

光敏核不育水稻在热带稻区的 育性转换特性与利用研究*

张自国 杨 静 元生朝 曾汉来 张端品

(华中农业大学, 湖北武汉, 430070)

提 要 选用来自全国不同育种单位的各种类型光温敏核不育水稻材料, 在海南省进行周年播种, 对育性转换进行观测。试验表明, 育性转换不同光温反应类型的品系在海南的育性转换存在很大差异, 而同类不育系则表现了相同的转换趋势。其中育性转换可育上限温度高的高一低型和高一高型不育系在海南没有明显的全不育期。而育性转换可育上限温度低的低一低型和低一高型不育系在海南有明显的育性转换。由此, 作者提出, 低一低型和低一高型不育系在海南可以作为不育系用于水稻杂种优势利用; 低一低型不育系可以考虑在海南繁殖; 在海南冬繁时, 可利用海南的短日高温选择压力, 进行不育系较高上限温度的选择。

关键词 光敏雄性不育性; 热带稻区; 育性转换; 繁殖; 选育

随着光敏核不育水稻育性转换生态基础研究的进展, 光敏不育性的研究已进入开发利用阶段^[1-4]。其中 5088S、7001S、和培矮 64S 等不育系的生产开发利用标志着光敏核不育水稻的研究已走出低谷^[5]。但是, 相对已通过各级鉴定的光敏不育系, 可供生产应用的不育系还属少数^[2,4,8], 大多数不育系因为长日不育性易受低温影响而波动, 以至难以安全利用。并且有的正在开发的不育系, 如培矮 64S 的繁殖也有一定困难^[4,6,8]。从现有不育系的开发利用来看, 利用地区多限于华中稻区, 其他稻区的开发利用还有一定的困难。

针对上述课题, 我们收集了来自全国的不同类型的光敏不育系, 在海南省进行周年播种, 以观察其不同类型不育系的育性转换规律, 探讨 (1) 利用例行海南冬繁机会, 加强对理想光敏不育类型^[3,6-7]的选择。(2) ‘低一低’型不育系, 即光敏温度范围的上限与下限温度都低的不育类型(如培矮 64S、HN5—2S、M901S 等)^[4,8]的不育系利用海南进行繁殖的可能性。(3) 不同类型光敏不育系在海南的生态适应性, 即不育系在海南的不育性表现以及制种的可能性。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试材料如表 1 所示。除安农 S-1 外, 其它材料均来源于农垦 58S 系统。材料的育性转换及繁殖制种特性是通过人工气候箱的测定和实际生态观察所得, 见另报^[4]。

1.2 试验方法

在我国热带稻区的海南省陵水县 (18°30'N, 110°03'E, 5M) 进行周年播种, 每 30 天

* 国家自然科学基金和“863”资助项目, 在试验过程中得到卢兴桂等育种家的关怀与指导, 在此一并表示感谢。

收稿日期: 1993-06-28, 终审完毕日期: 1994-05-27

表 1 供试材料及特性
Table 1 Strains used in the experiment and their characteristics

品系名称 Name	籼粳类型 Indica or Japonica	育性转换光温类型* Type of fertility alteration	长日下不育特性 Sterility in LD	短日下繁殖性 Fertility in SD	来源 Source
农垦 58S Nongken 58S (NK58S)	粳	高一低型	稳定	稳定	原始材料 Original
5088S	粳	高一低型	稳定	稳定	湖北农科院 Derived from NK58S
7001S	粳	高一低型	稳定	稳定	安徽农科院 Derived from NK58S
31111S	粳	高一低型	稳定	稳定	华中农业大学 Derived from NK58S
培矮 64S Pei'ai 64S	籼	低—低型	稳定	不稳定	湖南杂优中心 Derived from NK58S
M901S	籼	低—低型	稳定	不稳定	三明市农科所 Derived from NK58S
HN5—2S	籼	低—低型	稳定	不稳定	湖北农学院 Derived from NK58S
5047S	粳	高一高型	不稳定	稳定	湖北农科院 Derived from NK58S
31302S	粳	高一高型	不稳定	稳定	华中农业大学 Derived from NK58S
32001	籼	高一高型	不稳定	稳定	华中农业大学 Derived from NK58S
W6154S	籼	低—高型	不稳定	不稳定	湖北农科院 Derived from NK58S
安农 S-1 Annong S-1	籼	温敏型	不稳定	不稳定	湖南杂优中心 Original

