

两个籼型水稻核不育系育性温光反应的研究*

陈小荣 田振涛 薛庆中**

(浙江大学农学系, 杭州 310029)

【摘要】 在杭州田间通过分期播种, 比较了两个籼稻光温敏核不育系的育性及其转换特性. 结果表明, 光照长度对浙大 247S 和培矮 64S 两不育系育性表达的影响小, 温度起主导作用, 均属温敏型不育系, 且日最低温度对不育系育性效应显著高于日平均温度和日最高温度. 不育系浙大 247S 和培矮 64S 的温度敏感期分别是抽穗前 3~18 和 6~21 d. 育性转换的临界日期为 9 月 19 日和 9 月 25 日, 转换临界温度为 25.28 和 25.66 °C. 与培矮 64S 相比, 浙大 247S 不育期败育较彻底, 可育期较长且自交结实率高, 在杭州田间可以繁种.

关键词 水稻 光温敏核不育 育性转换 温度敏感期 临界温度

文章编号 1001-9332(2003)10-1641-04 **中图分类号** Q944.33 **文献标识码** A

Response of indica rice in two genic male-sterile lines to temperature and photoperiod. CHEN Xiaorong, TIAN Zhentao, XUE Qingzhong (Agronomy Department, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2003, 14(10): 1641~1644.

Investigations on the fertility conversion of two photoperiod-and temperature sensitive genic male-sterile lines Zheda 247S and Peiai 64S under natural conditions in Hangzhou showed that there was a little impact of photoperiod on their fertility expression, while temperature was the main factor. Among daily mean temperature, daily maximum temperature and daily minimum temperature, the last one had the most significant correlation with the fertility. The temperature sensitive stage of Zheda 247S and Peiai 64S was 318 and 621 days before heading, the critical temperature of their fertility conversion was 25.28 and 25.66 °C, and the critical date was September 19th and September 25th, respectively. Compared to Peiai 64S, Zheda 247S had a more evident fertility conversion, its sterility was more complete and its self-setting percentage was higher at fertile stage, and the duration of the fertile stage was longer. Zheda 247S could be reproduced in Hangzhou.

Key words Indica rice, Photoperiod-temperature sensitive genic male-sterile lines, Conversion of the fertility, Temperature sensitive stage, Critical temperature.

1 引言

利用光温敏核不育系的两系法杂交水稻具有恢复谱广、配组自由、不育系和杂种种子纯度高、生产成本低等特点^[17], 相对于三系法杂交水稻, 更有利于亚种间杂种优势的利用及配制出“超级杂交稻”. 近年来国内外应用杂交^[1,9~12]、突变^[5,7,8,15]、花药培养^[18]、原生质体培养^[13,14]等方法已选育出了一批光温敏核不育系, 但能否推广应用仍需作适应性试验. 我国东南沿海, 夏秋之交台风活动频繁, 气温变化大, 给两系法种子生产带来威胁, 因此深入探讨光温敏核不育系在该地区的育性转换特点很有必要. 本文研究了两个籼型核不育系在杭州自然条件下的育性表现, 为种子生产提供理论依据.

2 材料与方法

浙大 247S 是以新光 S 为光温敏核不育基因供体选育的籼型光温敏核不育系, 1999 年选取不育期和不育性稳定的植株, 割茬稻桩秋季采收再生株, 套袋结实种子. 培矮 64S 是

目前国内最有实用价值的籼型光温敏核不育系^[6], 由湖南杂交水稻中心选育和供种. 试验在浙江大学华家池校区实习农场进行. 2000 年 5 月 10 日开始, 每 8 d 播种 1 次, 共 9 期. 播种 30 d 后移栽, 单本植, 田间采用常规管理. 从见穗起, 隔天镜检 1 次, 每次随机选取 3 株, 取当天将开的颖花, 用 1% 碘-碘化钾溶液检查花粉育性, 并对镜检稻穗进行套袋, 考查自交结实率. 镜检花粉按正常、染败、圆败、典败 4 类进行计数, 统计各类花粉百分率, 并计算它们与开花前第 3、6、9、12、15、18、21、24 和 27 d 的日照长度、日最低温度、日平均和日最高温度的相关系数. 再用直线回归分析法, 列出直线回归方程, 估算临界日最低温度. 当年日照长度、日平均温度、日最高温度和日最低温度的气象数据由杭州市气象局提供.

