究选择课题组近年来新选育的 4 个千粒重介于 23.1~28.0 g 之间的 BT 型不育系和 24 个千粒重介于 18.1~32.0 g 之间的三系粳稻恢复系,采用 NC II 设计,配制 96 个杂交组合及其亲本为试验材料,对 F_1 千粒重性状的优势表现、 F_1 千粒重与亲本千粒重及其与产量、品质性状间的相关性进行分析,确定

杂交粳稻高产优质兼顾的千粒重范围,为高产优质杂交粳稻组合选育及应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料由安徽省农业科学院水稻研究所提供,4 个 BT 型不育系和 24 个三系粳稻恢复系(表 1)。

表 1 试验材料

Table 1 Test material

类别	材料	千粒重(g)
Group	Material	1000-grain weight
不育系	4001A	23.1~24.0
CMS line	武香 99-8A	24.1~25.0
	T4012A	25.1~26.0
	凤粳 15A	26.1~28.0
恢复系	R487, R488, R489, R490	18.1~20.0
Restorer line	R491, R493, R494, R502	20.1~22.0
	R496, R497, R499, R390	22.1~24.0
	R503, R513, R517, R507	24.1~26.0
	R510, R518, R519, R524	26.1~28.0
	R508, R528, R529, R531	28.1~32.0

1.2 试验设计

试验按 4×24 不完全双列杂交法,分别于 2009 年 5 月在安徽合肥和 2009 年 11 月在海南三亚种植杂交亲本,于抽穗扬花期配制 96 个杂交组合。成熟后收获杂交种子及其亲本种子。

2010 年 5 月在安徽合肥种植 F_1 及其亲本保持系和恢复系。5 月 10 日播种,6 月 10 日移栽,单本栽插,每小区 3 行,每行 11 株,株行距为 13.3 cm \times 23.3 cm,小区间距为 23.3 cm。随机区组排列,3 次重复。田间管理同一般大田生产。

1.3 性状测定

1.3.1 产量性状考查 成熟后,每小区取有代表性的 10 株,风干晒干后考查穗长、单株有效穗、每穗总粒数、每穗实粒数、千粒重、单株产量等主要农艺性状。不育系千粒重以其保持系代替。

1.3.2 品质性状测定 糙米率、精米率、整精米率、粒长、粒宽、透明度、垩白粒率、碱消值和胶稠度参照中华人民共和国农业部颁布的“NY147-88 米质测定方法”测定^[22]。

直链淀粉含量采用农业部部标的简化法测定,样品经旋风磨磨粉后,与4个标样(由中国水稻研究所提供)的粉样一起在室内平衡水分3d,称取样品和标样各0.1g,分别置于100 mL容量瓶中,加入1 mL 95%乙醇,使样品湿润分散,再加入9 mL 1 mol/L NaOH溶液,置于沸水浴中煮沸10 min,冷却至室温后用蒸馏水定容,采用FOSS流动注射分析仪(型号FIAStar 5000)测定。

垩白度测定。每份样品随机取垩白米20粒,利用扫描仪扫描米粒后,用图像处理软件Photoshop对图片进行剪切处理,保存成BMP格式文件,再采用由湖南省教育厅植物激素重点实验室开发的稻米垩白分析系统Chalkiness 1.0软件进行分析,自动计算垩白大小,再计算出垩白度。垩白度(%) = 垩白率 × 垩白大小 × 100。

1.4 数据处理

显性度(h)采用势能比法^[23]测定: $h = 2(F_1 - MP)/(P_1 - P_2)$;均亲优势(%) = $(F_1 - MP)/MP \times 100\%$;超亲优势(%) = $(F_1 - P_1)/P_1 \times 100\%$ 。其中 F_1 为杂种一代值;MP为双亲平均值; P_1 为大值亲本值; P_2 为小值亲本值。

所有数据都采用DPS 7.05数据处理软件进行

统计分析。

2 结果与分析

2.1 F_1 千粒重的优势表现

96个杂交组合及其亲本的千粒重见表2。由表2可知,54个杂交组合的千粒重超过其双亲平均值,占56.3%,均亲优势变幅为-17.97%~8.76%。超亲优势变幅为-20.23%~7.25%,19个杂交组合为正优势,占19.8%。

