

林成豹, 唐江霞, 林志坚, 等. 香型优质恢复系明轮臻占的选育与应用[J]. 福建农业学报, 2025, 40(1): 38–44.

LIN C B, TANG J X, LIN Z J, et al. Breeding and Application of Aromatic Restorer Line Minglunzhenzhan[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2025, 40(1): 38–44.



香型优质恢复系明轮臻占的选育与应用

林成豹, 唐江霞, 林志坚, 黄显波*, 邓则勤, 苏荣理

[三明市农业科学研究院/福建省(山区)作物遗传改良与创新利用重点实验室, 福建 三明 365051]

摘要:【目的】选育香型优质恢复系, 为培育香型优质杂交稻新品种提供优异的种质资源。【方法】2011年, 利用三明显性核不育水稻构建轮回选择群体中的显性核不育单株, 与抗稻瘟病中间稳定材料明恢1101进行杂交配组, 对后代可育株进行定向系谱选择, 选择过程中利用咀嚼法鉴定香味, 结合田间自然诱发方法鉴定稻瘟病抗性, 筛选出具有香味的恢复系。【结果】2016年选育出香型优质恢复系明轮臻占。明轮臻占具有米质优、香味浓、配合力强等优点。明轮臻占于2019年荣获第二届全国优质稻品种食味品质鉴评(籼稻)金奖; 同年通过福建省品种审定委员会审定(闽审稻20190040)。目前利用明轮臻占配组出明1优臻占等多个杂交稻新品种, 均具有米质优、有香味等特性, 并通过国家、省级品种审定。其中明1优臻占、野香优臻占多次在米质鉴评活动中荣获金奖。【结论】明轮臻占是香型优质恢复系, 具有米质优、配合力好、香味浓等优点, 既可作为高档优质米进行开发利用, 也可作为恢复系进行香型优质杂交稻配组利用。

关键词: 香型; 优质; 恢复系; 明轮臻占; 选育

中图分类号: S511

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384(2025)01-0038-07

Breeding and Application of Aromatic Restorer Line Minglunzhenzhan

LIN Chengbao, TANG Jiangxia, LIN Zhijian, HUANG Xianbo*, DENG Zeqin, SU Rongli

(Sanming Academy of Agricultural Sciences/Fujian Key Laboratory of Crop Genetic Improvement and Innovative Utilization for Mountain Area, Sanming, Fujian 365051, China)

Abstract: 【Objective】Breeding high-quality restorer lines with fragrant characteristics to provide excellent germplasm resources for cultivating new varieties of fragrant and high-quality hybrid rice. 【Method】A recurrent selective population including a dominant male sterile rice was constructed in 2011 using the Sanming dominant male sterile rice to cross with the blast-resistant restorer Minghui 1101 in hybridization. Progenies of the fertile strains were subjected to directional pedigree selection with their aromatic quality examined by a sensory panel. The selected restorer lines were tested on blast-resistance by natural field induction. 【Result】A high-quality, aromatic restorer line with excellent general combining ability, Minglunzhenzhan, was obtained in 2016. It won the prestigious Gold Award at the Second National Quality Rice Variety Taste Quality Evaluation (on indica rice) and was certified by Fujian Province Crop Variety Approval Committee in 2019. Subsequently, a series of hybrid varieties, such as Ming 1 You Zhenzhan and Yexiang You Zhenzhan, derived from it exhibited similar characteristic high grain quality and attractive aroma. They all received national and provincial variety approvals. Among them, Ming 1 You Zhenzhan and Yexiang You Zhenzhan were awarded with first prizes at numerous quality evaluation events on rice. 【Conclusion】Minglunzhenzhan, an aromatic restorer line with excellent grain quality and general combining ability, was successfully bred to become a new market-demanding rice as well as a restorer line for further breeding.

