

水稻不育系元丰 A 组配弱感光杂交稻的利用研究

邓则勤¹, 黄显波¹, 郑家团², 林成豹¹, 唐江霞¹, 林美娟¹, 梁水金¹

(1. 福建省三明市农业科学研究所, 福建 沙县 365509; 2. 福建省农业科学院水稻研究所, 福建 福州 350018)

摘要: 考查三系不育系元丰 A 的遗传特性, 结果表明: 元丰 A 具有开花习性好、抗性强、米质优、配合力好等优点, 其配制组合抽穗期遗传表现与博白 A 组合相似, 抽穗期是否超亲(感光)取决于不同生育期类型的恢复系。配制弱感光杂交稻表现优势强、抗性好、米质优, 可作为抗病、优质三系杂交稻选育的亲本。

关键词: 三系不育系; 元丰 A; 弱感光特性; 抗病; 优质; 利用

中图分类号: S 511

文献标识码: A

Using sterile rice, Yuanfeng A, for breeding low-photosensitive hybrid

DENG Ze-qin¹, HUANG Xian-bo¹, ZHENG Jia-tuan², LIN Cheng-bao¹, TANG Jiang-xia¹,

LIN Mei-juan¹, LIANG Shui-jin¹

(1. Sanming Institute of Agricultural Sciences, Shaxian, Fujian 365509, China;

2. Rice Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350003, China)

Abstract: Genetic characteristics of CMS line Yuanfeng A rice were studied in preparation of breeding a low-photosensitive hybrid. The results showed that Yuanfeng A had the desirable flowering trait, disease resistance, grain quality and crossing ability. The genetic performances at the heading stage of the cross-combinations generated from it were similar to those from Bobai A. Whether the phenotype (photosensitivity) appears in their hybrid F₁ at heading stage or not depended on the work of the restorer line at different growth periods. The resultant hybrid showed strong heterosis, improved resistance and excellent grain quality. Therefore, Yuanfeng A was believed to be a potential candidate for breeding high quality three-line hybrid rice.

Key words: CMS line; Yuanfeng A; low-photosensitivity; disease resistance; high quality; utilization

华南双季稻作区的水稻种植面积约占全国 18%, 在我国水稻生产中占有重要地位。该稻区晚季种植杂交水稻组合类型属感光性晚粳类型, 这类组合不仅具有较好耐寒性, 而且发育进程受高温促进较小, 可保持相对稳定的生育期, 对于充分利用华南地区光热资源和提高稻作产量与品质具有重要作用^[1-2]。迄今为止, 生产上推广这类组合主要利用具有互作型弱感光特性不育系博白 A、博 IIA、秋 A 等配制的系列组合。随着应用年限延长, 博 A 系列组合抗病性下降、产量多年徘徊; 博 IIA 配制组合总体上优势不如博白 A; 秋 A 本身柱头小, 活力较差, 制种产量偏低, 限制了进一步推广应用^[3]。近年来, 育种者试图通过改良恢复系来提高感光晚粳组合的品质和抗性, 虽取得了一定的效果, 但受到互作型弱感光特性不育系自身的限制, 成效不是很明显^[4-5], 因此, 通过改良和选育新不育系, 是进一步提高抗性、品质和制种产量的关

键。本文研究新育成粳稻不育系元丰 A 及其弱感光杂交稻的特征特性和配合力, 以为新不育系的育种和应用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

本所选育的野败型不育系元丰 A, 配组成的杂交稻具有弱感光特性, 其保持系元丰 B 是来自白珍龙/海竹//特青///长早 1 号复交组合的后代稳定品系^[6], 对照不育系博白 A; 恢复系明恢 86、明恢 401、明恢 77、明恢 2155、科恢 752、广恢 998、明恢 82 及 T251 (明恢 81 的早熟突变系)。

1.2 方法

1.2.1 开花习性的观察 2007 年早季, 在本所试验田间隔 4 d 分期播种 1 期。开花习性观察时间 6 月 3~14 日, 其中 6 月 3~7 日为晴天, 6 月 10~14 日以阴雨天为主。在观察前一天随机选取生长