显性度代表了双亲配组后 F_1 产生的相对优势和显性效应,但显性度值的大小并不代表优势的大小^[24]。当 $h > 1$ 时, F_1 表现为正向超显性;当 $h < -1$ 时为负向超显性;当 $0 < h < 1$ 时为正向部分显性;当 $-1 < h < 0$ 时为负向部分显性;当 $h = 1$ 或 -1 时为正向或负向完全显性;当 $h = 0$ 时显示无显性。从表2可见,96个杂交组合中有19个组合的千粒重表现正向超显性,占19.8%;12个组合的千粒重表现负向超显性,占12.5%;33个组合的千粒重表现为正向部分显性,占34.4%;30个组合的千粒重表现为负向部分显性,占31.3%;2个组合表现无显性,占2.1%。

表2 F_1 千粒重的杂种优势表现

Table 2 Heterosis of 1000-grain weight in F_1 hybrids

组合名称 Cross name	千粒重(g) 1000-grain weight				均亲优势(%) Average heterosis	超亲优势(%) Super-parent heterosis	显性度 h
	F_1	母本 Female	父本 Male	双亲平均值 Average of parents			
凤粳 15A/R487	22.83	27.40	19.63	23.52	-2.90	-16.67	-0.18
武香 99-8A/R487	22.18	24.82	19.63	22.23	-0.22	-10.66	-0.02
T4012A/R487	20.83	25.37	19.63	22.50	-7.41	-17.88	-0.58
4001A/R487	21.93	23.52	19.63	21.58	1.66	-6.75	0.18
凤粳 15A/R488	25.17	27.40	18.88	23.14	8.76	-8.15	0.48
武香 99-8A/R488	21.50	24.82	18.88	21.85	-1.60	-13.38	-0.12
T4012A/R488	22.53	25.37	18.88	22.13	1.85	-11.18	0.13
4001A/R488	21.63	23.52	18.88	21.20	2.04	-8.02	0.19
凤粳 15A/R489	23.52	27.40	19.33	23.37	0.65	-14.17	0.04
武香 99-8A/R489	21.95	24.82	19.33	22.08	-0.57	-11.56	-0.05
T4012A/R489	21.73	25.37	19.33	22.35	-2.76	-14.33	-0.20
4001A/R489	21.43	23.52	19.33	21.43	0.04	-8.87	0
凤粳 15A/R490	23.00	27.40	18.72	23.06	-0.26	-16.06	-0.01
武香 99-8A/R490	21.67	24.82	18.72	21.77	-0.47	-12.70	-0.03
T4012A/R490	21.93	25.37	18.72	22.05	-0.51	-13.55	-0.03
4001A/R490	21.38	23.52	18.72	21.12	1.25	-9.08	0.11
凤粳 15A/R491	25.17	27.40	21.32	24.36	3.31	-8.15	0.27
武香 99-8A/R491	23.92	24.82	21.32	23.07	3.67	-3.64	0.48
T4012A/R491	23.57	25.37	21.32	23.35	0.95	-7.11	0.11
4001A/R491	23.07	23.52	21.32	22.42	2.88	-1.93	0.59
凤粳 15A/R493	25.22	27.40	21.80	24.60	2.51	-7.97	0.22
武香 99-8A/R493	24.58	24.82	21.80	23.31	5.46	-0.95	0.84

表 2(续)