Key words: aromatic rice; high-quality; restorer; Minglunzhenzhan; breeding

0 引言

【研究意义】随着生活水平的提高, 人们在吃

饭上不仅要求吃得饱, 还要求吃得好, 吃得健康。

香稻本身具有香味, 且其含有丰富的氨基酸、生物碱、维生素和多种酶类, 同时富含多种微量元素^[1],

收稿日期: 2024-06-26 修回日期: 2024-09-03

作者简介: 林成豹(1981—), 男, 副研究员, 主要从事水稻遗传育种研究, E-mail: lincb1981@163.com

* 通信作者: 黄显波(1964—), 男, 研究员, 主要从事水稻遗传育种研究, E-mail: huangxb_2000@163.com

基金项目: 福建省种业创新与产业化工程项目(zycxny2021004); 福建省现代水稻产业技术体系建设项目(闽财农指(2023)126号); 三明市科技计划项目(2022-N-6)

具有较高的营养价值，倍受人们青睐。杂交香稻是利用香型不育系或香型恢复系进行配组育成的具有香味的杂交稻组合，其充分利用水稻的杂种优势，在保持香稻优良米质的同时又极大地提高了单产水平^[2]。杂交香稻的培育与推广不但能促进农民增产增收而且能满足社会大众需求。因此，香型优质杂交稻新品种的选育成为育种家的主要育种目标之一。

【前人研究进展】我国的香稻育种始于20世纪80年代初^[3]。1986年湖南杂交水稻研究中心育成的湘香2号A是我国首个优质杂交香稻不育系，并用其配组了杂交香稻组合香优63^[4]。其后，各地育种家也通过系选、杂交、回交等常规育种手段创制一批香型优异种质并配组出香型优质杂交稻^[5-10]。而随着现代分子生物学的发展，多个水稻香味基因的特异性功能标记被开发利用，选育出了一些香稻新品系^[11-18]。【本研究切入点】杂交水稻的性状取决于其双亲的基本性状，因此选育香型优质恢复系、不育系成了香型优质杂交稻选育的基础。目前对于香稻的选育主要集中在常规稻和不育系方面，而在香型水稻恢复系选育方面偏少^[19]，且兼顾其适口性的更少。【拟解决的关键问题】利用三明显性核不育水稻构建轮回选择群体，经多年在海南三亚、福建沙县两地穿梭育种，结合咀嚼法鉴定香味和稻瘟病抗性鉴定，以期选育出适口性好的香型优质新恢复系。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

轮回选择的三明显性核不育株（含有香软米滇屯502、优质恢复系双抗明占的遗传背景）、明恢1101来源于三明显性核不育株/02K511//明恢62//亚恢627构建的轮回选择群体当中培育出的优质抗稻瘟病的稳定中间材料。三明显性核不育水稻是三明市农业科学研究院发现的单基因遗传、无花粉型显性核不育水稻新种质^[20]；滇屯502是云南农业大学稻作所和云南个旧种子公司共同育成的具有米质优、香味浓、米饭适口性好的香软米常规稻^[21]；双抗明占是三明市农业科学研究院育成优质抗病恢复系。

1.2 米质检测

明轮臻占米质样品由本课题组选送，农业农村部稻米及制品质量监督检验测试中心负责米质检测。

1.3 稻瘟病抗性鉴定

稻瘟病抗性鉴定采用田间自然诱发鉴定，2017年在福建省上杭茶地抗性鉴定试验点进行，鉴定内

容包括叶瘟和穗瘟的发病情况。

1.4 香味基因分子标记检测

利用曾跃辉等^[13]开发的香味基因特异性 InDel 标记引物 FMbadh2-E7A (FMbadh2-E7A-F: 5'-ACAAGGTACAGCTATTCCTCCT-3', FMbadh2-E7A-R: 5'-TAACCATAGGAGCAGCTGAA-3') 和 FMbadh2-E7B (FMbadh2-E7B-F: 5'-GGTTTATGTTTTCTGTTAGGT TGCA-3', FMbadh2-E7B-R: 5'-AGAGAGTTAGTAGA AAGAGAACAAA-3') 对明轮臻占及其所配杂交组合 F₁ 进行香味基因分子标记检测。采用 CTAB 法提取水稻总 DNA，反应体系 10 μL，含 2×Es Taq MasterMix 5 μL、正反向引物各 0.5 μL、DNA 模板 0.8 μL、ddH₂O 3.2 μL。反应程序：94℃ 预变性 5 min；94℃ 变性 1 min，55℃ 退火 30 s，72℃ 复性 1 min，共 35 个循环；72℃ 延伸 7 min，4℃ 保存。PCR 产物采用 8% 非变性聚丙烯酰胺凝胶进行电泳检测，电压 120 V，时间 75 min，利用核酸染料直接染色 5 min，在凝胶成像系统上进行拍照观察。

