

## 具有黄绿叶标记的香型籼稻不育系选育研究

刘国民, 高必军, 文绍山, 焦峻

(四川省农业科学院水稻高粱研究所, 四川德阳 618000)

**摘要:** 【目的】转育成携带有标记性状的实用香型籼稻三系不育系及保持系。【方法】利用常规杂交自然分离突变体黄绿色叶片、有香味植株, 转育成带有标记性状和香味的实用型不育系。【结果】选育的黄绿叶片突变体不育系其叶色自苗期至成熟期均表现为黄绿色, 与正常叶色极易区别, 并且未发现黄色退化现象。采用热水法鉴别具有香味的株系转育成带黄绿叶标记的香型籼稻不育系, 其株高在 41.5—56.5 cm, 植株叶片及谷粒颖壳呈黄绿色, 其中叶鞘、叶耳及叶片边缘呈紫红色, 分蘖力中等; 其中黄标 3A 的穗长 24.9 cm, 穗子着粒数 145.0 粒, 谷粒呈长粒梭状形; 千粒重 28 g, 播始期 85 d, 其保持系基部结实好, 充实饱满。柱头呈紫黑色, 柱头较大、而外露好。与恢复系测交、常规杂交的正、反交, 其  $F_1$  代均表现为正常绿色; 测交、常规正、反交  $F_2$  代群体平均分离比例分别为: 2.92 : 1、2.76 : 1 和 2.96 : 1, 经卡方检测,  $F_2$  代群体分离符合 3 : 1 比例, 表明黄绿色叶片呈隐性遗传, 受 1 对隐性基因控制。【结论】黄绿叶标记不育系带有香味, 且叶色与正常叶色有显著差异, 受 1 对隐性基因控制。黄绿色叶片这一标记性状遗传稳定。与不同恢复系配组,  $F_1$  代表现一般配合力强, 可恢复性好。

**关键词:** 水稻; 突变体; 黄绿叶色; 遗传标记; 转育; 香型籼稻不育系

## Breeding of Male Sterile Line of Aromatic *Indica* Rice with Yellow-Green Leaves Marker

LIU Guo-min, GAO Bi-jun, WEN Shao-shan, JIAO Jun

(Rice and Sorghum Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Deyang 618000, Sichuan)

**Abstract:** 【Objective】 The applied CMS sterile line and maintainer line of aromatic indica rice with marker character was bred. 【Method】 The CMS sterile line of aromatic indica rice with marker character was bred by using general crossing and natural segregation mutation yellow-green leaves plant. 【Result】 The selected yellow-green leaves mutation male sterile line has yellow-green leaves from seedling stage to mature stage. It can be distinguished from the general leaves easily. No degeneration phenomenon in yellow was found. The aromatic plant lines identified by hot water method were selected as aromatic indica rice sterile lines with yellow-green leaves marker. Its plant height was 41.5-56.5 cm. Its leaves and glumes were yellow-green. Its leaf sheath, auricles and edge of leaves were purple-red in color. Its tillering capacity was moderate. The panicle length of Huangbiao 3A was 24.9 cm. The spikelet number per panicle of it was 145. The cereal grain of it was long grain like a shuttle. The 1000-grain weight of it was 28 g. Its growing period was 85 d. The setting percentage of its maintainer line basal panicle was high and seeds were full. The stigma of it was purple-black in color, bigger in size, and good in exertion rate. When it was test crossed and general reciprocal crossed with others green rice plant, its  $F_1$  generation all appeared normal green. The average segregation rate of its  $F_2$  generation population was 2.92 : 1, 2.76 : 1, and 2.96 : 1, respectively. The segregation ratio accorded with 3 : 1 by  $\chi^2$  test. It indicated that the yellow-green leaves were recessive inheritance and controlled by a pair of recessive genes. 【Conclusion】 The indica rice male sterile line with yellow-green leaf marker had scents and a significant difference with general rice in leaf color. Its yellow-green leaf is controlled by a pair of recessive genes. Its label character yellow-green leaf is stabilization in heredity. When it is crossed with restoring lines, the general combining ability of  $F_1$  is evidence. It indicates that the sterile line is restored easily.

