

陈春霞, 王洪飞, 游晴如, 等. 三系杂交中稻新品种 M76 优 212 的选育 [J]. 福建农业学报, 2020, 35 (12): 1289–1295.

CHEN C X, WANG H F, YOU Q R, et al. Breeding of a New Three-line Hybrid Rice Variety M76 You 212 [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2020, 35 (12): 1289–1295.

三系杂交中稻新品种 M76 优 212 的选育

陈春霞, 王洪飞, 游晴如, 周 鹏, 涂诗航, 郑菲艳, 董瑞霞, 郑家团, 黄庭旭*

(福建省农业科学院水稻研究所, 福建 福州 350018)

摘 要:【目的】利用抗病不育系与优质恢复系测交配组选育出抗病杂交稻新品种。【方法】以粤晶丝苗 2 号作母本, 与抗稻瘟病中间材料 U03 杂交, F_1 干种子用 $350\text{Gy}^{60}\text{Co-}\gamma$ 射线辐照, 从 M_2 代分离群体中发现 1 株小粒、矮秆、直立的穗突变株。突变株后代经系谱法选择及稻瘟病抗性鉴定之后于 2012 年选择田间代号为 12HR6-12 的株系与抗病不育系 M76A 少量制种, 2013–2014 年分别在福建省建阳市、海南省三亚市参加多点品比试验, 恢复系定名为福恢 212。2015 年 M76 优 212 参加福建省中稻组区域试验, 产量、抗性表现突出, 2016 年续试, 2017 年进入生产试验。【结果】M76 优 212 在连续 2 年区试中的平均产量达 $8\,763.60\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 比对照品种 (II 优明 86) 增产 8.61%, 丰产性、稳产性表现好, 中抗 (MR) 稻瘟病, 米质较优。于 2018 年通过福建省农作物品种审定 (闽审稻 20180007)。【结论】M76 优 212 品种具有产量高、米质较优和抗病性好等优点, 适宜福建省作中稻种植。

关键词: 杂交水稻; 辐射诱变; 福恢 212; M76 优 212

中图分类号: S 511

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2020) 12–1289–07

Breeding of a New Three-line Hybrid Rice Variety M76 You 212

CHEN Chunxia, WANG Hongfei, YOU Qingru, ZHOU Peng, TU Shihang,

ZHENG Feiyan, DONG Ruixia, ZHENG Jiatuan, HUANG Tingxu *

(*Rice Research Institute, Fujian Academy of Agricultural Sciences, Fuzhou Fujian 350018, China*)

Abstract: 【Objective】Breeding a new resistant hybrid rice variety by testing cross of resistant sterile line and high quality restorer line. 【Method】 F_1 hybrid seeds of Yuejingsimiao 2 and blast-resistant intermediate material U03 were treated by $350\text{Gy}^{60}\text{Co-}\gamma$ irradiation, a mutant character as small grains, dwarf and erect panicle was found in M_2 . After the Pedigree selection and identification of rice blast resistance, the plant with field number 12HR6-12 was selected to hybrid with sterile line M76A. In 2013–2014, multipoint variety comparative tests were carried out in Jianyang, Fujian Province and Sanya, Hainan Province, and the new restorer line was named Fuhui 212. In 2015, M76 you 212 performed very well with a high yield and rice blast-resistant at the mid-season rice regional trials in Fujian. It is entering continuing tries and produce trial at 2016 and 2017 respectively. 【Result】The mean yield of M76 You 212 is $8\,763.60\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ at the regional trials in Fujian in two consecutive years, which was 8.61% higher than that of the check variety, II Youming 86. Over all, M76 You 212 showed high and stable yield, moderate resistance to rice blast and good grain quality at regional trials, it was certified by the Crop Variety Approval Committee of Fujian in 2018. 【Conclusion】M76 You 212, the new three-line hybrid rice variety, is characterized by high yield, good grain quality and blast resistance and suitable for middle-season rice cultivation in Fujian Province.

Key words: hybrid rice; radiation induced; Fuhui 212; M76 you 212

0 引言

【研究意义】水稻生产是保障我国粮食安全的

基石, 杂交水稻技术的应用为我国粮食安全作出了重要贡献。近 30 年来, 随着我国高产育种、超高产育种、超级稻育种和绿色超级稻育种等项目的实

收稿日期: 2019–12–24 初稿; 2020–10–22 修改稿

作者简介: 陈春霞 (1979–), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向: 主要从事水稻分子辅助育种研究 (E-mail: 158625731@qq.com)

* 通信作者: 黄庭旭 (1964–), 男, 硕士, 研究员, 研究方向: 主要从事水稻遗传育种 (E-mail: 610143535@qq.com)

