

文章编号: 1001-411X (2001) 01-0001-04

# 光温敏核不育水稻异交结实潜力的研究

陈雄辉<sup>1</sup>, 万邦惠<sup>1</sup>, 陆燕鹏<sup>1</sup>, 彭海峰<sup>2</sup>, 梁克勤<sup>1</sup>, 赵 静<sup>1</sup>

(1 华南农业大学 农学系, 广东 广州 510642; 2 华南农业大学生物技术学院, 广东 广州 510642)

**摘要:** 异交结实潜力是指不育系在保证有充足外源花粉供应的条件下的最高结实率。本研究表明, 不同的水稻光温敏核不育系具有不同的异交结实潜力, 异交结实潜力的高低受遗传、环境及遗传与环境互作的共同影响; 环境对不育系异交结实潜力影响的主因是温度, 其作用的敏感时期是异交籽粒灌浆充实的前期, 不育系的异交结实潜力也是决定制种产量的重要因素之一。

**关键词:** 水稻; 光温敏核不育系; 异交结实潜力

中图分类号: S511.103.1

文献标识码: A

以往研究认为开花习性是不育系异交结实的基础<sup>[1~5]</sup>, 有关光温敏核不育水稻开花习性及异交结实的研究也有报道<sup>[6~8]</sup>, 按前人研究的结论, 育种工作者在选育不育系时一般强调选开花习性好的不育系。近年来作者在选育工作中发现有些水稻光温敏核不育系的开花习性很好但异交结实率却总是很低, 因而推测异交结实除与开花习性有关外, 可能还与异交结实潜力(异交结实潜力是指不育系在保证有充足外源花粉供应条件下的最高结实率)有关。但至今尚少见有关于异交结实潜力对异交结实影响的研究。为此, 试验选用 8 个水稻光温敏核不育系对这一问题进行了探讨。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与种植方法

以 W6154S、W7415S、安农 S、N26S、培矮 64S、7001S、5088S 和农垦 58S 共 8 个水稻光温敏核不育系为母本, 以常规籼型品系 8258 和 U89 为父本。1997 年 1 月至 8 月在广州(23°08'N)分期播种, 母本共播 10 期, 每期每不育系种植 100 株。父本共播 12 期, 每期每品系种植 500 株, 均植于大田, 种植规格: 16.7 cm×20.0 cm。

### 1.2 人工杂交及数据调查

各期父母本抽穗后, 在 10 个不同抽穗时期对 8 个不育系同时进行人工杂交 10 次。每次杂交于上午 8:00 左右每不育系选 7 株, 每株选 1 个抽出约 1/2 且当天处于盛花期较大的穗, 将穗浸入 43 °C 的温水中 8 min 去雄后取出, 开花后将不开的颖花全部剪除, 然后将每朵颖花剪去颖尖端约 1/4 左右(以不伤柱头为限), 剪后将穗套袋隔离。每不育系留 2 穗不授粉作对照, 另 5 穗授粉杂交。当父本盛花时, 对不

育系每个需杂交的穗, 均选取花粉量充足的 2 个父本各 1 穗混合对其授粉, 以保证有充足的花粉量。授粉后封好隔离袋, 25 d 后调查异交结实率。

### 1.3 异交结实潜力的确定

异交结实率在自然条件下很大程度上受花期、花时、柱头外露率及父本花粉量的影响。而人工剪颖去雄杂交, 排除了上述影响, 有足量的花粉适时授到每朵颖花的柱头上, 因而直接反映了不育系的异交结实潜力。为了与自然条件下异交结实率的概念相区分, 将不育系人工剪颖去雄杂交的异交结实率定为不育系的异交结实潜力。

### 1.4 数据处理分析

对各不育系在 10 个不同杂交日期(即 10 个不同异交环境)的异交结实潜力调查值均作反正弦转换后再进行相关及方差分析, 并利用 SSR 法对不同不育系间及不同异交环境间的异交结实潜力差异进行了显著性测验。计算并比较分析了不育系在不同异交环境条件下异交结实潜力的变异系数及同一异交环境条件下不育系间异交结实潜力的变异系数。

## 2 结果与分析

### 2.1 不育系与异交环境对异交结实潜力影响的显著性分析

对 8 个不育系在 10 个不同异交环境下的异交结实潜力进行方差分析, 结果(表 1)表明: 不育系效应、异交环境效应以及不育系与异交环境互作效应对异交结实潜力的影响均为极显著。表明不同不育系的异交结实潜力有极显著差异; 同一不育系其异交结实潜力因异交环境变化也有极显著差异; 异交环境变化对不同不育系异交结实潜力影响的大小也有明显差异。

表 1 不育系与异交环境对异交结实潜力影响的方差分析

Tab. 1 Variance analysis for influence of genotype and environment on outcrossing seedy potentialities

