

籼型香稻恢复系大粒香-15的选育与利用

黄庭旭¹, 江文清², 游晴如¹, 周仕全², 刘端华², 谢冬容², 邱慧明²

(1. 福建省农业科学院水稻研究所, 福建 福州 350018;
2. 福建省南平市农业科学研究所, 福建 建阳 354200)

摘要: 利用中间材料7539作香味供体, 采用复交配组方式, 对杂交后代进行香味、抗性、株型同步鉴定筛选, 经过10多年定向培育, 选育出抗病香稻恢复系大粒香-15。用该恢复系配组的杂交稻组合Ⅰ优15、D优15优势强、熟期适中、米质较优、抗稻瘟病及制种产量高, 已通过福建省品种审定委员会审定。

关键词: 杂交香稻; 恢复系; 大粒香-15; 选育技术

中图分类号: S 334.5; S 511

文献标识码: A

Breeding and utilization of fragrant restoring line Dalixiang 15 of indica hybrid rice

HUANG Ting-xu¹, JIANG Wen-qing², YOU Qing-ru¹, ZHOU Shi-quan², LIU Duan-hua²,
XIE Dong-rong², QIU Hui-ming²

(1. Rice Research Institute of Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou, Fujian 350018, China;
2. Institute of Nanping Agricultural Sciences, Jianyang, Fujian 354200, China)

Abstract: Using the intermediate material "7539" as fragrance donor, and the hybrid manner by multiple cross, the synchronizing appraisal and selection have been done within the hybrid progenies in fragrance, resistance and plant modality. After a directional selection and breeding of 10 years, a disease-resistant restoring line which called Dalixiang 15 was screened. The serial hybrid combinations of the restoring line, I you 15 and D you 15, which possess the virtue of well excellence, moderate maturation period, better rice quality, rice blast resistance and high yield of seed production. Moreover, both varieties have been adopted by Fujian Strains Audited Committee.

Key words: fragrant hybrid rice; restoring line; Dalixiang 15; breeding

市场上绝大多数大米是没有香味的。香味是水稻的一项重要的品质指标, 国际水稻研究所认为所有籼稻地区的优质米均应具有香味^[1]。我国是香稻的产地之一, 香稻栽培历史悠久, 优质香米在我国享有“贡米”之称。但香稻地方品种存在地域局限性强、植株高、不抗病、生育期长、产量低等缺点, 因而一直是产地零散, 规模极小, 难以大面积推广。在过去的几十年间, 育种家通过杂交选育、系统选育和辐射育种等方法选择出不少香稻品种(系)^[2], 但是, 这些品种的产量水平明显低于杂交水稻或高产常规稻, 因此均未能成为主栽品种。我们利用具有香味的中间材料7539作香味供体, 经过10多年努力, 成功地选育出香稻恢复系大粒香-15, 用该恢复系已配组出系列香稻组合, 较好地解决了香稻优质与丰产的矛盾。其中Ⅰ优15、D优15通过福建省品种审定委员会审定。本文报道了优质香稻恢复系大

粒香-15的选育结果, 并探讨优质、丰产杂交香稻的选育技术与策略。

1 选育经过

大粒香-15是应用杂交育种技术, 经过多年系统选育而成的香稻恢复系。大粒香-15的配制涉及多个亲本, 我们选用中间材料7539作香味供体, 用国际水稻所育成的三抗品种IR36、双抗品种IR54作抗源和恢源, 于1982年采用复交方式配组了IR36/7539//306/IR54。然后对杂种后代进行技术处理, 通过基因重组并经多代不同生态环境培育, 低世代在重病区自然条件下选择抗性, 同时用氢氧化钾法^[3]鉴定香味, 保留抗稻瘟病和有香味的单株、株系, 中、高世代在中上肥力的土壤环境下培育, 选留耐肥抗倒、抗病的优良株系, 于1986年育成优质多抗香稻材料A04^[4]。该材料一个突出特点是植株

收稿日期: 2006-03-08 初稿; 2006-04-18 修改稿

作者简介: 黄庭旭(1964—), 男, 副研究员, 硕士研究生, 从事水稻育种研究(E-mail: txhuang@sina.com)。

基金项目: 福建省重大科技专项(2004NZ01-1)