**Key words:** rice; mutation; yellow-green leaves; heredity marker; breeding; sterile line of aromatic indica rice

收稿日期: 2009-08-27; 接受日期: 2009-11-23

基金项目: 四川省省财政育种工程专项基金 (YZgc11-031) 资助

作者简介: 刘国民, 副研究员。Tel: 0830-2514114; E-mail: 296685716@qq.com。通信作者高必军, 副研究员, 博士。Tel: 0830-2514114; E-mail: gaobijun@163.com

## 0 引言

【研究意义】随着一批低温光敏不育系的育成，中国两系杂交水稻已进入大面积应用推广阶段。由于两系杂交水稻本身存在遗传缺陷，即不育系的育性是由温光环境条件所决定及真假杂种难辨真伪，其种子生产存在很大的风险，成为两系杂交稻迅速发展的一大阻碍。同时，近年来在三系不育系的选育应用中，不育系不育度有所下降，即不育系存在微效可育恢复基因，出现自交结实表现<sup>[1]</sup>。因此，急需培育高产、优质、抗病、带有易识别标记性状的新不育系，解决近年来两系、三系在生产上出现的种子质量问题。【前人研究进展】叶色标记是一种肉眼易识别的外部表现标记性状，携带叶色标记的不育系苗期或整个生育周期即表现出特殊的叶色标记特征。因此，叶色突变体的选育，受到诸多研究者的关注，并大力开展了叶色突变体的培育筛选工作。曹立勇等<sup>[2]</sup>采用杂交、回交转育的方法培育出了携带紫色叶标记的光温敏核不育系中紫 S；董凤高等<sup>[3]</sup>也采用杂交和回交转育的方法把浅绿色叶基因导入籼型温敏核不育系，培育出了光温敏不育系 M2S；余新桥等<sup>[4]</sup>利用 M2S 作为供体，用中红 B 为母本杂交，选育带淡绿叶标记不育系标-1A；舒庆尧等<sup>[5]</sup>利用诱发突变技术直接培育带叶色标记的温敏核不育系，获得一批叶色突变体；吴殿星、沈圣泉、陈益海等<sup>[6-8]</sup>利用辐射技术和结合组织培养、杂交和回交方法先后选育了 LCM8S、R172S、全龙 A、白丰 A、粳稻黄叶早 A 和黄叶迟 A 等标记不育系。值得注意的是，插入突变以转基因技术为基础，涉及转基因安全性问题，在插入叶色突变体用于农业生产之前，必须对其环境安全和食品安全性进行深入的研究和分析<sup>[9]</sup>。【本研究切入点】大多数的研究都集中在选育带有标记性状光温敏、三系不育系方面，而具有标记性状、且有香味的两系或三系不育系选育尚未见报道。【拟解决的关键问题】本研究利用常规杂交自然分离突变体黄绿色叶片、有香味植株，转育成带有标记性状和香味的实用型籼稻不育系，以期能够筛选出高产、优质抗病新组合，扩大地域性和满足人们对香型优质大米的需求，同时保证种子生产质量和创新改良新材料。

## 1 材料与方法

### 1.1 黄绿叶色标记性状来源

用 Jefferson//常杂 3 号/金陵丝苗（表现为光身稻）

///泸香 91B 杂交后，带到四川省农科院水稻高粱研究所海南英州试验基地冬繁种植 F<sub>1</sub>。2006 年在四川德阳试验基地种植 F<sub>2</sub>，在种植的 500 株 F<sub>2</sub> 分离群体中，有 469 株无香味；31 株有香味，其中发现了杂交自然突变体黄绿叶片植株 6 株，有 3 株黄绿叶的植株具有香味。

