

## 优质水稻恢复系泸恢 2004 的选育

袁小珍<sup>1,2</sup> 闫秉春<sup>1,2</sup> 刘洁<sup>1,2</sup> 杨波<sup>1,2</sup> 付唯<sup>1,2</sup>  
付强<sup>1,2</sup> 陈滕江<sup>1,2</sup> 李耘<sup>1,2</sup> 邓丽<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 农业农村部西南水稻生物学与遗传育种重点实验室 / 四川省农业科学院水稻高粱研究所, 德阳 618000;

<sup>2</sup> 国家水稻改良中心泸州分中心, 四川泸州 646100; <sup>3</sup> 四川省泸县乡村振兴发展促进中心, 泸州 646138)

**摘要:** 泸恢 2004 是由四川省农业科学院水稻高粱研究所(四川省农业科学院德阳分院)新品种选育团队利用川恢航 907(母本)与成恢 3203(父本)进行有性杂交, 后代采用系谱育种结合南繁加代技术加速稳定, 育成的优质三系水稻恢复系。该恢复系于四川泸州地区 3 月 20 日播种, 成熟后取样送检, 依据 NY/T 593—2021《食用稻品种品质》标准检测, 稻米品质达二级。其组配的杂交组合玉龙优 200(审定编号: 川审稻 20240001)、品香优 2004(审定编号: 川审稻 20240002)经四川省水稻区域试验统一取样送检, 米质均达一级。

**关键词:** 泸恢 2004; 优质; 水稻; 选育; 应用

## Breeding of a High-Quality Rice Restorer Line Luhui 2004

YUAN Xiaozhen<sup>1,2</sup>, YAN Bingchun<sup>1,2</sup>, LIU Jie<sup>1,2</sup>, YANG Bo<sup>1,2</sup>, FU Wei<sup>1,2</sup>,  
FU Qiang<sup>1,2</sup>, CHEN Tengjiang<sup>1,2</sup>, LI Yun<sup>1,2</sup>, DENG Li<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Key Laboratory of Southwest Rice Biology and Genetic Breeding, Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Rice and Sorghum Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Deyang 618000, Sichuan;

<sup>2</sup>Luzhou Branch of National Rice Improvement Center, Luzhou 646100, Sichuan; <sup>3</sup>Luxian County Rural

Revitalization Development Promotion Center, Luzhou 646138, Sichuan)

水稻是全球的重要粮食作物之一, 全球超 65% 人口以稻米为主食, 我国更是水稻最大的生产国与消费国<sup>[1]</sup>。随着社会发展、居民生活水平提升以及粮食作物种植结构优化调整, 消费者膳食需求从“吃得饱”向“吃得好”转变, 对优质大米的需求日益增长<sup>[2]</sup>。优质水稻恢复系或不育系的选育, 是培育优质高端突破性新品种的基础。其中, 优质水稻恢复系的选育有助于培育出高附加值、市场认可度高的稻米品种, 既能满足消费升级需求, 推动优质稻米产业发展, 又能进一步改善民众生活品

质<sup>[3-4]</sup>。因此, 培育兼具高产特性与营养丰富、外观优良、适口性强等品质性状的水稻品种, 仍是当前水稻育种领域亟待深入研究的重要课题<sup>[5]</sup>。优质水稻恢复系的选育与应用, 是实现杂交水稻“量质齐升”的核心引擎, 其价值不仅体现在稻米适口性的改善, 更在保障国家粮食安全、推动农业提质增效、促进农民增收及加快农业科技创新等层面具有重大且深远的理论与现实意义<sup>[6]</sup>。本团队前期以优质抗稻瘟病恢复系泸恢 1611 为育种材料, 通过杂交配组筛选, 育成宜优 1611、玉龙优 1611 等优质杂交稻组合, 均通过国家或四川省农作物品种审定<sup>[7]</sup>, 其中玉龙优 1611<sup>[8]</sup>、宜优 1611 被列为四川省农业主导品种, 在生产上得到大面积推广应用。在

