

# 分子标记辅助选育香型巨胚水稻

朱映东<sup>1</sup>, 时亚琼<sup>1</sup>, 周锋利<sup>2</sup>, 李建粤<sup>1\*</sup>

(1. 上海师范大学 生命与环境科学学院, 上海 200234; 2. 嘉定区农业技术推广服务中心, 上海 201822)

**摘要:** 香型稻米因其在蒸煮和食用时都会有特殊的香味受到人们的喜爱. 研究中, 分别以实验室培育的香型正常胚水稻和非香巨胚水稻“上师大5号”作为亲本进行杂交, 结合水稻香味基因分子标记辅助常规育种成功选育出香型巨胚水稻“上师大8号”. 比较分析“上师大5号”和“上师大8号”两种巨胚水稻主要农艺性状和产量性状. 结果显示: 虽然“上师大5号”水稻平均每穗实粒数极显著地超过“上师大8号”水稻, 但是“上师大8号”有效穗数略多于“上师大5号”水稻, 而且千粒重也略高于“上师大5号”水稻, 由此两者平均单株重接近, 分别为29.10 g和28.92 g. 统计分析差异不显著. 两种巨胚水稻胚性状分析显示: “上师大8号”巨胚水稻的胚重量以及胚体积都与“上师大5号”巨胚水稻统计分析无显著差异, 而且两种巨胚水稻的胚与糙米重量比以及胚与糙米体积比, 统计分析都没有显著差异. 开展此研究, 为今后香型巨胚水稻的市场开发应用奠定了重要基础.

**关键词:** 水稻; 香型; 巨胚; 分子标记

**中图分类号:** S 511.037 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-5137(2013)06-0623-06

巨胚水稻因其糙米具有较大的胚而得名. Maeda等<sup>[1]</sup>和刘玲珑等<sup>[2]</sup>将育成的巨胚水稻糙米浸水处理后发现, 糙米中对人体具有重要生物学活性的物质—— $\gamma$ -氨基丁酸(即GABA)含量比普通正常胚水稻明显提高. 朴钟泽等<sup>[3]</sup>和Seo等<sup>[4]</sup>报道, 在不经过浸水处理的巨胚水稻糙米中, GABA含量也比正常胚水稻含量更高. 目前, 还有较多文献报道显示, 在巨胚水稻糙米中还含有较高含量的维生素E<sup>[4-12]</sup>. 另外, 总蛋白质、总脂肪、矿物质和膳食纤维等含量, 巨胚水稻糙米也高于普通水稻糙米<sup>[3-4, 7-8, 11]</sup>. 巨胚水稻是一个具有高营养价值的水稻材料.

目前国内外已育成多个巨胚水稻品种. 日本学者Sato和Omura在1981年首次报道采用化学诱变处理粳稻“金南风”, 成功获得巨胚突变体水稻<sup>[13]</sup>. 2001年Maeda等以“金南风”巨胚突变体水稻为亲本, 通过杂交和系统选育方法培育出新的巨胚粳稻“Haiminori”<sup>[1]</sup>. 韩国学者Kim等在1991年也应用化学诱变获得巨胚水稻<sup>[14]</sup>. 我国学者采用物理诱变分别培育了籼型<sup>[7-8, 15]</sup>和粳型<sup>[7]</sup>巨胚水稻. 目前在我国还有些巨胚水稻品种是从国外引进巨胚突变体, 再与当地水稻品种杂交选育而成<sup>[2-3, 16]</sup>. 本实验室曾通过粳型水稻“超2-10”成熟胚离体培养获得巨胚突变体, 再经过多代种植获得巨胚水稻新品种“上师大5号”<sup>[17]</sup>.

香味是稻米重要食味品质性状之一. 香稻在蒸煮和食用时因能够散发出令人愉悦的香味, 不仅受消费者喜爱, 而且在国际稻米市场上也享有特殊地位. 目前普遍认为稻米香味属于单基因隐性遗传. 位于第8染色体编码甜菜碱醛脱氢酶2(BADH2)基因第七外显子<sup>[18]</sup>或第二外显子<sup>[19]</sup>部分碱基缺失会使水稻变香. 尽管目前在国内外已有较多成功培育巨胚水稻的报道, 但是香型巨胚水稻还鲜有报道.