收稿日期: 2009-06-14 初稿; 2009-09-21 修改稿

作者简介: 邓则勤 (1972-), 男, 助理研究员, 主要从事水稻品种选育研究

基金项目: 福建省科技计划重点项目 (2008N0131); 三明市科技计划项目 (2007-L-4)

正常未开花的 5 个单株（对照明恢 77）挂牌，观察当天从 8：00~15：00，每隔 1 h 调查 1 次，每次用剪刀剪掉已开的颖花，并记录颖花数，一直持续到终花，分别把晴天和阴雨天的结果进行比较分析。气温数据由沙县气象局提供（本所观测点的观测数据）。

1.2.2 元丰 A 抗稻瘟病鉴定 室内鉴定由福建省农业科学院植物保护研究所进行室内接种鉴定，秧苗 3 叶 1 心时分别接种 21 个菌株，7~10 d 后调查发病情况；田间鉴定在将乐县黄潭稻瘟病重病区自然条件下诱发鉴定。

1.2.3 元丰 A 稻米品质鉴定 2004 年晚季在本所试验田收获元丰 A 成熟种子，晒干后取样送中国水稻所农业部稻米品质检测检验中心分析检验。

1.2.4 元丰 A 配制杂交稻组合的抽穗期遗传 选用不同生育期的恢复系分别与元丰 A 和博白 A 组配单交组合；与元丰 A/博白 B、博白 A /元丰 B 二元不育系组配复交组合。2007 年 6 月 16 日在本所试验田播种，观察记载杂种抽穗期，分析后代抽穗期的遗传分布。

1.2.5 元丰 A 配合力测验 2006 年春在海南，以元丰 A 和博白 A 为母本，明恢 401、广恢 998、科恢 752、明恢 86、明恢 2155、明恢 82、明恢 07 为父本，按不完全双列杂交方法配制 2×7 共计 14 个杂交组合。同年晚季在本所种植，随机区组排列，3 次重复。每小区 40 株（5×8），株行距 19.8 cm

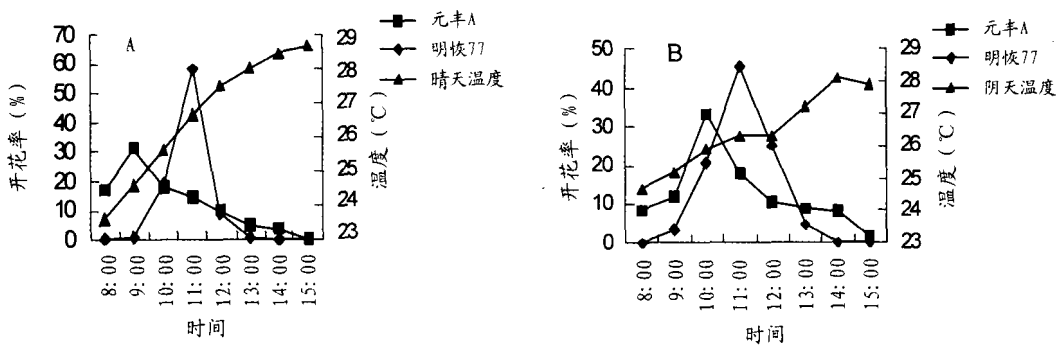
×23.1 cm。记载播种和始穗日期，成熟时取 5 株考查株高、单株穗数、每穗总粒数、结实率、千粒重、单株产量等性状，考查数据应用 DPS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 元丰 A 的生物学特性

2.1.1 元丰 A 开花习性 元丰 A 单株开花历期 10 d 左右，主穗开花历期 6 d 左右，单株开花高峰集中在始花后 3~5 d。

日开花观察结果：从图 1 中可以看出元丰 A 一天中日开花百分率和空气温度变化都呈单峰分布，一般在 7：00 以后，气温升至 24℃左右时始花，随后气温升高开花数不断增加，当平均气温上升到 26~27℃时开花达到高峰，高峰期明显。在晴朗天气一天花时主要集中在 9：00~10：00，午前（8：00~12：00）开花率达 91.1%，9：00~11：00 开花数占午前开花总数 70.1%（图 1-a）；遇阴雨天时气温上升较慢，开花高峰时间推迟，到 10：00~11：00 时开花达到高峰，午前开花率为 81.5%（图 1-b），比天气晴朗时虽有所下降，但开花高峰仍比正常开花恢复系（明恢 77）来得早。说明元丰 A 花时早，花期集中，开花高峰期要早于恢复系，有利于制种过程中接受父本的集中授粉，实现制种高产。