组合名称 Cross name	千粒重(g)1000-grain weight				均亲优势(%) Average heterosis	超亲优势(%) Super-parent heterosis	显性度 <i>h</i>
	杂种 F ₁	母本	父本	双亲平均值			
	F ₁	Female	Male	Average of parents			
T4012A /R493	23.77	25.37	21.80	23.59	0.77	-6.32	0.10
4001A/R493	23.70	23.52	21.80	22.66	4.59	0.77	1.21
凤粳 15A /R494	24.10	27.40	21.22	24.31	-0.86	-12.04	-0.07
武香 99-8A/R494	23.33	24.82	21.22	23.02	1.36	-5.99	0.17
T4012A /R494	23.33	25.37	21.22	23.30	0.16	-8.03	0.02
4001A/R494	23.48	23.52	21.22	22.37	4.98	-0.16	0.97
凤粳 15A /R496	25.67	27.40	22.23	24.82	3.43	-6.33	0.33
武香 99-8A/R496	25.08	24.82	22.23	23.53	6.62	1.06	1.20
T4012A /R496	24.90	25.37	22.23	23.80	4.62	-1.85	0.70
4001A/R496	24.18	23.52	22.23	22.88	5.72	2.82	2.03
凤粳 15A /R497	24.68	27.40	22.80	25.10	-1.66	-9.91	-0.18
武香 99-8A/R497	24.28	24.82	22.80	23.81	1.99	-2.16	0.47
T4012A /R497	23.93	25.37	22.80	24.09	-0.63	-5.66	-0.12
4001A/R497	23.83	23.52	22.80	23.16	2.91	1.33	1.87
凤粳 15A /R499	25.00	27.40	23.18	25.29	-1.15	-8.76	-0.14
武香 99-8A/R499	23.27	24.82	23.18	24.00	-3.06	-6.26	-0.89
T4012A /R499	23.97	25.37	23.18	24.28	-1.27	-5.53	-0.28
4001A/R499	23.87	23.52	23.18	23.35	2.21	1.47	3.04
凤粳 15A /R502	25.22	27.40	21.52	24.46	3.09	-7.97	0.26
武香 99-8A/R502	23.37	24.82	21.52	23.17	0.85	-5.86	0.12
T4012A /R502	23.77	25.37	21.52	23.45	1.37	-6.32	0.17
4001A/R502	23.73	23.52	21.52	22.52	5.39	0.91	1.21
凤粳 15A /R503	26.57	27.40	24.52	25.96	2.34	-3.04	0.42
武香 99-8A/R503	25.77	24.82	24.52	24.67	4.45	3.81	7.31
T4012A /R503	25.45	25.37	24.52	24.95	2.02	0.32	1.19
4001A/R503	24.55	23.52	24.52	24.02	2.21	0.12	1.06
凤粳 15A /R507	27.20	27.40	25.85	26.63	2.16	-0.73	0.74
武香 99-8A/R507	26.00	24.82	25.85	25.34	2.62	0.58	1.29
T4012A /R507	25.30	25.37	25.85	25.61	-1.21	-2.13	-1.29
4001A/R507	25.47	23.52	25.85	24.69	3.17	-1.48	0.67
凤粳 15A /R508	23.13	27.40	29.00	28.20	-17.97	-20.23	-6.33
武香 99-8A/R508	24.48	24.82	29.00	26.91	-9.02	-15.57	-1.16
T4012A /R508	23.77	25.37	29.00	27.19	-12.57	-18.05	-1.88
4001A/R508	24.77	23.52	29.00	26.26	-5.69	-14.6	-0.55
凤粳 15A /R510	26.87	27.40	26.33	26.87	0.01	-1.95	0
武香 99-8A/R510	25.07	24.82	26.33	25.58	-1.99	-4.80	-0.67
T4012A /R510	25.12	25.37	26.33	25.85	-2.84	-4.61	-1.53
4001A/R510	25.47	23.52	26.33	24.93	2.17	-3.28	0.39
凤粳 15A /R513	28.10	27.40	25.47	26.44	6.30	2.55	1.73
武香 99-8A/R513	27.32	24.82	25.47	25.15	8.64	7.25	6.68
T4012A /R513	26.43	25.37	25.47	25.42	3.99	3.78	20.27
4001A/R513	26.33	23.52	25.47	24.50	7.50	3.39	1.89
凤粳 15A /R517	26.33	27.4	24.90	26.15	0.70	-3.89	0.15
武香 99-8A/R517	25.28	24.82	24.90	24.86	1.70	1.54	10.58
T4012A /R517	24.40	25.37	24.90	25.14	-2.92	-3.82	-3.13
4001A/R517	24.30	23.52	24.90	24.21	0.37	-2.41	0.13
凤粳 15A /R518	28.68	27.4	27.17	27.29	5.12	4.68	12.16
武香 99-8A/R518	26.25	24.82	27.17	26.00	0.98	-3.39	0.22
T4012A /R518	26.20	25.37	27.17	26.27	-0.27	-3.57	-0.08
4001A/R518	25.48	23.52	27.17	25.35	0.55	-6.21	0.08
凤粳 15A /R519	26.85	27.4	26.82	27.11	-0.96	-2.01	-0.90

表 2(续)