基金项目: 福建省科技计划公益类专项 (2019R1023-4、2019R1023-6); 国家重点研发计划项目 (2017YFD0100101); 福建省农业科学院科技创新团队项目 (STIT2017-1-1)

施,我国水稻品种产量不断提高^[1]。然而随着国家经济水平的提升,人们越来越看重稻米品质。目前我国的稻米产业呈现出强而不优的状况,培育出的优质稻品种占比较少,“高产、优质、高效、生态、安全”将是我国水稻研究的重心^[2]。福建地形复杂、生态多样,是稻瘟病的常发区,但目前生产上大多数当家品种不抗病^[3]。只有利用各种不同的育种技术手段,包括诱变育种、分子标记辅助选择技术等,打破高产、优质、抗逆三者之间的矛盾,将三者平衡统一起来,才能选育出高产优质的抗病杂交水稻品种。【前人研究进展】中国辐射诱变育种研究始于1957年,辐射诱变技术在培育杂交水稻新品种和创制种质新资源方面发挥了重要作用^[4]。李伟等^[5]利用⁶⁰Co- γ 射线诱变滇屯502的成熟种子,筛选到不同性状的优质香软米材料。鲍根良等^[6]采用⁶⁰Co- γ 射线辐射常规粳稻,经多代定向筛选,获得在外观品质、蒸煮品质、食味上明显优于其双亲的优质米突变体。陈慧茹等通过¹²C⁶⁺重离子束辐照93-11,获得一个籽粒低镉积累突变体T2-1,该突变体籽粒中Cd、Pb、Cu的积累均显著低于野生型^[7]。黄荣华利用350Gy⁶⁰Co- γ 射线辐照恢复系93-11和光温敏核不育系广占63-4S干种子,育成糯质93-11恢复系(嘉糯恢7号)和糯质广占63-4S不育系(闽糯1S),用闽糯1S与嘉糯恢7号配制的杂交糯稻糯两优7号于2019年10月通过国家农作物品种审定委员会审定^[8]。王俊梅等对辐照+EMS诱变后杂交选育而成的水稻材料进行耐草甘膦特性筛选鉴定,筛选出来源于PI⁵/浙粳/PI²的两个材料CA11和CA21,对草甘膦耐性较好,有一定的利用价值^[9]。章清杞等采用⁶⁰Co- γ 射线辐射诱变技术,从糯稻恢复系嘉糯恢2号的M₂群体中获得糯性巨胚突变种质,经系谱选择育成了兼具糯性和巨胚性状的功能稻恢复系^[10]。【本研究切入点】辐射诱变作为培育水稻新品种的重要途径之一,可获得农艺性状、生育期、品质、抗性等性状优良的突变种质资源^[11],目前已报道的辐射诱变品种大多从直接辐射亲本材料选育而来^[12-13],通过低世代辐照选育的品种较少。陆艳婷等^[11]统计了245个辐射品种,其中通过低世代辐照选育而成的仅占4.5%。本研究利用F₁代干种子进行辐照处理,能有效提高突变频率和增加突变类型,且能同时聚合双亲的优异目标性状。【拟解决的关键问题】根据国家水稻数据中心的品种审定数据,2000—2017年,福建省共审定杂交中稻品种117个,其中达中抗稻瘟病以上的杂交稻品种仅为32个。本研究拟通过对优质抗稻瘟病常规稻品种粤晶丝苗2号^[14]与抗稻瘟病中间材料U03杂交种子的低世代进行辐射诱

变,期望培育出抗稻瘟病、米质优的杂交稻中稻新品种,供生产上应用。

1 材料与方法

1.1 亲本来源

2009年春,福建省农业科学院水稻研究所在海南省三亚市利用粤晶丝苗2号^[14]作母本与抗稻瘟病中间材料U03(中国农业科学院水稻研究所引进)杂交,F₁去杂混收,之后用350 Gy⁶⁰Co- γ 射线辐照F₁干种子。在M₂代分离群体中发现1株小粒、矮秆直立穗突变株,后代在海南省三亚市、福建省建阳市按株系种植,同时在福建省上杭县进行稻瘟病抗性鉴定,经系谱法选择,于2013年育成的矮秆、抗病、恢复力强的恢复系,定名福恢212。福恢212与对照品种粤晶丝苗2号相比茎秆长度、穗长、谷粒长度均较短,穗伸出度为正好抽出。