及稻米均具有香味，米质较优且具多抗性，但生育期偏长。1987年从A04中筛选到1株较早熟的有香味、千粒重31.5 g的大粒材料，经多代定向选择和抗虫鉴定，选留前期早生快发、繁茂性好、出叶速

度快的类型，于1991年育成大粒香^[5-6]。从大粒香中，测交筛选出有香味、抗病性强、米质好的早熟恢复系大粒香-15，与珍汕97A、V20A测配具有较强的恢复能力^[7]。

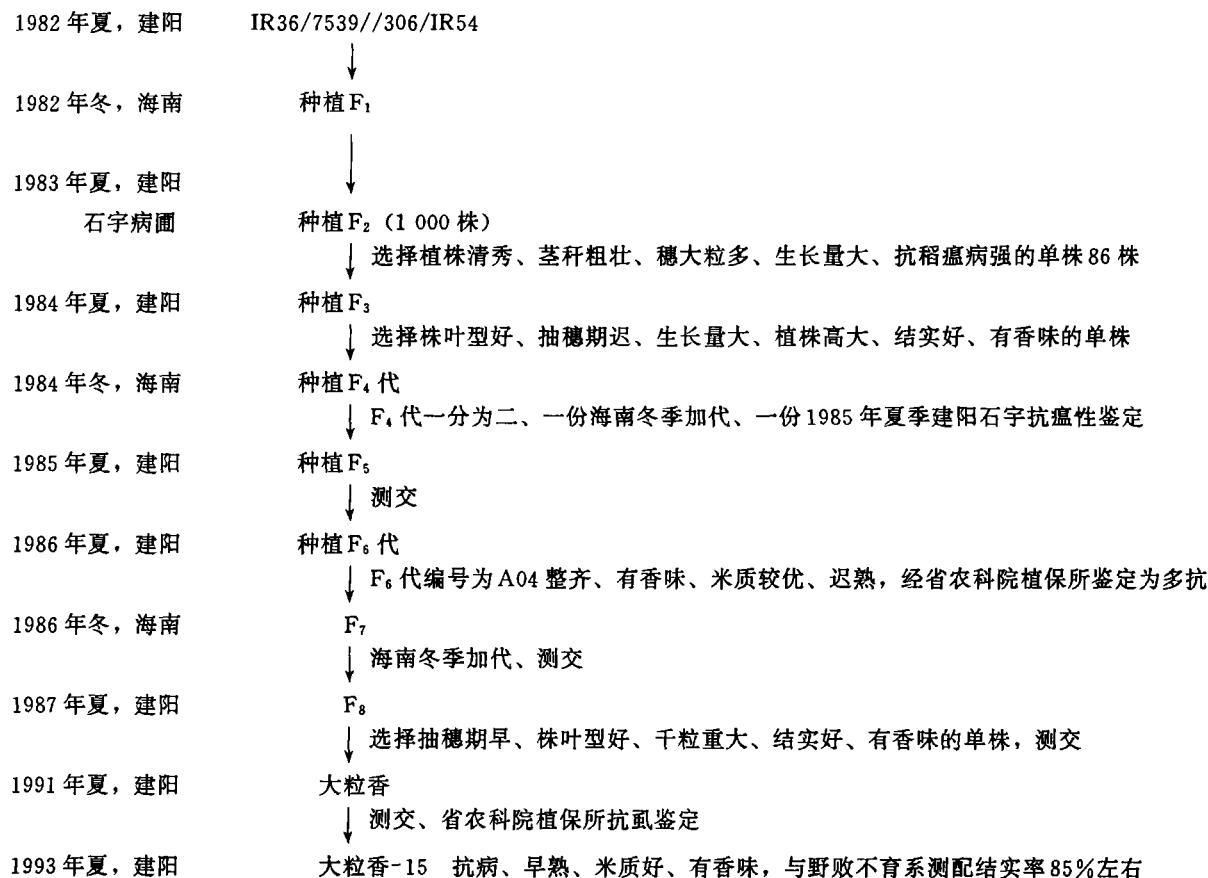


图1 大粒香-15选育流程图
Fig. 1 The flow chart of Dalixiang 15 breeding

2 大粒香-15的特征特性

2.1 主要农艺性状

恢复系大粒香-15株高108.5 cm,穗长23.6 cm。株型紧凑,茎秆粗壮,抗倒性较好,分蘖力中等,叶鞘、叶环、稃尖均无色,叶片狭长、挺直,叶色淡绿。剑叶长30 cm,宽1.7~2.0 cm,对茎轴夹角小,冠层三叶分布合理,单穗总颖花数平均130粒左右,千粒重30~31 g,谷粒呈长粒形,部分谷粒有芒,植株(根部除外)和籽粒有类似爆玉米花的香味。

2.2 生育期和主茎叶片数

大粒香-15属基本营养型偏弱感温性中籼恢复系^[8]。2001年在建阳市分期播种试验,播种期为4月15日至6月25日,主茎叶片数为15.8~17.1叶,播始历期83~95 d,7个播期平均,主茎叶片数为16.36

叶,播始历期为87.85 d。与密阳46相比,大粒香-15平均主茎叶片数多0.16叶,播始天数多0.99 d;与明恢63相比,大粒香-15平均主茎叶片数少0.95叶,播始天数少9.01 d(表1)。

2.3 恢复力及恢复谱

用大粒香-15作恢复系与12个籼型不育系配组,均表现较强的恢复力,其杂种F₁代的结实率为79.9%~89.0%,且恢复谱较广,对野败型、矮败型、印水型、D型、冈型等不育系均能恢复(表2)。

2.4 抗性

1996年在建阳石字抗病鉴定点自然条件下,诱发种100%发病,大粒香-15未发生叶、穗瘟。1997年和1998年上杭茶地、建阳马伏抗瘟鉴定,大粒香-15叶、穗瘟均为0~3级,对照明恢63叶瘟5级、穗瘟5级,桂33叶瘟5级、穗瘟100%。