收稿日期: 2013-09-23

基金项目: 上海市科委项目(063919141); 上海师范大学产学研项目(DCL201103)

第一作者: 朱映东(1992-), 女, 上海师范大学生命与环境科学学院本科生; 李建粤(1958-), 女, 上海师范大学生命与环境科学学院副教授.

\* 通信作者

本研究成功选育出香型巨胚水稻新品系,并以“上师大5号”水稻为对照,进行主要农艺性状、产量性状和糙米胚特性的比较分析。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

选取巨胚水稻“上师大5号”(审定编号为:沪农农审水稻(2010)第007号),与本实验室在选育香型恢复系获得的纯合香型中间材料2007-40-2(W香99075A/湘晴)为亲本进行杂交,再自交7代获得 $F_8$ 种子。

### 1.2 分子标记检测香味基因

用TPS法提取水稻叶片DNA,采用分子标记检测香味基因使用的PCR引物序列、PCR扩增条件以及PCR产物酶切操作,均参照Shi等报道<sup>[20]</sup>。酶切产物使用1%琼脂糖凝胶电泳,120V 30min,EB染色,取出凝胶在紫外成像仪上观察、照相。酶切产物使用1%琼脂糖凝胶电泳,120V 30min,EB染色,取出凝胶在紫外成像仪上观察、照相。

### 1.3 农艺性状以及产量性状分析

水稻成熟时,在小区中随机取5个单株,测定每株植株的剑叶高度(最高剑叶的尖端至地面高度)和株高(最高穗顶端至地面的高度),记录每株有效穗数、每株实粒数和每株总粒数,计算结实率和每穗实粒数,称量千粒重和单株重,并进行方差统计分析。

### 1.4 糙米及胚特性分析

糙米体积用10mL的移液管测量<sup>[2]</sup>。将移液管的吸嘴密封后,加入一定量的酒精,读取其初体积。加入100粒糙米后,再读取终体积。两次读数的差值即为100粒糙米的总体积。然后用刀片切去胚,仍用上述方法测得去胚糙米(胚乳)的体积。糙米体积和去胚糙米体积的差值为100粒糙米胚的体积。采用与测体积同样方式,使用电子天平称量测得100粒糙米的重量和去胚糙米(胚乳)重量,两者的差值即为100粒糙米的胚重量。两种检测都重复5次,所得的数据,利用excel计算平均值和标准差,并进行差异显著性分析。

### 1.5 稻米品质指标分析

取香型巨胚水稻稻谷500g,送农业部稻米及制品质量监督及检验检测中心进行稻米品质指标检测。

## 2 结果与分析

### 2.1 香型巨胚水稻的选育过程

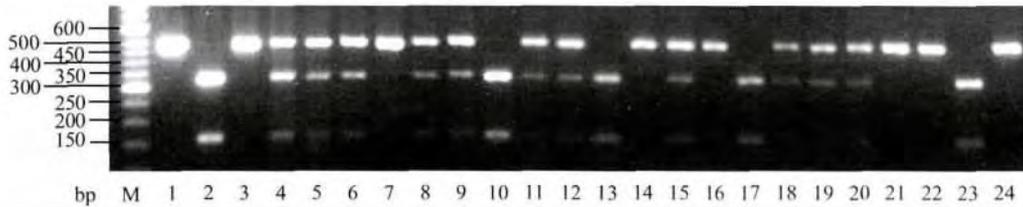
2007年9月,将本实验室在选育香型恢复系获得的纯合香型中间材料2007-40-2(W香99075A/湘晴 $F_3$ )作为母本,巨胚水稻“上师大5号”作为父本,进行杂交获得 $F_1$ 种子。同年冬季在海南三亚种植 $F_1$ 种子,于2008年4月从20棵 $F_1$ 植株上收获 $F_2$ 自交种子。将 $F_2$ 种子去掉颖壳,选取具有巨胚特性的糙米于2008年5月在上海继续种植。在2008年9月选取株高适宜、株型较好,并且成熟期与“上师大5号”接近的74棵单株,提取叶片基因组DNA,采用分子标记检测植株香味基因。2008年10月收获8株香味基因呈纯合状态植株自交的 $F_3$ 种子。2009年5月至10月在上海继续种植8株 $F_3$ 种子,期间观察8个小区中不同单株分离情况。在10月从3个生育期和各项农艺性状分离程度都较小的小区中取单株收获 $F_4$ 种子,继续于2010年5月至10月在上海种植并收获3个小区单株的 $F_5$ 种子。从2010年12月至2012年4月,将选出3个不同株系的 $F_5$ 种子依次在海南三亚和上海加代繁殖,收获由3个香型巨胚水稻新品系 $F_8$ 种子。