2004年秋,福建省作物设计育种实验室利用大粒、优质的育种中间材料X-1与闽标1B杂交,通过分子标记筛选出含纯合抗病基因*Pi-1*且株叶形态佳、柱头外露率高的单株,从F₄代株系开始在抽穗期选择抗病标记纯合基因型的优良单株,与金23A测交,经海南和福建多代穿梭选育,于2009年育成不育系M76A^[15]。M76A属籼型三系不育系,在福建省沙县5月上旬播种,播始历期85 d左右,比金23A长30 d左右;不育性稳定,柱头外露率中等,稻瘟病抗性鉴定综合评价为中感稻瘟病,米质一般。

1.2 田间试验

区域试验采用完全随机区组设计,小区面积13.3 m²,长方形,种植规格20 cm×22 cm,3次重复。生产试验按大区随机排列,无重复设计,每个区(品种)面积约为333 m²。大田管理按照当地栽培技术进行,试验田肥力水平一般,生产中无使用植物生长调节剂,排除生物干扰。

1.3 抗病性鉴定

稻瘟病抗性鉴定采用苗期室内人工喷雾接菌和在稻瘟病重发区大田病圃自然诱发鉴定相结合的方法,发病调查评价指标按照《稻瘟病测报调查规范》(GB/T 15790—2009)^[16]。

1.4 稻米品质分析

区试点稻谷样品由福建省种子管理总站负责收集,并送往农业部稻米及制品质量监督检验测试中心进行稻米品质指标的化验和鉴定。

2 结果与分析

2.1 选育过程

2009年春,在海南省三亚市用粤晶丝苗2号作

母本与中间材料 U03 杂交。2009 年夏, 在福建省建阳市种植 F_1 代, 至成熟期 F_1 代种子全部混收。2009 年 11 月用 $350\text{ Gy}^{60}\text{Co-}\gamma$ 射线辐照 F_1 干种子 (M_0)。2010 年春, 在海南三亚种植 M_0 代, 采用密植丛插 200 m^2 ($16.7\text{ cm}\times 16.7\text{ cm}$), 共 2 500 穴, 成熟时全部混收 (M_1 代种子)。2010 年夏, M_1 代种植于福建省建阳市。在 M_2 代分离群体中发现 1 株小粒、矮秆、直立的穗突变株, 后代在海南三亚、福建建阳按株系种植, 同时在福建上杭进行抗性鉴定, 定向筛选。2012 年夏, 在福建建阳种植、编号为 12HR6-07、12HR6-12、12HR6-15 的 3 个株系中选, 分别用沁香 A、农香 A、M20A、M76A 等三系不育系测定其恢复力, 其中与 12HR6-12 测交的后代表现突出, 恢复系定名为福恢 212。之后, 用福恢 212 配组的 M76 优 212 组合表现突出, 2013—2014 年分别在福建省建阳市、海南省三亚市参加多点品比试验。2015 年推荐参加福建省中稻组区域试验, 米质、产量、抗性表现突出, 2016 年参加续试, 2017 年进行生产试验, 2018 年通过福建省农作物品种审定 (闽审稻 20180007)。恢复系福恢 212 及其与 M76A 配组的 M76 优 212 新组合 (品种) 的选育流程见图 1。

2.2 制种

母本 M76A 开花习性好, 柱头外露率高, 异交结实率高达 60% 以上。福恢 212 株形较矮, 株高 85 cm 左右, 在肥水管理过程中需注重父本的培育。父本移栽当天在父本行上施 1 次面肥, 移栽后 5~7 d 深施 1 次球肥。根据多年制种经验, 在福建省建阳市晚稻制种, 父本一般在 6 月 1~5 日播种, 播始历期 88~90 d。父本分 2 期播种, II 期父本与 I 期父本间隔 9 d。母本在 6 月 6~10 日播种, 比第 I 期父本迟播 5 d, 播始历期 83~84 d, 母本比父本早始穗 1~2 d, 花期相遇良好, 制种产量可达 $2\ 625\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上。

2.3 品种表现

2.3.1 产量 由表 1 看出, M76 优 212 参加 2015 年福建省中稻区域试验初试, 7 个试验点产量幅度为 $6\ 349.95\sim 9\ 947.55\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 平均产量 $8\ 486.10\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 居第 3 位, 比对照 II 优明 86 增产 14.18%, 差异达极显著水平 ($P<0.01$), 增产点率 100%; 2016 年续试, 8 个试验点产量幅度为 $7\ 375.05\sim 9\ 787.50\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 平均产量 $9\ 040.95\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 居第 3 位, 比对照 II 优明 86 增产 3.05%, 差异不显著, 增产点率 75.0%。2 a 平均产量 $8\ 763.53\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 比对照增产 8.62%。M76 优 212 在区域试验中表现高产、稳产。