表1 大粒香-15生育期和主茎叶片数

Table 1 Behaving of bearing period and counts of caulinae of Dalixiang 15 (2001年,建阳)

播种期 (月/日)	始穗期(月—日)			齐穗期(月—日)			播始历期(d)			主茎叶片数(叶)		
	大粒香-15	密阳46	明恢63	大粒香-15	密阳46	明恢63	大粒香-15	密阳46	明恢63	大粒香-15	密阳46	明恢63
04-15	07-18	07-16	07-27	07-22	07-21	08-01	95	93	106	17.1	17.0	18.1
04-25	07-24	07-23	08-02	08-01	07-31	08-07	91	90	100	17.0	16.8	17.8
05-05	08-02	08-01	08-10	08-06	08-05	08-15	89	88	97	16.5	16.4	17.5
05-15	08-10	08-10	08-18	08-14	08-15	08-23	87	87	95	16.0	16.0	17.1
05-25	08-19	08-18	08-27	08-23	08-22	09-01	86	85	94	16.3	16.1	17.2
06-05	08-27	08-26	09-06	09-03	08-02	09-11	84	83	94	15.8	15.5	16.7
06-25	09-06	09-05	09-15	09-10	09-09	09-20	83	82	92	15.8	15.6	16.8
							87.85	86.86	96.86	16.36	16.2	17.31

表2 大粒香-15与不同细胞质不育系配制的组合农艺性状

Table 2 Agronomic characters of different hybrids from the combinations of restorer liner Dalixiang 15 and different CMS (2000年,建阳)