变异来源 source of variation	DF	SS	MS	F	F <sub>0.05</sub>	F <sub>0.01</sub>
重复 blocks	4	208.46	52.12	7.053		
不育系 genotype	7	27 439.51	3 919.93	530.437	2.04	2.71
异交环境 environment	9	48 885.80	5 431.76	735.015	1.91	2.48
不育系×异交环境	63	26 146.49	415.02	56.160	1.37	1.54
genotype×environment						
误差 error	316	2 334.24	7.39			

## 2.2 不育系间异交结实潜力的比较

同一不育系在不同异交环境条件下异交结实潜力的变异系数及不育系间异交结实潜力差异的显著性分析结果见表 2。根据显著性水平可将 8 个不育系的异交结实潜力分为 6 个档次, 安农 S 最高, W6154S 其次, 5088S 再其次, 然后是农垦 58S、7001S、培矮 64S, 第 5 档是 W7415S, 最后是 N26S。它们之间的异交结实潜力均差异极显著, 说明异交结实潜力的高低明显受遗传的影响。各不育系异交结实潜力的异交环境变异系数都较大, 显示每个不育系的异交结实潜力均明显受环境条件影响, 从受影响的程度而言, 不同不育系间存在差异, 表明不育系间异交结实潜力对环境的稳定程度不同。相对而言, 以 W6154S 的异交结实潜力受环境影响最小, 农垦 58S 受环境影响最大。

表 2 不同不育系异交结实潜力的差异性比较

Tab. 2 Comparison of difference for outcrossing seedy potentialities of different PTGMS

不育系 sterile line	变异范围 variation range	平均 <sup>1)</sup> mean	CV % mean <sup>1)</sup>
安农 S AnnongS	6.9~82.8	45.93Aa	57.68
W6154S	8.1~72.5	42.83Bb	52.48
5088S	8.2~66.3	38.98Cc	55.96
农垦 58S Nongken 58S	5.1~73.0	30.27Dd	91.83
7001S	5.5~56.7	29.24Dd	68.36
培矮 64S Pei' ai 64S	1.8~77.9	28.47Dd	71.32
W7415S	0~36.0	14.72Ee	86.64
N26S	0~26.8	12.49Ff	75.69

1) 表中数据后大、小写字母不同, 分别表示在 1%、5% 水平差异显著

## 2.3 异交环境对异交结实潜力的影响

利用 SSR 法比较了不育系在不同异交环境条件下异交结实潜力的差异, 并计算了同一异交环境条件下不育系间异交结实潜力的变异系数, 结果见表 3。由表 3 可见, 在不同异交环境条件下, 不育系的异交结实潜力有显著差异, 6 月 20 日至 7 月 21 日

这段时期异交结实潜力较高; 5 月中旬前及 10 月中旬后异交结实潜力明显下降。说明不育系处于适宜环境条件下时, 异交结实潜力会提高。从同一异交环境条件下不育系间异交结实潜力的变异系数来看, 在有些异交环境条件下变异系数较小(如 7 月 21 日及 7 月 2 日), 表明在这些环境条件下各不育系间异交结实潜力相差较小。在有些异交环境条件下变异系数较大(如 10 月 31 日), 说明在这些环境下不育系间异交结实潜力差异大。

表 3 不同异交环境异交结实潜力的差异性比较

Tab. 3 Comparison of difference for outcrossing seedy potentialities in different environments

杂交日期 date of cross	变异范围 variation range	平均 mean <sup>1)</sup>	CV % mean <sup>1)</sup>
0721	26.8~77.9	58.15Aa	31.94
0702	24.3~82.8	53.25Bb	38.97
0620	8.5~80.1	48.09Cc	56.83
0831	5.7~59.5	30.16Dd	66.14
0916	6.9~65.2	25.94Ee	73.69
0527	2.7~49.3	22.66Ff	75.83
1007	8.2~37.4	22.06Ff	42.21
0519	0.0~39.0	17.16Gg	89.23
1019	5.1~26.8	17.13Gg	47.73
1031	0.0~33.9	9.06Hh	118.90

1) 表中数据后大、小写字母不同, 分别表示在 1%、5% 水平差异显著

## 2.4 异交结实潜力与环境因素的相关分析

将异交结实潜力与相对应的杂交前 10 d 至杂交后 20 d 共 31 d 的逐日日低温、日均温、日高温、日长、日照时数、降雨量共 6 个环境因素进行相关分析计算出相关系数, 结果表明: 异交结实潜力与各时段的日长、日照时数、降雨量均相关不显著; 与杂交后 2~11 d 的日低温、杂交后 2~10 d 的日均温、杂交后第 2 d 及第 10 d 的日高温呈显著或极显著正相关(表 4), 其余时段相关不显著。说明这些相关显著或极显著时段的温度发生变化均明显地影响异交结实潜力改