2017 年 M76 优 212 参加福建省中稻新品种生产试验, 6 个试验点产量幅度为 $7\ 317.00\sim 9\ 811.50\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 增产幅度为 5.71%~53.0%; 平均产量 $8\ 789.40\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$, 比对照 II 优明 86 增产 18.92%。M76 优 212 在生产试验中表现超高产 (表 2)。

2.3.2 生育期 2015 年 M76 优 212 参加福建省中稻区域试验初试, 全生育期 136.6 d, 比对照 II 优明 86 早熟 1.1 d。2016 年续试, 全生育期 142.3 d, 比对照 II 优明 86 迟熟 0.9 d。2 a 区试全生育期平均 139.4 d, 比对照 II 优明 86 早熟 0.1 d。据福建省中稻组区域试验表现, M76 优 212 适宜在福建省作中稻种植。

2.3.3 主要农艺性状 M76 优 212 总体表现群体整齐、株型适中、穗大粒多、后期转色好。由表 3 看出, 在 2015—2016 年福建省中稻组区域试验中, 平均株高 125.10 cm, 比对照高 0.45 cm; 穗长 25.55 cm, 比对照短 0.50 cm; 有效穗数 $206.25\text{ 万穗}\cdot\text{hm}^{-2}$, 比对照多 $17.25\text{ 万穗}\cdot\text{hm}^{-2}$; 成穗率 72.25%, 比对照高 10.40 个百分点; 每穗总粒数 220.60 粒, 比对照多 28.95 粒; 着粒密度 $8.63\text{ 粒}\cdot\text{cm}^{-1}$, 比对照多 $1.28\text{ 粒}\cdot\text{cm}^{-1}$; 结实率 81.03%, 比对照低 8.37 个百分点; 千粒重 27.70 g, 比对照轻 1.05 g。在 2017 年生产试验中, 平均株高 120.70 cm, 比对照高 1.53 cm; 穗长 25.72 cm, 比对照短 0.79 cm; 有效穗数 $206.40\text{ 万穗}\cdot\text{hm}^{-2}$, 比对照多 $32.40\text{ 万穗}\cdot\text{hm}^{-2}$; 每穗总粒数 266.18 粒, 比对照多 57.78 粒; 着粒密度 $10.35\text{ 粒}\cdot\text{cm}^{-1}$, 比对照多 $2.49\text{ 粒}\cdot\text{cm}^{-1}$; 结实率 73.80%, 比对照低 13.28 个百分点; 千粒重 27.27 g, 比对照轻 1.33 g。M76 优 212 在区域试验及生产试验中均比对照增产, 比较 2 个品种的穗粒结构, M76 优 212 的主要增产因素是有效穗数、成穗率和每穗粒数。

2.3.4 稻瘟病抗性 2015—2016 年参加福建省中稻组区域试验稻瘟病抗性鉴定, 2015 年经 4 个抗性鉴定点田间鉴定结果: 叶瘟发病率 1.13%, 病情指数 0.26, 表现抗 (R) 稻瘟病; 穗颈瘟发病率 17.63%, 病情指数 4.40, 表现抗 (R) 稻瘟病; 室内接菌鉴定, 抗菌株率 83.33%, 表现抗 (R) 稻瘟病, 综合评价为抗 (R) 稻瘟病。2016 年田间鉴定结果: 叶瘟发病率 22.50%, 病情指数 7.00, 表现为中抗 (MR) 稻瘟病; 穗颈瘟发病率 26.63%, 病情指数 7.49, 表现中抗 (MR) 稻瘟病; 室内接菌鉴定, 抗菌株率 100%, 表现抗 (R) 稻瘟病, 综合评价为中抗 (MR) 稻瘟病。经 2 年稻瘟病抗性鉴定, M76 优 212 综合评价为中抗 (MR) 稻瘟病, 而对照 II 优明 86 综合评价为高感 (HS) 稻瘟病 (表 4)。M76 优 212 的稻