3 结果与分析

3.1 杭州 2000 年 6~10 月份气象要素

杭州濒临东海, 夏季时常遭受台风袭击, 日气温

* 国家“九五”科学技术攻关项目(96-002-02-02-3)和浙江省“8812”重点资助项目.

** 通讯联系人.

2001-01-15 收稿, 2001-08-06 接受.

变化较大,如6月29日之前日平均气温均低于25℃,6月29日至9月14日共出现5次低于25℃的低谷区,9月14日后日平均气温基本上较低,但也出现2次高于26℃的高谷区.日最低气温变化趋势与日平均气温基本一致,但较同日日平均气温普遍要低3℃左右(图1).水稻种植季节实际日照时数构成起伏很大,几乎找不到持续6d以上较为稳定的时期(图2).

3.2 光温对育性的效应

从光照长度对两个光温敏核不育系育性的影响来看,抽穗前3~27d日照时数与正常花粉率呈负相关,但相关系数较小,均没有达到显著水平(表

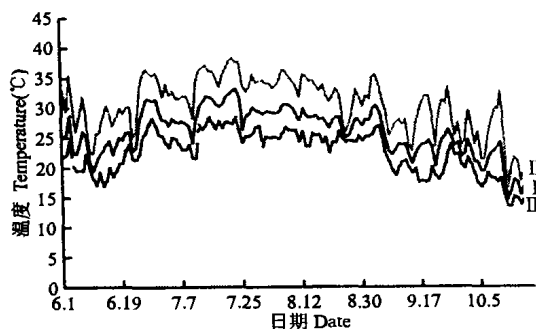


图1 杭州2000年6~10月气温资料

Fig.1 Temperature data of Hangzhou in 2000.

I. 日平均气温 Daily mean temperature, II. 最高气温 Daily maximum temperature, III. 日最低气温 Daily minimum temperature.

表1 抽穗前光温与正常花粉率的相关系数

Table 1 Correlation coefficient between photoperiod, temperature and fertile pollen percentage before heading.

抽穗前天数 Days before heading	浙大 247S Zheda247S				培矮 64S Peiai64S			
	日平均气温 Daily mean temperature (°C)	日最高气温 Daily max. temperature (°C)	日最低气温 Daily minimum temperature (°C)	日照时数 Daily sunshine hours(h)	日平均气温 Daily mean temperature (°C)	日最高气温 Daily max. temperature (°C)	日最低气温 Daily minimum temperature (°C)	日照时数 Daily sunshine hours(h)
3	-0.7883**	-0.7063	-0.8181**	-0.3432	-0.3623	-0.3515	-0.3411	-0.1600
6	-0.7686**	-0.6536	-0.8096**	-0.3092	-0.4282*	-0.3401	-0.5050**	-0.1544
9	-0.7833**	-0.6896	-0.8137**	-0.2501	-0.4021	-0.2981	-0.4705**	-0.0947
12	-0.8076**	-0.6767	-0.8280**	-0.3760	-0.5348**	-0.5011**	-0.5298**	-0.2583
15	-0.8207**	-0.7350	-0.8216**	-0.3156	-0.5101**	-0.4848**	-0.4728**	-0.1395
18	-0.7588*	-0.6602	-0.7555*	-0.3919	-0.6065**	-0.5482**	-0.6203**	-0.3938
21	-0.7280	-0.6589	-0.7051	-0.2252	-0.5151**	-0.4123	-0.5046**	-0.1766
24	-0.6925	-0.5960	-0.7005	-0.3236	-0.3127	-0.2422	-0.3089	-0.1906
27	-0.6968	-0.6196	-0.6794	-0.1519	-0.3400	-0.3743	-0.2366	-0.1414

* $P < 0.05$, $P < ** 0.01$.

由图3可见,两个不育系育性表现与敏感期平均日最低温度变化相吻合,即正常花粉率随温度的升降而升降.从不育系育性转换特点看,浙大247S正常花粉率9月19日之前均为0%,9月19日为17.4%,此后一直保持高于44.5%的水平;培矮64S正常花粉率9月11日为17.0%,9月13日至9月23日变幅为0.8%~8.0%,9月25日为62.1%,育性转换缓慢连续,不如浙大247S那样鲜明,敏感期内对平均日最低温度反应较浙大247S更为敏感.培

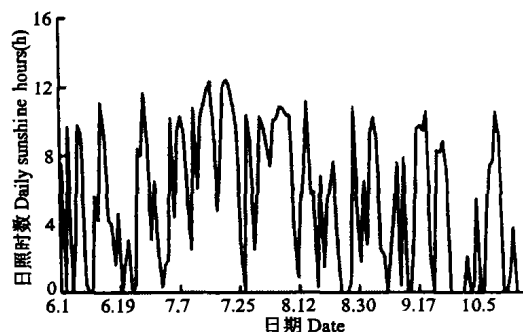


图2 杭州2000年6~10月日照时数

Fig.2 Daily sunshine hours of Hangzhou in 2000.

