

王丰, 柳武革, 黄慧君, 朱满山, 李金华, 廖亦龙, 付崇允, 刘迪林, 曾学勤, 马晓智, 霍兴, 孔乐. 抗白叶枯病弱感光型杂交稻恢复系广恢 1002 的选育与应用 [J]. 广东农业科学, 2022, 49 (9): 74–83.

抗白叶枯病弱感光型杂交稻恢复系广恢 1002 的选育与应用

王 丰, 柳武革, 黄慧君, 朱满山, 李金华, 廖亦龙,
付崇允, 刘迪林, 曾学勤, 马晓智, 霍 兴, 孔 乐

(广东省农业科学院水稻研究所 / 广东省水稻育种新技术重点实验室 / 广东省水稻工程实验室 /
农业农村部华南优质稻遗传育种重点实验室, 广东 广州 510640)

摘 要: 培育和推广抗病抗逆性强的弱感光型迟熟水稻品种, 对于充分发挥华南稻区中南部晚造后期良好的光温资源优势提高晚稻产量和品质具有十分重要的意义。综合利用常规育种与分子育种技术, 将显性广谱抗白叶枯病基因 *Xa7* 和互作感光基因 *LPI* (*LH2*)、*LP2* (*LH2*) 聚合至恢复系中, 培育出具有互作感光特性的抗白叶枯病迟熟恢复系广恢 1002。利用该恢复系组配育成的吉丰优 1002、泰优 1002 等 7 个抗白叶枯病迟熟高产杂交稻通过国家或省级品种审定。其中, 吉丰优 1002 不仅高产稳产, 而且抗病、抗倒性强, 适应性广, 被农业农村部认定为超级稻, 是广东省农业主导品种, 已连续 5 年成为华南地区年推广面积最大的弱感光型品种; 泰优 1002 米质优, 在第三届全国优质稻品种食味鉴评中获金奖, 已大面积推广应用, 也是广东省农业主导品种。针对广恢 1002 系列杂交稻的特征特性, 制订其在广东和海南的高产制种技术措施, 创造了吉丰优 1002 在海南制种 4.59~4.97 t/hm² 的高产制种记录。探讨了抗白叶枯病杂交稻的育种策略和提高互作感光型迟熟恢复系选育效率的方法。

关键词: 杂交稻; 弱感光; 恢复系; 抗白叶枯病; 分子标记辅助选择; 育种

中图分类号: S332.2

文献标志码: A

文章编号: 1004-874X (2022) 09-0074-10

Breeding and Application of Restorer Guanghui 1002 with Weak Photoperiod Sensitivity and Bacterial Blight Resistance in Hybrid Rice

WANG Feng, LIU Wuge, HUANG Huijun, ZHU Manshan, LI Jinhua, LIAO Yilong,

FU Chongyun, LIU Dilin, ZENG Xueqing, MA Xiaozhi, HUO Xing, KONG Le

(Rice Research Institute, Guangdong Academy of Agricultural Sciences / Guangdong Key Laboratory of New Technology for Rice Breeding / Guangdong Rice Engineering Laboratory / Key Laboratory of Genetics and Breeding of High Quality Rice in Southern China (Co-construction by Ministry and Province),
Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Guangzhou 510640, China)

Abstract: It is of significance to develop and promote late-maturing rice varieties with weak sensitivity to photoperiod for bringing the potential of light and temperature resources into full play at the late growing stage, and enhancing the yield and the grain quality of rice in the late cropping season in South China. By using both traditional breeding and molecular marker-assisted selection to pyramid *Xa7*, the dominant and wide-spectrum resistant gene of bacterial blight, *LPI* (*LH1*)

收稿日期: 2022-07-19

基金项目: 广东省科技计划项目 (2022B0202060002); 国家现代农业产业技术体系建设专项资金 (CARS-Rice); 广东省农业科学院农业优势产业学科团队建设项目 (202101TD); 广东省学科类重点实验室运行经费项目 (2020B1212060047)