### 1.2 黄绿叶色标记性状不育系及保持系选育

在三系制保选育过程中，2005 年春季在德阳试验基地，对发现的具有香味黄绿叶片突变体植株，用四川省农科院水稻高粱研究所育成的粳质籼核不育系 K17A 进行测配，2006 年海南冬繁进行观察，发现其 F<sub>1</sub> 代为正常绿色，但是其植株则表现为雄性不育，且败育较好，回交转育成 BC<sub>1</sub>F<sub>1</sub>，2007 年 4 月在四川德阳种植观察，在 BC<sub>1</sub>F<sub>1</sub> 群体中出现了 9 株带有标记性状的不育株，且雄性败育较彻底。选择带有标记性状的不育株，并继续回交转育成 BC<sub>2</sub>F<sub>1</sub>。2007 年秋于海南继续种植在回交群体中占多半以上的黄绿叶片植株，并择优回交 BC<sub>3</sub>F<sub>1</sub>，冬繁继续种植，发现全部为黄绿色植株，并继续回交转育 BC<sub>4</sub>F<sub>1</sub>。2008 年四川德阳正季选育，在所有回交群体中，全部植株均为黄绿叶片的不育株、且败育彻底，进行了株高、生育期及分蘖力分类型继续回交 BC<sub>5</sub>F<sub>1</sub>，并进行了优势配组和遗传稳定性验证（黄绿色叶片株间杂交）及相关的遗传分析。2008 年海南冬繁继续回交转育 BC<sub>6</sub>F<sub>1</sub>。初步筛选定名为带黄绿叶标记不育系及保持系（图 1）。对株高为 45 cm 左右、表现早熟的株系拟名为黄标 1A；株高为 60 cm 左右、表现早熟和迟熟的分别拟名为黄标 2A 和黄标 3A。2008 年在海南继续观察，该黄绿色叶片性状遗传稳定，测交 F<sub>1</sub> 代组合取样考种结果：产量 9.31—10.32 t·hm<sup>-2</sup>，表现优势强、结实率高、稻米品质优（外观观察），具有筛选高产、优质、抗病新组合的潜力。

### 1.3 黄绿叶标记不育系香味鉴定

带有黄绿叶标记性状不育系的香味鉴别参照 Nagaraju 等<sup>[10]</sup>的热法识别具有香味株系，操作中适当加大了样品量。具体操作：在黄绿叶片生长期，取其植株叶片 2—3 片，剪碎后，置入 100 mL 的容器内，加入热水（80℃左右）封盖，稍后 15 s 左右闻其气味，筛选有香味的株系。

### 1.4 带黄绿叶标记不育系遗传及实用性研究

对带黄绿叶标记不育系与正常植株杂交后代进行形态观察，同时对其育性的可恢复性、F<sub>1</sub> 代杂种优势、F<sub>2</sub> 代分离比例进行调查和统计分析。

## 2 结果

### 2.1 香型黄绿叶不育系的形态特征

在海南英州试验基地，用带黄绿叶标记不育系与生产上应用较广泛的正常叶色不育系 II-32A 和 G46A 对照比较其外部形态特征，带黄绿叶标记不育系株高在 41.5—56.5 cm，比 II-32A (59.5 cm) 和 G46A (60.4 cm) 植株矮，植株叶片及谷粒颖壳呈黄绿色，叶鞘、叶耳及叶片边缘呈紫红色，分蘖力中等。其中黄标 3A 的穗长 24.9 cm，与 II-32A (24.95 cm) 和 G46A (25.2 cm) 相当，穗子着粒数 145.5 粒，与 II-32A (148.5 粒) 和 G46A (146.0 粒) 相当，谷粒呈长粒梭状形，千粒重 28 g，比 II-32A (26.2 g) 和 G46A (26.53 g) 高 1.5 g 以上；播始期 85 d 比 II-32A (93 d) 短 8 d，比 G46A (78 d) 长 7 d；柱头呈紫黑色，柱头较大、外露好。选择具有香味的株系继续回交，回交系稳定，并进行了相关的遗传分析和优势鉴定。所选育的带黄绿叶标记不育系在生长势上与正常叶色不育系无显著差别（图 1），无退化或枯死现象；与杂种 F<sub>1</sub> 植株及抽穗形态比较，其叶色色差有明显的区别（图 2）；

黄标 3A 与 II-32A、G46A 的植株形态和抽穗比较，可以看出其植株的生长势与 II-32A、G46A 无较大的差别（图 3）；黄标 3A 与 II-32A、G46A 的穗子形态与柱头外露比较，穗子穗长与 II-32A 和 G46A 相当，但柱头的外露率高于 II-32A 和 G46A（图 4），而保持系表现与不育系一致，保持系不包颈。保持系基部结实好，充实饱满。

