

## 光敏核不育水稻开花和育性转变不同的光反应

70-72

王伟 陈亮  
(厦门大学生物学系, 厦门 361005)

S 571 01

**摘要** 从光敏核不育水稻“农垦 58S”幼穗分化至二次枝梗期开始, 在每天的短日照光期 (10 h 日光) 结束, 暗期开始时 (EOD) 进行 15 d 的远红光 (FR) 照射实验, 以比较开花、育性转变过程对短暂的远红光 (FR) 或红光 (R) 的反应。EOD FR 明显抑制水稻植株开花 (穗分化), 导致“农垦 58S”和原种“农垦 58”的抽穗期均比短日照下推迟 7 d, 表现为长日照效应, 而“农垦 58S”的结实率与原种相比却无显著变化。这暗示诱导农垦 58S 开花、育性转变过程的光反应可能有差异, 前者不仅与光周期有关, 且受 EOD FR 的剧烈影响, 而育性主要受光周期 (临界暗期) 控制, 基本上不受 EOD FR 的调控。

**关键词** 水稻; 育性; 开花; 光周期反应

## Different photoresponses of flowering and fertility alteration in photoperiod-sensitive genic male-sterile rice

Wang Wei Chen Liang

(Biology Department, Xiamen University, Xiamen 361005)

**Abstract** Photoresponses of flowering (panicle development) and fertility alteration of photoperiod-sensitive genic male-sterile rice “Nongken 58S” were compared after brief end-of-day (EOD) far-red light (FR) or red light (R) irradiation. From secondary rachis-branch primordia differentiation on, EOD experiments were performed following 10 h of natural sunlight for successive 15 d. The heading date of “Nongken 58S” plants delayed for 7 d (long-day effect) by EOD FR, whereas its fertility had little or no change relative to the original-line rice “Nongken 58”. These results implied that in “Nongken 58S” plants photoperiod response mediating fertility alteration somewhat differed from that required by flowering.

**Key words** *Oryza sativa*; fertility; flowering; photoperiodic responses

光敏核不育水稻“农垦 58S”是石明松<sup>(1)</sup>于 1973 年在一季晚粳稻“农垦 58”大田中发现的自然突变体, 其育性受光周期的调控<sup>(2)</sup>。利用这种光敏核不育特性建立的两系法杂交稻在水稻增产上有巨大潜力<sup>(3,4)</sup>。近 10 a 来, 光敏核不育水稻的生理、生化、遗传等基础研究取得了许多成果<sup>(5)</sup>。但

1998-05-04 收稿

第一作者简介: 王伟, 男, 1965 年出生, 博士, 副教授, 植物生理及分子生物学专业。  
\* 国家自然科学基金资助项目 39800087

是光敏核不育的机理并不清楚, 人们对光敏核不育水稻的生理、遗传等实质性问题, 如光(温)敏现象, 尚未达成共识, 限制了对光敏核不育性的深入研究和广泛利用。这些问题的解决有赖于进一步开展基础研究, 而对农垦 58S 光生理学的研究是其中的一个重要方面。

过去的研究表明, 从幼穗发育的二次枝梗分化期至花粉母细胞形成期是农垦 58S 育性转变的光周期敏感期<sup>[2]</sup>, 只有在此敏感期, 长日照(LD)才能诱导雄性不育, 短日照(SD)诱导育性恢复。在敏感期 SD 处理的夜间, 短暂的红光(R)照射导致花粉败育。若在 R 照射后立即给予短暂远红光(FR)处理, 则 R 的效应被消除, 呈典型的 R/FR 逆转型, 说明光敏色素是农垦 58S 育性转变过程的光周期反应的受体<sup>[6]</sup>。夜中断实验也说明, 对育性转变起主导作用的并不是短光照, 而是长暗期, 与诱导开花(穗分化)的光周期反应很相似。光周期调节开花(穗分化)也是通过叶片中的光敏色素起作用<sup>[7]</sup>。那么, 光周期调控开花、育性转变的生理机制是否相同呢? 本文通过比较农垦 58S 开花、育性转变对光期结束时短暂 FR 或 R 照射的反应, 初步探讨这一与光敏性密切相关的问题。

