

# 粳稻三系亲本亲子间性状相关性分析

孔宪旺<sup>1</sup>, 袁彩勇<sup>1</sup>, 王健<sup>1</sup>, 袁生堂<sup>1</sup>, 汤述翥<sup>2</sup> (1. 江苏省徐淮地区淮阴农业科学研究所作物研究中心, 江苏淮安 223001; 2. 扬州大学农学院教育部植物功能基因组学重点实验室, 江苏扬州 225009)

**摘要** [目的] 研究粳稻三系亲本亲子间性状的相关性。[方法] 以 BT 型粳稻不育系、保持系及恢复系各 16 个为供试材料, 配制 229 个杂交粳稻组合, 测定其农艺性状、产量性状和品质性状, 并对数据进行相关性分析。[结果] 杂种的多数性状由不育系和恢复系共同决定, 杂种与中亲值的相关性最好, 杂种与高亲值的相关性一般好于与低亲值的相关性。抽穗期、穗总粒数等性状与不育系关系较为密切, 株高、穗实粒数、结实率、单株产量、品质性状与恢复系关系较为密切。所有产量性状亲子间的相关系数均小于 0.7, 说明杂种的产量性状还与双亲的特殊配合力有密切的关系。[结论] 该研究为杂交粳稻育种提供配合力好的亲本资源, 并为生产应用提供优质高产的杂交粳稻组合。

**关键词** 粳稻; 质核互作雄性不育系; 恢复系; 相关分析

**中图分类号** S511 **文献标识码** A **文章编号** 0517 - 6611 (2009) 21 - 09909 - 03

## Analysis on the Correlation of Traits between Parents and Parent-child of Three-line Japonica

KONG Xian-wang et al (Research Center of Crops, Huaiyin Institute of Agricultural Sciences in Xuhuai Region of Jiangsu Province, Huai-an, Jiangsu 223001)

**Abstract** [Objective] The purpose was to study the correlation of traits between parent and parent-child of three-line japonica rice. [Method] With male sterile lines, maintainer lines and restorer lines of BT-type japonica rice as test materials, 229 hybrid japonica combinations were prepared and their agronomic traits, yield traits and quality traits were determined to make correlative analysis on the obtained data. [Result] Most traits of hybrid were decided jointly by male sterile lines and restorer lines. The correlation between hybrid and mid parent value was the best. The correlation between hybrid and high parent values was generally better than that between hybrid and low parent values. Some traits such as heading date, grain number per panicle had closer relationship with the male sterile lines. Plant height, grain numbers per ear, seed setting rate, yield per plant, quality traits had closer relationship with the restorer lines. Correlation coefficients of all yield traits between parent and child were all less than 0.7, which indicated that there was a close relationship between yield traits of hybrid and specific combining ability of parents. [Conclusion] The study provided the parental resources with good combining ability for hybrid rice breeding and offered the hybrid japonica combinations with good quality and high yield, which could be applied in production.

**Key words** Japonica; Cytoplasmic nuclear male sterile line; Restorer line; Correlation analysis

我国杂交粳稻育种研究和生产应用区域有江苏、浙江、上海、安徽、湖南、辽宁等省(市), 笔者广泛收集不同株叶形态和熟期的 BT 型粳稻不育系和恢复系, 就粳稻的亲子间性状的相关性等问题进行较系统的研究, 以期对目前的粳三系育种现状有进一步的了解。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

**1.1.1 BT 型粳稻不育系和相应的保持系。**收集 BT 型粳稻不育系及其保持系各 16 个。不育系主要由江苏省各育种单位选育的品种或品系转育而成, 部分引自河南、山东及日本的品种转育而成, 品种类型有中熟中粳、迟熟中粳、早熟晚粳和中熟晚粳等类型, 其中 8 个不育系已配制有多个杂交粳稻品种在生产上推广应用, 具体品种名称、品种来源和文中代号如下, A1: 9522A, A2: 武育粳 3 号 A, A3: 豫粳 6 号 A, A4: 早优 A, A5: 中优 1 号 A, A6: 陵香 A, A7: 863A, A8: 徐 9201A, A9: 农垦 57A, A10: 圣稻 301A, A11: 六千辛 A, A12: 陵风 A, A13: 731A, A14: 爱知香 A, A15: 泗稻 9618A, A16: 盐粳 93272A。