注：A—晴天开花高峰与开花时间的温度关系；B—阴天开花高峰与开花时间的温度关系

图 1 元丰 A 在不同天气下的日开花动态

Fig. 1 Flowering traits of Yuanfeng A under different climatic conditions

2.1.2 元丰 B (A) 抗病性 2007 年经福建省农业科学院植物保护研究所室内抗性鉴定结果（表 1）：供试菌株 21 个，元丰 B 抗菌株率 90.48%，与地谷 B (CK 抗) 相当，抗性评价为抗。在宁化水茜、将乐黄潭稻瘟病重病区苗瘟鉴定结果（表

1）：元丰 B 与福伊 B 都未发现病斑，抗性优于生产上大面积应用的博白 A (CK2)，具有较强抗稻瘟能力。

2.1.3 元丰 B (A) 稻米品质 元丰 A 的保持系元丰 B 粒型长，整精米率高，米粒外观好。经农

业部稻米质量监督检验测试中心化验结果：糙米率 82.1%、精米率 74.8%、整精米率 68.8%、粒长 6.8 mm、长宽比 3.3、垩白粒率 7%、垩白度 0.9%、透明度 2 级、碱消值 5.0、胶稠度 79 mm、直链淀粉含量 12.2%、蛋白质含量 10.4%；按 ZY122-86《优质食用米标准》除直链淀粉含量偏低外，有 9 项指标达一级优质米标准，2 项达二级优质米标准。

表 1 元丰 B(A)稻瘟病抗性鉴定
Table 1 Disease resistance of Yuanfeng B (A)

品种名称	室内接菌			室外鉴定	
	菌株数	抗菌株率 (%)	抗感表现	将乐黄潭	宁化水茜
元丰 B(A)	21	90.48	R	R	R
地谷 B(CK 抗)	21	90.48	R		
福伊 B(CK1)				R	R
博白 B(CK2)				S	MS

注：R 表示抗，MS 表示中感，S 表示感。

2.2 元丰 A 配制杂交稻组合的弱感光特性与利用
2.2.1 元丰 A 组配杂交稻的生育期遗传 元丰 A

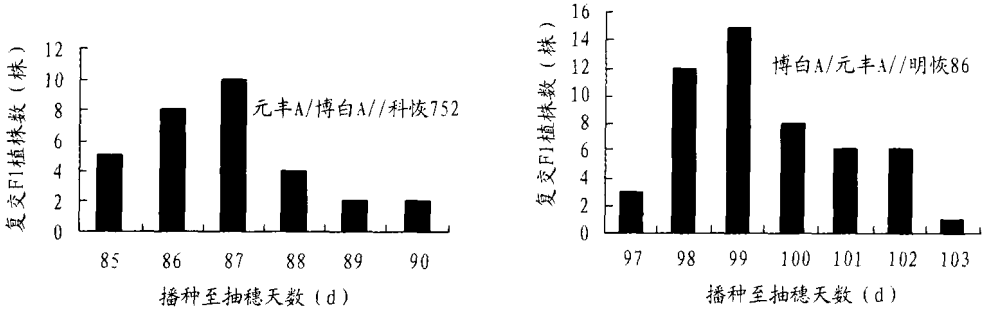


图 2 复交 F1 群体抽穗期频次分布
Fig. 2 Heading days of multiple-crossed F1 population

2.2.2 元丰 A 测配组合的配合力分析 通过对元丰 A 和博白 A 14 个组合的单株重和株高进行方差分析，结果显示（表 2），两个不育系间单株重差异达极显著水平，株高间差异不显著，即元丰 A 配制组合与博白 A 配制组合产量存在遗传上差异，而株高差异主要由环境效应引起的，在遗传效应上两者并无明显区别。因此可对不育系间单株重（产量）和各产量构成因素进行配合力分析，结果表明元丰 A 单株重一般配合力（GCA）效应值为 7.0276（表 3），明显大于博白 A，具有较强的产量配合力，较易配出产量高的组合，同时单株重特殊配合力效应值也较大的组合依次为元丰优 86、