组合名称 Cross name	千粒重(g)1000-grain weight				均亲优势(%) Average heterosis	超亲优势(%) Super-parent heterosis	显性度 <i>h</i>
	杂种 F ₁ F ₁	母本 Female	父本 Male	双亲平均值 Average of parents			
武香 99-8A/R519	25.53	24.82	26.82	25.82	-1.11	-4.80	-0.29
T4012A /R519	24.92	25.37	26.82	26.10	-4.52	-7.10	-1.63
4001A/R519	24.47	23.52	26.82	25.17	-2.79	-8.77	-0.43
凤粳 15A /R524	26.85	27.40	28.03	27.72	-3.12	-4.21	-2.75
武香 99-8A/R524	25.90	24.82	28.03	26.43	-1.99	-7.60	-0.33
T4012A /R524	25.00	25.37	28.03	26.70	-6.37	-10.81	-1.28
4001A/R524	25.57	23.52	28.03	25.78	-0.81	-8.79	-0.09
凤粳 15A /R528	26.60	27.40	28.80	28.10	-5.34	-7.64	-2.14
武香 99-8A/R528	25.03	24.82	28.80	26.81	-6.63	-13.08	-0.89
T4012A /R528	24.73	25.37	28.80	27.09	-8.68	-14.12	-1.37
4001A/R528	25.45	23.52	28.80	26.16	-2.71	-11.63	-0.27
凤粳 15A /R529	25.87	27.40	31.20	29.30	-11.72	-17.09	-1.81
武香 99-8A/R529	27.33	24.82	31.20	28.01	-2.42	-12.39	-0.21
T4012A /R529	26.37	25.37	31.20	28.29	-6.78	-15.49	-0.66
4001A/R529	24.93	23.52	31.20	27.36	-8.87	-20.09	-0.63
凤粳 15A /R531	28.33	27.40	28.15	27.78	2.01	0.65	1.49
武香 99-8A/R531	26.17	24.82	28.15	26.49	-1.20	-7.05	-0.19
T4012A /R531	26.08	25.37	28.15	26.76	-2.56	-7.37	-0.49
4001A/R531	26.20	23.52	28.15	25.84	1.41	-6.93	0.16
凤粳 15A /R390	26.07	27.40	24.03	25.72	1.37	-4.87	0.21
武香 99-8A/R390	25.70	24.82	24.03	24.43	5.22	3.55	3.23
T4012A /R390	25.23	25.37	24.03	24.70	2.16	-0.54	0.80
4001A/R390	25.25	23.52	24.03	23.78	6.20	5.08	5.78

2.2 F₁与父、母本千粒重及其与产量的相关分析

由表 3 可知,96 个杂交组合的千粒重与母本千粒重、父本千粒重、双亲千粒重平均值的相关系数分别为 0.33、0.71 和 0.78,相关性均达极显著水平,且与双亲千粒重平均值的相关性最为密切。这说明 F₁千粒重性状是由不育系(保持系)和恢复系共同决定,恢复系对 F₁的影响大于不育系。因此,选择较大粒的恢复系和小粒的不育系的同时,可确保千粒重不变、产量不减产。在 F₁同等产量的情况下,不育系千粒重小,可以减少大田用种量,增加制种面积和大田生产比例,有利于种子储藏和运输,降低生产成本。

对杂种及其亲本千粒重与组合单株产量进行相关分析(表 3),结果表明,F₁千粒重、父本千粒重及双亲千粒重平均值与组合单株产量的相关性均达极显著水平,相关系数分别为 0.55、0.47、0.51;母本千粒重与组合单株产量呈正相关,但不显著。这说明 F₁千粒重和父本千粒重对杂交稻的产量有重要影响,且父、母本千粒重与杂种千粒重的相关性均达极显著水平。因此,要提高杂交稻的产量,首先要从提高恢复系千粒重入手来提高 F₁千粒重进而提高产量,但

不育系千粒重也是不容忽视的。当 F₁千粒重增加一个标准差单位($s_{x_3} = 1.6630$),可使杂交组合的单株产量增加 0.55 个标准差单位($s_y = 3.2804$),即杂交组合的单株产量增加 1.80 g (578.6 kg/hm²)。

表 3 F₁及其亲本千粒重与组合单株产量的相关系数Table 3 Correlation coefficients between 1000-grain weight of hybrids and their parents with yield per plant of F₁ hybrids

性状 Character	F ₁ 千粒重 F ₁ TGW	父本 千粒重 MTGW	母本 千粒重 FTGW	双亲千粒 重平均值 APTGW
父本千粒重	0.71 **			
母本千粒重	0.33 **	0		
双亲平均值	0.78 **	0.93 **	0.38 **	
组合单株产量	0.55 **	0.47 **	0.19	0.51 **

*、** 分别表示 0.05、0.01 水平上显著,下同

*, ** :Significance at 5% and 1% level, respectively, F₁ TGW: F₁ hybrids 1000-grain weight, MTGW: Male 1000-grain weight, FTGW: Female 1000-grain weight, APTGW: Average of parents 1000-grain weight, GY: Grain yield per plant of F₁ hybrids, the same as below

