

# 水稻长节间基因对 $GA_3$ 敏感性和不育系改良\*

何祖华 申宗坦

(浙江农业大学, 浙江杭州, 310029)

## 提 要

带有长节间基因 *eui* 水稻不论在苗期和抽穗期对  $GA_3$  的敏感性均高于等位的 *Eui* 基因, 尤其对基部的第 1 和第 2 节间影响较大, 属 1-2 节间伸长型。带有 *Eui* 基因则对第 2 和第 3 节间伸长影响较大, 属 2-3 节间伸长型。带有 *eui* 基因的珍长保持系作为供体, 将 *eui* 导入野败不育系二九南 1 号、二九青、V20 以及矮败不育系协青早, 使其穗伸出度提高了 82.3、82.4、70.4 和 58.1%、分别达到 -2.0、-2.4、-4.2 和 -5.4cm。明确 *eui* 基本上消除胞质不育系的包颈现象, 其效应受品种遗传背景的影响。*eui* 基因导入光敏核不育系中, 也能有效排除其包颈现象。对 *eui* 的应用和不育系的选育作了讨论。

**关键词** 水稻不育系; *eui* 基因,  $GA_3$  敏感性, 穗伸出度

水稻胞质不育系的育成, 推动了水稻杂种优势的利用。然而现在应用的籼型不育系均存在不同程度的包颈现象, 在制种时每亩需喷施 8-12g 赤霉素 ( $GA_3$ ), 不仅增加种子生产成本, 同时加重了穗上发芽, 降低种子质量。作者 (1987) 曾探讨了粳稻长节间基因 *eui* 导入野败不育系中以消除其包颈现象, 随后通过回交将该基因导入野败不育系珍汕 97A, 育成不包颈的珍长 A<sup>[2]</sup>, 正在生产上试种。该不育系在不同的气候和栽培条件下, 表现稳定的不包颈特性。杜如伟等 (1991) 报道用 1g/亩  $GA_3$  喷施珍长 A, 其异交率和产量均达到珍汕 97A 大田生产水平。可是, *eui* 基因对外源  $GA_3$  的敏感性尚未作定性定量分析, 也未明确其转育到其它胞质不育系上的效应。

光 (温) 敏核不育系的选育促进了两系杂交稻研究<sup>[6]</sup>, 但核不育系也存在着包颈现象, 同样增加了制种的难度。

为此, 用带有 *eui* 基因的珍长 A, 在不育胞质的背景下, 分析其在苗期和抽穗期对  $GA_3$  的敏感性; 并以珍长 B 为 *eui* 供体, 探讨将 *eui* 基因导入其它 4 个胞质不育系和 1 个光 (温) 敏核不育系中, 以消除其包颈现象的可能性。

## 1 材 料 和 方 法

1990 年 4 月将半矮生型的珍长 A (基因型为 *eui eui sd1 sd1*) 和珍汕 97A (基因型

\* 系国家“八五”攻关课题。

本文于 1992 年 5 月收到, 1992 年 8 月 10 日终审完毕。

为 Eui Eui sd1 sd1) 种子经催芽后, 选取芽长一致的种子播于铺有细砂的塑料盘中, 在 30/22°C(日/夜) 温度和 14 小时光照的培养箱中生长, 待芽直立至 1cm 左右, 均匀涂抹 20、50 和 100ppm 的 GA<sub>3</sub> 溶液, 并以清水涂沫为对照, 重复 3 次, 经 15 天后测定苗高(参照徐建龙等 1989 方法, 略作修改)。分析苗期 eui 和 Eui 基因对 GA<sub>3</sub> 的敏感性差异。

同年 7 月, 将大田试种的珍长 A 和珍汕 97A 分小区喷施折合每亩 1、2、4 和 8g 的 GA<sub>3</sub>, 以喷清水为对照, 重复 3 次。经 2 周后各处理调查 30 株的株高, 分析抽穗期 eui 和 Eui 基因对 GA<sub>3</sub> 的敏感性, 并分析自上而下的第 1 至第 4 节间的伸长及其对株高构成的影响。