变,因此,这些时段可认为是温度影响异交结实潜力的敏感期。利用多元回归法将敏感期3个温度因素对异交结实潜力的影响进行综合,得到复相关系数(0.945),说明敏感期日低温、日均温、日高温的综合作用已包含了环境影响异交结实潜力的近90%变因( $R^2=0.893$ )。因此,可以认为温度改变是导致异交结实潜力在不同异交环境下改变的主要原因。

表4 异交结实潜力与温度的相关分析<sup>1)</sup>

Tab. 4 Correlation between outcrossing-seedy potentialities and temperature

杂交后天数 days from hybridization	DLT	DMT	DHT
0	0.449	0.427	0.360
1	0.544	0.510	0.396
2	0.701 <sup>*</sup>	0.680 <sup>*</sup>	0.689 <sup>*</sup>
3	0.801 <sup>**</sup>	0.762 <sup>*</sup>	0.521
4	0.731 <sup>*</sup>	0.659 <sup>*</sup>	0.455
5	0.721 <sup>*</sup>	0.646 <sup>*</sup>	0.422
6	0.670 <sup>*</sup>	0.639 <sup>*</sup>	0.306
7	0.744 <sup>*</sup>	0.678 <sup>*</sup>	0.609
8	0.828 <sup>**</sup>	0.706 <sup>*</sup>	0.597
9	0.750 <sup>*</sup>	0.700 <sup>*</sup>	0.575
10	0.722 <sup>*</sup>	0.774 <sup>*</sup>	0.734 <sup>*</sup>
11	0.646 <sup>*</sup>	0.596	0.474
12	0.463	0.303	0.104

1)“\*”、“\*\*”分别表示在5%、1%水平差异显著; DLT为日低温 daily low temperature, DMT为日均温 daily mean temperature, DHT为日高温 daily high temperature

从影响异交结实潜力的敏感期分析,杂交前的(父本)花粉发育期及杂交当天的开花授粉期,温度与异交结实潜力的相关均不显著,因而环境温度的改变并未对花粉发育及开花授粉产生明显影响,而敏感期(杂交后2~11 d)是处于异交授粉后的籽粒灌浆充实前期,证明温度变化主要是影响了籽粒灌浆充实前期,从而导致异交结实潜力的改变。因此看来,籽粒灌浆充实的前期对环境温度的要求比花粉发育及开花授粉更严格。

## 2.5 各异交环境下不育系异交结实潜力的变异系数与环境因素的相关分析

将各异交环境下不育系异交结实潜力的变异系数与相对应的杂交前10 d至杂交后20 d共31 d的逐日上述6个环境因素的相关分析显示:变异系数与各时段的日长、日照时数、降雨量均相关不显著;与杂交后1~8 d的日低温、杂交后2~7 d的日均温及杂交后2~3 d的日高温呈显著或极显著负相关(表5),其余时段相关不显著。利用多元回归法综合敏感期3个温度因素对变异系数的影响,算出复相

关系数为0.919,则敏感期3个温度因素的综合作用已包含了环境影响变异系数的( $R^2=0.845$ )近85%变因。因此,温度是导致变异系数在不同异交环境下改变的主因。表明随着敏感期环境温度的提高,变异系数减小,不育系间异交结实潜力相差较小;敏感期环境温度下降,变异系数增大,不育系间异交结实潜力相差较大。从敏感期所处时段看,与对异交结实潜力影响的敏感期基本一致,也是处于籽粒灌浆充实的前期。这反映出不同不育系的异交籽粒灌浆充实前期对温度变化的适应与耐受能力有明显差异。

表5 各异交环境下不育系异交结实潜力的变异系数与温度的相关分析<sup>1)</sup>

Tab. 5 Correlation between temperature and CV of outcrossing-seedy potentialities of PTGMS in different environment

杂交后天数 days from hybridization	DLT	DMT	DHT
0	-0.527	-0.487	-0.425
1	-0.704 <sup>*</sup>	-0.609	-0.403
2	-0.753 <sup>*</sup>	-0.838 <sup>**</sup>	-0.789 <sup>**</sup>
3	-0.870 <sup>**</sup>	-0.845 <sup>**</sup>	-0.637 <sup>*</sup>
4	-0.905 <sup>**</sup>	-0.797 <sup>**</sup>	-0.547
5	-0.835 <sup>**</sup>	-0.734 <sup>*</sup>	-0.593
6	-0.806 <sup>**</sup>	-0.723 <sup>*</sup>	-0.320
7	-0.770 <sup>**</sup>	-0.634 <sup>*</sup>	-0.420
8	-0.691 <sup>*</sup>	-0.423	-0.258
9	-0.386	-0.339	-0.191
10	-0.393	-0.453	-0.454
11	-0.379	-0.338	-0.190
12	-0.160	-0.094	-0.028