### 2.2 香味基因分子标记检测

采用Shi等报道香味基因分子标记检测方法<sup>[20]</sup>,水稻基因组DNA的PCR扩增产物分子量为480bp。含有香味基因水稻基因组DNA的PCR扩增产物经 $Alu$ I内切酶消化后,能够被剪切成158bp和

322 bp 两种分子量的 DNA 条带, 而含非香基因水稻基因组 DNA 的 PCR 扩增产物不能被 *Alu* I 内切酶消化, 仍然为 480 bp 条带。

以“W 香 99075”和“上师大 5 号”两种水稻分别作为香型和非香型水稻对照, 分析香稻 2007-40-2 (W 香 99075A/湘晴  $F_3$ ) 与非香巨胚水稻“上师大 5 号”杂交、再经自交得到  $F_2$  种子再长成的  $F_2$  植株。根据遗传分析推测的 3 种基因型植株: 纯合非香、杂合和纯合香型可以通过观察琼脂糖凝胶电泳结果进行识别。与“上师大 5 号”水稻同样具有 480 bp 分子量 DNA 条带的为纯合非香植株 (图 1 泳道 3、7、14、16、21、22、24), 具有 158 bp、322 bp、480 bp 3 种分子量 DNA 条带的为杂合植株 (图 1 泳道 4、5、6、8、9、11、12、15、18、19、20), 与“W 香 99075”水稻同样具有 158 bp 和 322 bp 两个条带的是纯合香型植株 (图 1 泳道 10、13、17、23)。



M: 50 bp 标准分子量 DNA; 1: “上师大 5 号”对照; 2: “W 香 99075”对照; 3-24: 杂交及自交部分后代

图 1 香稻与上师大 5 号”水稻杂交及自交部分后代分离植株相位基因检测

### 2.3 香型巨胚水稻和“上师大 5 号”水稻主要农艺性状和产量性状分析

2012 年 5 月在上海继续种植 3 个香型巨胚水稻品系的  $F_8$  种子。2012 年 10 月, 在 3 个种植编号分别为“2012-1827”、“2012-1836”和“2012-1904”香型巨胚水稻小区和“上师大 5 号”水稻小区中, 各随机取 5 株, 测定并比较不同小区选取植株的主要农艺性状和产量性状。

主要农艺性状检测结果显示, 3 个香型巨胚水稻品系和“上师大 5 号”水稻剑叶高度都比较接近, 统计分析都无显著差异 (表 1)。编号为“2012-1827”香型巨胚水稻的株高与“上师大 5 号”水稻接近, 另外 2 个香型巨胚水稻株高都比“上师大 5 号”水稻稍矮, 但统计分析结果显示, 只有在“2012-1836”与“2012-1827”两种香型巨胚水稻之间存在株高显著差异 ( $P < 0.05$ ) (表 1)。编号为“2012-1904”香型巨胚水稻的有效穗数与“上师大 5 号”水稻接近, 而另外 2 个香型巨胚水稻的有效穗数都略高于“上师大 5 号”水稻, 但统计分析的结果, 只有在编号分别为“2012-1904”与“2012-1827”2 种香型巨胚水稻之间有显著差异 ( $P < 0.05$ ) (表 1)。