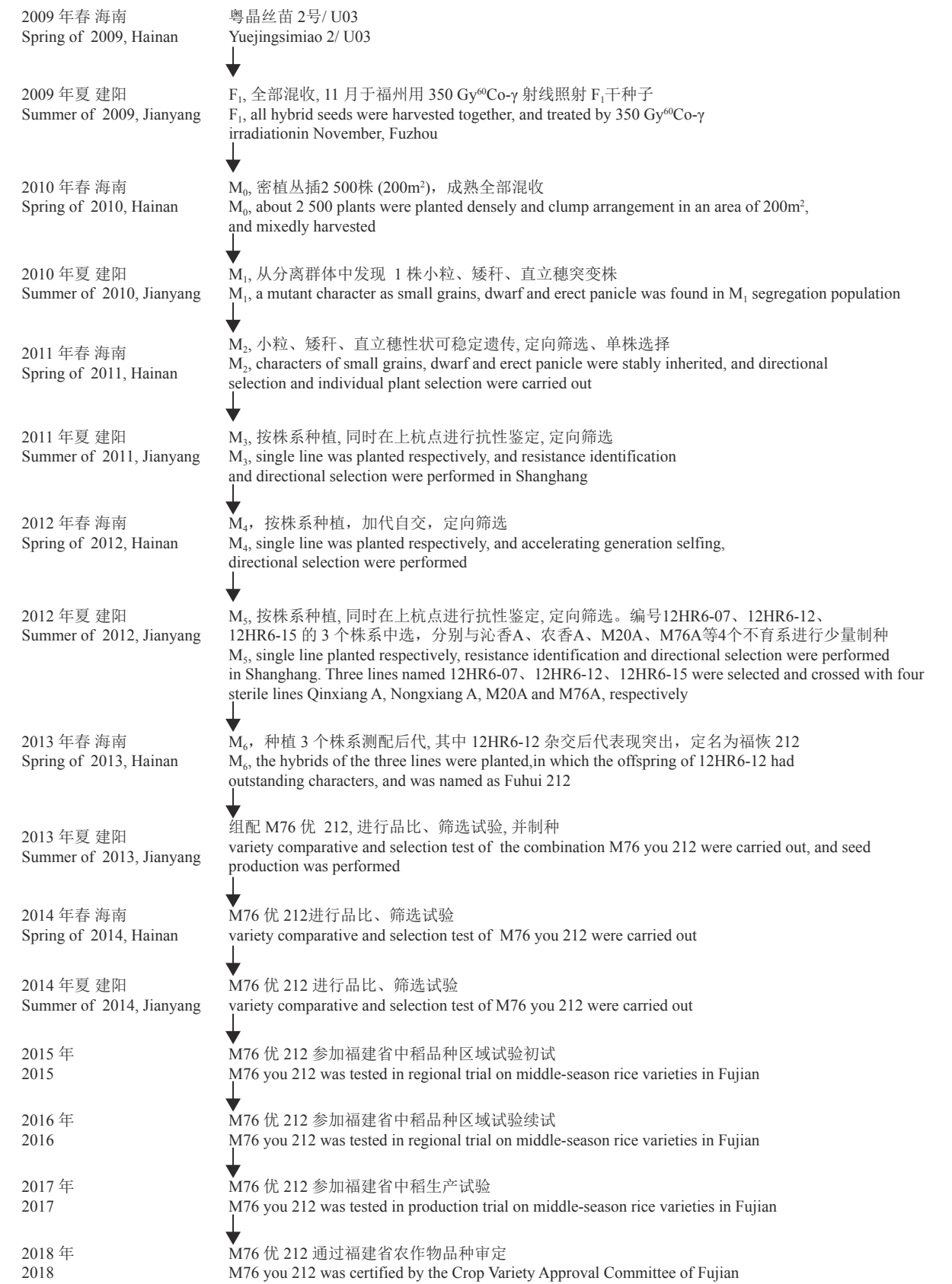


图 1 恢复系福恢 212 及新品种 M76 优 212 的选育过程

Fig. 1 Breeding processes of Fuhui 212 and M76 you 212

瘟病抗性表现明显优于同熟期组的对照品种 II 优明 86。

2.3.5 稻米品质 据福建省中稻组区试统一取样委托农业部稻米及制品质量监督检验测试中心检测，

表 1 M76 优 212 在福建省中稻区域试验中的产量表现

Table 1 Yield performance of M76 you 212 in Regional Trials on Middle-season Rice Varieties in Fujian

年份 Year	产量幅度 Range of yield/ (kg·hm ⁻²)	平均产量 Average yield/ (kg·hm ⁻²)	比CK增产 Compared with CK/ (kg·hm ⁻²)	比CK增产率 Ratio compared with CK/%	试验点数 Number of test points	参试品种数 Number of varieties tested
2015	6349.95~9947.55	8486.10	1053.88	14.18	7	12
2016	7375.05~9787.50	9040.95	267.59	3.05	8	12
平均 Average		8763.53	660.74	8.62		

表 2 M76 优 212 在福建省中稻生产试验中的产量表现

Table 2 Yield performance of M76 you 212 in Preoduction Trialson Middle-season Rice Varieties in Fujian

试验点 Location	产量 Yield/ (kg·hm ⁻²)	比CK增产 Compared with CK/ (kg·hm ⁻²)	比CK增产率 Ratio compared with CK/%
武夷山市 Wuyishan	7650.00	1117.50	17.11
大田县 Datian	9286.50	567.00	6.51
龙岩市新罗区 Xinluo	9061.50	1905.00	26.60
建阳市 Jianyang	9811.50	531.00	5.71
尤溪县 Youxi	9610.50	3417.00	53.00
周宁县 Zhouning	7317.00	852.00	13.20
平均 Average	7390.95	1398.45	18.92