2.3 F_1 及其亲本千粒重与杂种品质的相关分析

表4分析了 F_1 及其亲本千粒重与杂种品质的相关性,结果表明, F_1 千粒重和父本千粒重与品质的关系基本上一致,与糙米率、精米率、整精米率、垩白粒率、粒长、粒宽均呈极显著正相关,与透明度呈显

著正相关,与垩白度、长宽比、碱消值、胶稠度、直链淀粉含量相关不显著。母本千粒重与垩白粒率、垩白度、粒长均呈极显著正相关,与粒宽呈显著正相关,与糙米率、精米率、整精米率、透明度、长宽比、碱消值、胶稠度、直链淀粉含量不存在显著线性相关。

表4 F_1 及其亲本千粒重与杂种品质性状间的相关系数

Table 4 Correlation coefficients between 1000-grain weight of hybrids and their parents with quality characters

性状 Trait	糙米率 BRR	精米率 MRR	整精米率 HRR	透明度 ET	垩白粒率 CGR	垩白度 CD	粒长 GL	粒宽 GW	长/宽 L/W	碱消值 GT	胶稠度 GC	直链淀粉含量 AC
F_1 千粒重	0.59**	0.58**	0.62**	0.25*	0.35**	0.20	0.52**	0.40**	0.14	-0.16	-0.05	-0.19
母本千粒重	-0.04	-0.06	-0.14	0.13	0.38**	0.38**	0.47**	0.24*	0.20	-0.01	0.03	-0.07
父本千粒重	0.78**	0.69**	0.74**	0.24*	0.30**	0.10	0.45**	0.32**	0.05	-0.18	-0.07	-0.09

BRR: Brown rice rate, MRR: Milled rice rate, HRR: Head rice rate, ET: Endosperm translucency, CGR: Chalky grain rate, CD: Chalkiness degree, GL: Grain length, GW: Grain width, L/W: Length/width, GT: Gelatinization temperature, GC: Gel consistency, AC: Amylose content, the same as below

由此可见,提高 F_1 的千粒重或恢复系的千粒重有利于提高加工品质,增加粒长和粒宽,但都会使垩白粒率增加,降低品质;提高不育系的千粒重,增加粒长和粒宽,但垩白粒率和垩白度增加,这可能与库容增加后淀粉排列疏松有关。其中不育系的千粒重对杂交组合的垩白粒率和垩白度的影响大于恢复系。因此,在杂交组合选育过程中,通过降低不育系的千粒重、增加其穗平均着粒数来控制杂交组合的垩白粒率和垩白度比较符合生产要求。这既能提高种子生产产量和降低生产成本,又能保证在降低垩白粒率和垩白度的同时不降低稻谷产量。

2.4 高产优质杂交粳稻千粒重范围

通过对组合产量性状与品质性状相关性分析,产量性状对品质性状的影响不大,通过筛选,可以将高产、优质的性状聚合到同一杂交组合中^[25]。为了在杂交粳稻高产和优质之间找到一个千粒重平衡点,即在某一千粒重范围内保持优质品质的前提下最大限度地提高产量。本试验对参试的96个粳稻杂交组合按照2002年农业部制定和颁布的NY/T-593-2002《食用稻品种品质》行业标准^[26]进行等级划分,其中品种品质三等以上(含三等)为优质食用稻品种,四、五等为普通食用稻品种,低于五等为等外食用稻品种。分析结果表明,7个组合为二等优质食用稻品种,占7.3%;25个组合为三等优质食用稻品种,占26.0%;50个组合为四等普通食用稻品种,占52.1%;9个组合为五等普通食用稻品种,占

9.4%;5个组合为普通食用稻品种,占5.2%。

剔除四、五等及低于五等普通食用稻品种,对32个优质杂交粳稻组合的单株产量进行分析。结果表明,单株产量为25.7 g以上(8250 kg/hm²以上)的杂交粳稻组合有18个,占优质杂交粳稻组合的56.3%,占96个参试组合的18.8%。单株产量为25.7 g以下(8250 kg/hm²以下)的杂交粳稻组合有14个,占优质杂交粳稻组合的43.7%。