作者简介: 王丰 (1963—), 男, 博士, 研究员, 研究方向为杂交水稻遗传育种, E-mail: fwang1631@163.com

and *LP2 (LH2)*, the complementary gene inducing photoperiod sensitivity, a late-maturing restorer line Guanghui 1002 (R1002) with bacterial blight resistance and the characteristic of weak sensitivity to photoperiod induced by gene interaction. And seven late-maturing high yielding hybrid rice varieties, such as Jifengyou 1002 and Taiyou 1002 derived from the restorer line R1002, were developed and approved for commercial production at national level or provincial level. Among them, Jifengyou 1002 not only had high and stable yield, but also had strong diseases and lodging resistance and wide adaptability. It was recognized by the Ministry of Agriculture and Rural Affairs as a Super Rice variety and the leading agricultural variety in Guangdong Province, and has been the weakly photoperiod-sensitive variety with the largest annual planting area for 5 consecutive years in South China. Taiyou 1002 had fine grain quality, and won the gold prize in the third national taste evaluation of high-quality rice varieties. It also has been widely grown in South China, and became a leading variety in Guangdong Province. Based on the characteristics of the R1002-derived hybrid rice varieties, the high-yield seed production techniques in Guangdong and Hainan were worked out, and a record of 4.59–4.97 t/hm² of seed production was created for Jifengyou 1002 in Hainan. Strategies for breeding hybrid rice varieties with bacterial blight resistance and enhancing the efficiency of breeding restorer lines with photoperiod sensitivity and longer growth duration were discussed.

Key words: hybrid rice; weak sensitivity to photoperiod; restorer line; bacterial blight resistance; molecular marker-assisted selection; breeding

水稻是重要的粮食作物, 对我国的粮食安全具有举足轻重的影响。20 世纪 70 年代我国率先实现籼型杂交水稻三系法配套^[1]。此后, 水稻杂种优势利用技术在我国持续快速发展, 杂交稻品种在南方稻区广泛推广与应用, 种植面积不断扩大。南方稻区种植杂交稻的面积最高时占我国水稻种植总面积的 80% 以上, 为我国粮食增产增收和粮食安全做出了巨大贡献, 取得了举世瞩目的成就^[2]。

广东等华南稻区晚季仍具有光照强、日照短、温度高等特殊的光温生态条件, 生产上客观需要种植弱感光型杂交稻品种^[3-6]。目前, 应用的弱感光型杂交稻品种主要有两大类, 一类是由不育系含互作型弱感光基因(如博 A、秋 A、振丰 A 等)组配育成的弱感光型组合, 另一类是由恢复系含互作型弱感光基因(如广恢 3550、广恢 55 等)组配育成的弱感光型组合^[6]。这些携带互作型弱感光基因的不育系或恢复系已应用多年, 其品质、抗性等已不能完全适合当前生产和市场的需求, 尤其在弱感光型迟熟杂交稻的主栽地华南沿海地区, 台风雨多, 白叶枯病发生重, 严重影响其高产稳产。因此, 亟需选育含互作型弱感光基因和抗白叶枯病的新不育系、恢复系和新组合。

杂交稻不育系和恢复系的选育是利用水稻杂种优势的关键环节。不育系选育所需时间较长^[7], 恢复系选育具有周期短、成效快的特点。同一恢复系与不同不育系通常能组配出不同熟期特色的杂交稻新组合, 可满足不同稻作生态区域的生产

需求。因此, 恢复系的选育是提高杂交稻品质、产量、抗性和改变品种熟期的重要途径。本研究以弱感光型恢复系选育为重点, 利用常规杂交和目标基因分子标记辅助选择技术, 聚合互作感光基因和白叶枯病抗性基因, 培育出抗白叶枯病且含弱感光互作基因的“R3550 类型”^[6]恢复系广恢 1002, 进而与不育系组配选育高产、优质、抗病的弱感光型杂交稻新组合, 以促进华南稻区弱感光型杂交稻品种的更新换代, 推进水稻杂种优势利用技术不断创新发展。