组合	细胞质源	有效穗 (穗/丛)	株高 (cm)	每穗总粒数 (粒)	每穗实粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)
I-32A/大粒香-15	印水型	8.3	105.7	143.3	122.4	85.4	29.3
D62 A/大粒香-15	D型	9.9	102.6	128.8	106.6	82.8	29.6
龙特甫A/大粒香-15	野败型	7.9	103.0	140.8	125.0	88.8	29.7
冈46A/大粒香-15	冈型	7.3	108.0	147.3	131.1	89.0	28.3
协青早A/大粒香-15	矮败型	9.7	104.5	125.6	106.0	84.4	28.8
D297A/大粒香-15	D型	9.1	106.2	127.0	106.4	83.8	29.4
金23A/大粒香-15	野败型	9.3	101.4	128.3	108.0	84.2	27.9
佳禾A/大粒香-15	野败型	11.4	97.2	101.4	81.0	79.9	27.5
珍汕97A/大粒香-15	野败型	8.4	101.2	128.8	108.8	84.5	28.1
V20A/大粒香-15	野败型	8.7	98.4	126.5	108.4	85.7	30.5
福伊A/大粒香-15	野败型	8.5	100.5	121.8	103.2	84.7	28.5
优1A/大粒香-15	印水型	8.6	98.9	119.5	99.4	83.2	28.0

配组的Ⅰ优15经1999年、2000年两年福建省水稻区试品种抗稻瘟病联合鉴定,田间自然诱发鉴定表现中抗,苗期室内接菌鉴定表现中抗;抗瘟性综合总评为MR,对照汕优63抗瘟性总评为S。配组的D优15据福建省水稻区试品种抗稻瘟病联合鉴定,2004年田间自然诱发鉴定,叶稻瘟0~3级点数占鉴定点数的16.67%,表现感(S);穗颈瘟0~3级点数占鉴定点数的33.33%,表现感(S),苗期室内人工接菌鉴定抗菌株率为68%,表现中抗(MR)。2005年田间自然诱发鉴定表现中抗(MR)叶稻瘟,中感(MS)穗颈瘟;苗期室内人工接菌鉴定表现中抗(MR)。

2.5 稻米品质

用大粒香-15作恢复系与无香味不育系配组的系列杂交稻为自然掺合型香稻,米饭(F_2 籽粒)约1/4是香米,适口性好,可以满足目前人们的消费需求。据农业部稻米及制品质量检测中心检测:Ⅰ优15糙米率81.4%、精米率75.4%、整精米率56.0%、粒长6.4 mm、长宽比2.5、垩白粒率72%、垩白度9.5%、透明度2级、碱消值5.5级、胶稠度35 mm、直链淀粉含量23.2%、蛋白质含量10.4%。其中糙米率、精米率、糊化温度、蛋白质含量4项指标达优质米一级标准,整精米率、粒型、透明度、直链淀粉含量4项指标达二级标准;D优15糙米率

82.6%、精米率76.8%、整精米率55.4%、粒长7.0 mm、长宽比2.9、垩白率63%、垩白度10.1%、透明度2级、碱消值5.8级、胶稠度86 mm、直链淀粉含量19.6%、蛋白质含量10.6%。其中糙米率、精米率、粒长、碱消值、胶稠度、直链淀粉含量、蛋白质含量7项指标达优质米一级标准，整精米率、长宽比、透明度3项指标达优质米二级标准。

2.6 开花习性

大粒香-15 抽穗整齐，主穗与分蘖穗差异小，抽穗历期8 d，见穗后第5 d 出现抽穗高峰，至第6 d 累计抽穗89.5%。抽穗后当天开花，单穗开花历时3~4 d，单丛开花历时6~7 d，始穗后3~4 d 进入开花高峰期，到第4 d 开花约占80%。在正常天气条件下，上午9:10 前、后开花，10:50 左右盛花，12:10 左右终花，花时相对迟、较集中、花粉量大，始花到终花历时3 h 左右。

3 大粒香-15 系列组合产量表现

3.1 I优15

系用印水型不育系I-32A 与大粒香-15 配组的中晚稻杂交组合。该组合较好地解决了稻米香味品质与丰产性、抗瘟性的矛盾，同时还具有生育期适中（比汕优63早熟2 d）、易制种（父母本无差期）的特点。2001年通过福建省品种审定委员会审定。1997年晚季参加南平市区试，平均产量6.43 t·hm⁻²，比对照汕优63增产3.5%，达显著水平；1998年续试，平均产量7.08 t·hm⁻²，比对照汕优桂33增产8.5%，达极显著水平；同年参加龙岩市晚稻区试，平均产量6.89 t·hm⁻²，比汕优63增产4.85%；1999年参加福建省晚稻区试，平均产量5.78 t·hm⁻²，比对照汕优63增产2.03%，达显著水平；2000年继续参加福建省晚稻区试，平均产量6.61 t·hm⁻²，比对照汕优63增产4.68%，达极显著水平。I优15一般产量6.75~7.5 t·hm⁻²，大田种植一般比汕优63增产5%。

