

## 光温敏核不育系再生稻的育性变化研究

黄永相<sup>1,2</sup>, 郭建夫<sup>1\*</sup>, 张建中<sup>1</sup>, 何觉民<sup>1</sup>, 陈志强<sup>2</sup>

(1.广东海洋大学农学院, 广东 湛江 524088; 2.国家植物航天育种工程技术研究中心, 广东 广州 510642)

**摘 要:**以 4 个光温敏核不育系(培矮 64S、GD1S、N9S 和海 3S)为供试材料, 研究在自然条件下再生稻与头季稻的育性差异及其与光温因子的关系。结果表明:与头季稻相比, 光温敏核不育系再生稻的不育期明显缩短, 育性大幅度提高, 各不育系间的再生稻育性恢复程度存在差异;在同一不育系中, 创伤性(割蔸、拔穗)再生稻与生理性再生稻的育性变化差异不明显;再生稻的可育花粉率与光温因子多数呈极显著或显著负相关, 其光温敏感性较头季稻增强;再生稻育性比头季稻提高的原因与其育性转换起点温度提高有关, 4 个不育系再生稻的育性转换起点温度比头季稻平均高 2.8 °C。

**关 键 词:**水稻; 光温敏核不育系; 再生稻; 育性

中图分类号: S511.035

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2013)01-0013-04

## Fertility alteration in ratoon plant of *Indica* photo-thermo sensitive genic male sterile line

HUANG Yong-xiang<sup>1,2</sup>, GUO Jian-fu<sup>1\*</sup>, ZHANG Jian-zhong<sup>1</sup>, HE Jue-min<sup>1</sup>, CHENG Zhi-qiang<sup>2</sup>

(1.College of Agronomy, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, Guangdong 524088, China; 2.National Engineering Research Center of Plant Space Breeding, Guangzhou 510642, China)

**Abstract:** In order to study the difference in fertility alteration between the main-crop and the ratoon plant of photo-thermo sensitive genic male sterile (P/TGMS) of rice and its correlation to photoperiod and temperature, four P/TGMS lines (Pei'ai64S, GD1S, N9S and Hai3S) were observed under natural conditions in Zhanjiang. The results showed that the ratoon plants of P/TGMS lines had shorter sterile periods but higher fertilities than that of the main-crop, and the degrees of fertility restoration of the ratoon plants among four P/TGMS lines were different. In the same P/TGMS line, however, no difference could be found between ratoon plants caused by trauma or physiological factors. Majority of the coefficients between the pollen fertility of the ratoon plants and the temperature and day length were negatively or significantly negatively related, suggesting that the ratoon plants were more sensitive to temperature and day length compared with its main-crop. The fertility alteration of the ratoon plants could be caused by the increased critical temperature of fertility alteration, and critical temperature of fertility alteration of the ratoon plants were in mean 2.8 °C higher than that of the main-crop in four P/TGMS lines.

**Key words:** rice; photo-thermo sensitive genic male sterile (P/TGMS); ratoon plant; fertility

再生稻是利用头季水稻割后稻桩上的休眠芽萌发生长而成<sup>[1-2]</sup>。相关研究<sup>[2-5]</sup>表明, 水稻光温敏核不育系的再生稻存在不同程度的育性恢复特性, 该特性可用于不育系的繁殖, 使不育系的制种和繁殖同地、同步进行<sup>[5-7]</sup>。水稻光温敏核不育系再生复

育特性受生长发育阶段和外界环境的共同影响<sup>[4-5]</sup>。不同光温敏不育系再生稻的育性转换特性存在差异<sup>[4-5,8]</sup>。笔者选用 4 个在广东省广泛应用的光温敏核不育系, 通过分期播种对其再生稻花粉育性的变化规律进行研究, 以期在两系杂交稻生产中不育系

收稿日期: 2012-03-12

基金项目: 广东省科技计划重大专项项目(2002A2010111; A2006010101)

作者简介: 黄永相(1978—), 男, 广东开平人, 博士, 助研, 主要从事水稻遗传育种研究, hyx978025@126.com; \*通信作者, gjf6292@126.com

的繁育、制种等提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试籼型光温敏核不育系为培矮 64S(湖南杂交水稻工程技术研究中心提供)、GD1S(广东省农业科学院水稻研究所提供)、N9S(华南农业大学提供)、海 3S(广东海洋大学提供)。不育系的不育基因均来自于农垦 58S。