### 2.2 香味黄绿色叶片标记性状的遗传特点

本研究中，经热水法香味鉴别，500 株群体的 F<sub>2</sub> 代有 469 株无香味，31 株有香味，而无香味与有香味的分离比例为 15.13 : 1（其中有 3 株黄绿叶的植株具有香味），与任光俊等<sup>[1]</sup>和周坤炉等<sup>[12]</sup>报道的水稻无香味与有香味的分离比例结果相似。笔者选育具有黄绿叶色标记性状，又有香味的三系不育系。同时，针对黄绿叶色标记性状进行了遗传特点的调查研究（表 1）。

通过采取不同的方式杂交，结果显示：带黄绿叶标记不育系与光温敏不育系 Y58s 测交，带黄绿叶标记保持系与正常绿叶保持系正、反交，其杂种 F<sub>1</sub> 代均表现为正常叶色植株，表明黄绿色标记性状受隐性基

表 1 F<sub>2</sub> 遗传表现

Table 1 F<sub>2</sub> hereditary characters

组合名称 Name of combination	F <sub>2</sub> 群体株数 No. of F <sub>2</sub> population plants			正常/黄绿叶 Ratio of normal and yellow-green	$\chi^2(3:1)$	$\chi_{0.05.1}^2$
	总株数 Total	绿叶 Green	黄绿叶 Yellow-green			
Y58s/黄标 1B Y58s/Huangbiao 1B	535	395	140	2.82 : 1	0.33	3.84
Y58s/黄标 2B Y58s/Huangbiao 2B	627	479	148	3.24 : 1	0.58	3.84
Y58s/黄标 3B Y58s/Huangbiao 3B	531	388	143	2.71 : 1	0.95	3.84
平均( $\bar{x}$ ) Average( $\bar{x}$ )				2.92 : 1		
黄标 1B/DB567 Huangbiao 1B/DB567	338	247	91	2.71 : 1	0.57	3.84
黄标 2B/DB937 Huangbiao 2B/DB937	234	176	58	3.03 : 1	0.00	3.84
黄标 3B/DB961 Huangbiao 3B/DB961	342	255	87	2.93 : 1	0.02	3.84
黄标 3B/DB479 Huangbiao 3B/DB479	258	187	71	2.63 : 1	0.74	3.84
黄标 3B/DB877 Huangbiao 3B/DB877	235	179	56	3.20 : 1	0.11	3.84
平均( $\bar{x}$ ) Average( $\bar{x}$ )				2.90 : 1		
DB567/黄标 1B DB567/Huangbiao 1B	283	212	71	2.99 : 1	0.00	3.84
DB937/黄标 2B DB937/Huangbiao 2B	231	170	61	2.79 : 1	0.17	3.84
DB961/黄标 3B DB961/Huangbiao 3B	392	298	94	3.17 : 1	0.17	3.84
DB479/黄标 3B DB479/Huangbiao 3B	296	215	81	2.65 : 1	0.76	3.84
DB877/黄标 3B DB877/Huangbiao 3B	270	208	62	3.35 : 1	0.49	3.84
平均( $\bar{x}$ ) Average( $\bar{x}$ )				2.99 : 1		



A, C: 黄标 2A; B: 黄标 1A; D: 黄标 3A  
A, C: Huangbiao 2A; B: Huangbiao 1A; D: Huangbiao 3A

图 1 带黄绿叶标记不育系株系

Fig. 1 Male sterile lines with yellow-green leaves marker



A: 黄标 3A; B: F<sub>1</sub> A: Huangbiao 3A; B: F<sub>1</sub>

图 2 带黄绿叶标记不育系与 F<sub>1</sub> 植株比较

Fig. 2 Male sterile lines with yellow-green leaves marker and its F<sub>1</sub>

因控制; 常规黄绿色叶片株系间杂交, 其杂种 F<sub>1</sub> 代均表现为黄绿色叶片植株, 结合前面的测交和正、反交结果说明该标记性状遗传稳定。在测交、常规正、反交的 F<sub>2</sub> 代分离群体中 (表 1), 只出现了正常绿色和黄绿色叶片植株。测交 3 个, F<sub>2</sub> 分离为正常绿色株数的分别为 395、479、388 株, 黄绿色叶片株数分别为 140、148、143 株, 正常绿色和黄绿色叶片植株比例平均为 2.92 : 1。黄绿色叶片正交 5 个, F<sub>2</sub> 分离为正常绿色的分别为 227、176、255、187、179 株; 黄绿