3.2 D优15

系用D型不育系D62A 与大粒香-15 配组的中晚稻杂交组合，2006年通过福建省品种审定委员会审定。2004年参加福建省晚稻A组区试，平均产量7 179.6 kg·hm⁻²，比对照汕优63增产9.15%，达极显著水平，位居参试品种（组合）第1位，增产点率84.62%；2005年续试，平均产量7 350 kg·hm⁻²，比对照汕优63增产11.01%，达极显著水平，位居参试品种（组合）第2位。2005福建省晚稻生产试验，增产幅度0~39.3%，平均比对照汕

优63增产10.50%。

3.3 金优15

系用野败型不育系金23A 与大粒香-15 配组的晚稻杂交组合，2002年参加南平市农科所品比试验，产量7 689.0 kg·hm⁻²，比对照汕优46增产5.56%。2003年在福建的将乐、建阳、武夷山、南靖及海南三亚等地多点试验，表现丰产、稳产、米质较好。该组合株高102 cm 左右，株叶形结构好，生长势较强。根系发达，分蘖力较强，后期转色好，一般每667 m²有效穗18万穗左右，每穗总粒数125~140粒，结实率85.0%，千粒重27~28 g。金优15属基本营养型，作双晚种植，一般6月中旬播种，9月中旬抽穗，全生育期124 d 左右，与汕优46相当。米质较优，米饭柔软且有香味，适口性好。

3.4 协优15

系用矮败型不育系协青早A 与大粒香-15 配组的晚稻杂交组合，2001年南平市农科所品比试验，产量7 350.0 kg·hm⁻²，比对照汕优63增产2.56%。同年在武夷山试种1 000 m²，单产6984.0 kg·hm⁻²，比对照汕优63增产1.3%。在2002年多点试验、示范中，表现穗大粒多，丰产性、稳产性好，适应性广，米质优等特点。株高103 cm 左右，株型集散适中，根系发达，分蘖力较强，后期转色好。一般每667 m²有效穗17.6万穗，平均每穗总粒数130粒左右，结实率86.0%，千粒重27~28 g。较抗稻瘟病和稻飞虱。作晚稻种植，全生育期125~128 d，比汕优63略早3 d。米质较优，米饭柔软且有香味，适口性好。

4 讨论

4.1 香味的生化成分、香味性状遗传与鉴定方法

Yajima等(1979)研究指出，香米中含有114种挥发性化合物，香米中吲哚的含量高于普通大米，并且发现香米中含有的α-吡咯烷酮和另外一种未鉴定出来的化合物为其特有，而普通大米中不存在^[9~10]。Buttery等(1983)认为香稻的芳香主要来自2-乙酰-1-吡咯啉，而普通稻米的含量则还不到香米含量的十分之一^[10]。孙树侠等(1991)的测定结果也证明，2-乙酰-1-吡咯啉是水稻中的一种重要香味成分，所测的9个香稻品种中有8个含有该物质，只有日本品种越富为α-吡咯烷酮的香型^[11]。

关于水稻香味的遗传研究，一些研究者报道了9:7、15:1、13:3 的双基因分离和27:37 的三基因分离，还有人观察到香味是多基因控制的性状，也

有人认为香味是单基因显性。周坤炉等(1989)^[12]、任光俊等(1999)^[13-14]认为香味是双基因隐性控制的性状；但更多学者的研究倾向于水稻香味的遗传是受一隐性单基因控制的，Sood等(1978)^[3]、宋文昌等(1989)^[15]、黄金英等(1995)^[16]、张元虎等(1996)^[17]认为香味是由一对隐性基因控制；对A04香味的遗传研究，我们认为是由一对隐性基因控制的性状，与细胞质无关^[18]。