表 1 香型巨胚水稻和“上师大 5 号”巨胚水稻主要农艺性状比较

水稻名称及编号	剑叶高度 $\pm$ 标准差/cm	株高 $\pm$ 标准差/cm	有效穗数 $\pm$ 标准差/个
上师大 5 号	97.40 $\pm$ 0.89a	100.40 $\pm$ 1.52ab	7.00 $\pm$ 0.00ab
2012-1827	99.60 $\pm$ 3.21a	103.00 $\pm$ 2.55a	9.00 $\pm$ 2.12a
2012-1836	94.60 $\pm$ 3.65a	98.00 $\pm$ 2.00b	8.60 $\pm$ 1.14ab
2012-1904	98.80 $\pm$ 2.49a	99.80 $\pm$ 2.39ab	6.20 $\pm$ 1.10b

注: 同列标有不同大写字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 标有不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 标有相同字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 下同。

比较 3 个香型巨胚水稻品系和“上师大 5 号”水稻涉及产量性状中的每穗实粒数、结实率、千粒重和单株重。“上师大 5 号”水稻每穗实粒数都极显著地比编号为“2012-1827”和“2012-1836”2 个香型巨胚水稻新品系多, 但与编号为“2012-1904”香型巨胚水稻新品系统计分析差异不显著 (表 2)。3 个香型巨胚水稻新品系与“上师大 5 号”水稻的结实率都较高, 并且统计分析差异都不显著 (表 2)。3 个香型巨胚水稻新品系的千粒重都比“上师大 5 号”水稻略高, 但统计分析只有“上师大 5 号”水稻与编号为“2012-1827”香型巨胚水稻之间存在极显著差异 (表 2)。尽管“上师大 5 号”水稻的平均单株重都与 3 个香型巨胚水稻新品系统计分析没有显著差异, 但从平均值比较显示, 编号为“2012-1836”香型巨胚

水稻单株重与“上师大5号”水稻最接近.

表2 香型巨胚水稻和“上师大5号”巨胚水稻的产量性状比较

水稻名称及编号	每穗实粒数 ± 标准差	结实率 ± 标准差/%	千粒重 ± 标准差/g	单株重 ± 标准差/g
上师大5号	185.40 ± 17.53 Aa	95.92 ± 0.92a	23.32 ± 0.49 Bb	29.10 ± 2.69a
2012-1827	120.77 ± 10.44 Cc	94.79 ± 1.08a	25.12 ± 0.88 Aa	25.95 ± 4.42a
2012-1836	141.76 ± 11.63 BCbc	96.20 ± 0.70a	24.34 ± 0.71 ABab	28.92 ± 4.10a
2012-1904	163.20 ± 23.34 ABab	95.21 ± 1.22a	24.30 ± 0.53 ABab	23.83 ± 4.36a

#### 2.4 香型巨胚水稻和“上师大5号”的糙米及胚性状分析

本研究选取“2012-1836”香型巨胚水稻和“上师大5号”水稻,从重量和体积两方面进行糙米和胚特性分析.重量性状检测结果显示,“2012-1836”香型巨胚水稻的糙米重和胚乳重都极显著地大于“上师大5号”水稻( $P < 0.01$ )(表3),但是“2012-1836”香型巨胚水稻和“上师大5号”巨胚水稻的胚重,统计分析差异不显著( $P > 0.05$ )(表3).尽管“2012-1836”香型巨胚水稻的胚与糙米重量比略小于“上师大5号”水稻,但两者统计分析无显著差异( $P > 0.05$ )(表3).