A: 黄标 3A; B: II-32A; C: G46A  
A: Huangbiao 3A; B: II-32A; C: G46A

图 3 黄标 3A 与 II-32A、G46A 的植株形态和抽穗比较

Fig. 3 The plants and spikes of Huangbiao 3A, II-32A, and G46A



A: II-32A; B: G46A; C: 黄标 3A  
A: II-32A; B: G46A; C: Huangbiao 3A

图 4 黄标 3A 与 II-32A、G46A 的穗子形态与柱头外露比较  
Fig. 4 The spikes and stigma exsertion of Huangbiao 3A, II-32A, and G46A

色叶片株数分别为 91、58、87、71、56 株, 正常绿色和黄绿色叶片植株比例平均为 2.90 : 1。反交 5 个, F<sub>2</sub> 分离为正常绿色的分别为 212、170、298、215、208 株; 黄绿色叶片株数分别为 71、61、94、81、62 株, 正常绿色和黄绿色叶片植株比例平均为 2.99 : 1。经卡

方测验,  $\chi^2(3:1) < \chi_{0.05.1}^2$ , 表明, 不论是测交和常规正、反交, 其  $F_2$  代群体分离均符合 3:1 的分离比例, 说明黄绿色的遗传是受 1 对隐性基因控制。

### 2.3 带黄绿叶标记不育系配组的恢复力及优势表现

2008 年夏季用黄绿叶标记香型不育系与不同类型的恢复系配组, 2008 年于海南基地冬繁种植, 成熟

后, 取样 5 株进行考种(表 2)。结果表明, 不同株系所配的杂种  $F_1$  代, 平均有效穗 302.50 万· $hm^{-2}$ , 每穗总粒数 143.65 粒, 每穗实粒数 121.39 粒, 结实率 84.79%, 千粒重 28.42 g, 理论产量 10.40 t· $hm^{-2}$ 。从中可以看出带黄绿叶标记不育系株系表现出一般配合力强, 可恢复性好。

表 2 带黄绿叶标记不育系与不同恢复系配制的杂种  $F_1$  产量性状表现

Table 2 The yield components of  $F_1$  hybrids of male sterile lines with yellow-green leaves marker and different restoring lines

组合名称 Name of combination	有效穗 No. of effective panicles in 1 m <sup>2</sup>	每穗总粒数 Spikelets per panicle	每穗实粒数 Filled grains per panicle	结实率 Seed-setting rate (%)	千粒重 1000-grain weight (g)	理论产量 Theoretical yield (t· $hm^{-2}$ )
黄标 3A/R601 Huangbiao3A/R601	292.50	146.50	128.23	87.33	27.50	10.31
黄标 3A/R606 Huangbiao3A/R606	315.00	142.00	118.14	83.20	28.50	10.61
黄标 1A/R616 Huangbiao1 A/R616	303.75	137.00	112.15	81.86	29.00	9.88
黄标 3A/R617 Huangbiao3 A/R617	337.50	156.50	135.17	86.37	27.00	12.32
黄标 2A/R612 Huangbiao2 A/R612	303.75	121.78	109.04	89.54	30.00	9.94
黄标 2A/R138 Huangbiao 2A/R138	262.50	154.65	124.39	80.43	28.50	9.31
平均( $\bar{x}$ ) Average( $\bar{x}$ )	302.50	143.07	121.19	84.79	28.42	10.40