水稻香味的鉴定主要用咀嚼法、热水法和氢氧化钾法^[19]。咀嚼法是以口嚼籽粒或米饭，此法较粗放、速度慢、咀嚼样品多了误差较大；热水法是将籽粒或营养器官碎片放在盛有蒸馏水的试管中，然后盖住试管并放入沸水浴锅蒸煮，移出试管冷却后评定香味，但在鉴定绿色营养器官的香味时，叶绿素味会使香味鉴定精确度降低；氢氧化钾法是将2g左右籽粒或营养器官切成碎片，放入小玻璃培养皿，加10ml左右1.7%氢氧化钾溶液后盖上培养皿，室温下10min后逐一打开培养皿，用鼻嗅之评定有无香味，由于氢氧化钾有助于选择性地释放香味而排除了叶绿素气味的干扰，测定精确度提高，一次能分析大量的样品。

4.2 合理选择亲本进行杂交配组

本项试验的研究结果表明：香味基因导入杂交稻的恢复系是可行的，我们根据香味的遗传特点和育种实践，选用中间材料7539作香味供体，用国际水稻所育成的三抗品种IR36、双抗品种IR54作抗源和恢源，IR36、IR54丰产性、抗病性、稻米品质都具有先进水平，306是一个农艺性状好的大粒中间材料，采用复交方式配组了IR36/7539//306/IR54。由于4个亲本分别各具优点，为大粒香-15的选育及系列组合的配组成功提供了丰富的物质基础。特别应指出的是，由于采用地理远缘杂交，扩大了双亲的遗传距离，而且利用了育种中间材料，育种较易取得突破。

4.3 塑造理想的株叶形态和合理的群体结构

要获得理想株型的杂交水稻，必须用理想株型的不育系和恢复系进行配组。对于恢复系理想株型的选择，应根据株叶形态发育的特点，从苗期开始注意观察，选留前期早生快发、繁茂性好、出叶速度快的类型，以尽快增加光合面积，提高光合产物总量；选留株型前松后紧，叶片挺直，能充分利用光能、根群旺健、活力强、不早衰、后期转色好的类型，达到提高结实率和谷粒充实度的目的；在抗倒伏的基础上，适当提高株高(达105cm左右)，从而增加群体的生物产量，并且不使田间过于拥挤。用

大粒香-15配组的杂交水稻新组合Ⅰ优15、D优15在丰产性和适应性等方面表现突出，正是应用上述方法选择的结果。

4.4 在低世代同时进行香味和抗性性状选择是选育抗病香稻的关键技术

采用B.C.Sood和E.A.Siddiq.(1978)提出的氢氧化钾法^[3]鉴别水稻的香味具有方法简便高效的特点。由于水稻的香味是由一对隐性基因控制的性状，可在低世代的F₂、F₃代实施选择，保留有香味的单株和株系，香味性状即能稳定地遗传。用携带香味基因的亲本(不论是不育系还是恢复系)配组杂交水稻，香味都可以在杂交稻米(F₂种子精碾而成)中表现出来；对稻瘟病的抗性，采用低世代在稻瘟病重病区设置抗病圃进行自然诱发筛选，通过保持一定的田间湿度，适当增施氮肥，创造有利的发病条件，增大筛选压力，淘汰感病的单株和株系，选择抗瘟性强、经济性状好的单株定向培育，中高代材料连续自然抗瘟性鉴定，只有经过多代多点抗瘟性鉴定才能较全面评价恢复系抗瘟能力的强弱。由于稻瘟病的抗性为显性或不完全显性遗传^[20]，杂交稻要获得抗性，亲本之一应具有较强的抗性。大粒香-15整个选育过程坚持多点多代的抗瘟性鉴定，使得配组的Ⅰ优15、D优15也较抗稻瘟病。