基金项目: 四川省“十四五”生物育种重大科技专项(2022ZDZX0016);  
四川省财政自主创新专项(2022ZCX069)

通信作者: 邓丽

此基础上,本团队通过整合优质、抗逆、广适、高配合力遗传资源,成功选育出优质多抗恢复系泸恢2004,并组配育成玉龙优200、品香优2004等杂交稻组合,均于2025年通过四川省农作物品种审定委员会审定,另有宜优2004等新品系处于待审定阶段。

## 1 亲本来源及选育过程

### 1.1 亲本来源

母本川恢航907由四川省农业科学院生物技术核技术研究所选育,是以H94109-69、多系1号、Basment370、6078、蜀恢162为亲本材料,采用杂交—辐照—花药培养相结合的技术路线选育而成的优质大穗型恢复系。父本成恢3203由四川省农业科学院作物研究所选育,是以成恢177、蜀恢527为亲本进行有性杂交,借助分子标记辅助选择技术,定向聚合抗病(*Pi-km/Pi-ta*)、优质(*Wxb/ALKT*)和低镉(*OsNRAMP5*)三大类功能基因,最终育成的籼型常规稻品种。

### 1.2 选育过程

泸恢2004采用系谱选育法,结合南繁加代技术加速遗传稳定,历经多代定向筛选育成。2012年夏在四川泸县以川恢航907为母本、成恢3203为父本进行常规杂交;同年秋在海南种植 $F_1$ ,筛选真杂种单株后混收,完成基础群体构建。2013年夏于泸县种植 $F_2$ ,选留植株形态好、结实正常、充实度好的单株29份;同年秋在海南陵水种植 $F_3$ ,进一步选留理想单株20份。2014年夏在泸县栽种 $F_4$ ,选留植株叶形适中、结实率高、群体整齐度一致的单株13份;同年8月底在海南种植 $F_5$ ,选择8份株系分别与宜香A测交,初步测定其恢复力。2015年夏在泸县种植 $F_6$ 及测交后代,选留性状优良的单株14份;同年秋在海南种植 $F_7$ ,选留5份单株分别与宜香1A、蓉18A、川106A及内香5A配组,进行恢复力复测。2016年夏在泸县种植 $F_8$ 及杂交组合,同步开展取样测产、碾米鉴定,并在四川蒲江进行抗性筛选;同年秋在海南种植 $F_9$ ,完成配组复测。2017年夏于泸县种植 $F_{10}$ ,对20个组合进行恢复力、配合力鉴定,同时对5个株系开展开花习性鉴定及抗性鉴定;同年8-12月在海南种植 $F_{11}$ ,与川608A、宜香1A、玉龙1A、品香A及川106A配组扩繁。2018

年夏在泸县种植 $F_{12}$ ,同步进行组合筛选与株系纯化;编号为22004的株系在抗性、米质、配合力及主要农艺性状上综合表现优异,于 $F_{16}$ 达到遗传稳定并出圃,定名为泸恢2004。该品系于2022年通过四川省农作物品种审定委员会组织的田间技术鉴定。

## 2 品系特征特性

### 2.1 农艺性状

泸恢2004在四川泸县于3月10-30日进行分期播种(每期间隔5d),平均播始历期103d,全生育期145d,比对照成恢727早熟2d。该品系株高约110.0cm,叶片姿态直立且略向内卷,叶宽中等,质地较厚,叶色深绿。主茎总叶片数约17.0片,叶鞘、叶耳均为绿色,叶环、叶舌无色,柱头呈白色。分蘖能力属中等水平,每 $hm^2$ 有效穗数可达207.0万。穗型为纺锤形,平均穗长23.8cm,每穗总粒数约188.0粒,结实率92.1%。该恢复系群体抽穗集中、整齐一致,花时集中,花粉量大,花期较长;生育后期叶色转色顺畅,叶青谷黄。谷粒黄色,颖尖黄色,籽粒长粒型、无芒;实测谷粒长度8.4mm,长宽比为3.3,千粒重26.16g。