## 3 讨论

随着杂交水稻优势利用的深入, 人们对水稻产量、品质和抗病的需求越来越高, 其中稻米香味是重要的品质性状之一, 它的研究利用已成为当前的热点。经前人研究表明, 香米香味浓郁、口感好, 能增强人们的食欲, 而且营养价值较高, 其蛋白质、脂肪、氨基酸和微量元素的含量较丰富, 尤其是 8 种必须氨基酸的含量较丰富, 表现出优良的营养品质<sup>[13]</sup>。由于传统名贵香稻地方品种存在地域性强、植株高、较不抗病、生育期长、产量低等缺点, 因而栽培面积小, 在稻米生产中一直未能起到主导作用<sup>[14]</sup>, 而有香味的稻米与无香味的稻米价格也不一样。本研究选育的目标之一就是培育能在生产上易识别、剔除杂株, 又能够充分利用光合作用, 提高光合性能的高产、优质、抗病新组合, 满足人们对香型优质大米的需求。

在以往的研究中, 对于香味的遗传, 国内外多数报导认为, 香稻材料的香味为由 1—2 对隐性基因控制的遗传, 但也有报导认为是 3 对或 4 对基因间互作控制的复杂遗传<sup>[12,15-16]</sup>。其中任光俊等<sup>[11]</sup>和周坤炉等<sup>[12]</sup>均报道过水稻无香味与有香味的比例是 15:1, 宋文昌等<sup>[15]</sup>报道无香味与有香味符合 3:1 的分离比例。任光俊等<sup>[16]</sup>的研究结果表明, 2 对香味基因在不同的

材料间可能是不等位的。蒋开峰等<sup>[17]</sup>研究的泸香 90A 的香味是由 1 对隐性主基因控制, 以上可能是由于不同研究者所用的香味测定方法不同所致。本研究中, 无香味与有香味的分离比例为 15.13:1, 与周坤炉等和任光俊等报道的分离比例结果相似。

本研究结果表明, 黄绿叶是一个稳定的遗传性状(从苗期到整个生育期叶色均呈黄绿色, 黄绿叶植株与正常绿叶杂交, 后代表现绿叶; 黄绿叶植株间杂交, 后代表现黄绿叶), 又是一个利用常规杂交的自然突变体。该不育系自身分蘖力较强、长势较旺, 不存在退化或者枯死现象;  $F_2$  代群体分离均符合 3:1 的分离比例, 说明黄绿色的遗传是受 1 对隐性基因控制, 与沈圣泉等<sup>[7,18]</sup>、陈益海等<sup>[8]</sup>报道的叶色控制基因性质相似。而与牟同敏等<sup>[19]</sup>报道的水稻紫叶性状受 3 对基础基因和 2 对抑制基因的控制, 陶华等<sup>[20]</sup>报道的叶色遗传受 2 对基因控制, 且 1 对基因对另 1 对基因有抑制作用的结果不同; 带黄绿叶标记不育系与不同恢复系配组, 表现一般配合力较强, 可恢复性好。 $F_1$  代组合表现转色好、结实率高、稻米品质优。它与其它标记叶色(淡绿及紫色)的遗传有不同的遗传方式, 易杂交选育控制, 对于创新改良材料是不可多得的基础资源。笔者目前正在做香型基因与黄绿叶色基因的定位研究及黄绿叶色基因的克隆试验。

由于杂交水稻种子生产质量不断出现问题,带标记性状不育系的选育成为育种者关注的焦点。培育携带叶色标记的不育系,苗期或整个生育周期即表现出特殊的叶色标记性状,而其配制产生的杂种  $F_1$  植株则表现为正常绿色,两者易区别<sup>[9]</sup>,这样在秧苗生长期可以根据叶色差异剔除混杂的不育系或保持系,达到去杂保纯的目的。而在不育系繁殖时,不育系可能与外来花粉受精结实,但因其后代的植株表现为正常绿色,可在制种田里方便去除,从而确保田里不育系的种子纯度<sup>[10]</sup>。

## 4 结 论

选育的带有黄绿叶色标记性状的香型籼稻不育系具有香味,在整个生育期存在着与正常叶色明显的叶色差异,其生长势有较大差别,无退化或枯死现象。黄绿色的遗传是受 1 对隐性基因控制。选育研究带有黄绿叶标记不育系是为了利用黄绿叶标记性状,与恢复系配组时,杂种  $F_1$  表现为正常叶色,不会影响光合作用,杂种优势强,可恢性好,一般配合力高,是一个具有应用价值的不育系。