*: 系根据育性转换光敏温度范围的上限温度和下限温度组合而划分^[4], 即上限温度高低—下限温度高低而划分。

*: To be divided according to the combination of high—low limit temperature of the temperature range of photoperiod sensitivity in fertility alteration

播种一期。每一期每份材料栽 20 株。常规育秧移栽、水肥管理。抽穗时期每隔 5 天取样观察一次花粉育性, 取当天抽的 5 个以上穗子, 每穗上颖花 3—5 朵, 每个颖花各取 2—3 个花药用 2% 的 I—KI 溶液染色混合压片, 在显微镜下观察 3 个视野, 分可染花粉与不染花粉统计, 每穗花粉统计总数在 300 以上。在花粉取样的同时, 对取样穗进行套袋自交, 25 天后收回考查自交结实率。

2 结果与分析

2.1 光敏不育性在低纬度稻区的适应性

所用 12 个不育系在海南的育性转换存在很大差异, 根据育性转换的光温作用模式划分, 育性转换的光温反应类型相同的不育系之间的育性转换规律基本相同, 而不同类型之间则完全不同。表 2 列出了四个不同类型的代表不育系在海南的周年育性转换。其中, 高一低型不育系农垦 58S、7001S、5088S、31111S 等和高一高型不育系 31302S、5047S、32001S 等不育系没有稳定的不育期; 而低—低型不育系培矮 64S、M901S、HN5—2S 和低—高型不育系 W6154S 以及安农 S1 等不育系有较稳定的不育期 (见表 3)。

由光敏核不育水稻育性转换的光温作用模式可知^[3,6], PGMS 的育性转换的光周期反应只在光敏温度范围内才表现。当温度高于可育临界温度时, 高温作用掩饰了日长的作用, 在

表 2 不同类型 PGMS 不育系在海南的育性转换 (不育花粉%)
Table 2 Fertility alteration of different type PGMS lines in Hainan (Sterile pollen %)

抽穗期 (M/D) Period of heading	农垦 58S Nongken 58S	培矮 64S Pei'ai 64S	31302S	W6154S
1/21-31	100.0±0.0*		100.0±0.0*	
2/1-10	98.5±1.5*			
2/11-20			68.3±12.5	
2/21-29			48.2±21.3	
3/1-10	91.0±6.5		58.6±7.8	96.3±3.5
3/11-20	63.3±11.6		45.0±18.5	31.6±15.6
3/21-31	47.5±7.6	28.6±14.4	34.3±24.6	19.0±5.3
4/1-10	27.6±6.6	99.5±0.5	16.5±2.3	93.5±5.5
4/11-20	22.8±10.0	45.8±21.1	18.5±10.2	44.3±17.6
4/21-30	11.5±0.5	79.7±14.5	21.0±9.0	86.2±13.9
5/1-10	12.0±2.0	71.0±29.0	15.5±3.5	98.7±1.3
5/11-20	19.0±7.4	98.0±2.9	13.0±4.9	89.0±9.0
5/21-31	14.8±3.7		12.3±2.9	99.6±0.8
6/1-10	73.0±4.0	100.0±0.0	14.0±5.8	100.0±0.0
6/11-20		100.0±0.0		
6/21-30				98.5±0.9
7/1-10	17.3±2.6	100.0±0.0	56.0±23.0	100.0±0.0
7/11-20	57.0±5.8	99.0±1.7	18.5±7.5	99.5±0.9
7/21-31	95.5±3.5	100.0±0.0	95.0±3.0	85.5±2.5
8/1-10				
8/11-20	23.1±2.9			26.8±10.4
8/21-31	24.9±6.9		9.9±2.8	21.0±3.9
9/1-10			22.6±9.7	
9/11-20	26.1±22.3		14.7±6.9	99.8±0.5
9/21-30	23.1±4.2		9.1±4.6	
10/1-10	11.3±6.0	98.2±7.5	8.9±1.7	100.0±0.0
10/11-20	18.1±6.4	8.7±3.5		20.6±5.1
10/21-31	16.8±2.5	23.7±9.3		24.4±10.6
11/1-10	28.7±8.4	75.4±16.3	16.0±0.9	11.5±0.9
11/11-20	64.3±44.3	32.3±4.0	76.4±16.7	28.3±20.3