## 1 材料与方 法

**1.1 光源** FR (10 W/m<sup>2</sup>) 利用滤光片 Plexiglas 627/3 和 Plexiglas 501/3 (Roehm & Haas) 过滤 FR 荧光灯 (Toshiba FL 20 S FR-74) 的辐射而获得, 其最强辐射 ( $\lambda_{max}$ ) 在 730 nm, 半高宽 ( $\lambda_{1/2}$ ) 为 120 nm。R (5 W/m<sup>2</sup>) 用滤光片 Plexiglas 501/3 过滤 R 荧光灯 (Philips TLD 36 W/15) 辐射制备, 其  $\lambda_{max}$  和  $\lambda_{1/2}$  分别为 630 nm、25 nm。

**1.2 EOD 照射实验** 光敏核不育水稻“农垦 58S” (*Oryza sativa* Nongken 58S) 和原种晚粳水稻“农垦 58” (*Oryza sativa* Nongken 58) 稻苗于 4 叶期移栽盆中, 在北京夏季自然条件下生长, 每株仅保留主茎及两个分蘖。当 SD (10 h 日光) 使水稻植株开始二次枝梗原基分化后, 在每天光期结束、暗期开始时 (EOD) 进行不同的光质处理。FR 照射时间为 20 min, R 为 10 min。在 15 个周期后, 植株仍在自然条件下生长以考察抽穗、结实情况。

## 2 结果与讨论

**2.1 EOD 处理对水稻抽穗期的影响** 表 1 说明 EOD 照射对农垦 58S 和农垦 58 抽穗期的影响。EOD FR 处理明显推迟水稻的抽穗期, 导致农垦 58S 和农垦 58 抽穗均比 SD 对照推迟 7 d, 抽穗延迟率为 9.8%, 呈部分 LD 效应。这与 EOD FR 处理抑制藜等短日植物开花的报道<sup>[7]</sup>是一致的。EOD FR/R 和 EOD R 对抽穗的延迟率仅为 4.5%、3.0%, 效果相似, 说明光敏色素参与 EOD FR 调节水稻的开花反应<sup>[8,9]</sup>。近来的研究表明, 水稻幼穗分化至二次枝梗期后, 长日光周期对穗发育过程仍有迟滞作用, 表现为长日下抽穗期的明显延迟, 即穗发育中也存在显著的光周期效应<sup>[10]</sup>。本研究通过 EOD 实验也证实了这一点。

需要指出的是, 与其他处理不同, EOD FR 处理的水稻植株, 无论是农垦 58S 或农垦 58, 新生叶片(旗叶)的发育均严重受阻: 叶片(包括叶鞘内部分)变白, 无叶绿素合成, 这种现象尚未见报道, 其机理也不清楚, 但可能与光敏色素有关, 因为它同样具有 FR/R 逆转型(另文报道)。

**2.2 EOD 处理对水稻穗部性状的影响** 表 2 说明, 与 SD 对照相比, EOD R、EOD FR/R 处理后, 农垦 58S、农垦 58 水稻主茎和分蘖的小花数, 种子结实率并无显著的变化。

表 1 光期结束时短暂红光和远红光处理对水稻抽穗的影响

Table 1 Effects of end-of-day (EOD) irradiation on the heading date of rice plants

处理 Treatments	农垦 58S Nongken 58S	农垦 58 Nongken 58
LD	73	72
SD	64	64
EOD R	66	66
EOD FR	71	71
EOD FR/R	67	67

表中数据按播种至抽穗的天数(5 重复), The numbers (5 replicates) indicating the days from sowing to heading.

EOD FR 处理不仅导致农垦 58S 和农垦 58 主茎的小花数显著减少、种子结实率也大幅度降低。但农垦 58S 主茎在 EOD FR、SD 处理下的小花数分别为农垦 58 主茎的 105.6%、104.8%、结实率分别为 65.8%、69.2%，也就是说，农垦 58S 小花数、结实率对 EOD FR 的反应与原种农垦 58 基本相同。这意味着 EOD FR 处理后农垦 58S 结实率的降低，不可能是由于抽穗期的推迟。一个可能的原因是 EOD FR 处理后旗叶发育不正常，无叶绿素的合成，植株向幼穗转运的同化物大大减少，从而影响种子结实率；另外也不排除在受精期间（6~7 月）北京异常的高温天气的不利影响。

上述结果说明，二次枝梗期开始的 EOD FR 处理除对水稻幼穗发育进程有迟滞作用外，对穗部性状如小花数、结实率等也有较大影响。这与光周期效应的研究结果是一致的<sup>[10]</sup>，但 EOD FR 处理与 LD 效应的不同在于：LD 下农垦 58S 完全不育，EOD FR 尽管使农垦 58S 穗分化延迟，结实率有所降低，但降低的程度与原种相似，说明 EOD FR 可能不是直接作用于诱导育性转变的信号链。许多实验证明，EOD FR 抑制短日植物开花并不是因为影响临界暗期的长短<sup>[7]</sup>。我