2 结果与分析

2.1 明轮臻占的选育过程

2011 年晚季利用在福建省上杭县茶地稻瘟病区进行苗瘟鉴定的显性核不育株与明恢 1101 进行杂交构建新的轮回选择群体。2011 年冬季在海南三亚种植 F₁，混收优良可育株种子。2012 年在福建沙县育种基地种植 F₂ 代，通过田间咀嚼糙米并结合表型择优选取 10 个有香味的单株。随后在海南三亚和福建沙县每年两个世代加代种植，通过田间咀嚼糙米，结合上杭稻瘟病抗性鉴定，选择性状优良的有香味的单株，至 2016 年筛选出田间编号为 K1359 的稳定材料，表现群体整齐，株叶形态好，结实率高，穗型长，落色好，米质优，具有香味。且该材料与明 1A、野香 A 等配制出的杂种优势较强，稻米有清香气味。将编号为 K1359 的恢复系材料定名为明轮臻占（图 1）。

2.2 农艺性状

2017—2018 在沙县中稻作制种父本种植，播始历期 82~85 d，主茎叶片数 16~17 叶，叶鞘、叶耳、叶缘、节间均为绿色。分蘖力中等，茎秆粗壮，颖尖无色，有芒，粒长 10.8 mm，长宽比 4.5，耐肥抗倒，抽穗整齐，花期较长，花粉量大。平均每公顷有效穗 234.0 万，穗长 25.9 cm，每穗粒数 156.2 粒，结实率 90.6%，千粒重 29.6 g。

2.3 稻米品质

2020 年经农业农村部稻米及制品质量监督检验



图 1 明轮臻占的选育过程

Fig. 1 Breeding of Minglunzhenzhan

测试中心检测, 明轮臻占的糙米率为 79.5%, 整精米率 54.8%, 粒长 7.6 mm, 垩白度 0.1%, 透明度 1 级, 碱消值 7.0 级, 胶稠度 74 mm, 直链淀粉含量 15.3%, 精米率 69.2%, 长宽比 3.6, 垩白粒率 2%。其中垩白度、透明度、碱消值、胶稠度、直链淀粉等 5 项指标达部颁一级优质米标准, 糙米率达二级优质米标准, 整精米率达三级优质米标准。整体米质依据 NY/T 593—2013《食用稻品种品质》标准, 符合优质三等食用长粒形籼稻品种品质标准。明轮臻占稻米有香味, 用其蒸煮的米饭适口性好, 香味浓郁, 于 2019 年参加第二届全国优质稻品种食味品质鉴评荣获(籼稻)金奖, 同年通过福建省农作物品种审定委员会审定(闽审稻 20190040)。

2.4 稻瘟病抗性

为进一步鉴定明轮臻占的稻瘟病抗性, 2017 年在福建省上杭县茶地稻瘟病抗性鉴定试验点进行抗性鉴定, 结果表现为: 叶瘟表现中抗(MR), 穗颈瘟表现中感(MS), 综合评价中感(MS)稻瘟病。

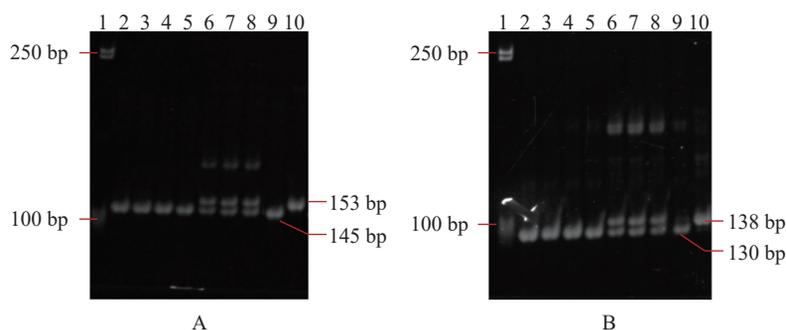
2.5 香味基因鉴定

利用已开发的香味基因 Indel 标记 FMbadh2-E7A 和 FMbadh2-E7B 对明轮臻占及其所配杂交组合 F₁ 代

进行香味基因鉴定, 结果显示明轮臻占、明 1 优臻占、野香优臻占、福兴优臻占均含有纯合的香味基因, 明德两优臻占、赣 73 优臻占、山两优臻占则含有杂合的香味基因(图 2)。这一结果表明明轮臻占与具有香味的不育系明 1A、野香 A、福兴 A 进行配制的组合杂交 F₁ 代具有纯合的香味, 而与不具有香味的不育系赣 73A、明德 S、山 S 进行配制的组合杂交 F₁ 代其香味是杂合的。