表现早熟，本身属感温不育系，其光温反应特性与博白 A 相同，与不同生育期类型恢复系配组，其杂交组合表现不同生育特性。与科恢 752 配组，元丰 A/科恢 752、博白 A/科恢 752 播种至抽穗天数同为 87 d，表现不感光特性；与明恢 86 配组，元丰 A/明恢 86、博白 A/明恢 86 播种至抽穗天数同为 99 d，表现感光特性。进一步通过元丰 A/博白 B//科恢 752 和博白 A/元丰 B//明恢 86 的复交 F1 代群体播种至抽穗天数频次分布（图 2）表明：二元不育系（元丰 A/博白 B、博白 A/元丰 B）与科恢 752、明恢 86 复交 F1 抽穗天数呈单峰连续分布，有明显抽穗高峰期，播种至抽穗天数平均分别为 87 d 和 99 d，与对应单交组合播种至抽穗天数表现相一致，表明元丰 A 抽穗期基因组成与博白 A 相似，借鉴前人在这方面对博白 A 深入研究成果^[7-8]，推测元丰 A 带有 1 个显性感光基因和 1 个隐性感光抑制基因，但具体基因型有待进一步研究。因此，利用元丰 A 进行配组时，生育期上可参照博白 A 组合亲本选配原则，以便有针对性选育弱感光强优组合，提高选配效率。

元丰优 998、元丰优 401（表 4），这些组合在产量上一般配合力和特殊配合力结合得较好，可作为有利用价值重点组合加以考察。进一步对产量构成因素进行配合力分析结果表明（表 3），元丰 A 的 GCA 在千粒重、结实率上 GCA 比博白 A 高，单株有效穗和每穗总粒数的 GCA 不如博白 A，即元丰 A 配制组合一般单株有效穗和每穗总粒数中等，突出优势是千粒重大、结实率高。元丰 A 的千粒重一般配合力高，而其特殊配合力效应在多个组合中表现比博白 A 低（表 4），而单株有效穗配合力表现恰好相反，表明元丰 A 一般配合力和特殊配合力无相关性，相互独立。

表 2 14 个组合的单株重和株高配合力方差分析

Table 2 Mean squares of variance analysis on crossing ability of 14 hybrids on plant height and weight

变异来源	单株重				株高			
	自由度	平方和	方差	F 值	自由度	平方和	方差	F 值
区组	2	35.4433	17.7217	0.6749	2	36.6786	18.3393	3.87
组合	13	616.1962	47.3997	1.8052	13	526.9333	40.5333	8.5536**
P ₁ (父本)	6	276.6299	46.1083	3.6849	6	497.8867	82.9811	17.1685**
P ₂ (母本)	1	264.5083	264.5083	21.1407**	1	0.0467	0.0467	0.0097
P ₁ ×P ₂	6	75.0695	12.5116	0.4765	6	29.0	4.8333	1.02
误差	26	682.6767	26.2568		26	123.2081	4.7388	

表 3 元丰 A 和博白 A 5 个农艺性状一般配合力(GCA)效应值

Table 3 GCA of 5 agronomic characteristics of Yuanfeng A and Bobai A

不育系	单株有效穗 (穗·株 ⁻¹)	每穗总粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)	单株重 (g)
元丰 A (GCA)	-3.0369	-2.385	0.9817	9.0171	7.0276
博白 A (GCA)	3.0369	2.385	-0.9817	-9.0171	-7.0276

表 4 元丰 A 和博白 A 3 个组合农艺性状特殊配合力(SCA)效应值

Table 4 SCA of 3 hybrids generated from Yuanfeng A and Bobai A

不育系	株高 (cm)	单株有效穗 (穗·株 ⁻¹)	每穗总粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)	单株重 (g)
元丰 A/明恢 401	-1.0417	0.7428	-1.0658	0.8077	-1.4205	0.3
博白 A/明恢 401	1.0417	-0.7428	1.0658	-0.8077	1.4205	-0.3
元丰 A/广恢 998	-0.2639	4.8722	0.6239	1.2264	0.1853	2.727
博白 A/广恢 998	0.2639	-4.8722	-0.6239	-1.2264	-0.1853	-2.727
元丰 A/明恢 86	0.25	3.4957	-1.5775	-3.818	-1.3587	6.3208
博白 A/明恢 86	-0.25	-3.4957	1.5775	3.818	1.3587	-6.3208