### 1.2 试验设计

试验于 2011 年在广东海洋大学农学院试验田(21° 13'N)进行。根据花粉育性镜检及套袋自交结实率调查的需要安排播期, 11 月 16 日播第 1 期, 以后每隔 5~10 d 播 1 期, 至次年 9 月 15 日播最后 1 期, 共计 45 期。各不育系每期种植 120 株, 插植规格 30 cm×20 cm, 单株植, 肥水管理同大田。

每期不育系抽穗后, 30 株作拔穗处理, 30 株作割蔸处理(留稻桩高约 25 cm), 30 株作自然(生理性)再生, 30 株作为对照(头季稻)。从见穗起, 各处理每隔 3~5 d 随机选取 10 穗, 每穗取当天将开的 6 朵以上颖花花药, 用于检测花粉育性; 另每处理随机选择 10 穗进行挂牌套袋, 完熟后用于考查自交结实率。

### 1.3 测定项目与方法

根据公式计算可育花粉率和自交结实率: 可育花粉率=正常花粉数/总花粉数×100%;

$$\text{自交结实率} = \frac{\sum \frac{\text{穗实粒数}}{\text{穗总粒数}}}{\text{总穗数}} \times 100\%。$$

通过对同期抽穗的再生稻与头季稻可育花粉率及自交结实率的分析, 结合湛江市气象局湖光观察站光温气象数据(与试验田直线距离约为 300 m), 分析再生稻的育性与温度的关系, 并推算其育性转换起点温度值。参照魏荷等<sup>[9]</sup>对光温敏不育系的育性评价标准, 以可育花粉率为 1.0%时的温度作为育性转换温度; 以抽穗日期为起点, 分别计算距每个抽穗日期不同时间内 3 d 滑动平均温度值, 根据不育系幼穗不同发育阶段日平均温度和自交结实率的相关关系, 找出不育系育性转换的温度敏感发育时期和不育起点日均温。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2003 进行数据处理; 百分率数据经平均数统计和反正弦平方根转换后, 运用 DPS 软件进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同光温敏核不育系头季稻与再生稻的育性表现

从表 1 可知, 4 个光温敏核不育系再生稻中培矮 64S 的不育时间最短, 海 3S 的最长, 其中, 培矮 64S、GD1S、N9S 和海 3S 再生稻不育期分别比头季稻缩短 106、22、27、8 d, 缩短幅度达 79.10%, 25.29%、30.00%和 8.99%。4 个不育系再生稻的最高可育花粉率范围为 62.50%~100.00%, 比头季稻高 25.00%~54.17%。4 个不育系的光温敏核不育基因均来自于农垦 58S。结合上述不育系再生稻和头季稻育性结果可知, 不同遗传背景材料育成的光温敏核不育系其再生复育特性存在一定差异。

表 1 4 个不育系头季稻与再生稻的育性比较

Table 1 Comparison of the sterility period and the pollen fertility among four P/TMSG lines

不育系	不育时段(月-日)		不育时间/d		可育花粉率/%		最高可育花粉率/%		自交结实率/%	
	再生稻	头季稻	再生稻	头季稻	头季稻	再生稻	再生稻	头季稻	头季稻	再生稻
培矮 64S	07-01—07-29	05-16—09-27	28	134	4.17±1.63	(21.88±4.00)**	100.00	45.83	1.55±0.77	(9.59±1.91)**
GD1S	07-01—09-05	07-01—09-26	65	87	5.46±2.88	(24.45±6.00)**	95.83	62.50	2.45±1.34	(10.21±3.27)**
N9S	07-01—09-05	07-01—10-01	63	90	2.82±1.89	(17.22±5.24)**	95.83	45.83	0.88±0.62	(8.87±3.79)**
海 3S	07-01—09-25	07-01—10-02	81	89	3.25±1.94	9.83±3.50	62.50	37.50	2.12±1.51	3.96±1.65

与头季稻相比, 4 个不育系再生稻的育性均有不同程度的提高。在不同播期条件下, 培矮 64S、

GD1S、N9S 和海 3S 的再生稻平均可育花粉率较头季稻分别提高 17.71%、18.99%、14.4%、6.58%;