1 抗白叶枯病弱感光型杂交稻恢复系广恢 1002 的选育

1.1 广恢 1002 的选育过程

2005 年早季利用携带显性白叶枯病抗性基因 *Xa7* 的恢复系广恢 806 为母本, 与广东省农业科学院水稻研究所育成的携带互作感光基因的“R3550 类型”恢复系广恢 55 (来源于广恢 3550// 粤龙占 / 广恢 122) 杂交; 同年晚造栽种 F_1 代并再与广恢 55 回交。2006 年早季种 BC_1F_1 , 晚季种 F_2 代 1 600 株, 成熟期筛选到综合性状优良(特别是叶厚直且后期耐寒性较强)的迟熟单株共 9 株。2007 年早、晚季种植 F_3 、 F_4 株系, 成熟期进行系谱选择; F_4 、 F_5 代进行白叶枯病田间接种抗性鉴定, 在稻瘟病区进行稻瘟病自然诱发抗性鉴定, 选择抗白叶枯病、抗稻瘟病且迟熟的优良单株; F_6 、 F_7 代继续进行白叶枯病田间接种抗性鉴定, 以及稻瘟病自然诱发抗性鉴定, 所有亲本中均携带 *LPI*, 且只利用分子标记 (RM25 和 FB2) 检测

互作感光特性基因 (*LP2* 或 *LH2*) [8-9]，最后选择抗白叶枯病、抗稻瘟病和具有互作感光基因的优良单株与不育系吉丰 A、安丰 A、泰丰 A 等进行测恢测优及杂种 F_1 代白叶枯病鉴定，对新选育出的苗头恢复系进行稻米外观与蒸煮食味品质鉴定。2009 年 (F_8 代) 初步育成了抗白叶枯病含弱感光互作基因的迟熟新恢复系，2011 年利用抗白叶枯病基因 *Xa7* 紧密连锁的 SSR 标记 M3 进行检测分析 [8]，选择 *Xa7* 为纯合基因型且同时携带纯合稳定互作感光特性基因的高配合力单株，定名为广恢 1002。广恢 1002 的系谱如图 1 所示。

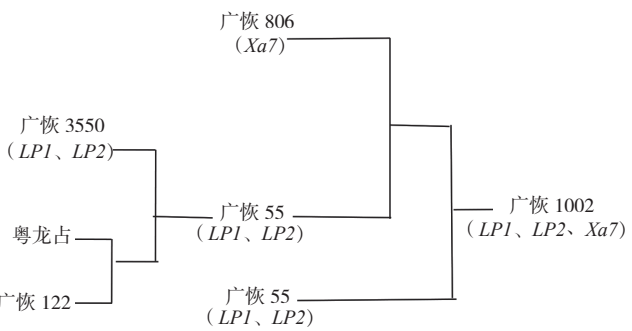


图 1 广恢 1002 的系谱
Fig. 1 Pedigree of restorer R1002

1.2 广恢 1002 的特征特性

广恢 1002 具有互作感光特性，与多数三系不育系组配，其杂种 F_1 均表现为弱感光迟熟特性。广恢 1002 在广州早造 3 月上旬播种，6 月中旬抽穗，全生育期 146 d 左右；在广州晚造 7 月下旬播种，10 月上旬抽穗，全生育期为 115~117 d。广恢 1002 的叶片较为窄直，分蘖力强，有效穗较多，株叶形态好，制种花粉量大，易获高产。广恢 1002 品质较好，千粒质量 22.7 g 左右，米粒长 6.3 mm，粒宽 2.1 mm，米粒长宽比达到 3.0，心腹白较少，直链淀粉含量较低。广恢 1002 配合力强，恢复谱广，与不同细胞质源的三系不育系组配，其杂种 F_1 的结实率均很高，显示出很强的恢复力。在抗病性方面，由于广恢 1002 导入了抗白叶枯病基因 *Xa7*，因此，其白叶枯病抗性较好，经接种白叶枯病 IV 型、IX 型菌，抗性分别达到 1 级和 3 级。此外，广恢 1002 对细条病、稻瘟病和黑条矮缩病等均具有较好的田间抗性。