4.5 采用中—高肥环境下选择以鉴定杂交香稻后代的适应性和高产潜能

传统的常规香稻米质虽然较好，但产量低^[2]，优质杂交香稻则可以把香味等优质性状与高产性状结合起来。杂交香稻要获得高产性状，恢复系后代的选择环境非常重要，选种田的施肥水平要略高于一般的生产田，在中上等肥力下选育成的杂交水稻在生产上有较强的适应性。将稳定的优良株系通过高肥环境鉴定，让不耐肥、不抗倒、不抗病的植株性状都表现出来，容易选出耐肥抗倒、抗病的优良恢复系。用此选育方法育成的耐肥抗倒、抗病的优良恢复系大粒香-15与Ⅰ-32A、D62A等不育系配组的Ⅰ优15、D优15也具有耐肥抗倒、适应性广、稳产性好的特点。

参考文献：

- [1] KHUSH G S B O, JULLANO. 蒸煮与食用品质优良的高产水稻的育种 [J]. 万葆新,译.国外农学—水稻,1987 (1): 5—8.
- [2] 段永红,段传嘉. 优质香稻种质创新与利用研究 [J]. 作物品种资源,1999 (2): 5—7.
- [3] SOOD B C, SIDDIQ E A. 水稻香味的快速测定法 [J]. 孙义伟,译.国外农学—水稻,1984 (2): 54—55.

- [4] 陈美容, 林明, 余永钰, 等. 优质多抗香稻“A04”简介 [J]. 福建农业科技, 1992 (4): 2.
- [5] 林抗美, 陈美容, 何玉仙, 等. 水稻新品种大粒香抗褐飞虱测定及性状分析 [J]. 华东昆虫学报, 1993, 2 (1): 71—74.
- [6] 陈美容, 林抗美, 甘代耀. 抗虱晚稻新品种“大粒香” [J]. 福建农业科技, 1993 (3): 7.
- [7] 黄庭旭, 陈美容, 谢从寿, 等. 高产、抗病香型杂交水稻Ⅰ优15的选育及开发利用 [J]. 杂交水稻, 2002 (1): 4—6.
- [8] 周仕全, 黄庭旭, 谢从寿, 等. Ⅰ优15亲本生育特性和开花习性初步观察 [J]. 杂交水稻, 2002, 17 (2): 14—15.
- [9] 王根来, 叶长林, 刘坚定. 香稻种质研究概况与开发前景 [J]. 江苏农业科学, 1996 (1): 16—18.
- [10] MAGA J A. 稻米中的挥发物质 [J]. 汪开治, 译. 国外农学—水稻, 1985 (5): 12—14.
- [11] 孙树侠, 刘书诚. 水稻的香味及氮、锌肥对香味效应的研究 [J]. 作物学报, 1991, 17 (6): 430—435.
- [12] 周坤炉, 白德朗, 阳和华. 杂交香稻香味的遗传与应用 [J]. 湖南农业科学, 1989 (2): 10—12.
- [13] 任光俊, 陆贤军, 张翅, 等. 水稻香味的遗传分析 [J]. 西南农业学报, 1999 (2): 24—27.
- [14] 任光俊, 陆贤军, 张翅, 等. 杂交香稻的香味遗传模式及育种研究 [J]. 中国水稻科学, 1999, 13 (1): 51—53.
- [15] 宋文昌, 陈志勇, 张玉华. 同源四倍体和二倍体水稻香味的遗传分析 [J]. 作物学报, 1989, 15 (3): 273—277.
- [16] 黄金英, 刘宜柏, 烧治祥, 等. 香稻品种香味性状的遗传研究 [J]. 江西农业学报, 1995 (2): 88—93.
- [17] 张元虎, 姜萍, 张晓芳, 等. 水稻香味的遗传及其利用 [J]. 贵州农业科学, 1996 (6): 16—19.
- [18] 游晴如, 黄庭旭, 周仕全, 等. 香稻种质“A04”香味的遗传与应用 [J]. 福建稻麦科技, 2003 (4): 21—23.
- [19] 游晴如, 黄庭旭. 稻米香味的研究与育种利用 [J]. 福建稻麦科技, 2002 (3): 30—33.
- [20] 熊振民, 蔡洪法, 闵绍楷, 等. 中国水稻 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1992: 48—49.

(责任编辑: 杨小萍)