1989 年春开始, 以珍长 B 为 eui 基因供体, 分别与 V20B、协青早 B、二九南 1 号 B 和二九青 B 杂交并连续回交, 结合南繁加代, 于 1991 年将 eui 基因导入上述保持系及相应的不育系中。籼型光(温)敏核不育系光 9-5s 作母本与珍长 B 杂交, 于 1991 年 8 月 10-20 日观察 F<sub>2</sub> 代中不育株的包颈情况。育性观察以目测穗部、花药形态, 并辅以花粉镜检为依据。

## 2 结 果

### 2.1 苗期 eui 基因对 GA<sub>3</sub> 的敏感性

珍长 A 和珍汕 97A 对 GA<sub>3</sub> 的敏感性结果表明, 未经 GA<sub>3</sub> 处理的珍长 A 苗高比珍汕 97A 高 3.2cm。经 20、50 和 100ppm GA<sub>3</sub> 处理的珍长 A 幼苗分别比对照递增了 16.1%、23.9% 和 27.7%, 而珍汕 97 递增幅度相对较小, 分别为 13.8%、20.3% 和 23.6%(图 1A),

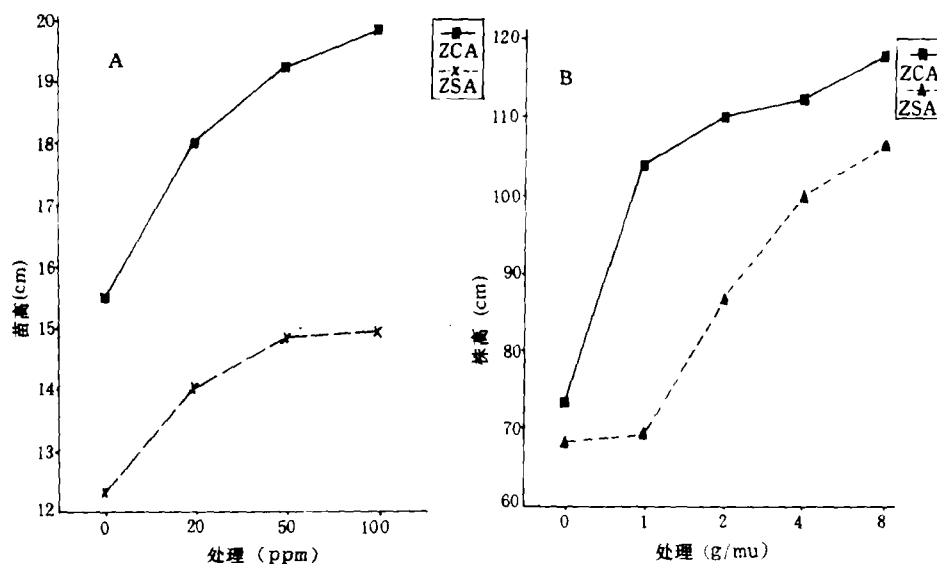


图 1 珍长 A 和珍汕 97A 苗期和抽穗期对 GA<sub>3</sub> 的敏感性

Fig.1 Sensitivity of ZCA and ZSA to GA<sub>3</sub> at seedling and heading stage

A: 苗期, Seedling stage; B: 抽穗期, Heading stage; ZCA: 珍长 A; ZSA: 珍汕 A

即在苗期 *eui* 基因对 GA<sub>3</sub> 较 *Eui* 基因敏感。此外, 2 个不育系分别经 50 和 100ppmGA<sub>3</sub> 处理的苗高十分相近, 说明高浓度 (>50 ppm) 的处理, 并不能继续使苗高明显增加。

## 2.2 抽穗期 *eui* 基因对 GA<sub>3</sub> 的敏感性

株高 73.1cm 的珍长 A, 经喷 GA<sub>3</sub> 1g/ 亩后增高了 30.6 cm, 达到 103.7cm(图 1B)。喷 2、4、8gGA<sub>3</sub>/ 亩后分别递增 36.8、39.0 和 44.5cm。对比之下, 珍汕 97A 经喷 1g/ 亩 GA<sub>3</sub> 的株高由 68.1cm 的基础上仅增高 1.1cm, 喷施 2、4g/ 亩的才明显递增 18.3cm 和 31.7cm, 喷施 8g/ 亩的也仅递增 38.0cm, 相当于珍长 A 喷施 2g/ 亩 GA<sub>3</sub> 的水平, 表明 *eui* 基因在抽穗期的敏感度也高于 *Eui* 基因。但图 1B 所示曲线显示珍长 A 喷施 2-8g/ 亩的株高增高较平缓, 而珍汕 97A 喷施 1-4g/ 亩的近似线性递增, 喷 4-8g/ 亩后才较平缓, 说明 *eui* 和 *Eui* 基因对 GA<sub>3</sub> 的剂量响应不同。