1),说明此两个光温敏核不育系属温敏型.浙大247S抽穗前3~27d日照时数与正常花粉率相关系数较培矮64S大,说明浙大247S光长效应大于培矮64S.

从日平均气温、日最高气温、日最低气温与供试材料正常花粉率的相关性来看,抽穗前3~27d各个时期总体上均以日最低气温与正常花粉率相关最为紧密,相关系数大,且浙大247S和培矮64S表现一致(表1).浙大247S在抽穗前3~18d,其相关系数变幅为0.7558~0.8207,均达显著或极显著水平;抽穗前21d以前相关系数未达显著水平,说明该不育系温度敏感期在抽穗前3~18d.依此分析,培矮64S的温度敏感期在抽穗前6~21d.

矮64S正常花粉率起降幅度大,波峰波谷数多,峰谷距离远,如10月7日正常花粉率为6.8%.其抽穗前平均日最低温度为19.9℃,10月11日抽穗前平均日最低温度为20.1℃,较10月7日仅上升0.2℃,而正常花粉率达到72.8%,上升了66%.由正常花粉率隔日变化曲线还可以看出,浙大247S较培矮64S在不育期败育更彻底,基本不存在正常花粉,而转育也更完全,从9月19日转育后正常花粉率基本保持高于44.5%的水平(图3).

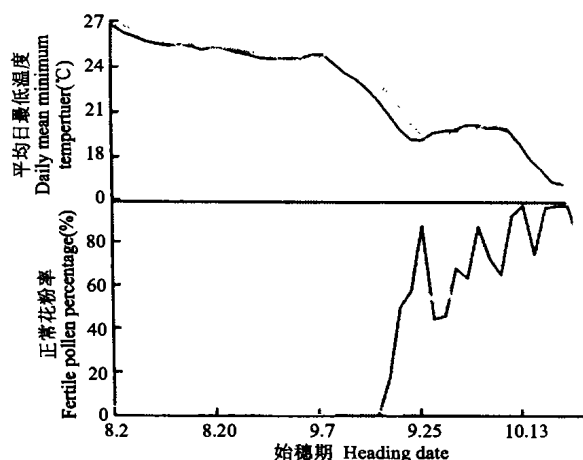


图3 浙大247S抽穗前3~18 d, 培矮64S 6~21 d平均日最低温度对花粉育性的影响

Fig.3 Effect of daily mean minimum temperature of Zheda 247S 3~18 days, Peiai64S 6~21 days before heading on pollen fertility.

(1)浙大247S Zheda 247S, (2)培矮64S Peiai 64S.

3.3 不育临界温度

浙大247S和培矮64S抽穗前3~18和6~21 d的平均日最低温度与其正常花粉率的回归方程分别为: $y = 286.98 - 11.35x$ 和 $y = 111.11 - 4.33x$,由此估算出浙大247S、培矮64S不育临界最低温度,分别为25.28℃和25.66℃.拟合方程较大的斜率差异表明,浙大247S敏感期是抽穗前3~18 d,培矮64S抽穗前6~21 d.在生物学下限至不育临界最低温度范围内,浙大247S正常花粉率随平均日最低温度下降而上升的速率大于培矮64S,也就是说浙大247S在可育温度范围内育性转换完全,有利于

表2 繁殖季节套袋自交结实率

Table 2 Bagged self-setting percentage during the reproducing season (%)

品系 Line	日期 Date											
	9.19	9.21	9.23	9.25	9.27	9.29	10.1	10.3	10.5	10.7	10.9	10.11
浙大247S Zheda247S	11.63	33.39	40.38	19.28	21.94	31.43	36.05	14.71	25.87	29.57	1.62	0
培矮64S Peiai64S	0.41	0	2.75	6.18	3.64	6.56	6.60	13.67	12.54	5.37	1.90	0

4 讨 论

分析光温敏核不育系育性通常采用镜检花粉育性、套袋自交结实率和自然结实率等指标.串粉会提高自然结实率,但需多少可育花粉才能结实尚不清楚,且显微镜下染败与正常花粉较难区分.此外套袋自交结实率因袋内环境差,结实率一般偏低^[18].本实验也存在这一现象.综上所述,光温敏核不育系育性较三系不育系受环境影响大,尤其是育性转换临界期的划分,很难凭其中某一指标界定.作者认为,分析光温敏核不育系育性时,以镜检花粉育性和套袋自交结实率两指标相结合为宜.