表3 香型巨胚水稻和“上师大5号”巨胚水稻的糙米、去胚糙米(胚乳)和胚重比较

水稻名称及编号	100粒糙米重 ± 标准差/g	100粒胚乳重 ± 标准差/g	100粒胚重 ± 标准差/g	胚与糙米重量比 ± 标准差/%
上师大5号	1.95 ± 0.04 A	1.67 ± 0.02 A	0.28 ± 0.04 a	14.32 ± 1.90a
2012-1836	2.08 ± 0.05 B	1.81 ± 0.04 B	0.27 ± 0.04 a	13.06 ± 1.55a

体积性状检测结果显示,“2012-1836”香型巨胚水稻的糙米体积和胚乳体积都显著大于“上师大5号”水稻( $P < 0.05$ )(表4),但“2012-1836”香型巨胚水稻的胚体积同样与“上师大5号”水稻接近,统计分析没有显著差异( $P > 0.05$ )(表4).“2012-1836”香型巨胚水稻胚与糙米体积比和“上师大5号”水稻也没有达到显著差异( $P > 0.05$ )(表4).

表4 香型巨胚水稻和“上师大5号”巨胚水稻的糙米、去胚糙米(胚乳)和胚体积比较

水稻名称及编号	100粒糙米体积 ± 标准差/cm <sup>3</sup>	100粒胚乳体积 ± 标准差/cm <sup>3</sup>	100粒胚体积 ± 标准差/cm <sup>3</sup>	胚与糙米体积比 ± 标准差/%
上师大5号	1.47 ± 0.03 a	1.25 ± 0.05 a	0.22 ± 0.07 a	14.92 ± 4.36 a
2012-1836	1.54 ± 0.04 b	1.31 ± 0.02 b	0.23 ± 0.05 a	14.89 ± 2.51 a

#### 2.5 稻米品质指标检测

将编号为“2012-1836”香型巨胚水稻稻米品质指标与任永刚等报道的“上师大5号”巨胚水稻稻米品质指标比较显示,除了胶稠度和垩白粒率指标外,两种巨胚水稻稻米品质指标都较为接近(表5).

### 3 讨论

糙米与精米相比,含有更多的 $\gamma$ -氨基丁酸、维生素、膳食纤维等营养物质<sup>[21]</sup>.与普通糙米相比,在巨胚糙米中具有生物活性作用的营养成分含量更为丰富,如能够抗焦虑<sup>[22]</sup>、改善睡眠质量<sup>[23]</sup>、延缓大脑视觉皮层退化<sup>[24-25]</sup>以及有助于大脑发育<sup>[26]</sup>等许多重要作用的GABA,具有抗氧化作用的维生素E<sup>[4-12]</sup>,有利于人体肠道健康的膳食纤维<sup>[6]</sup>等.因此,食用巨胚糙米对人体可能具有更好的保健作用.

目前随着人们生活水平提高,人们在越来越关注自己身体健康状况的同时,对稻米的要求也越来越

表5 香型巨胚水稻和“上师大5号”巨胚水稻稻米品质指标

检测项目	香型巨胚水稻	“上师大5号” <sup>[17]</sup>
糙米率/%	79.0	78.6
精米率/%	66.4	65.2
整精米率/%	60.4	64.0
垩白粒率/%	4.0	19.0
垩白度/%	0.4	1.7
透明度/级	2.0	2.0
碱消值/级	7.0	7.0
胶稠度/mm	85.0	65.0
直链淀粉/%	14.2	15.3
蛋白质/%	9.8	11.6

高,除了要求具有保健、药用等功能外,还有可能要求稻米具有更好的口感和香味等。本研究成功培育的香型巨胚水稻就能够满足人们这样的要求。由本研究培育的3种香型巨胚水稻,从株高、有效穗数、单株平均产量方面综合考虑,本研究将保留编号为“2012-1836”的香型巨胚水稻新品系,并暂定名为“上师大8号”。

张琳琳等人认为,在巨胚糙米中GABA含量按胚变大倍数增加<sup>[27]</sup>。本研究将籽粒相对较小的“上师大5号”巨胚水稻通过与籽粒相对较大的香型正常胚水稻杂交选育的香型巨胚水稻“上师大8号”,其糙米重量和体积,以及去胚后的糙米重量和体积都极显著地超过“上师大5号”巨胚水稻,但是“上师大8号”巨胚水稻的胚重量和体积都与“上师大5号”巨胚水稻统计分析差异不显著。尽管“上师大8号”巨胚水稻胚与糙米重量比,以及胚与糙米体积比都略小于“上师大5号”巨胚水稻,但两者统计分析并没有达到显著差异的程度。