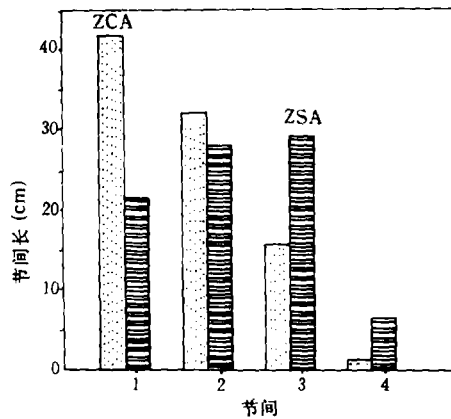


图 2 珍长 A(2g GA<sub>3</sub> 处理) 和珍汕 97A(8g GA<sub>3</sub> 处理) 各节间长

Fig.2 Internode length of ZCA (treated with 2g GA<sub>3</sub>) and ZSA (treated with 8g GA<sub>3</sub>)

## 2.3 GA<sub>3</sub> 对株高构成的影响

在上述抽穗期 *eui* 基因对 GA<sub>3</sub> 的敏感性分析的同时, 又分析了各不育系在相同处理 (0 和 1g/ 亩) 和相近株高的处理 (珍长 A 2g/ 亩、珍汕 97A 8g/ 亩) 情况下, 株高构成的变化 (表 1)。珍长 A 第 1 节间 (由上而下) 长达 25.2cm, 占株高的 34.5%, 第 2-4 节间均较短, 为半矮性类型的株高结构, 也与亲本长节间种质相同 (Rutger 等, 1981)。与此相比, 珍汕 97A 第 1 节间较短, 而第 2 节间较长, 分别占株高的 25.4% 和 24.4%。第 1 节间长与穗伸出度呈极显著相关, 故珍长 A 稻穗基本伸出。珍长 A 在 1g/ 亩 GA<sub>3</sub> 处理后, 第 1-2 节间显著伸长, 2g/ 亩 GA<sub>3</sub> 处理后, 该两节间比不喷施 GA<sub>3</sub> 更迅速伸长 16.3 和 18.0cm, 该两个节间所占株高比例呈持续增加的趋势。珍汕 97A 在 1g/ 亩 GA<sub>3</sub> 处理后, 各节间伸长甚微。在高剂量的 8g/ 亩 GA<sub>3</sub> 处理后, 虽然株高与珍长 A 2g/ 亩处理相仿, 但第 1 节间也仅增高 4.0cm, 而第 2、3 节间分别显著增长达 11.4cm 和 17.4cm。该 2 个节间所占株高比例也呈持续增加趋势。与林鸿宣等 (1991) 观察到的结果相似。因此珍长 A 和珍汕 97A 的株高构成对 GA<sub>3</sub> 的剂量响应是不同的, 也即在 GA<sub>3</sub> 处理下, *eui* 基因控制稻株高度为第 1 和第 2 节间伸长型, *Eui* 基因则为第 2 和第 3 节间伸长型。

表 1 GA<sub>3</sub> 对珍长 A 和珍汕 97A 株高构成的影响 (1990, 杭州)  
Table 1 Effect of GA<sub>3</sub> on components of plant height in ZCA and ZSA (1990, Hangzhou)

品系 Line	处理 GA <sub>3</sub> (g/mu)	株高 (cm) Plant height	节间长度 Internode length (cm)				其余 Others (cm)	穗长 Panicle length (cm)	穗伸出度 PE (cm)
			1 <sup>a</sup>	2	3	4			
珍长 A ZCA	0	73.1	25.2 (34.5) <sup>b</sup>	14.1 (19.3)	11.1 (15.2)	3.4 (4.6)	0.3 (0.4)	19.0 (26.0)	-5.6
	1	103.7	34.4 (33.2)	30.0 (28.9)	15.4 (14.9)	3.4 (3.3)	1.0 (0.9)	19.5 (18.8)	1.6
	2	109.9	41.5 (37.8)	32.1 (29.2)	15.5 (14.1)	1.2 (1.1)	0.1 (0.1)	19.5 (17.7)	4.8
珍汕 97A ZSA	0	68.1	17.3 (25.4)	16.6 (24.4)	11.5 (16.9)	3.4 (5.0)	0.4 (0.6)	18.9 (27.7)	-13.2
	1	69.2	17.6 (25.4)	16.7 (24.1)	11.8 (17.1)	3.7 (5.4)	0.5 (0.7)	18.9 (27.3)	-9.9
	8	106.1	21.3 (20.1)	28.0 (26.4)	28.9 (27.2)	6.0 (5.7)	1.5 (1.4)	20.4 (19.2)	-3.1