2.6 配组选育品种表现

目前利用明轮臻占已配组选育出明 1 优臻占、野香优臻占、福兴优臻占、泸优臻占、山两优臻占等多个杂交稻新组合。其中, 明 1 优臻占参加福建省晚稻迟熟组区试, 两年平均产量 7629.0 kg·hm⁻², 比对照宜优 673 增产 2.45%(表 1)。2020 年生产试验, 平均产量 7304.4 kg·hm⁻², 比对照宜优 673 减产 1.81%。参加三明市稻种基地科企联合体长江中下游中籼迟熟组区试, 两年平均产量 9663.3 kg·hm⁻², 比对照丰两优 4 号增产 4.8%(表 1)。2020 年生产试验, 平均产量 9318.5 kg·hm⁻², 比对照丰两优 4 号增产 4.0%。该品种已于 2021 年通过福建省、国家农作物品种审定委员会审定(闽审稻 20210024、国审稻



1~10 分别为 DL2000 DNA marker、明轮臻占、明 1 优臻占、野香优臻占、福兴优臻占、明德两优臻占、赣 73 优臻占、山两优臻占、泰国小香占（阳性对照）、日本晴（阴性对照）。

1~10: DL2000 DNA marker, Minglunzhenzhan, Ming 1 You Zhenzhan, Yexiang You Zhenzhan, Fuxing You Zhenzhan, Mingdeliang You Zhenzhan, Gan 73 You Zhenzhan, Shanliang You Zhenzhan, Taiguo Xiaoxiangzhan (positive), and Nipponbare (negative).

图 2 功能标记 Fmbadh2-E7A (A) 与 Fmbadh2-E7B (B) 对明轮臻占及其所配杂交组合 F₁ 代香味基因的鉴定

Fig. 2 Identification of aroma genes in Minglunzhenzhan and F₁ hybrids by functional markers Fmbadh2-E7A (A) and Fmbadh2-E7B (B)

20210268), 同时荣获福建省 2019、2020 年米质鉴评金奖, 安徽省 2021 年米质鉴评金奖。泸优臻占参加云南省产学研杂交籼稻联合体中籼组区试, 两年平均产量 11 120.6 kg·hm⁻², 比对照绵优 725 增产 3.7% (表 1)。2020 年生产试验, 平均产量 10 945.8 kg·hm⁻², 比对照绵优 725 增产 9.9%。该品种于 2021 年通过云南省农作物品种审定委员会审定 (滇审稻 2021016)。福兴优臻占参加福建省科研单位联合体晚稻迟熟组区试, 两年平均产量 7 981.5 kg·hm⁻², 比对照宜优 673 增产 2.62% (表 1)。2021 年生产试验, 平均产量 7 813.5 kg·hm⁻², 比对照宜优 673 增产 6.4%。该品种于 2022 年通过福建省农作物品种审定委员会审定 (闽审稻 20220089)。野香优臻占参加国家长江上游中籼迟熟组区试, 两年平均产量 9 766.5 kg·hm⁻², 比对照 F 优 498 增产 3.8% (表 1)。2021 年生产试验, 平均产量 9 756.0 kg·hm⁻², 比对照 F 优 498 增产 5.6%。该品种荣获福建省 2022 年米质鉴评金奖, 同时于 2022 年通过国家农作物品种审定委员会审定 (国审稻 20220090)。山两优臻占参加国家长江中下游中籼迟熟组区试, 两年平均产量 9 622.5 kg·hm⁻², 比对照丰两优 4 号增产 6.1% (表 1)。2021 年生产试验, 平均产量 10 302.0 kg·hm⁻², 比对照丰两优 4 号增产 6.0%。该品种于 2022 年通过国家农作物品种审定委员会审定 (国审稻 20220167)。