表 3 M76 优 212 在福建省晚稻区试中的农艺性状表现

Table 3 Agronomic characteristics of M76 you 212 in regional and production trails held in Fujian on Late varieties

品种 Name of varieties	年份 Year	试验类型 Type of test	生育期 Growth period/d	株高 Plant height/cm	穗长 Ear length/cm	有效穗 Effective panicle no./×10 ⁴ 穗·hm ⁻²	成穗率 Percentage of earbearing tiller/%	总粒数 Spikelets per panicle	着粒密度 Spikelet density/ No·cm ⁻¹	结实率 Seed setting rate/%	千粒重 1000 grain weight/g
M76优212 M76 you 212	2015	区试 Regional trial	136.60	124.30	25.40	196.50	67.90	217.50	8.56	81.15	28.30
	2016		142.30	125.90	25.70	216.00	76.60	223.70	8.70	80.90	27.10
	平均 Average		139.45	125.10	25.55	206.25	72.25	220.60	8.63	81.03	27.70
II优明86 II you ming 86 (CK)	2015	区试 Regional trial	137.70	123.70	26.10	168.00	55.50	179.80	6.89	88.69	28.90
	2016		141.40	125.60	26.00	210.00	68.20	203.50	7.83	90.10	28.60
	平均 Average		139.55	124.65	26.05	189.00	61.85	191.65	7.36	89.40	28.75
M76优212 M76 you 212	2017	生产试验 Production test	145.17	120.70	25.72	206.40	—	266.18	10.35	73.80	27.27
II优明86 II you ming 86 (CK)			143.83	119.17	26.51	397.65	—	208.40	7.86	87.08	28.60

M76 优 212 糙米率 80.5%，整精米率 60.2%，垩白度 1.2%，透明度 1 级，碱消值 6.3 级，胶稠度 82 mm，直链淀粉含量 22.2%，蛋白质含量 9.9%。依据 NY/T 593—2013《食用稻品种品质》标准，M76 优 212 的整精米率、透明度、碱消值、胶稠度均达部颁一级标准，糙米率、垩白度达部颁二级标准。M76 优 212 的粒型长，粒长达 7.2 mm，长宽比 3.3，且整精

米率高，有利于稻米制品的加工。

2.3.6 种子商品性 2017—2018 年连续 2 年分别从充分混合的样品中随机选择 2 000 粒 M76 优 212 种子进行种子纯度及发芽率鉴定，田间试验点安排在福建省南繁基地，田间管理按普通大田管理水平。鉴定结果：2017 年发芽数 1 773 粒，发芽率 88.65%，纯度达 99.61%；2018 年发芽数 1 688 粒，发芽率 84.40%，

表 4 M76 优 212 在福建省中稻区试中的抗性表现
Table 4 Rice blast resisatnce of M76 you 212 displayed in Regional Trials on Middle-season Rice Varieties in Fujian

品种 Varieties	年份 Year	点数 Points	田间叶瘟鉴定 Identification of leaf pest in field			田间穗颈瘟鉴定 Identification of ear neck distemper in field			室内鉴定 Identification in greenhouse		综合评价 Comprehensive evaluation
			发病率 Prevalence/%	病情指数 Disease index	抗性类型 Type of resistance	发病率 Prevalence/%	病情指数 Disease index	抗性类型 Type of resistance	抗菌株率 Antibacterial strain rate/%	抗性类型 Type of resistance	
M76优212 M76 you 212	2015	4	1.13	0.26	R	17.63	4.40	R	83.33	R	R
	2016	4	22.50	7.00	MR	26.63	7.49	MR	100.00	R	MR
	平均 average		11.82	3.63	MR	22.13	5.95	MS	91.67	R	MS
II优明86 II you ming 86 (CK)	2015	4	82.00	56.91	HS	98.13	82.79	HS	4.17	HS	HS
	2016	4	51.75	28.36	S	100.00	83.42	HS	30.43	S	HS
	平均 Average		66.88	42.64	HS	99.07	83.11	HS	17.30	HS	HS

表 5 M76 优 212 的种子商品性
Table 5 The seed commodity of M76 you 212

年份 Year	发芽数 Number of germination	发芽率 Germination rate/%	正常株数 Number of normal plants	纯度 Purity/%	种子饱满度 Seed fullness	色泽 Color
2017	1 773	88.65	1 766	99.61	饱满 Full	杆黄色 Light yellow
2018	1 688	84.40	1 674	99.17	饱满 Full	杆黄色 Light yellow
平均 Average	1 730.5	86.53	1 720	99.39		