从稻米品质指标检测结果显示,“上师大8号”香型巨胚水稻的垩白粒率比“上师大5号”巨胚水稻明显下降,这表明“上师大8号”香型巨胚水稻外观品质比“上师大5号”巨胚水稻有提高。胶稠度是稻米食味品质最重要指标之一。高胶稠度稻米口感相对较好。与“上师大5号”巨胚水稻比较,“上师大8号”香型巨胚水稻稻米的胶稠度明显提高,比“上师大5号”巨胚水稻稻米胶稠度增加了30.7%。由此推测,“上师大8号”香型巨胚水稻的食味品质应好于“上师大5号”巨胚水稻。

## 参考文献:

- [1] MAEDA H, NEMOTO H, IIDA S, et al. A new rice variety with Giant Embryos, “Haiminor” [J]. *Breeding Science* 2001, 51(3):211-213.
- [2] 刘玲珑, 江玲, 刘世家, 等. 巨胚水稻 W025 糙米浸水后  $\gamma$ -氨基丁酸含量变化的研究[J]. *作物学报* 2005, 31(10):1265-1270.
- [3] 朴钟泽, 张建明, 陆家安, 等. 功能性水稻新品种巨胚粳1号选育及应用[J]. *中国稻米* 2009, 15(3):34-35.
- [4] SEO W D, KIM J Y, PARK D S, et al. Comparative analysis of physicochemicals and antioxidative properties of new giant embryo mutant, YR23517Aep79, in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 2011, 54(5):700-709.
- [5] 赵则胜, 蒋家云. 高营养功能性巨胚稻米研究初报[J]. *上海农业学报* 2002, 18(增刊):5-8.
- [6] 魏振承, 张名位, 池建伟, 等. 引进巨胚稻与普通稻的米质和营养成分分析比较[J]. *植物遗传资源学报* 2005, 6(4):386-389.
- [7] ZHANG L L, HU P S, TANG S, et al. Comparative studies on major nutritional components of rice with a giant embryo and a normal embryo [J]. *J Food Biochem* 2005, 29(6):653-661.
- [8] ZHANG L L, SHU X L, WANG X Y, et al. Characterization of indica-type giant embryo mutant rice enriched with nutritional components [J]. *Cereal Research Communications* 2007, 35(3):1459-1468.
- [9] 章清杞, 张书标, 郑宝东, 等. 巨胚功能稻的营养成分分析[J]. *核农学报* 2009, 23(5):833-838.
- [10] PARK D S, PARK S K, LEE B C, et al. Hang-Won Kang and Gihwan Yi. Molecular Characterization and Physico-Chemical Analysis of a New Giant Embryo Mutant Allele (get) in Rice (*Oryza sativa* L.) [J]. *Genes & Genomics* 2009, 31(4):277-282.
- [11] JENG T L, SHIH Y J, HO P T, et al. Oryzanol, tocopherol and mineral compositions in different grain fractions of giant embryo rice mutants [J]. *J Sci Food Agric* 2012, 92(7):1468-1474.
- [12] WANG X, SONG Y E, LI J Y. High expression of tocopherol biosynthesis genes increases the vitamin E level in a new line of giant embryo rice [J]. *J Agric Food Chem* 2013, 61(24):5860-5869.
- [13] SATOH H, OMURA T. New endosperm mutation induced by chemical mutagens in rice [J]. *Japan J Breed* 1981, 31(3):316-326.
- [14] KIM K H, HEU M H, PARK S J, et al. New mutants for rice grain quality [J]. *Korean J Crop Sci* 1991, 36:197-203.