### 2.2 抗逆性

2019-2020年经四川省农业科学院植物保护研究所蒲江基地鉴定,该品系叶瘟2级,穗瘟损失率9%,颈瘟3级,综合表现为抗稻瘟病;2022-2024年在四川省农业科学院水稻高粱研究所海南省陵水县英州镇南繁基地进行白叶枯病、细条病筛选鉴定,均表现为高抗;同期在四川省农业科学院水稻高粱研究所泸县基地冬水田进行肥力试验及耐热试验鉴定,表现为耐肥、抗倒、耐热性较强。

### 2.3 品质分析

2022年经农业农村部稻米及制品质量检验检测中心进行品质检测,该品系出糙率81.7%,整精米率64.8%,长宽比3.4,垩白粒率12.0%,垩白度1.2%,胶稠度75mm,直链淀粉含量16.9%,碱消值7.0级。各项指标符合NY/T 593—2021《食用稻品种品质》优质稻谷二级标准。

### 2.4 恢复力

2017年秋在海南以川608A、宜香1A、玉龙1A、品香A及川106A为不育系母本,以泸恢2004

及成恢 727 为父本进行双列杂交配组。2018 年夏在泸州进行双列试验鉴定, 泸恢 2004 所配组合的平均结实率达 90.22%, 显著高于对照成恢 727 的 84.63%。

## 2.5 配合力

2018 年夏在泸州选取泸恢 2004、泸恢 1611、SCR12、成恢 727 及泸恢 2006 共 5 个恢复系, 分别与川 608A、宜香 1A、品香 A 及玉龙 1A 共 4 个不育系进行测交配组, 通过分析杂交组合产量表现, 评估各恢复系的杂种优势利用潜力。初步产量分析结果显示, 恢复系泸恢 2004 所配制的各杂交组合, 实收产量较泸恢 1611、SCR12、成恢 727、泸恢 2006 等其他恢复系测配的对组组合增幅为 3.33%~5.92%。2019-2020 年该恢复系组配组合参与长江上游地区 20 余个试点的区域试验, 每  $\text{hm}^2$  平均产量 10192.05kg, 较对照品种 F 优 498 增产 6.72%, 增产效果达极显著水平, 增产点比例 100%, 体现出稳定的高产优势。

## 3 所配组合表现

### 3.1 玉龙优 200

**3.1.1 农艺性状** 该品种平均全生育期 151.2d, 比对照宜香优 2115 晚熟 0.4d。株高 123.9cm, 每  $\text{hm}^2$  有效穗数 208.5 万, 穗长 27.5cm, 每穗粒数 207.4 粒, 结实率 86.1%, 千粒重 25.1g。谷粒细长、短芒(芒长  $\leq$  穗上部 1/4, 初期白色, 后期浅黄色), 糙米浅棕色。

**3.1.2 品质分析** 2022-2023 年经农业农村部稻米及制品质量检验检测中心检测, 该品种糙米率 78.3%, 精米率 67.5%, 整精米率 58.6%, 粒长 6.8mm, 长宽比 3.4, 垩白粒率 4%, 垩白度 0.3%, 透明度 1 级, 碱消值 6.8 级, 胶稠度 78mm, 直链淀粉含量 16.8%。综合指标达到 NY/T 593—2021《食用稻品种品质》一级标准。食味鉴评得分 81.62 分, 优于对照(80.0 分)。

**3.1.3 抗病性** 2022-2023 年经四川省农业科学院植物保护研究所进行稻瘟病 4 点抗性鉴定, 综合表现为感稻瘟病。叶瘟 2022 年病级为 5、4、3、3 级, 2023 年为 6、5、4、4 级; 颈瘟 2022 年为 5、3、5、5 级, 2023 年为 7、7、5、5 级。

**3.1.4 产量表现** 该品种于 2022-2023 年参加四川省水稻迟熟组区域试验及同步生产试验, 区

域试验中, 2022 年每  $\text{hm}^2$  平均产量 8495.10kg, 较对照宜香优 2115 增产 5.14%, 增产点比例 89%; 2023 年平均产量 8964.90kg, 较对照宜香优 2115 增产 6.12%, 增产点比例 100%; 2 年平均产量 8730.00kg, 平均增产 5.64%, 增产点率 94%。生产试验中, 2023 年每  $\text{hm}^2$  平均产量 9693.3kg, 较对照宜香优 2115 增产 5.18%, 增产点比例 100%, 增产稳定性优异。