a: 从上到下依次为第 1 至第 4 节间 Internodes are numbered from uppermost to bottom of plant.

b: 括号内数据为株高的百分数 Data in parenthesis are percentage of plant height.

PE: Panicle exertion

表 2 eui 不育系 (保持系) 与亲本性状比较 (1991, 杭州, 广州)  
Table 2 Comparison of Rome characters between eui A (B) and its parents (1991, Hangzhou, Guangzhou)

品系 Line	播种至抽穗天数 Days to heading	株高 (cm) Plant height	穗伸出度 PE (cm)	主穗粒数 SMP	柱头外露率 Exserted stigma (%)	
eui- 二九南 1 号 A	eui-EJN A	80	59.5	-2.0	118.0	90.7
eui- 二九南 1 号 B	eui-EJN B	77	72.8	6.9	120.2	
二九南 1 号 A EJN A	79	52.4	-11.3	116.3	79.9	
二九南 1 号 B EJN B	76	55.4	-2.0	115.4		
eui- 二九青 A	eui-EJQ A	82	57.2	-2.4 -1.3*	125.7	35.6
eui- 二九青 B	eui-EJQ B	80	67.3	7.9 9.8	125.9	
二九青 A	EJQ A	82	49.2	-13.6 -9.3	124.6	33.2
二九青 B	EJQ B	79	57.9	-0.1 2.1	122.5	
eui- 协青早 A	eui-XQZ A	89	61.4	-5.4 -3.7	121.3	82.5
eui- 协青早 B	eui-XQZ B	87	75.8	6.9 9.6	134.0	
协青早 A	XQZ A	91	54.7	-12.9 -9.8	120.3	69.4
协青早 B	XQZ B	89	59.9	-0.4 2.3	125.3	
eui-V20 A		87	60.4	-4.2 -2.8	128.5	76.2
eui V20 B		85	70.7	7.6 9.4	138.4	
V20 A		87	48.6	-14.2 -11.9	125.0	76.1
V20 B		85	57.4	-1.1 2.1	134.0	
珍长 A	ZC A	88	62.6	-2.5 -	161.4	48.5
珍长 B	ZC B	86	78.5	7.9 -	160.3	

SMP: Spikelets of main panicle

\* 本栏系 1991 年 10 月广州数据,

\* Data in this column taken from Guangzhou.

## 2.4 eui 基因对胞质不育系的转育

通过 8 个世代的连续杂交、回交, 结合自交选择, 初步获得性状较稳定的 eui 胞质不育系, 即带有 eui 的野败型二九南 1 号 A, 二九青 A, V20A 和矮败型协青早 A(表 2、图 3)。其主要农艺性状与原品种相仿, 但穗伸出度明显增加, 分别提高 82.3%、82.4%、70.4% 和 58.1%, 仅有轻微包颈现象。带有 eui 基因的不育系各分蘖的穗伸出度变异范围, 二九青 A 为 -5.3—1.0cm(平均 -1.3cm)、协青早 A 为 -7.8—2.2cm(平均 -3.7cm)、V20A 为 -6.0—0cm(平均 -2.8cm)。由于穗伸出度的增加, 上述不育系的株高略高于原品种。以上结果确证 eui 基因可以成功地导入各胞质不育系中, 并能有效地减轻其包颈现象, 实现了作者的设想<sup>[2]</sup>。此外, 还表明带有 eui 基因的二九南 1 号 A 和二九青 A 的穗伸出度与 eui 基因供体珍长 A 相仿, 而在相同的 250 株左右 F<sub>2</sub> 群体及 40 个后代株系中选择的带有 eui 基因的协青早 A 和 V20A 的穗伸出度相对较小, 即 eui 基因对穗伸出度的效应受品种遗传背景的影响, 品种间存在一定差异, 证实了作者过去的推论<sup>[2]</sup>。