3 讨论与结论

稻瘟病是水稻的主要病害之一, 在水稻的整个生育期及不同组织部位均可侵染危害, 它的发生与种植气候条件、栽培管理措施、品种本身抗性等因素

息息相关^[22,23]。在生产上稻瘟病抗性鉴定主要是从叶瘟和穗颈瘟入手, 然而水稻对叶瘟和穗颈瘟的抗性往往会有所差异, 这可能是因为不同生育期的供试菌株或田间流行稻瘟病菌生理小种、自然条件等不同所导致的^[23-25]。本研究中明轮臻占的稻瘟病抗性采用田间自然诱发的鉴定方法, 结果苗瘟表现为中抗, 而穗颈瘟则表现为中感, 苗瘟与穗颈瘟的抗性水平互不相干, 其原因可能与苗瘟和穗颈瘟鉴定时气候条件不同, 或者后期栽培管理措施不当等原因导致的。当然, 也可能是明轮臻占本身抗性基因决定的, 这还需进一步对明轮臻占的稻瘟病抗性基因进行鉴定。

轮回选择是从一群体选择优良个体进行互交, 实现有利基因和性状重组, 并从新群体中鉴定、选择优良个体继续重组以形成下一周期的群体, 通过不断地选择和杂交、重组, 以提高群体中目标性状的基因频率^[26]。本研究中三明显性核不育是由 1 对显性核基因控制, 其育性不受温度和光照影响, 表现为无花粉型, 在杂交过程不需要人工去雄, 操作简便, 同时通过多次杂交可聚合多个有利基因, 是建立高效轮回选择育种群体的理想种质。明恢 1101 是具优质、抗病等特点的稳定中间材料, 但不具香味。本课题组前期先后以含香味的滇屯 502 和优质恢复系双抗明占为父本分别与三明显性核不育株杂交, 构建了同时具有香软米滇屯 502 和优质恢复系双抗明占遗传背景的轮回选择群体, 本研究中以该轮回选择群体中的不育株为母本与明恢 1101 进行杂交, 将明恢 1101 的优异性状导入三明显性核不育水稻中, 构建新的轮回选择群体, 经过海南、福建两地多年加代种植, 采用咀嚼法与抗性鉴定结合

表 1 明轮臻占配组选育品种表现
Table 1 Performance of rice varieties in Minglunzhenzhan combination group

品种名称 Name of variety	试验类型 Type of test	参试年份 Year of test	产量 Yield/ (kg·hm ⁻²)	比CK± Compared with CK/%	全生育期 Growth period/d	米质等级 Grade of rice quality
明1优臻占 Ming 1 You Zhenzhan	福建区试	2019年	7634.3	1.9	127.6	2
		2020年	7623.6	3.0	130.5	3
		平均	7629.0	2.5	129.1	2
	长江中下游区试	2019年	9959.0	5.3	136.1	3
		2020年	9367.5	4.3	133.9	2
		平均	9663.3	4.8	135.0	2
泸优臻占 Lu You Zhenzhan	云南区试	2019年	11277.5	4.3	152.5	普通
		2020年	10963.5	3.1	154.8	3
		平均	11120.6	3.7	153.7	3
福兴优臻占 Fuxing You Zhenzhan	福建区试	2020年	7922.3	3.1	125.9	1
		2021年	8040.9	2.1	122.4	1
		平均	7981.5	2.6	124.1	1
野香优臻占 Yexiang You Zhenzhan	长江上游区试	2020年	9864.0	3.2	154.1	2
		2021年	9669.0	4.4	153.8	普通
		平均	9766.5	3.8	154.0	2
山两优臻占 Shanliang You Zhenzhan	长江中下游区试	2020年	9508.5	5.8	133.7	3
		2021年	9738.0	6.4	134.2	普通
		平均	9622.5	6.1	134.0	3