纯度达 99.17% (表 5)。根据国家标准 GB 4401.1—1996 的规定, M76 优 212 的种子籽粒饱满, 色泽杆黄, 发芽率、纯度符合一级杂交种标准。

3 讨论与结论

M76 优 212 是用经辐射育种的恢复系福恢 212 与经分子标记辅助选择育种的抗稻瘟病三系不育系 M76A 配组选育出的抗稻瘟病杂交中稻新品种。2 年区试平均产量达 8 763.60 kg·hm⁻², 比对照品种 II 优明 86 增产 8.61%, 丰产性、稳产性表现好, 中抗 (MR) 稻瘟病, 米质较优, 作为中稻在福建省种植具有较好的应用前景。

水稻杂种优势利用是由我国发明的一项原创性的粮食增产技术, 全世界杂交水稻种植面积累计超过 5 亿 hm², 增产粮食 6.25 亿 kg, 为世界粮食安全作出了重要贡献^[17]。杂交水稻新品种的培育离不开新恢复系的创制。育种实践证明, 辐射诱变技术、分子标记辅助选择技术是选育和改良恢复系成效最显著的育种措施之一。福建省自 1960 年开始开展辐射诱变育种, 选育出多个水稻新品种在生产上应用, 取得了显著的经济效益^[18]。本研究使用的福恢 212 是通过辐射诱变粤晶丝苗 2 号与抗稻瘟病中间材料 U03 杂交的 F₁ 种子选育而成, 其粒形较小, 千

粒重 15.8 g, 便于机械化制种, 降低生产成本, 增加种植户收益。此外, 福恢 212 还具有稻米品质好、抗稻瘟病、配合力强的特点, 目前已配组育成/审定一批抗病、高产、综合性状优良、适应性广的新组合 (品种), 如: M76 优 212、荃优 212、恒丰优 212、农优 212、晶两优 212, 雅 1 优 212 和雅 5 优 212 等。

综上所述, 福恢 212 不仅是配制杂交新组合的优异种质资源, 同时也是良好的遗传研究材料。本研究团队将继续围绕福恢 212 的杂交稻配组, 以及米质、粒型、穗型等性状方面展开后续研究, 以期在分子水平上阐明福恢 212 的遗传机理, 为福恢 212 在育种实践中更好地应用提供理论依据, 为水稻分子设计育种、优良基因利用、克隆和功能验证等工作奠定基础。

参考文献:

[1] 张昌泉, 赵冬生, 李钱峰, 等. 稻米品质性状基因的克隆与功能研究进展 [J]. 中国农业科学, 2016, 49 (22): 4267–4283.
ZHANG C Q, ZHAO D S, LI Q F, et al. Progresses in research on cloning and functional analysis of key genes involving in rice grain quality [J]. Scientia Agricultural Sinica, 2016, 49 (22): 4267–4283. (in Chinese)