在选育过程中, 加强了对柱头外露率的选择, 入选株系的柱头外露率也较原品种高。

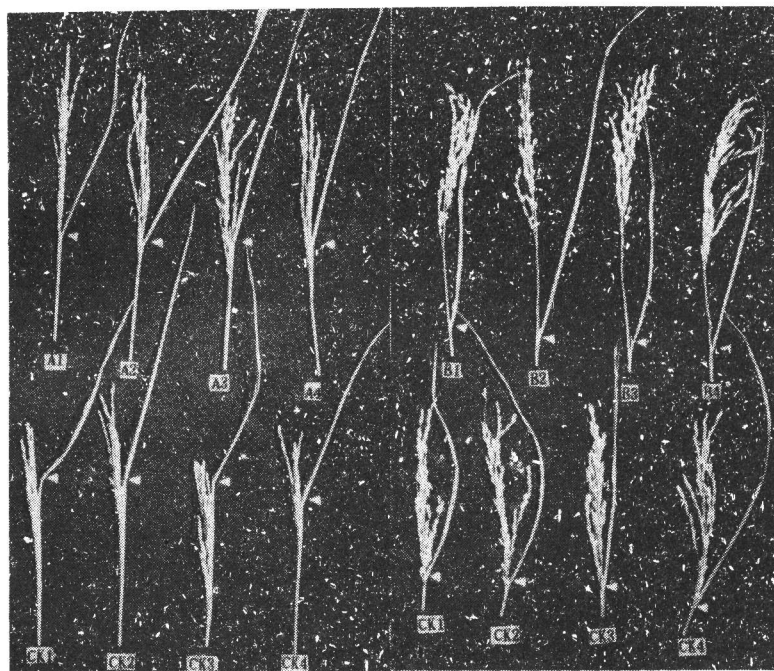


图 3 eui 不育系 (左边) 和保持系 (右边) 穗伸出度与原品种比较

Fig.3 Panicle exsertion of MS lines (left) and maintainers (right) with eui genes compared to their parents

左边 (left) A1 eui-EJN A, A2: eui-EJQ A, A3: eui-XQZ A; A4: eui-V20A

CK1 EJN A, CK2: EJQ A, CK3: XQZ A, CK4: V20A

右边 (right) B1: eui-EJN B, B2: eui-EJQ B, B3: eui-XQZ B, B4: eui-V20B

CK1 EJN B, CK2: EJQ B, CK3: XQZ B, CK4: V20B

## 2.5 eui 基因与光 (温) 敏核不育性的结合

光 (温) 敏核不育系在不育期间其穗伸出度也不十分理想, 如果导入 eui 基因或可改

善其包颈现象。为此曾选择了光 9-5s 核不育系与珍长 B 杂交,  $F_2$  在杭州长日条件下出现 4 种类型 (图 4), 即可育与不育类型, 两者均存在包颈与不包颈现象, 表明 *eui* 基因转育到光 (温) 敏核不育株中也能够有效地解决包颈现象, 提高制种产量。

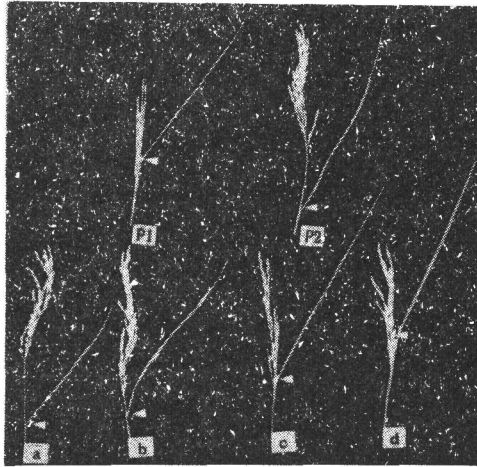


图 4 光 9-5S/ 珍长 B  $F_2$  分离类型和亲本

Fig. 4 Segregation types of Guang 9-5S/ZCB  $F_2$  and parents  
P1 光 9-5S, Guang 9-5S, P2 珍长 B, ZCB  
a. 可育长颈, Fertile with long PE;  
b. 可育短颈, Fertile with short PE;  
c. 不育不包颈, Sterile with non-panicle exclusion;  
d. 不育包颈, Sterile with panicle exclusion