的方法，最终选育出香型优质恢复系明轮臻占（闽审稻 20190040）。

稻米香味对稻米品质的影响十分关键^[27]。具有香味的稻米被称为“粮中珍品”，在市场上深受广大消费者的喜爱^[28]。然而传统的香稻品种地域性强、抗性较差且产量偏低，难以大面积推广种植，故香米的销售价格较高^[11]。杂交香稻充分利用水稻杂种优势，极大地提高了香稻的单产水平，降低了香米的销售价格，更能满足大众的需求^[2]。许多研究结果表明，水稻的香味基因受 1~2 对隐性基因控制，只有在纯合状态下才能表现出全香味^[29]。本研究利用香味基因特异性功能分子标记 FMbadh2-E7A 和 FMbadh2-E7B^[13] 对明轮臻占进行香味基因鉴定，两对特异引物均扩增出纯合的香味基因带型，且在与具有香味基因的不育系明 1A、野香 A、福兴 A 进行配制，其组合均表现纯合的基因型；而与不具有香味基因的不育系赣 73A、明德 S、山 S 进行配制，组合的香味基因则处杂合状态。这同时也说明当杂交稻双亲只有一个有香味，其配组出的组合稻米的香味处于分离状态，只有部分稻具米有香味。因此选

育全香型的杂交稻，其双亲均需具有香味。

糙米率和整精米率是稻米品质的重要指标，明轮臻占的垩白度、透明度、碱消值、胶稠度、直链淀粉等指标均达部颁一级优质米标准，但是由于长宽比较高，其糙米率只达二级标准，整精米率只达三级，明轮臻占属优质三等食用长粒形籼稻品种。因此明轮臻占作为恢复系，可选一些圆粒或长宽比低的不育系进行配组。另外，明轮臻占配制的系列组合产量也比较高，区试平均产量为 7629.0~11120.6 kg·hm⁻²，比对照增产 2.5%~6.1%，实现了香型、高产、优质三者的有机结合。

参考文献：

- [1] 郭震华, 张淑华, 刘传雪, 等. 水稻稻米香味基因的遗传研究及其在育种中应用的研究进展[J]. 黑龙江农业科学, 2013(3): 143-146.
GUO Z H, ZHANG S H, LIU C X, et al. Research progress of genetic studies of rice fragrance gene and its application in breeding[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2013(3): 143-146. (in Chinese)
- [2] 白德朗, 魏薇, 韦燕萍, 等. 杂交香稻研究现状与展望[J]. 广西农业科学, 2008, 39(6): 717-724.
BAI D L, WEI W, WEI Y P, et al. Status and prospect of aromatic