- [15] 章清杞, 张书标, 黄荣华, 等. 籼稻巨胚种质的诱变获得及遗传研究[J]. 中国农业科学, 2007, 40(7): 1309–1314.
- [16] 庞乾林. 巨大胚等新性状稻米的遗传育种研究取得进展——“巨胚1号”水稻新品系育成[J]. 中国稻米, 1997, (1): 15.
- [17] 任永刚, 张建中, 张红梅, 等. 通过成熟胚离体培养获得巨胚水稻新品种及性状和稻米品质分析[J]. 上海师范大学学报: 自然科学版, 2011, 40(3): 289–294.
- [18] BRADBURY L M T, FITZGERALD T L, HENRY R J, et al. The gene for fragrance in rice[J]. Plant Biotechnology Journal, 2005, 3(3): 363–370.
- [19] CHEN S H, WU J, YANG Y, et al. The *fgr* gene responsible for rice fragrance was restricted within 69 kb[J]. Plant Science, 2006, 171(4): 505–514.
- [20] SHI Y Q, ZHAO G C, XU X L, et al. Discovery of a new fragrance allele and development of functional markers for identifying diverse fragrant genotypes in rice[J]. Molecular breeding, 2013, DOI:10.1007/s11032-013-9986-x.
- [21] 于巍, 周坚, 徐群英, 等. 糙米与精米的营养价值与质构特性比较研究[J]. 食品科学, 2010, 31(9): 95–98.
- [22] 杨胜远, 陆兆新, 吕凤霞, 等.  $\gamma$ -氨基丁酸的生理功能和研究开发进展[J]. 食品科学, 2005, 26(9): 546–551.
- [23] OKADA T, SUGISHITA T, MURAKAMI T, et al. Effect of the defatted rice germ enriched with GABA for sleeplessness, depression, autonomic disorder by oral administration[J]. Nippon Shokuhin Kagaku Kaishi, 2000, 47(8): 596–603.
- [24] LEVENTHAL A G, WANG Y, PU M, et al. GABA and its agonists improved visual cortical function in senescent monkeys[J]. Science, 2003, 300(5620): 812–815.
- [25] HUA T, KAO C, SUN Q, et al. Decreased proportion of GABA neurons accompanies age-related degradation of neuronal function in cat striate cortex[J]. Brain Research Bulletin, 2008, 75(1): 119–125.
- [26] 杜娇娇, 张丽华, 周志国. 脑瘫患儿血清 IGF-1、GLU、GABA 含量的研究[J]. 中国伤残医学, 2007, 15(2): 2–4.
- [27] 张琳琳, 舒小丽, 卢怀江, 等. 氨基酸降压功能稻米研究进展[J]. 核农学报, 2006, 20(3): 218–222.

## Development of aromatic giant-embryo rice by molecular marker-assisted selection

ZHU Yingdong<sup>1</sup>, SHI Yaqiong<sup>1</sup>, ZHOU Fengli<sup>2</sup>, LI Jianyue<sup>1\*</sup>

(1. College of Life and Environment Sciences, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China;

2. Jiading District Agro-Technology Extension Service Centre, Shanghai 201822, China)

**Abstract:** Aromatic rice is loved for its distinctive aroma when cooking and eating. In this research, aromatic normal-embryo rice and non-aromatic giant-embryo rice, "Shangshida No. 5", both bred by our laboratory, were selected as the parents for the hybridization. We used conventional breeding techniques as well as fragrance gene marker-assisted selection to derive new aromatic giant-embryo rice "Shangshida No. 8". By comparing the agronomic and yield characters of "Shangshida No. 5" and "Shangshida No. 8", the average of filled grains per panicle of "Shangshida No. 5" exceeds "Shangshida No. 8" very significantly, while the average of effective panicles of "Shangshida No. 8" is slightly more than "Shangshida No. 5". Also, in the weight of thousand grains, "Shangshida No. 8" is slightly heavier than "Shangshida No. 5". Thus, their grain weights per plant are close 29.10 g and 28.92 g respectively. By comparing the traits of rice embryo, there is no significant difference in embryo weight and volume. Also, there is no significant difference in weight ratio and volume ratio of embryo. This research has laid a solid foundation for further market development and application of aromatic giant-embryo rice.

**Key words:** rice; aromatic; giant embryo; molecular marker

(责任编辑: 顾浩然)