## References

- [1] 李小林, 邓安凤, 徐雨然, 吴殿星, 李健强, 王建华. 农业生物技术在水稻种子纯度鉴定中的应用. 中国农学通报, 2007, 23(4): 54-58.
- Li X L, Deng A F, Xu Y R, Wu D X, Li J Q, Wang J H. Research progress on agricultural biotechnology utilizing in purity identification of rice seed. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2007, 23(4): 54-58. (in Chinese)
- [2] 曹立勇, 钱 前, 朱旭东, 曾大力, 闵绍楷, 熊振民. 紫叶标记籼型光温敏核不育系中紫 S 的选育及其配组的杂种优势. 作物学报, 1999, 25(1): 39-43.
- Cao L Y, Qian Q, Zhu X D, Zeng D L, Min S K, Xiong Z M. Breeding of a photo-thermo sensitive genic male sterile *indica* rice Zhongzi S with a purple-leaf marker and the heterosis of its hybrid rice produced with it. *Acta Agronomica Sinica*, 1999, 25(1): 39-43. (in Chinese)
- [3] 董凤高, 朱旭东, 熊振民, 程式华, 孙宗修, 闵绍楷. 以淡绿色为标记的籼型-光温敏核不育系 M2S 的选育. 中国水稻科学, 1995, 9(2): 65-67.
- Dong F G, Zhu X D, Xiong Z M, Cheng S H, Sun Z X, Min S K. Breeding of a photo-thermoperiod sensitive genic male sterile *indica* rice with a pale-green-leaf marker. *Chinese Journal of Rice Science*, 1995, 9(2): 65-67. (in Chinese)
- [4] 余新桥, 罗利军, 梅捍卫, 王一平, 钟代彬, 郭龙彪, 应存山. 水稻标记不育系标-1A 的选育与利用. 西南农业学报, 2000, 13(4): 6-9.
- Yu X Q, Luo L J, Mei H W, Wang Y P, Zhong D B, Guo L B, Ying C S. The breeding and uses of marker CMS line, Biao-1A in rice. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2000, 13(4): 6-9. (in Chinese)
- [5] 舒庆尧, 刘贵付, 夏英武. 温敏水稻叶色突变体的研究. 核农学报, 1996, 10(1): 6-10.
- Shu Q Y, Liu G F, Xia Y W. Temperature-sensitive leaf color mutation in rice (*Oryza sativa* L.). *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 1996, 10(1): 6-10. (in Chinese)
- [6] 吴殿星, 舒庆尧, 夏英武, 景晓阳, 刘贵付. <sup>60</sup>Co- $\gamma$ 射线诱发的籼型温敏核不育水稻叶色突变系变异分析. 作物学报, 1999, 25(1): 64-69.
- Wu D X, Shu Q Y, Xia Y W, Jing X Y, Liu G F. Analysis of variation in thermo-sensitive genic male sterile leaf color mutant lines induced from *indica* rice (*Oryza sativa* L.) by <sup>60</sup>Co-irradiation. *Acta Agronomica Sinica*, 1999, 25(1): 64-69. (in Chinese)
- [7] 沈圣泉, 舒庆尧, 包劲松, 吴殿星, 崔海瑞, 夏英武. 实用转绿型叶色标记不育系白丰 A 的应用研究. 中国水稻科学, 2001, 18(1): 34-38.
- Shen S Q, Shu Q Y, Bao J S, Wu D X, Cui H R, Xia Y W. Development of a greenable leaf colour mutant baifeng A and its application in hybrid rice production. *Chinese Journal of Rice Science*, 2001, 18(1): 34-38. (in Chinese)
- [8] 陈益海, 王建平, 朱勇良, 谢裕林, 乔中英. 粳稻淡黄绿叶标记不育系选育初报. 云南农业大学学报, 2005, 20(5): 739-741.
- Chen Y H, Wang J P, Zhu Y L, Xie Y L, Qiao Z Y. Preliminary study on development of sterile line of keng rice marked by light yellow-green leaves. *Journal of Yunnan Agricultural University*, 2005, 20(5): 739-741. (in Chinese)
- [9] 何 冰, 刘玲珑, 张文伟, 万建民. 植物叶色突变体. 植物生理学通讯, 2006, 42(1): 1-9.
- He B, Liu L L, Zhang W W, Wan J M. Plant leaf color mutants. *Plant Physiology Communications*, 2006, 42(1): 1-9. (in Chinese)
- [10] Nagaraju M, Chaudhary D, Rao M J B. A simple technique to identify scent in rice and inheritance pattern of scent. *Current Science*, 1975, 44: 599.
- [11] 任光俊, 李青茂, 彭兴富, 刘光春. 水稻香味的遗传. 四川农业大学学报, 1994(3): 392-395.
- Ren G J, Li Q M, Peng X F, Liu G C. Inheritance of aroma in rice. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 1994(3): 392-395. (in Chinese)