## 3.2 品香优 2004

**3.2.1 农艺性状** 该品种平均全生育期 150.8d, 较对照宜香优 2115 迟熟 0.6d。基部叶鞘绿色, 倒二叶叶片、叶耳、茎秆节间无花青苷显色, 茎秆基部茎节包裹, 柱头白色。平均株高 119.2cm, 每  $\text{hm}^2$  有效穗数 214.5 万, 穗长 27.4cm, 每穗粒数 202.0 粒, 结实率 82.9%, 千粒重 26.3g。谷粒细长型、无芒, 糙米浅棕色。

**3.2.2 品质分析** 2022-2023 年经农业农村部稻米及制品质量检验检测中心检测, 该品种糙米率 78.6%, 精米率 68.8%, 整精米率 60.1%, 粒长 6.9mm, 长宽比 3.4, 垩白粒率 2.0%, 垩白度 0.3%, 透明度 1 级, 碱消值 6.5 级, 胶稠度 76mm, 直链淀粉含量 14.9%, 综合品质达 NY/T 593—2021《食用稻品种品质》一级标准。食味鉴评得分 80.60 分, 优于对照宜优 2115。

**3.2.3 抗病性** 2022-2023 年经四川省农业科学院植物保护研究所进行 4 点稻瘟病抗性鉴定, 该品种综合表现为中感稻瘟病。叶瘟 2022 年病级为 4、5、4、2 级, 2023 年为 6、4、4、4 级; 颈瘟 2 年均均为 5 级。

**3.2.4 产量表现** 该品种于 2022-2023 年参加四川省水稻迟熟组区域试验及同步生产试验。区域试验中, 2022 年每  $\text{hm}^2$  平均产量 8575.95kg, 较对照宜香优 2115 增产 3.88%, 增产点率 78%; 2023 年平均产量 9066.75kg, 较对照宜香优 2115 增产 5.01%, 增产点率 89%; 2 年平均产量 8821.35kg, 平均增产 4.45%, 增产点率 83%。生产试验中, 2023 年每  $\text{hm}^2$  平均产量 9576.90kg, 较对照宜香优 2115 增产 7.74%, 增产点率 100%。

## 4 繁殖制种技术要点

### 4.1 繁殖要点

在四川泸县夏繁, 播种期为 3 月 10-20 日, 繁殖过程中需严格田间去杂, 剔除实生苗、异形株

及弱勢株,采用隔离布隔离或时间、空间隔离,保障恢复系纯度,实现提纯复壮。种植密度为22.5万穴/hm<sup>2</sup>,预计每hm<sup>2</sup>可收获种子6750.0kg左右。

#### 4.2 组合制种技术要点

泸恢2004在川东南地区夏季制种,播种期为3月20日左右,预计7月7日左右抽穗。当抽穗达20%时喷施赤霉素,第1次每hm<sup>2</sup>均匀喷施90.0g,次日第2次喷施45.0g。由于杂交组合玉龙优200、品香优2004的两个母本品香A与玉龙1A在遗传特性及对赤霉素敏感度上存在差异,因此需通过调整播种期、采用差异化赤霉素施用管理策略,为制种生产提供精准技术指导。

品香A播种期在4月20日左右,预计7月6日左右抽穗,当抽穗比例达30%左右时施用赤霉素,第1次每hm<sup>2</sup>喷施135.0g,隔天喷施90.0g。需注意,赤霉素用量每hm<sup>2</sup>不得低于225.0g,若用量不足易导致严重包茎,影响制种产量。