注：其他 8 个组合农艺性状效应值略。

2.2.3 元丰 A 组配杂交稻的利用 通过配合力分析表明，元丰 A 配制组合千粒重大、结实率高，杂种优势强，已筛选出元丰优 86、元丰优 998、元丰优 401 等弱感光型组合参加区试，结果如下。

元丰优 401（元丰 A/明恢 401）于 2006 和 2007 年参加广西桂南感光组区试，全生育期 2 年平均 111.6 d，比博优 253（CK）短 4.7 d。2 年平均产量 8 072.1 kg·hm⁻²，比博优 253（CK）增产 6.69%，增产达极显著水平；2007 年生产试验，平均产量 7 773.15 kg·hm⁻²，比博优 253（CK）增产 9.53%。主要农艺性状表现：每公顷有效穗数 240 万穗，株高 115.3 cm，每穗总粒数 153.5 粒，结实率 81.7%，千粒重 27.7 g。米质经农业部米质检测中心化验分析，达国标优质三级米标准（表 5），于 2008 年通过广西省农作物品种审定委员会审定。

元丰优明 86（元丰 A/明恢 86）于 2007 年参加广西桂南稻作区感光组筛选试验，平均产量

7 816.2 kg·hm⁻²，比博优 253（CK）增产 10.24%，居第 1 位；2008 年初试，6 个试点平均产量 7 307.25 kg·hm⁻²，比博优 253（CK）增产 3.21%；增产点比例 66.7%；全生育期平均 113.3 d，比博优 253 短 1.7 d；主要农艺性状表现：每公顷有效穗数 243 万穗，株高 116.6 cm，每穗总粒数 142.1 粒，结实率 79.3%，千粒重 29.0 g。米质经农业部米质检测中心化验分析，7 项指标只有 1 项垩白米率没有达到三级以上优质米标准（表 5），2009 年进入续试并进行生产试验。该组合 2008 年参加福建省晚稻感光组区试平均产量 8 816.55 kg·hm⁻²，比对照汕优 70 增产 3.45%，居参试组第 1 位，中抗稻瘟病，2009 年进入续试。

元丰优 998（元丰 A/广恢 998）于 2007 年参加漳州市初试，平均产量 7 720.5 kg·hm⁻²，比对照博优 253 增产 5.64%，达极显著水平，居参试组第 2 位；2008 年续试，平均产量 7 570.5 kg·hm⁻²，比对照博优 253 增产 4.04%，达极显

著水平，居参试组第 3 位；2 年区试平均比对照增产 4.83%。全生育期 2 年区试平均 119.4 d，比对照博优 253 早熟 1.8 d。主要农艺性状表现：群体整齐，分蘖力强，后期转色好，每公顷有效穗数 241.5 万穗，株高 107.7 cm，穗长 24.1 cm，每穗总粒数 147.6 粒，结实率 89.94%，千粒重 25.2 g。抗瘟性：2007 年田间鉴定表现高抗稻瘟病，2008 年表现中抗稻瘟病；2 年综合表现为中抗稻瘟

病。据区试结果，米质外观优。
元丰优 128（元丰 A/广恢 128）于 2008 年参加福建六三筛选试验，全生育期 154 d，比博优 998（CK）短 1 d，平均产量 7 806.3 kg·hm⁻²，比博优 998（CK）增产 8.2%，居参试组第 1 位，福建上杭茶地稻瘟病重病区抗性鉴定结果为抗稻瘟病，2009 年参加福建省晚稻感光组区试。

表 5 元丰 A 组合的稻米品质分析表现
Table 5 Grain quality of hybrids from Yuanfeng A

名称	糙米率 (%)	精米率 (%)	整精米率 (%)	粒长 (mm)	长宽比	垩白米率 (%)	垩白度 (%)	透明度 (级)	碱消值 (级)	胶稠度 (mm)	直链淀粉含量 (%)	蛋白质含量 (%)	等级
元丰优 401	83.2	75.7	65.1	6.8	3.0	24	4.4	1	4.5	75	15.4	8.0	国标优三
元丰优明 86	81.3	73.4	65.6	7.0	2.9	46	4.4	1	5.2	79	16.0	8.0	