**1.1.2 粳稻恢复系。**收集 BT 型粳稻不育系的恢复系 16 个, 分别来源于江苏、浙江、上海、安徽、湖南、辽宁等省(市), 其中 10 个恢复系已配制有多个杂交粳稻品种在生产上推广应用, 具体品种名称、品种来源和文中代号如下, B1: CR134, B2: 闵 120, B3: 武 8 湘晴, B4: N138, B5: 泗 R2982, B6: 宁恢 8

号, B7: C9083, B8: SWR4, B9: 湘晴, B10: 湘虎 115, B11: 辽恢 02, B12: 轮回 422, B13: Z12, B14: 沪 R254, B15: 77302-1, B16: C418。

**1.2 试验设计** 2004 年冬~2005 年春在海南种植各不育系、保持系和恢复系, 以 16 个不育系为母本分别与 16 个恢复系杂交, 设计配制 229 个杂交组合。成熟后收获杂交  $F_1$  种子和保持系、恢复系的自交种子。

2005 年正季在扬州种植各杂种  $F_1$  (A × B) 及其亲本保持系(A)和恢复系(B)。5 月 21 日播种, 6 月 16 日移栽, 单本栽插, 每小区 5 行, 每行 10 株, 行株距 25.0 cm × 13.3 cm, 以恢复系为主区、不育系为副区, 裂区排列, 2 次重复。

### 1.3 性状测定

**1.3.1 农艺性状测定。**供试杂种于 8 月 10 日前后开始陆续抽穗, 此后逐日观察, 记载各小区抽穗期(折算成播种至抽穗的天数)。成熟后从小区中部随机齐地收割 5 株, 调查主要农艺性状, 取其主茎穗。

**1.3.2 产量性状测定。**成熟后从小区中部随机收获 10 株(包括调查农艺性状收取的 5 株)调查单株穗数, 将稻穗收割保存, 风干晒干后考查穗总粒数、穗实粒数、结实率、千粒重、单株产量, 计算单株花量(单株穗数乘以穗总粒数, 即单株颖花总量)和潜在库容(单株颖花总量乘以千粒重, 表示结实率 100% 时可能达到的产量水平)。

**1.3.3 品质性状测定。**①外观品质测定。垩白粒率、垩白度的测定参照国标 GB/T17891-1999 进行。②蒸煮品质测定。表观直链淀粉含量(AAC)测定, 采用 AC 标样(由中国水稻所提供)作标准曲线, 其余步骤按 GB/T15683 结合 GB/T17891 进行;

**基金项目** 江苏省高技术研究计划项目(BG2004302)。

**作者简介** 孔宪旺(1982 - ), 男, 山东曲阜人, 研究实习员, 从事水稻新品种选育栽培研究。

**收稿日期** 2009-04-07

胶稠度(GC)测定,按中华人民共和国国家标准 GB/T17891-1999 进行。③淀粉粘滞性谱测定。采用澳大利亚 Newport Scientific 仪器公司生产的 3-D 型 RVA 仪快速测定,用 TCW (Thermal Cycle for Windows) 配套软件分析。测定按 AACC (美国谷物化学协会) 操作规程(1995 61-02) 进行。

#### 1.4 统计分析

1.4.1 平均数统计。所有数据分析都以小区平均数进行。产量性状、品质性状和生育期是以小区为单位进行测定的,结果就是小区平均数,农艺性状先计算 5 个单穗考种数据的平均值再进行分析。

1.4.2 相关分析。参照莫惠栋的方法,计算同一性状亲子代间的相关系数,计算杂种  $F_1$  不同性状间的相关系数。

1.4.3 数据计算。在 MATLAB6.5 软件平台上进行。

### 2 结果与分析

#### 2.1 15 个农艺性状亲子代间的相关 15 个农艺性状亲子

表 1 15 个农艺性状杂种与亲本的相关系数

Table 1 Correlation coefficient about 15 agronomic traits between  $F_1$  hybrid and parents