- [2] 刘贵富, 陈明江, 李明, 等. 水稻育种行业创新进展 [J]. 植物遗传资源学报, 2018, 19 (3): 416–429.
- LIU G F, CHEN M J, LI M, et al. Advances and innovation of rice breeding [J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2018, 19 (3): 416–429. (in Chinese)
- [3] 黄庭旭, 郑家团, 游晴如, 等. 福建省杂交水稻选育研究现状与展望 [J]. 福建农业学报, 2012, 27 (3): 312–318.
- HUANG T X, ZHENG J T, YOU Q R, et al. Status and prospect of the research on the breeding of hybrid rice in Fujian Province [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2012, 27 (3): 312–318. (in Chinese)
- [4] 斯琴图雅, 高德玉, 张玉宝, 等. 我国水稻辐射诱变育种现状 [J]. 黑龙江科学, 2013, 4 (5): 42–43, 83.
- SIQIN T Y, GAO D Y, ZHANG Y B, et al. Status of induced mutation breeding by radiation for rice in China [J]. *Heilongjiang Science*, 2013, 4 (5): 42–43, 83. (in Chinese)
- [5] 李伟, 吴超, 李正和, 等. ^{60}Co - γ 辐射对香软型水稻品种‘滇屯502’的诱变效应 [J]. 云南农业大学学报(自然科学版), 2016, 31 (1): 7–15.
- LI W, WU C, LI Z H, et al. Mutagenic effect of ^{60}Co - γ on aromatic and soft rice Variety 'Diantun 502' [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University(Natural Science Edition)*, 2016, 31 (1): 7–15. (in Chinese)
- [6] 鲍根良, 严文潮, 张小明, 等. 粳稻优质米突变体E203的诱变选育研究 [J]. 核农学报, 2002, 16 (5): 268–271.
- BAO G L, YAN W C, ZHANG X M, et al. Study on selection and evaluation of Japonica rice mutant E203 with superior grain quality [J]. *Acta Agriculturae Nucleatae Sinica*, 2002, 16 (5): 268–271. (in Chinese)
- [7] 陈慧茹. 镉在水稻亚种间的吸收转运和积累差异及其低积累突变种质的创建[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2019.
- CHEN H R. Absorption, transport, and accumulation of cadmium in rice cultivars and identification of low-cadmium rice mutant[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2019. (in Chinese).
- [8] 黄荣华. 优质高产杂交糯稻新组合糯两优7号的选育与应用 [J]. 江西农业大学学报, 2020, 42 (4): 641–646.
- HUANG R H. Breeding and application of new waxy hybrid rice combination Nuoliangyou No. 7 with good grain quality and high yield [J]. *Acta Agriculturae University Jangxiensis*, 2020, 42 (4): 641–646. (in Chinese)
- [9] 王俊梅, 叶胜海, 翟荣荣等. 耐草甘膦水稻种质资源的创制和鉴定 [J]. 核农学报, 2017, 31 (3): 432–439.
- WANG J M, YE S H, ZHAI R R, et al. Creation and identification of glyphosate-tolerant rice germplasm resources [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2017, 31 (3): 432–439. (in Chinese)
- [10] 章清杞, 李美德, 黄荣华. 巨胚糯稻恢复系福巨糯2号的选育 [J]. 杂交水稻, 2020, 35 (204): 27–30.
- ZHANG Q Q, LI M D, HUANG R H. Breeding of waxy rice restorer line Fujunuo 2 with giant embryo [J]. *Hybrid Rice*, 2020, 35 (204): 27–30. (in Chinese)
- [11] 陆艳婷, 陈金跃, 张小明, 等. 浙江省水稻辐射育种研究进展 [J]. 核农学报, 2017, 31 (8): 1500–1508.
- LU Y T, CHEN J Y, ZHANG X M, et al. Advance in study and application of the rice breeding by radiation in Zhejiang province [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2017, 31 (8): 1500–1508. (in Chinese)
- [12] 王奉斌, 魏玉波, 布哈丽且木, 等. 辐射诱变选育水稻品种新稻12号的实践与探讨 [J]. 安徽农学通报, 2010, 16 (3): 65, 93.
- WANG F B, WEI Y B, BU H L Q M, et al. Practice and discussion on new variety Xindao 12 under irradiation breeding [J]. *Anhui Agricultural Science Bulletin*, 2010, 16 (3): 65, 93. (in Chinese)
- [13] 吴钟, 陈文阳, 高云. 广东省水稻诱变育种进展及展望 [J]. 广东农业科学, 2013 (8): 4–7.
- WU Z, CHEN W Y, GAO Y. Achievements and perspective outlook of rice induced mutation breeding in Guangdong [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2013 (8): 4–7. (in Chinese)
- [14] 何秀英, 陈粤汉, 廖耀平, 等. 优质稻主导品种粤晶丝苗2号的选育过程与应用情况 [J]. 作物杂志, 2011 (5): 131–132.
- HE X Y, CHEN Y H, LIAO Y P, et al. Breeding and application of leading variety with good quality Yuejingsimiao 2 [J]. *Crops*, 2011 (5): 131–132. (in Chinese)
- [15] 毛大梅, 林芳, 吴明基, 等. 高产杂交中稻新组合M76优3301 [J]. 杂交水稻, 2018, 33 (1): 84–85.
- MAO D M, LIN F, WU M J, et al. M76 You 3301, a new high-yielding medium hybrid rice combination [J]. *Hybrid Rice*, 2018, 33 (1): 84–85. (in Chinese)
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 稻瘟病测报调查规范: GB/T 15790—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [17] 李黎红, 张宇. 我国杂交水稻优势、面临挑战与国际化策略 [J]. 中国稻米, 2019, 25 (4): 1–4.
- LI L H, ZHANG Y. The advantages, challenges and internationalization strategies of China's hybrid rice [J]. *China Rice*, 2019, 25 (4): 1–4. (in Chinese)
- [18] 林兆松. 福建省核农学研究三十年(1959–1989) [J]. 福建稻麦科技, 1991, 9 (1): 1–5.
- LIN Z S. Thirty Years of Research in Nuclear Agriculture in Fujian Province(1959–1989) [J]. *Fujian Science and Technology of Rice and Wheat*, 1991, 9 (1): 1–5. (in Chinese)

(责任编辑: 杨小萍)