2 广恢 1002 系列杂交稻的特征特性

2.1 产量与抗性

利用抗白叶枯病的恢复系广恢 1002 与不育

系组配，先后育成了吉丰优 1002、泰优 1002、粤禾优 1002、荣 3 优 1002、广泰优 1002、恒丰优 1002 和新泰优 1002 等 7 个组合，均为弱感光型晚粳迟熟杂交稻，已于 2013、2017、2019、2020、2021 年分别通过了广东或（和）国家品种审定。7 个组合中，除新泰优 1002 外，其他 6 个组合在区试均表现出比对照增产达显著或极显著水平，显示出广恢 1002 很好的配合力与杂种优势。其中，区试产量最高的是粤禾优 1002，两年平均每 667 m² 产量高达 512.24 kg；但比对照增产幅度最大的是吉丰优 1002，比对照博优 998 和博Ⅲ优 273 两年平均增产 11.23%，增产达极显著水平。生育期最长的是吉丰优 1002，最短的是广泰优 1002，仅为 113.8 d，与泰优 1002 和新泰优 1002 接近。在抗病性方面，荣 3 优 1022 的抗病性最好，不仅高抗稻瘟病，还抗白叶枯病。其他 6 个组合尽管人工接种鉴评结果对白叶枯病均表现为中感或感，但在大田生产上表现出很好的抗白叶枯病（图 2、图 3）。各组合的具体特征特性如表 1 所示。



图 2 泰优 1002 大田抗白叶枯病表现
Fig. 2 Performance of Taiyou 1002 in resistance to bacterial blight in the fields

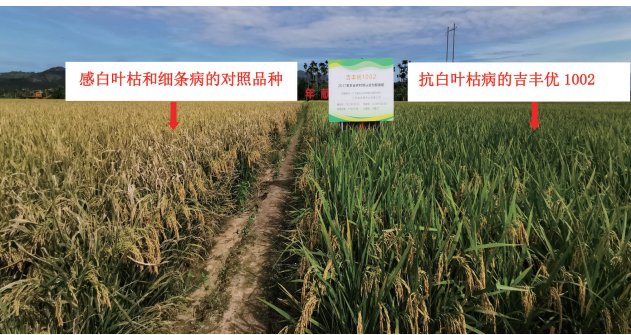


图 3 吉丰优 1002 大田抗白叶枯病表现
Fig. 3 Performance of Jifeng you 1002 in resistance to bacterial blight in the fields

表 1 广恢 1002 组配育成的杂交稻两年区试结果

Table 1 Results of two years' regional trials for the hybrid rice derived from restorer R1002

杂交组合 Hybrid combination	平均产量 MY (kg/ 667 m ²)	比对照 ± CK(%)	生育期 GD(d)	有效穗 EPN(× 10 ⁴)	每穗总粒 TGNP	结实率 SSR(%)	千粒 质量 TGW(g)	稻瘟抗性 Blast resistance	白叶枯抗性 Bacterial blight resistance (Grade)	
									IV 型菌 Isolate IV	V 型菌 Isolate V
吉丰优 1002 Jifengyou 1002	500.42	11.23**	121.0	17.8	137.5	85.6	25.9	HR	5	7
荣 3 优 1002 Rong 3 you 1002	476.36	10.73**	116.5	16.3	146.0	82.9	26.3	HR	1	1
泰优 1002 Taiyou 1002	452.71	3.72*	114.5	18.5	143.0	82.1	23.3	MS	1	3
粤禾优 1002 Yueheyong 1002	512.24	8.01**	117.3	16.2	158.8	83.2	26.0	R	5	5
广泰优 1002 Guangtaiyou 1002	496.62	5.75**	113.8	16.8	155.8	80.7	26.4	S	5	5
新泰优 1002 Xintaiyou 1002	479.65	-0.87	114.5	17.3	143.5	86.1	24.6	MR	3	5
恒丰优 1002 Henfengyou 1002	497.92	6.52	117.6	16.5	170.6	80.7	25.9	S	5	5

注：粤禾优 1002 和广泰优 1002 数据为国家区试（华南晚籼组）结果，其他为广东省区试结果。* 表示差异显著（ $P<0.05$ ），** 表示差异极显著（ $P<0.01$ ）。

Notes: Data of Yuheyong 1002 and Guangtaiyou 1002 was from the national regional yield trials (late-season indica group in South China), and data of other hybrids was from Guangdong Provincial regional yield trials. * represents significant difference ($P<0.05$), and ** represents extremely significant difference ($P<0.01$).