性状 Characters	杂种与保持系 $F_1$ Hybrid and maintainer line	杂种与恢复系 $F_1$ Hybrid and restorer line	杂种与低亲值 $F_1$ Hybrid and low-parent value	杂种与高亲值 $F_1$ Hybrid and high-parent value	杂种与中亲值 $F_1$ Hybrid and middle-parents value
抽穗期 Heading stage	0.590**	0.304**	-0.020	0.503**	0.629**
株高 Plant height	0.289**	0.339**	-0.071	0.322**	0.444**
茎粗 Culm thickness	0.421**	0.292**	-0.342**	0.292**	0.511**
剑叶长 Flag leaf length	0.466**	0.314**	0.209**	0.412**	0.561**
剑叶宽 Flag leaf width	0.403**	0.575**	0.149*	0.575**	0.672**
剑叶出叶角 Flag leaf angle of leaf	0.326**	0.330**	-0.058	0.340**	0.458**
剑叶披垂度 Drooping flag leaf angle	0.368**	0.096	-0.122	0.367**	0.372**
穗弯曲度 Curvature of panicle neck	0.619**	0.485**	0.538**	0.533**	0.804**
穗颈粗 Coarse panicle	0.385**	0.181**	0.125	0.181**	0.364**
穗长 Panicle length	0.658**	0.429**	0.216**	0.442**	0.810**
着粒密度 Grain density	0.716**	0.287**	0.142*	0.342**	0.730**
一次枝梗数 Number of the first branches	0.554**	0.418**	0.119	0.443**	0.667**
一次枝梗颖花数 Number of the first branches spikelets	0.521**	0.480**	-0.020	0.524**	0.676**
二次枝梗数 Number of the second branches	0.534**	0.353**	-0.005	0.360**	0.612**
二次枝梗颖花数 Number of the second branches spikelets	0.502**	0.384**	0.049	0.401**	0.591**

注: \* 表示在 0.05 水平存在差异, \*\* 表示在 0.01 水平上存在差异。下同。

Note: \* means difference at 0.05 level and \*\* means difference at 0.01 level. The same as below.

2.2 8 个产量性状亲子代间的相关 8 个产量性状亲子间的相关系数如表 2 所示。由表 2 可知:①杂种的产量性状与亲本也有较密切的关系,杂种单株穗数、千粒重、单株花量、潜在库容 4 个性状与双亲平均值的相关性较好,穗实粒数、结实率和单株产量 3 个性状与恢复系的相关性较好,穗总粒数与不育系及中亲值的相关性较好。②同农艺性状一样,所有性状杂种与高亲值的相关性好于与低亲值的相关性。③所有性状杂种亲子间的相关系数均小于 0.7,比较而言,穗总粒数杂种与不育系及中亲值的相关性最好,单株产量亲子间的相关性最差。这也说明杂种的产量性状还与双亲的特殊配合力有着密切的关系。

2.3 11 个品质性状亲子代间的相关 11 个品质性状亲子间的相关系数如表 3 所示。由表 3 可知:①杂种的品质性状与亲本的关系也非常密切,除胶稠度杂种与恢复系的相关系数大于与中亲值的相关系数外,各品质性状均与中亲值的相

间的相关系数如表 1 所示。由表 1 可知:①杂种的农艺性状与亲本的农艺性状具有密切的正相关关系,除杂种穗颈粗与母本的相关系数略高于与中亲值的相关系数外,其余各性状均是是与双亲平均值的相关性最为密切,说明杂种的多数农艺性状是由不育系(保持系)和恢复系共同决定。②比较而言,抽穗期、茎粗、剑叶长、剑叶披垂度、穗弯曲度、穗颈粗、穗长、着粒密度、一次枝梗数、一次枝梗颖花数、二次枝梗数、二次枝梗颖花数 12 个性状不育系对杂种的影响大于恢复系,株高和剑叶宽 2 个性状恢复系对杂种的影响大于不育系。③杂种多数性状与双亲高亲值的相关性好于与低亲值的相关性。④尽管多数性状亲子间的相关系数达到显著水平,但决定系数较小,可信度相对较差;仅着粒密度杂种与不育系和中亲值的相关系数及穗长杂种与中亲值的相关系数大于 0.7,决定系数大于 0.5,以亲本预测杂种的把握性较大。