不育系自交种子的繁殖,这一点从套袋结实率进一步得到验证(表2).

3.4 光温敏核不育系的套袋结实率

由表2可见,两个不育系套袋自交结实率及其镜检正常花粉率变化趋势大体吻合,但套袋结实率普遍低于镜检正常花粉率.浙大247S可育期套袋结实率较培矮64S高.浙大247S从7月17日至9月17日为不育期,正常花粉率和套袋结实率均为0(两个不育系9月19日之前以及10月11日后所抽穗套袋自交结实率均为0,没有列入表2);9月19日正常花粉率为17.40%,套袋结实率为11.63%;9月21日至10月7日(持续19 d)其正常花粉率和套袋结实率均较高,套袋结实率平均为26.43%.因此可将这些日期视为其可育期.其后正常花粉率依然较高,但因灌浆期低温生理障碍导致套袋不结实,如10月9日正常花粉率高,但套袋结实率降为1.62%.培矮64S套袋结实率低,9月23日至10月1日波动于2.75%与6.60%之间,差异不明显,仅凭套袋结实率很难划分出其育性转换临界期.但结合正常花粉率仍可以发现,除9月11日正常花粉率达17.0%之外,9月23日前其余各期均低于10.0%,而9月25日正常花粉率达62.1%(图3),因此可将9月25作为育性转换的临界日.同样10月11日后抽的穗因低温生理障碍,导致自交不实,可将9月25日至10月9日视为其可育期,共15 d,套袋结实率平均为7.06%.

在人工控制的9种光温处理下,对76份籼型两用核不育系的育性转换光温反应进行的研究表明,有73.6%和22.6%的材料属温敏型和光温互作型,没有1份材料为光敏型^[3],预示光敏核不育基因导入到不同的遗传背景后其育性转换的光温反应特性会发生改变,而且转入籼稻后其育性转换的主导因子将从光周期因子转为温度或光温互作.本实验中,浙大247S的光敏核不育基因供体亲本新光S属光温互作型^[2],而浙大247S属温敏型,光温反应类型发生了改变,其机理值得进一步研究.

研究减数分裂期温度对籼稻光温敏核不育系W6154S和5460S的影响时推测,平均温度在育性

转换中可能要比日最高温度和日最低温度更重要^[11],但供试光温敏核不育系材料不同,育性的光温反应特点并不一致.本研究比较3种温度指标与浙大247S和培矮64S正常花粉率的相关系数,从大到小依次为日最低温度、日平均温度和日最高温度.

对培矮64S育性转换的临界温度(即不育起始最低温),以往研究结果也有较大差异,如23.3℃^[6]、21.83~26.98℃^[16]和21.12~25.65℃^[4].本研究用抽穗前6~21d日最低温度平均值与正常花粉率的回归方程所计算出的培矮64S临界温度为25.66℃左右.

如前所述,两不育系育性转换临界温度相差虽小,分别为25.28和25.66℃,生育进程却有较明显区别:浙大247S较培矮64S,全生育期短,呈现出一定的早熟性,如首期5月10日播种,浙大247S为7月17日见穗,而培矮64S是8月2日,较培矮64S提前17d左右.在杭州自然条件下,对于培矮64S这样生育期较长的低温敏不育系,秋季前期温度高,难转育,后期温度下降过快,抽穗难或抽穗后灌浆期低温生理障碍导致不结实,可育期狭窄,自交结实率低,不育系种子繁殖困难.浙大247S较培矮64S对温度的敏感度低,育性转换特点更明显,不育期败育彻底,可育期较长,自交结实率较高,有利于提高繁殖产量.