2.2 稻米品质

广恢 1002 稻米品质较好，综合品质指标达到国标优质 3 级。利用其组配的杂交稻，除吉丰优 1002 和荣 3 优 1002 外，其他 5 个品种的稻米均达到国标优质 3 级或部标优质 2 级标准（表 2）。其中，泰优 1002 品质最好，不仅达到部优 2 级标准，而且在第三届全国优质稻品种食味鉴评中获得籼稻组金奖。广泰优 1002 的母本广泰 A 是一

个优质的香型不育系，因此，广泰优 1002 的米饭不仅适口性与食味较好，而且带有清香味。

3 广恢 1002 系列杂交稻的综合评述

3.1 吉丰优 1002

该组合是利用分子标记辅助选择技术将广谱抗瘟基因 *Pil* 导入荣丰 B 后育成的三系不育系吉丰 A 与广恢 1002 组配选育而成的，2013 年通过

表 2 广恢 1002 组配育成杂交稻的稻米品质

Table 2 Grain quality of hybrid rice derived from restorer R1002

杂交组合 Hybrid combination	糙米率 BRR (%)	整精米率 HRR (%)	垩白粒率 CGR (%)	垩白度 CNS (%)	直链淀粉 AC (%)	胶稠度 GC (mm)	食味分 TVCR	碱消值 ASV	透明度 TPC (grade)	长宽比 GS	品质 GQ (grade)
吉丰优 1002 Jifengyou 1002		67.8	28.0	4.2	22.0	84	77			3.1	
泰优 1002 Taiyou 1002		55.8	9.0	1.4	16.6	79	85			3.6	国优 3
荣 3 优 1002 Rong 3 you 1002	82.3	59.1		1.3	21.4	63		6.7	2	3.0	
粤禾优 1002 Yueheyong 1002	82.3	57.4	18.3	1.8	17.6	77.3		7.0	1	3.1	部优 2
广泰优 1002 Guangtaiyou 1002		55.5		1.2	17.0	68		7.0		3.2	部优 2
新泰优 1002 Xintaiyou 1002	81.9	63.5		2.0	17.0	80		7.0	1	3.1	部优 2
恒丰优 1002 Henfengyou 1002		60.4		3.2	16.2	70		5.8		3.3	部优 3
广恢 1002 R1002	73.5	56.9	23.1	6.7	18.2	69.3	87	7.0	2	3.0	国优 3

注：除广恢 1002 外，其他为杂交组合，数据均来源于国家水稻数据中心（<https://www.ricedata.cn>）。

Note: Except for R1002, data of other hybrids was collected from the China Rice Data Center (<https://www.ricedata.cn>).

广东省品种审定（粤审稻 2013040）。目前已引种至广西和海南等华南的西南部地区进行大面积推广应用。尽管米质未达优质等级，但非常符合粤、桂、琼等沿海地区人们的饮食习惯。该组合丰产性突出，抗倒性强，高抗稻瘟病，大田表现抗白叶枯病和细条病（图 3），在粤、桂、琼等台风雨频繁的沿海地区表现高产稳产，被农民称之为“无忧稻”。从 2017 年开始，吉丰优 1002 连续 5 年成为广东单品单造销量最大的弱感光型迟熟杂交稻组合，已累计推广超过 20 万 hm^2 。2017 年被认定为超级稻，2021—2022 年被列为广东省农业主导品种，也是国家区试华南晚粳感光迟熟组的区试对照品种。

3.2 泰优 1002

该组合是利用优质不育系泰丰 A 与广恢 1002 组配育成的弱感光型迟熟三系优质杂交稻品种。2015、2016 年晚造参加广东省区试和生产试验，于 2017 年通过广东省品种审定（粤审稻 20170081）。泰优 1002 生育期较短，丰产性较好，对白叶枯病和细条病的田间抗性好（图 2），且稻米品质优，达到国标优质 3 级。2020 年在国家第三届优质稻食味鉴评中获籼稻组金奖。2021—2022 年被列为广东省农业主导品种。在广东、广西晚造深受欢迎，已累计推广超过 6 万 hm^2 。