关最为显著。②恢复系与不育系比,杂种与恢复系的相关更为密切,高亲值与低亲值比,杂种与高亲值的相关更为密切。③消减值、回复值两性状与中亲值、恢复系的相关系数分别大于或接近 0.7,可信度达到 50% 左右,其余相关系数均偏小。总体而言,杂种的多数性状由不育系和恢复系共同决定,杂种与中亲值的相关性最好;杂种与高亲值的相关性一般好于与低亲值的相关性。

### 3 讨论

(1)我国是世界上第 1 个大面积成功利用水稻杂种优势的国家。袁隆平 1964 年开始研究杂交水稻,在其领导下通过协作攻关,1973 年实现三系配套,1974 年鉴定出优势组合,1976 年开始大面积推广<sup>[1]</sup>,杂交水稻种植面积从 1976 年的 14 万  $hm^2$  增加到现在的 1 600 万  $hm^2$ ,占我国水稻总面积的 50% 以上<sup>[2]</sup>。

表 2 8 个产量性状杂种与亲本的相关系数

Table 2 Correlation coefficient about 8 yield traits between F<sub>1</sub> hybrid and parents

性状 Characters	杂种与保持系 F <sub>1</sub> Hybrid and maintainer line	杂种与恢复系 F <sub>1</sub> Hybrid and restorer line	杂种与低亲值 F <sub>1</sub> Hybrid and low-parent value	杂种与高亲值 F <sub>1</sub> Hybrid and high-parent value	杂种与中亲值 F <sub>1</sub> Hybrid and middle-parents value
单株穗数 Single plant panicles	0.261 **	0.242 **	0.041	0.257 **	0.353 **
穗总粒数 Total grains per panicle	0.609 **	0.263 **	-0.122	0.263 **	0.607 **
穗实粒数 filled grains per panicle	0.073	0.394 **	-0.073	0.378 **	0.358 **
结实率 Seed setting rate	-0.174 **	0.475 **	-0.107	-0.138 *	0.392 **
千粒重 1 000-grain weight	0.321 **	0.467 **	-0.092	0.366 **	0.572 **
单株产量 Yield per plant	0.093	0.185 **	-0.065	0.114	0.177 **
单株花量 Spikelets per plant	0.283 **	0.444 **	-0.276 **	0.486 **	0.515 **
潜在库容 Potential storage	0.324 **	0.297 **	-0.129	0.348 **	0.430 **

表 3 11 个品质性状杂种与亲本的相关系数

Table 3 Correlation coefficient about 11 quality characters between F<sub>1</sub> hybrid and parents

性状 Characters	杂种与保持系 F <sub>1</sub> Hybrid and maintainer line	杂种与恢复系 F <sub>1</sub> Hybrid and restorer line	杂种与低亲值 F <sub>1</sub> Hybrid and low-parent value	杂种与高亲值 F <sub>1</sub> Hybrid and high-parent value	杂种与中亲值 F <sub>1</sub> Hybrid and middle-parents value
垩白粒率 Chalky rice percentage	0.428 **	0.486 **	0.226 **	0.570 **	0.647 **
垩白度 Chalkiness degree	0.170 **	0.464 **	0.058	0.474 **	0.496 **
直链淀粉 Amylose	0.176 **	0.447 **	0.172 **	0.221 **	0.477 **
胶稠度 Gel consistency	0.025	-0.307 **	-0.039	-0.108	-0.229 **
峰值粘度 Peak viscosity	0.179 **	0.333 **	0.258 **	0.314 **	0.378 **
热浆粘度 Hot paste viscosity	0.327 **	0.446 **	0.346 **	0.482 **	0.545 **
冷胶粘度 Cold paste viscosity	0.299 **	0.570 **	0.273 **	0.456 **	0.639 **
崩解值 Breakdown value	0.292 **	0.371 **	0.107	0.469 **	0.474 **
消减值 Setback	0.379 **	0.667 **	0.440 **	0.583 **	0.750 **
回复值 Recovery value	0.211 **	0.729 **	0.110	0.380 **	0.748 **
糊化开始温度 Initial pasting temperature	0.146 **	0.174 **	0.028	0.241 **	0.227 **