参考文献

- 1 Ali J, Siddiq EA, Zaman, FU, *et al.* 1995. Identification and characterization of temperature sensitive genic male sterility sources in rice. *Ind J Genet*, 55(3): 243~259.
- 2 Cheng S-H(程式华), Sun Z-X(孙宗修), Si H-M(斯华敏), *et al.* 1995. Response to photoperiod and temperature in photo-thermoperiod sensitive genic male sterile line Xinguang S (*Oryza sativa* L. subsp. *indica*). *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 9(2): 87~91 (in Chinese).
- 3 Cheng S-H(程式华), Sun Z-X(孙宗修), Si H-M(斯华敏), *et al.* 1996. Classification of fertility response to photoperiod and temperature in dual-purpose genic male sterile lines (*Oryza sativa* L.). *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 29(4): 11~16 (in Chinese).
- 4 Den F-P(邓芳平), Zong X-M(宗雪梅), Yao K-M(姚克敏), *et al.* 2000. Fertility index analysis of Peiai 64s. *Hybrid Rice* (杂交水稻), 15: 99~103 (in Chinese).
- 5 Kato H, Araki H, Muruyama K. 1990. Temperature response and inheritance of a thermosensitive genic sterility in rice. *Jpn J Breed*, 40(Suppl.): 352~369.
- 6 Luo X-H(罗孝和), Qiu Z-Z(邱趾忠), Li R-H(李任华). 1992. Peiai 64S, a dual-purpose sterile line whose sterility is induced by low critical temperature. *Hybrid Rice* (杂交水稻), (1): 27~29 (in Chinese).
- 7 Oard JH, Hu J, Rutger JN. 1991. Genetic analysis of male-sterility in rice mutants with environmentally influenced levels of fertility. *Euphytica*, 55: 179~186.
- 8 Shi M-S(石明松). 1985. The discovery of photo-sensitive recessive male sterile rice (*Oryza sativa* L. subsp. *japonica*). *Sci Agric Sin* (湖北农业科学), 2: 44~48. (in Chinese).
- 9 Sun Z-X(孙宗修), Cheng S-H(程式华), Min S-K(闵绍楷), *et al.* 1993. Studies on the response of photoperiod sensitive genic male sterile (PGMS) rice to photoperiod and temperature III. Effect of temperature at meiosis on the fertility of 2 PGMS indica strains. *Acta Agron Sin* (作物学报), 19(1): 83~87 (in Chinese).
- 10 Viraktamath BC, Virmani SS. 2001. Expression of thermosensitive genic male sterility in rice under varying temperature situations. *Euphytica*, 122: 137~143.
- 11 Virmani SS, Ilyas Ahmed M. 2001. Environmentally induced genic male sterility in crop plants. *Adv Agron*, 72: 139~195.
- 12 Wang C-Y(王长义), Qi H-X(戚华雄), Feng Y-Q(冯云庆), *et al.* 1995. Selection and application of *Japonica* photoperiod sensitive genic male sterile line N5088S. *Hubei Agric Sci* (湖北农业科学), (6): 4~7 (in Chinese).
- 13 Xue Q-Z(薛庆中), Li H(李宏), Zhang N-Y(张能义), *et al.* 1996. The first photoperiod sensitive genic male sterile rice (PGMS) clone from protoplasts of rice in the world-ZAU11S. *J Zhejiang Agric Univ* (浙江农业大学学报), 22(6): 560 (in Chinese).
- 14 Xue Q-Z(薛庆中), Edoh K, Li H(李宏), Zhang N-Y(张能义), *et al.* 1999. Production and testing of plants regenerated from protoplasts of photoperiod sensitive genic male sterile rice (*Oryza sativa* L.). *Euphytica*, 205: 167~172.
- 15 Yang R-C(杨仁崔), Li W-M(李维明), Wang N-Y(王乃元), *et al.* 1988. Discovery and preliminary study on indica photosensitive genic male-sterile germplasm 5460a. *Chin J Rice Sci* (中国水稻科学), 3(1): 47~48 (in Chinese).
- 16 Yao K-M(姚克敏), Tang S-H(唐世豪), Li J-M(李继明), *et al.* 1997. Studies on the fertility of Peiai 64s-05 in Hainan island and the decision-making concerning the climate related practices for its seed multiplication at Sanya, Hainan. *Acta Agron Sin* (作物学报), 23(2): 208~213 (in Chinese).
- 17 Yuan L-P(袁隆平). 1997. Hybrid rice breeding for super high yield. *Hybrid Rice* (杂交水稻), 12(6): 1~3 (in Chinese).
- 18 Zhang N-Y(张能义), Xue Q-Z(薛庆中). 1996. Studies on inheritance of photoperiod sensitive genic male sterility in two doubled haploid populations of rice (*Oryza sativa* L.). *Acta Genetica Sin* (遗传学报), 23(4): 261~267 (in Chinese).

作者简介 陈小荣,男,1972年生,博士生,主要从事作物遗传育种研究工作,发表论文数篇.E-mail:xyzhang@zju.edu.cn