* 低温致害, 日均温 < 18°C。

任何光长下均表现为不育, 在温度低于不育临界温度时, 低温作用掩盖了日长作用, 任何光周期下均表现为可育; 可育临界温度(上限高温)至不育临界温度(下限低温)之间为光敏温度范围, 只有在光敏温度范围内, 光敏核不育水稻的花粉育性才能为光周期所诱导, 表现为长日照诱导不育, 短日照诱导可育的光敏性。由于低纬地区的光周期季节变化较小, 育性转换的光周期反应较强的高—低型和低—高型不育系很难满足诱导不育的长日光周期条件, 而且这二类型不育系的光敏温度范围的上限温度临界值高, 自然下温度难以持续高于它们的上限温度, 所以高—高型和低—低型不育系在低纬稻区没有稳定的不育季节, 难以利用于杂交稻制种。

而上限临界温度低的, 低—低型和低—高型不育系, 由于海南的相对高温可以较长期地维持在它们的上限温度以上, 在此温度区间, 高温掩盖了短日光周期对可育转换的作用, 从而可以由高温诱导不育而表现较长的稳定不育期, 这种不育表现不是光周期诱导的结果。由于热带稻区夏季的温度高, 维持的时间长, 变化相对较有规律, 这两类不育系的不育性在热带稻区有可能被利用于杂交稻制种。

表3 不育系持续10天以上的不育期
Table 3 Stable sterile period over 10 days of PGMS

品系 PGMS line	不育期的起止日期(月/日) Beginning and end of the sterile period (month / date)	品系 PGMS line	不育期的起止日期(月/日) Beginning and end of the sterile period (month / date)
农垦 58S (NK58S)	无 no	HN5-2S	5 / 13—6 / 12;
5088S	无 no	5047S	无 no
7001S	无 no	31302S	无 no
31111S	无 no	32001	无 no
培矮 64S Pei'ai 64S	5 / 18—10 / 5	W6154S	5 / 28—7 / 16; 9 / 15—10 / 5
M901S	5 / 24—8 / 17	安农 S1 AnnongS1	4 / 30—8 / 27

2.2 低—低型不育系的繁殖

低—低类型不育系, 如培矮 64S、M901S、HN5—2S 等, 由于下限低温低, 不育性稳定, 但上限温度也低, 在华中、华南稻区的秋季短日下繁殖时, 容易遇到较高温度, 而影响繁殖产量或繁殖困难。这类不育系的育性稳定, 有的不育系能配出好的组合, 所以, 若能解决其繁殖问题, 将会对开发多种类型不育系的利用提供条件。

低—低类型不育系光敏温度范围窄, 其育性转换主要受温度条件的影响。以培矮 64S 为例, 分析幼穗分化期的温度与花粉不育度的关系表明(见表 4), 抽穗前 10—19 天(幼穗分化的雌雄蕊分化到花粉内容充实期)的日平均温度与花粉不育度呈显著的正相关关系, 其中, 抽穗前 11—16 天(相当于幼穗分化的花粉母细胞形成期到花粉母细胞减数分裂末期)的温度与花粉不育度的相关达 0.01 的极显著水平。

表 5 列出了培矮 64S 各生育期的温度与育性转换, 相关分析表明花粉败育度与幼穗分化前的环境温度之间没有直接的相关($r=0.190$); 与抽穗前 10—19 天的温度达极显著的相关($r=0.630$); 与幼穗分化到抽穗前 20 天($r=0.418$)和抽穗到抽穗前 9 天的温度($r=0.493$)都有显著的相关($r_{0.05}=0.413$, $r_{0.01}=0.526$)。从以上分析可见, 培矮 64S 的育性