表5列出了18个米质3级以上(含3级)、产量8250 kg/hm²以上的杂交粳稻千粒重、产量和品质性状。由表5可知, F_1 千粒重在23.1~24.0 g之间只有1个组合,占5.6%,该组合千粒重为23.8 g,米质为3级,单株产量为30.0 g(9642.9 kg/hm²)。 F_1 千粒重在24.1~25.0 g之间有3个组合,占16.7%,其中最高的单株产量为28.3 g(9096.4 kg/hm²),米质为3级;最低的单株产量为26.1 g(8389.3 kg/hm²),米质为2级。 F_1 千粒重在25.1~26.0 g之间有8个组合,占44.4%,其中米质为2级的组合有4个,米质为3级的组合有4个;8个组合中最高单株产量为30.1 g(9675.0 kg/hm²),其米质为3级。 F_1 千粒重在26.1~27.0 g之间有6个组合,占33.3%,其中米质为2级的组合有1个,单株产量为28.8 g(9257.1 kg/hm²),其余7个组合米质为3级;最高的单株产量为34.7 g(11153.6 kg/hm²),也是18个组合中最高产量,其米质为3级。

由此可见,具有高产优质兼顾的杂交粳稻千粒重范围应在25.1~27.0 g之间。

表5 18个高产优质杂交粳稻千粒重、产量及品质性状

Table 5 1000-grain weight, yield and quality characters in 18 japonica hybrids of high yield and good quality

组合	F ₁ 千粒 重 (g)	母本 千粒 重 (g)	父本 千粒 重 (g)	组合 单株 产量 (g)	糙米 率 (%)	精米 率 (%)	整精 米率 (%)	透明 度 (级)	垩白 粒率 (%)	垩白 度 (%)	粒长 (mm)	粒宽 (mm)	长/宽	碱消 值 (级)	胶稠 度 (mm)	直链 淀粉 含量 (%)	米质 等级 (级)
Cross	F ₁ TGW	FTGW	MTGW	GY	BRR	MRR	HRR	ET	CGR	CD	GL	GW	L/W	GT	GC	AC	QG
T4012A/R508	23.8	25.4	29.0	30.0	84.3	75.8	71.4	1	30	5.0	5.85	2.85	2.1	6.2	66.5	16.7	3
4001A/R517	24.3	23.5	24.9	26.8	83.5	77.2	73.3	2	15	2.4	5.70	2.85	2.0	5.8	63.5	17.5	3
T4012A/R528	24.7	25.4	28.8	28.3	83.9	74.0	69.3	1	26	4.1	5.80	2.85	2.0	6.0	74.5	17.1	3
T4012A/R519	24.9	25.4	26.8	26.1	84.1	77.4	76.7	1	20	3.0	5.75	2.85	2.0	6.0	70.5	18.3	2
武香99-8A/R510	25.1	24.8	26.3	30.1	84.6	76.4	75.3	1	23	3.8	5.90	2.90	2.0	6.2	72.0	17.2	3
T4012A/R510	25.1	25.4	26.3	26.3	84.7	76.0	74.3	1	16	2.9	5.90	2.95	2.0	6.2	81.5	17.4	2
T4012A/R390	25.2	25.4	24.0	27.0	84.3	75.3	73.2	1	10	1.3	5.80	2.90	2.0	6.7	73.0	16.8	2
4001A/R390	25.3	23.5	24.0	29.3	82.7	74.1	71.4	1	12	1.2	5.65	2.80	2.0	6.5	82.0	16.5	3
4001A/R518	25.5	23.5	27.2	26.1	83.9	78.1	75.7	2	9	1.5	5.70	2.85	2.0	6.3	71.0	16.4	2
武香99-8A/R519	25.5	24.8	26.8	27.7	84.2	75.7	74.3	1	15	2.2	5.80	2.95	2.0	6.2	79.0	18.6	2
武香99-8A/R390	25.7	24.8	24.0	27.0	82.0	73.3	69.6	1	12	1.4	5.90	2.95	2.0	5.5	81.5	16.7	3
武香99-8A/R503	25.8	24.8	24.5	29.5	83.3	74.8	72.9	1	30	4.9	5.75	2.90	2.0	6.0	78.5	17.3	3
凤粳15A/R390	26.1	27.4	24.0	27.3	82.7	74.0	70.9	1	21	2.5	6.10	2.90	2.1	6.3	74.5	16.8	3
T4012A/R518	26.2	25.4	27.2	34.7	84.5	78.2	74.7	2	21	3.0	5.85	3.00	2.0	6.2	75.5	16.5	3
武香99-8A/R518	26.3	24.8	27.2	33.2	83.2	76.6	75.1	2	22	3.4	5.75	2.90	2.0	6.3	60.0	17.2	3
4001A/R513	26.3	23.5	25.5	29.6	83.5	75.0	73.3	1	27	4.3	5.40	2.75	2.0	5.7	82.5	16.4	3
凤粳15A/R519	26.9	27.4	26.8	28.8	84.3	78.7	77.4	2	13	2.2	5.80	3.00	1.9	6.0	71.0	17.7	2
凤粳15A/R510	26.9	27.4	26.3	33.7	82.0	73.3	72.5	1	30	3.7	5.80	2.85	2.0	6.0	81.5	16.8	3