们推测，诱导农垦 58S 开花（穗分化）和育性转变的光反应（光信号链）可能有差异。前者不仅与光周期有关，而且明显受 EOD FR 的调节，而花粉育性主要由光周期长短（临界暗期）控制。

以前的研究证实光敏色素是农垦 58S 育性转变过程的光受体<sup>[6]</sup>，但水稻中至少有两种不同的光敏色素分子（PhyA 和 PhyB）<sup>[11]</sup>的事实，使光敏核不育性问题更加复杂化。目前对农垦 58S 中光敏色素的分析仅局限于黄化组织和绿色叶片中的 PhyA<sup>[12,13]</sup>，因此，尚不清楚究竟何种光敏色素参与调控育性转变的光周期反应。这一问题的最终阐明需要借助分子遗传学的研究手段。

本研究在中国科学院植物研究所完成，童哲研究员给予了热忱指导和帮助，谨此致谢！

## 参考文献

- 1 石明松. 晚粳自然两用系选育及应用初报. 湖北农业科学, 1981, 7: 1~3
- 2 元生朝, 张自国, 许传楠. 光暗诱导湖北光敏感核不育水稻育性转变及其发育阶段的探讨. 作物学报, 1988, 14: 7~13
- 3 袁隆平主编. 两系法杂交水稻的研究现状. 北京: 农业出版社, 1992
- 4 孙宗修, 程式华. 杂交水稻育种—从三系、两系到一系. 北京: 中国农业出版社, 1994
- 5 童 哲. 光敏核不育水稻的发育生物学研究评述. 植物学报, 1998, 40: 189~199
- 6 Tong Z, Wang T, Xu Y. Evidence for involvement of phytochrome regulation in male sterility of a mutant of *Oryza sativa*. *Photochem photobiol*, 1990, 52: 161~164
- 7 Vince-Prue D. Photomorphogenesis and flowering. In Shropshire W, Mohr H (Eds). *Encyclopedia of plant physiology (New series)*, vol 16 b. Berlin: Springer-Verlag, 1983, 457~517
- 8 Whitelam G C, Smith H. Retention of phytochrome mediated shade-avoidance responses in phytochrome-deficient mutants of *Arabidopsis*, cucumber and tomato. *J Plant Physiol*, 1991, 139: 119~125
- 9 Parks B M, Quail P H. hy8, a new class of *Arabidopsis* long hypocotyl mutants deficient in functional phytochrome A. *Plant Cell*, 1993, 25: 39~48
- 10 梁超兴, 白书安, 谭克乔. 水稻幼穗分化二次枝梗后光周期效应的研究. 中国农业科学, 1997, 30: 36~42
- 11 Dehesh K, Tepperman J, Christensen A H et al. PhyB is evolutionarily conserved and constitutively expressed in rice seedlings. *Mol Gen Genet*, 1991, 225: 305~333
- 12 丁 伟, 童 哲, 匡廷云. 光敏核不育水稻和对照品种黄化苗中光敏色素A的免疫印迹检测. 中国水稻科学, 1997, 11: 215~221
- 13 王 伟, 童 哲, 童 哲等. 光周期对光敏核不育水稻光敏色素A含量及其mRNA丰度的影响. 植物学报, 1997, 39: 914~921

表 2 EOD 处理对农垦 58S 和农垦 58 水稻幼穗发育的影响  
Table 2 Effects of end-of-day (EOD) irradiation on panicle development of Nongken 58S and Nongken 58

项目 Items	SD		EOD R		EOD FR / R		EODFR	
	A	B	A	B	A	B	A	B
农垦 58S								
主茎	60.2	51.7	59.0	48.5	58.3	49.6	50.4	24.3
分蘖 1	51.1	42.3	47.5	32.1	50.3	46.4	43.8	17.7
分蘖 2	44.3	27.5	41.5	14.8	46.0	31.2	32.6	4.3
农垦 58								
主茎	57.4	74.7	55.2	67.8	54.5	75.2	47.7	36.9
分蘖 1	44.5	75.6	43.1	56.7	46.2	74.3	33.6	10.4
分蘖 2	38.3	69.3	37.6	46.9	43.1	65.8	-	-

1) A, 小花数, B, 种子结实率. A, number of florets, B, seed setting (%); 2) 每个数据是 5 个重复的平均值, '-' 表示未调查. Average mean from 5 replica, '-' uninvestigated.