- hybrid rice[J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2008, 39(6): 717-724. (in Chinese)
- [3] 陈传华, 李虎, 刘广林, 等. 广西香稻种现状及发展策略[J]. 中国稻米, 2017, 23(6): 117-120.
CHEN C H, LI H, LIU G L, et al. Breeding status and development strategy of fragrant rice in Guangxi Province[J]. *China Rice*, 2017, 23(6): 117-120. (in Chinese)
- [4] 周坤炉. 优质、高产、抗病的香型杂交稻组合香优 63[J]. 杂交水稻, 2004(S1): 29-30.
ZHOU K L. Xiangyou 63, a quasi-aromatic hybrid rice with good quality, high yield and good disease resistance[J]. *Hybrid Rice*, 2004(S1): 29-30. (in Chinese)
- [5] 黄庭旭, 江文清, 游晴如, 等. 籼型香稻恢复系大粒香-15 的选育与利用[J]. 福建农业学报, 2006, 22(2): 83-88.
HUANG T X, JIANG W Q, YOU Q R, et al. Breeding and utilization of fragrant restoring line Dalixiang 15 of indica hybrid rice[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2006, 22(2): 83-88. (in Chinese)
- [6] 黄庭旭, 陈美容, 谢从寿, 等. 高产、抗病香型杂交水稻 II 优 15 的选育及开发利用[J]. 杂交水稻, 2002, 17(1): 4-6.
HUANG T X, CHEN M R, XIE C S, et al. Breeding and utilization of quasi-aromatic hybrid rice II you 15 with high yield and good blast resistance[J]. *Hybrid Rice*, 2002, 17(1)4-6. (in Chinese)
- [7] 黄显波, 邓则勤, 唐江霞, 等. 香型软米两系不育系明香 10S 选育研究[J]. 福建农业学报, 2008, 23(2): 163-167.
HUANG X B, DENG Z Q, TANG J X, et al. Breeding of aromatic soft rice two-line GMS line, Mingxiang 10S[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2008, 23(2): 163-167. (in Chinese)
- [8] 唐江霞, 黄显波, 邓则勤, 等. 香型软米两系优质稻明香 1027[J]. 福建稻麦科技, 2008, 26(1): 23.
TANG J X, HUANG X B, DENG Z Q, et al. Mingxiang 1027, a two-line aroma, soft and good quality hybrid rice combination[J]. *Fujian Science and Technology of Rice and Wheat*, 2008, 26(1): 23. (in Chinese)
- [9] 陈培峰, 乔中英, 谢裕林, 等. 优质多抗香稻新品种‘苏香粳 100’的选育与应用[J]. 作物研究, 2017, 31(1): 15-17.
CHEN P F, QIAO Z Y, XIE Y L, et al. Breeding and application of a new aromatic rice variety ‘suxiangjing 100’ with good quality and multi-resistance[J]. *Crop Research*, 2017, 31(1): 15-17. (in Chinese)
- [10] 李宏, 周少川, 黄道强, 等. 优质香稻美香占 2 号的选育及启示[J]. 福建稻麦科技, 2021, 39(2): 1-6.
LI H, ZHOU S C, HUANG D Q, et al. The breeding and enlightenment of Meixiangzhan 2, a aromatic rice variety with good eating quality[J]. *Fujian Science and Technology of Rice and Wheat*, 2021, 39(2): 1-6. (in Chinese)
- [11] 彭波, 孙艳芳, 陈报阳, 等. 水稻香味基因及其在育种中的应用研究进展[J]. 植物学报, 2017, 52(6): 797-807.
PENG B, SUN Y F, CHEN B Y, et al. Research progress of fragrance gene and its application in rice breeding[J]. *Chinese Bulletin of Botany*, 2017, 52(6)797-807. (in Chinese)
- [12] 邓力喜, 刘丹, 陈银华, 等. 贵州省优质水稻‘大粒香’香味基因分子标记的开发[J]. 分子植物育种, 2021, 19(18): 6059-6063.
DENG L X, LIU D, CHEN Y H, et al. Development of molecular marker for fragrance gene of high quality Rice ‘Dalixiang’ in Guizhou Province[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2021, 19(18): 6059-6063. (in Chinese)
- [13] 曾跃辉, 韦新宇, 黄建鸿, 等. ‘泰国小香占’香味基因的鉴定和功能分子标记的开发[J]. 分子植物育种, 2021, 19(13): 4409-4417.
ZENG Y H, WEI X Y, HUANG J H, et al. Identification of the fragrance allele and development of the functional markers for fragrance in ‘Taiguoxiaoxiangzhan’[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2021, 19(13)4409-4417. (in Chinese)
- [14] 刘文静, 胡文彬, 周政, 等. 一种新的水稻香味基因功能标记的开发与应用[J]. 热带作物学报, 2022, 43(4): 675-683.
LIU W J, HU W B, ZHOU Z, et al. Development and application of a new functional marker of fragrant gene in rice (*Oryza sativa* L.)[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2022, 43(4): 675-683. (in Chinese)
- [15] 杜雪树, 夏明元, 李进波, 等. 分子标记辅助选择选育香稻恢复系[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(6): 651-654.
DU X S, XIA M Y, LI J B, et al. Breeding of restore lines with fragrance gene by marker-assisted selection in rice[J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2009, 28(6): 651-654. (in Chinese)
- [16] 罗世友, 胡兰香, 熊焕金, 等. 应用分子标记辅助选育香型优质稻九香粘[J]. 江西农业学报, 2020, 32(9): 18-22.
LUO S Y, HU L X, XIONG H J, et al. Breeding of fragrant rice variety Jiuxiangzhan with good quality by marker-assisted selection[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2020, 32(9): 18-22. (in Chinese)
- [17] 郑景生, 江良荣, 黄荣裕, 等. 应用香型分子标记辅助选育优质香稻新品种佳福香占[J]. 福建稻麦科技, 2021, 39(2): 7-10.
ZHENG J S, JIANG L R, HUANG R Y, et al. A new good quality fragrant rice cultivar jiafuxiangzhan by molecular marker-assisted breeding[J]. *Fujian Science and Technology of Rice and Wheat*, 2021, 39(2): 7-10. (in Chinese)
- [18] 闫影, 张丽霞, 胡泽军, 等. 利用分子标记辅助选育早熟优质香稻新品种‘沪早香软 1 号’[J]. 分子植物育种, 2019, 17(22): 7408-7413.
YAN Y, ZHANG L X, HU Z J, et al. Breeding of a new Japonica rice variety with early-maturity, high quality and fragrance by molecular marker-assisted selection[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2019, 17(22): 7408-7413. (in Chinese)
- [19] 郑家团, 杨德卫, 董炼飞, 等. 香型水稻的遗传和育种现状[J]. 福建农业学报, 2012, 27(10): 1134-1138.
ZHENG J T, YANG D W, DONG L F, et al. Inheritance and breeding actuality of new quasi-aromatic rice (*Oryza sativa* L.)[J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 27(10): 1134-1138. (in Chinese)
- [20] 黄显波, 田志宏, 邓则勤, 等. 水稻三明显性核不育基因的初步鉴定[J]. 作物学报, 2008, 34(10): 1865-1868.
HUANG X B, TIAN Z H, DENG Z Q, et al. Preliminary identification of a novel Sanming dominant male sterile gene in rice