培矮 64S、GD1S、N9S 和海 3S 再生稻自交结实率分别较头季稻提高 8.04%、7.76%、7.99 %、1.84 %。除海 3S 外，其余 3 个不育系再生稻的可育花粉率和自交结实率与头季稻的差异均达极显著水平。

2.2 不同处理再生稻的育性变化

由表 2 可知，在拔穗、割蔸或生理性再生处理后，同一不育系的再生稻自交结实率无显著差异。

不同处理各不育系均以 GD1S 的平均自交结实率最高，以海 3S 的最低。结合气象资料可判断各不育系不同处理的最高自交结实率均出现在 9 月 28 日。3 种处理下，培矮 64S 的最高自交结实率为 32.18%~40.80%，GD1S 的为 59.70%~64.28%，N9S 的为 27.88%~44.45%，海 3S 的为 32.75%~38.25%。

表 2 不同处理不育系再生稻的自交结实率

Table 2 Comparison of the fertility of the ratoon plants under differential treatments					%
处理	自交结实率				
	培矮 64S	GD1S	N9S	海 3S	
拔穗再生	9.89±2.15 (40.80)	10.47±3.41 (60.45)	9.63±2.65(44.45)	3.50±1.66 (36.02)	
割蔸再生	9.73±2.00 (35.06)	10.80±3.60 (64.28)	9.44±2.27(38.08)	3.61±1.76 (38.25)	
生理再生	9.88±2.01 (32.18)	10.53±3.37 (59.70)	9.26±1.91(27.88)	3.45±1.56 (32.75)	
均 值	9.83±3.87B	10.60±3.88A	9.43±3.67B	3.52±3.91C	

括号内数值为最高自交结实率。

2.3 再生稻育性变化与光温因子的关系

从表 3 可知，不育系再生稻及头季稻的可育花粉率与光温因子均为负相关，表明高温长日可降低不育系再生稻育性，而低温短日则可提高其育性。培矮 64S、GD1S、N9S 和海 3S 的再生稻与日平均温的相关系数达极显著水平，分别为-0.7378、-0.7563、-0.7574 和-0.7363，均比其头季稻的日平

均温的相关系数高。GD1S、N9S、海 3S 3 个不育系的再生稻可育花粉率与日照时数的相关系数分别为-0.5338、-0.5391 和-0.4467，达极显著或显著水平，说明光温敏核不育系的再生稻育性要在一定的光温条件下才能表达，但其受光温因子的影响较头季稻更为敏感。

表 3 再生稻和头季稻的可育花粉率与光温因子的相关性分析

Table 3 Correlation of the pollen fertility and the temperature and day length between the main-crop and the ratoon plants								
光温因子	相关系数							
	培矮 64S 再生稻	培矮 64S 头季稻	GD1S 再生稻	GD1S 头季稻	N9S 再生稻	N9S 头季稻	海 3S 再生稻	海 3S 头季稻
日平均温	-0.5602**	-0.7378**	-0.7563**	-0.6965**	-0.7574**	-0.6173**	-0.7363**	-0.6852**
日最高温	-0.5550**	-0.6806**	-0.7491**	-0.6189**	-0.7423**	-0.5190**	-0.7110**	-0.6083**
日最低温	-0.3445	-0.6153**	-0.6295**	-0.6034**	-0.6236**	-0.5294**	-0.6124**	-0.6208**
日照时数	-0.2941	-0.3716	-0.5338**	-0.2374	-0.5391**	-0.1346	-0.4467*	-0.2361

\* 和 \*\* 分别代表在 5%和 1% 水平上差异显著； $r_{0.05,22}=0.404$ ， $r_{0.01,22}=0.515$ 。

结合气象资料对不育系的育性进行分析，光温敏核不育系再生稻与头季稻相比，不育期普遍缩短，不育起点温度提高，其中，培矮 64S、GD1S、N9S 和海 3S 的再生稻育性转换不育起点温度分别比其头季稻高出 3.0、1.6、4.6、2.0℃(表 4)，导致不育系的不育期缩短，育性转换起点日期提前。同时，分析结果(数据未列出)还表明，4 个不育系再生

稻的稳定不育期主要集中在 7—8 月，甚至 9 月中旬，而湛江 7—8 月及 9 月上旬正是温度较高、日照时间较长的时段。此外，再生稻温度敏感期出现的时间与头季稻不太一致，如各不育系再生稻的最高自交结实率出现在 9 月 28 日，而其对应的头季稻最高自交结实率却出现在 10 月 2 日至 10 月 4 日。