(2) 关于杂交水稻亲本对杂种性状表现的影响也有不少报道<sup>[3-5]</sup>。试验研究了 229 个杂交粳稻组合包括农艺性状、产量性状和品质性状在内的 34 个性状的亲缘间的相关性,以了解亲本对杂种性状表达的影响。结果表明,杂种的多数性状与双亲平均值的相关性最为密切,说明杂种的性状表现是由不育系和恢复系共同决定,这与王才林等的研究结果一致<sup>[6]</sup>。但是不育系和恢复系对不同性状的作用大小不同,比较而言,抽穗期、茎粗、穗弯曲度、着粒密度、穗总粒数等性状与不育系关系较为密切,株高、穗实粒数、结实率、单株产量、品质性状等与恢复系关系较为密切。所有产量性状亲缘间的相关系数均小于 0.7,特别是单株产量亲缘间的相关性最差,说明杂种的产量性状还与双亲的特殊配合力有着密切的关系。分析结果还表明,杂种与高亲值的相关性一般

好于与低亲值的相关性,说明在组配杂交粳稻时对高亲值亲本的选择较低亲值亲本更为重要。

#### 参考文献

- [1] 袁隆平. 杂交水稻的育种战略设想[J]. 杂交水稻, 1987, 2(1): 1-3.
- [2] CHEN S H, CAO L Y, YANG S H, et al. Forty years' development of hybrid rice: China's experience [J]. Rice Science, 2004, 11(5/6): 225-230.
- [3] 曾世雄, 卢庄文, 杨秀青, 等. 水稻品种间杂种一代优势及其与亲本关系的研究[J]. 作物学报, 1979, 5(3): 23-34.
- [4] 王开锡, 林庆泉. 水稻籼粳交 F<sub>1</sub> 植株、育性及生育期表现与亲本的关系[J]. 福建农业科技, 1984(5): 16-18.
- [5] 肖金华. 水稻籼粳亚种间杂种一代优势及其与亲本关系的研究[J]. 杂交水稻, 1988(1): 5-9.
- [6] 王才林, 汤玉庚. 杂交粳稻三系育种的基础研究 I. 优势表现及其与亲本的关系[J]. 杂交水稻, 1987(1): 16-21.

(上接第 9884 页)

(2) 该分离菌株的生长和降解受多种因素的影响。机油浓度过高会抑制其活性,在机油浓度为 100 mg/L 时,降解活性最高。该菌株生长的最适温度为 40 ℃,最适 pH 值为 8.0,培养基中最适 NaCl 浓度为 10 g/L,效果最佳的 N 源为 NH<sub>4</sub>Cl。在优化组合培养条件下,5 d 降解率达到了 47.2%。

#### 参考文献

- [1] 姚德明, 许华夏. 石油污染土壤生物修复过程中微生物生态研究[J]. 生态学杂志, 2002, 21(1): 26-28.

- [2] 金文标, 宋利晖, 董晓利, 等. 油污土壤微生物治理的影响因素[J]. 环境保护, 1998(10): 27-28.
- [3] ZHANG Z Z, WEI X F, ZONG C, et al. A study of the characteristics of microorganisms for effective degradation of marine oil spills [J]. Petroleum Science, 2006, 3(1): 64.
- [4] 布坎南 R E, 吉本斯 N E. 伯杰氏细菌鉴定手册[M]. 8 版. 北京: 科学出版社, 1984.
- [5] 吴玉新. 紫外分光光度法测定污水中油含量的研究[J]. 环境保护, 1998(10): 31-33.
- [6] 何良菊, 李培杰, 魏德洲, 等. 石油烃微生物降解的营养平衡及降解机理[J]. 环境科学, 2004, 25(1): 91-94.