- (*Oryza sativa* L.)[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2008, 34(10): 1865-1868. (in Chinese)
- [21] 李铮友, 师常俊, 李晓艾, 等. 香软米滇屯 502 的选育[J]. 云南农业大学学报, 1999, 14(1): 28-32.
- LI Z Y, SHI C J, LI X A, et al. Breeding of Diantun502: Fragrant ant Soft Rice[J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 1999, 14(1): 28-32. (in Chinese)
- [22] 张婷. 分子标记辅助选择 *Pi9* 基因改良水稻不育系三香 A 稻瘟病抗性[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2022.
- ZHANG T. Improving Blast Resistance of Rice CMS Line Sanxiang A Through Markerassisted Selection of the *Pi9* Gene[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2022. (in Chinese)
- [23] 王如意, 刘杰, 冯琴, 等. 稻瘟病抗性分子机制及抗病育种策略研究进展[J]. 植物保护, 2023, 49(5): 32-42, 70.
- WANG R Y, LIU J, FENG Q, et al. Deciphering the molecular mechanism of rice blast resistance and research progress of resistance breeding strategy[J]. *Plant Protection*, 2023, 49(5): 32-42, 70. (in Chinese)
- [24] 李连国. 水稻种质资源的稻瘟病抗性鉴定与抗菌谱测定[D]. 重庆: 西南大学, 2020.
- LI L G. Identification and Antibacterial Spectrum of Rice Blast Resistance in Rice Germplasm Resources[D]. Chongqing: Southwest University, 2020. (in Chinese)
- [25] 龙厚志. 水稻种质资源稻瘟病抗性的鉴定与评价[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2017.
- LONG H Z. Identification and evaluation of rice blast resistance in Rice Germplasm Resources[D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2017. (in Chinese)
- [26] 朱速松, 张玉珊. 轮回选择在水稻育种中的应用研究进展[J]. 贵州农业科学, 2004, 32(2): 62-64.
- ZHU S S, ZHANG Y S. Situation of recurrent selection applied in rice breeding[J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2004, 32(2): 62-64. (in Chinese)
- [27] 王倩. 贵州禾 AC92 香味基因的遗传分析[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2022.
- WANG Q. Genetic analysis of aroma gene of Guizhouhe AC9[D]. Guiyang: Guizhou Normal University, 2022. (in Chinese)
- [28] 吴子帅, 麻东进, 李虎, 等. 香型优质常规稻品种‘广粮香 2 号’的选育与应用[J]. 中国农学通报, 2022, 38(36): 6-11.
- WU Z S, MA D J, LI H, et al. A conventional rice variety ‘Guangliangxiang 2’ with fragrance and high quality: Breeding and utilization[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2022, 38(36): 6-11. (in Chinese)
- [29] 黄娟, 刘开强, 邓国富, 等. 水稻香味基因荧光分子标记开发及育种应用[J]. 植物生理学报, 2020, 56(5): 1015-1022.
- HUANG J, LIU K Q, DENG G F, et al. Development and breeding application of fluorescent molecular marker for rice fragrance gene[J]. *Plant Physiology Journal*, 2020, 56(5): 1015-1022. (in Chinese)

(责任编辑: 林海清)