表4 各不育系头季稻与再生稻育性转换大致不育起点温度

Table 4 The critical temperature of fertility alteration of the main crop and the ratoon plants

不育系	不育育性转换起点期(月-日)		育性转换温度敏感期(月-日)		不育起点温度/℃		敏感期日均时间/h	
	再生稻	头季稻	再生稻	头季稻	再生稻	头季稻	再生稻	头季稻
培矮 64S	07-29	09-27	07-15—21	09-11—18	28.5	25.5	12.8	12.0
GD1S	09-05	09-26	08-20—28	09-11—18	27.1	25.5	12.7	12.0
N9S	09-05	10-01	08-20—28	09-14—21	27.1	22.5	12.7	12.0
海 3S	09-25	10-02	09-09—15	09-14—21	24.5	22.5	12.0	12.0

起点温度是指在育性敏感期内由高温转为低温后头 3 d 的日均温。

### 3 结论与讨论

再生复育是光温敏核不育系的一种较常见现象。李平等<sup>[2]</sup>和马汉云等<sup>[5]</sup>的研究均显示光温敏核不育水稻再生诱导的复育,其育性受核基因控制,与光温因子无关。陈雄辉等<sup>[8]</sup>报道,光温敏核不育系再生稻不育期比实生株短是由于不育光温起点值升高所致,而不育起点光温值升高主要受老株龄因素影响,受再生因素的影响较少。本研究结果表明,光温敏核不育系再生稻的育性变化与其头季稻不同,主要是再生因素(由创伤再生和生理性再生)引起,与创伤诱导的应激反应无关,但再生稻的育性变化仍与光温因子密切相关,光温敏核不育系的再生复育特性要在一定的光温条件下才能表达。

目前能较大面积应用的籼型光温敏核不育系,都是不育起点温度低和较短光长下表现不育的类型。这类不育系的育性转换起点温度为 23~24℃,已解决了不育度和稳定败育问题<sup>[9-10]</sup>。但由于育性转换的起点温度与生理可育的下限温度仅相差 2~3℃<sup>[11]</sup>,不育系的繁种较为困难;因此,在光温敏核不育系选育时,可在较低的温度和较短的光长条件下鉴定不育系育性,选择不育株进行拔穗再生,然后利用不育系再生稻不育起点温度升高的特性,在较高的温度和较长的日照条件下繁殖种子,从而加快其育种进程。

### 参考文献:

- [1] 陈鸿飞,林瑞余,梁义元,等.不同栽培模式早稻—再生稻头季干物质积累运转特性研究[J].中国生态农业学报,2008,16(1):129-133.
- [2] 李平,李仁瑞,周开达.水稻雄性不育再生复育特性研究[J].杂交水稻,1995(4):9-10.
- [3] 赵德明,林纲,李云武.培矮 64S 再生复育特性初报[J].杂交水稻,1997,12(3):34.
- [4] 彭华碧.培矮 64S 及其再生稻的育性表现[J].杂交水稻,2002,17(4):11-12.
- [5] 马汉云,王青林,吴淑平,等.两用核不育系的再生复育特性研究初报[J].现代农业科技,2006(2):51-52.
- [6] 向关伦,黄宗洪,潘建慧,等.水稻两用核不育系再生复育及利用评价[J].贵州农业科学,2000,28(3):10-11.
- [7] 陈波,田永宏,范兵,等.两系温光敏核不育系水稻再生繁殖及保纯技术[J].现代农业科技,2011(1):102.
- [8] 陈雄辉,万邦惠,梁克勤,等.株龄对光温敏核不育水稻育性影响的研究[J].中国水稻科学,1998,12(1):1-5.
- [9] 陈立云.超级杂交稻育种的创新思维与实践[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(1):21-25.
- [10] 曾汉来,张端品.不育临界温度值不同的培矮 64S 近等基因系选育[J].作物学报,2001,27(3):351-355.
- [11] 张自国,卢兴桂,袁隆平.光敏核不育水稻育性转换的临界温度选择与鉴定的思考[J].杂交水稻,1992(6):29-32.

责任编辑: 罗 维

英文编辑: 罗 维