### 3 讨 论

水稻不育系的包颈一直是杂交稻生产中的一大难题, 作者首次从遗传角度解决了这个问题<sup>[1,2]</sup>, 并已育成一些不包颈的不育系。

#### 3.1 *eui* 不育系株高和穗伸出度选择标准

首次育成的珍长 A 试种结果表明, 其植株略高, 导致配制的杂种较高, 影响抗倒性。为此有必要进一步降低 *eui* 不育系的株高, 但随之也降低了第 1 节间的长度, 增加了不育系的包颈程度 (因穗伸出度与第 1 节间长呈显著正相关<sup>[2]</sup>)。因此可选择植株较矮, 穗伸出度减低不多的类型, 并借助 *eui* 对  $GA_3$  的敏感性尤其是对第 1 和第 2 节间伸长影响较大的特性, 喷施少量  $GA_3$  以提高其穗伸出度, 消除包颈现象和提高柱头外露率。为此今后的选育工作不应过份强调不育系高穗伸出度, 而主要以少量喷施  $GA_3$  即可达到理想的穗伸出度的类型。其植株高应保持与原有轮回亲本的高度相仿, 约在 60cm 左右, 其穗伸出度保持 -5cm 左右。这种设想正在本课题的育种实践中加以验证。

#### 3.2 *eui* 基因在杂交稻中的应用

长节间种质的原选育者 Rutger 等设想把 *eui* 基因导入到恢复系中, 增加恢复系的株高, 以改良其授粉效果<sup>[7]</sup>。但目前生产上应用的恢复系株高均高于不育系, 不存在授粉困难问题, 无须再增加原有的株高, 根据我们的研究, *eui* 基因可以有效地消除胞质不育系

和光敏核不育系的包颈现象。因此设想把 *eui* 基因导入到各类胞质不育系和核不育系中，改善其株高的遗传控制，最终消除不育系的包颈问题。一些单位也在利用育成的籼型长节间种质作为光敏核不育系的标志性状以区分自交类型（私人通讯）。总之，*eui* 基因在杂交稻中有着广泛应用前景，正等待水稻遗传育种学家们深入研究、挖掘和开发。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 申宗坦、杨长登、何祖华，1987，中国水稻科学，1 (2)，95—99。
- [ 2 ] 何祖华、申宗坦，1991，中国水稻科学，5 (1)，1—6。
- [ 3 ] 杜如伟、杨国花，1991，杂交水稻，(2)，20—22。
- [ 4 ] 林鸿宣、熊振民、闵绍楷等，1991，中国水稻科学，5 (1)，13—18。
- [ 5 ] 徐建龙、申宗坦、林贻滋，1989，浙江农业学报，1(2)，91—93。
- [ 6 ] 袁隆平，1987，杂交水稻，(1)，1—3。
- [ 7 ] Rutger, J. N., H. L. Carnahan, *Crop Science*, 21, 373—376.

## Sensitivity of Elongated Internode Gene to $GA_3$ and Improvement of MS Line in Rice

He Zu-hua      Shen Zong-tan

(*Zhejiang Agricultural University, Hangzhou 310029*)

### Abstract

Rice with the *eui* gene for the elongated uppermost internode is more sensitive than that with the *Eui* gene to  $GA_3$  at seedling and heading stages. The first and Second internodes of the Plant with the *eui* gene and the second and third ones of the plant with the *Eui* gene are greatly affected by  $GA_3$ , which are considered as the first-second and second-third internode elongation types respectively. Using Zhen-chang B as the donor, the gene was transferred into the wild abortive cytoplasmic male sterile (CMS) lines Er-jiu-nan 1A, Er-jiu-qing A, V20A and dwarf abortive CMS line Xie-qing-zao A, and that leads an increase of panicle exertion (PE) in those lines by 82.3, 82.4, 70.4, 58.1%, and elongating to -2.0, -2.4, -4.2, -5.4cm respectively. It is proven that the *eui* gene can eliminate the panicle enclosure of CMS lines and its effect is modified by genetic background of lines. Even the recombination of the gene with the photoperiod sensitive genic MS line also can eliminate its panicle enclosure. The utilization of the *eui* gene and breeding for *eui* MS line are also discussed.

**Key words**      Rice msle sterile line, *Eui* gene, Sensitivity to  $GA_3$ , Panicle exertion