QG: Quality grade

3 讨论

3.1 F₁千粒重的优势表现

杂种优势是生物界的一种普遍现象,其遗传学基础在于双亲间的遗传差异。关于千粒重的杂种优势,前人已有研究和报道,但不同试验由于试验材料不同得出的结论也有所不同。本研究与张宏根等^[27]、颜庆夫等^[24]和游书梅等^[28]的研究结果相似,但与刘建丰^[29]的研究结果相反。可能与后者所用试验材料不同有关。

3.2 F₁千粒重与父、母本千粒重的关系

本研究表明 F₁千粒重与母本千粒重、父本千粒重、双亲千粒重平均值的相关性均达极显著水平,且与双亲千粒重平均值的相关性最为密切,恢复系对杂种的影响大于不育系。这与张宏根等^[27]的研究结果一致,而与颜庆夫等^[24]的研究结果大部分相同。后者认为母本千粒重对 F₁的影响大于恢复系,与本试验结果恰恰相反,可能是因为其试验以籼稻

为试验材料所致。

3.3 千粒重与产量的关系

粒重作为水稻的重要性状之一,是控制水稻产量的重要因素。前人^[13,15-16]研究大多是针对 F₁的千粒重与产量的关系,而对亲本的千粒重与产量的关系研究鲜有报道。本研究表明, F₁千粒重、父本千粒重及双亲千粒重平均值与组合单株产量的相关性均达极显著水平;母本千粒重与组合单株产量相关不显著。这与前人的研究结果不尽相同,可能与试验材料、方法和环境等因素不同有关。

3.4 千粒重与品质的关系

粒重也是衡量稻米品质的重要性状之一。本试验结果表明, F₁千粒重与糙米率、精米率、整精米率、垩白粒率均呈极显著正相关,与垩白度、长宽比、碱消值、胶稠度、直链淀粉含量相关不显著。与刘淑梅等^[17]、周立军等^[19]的研究结果相似,但与邹小云等^[18]的研究结果大部分相反。父本、母本千粒重和 F₁千粒重与垩白粒率均呈极显著正相关,与李贤勇等^[21]的研究结果一致,说明降低千粒重是降低