玉龙1A播种期在4月10日左右,预计7月5日左右抽穗,当抽穗比例达30%左右时喷施赤霉素,第1次每hm<sup>2</sup>喷施90.0g,隔天继续喷施45.0g。因玉龙1A对赤霉素敏感,赤霉素用量每hm<sup>2</sup>不得超过135.0g,若用量过多,会导致穗颈拉伸过长、株高偏高,使父母本株高差过小,不利于人工辅助授粉,进而影响制种效果。

## 5 应用前景

泸恢2004株型紧凑,叶片直立厚实,群体通透性良好;穗粒结构协调,在保证足量有效穗数的基础上,兼具较高的每穗粒数与结实率,丰产潜力显著;籽粒长粒无芒,外观品质优良;抽穗整齐且后期熟相突出,体现出良好的生理协调性与田间稳定性。在全球变暖背景下,高温、寡照等极端天气频发,水稻易出现结实率降低、垩白粒率升高、品质下降等问题,严重时还会导致产量大幅下滑<sup>[9]</sup>。四川泸县在水稻灌浆期常遭遇极端高温天气,多数水稻材料或品种受高温影响显著,而泸恢2004所配组合在该区域表现优良,开花正常、结实率较高且灌浆饱满。推

测以泸恢2004为恢复系,在遭遇高温、寡照等恶劣气候时,其优良的开花习性及其耐热性不仅能保障自身结实率,还能将相应优良性状遗传给杂交后代,进而相对提升稻米的产量与品质。作为兼具抗稻白叶枯病、细条病及稻瘟病等多种病害的优质恢复系,泸恢2004在高温伏旱胁迫条件下,其所配组合仍能保持生殖生长进程稳定、结实率正常,展现出优异的抗逆性与农艺适应性。同时,该恢复系在高温伏旱条件下,稻米品质理化指标、蒸煮及食味评分显著优于对照,综合品质表现符合当前市场对优质稻米的消费需求。综上,泸恢2004与适宜不育系配组后,能够较好地适应长江上游迟熟稻区等生态区域的生产要求,在优质杂交稻育种与产业化应用中具有重要推广价值,具备广阔的育种应用与生产推广前景。

#### 参考文献

- [1] Bautista R C, Counce P A. An overview of rice and rice quality. *Cereal Food World*, 2020, 65 (5): 0052
- [2] Yan B C, Wang X M, Liu Y Q, Liu Y Z, Zhong M, Wan X, Liu Y, Jiang H F, Liu S T, Liu H L, Ma Q C, Zhao Y Z, Cheng X Y, Gao J P, Zhang W Z. Analysis of nitrogen effects on starch characteristics of Japonica rice from northern China through flow cytometry. *Food Chemistry*, 2025, 492 (1): 145344
- [3] 胡婷婷,唐青青,钟雪梅,粟月萍. 广西优质香稻育种创新成效、困境与对策. *热带农业科学*, 2024, 44 (10): 114-120
- [4] 卢德文,曾博虹,赵佳梁,吴保为,曹志斌. 优质耐热香型恢复系郁香占的选育及应用. *中国种业*, 2024 (9): 105-107, 110
- [5] 万丙良,杜雪树,徐华山,陈少愚,游艾青. 湖北优质长粒籼稻品种创新与品牌打造. *中国稻米*, 2023, 29 (6): 73-78
- [6] 崔宁波,董晋. 主产区粮食生产安全:地位、挑战与保障路径. *农业经济问题*, 2021 (7): 130-144
- [7] 刘洁,杨波,袁小珍,付强,付唯,邓佳丽,李耘. 优质抗稻瘟病水稻恢复系泸恢1611的选育与应用. *杂交水稻*, 2024, 39 (2): 57-59
- [8] 袁小珍,杨波,刘洁,付唯,付强,付雄,刘兴义,李耘. 高产优质香型杂交水稻组合玉龙优1611的选育. *中国种业*, 2024 (6): 176-178, 182
- [9] 杨军,章毅之,贺浩华,李迎春,陈小荣,边建民,金国花,李翔翔,黄淑娥. 水稻高温热害的研究现状与进展. *应用生态学报*, 2020, 31 (8): 2817-2830

(收稿日期:2025-12-18)