3 结论与讨论

3.1 研究表明元丰 A 开花高峰明显，开花高峰时间和午前开花率受天气变化影响相对较小，无论在晴天还是阴天都开花集中，开花高峰期早于恢复系，午前开花率高达 81.5%~91.1%。元丰 A 开花高峰适宜温度在 26~27℃，比曹建东等^[9]研究的二系不育系开花高峰适宜温度（30~34℃）低，这可能是元丰 A 开花高峰时间比其他不育系相对早的一个重要原因，另外上午平均温度适中，一般能达到元丰 A 开花高峰适宜温度，因此该不育系开花习性得到较好改良，当天能在父本盛花之前开花达到高峰，接受父本集中授粉，提高制种产量。
3.2 元丰 A 属感温早熟不育系，与现有多数恢复系配组 F1 代生育期表现互作感光特性，利用这种特性配制感光组合是目前华南广泛采用的感光型杂交稻组合配组方式，避免直接用感光不育系或恢复系进行配组时受父母本一方感光影响就不利于大面积制种的缺点，有利于大面推广应用。
3.3 元丰 A 在单株重、千粒重、结实率上一般配合力比对照博白 A 高，这些性状有明显改进，有利于进一步提高弱感光杂交稻杂种优势水平。区试结果也进一步证实，元丰 A 组合比博优 253（CK）增产极显著、米质优、抗性好，表明现阶段主要通过改良不育系来改善互作型弱感光特性杂交稻组合的产量、米质、抗性等性状取得效果相对更明显。元丰 A 单株有效穗和每穗总粒数的一般配合力不如博白 A，而区试中表现突出组合单株有效穗或每穗总粒数的特殊配合力比博白 A 组合相对应性状

特殊配合力高，说明元丰 A 组合的这 2 个性状受恢复系的影响相对更大，因此元丰 A 在配组应用时，还须重视恢复系的选择，只有通过广泛测交才能筛选出一般配合力和特殊配合力结合得好的强优组合。
3.4 元丰 A 本身综合性状优良，抗性好、米质优、配合力强，用其配组相对较易实现优质，抗病与高产相结合，具有良好开发利用前景，可作为抗病优质杂交稻选育的亲本之一。

参考文献：

[1] 黄永相, 郭建夫, 蒋世河, 等. 华南感光型杂交稻选育回顾与展望 [J]. 广东农业科学, 2007 (4): 3-6.
[2] 邓国富, 梁世荣, 周萌, 等. 弱感光型优质杂交稻新组合美优 1025 的选育及应用 [J]. 中国种业, 2004 (5): 32-34.
[3] 郭建夫, 张建中, 蒋世河, 等. 具有互作型弱感光特性优质籼稻不育系万金 A 的选育 [J]. 作物研究, 2007 (3): 194-196.
[4] 莫永生, 李永青, 韦政, 等. 高产优质晚籼新组合博优 253 的选育与应用 [J]. 杂交水稻, 2003, 18 (5): 10-12.
[5] 黄慧君, 符福鸿, 李传国, 等. 弱感光型杂交稻新组合博优 998 的选育与应用 [J]. 杂交水稻, 2002, 17 (1): 7-8.
[6] 黄显波, 邓则勤, 叶新福, 等. 高整精米率长粒优质三系不育系元丰 A 的选育 [J]. 福建稻麦科技, 2007, 25 (1): 3-4.
[7] 罗林广, 翟虎渠, 万建民. 水稻雄性不育系珍汕 97A 抽穗期的基因型分析 [J]. 遗传学报, 2001, 28 (11): 1019-1027.
[8] 周开蓉, 张祥喜, 汤洁, 等. 杂交水稻不育系博 A 的抽穗期基因型分析 [J]. 江西农业大学学报, 2005, 27 (6): 816-821.
[9] 曹建东, 包月华, 杜秀芳, 等. 粳型光温敏感核不育开花习性研究 [J]. 上海农业学报, 2008, 24 (2): 69-71.

(责任编辑：林海清)