转换主要是由抽穗前 10—19 天的温度条件所决定。

表 4 花粉不育度与温度的相关分析
Table 4 Correlation between pollen sterility and temperature

抽穗前 (天) Days before heading (Day)	22	21	20	19	18	17	16	15
相关系数 Correlation coefficient	0.351	0.406	0.373	0.419*	0.498*	0.493*	0.585**	0.651**
抽穗前 (天) Days before heading (Day)	14	13	12	11	10	9	8	
相关系数 Correlation coefficient	0.625**	0.600**	0.605**	0.559**	0.432*	0.218	0.111	

** : 0.01 显著水平; * : 0.05 显著水平

表 5 培矮 64S 生长的温度条件与育性
Table 5 Temperature condition and fertility for Pen-ai 64S growing

播期 (月/日) Sowing date (Month/Day)	抽穗期 (月/日) Heading date	温度°C (抽穗前天数)				花粉不育度% Percentage of sterile pollen Y
		Sowing to 30 days 播种-30 X1	29-20 X2	19-10 X3	9-0 X4	
12/1	3/22	20.7	21.3	22.0	24.9	28.6 ± 14.4
	3/27	20.7	21.7	24.0	25.4	72.0 ± 6.9
12/30	4/7	20.3	23.5	25.5	25.2	99.5 ± 0.5
	4/15	20.6	25.3	25.2	24.9	45.8 ± 21.1
	4/18	20.8	25.4	25.5	23.8	81.8 ± 6.7
1/30	4/23	22.2	25.2	25.7	24.8	79.7 ± 14.5
	4/29	22.5	25.6	24.0	27.3	38.5 ± 36.0
2/29	5/8	22.9	23.8	27.2	27.7	71.0 ± 29.0
	5/13	24.3	25.3	27.3	27.8	78.5 ± 23.4
3/30	5/18	24.2	27.3	28.0	27.6	98.0 ± 2.9
	6/7	26.1	27.7	27.5	27.8	100.0 ± 0.0
	6/12	26.3	27.8	27.8	27.0	100.0 ± 0.0
4/30	6/18	26.5	27.4	27.8	26.9	100.0 ± 0.0
	7/6	27.7	26.6	28.9	28.5	100.0 ± 0.0
	7/11	27.6	27.6	28.4	27.9	99.0 ± 1.7
	7/16	27.5	28.9	28.5	26.9	92.3 ± 12.7
	7/21	27.6	28.4	27.9	27.5	100.0 ± 0.0
6/30	7/30	27.7	28.1	27.4	27.0	99.5 ± 2.7
	10/5	28.0	28.2	26.5	26.3	98.2
	10/10	27.8	27.0	26.5	26.1	52.9 ± 52.6
	10/15	27.8	26.5	26.3	25.3	8.75 ± 3.5
	10/30	27.7	26.5	26.1	24.6	23.7 ± 9.3

从表 5 中还可以看出, 培矮 64S 在 12 月以前播种, 4 月中旬以前抽穗, 以及 6 月 30 日播种, 10 月中旬以后抽穗, 都能表现较好的可育性, 是可以考虑繁殖的播期。

此外, 表 5 的数据还表明, 虽然抽穗前 10—19 天的温度是决定育性的直接因子, 但绝

对温度指标上有一些变化。这一变化与前期的温度相关。

2.3 上限温度的选择

有鉴于实用类型的光温敏核不育品系（高一低型）的光温反应模式，即入选的不育系不但要有抗低温而保持不育性稳定的特性，而且具有良好的繁殖性能，避免入选低—低型不育类型。利用海南冬繁进行上限温度指标的选择显得十分必要。

从表2中可以看到，具有较好繁殖性的不育类型（高一低型）在海南没有稳定的不育期，在4—5月保持高度可育状态。而低—低型不育类，则随着温度的变化，育性显著地转换。在冬繁中能一直保持可育的株系，其繁殖性能可达到实用的要求。所以，每年南繁时配合较高上限温度指标的选择，可以大大减少选择的盲目性，加速育种进程。