1)“\*”、“\*\*”分别表示在5%、1%水平差异显著; DLT为日低温 daily low temperature, DMT为日均温 daily mean temperature, DHT为日高温 daily high temperature

## 3 讨论

异交结实潜力是与开花习性相互独立的另一异交结实特性,它也受遗传与环境两因素影响。遗传方面的影响主要是遗传导致有些不育系产生不同程度的异交结实障碍,其表现是自交可结实,而异交则结实率明显下降。有关异交结实障碍的现象作者将另文探讨。环境对异交结实潜力的影响主要是环境温度的变化影响了异交籽粒前期的灌浆充实而导致异交结实率下降,不同的不育系其异交结实潜力对温度变化的敏感程度虽然有明显的差异,但每个不育系的异交结实潜力均显著受到环境温度的影响。上述结果是光温敏核不育水稻利用上需要注意的。至于质核互作雄性不育水稻是否同样存在上述问题及

这一现象的遗传机理与生理生化基础尚有待进一步研究。

异交结实潜力与开花习性(包括花期相遇)同样都是不育系异交结实高低的决定因素,前者反映异交结实的内在潜力高低,后者决定接受花粉的机率。因此,只有同时具备异交结实潜力高和异交开花习性好的不育系在制种时才有可能获得高的异交率,所以在选育不育系时,除需选有利授粉的良好异交开花习性外,还应注意选育异交结实潜力高且受环境影响较钝感的不育系,这类不育系异交结实潜力高的环境时段较宽,适宜制种的季节及地域较广。另外,由于环境对异交结实潜力的影响是不可避免的,因此,在安排制种花期时,在育性和耕作制度允许的情况下,应尽量安排在有利异交结实潜力提高的适宜环境时段制种。

异交结实潜力不是开花习性那样的形态性状,不能通过形态选择判断异交结实潜力高低,必须借助人工或自然杂交的异交结实率来判断,这是在不育系选育工作中必需注意的。据作者在实际选育工作中的观察,异交结实潜力这一特性在低世代选择

则能稳定遗传,而在已稳定群体中难以选择出异交结实潜力明显有差异的个体,因此对已稳定的不育系要进行这一性状的改良,效果甚微。

#### 参考文献:

- [1] 中国农科院,湖南农科院.中国杂交水稻的发展[M].北京:农业出版社,1991. 26—27.
- [2] 田大成.水稻异交栽培学——杂交水稻高产制种原理与技术[M].成都:四川科学技术出版社,1991. 18—83.
- [3] 张慧廉, 邓应德. 高异交率优质不育系优 IA 的选育及应用[J]. 杂交水稻, 1996(2): 4—6.
- [4] 袁隆平, 陈洪新. 杂交水稻育种栽培学[M]. 长沙: 湖南科技出版社, 1988. 74—75.
- [5] 曾应和, 童宗和. II-32A 特征特性及其组合制种[J]. 杂交水稻, 1999. 14(4): 13—14.
- [6] 王守海, 李成荃, 袁勤, 等. 穗型光敏核不育系 7001S 的选育及主要特性研究[A]. 袁隆平. 两系法杂交水稻研究论文集[C]. 北京: 农业出版社, 1992. 202—207.
- [7] 刘后利. 作物育种研究与进展[M]. 南京: 东南大学出版社, 1994. 39—40.
- [8] 陈雄辉, 万邦惠, 吴长维, 等. 光温敏核不育水稻开花习性的研究[J]. 华南农业大学学报, 1996. 17(2): 1—6.

## Studies on Outcrossing-Seedy Potentialities of Photo-Thermo Sensitive Genic Male Sterile Rice

CHEN Xiong-hui<sup>1</sup>, WAN Bang-hui<sup>1</sup>, LU Yan-peng<sup>1</sup>, PENG Hai-feng<sup>2</sup>, LIANG Ke-qin<sup>1</sup>, ZHAO Jing<sup>1</sup>

(1 Dept. of Agronomy, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China;

2 College of Biotech., South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** Outcrossing-seedy potentiality is the seed setting rate under supplying PTGMS with adequate foreign pollens. The results indicated: 1) It existed differences in outcrossing-seedy potentiality among different PTGMS. Outcrossing-seedy potentiality was affected by inheritance, environment and the interaction of inheritance× environment. 2) In environment conditions, environment temperature was the main factor which affected outcrossing-seedy potentiality. It's sensitive stage occurred in the early stage of milking and seed setting for outcrossing seed. 3) Outcrossing-seedy potentiality of PTGMS was one of important factors which affected the yield of hybrid seed production.

**Key words:** rice; photo-thermo sensitive genic male sterile; outcrossing-seedy potentialities

【责任编辑 周志红】