- [12] 周坤炉, 白德朗, 阳和华. 杂交香稻香味的遗传与应用. 湖南农业科学, 1989(2): 10-12.  
Zhou K L, Bai D L, Yang H H. Inheritance and apply of hybrid scented rice aroma. *Hunan Agricultural Sciences*, 1989(2): 10-12. (in Chinese)
- [13] Sekhar B P S, Reddy G M. Amino acid profiles in some scented rice varieties. *Theor Appl Genet*, 1982, 62: 35-37.
- [14] 李林峰, 李 军. 香稻种质资源及研究进展. 上海农学院学报, 1997, 15(4): 305-309.  
Li L F, Li J. The germplasm of aromatic rice and its research progress. *Journal of Shanghai Agricultural College*, 1997, 15(4): 305-309. (in Chinese)
- [15] 宋文昌, 陈志勇, 张玉华. 同源四位体和二倍体水稻香味的遗传分析. 作物学报, 1989, 15(3): 273-277.  
Song W C, Chen Z Y, Zhang Y H. Inheritance of aroma in autotetraploid and diploid rices. *Acta Agronomica Sinica*, 1989, 15(3): 273-277. (in Chinese)
- [16] 任光俊, 陆贤军, 张 翹, 李青茂, 刘光春. 水稻香味的遗传分析. 西南农业学报, 1999, 12(2): 24-27.  
Ren G J, Lu X J, Zhang C, Li Q M, Liu G C. Genetic analysis of aroma in rice. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 1999, 12(2): 24-27. (in Chinese)
- [17] 蒋开峰, 郑家奎, 赵甘霖, 杨乾华, 万先齐. 水稻不育系泸香 90A 的香味遗传初步研究. 西南农业学报, 2004, 17(1): 135-136.  
Jiang K F, Zheng J K, Zhao G L, Yang Q H, Wan X Q. A preliminary study on scent inheritance of cytoplasmic male sterile line Luxiang 90A in rice. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2004, 17(1): 135-136. (in Chinese)
- [18] 沈圣泉, 周祥胜, 吴殿星, 舒小丽, 叶红霞, 舒庆尧. 水稻黄叶标记不育系的诱变选育及其应用. 核农学报, 2007, 21(2): 107-110.  
Shen S Q, Zhou X S, Wu D X, Shu X L, Ye H X, Shu Q Y. The breeding of a rice xantha leaf marker CMS line by gamma rays mutation. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2007, 21(2): 107-110. (in Chinese)
- [19] 牟同敏, 李春海, 杨国才, 卢兴桂. 紫叶水稻苗期叶色的遗传研究. 中国水稻科学, 1995, 9(1): 45-48.  
Mou T M, Li C H, Yang G C, Lu X G. Genetical studies on seedling leaf color in purple rice. *Chinese Journal of Rice Science*, 1995, 9(1): 45-48. (in Chinese)
- [20] 陶 华, 薛庆中, 田振涛. 淡绿叶标记光-温敏核不育系水稻叶色及育性的遗传分析. 作物学报, 2005, 31(4): 438-443.  
Tao H, Xue Q Z, Tian Z T. Genetic analysis of leaf color and sterility in photo-thermoperiod sensitive genic male sterile rice with the pale-green leaf marker. *Acta Agronomica Sinica*, 2005, 31(4): 438-443. (in Chinese)

(责任编辑 李 莉)