3 讨论

我国绝大多数水稻育种单位每年都进行海南冬繁，有很多利用冬繁加以选择的成功例子。光敏核不育水稻的有关育种单位也作过利用海南进行选择的选择的尝试。初期，一些育种单位借鉴三系不育系的选育经验，与在内地正季一样，在海南也进行不育株筛选，其结果是加强了低—低型和低—高型不育系的选择，使所选不育系在内地秋季短日条件下繁殖不稳定。在这一问题出现以后，也有育种家提出，在海南春季应选择适度可育的株系。由于是选择不育系，从来没有人明确提出应选择可育的株系。鉴于光敏不育材料不育与可育的育性转换特性，加之理想类型不育系应同时具有不育性稳定和可育度高的特性，在海南春季选择可育的株系显得十分必要。

光敏核不育水稻的育性转换是光周期与温度相互作用的结果，在光敏温度范围内，光照长度与温度存在正向互补关系^[3,7]。也就是说，光照延长，不育的温度可以升高。这里，光照的长短是相对临界光长而言的。所以，适当缩短临界光长，也同样具有降低不育下限临界温度，保持不育性稳定的作用。但这里也应指出，不育系的临界光长过短（如短于13小时），同低—低型不育系一样，在内地稻区也会出现繁殖困难的问题。

过去提出来的理想类型不育系的光温反应模式，即高一低型不育模式^[6,8]，是基于光温作用模式和我国长江流域稻区的自然生态条件而形成的。可以认为，这一类型的光敏不育材料，在华南北部稻区以北的地区是最为理想的。在热带稻区，由于光周期的变化不如亚热带稻区明显，光敏温度范围宽的不育类型，特别是上限温度较高的光敏类型，是没有稳定的不育期的。所以，利用于热带稻区的不育系应选择上限温度较低的光温敏不育类型或临界温度较低的温敏不育类型。由于各地的生态条件不同，具有性转换的理想类型不育系的光温反应模式不会是一个模式，而可能是多种多样的。

参 考 文 献

- 1 卢兴桂, 1992, 高技术通讯, (5), 1—6。
- 2 袁隆平, 1992, 杂交水稻, (1), 1—4。
- 3 张自国等, 1992, 华中农业大学学报, 11 (1), 1—6。
- 4 863—101—01 专题 1992 年海南育种工作会议纪要, 杂交水稻, 1992, (4), 1—3。
- 5 张自国、卢兴桂、袁隆平, 1992, 杂交水稻, (6), 29—32。
- 6 Zhang Ziguo and Zeng Hanlai, 1992, International Rice Research Newsletter, 17(6), 7—8。
- 7 Zhang Ziguo and Zeng Hanlai, 1993, Chinese J.Rice Sci. 7(2), 123—128。

Studies on the Exploitation and Fertility Alteration of Photoperiod Sensitive Male Sterile Rice in the Tropics

Zhang Ziguo Yang Jing, Yuan Shengchao Zeng Hailai Zhang Duanpin
(Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Abstract Using 12 photoperiod sensitive male sterile (PGMS) lines, which were bred from different institute, the exploitation and fertility alteration of PGMS were studied by sowing at a month interval in a whole year in Lingshui County, Hainan province which is a tropical rice region. The results indicated that, in tropics, the expression of fertility alteration among PGMS lines are quite different. Lines belonging in the same ecotype had a similar fertility pattern, the low-low type and low-high type lines could transfer their pollen fertility from fertile to completely sterile among seasons. They can be used as sterile lines for hybrid seed production and as fertile lines for propagating themselves in tropics. The ideal ecotype in tropics is different from the ideal types in subtropics. High-low type and high-high type had no completely sterile period. According to that, breeders can select plants with higher critical fertile temperature, which is one of the two essential characters of a ideal PGMS line in the subtropics, during the winter propagation in Hainan province.

Key words Photoperiod sensitive male sterility (PGMS); Tropical rice region; Fertility alteration; Propagation of sterile line; Selecting and breeding