垩白粒率的有效途径。

参考文献

- [1] 邓兴旺,王海洋,唐晓艳,等. 杂交水稻育种将迎来新时代[J]. 中国科学:生命科学,2013,43(10):864-868
- [2] 汤述翥,张宏根,梁国华,等. 三系杂交粳稻发展缓慢的原因及对策[J]. 杂交水稻,2008,23(1):1-5
- [3] 邓华凤,何强,舒服,等. 中国杂交粳稻研究现状与对策[J]. 杂交水稻,2006,21(1):1-6
- [4] 孙建权,王书玉,薛应征,等. 我国杂交粳稻和常规粳稻品质现状比较分析[J]. 中国种业,2007(8):37-38
- [5] Kholupenco I P, Burundukova O L, Zhemchugova V P, et al. Source-sink relations in Far-Eastern rice cultivars as related to their productivity [J]. Russ J Plant Physiol,1996,43:141-148
- [6] Evans L T. Storage capacity as a limitation on grain yield [M]// Banos L. Rice Breeding. Philippines:IRRI 1972,499-511
- [7] Murai M, Kinsoshita T. Diallel analysis of trait concerning yield in rice [J]. Jpn J Breed,1986,36:7-15
- [8] Mahto R N, Ganguli D K. Generation means analysis for yield and its components in maize [J]. Indian J Genet, 2001, 61 (2): 165-166
- [9] Panwar D V S, Paroda R S. Combining ability for grain character in rice [J]. Indian J Agri Sci,1983,53(9):763-766
- [10] 马洪文,殷延勃,武绍湖,等. 杂交粳稻农艺性状遗传效应及其相关性分析[J]. 吉林农业大学学报,2009,31(3):237-241,245
- [11] 符福鸿,王丰,黄文剑,等. 杂交水稻谷粒性状的遗传分析[J]. 作物学报,1994,20(1):39-44
- [12] 姜健,李金泉,徐正进,等. 水稻籼粳杂种优势的研究[J]. 吉林农业科学,2002,27(3):3-6
- [13] 程灿,倪林娟,曹黎明,等. 粒重对杂交粳稻产量和品质的影响[J]. 上海农业学报,2008,24(1):124-126
- [14] 肖经鸿,孟秋成,曹克勤,等. 杂交稻及亲本千粒重与产量的关系研究[J]. 湖南农业科学,2009(3):7-9
- [15] 邹华旭. 粤北高产杂交稻产量构成规律与栽培措施[J]. 广东农业科学,1994(6):7-8
- [16] 梁世胡,李传国,伍应运,等. 杂交水稻产量构成因素的通径分析[J]. 广东农业科学,1999(6):4-6
- [17] 刘淑梅,王伯伦,赵凤艳. 粳稻产量与品质性状间关系的研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(18):7605-7607,7877
- [18] 邹小云,盛国清,傅军如,等. 籼型杂交水稻主要品质性状与产量性状的关系研究[J]. 江西农业大学学报,2006,28(1):7-11
- [19] 周立军,江玲,刘喜,等. 水稻千粒重和垩白粒率的 QTL 及其互作分析[J]. 作物学报,2009,35(2):255-261
- [20] 徐正进,陈温福,马殿荣,等. 稻谷粒形与稻米主要品质性状的关系[J]. 作物学报,2009,30(9):894-900
- [21] 李贤勇,何永歆,李顺斌,等. 水稻千粒重与垩白粒率的相关性分析[J]. 西南农业学报,2003,16(4):20-23
- [22] 中华人民共和国农业部. NY147-88 米质测定法 [S]. 北京:中国标准出版社,2009
- [23] Romero G E, Frey K J. Inheritance of semidwarfness in several wheat crosses [J]. Crop Sci,1973,13:33
- [24] 颜庆夫,刘建丰,张善华,等. 三系杂交稻与其亲本粒重的关系研究[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版,2008,34(4):393-395
- [25] 占新春,郑乐娅,付强,等. 杂交粳稻产量性状与品质性状相关性分析[J]. 中国农学通报,2012,28(36):148-153
- [26] 中华人民共和国农业部. NY/T-593-2002《食用稻品种品质》行业标准 [S]. 北京:中国标准出版社,2002
- [27] 张宏根,孔宪旺,朱正斌,等. 粳稻三系亲本的品质特征与杂种优势分析[J]. 作物学报,2010,36(5):801-809
- [28] 游书梅,曹应江,郑家奎,等. 杂交籼稻子粒 QTL 标记遗传距离与粒重、粒重杂种优势的相关性[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(6):1050-1054
- [29] 刘建丰. 超高产杂交稻冠层形态结构和光合特性及其遗传研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2002

欢迎订阅 2015 年《植物科学学报》

《植物科学学报》是中国科学院主管、中科院武汉植物园主办、科学出版社出版、国内外公开发行的植物学综合性学术期刊,主要刊载植物学及各分支学科的原始研究论文。本刊为中国自然科学核心期刊,已被中国科学引文数据库核心库、《中文核心期刊要目总览》、中国科技论文与引文数据库、中国生物学文献数据库、中国核心期刊(遴选)数据库、中国知识资源总库《中国科技期刊精品数据库》、中国期刊全文数据库、《中国药学文摘》、美国《化学文摘》、美国《生物学文摘》、美国《剑桥科学文摘:自然科学》、俄罗斯《文摘杂志》、日本《科学技术文献速报》、英国《国际农业与生物科学研究中心》文摘、波兰《哥白尼索引》、万方数据——数字化期刊群、中国学术期刊(光盘版)等二十多种国内外检索期刊、数据库作为核心期刊或统计源期刊收录。

栏目设置:特邀综述、系统与进化、生态与生物地理、遗传与育种、生理与发育、资源与植物化学、技术与方法、研究快报、学术讨论、重要书刊评介和学术动态等。读者对象:科研院所和高等院校从事植物科学研究的科研人员、教师和研究生,以及相关学科、交叉学科的科技工作者。

双月刊,大 16 开,国内每期定价 50 元,全年 300 元。邮发代号:38-103(国内),BM872(国外)。全国各地邮局均可订阅,邮发代号:38-103;也可直接与本刊编辑部联系订阅(免收邮挂费)。

地址:(430074)武汉市武昌磨山 中科院武汉植物园内《植物科学学报》编辑部

电话:027-87510755, 87510579

网址: <http://www.plantscience.cn>

E-mail: editor@wbpcas.cn zwxkbjb@wbpcas.cn