3.3 粤禾优 1002

该组合利用携带抗稻瘟病主效基因 *Pil* 的三系不育系粤禾 A 与广恢 1002 组配而成的，2019 年通过国家品种审定（国审稻 20190156）和广东省品种审定（粤审稻 20190032）。2017、2018 年参加华南感光晚粳组水稻联合体区域试验，两年区域试验平均产量 7.68 t/hm^2 ，比对照博优 998 增产 8.01%；生产试验平均产量 8.10 t/hm^2 ，比对照博优 998 增产 9.95%。2017、2018 年同时推荐参加广东省晚造区试，平均产量分别为 7.02、7.17 t/hm^2 ，比对照广 8 优 169 分别增产 10.02% 和 8.12%，增产均达极显著水平，增产点比例分别为 100%、90.91%。2018 年晚造参加广东省生产试验，平均产量 7.01 t/hm^2 ，比广 8 优 169 增产 5.92%。稻瘟病全群抗性频率为 75.0%~89.66%，对中 B 群、中 C 群的抗性频率分别为 75.00%~90.48% 和 100%，病圃鉴定叶瘟 1.0~2.0 级、穗瘟 1.7~1.8 级；感白叶枯病（IV 型菌 5~7 级，V 型 5~7 级）。

3.4 广泰优 1002

该组合是利用香型优质不育系广泰 A 与广恢 1002 组配而成的弱感光型迟熟三系杂交水稻品种。2017 年参加华南感光晚粳组联合体区域试验，平均产量 7.37 t/hm^2 ，比对照博优 998 增产 6.78%；2018 年续试，平均产量 7.53 t/hm^2 ，比对照博优 998 增产 4.76%；两年区域试验平均产量 7.45 t/hm^2 ，比对照博优 998 增产 5.75%；2018 年生产试验的平均产量为 7.84 t/hm^2 ，比对照博优 998 增产 5.98%。在华南作双季晚稻种植，全生育期 113.8 d，比对照博优 998 晚熟 1 d。株高 107.3 cm，穗长 21.6 cm，667 m^2 有效穗数 16.75 万条，每穗总粒数 155.8 粒，结实率 80.7%，千粒质量 26.35 g。稻瘟病综合指数两年分别为 3.1 和 5.5，穗颈瘟损失率最高达 7 级，白叶枯病 7 级，褐飞虱 9 级，稻米品质达部优 2 级，2020 年通过国家品种审定（国审稻 20200260）。

3.5 荣 3 优 1002

该组合是利用聚合了稻瘟病抗性基因 *Pil*、*Pi2* 和白叶枯病抗性基因 *Xa23* 的双抗不育系荣 3A 与广恢 1002 组配选育而成的弱感光型迟熟三系杂交稻组合。稻瘟病全群抗性频率为 92.9%~93.10%，对中 B 群、中 C 群的抗性频率分别为 90.48%~100% 和 100%，病圃鉴定叶瘟 1.2~1.7 级、穗瘟 1.0~1.4 级；对白叶枯病 IV 型和 V 型菌的抗性级别均为 1 级，综合评价为高抗稻瘟和抗白叶枯。2017、2018 年晚造参加广东省区试，平均产量分别为 7.07、7.22 t/hm^2 ，比对照广 8 优 169 分别增产 10.84%、10.61%，增产均达极显著水平，增产点比例均为 100%。2018 年晚造参加广东省生产试验，平均产量为 7.21 t/hm^2 ，比对照广 8 优 169 增产 9.01%。2019 年通过广东省品种审定（粤审稻 20190078）。

3.6 新泰优 1002

该组合是利用携带有稻瘟病抗性基因 *Pil* 的优质不育系新泰 A 与广恢 1002 组配而成，在广东晚造全生育期 114~115 d，比对照广 8 优 169 短 1 d，比对照吉丰优 1002 短 4 d。株型中集，分蘖力中等，耐寒性中等，抗倒力强。株高 94.5~100.9 cm，667 m^2 有效穗数 16.4 万~18.1 万，穗长 20.3~21.1 cm，每穗总粒数 143~144 粒，结实率 85.8%~86.4%，千粒质量 24.3~24.9 g。稻瘟病全群抗性频率为 78.6%~84.8%，对中

B 群、中 C 群的抗性频率分别为 84.2%~90% 和 80%~100%，病圃鉴定叶瘟 1.4~2.0 级、穗瘟 1.0~3.0 级；对白叶枯病Ⅳ、Ⅴ型菌抗性分别为 3~5 级和 5~7 级；米质鉴定为部标优质 2 级。2018、2019 年晚造参加广东省区试，平均产量分别为 6.56、7.83 t/hm²，比对照广 8 优 169 分别减产 0.6% 和 1.14%，减产均未达显著水平。2019 年晚造参加广东省生产试验，平均产量为 8.14 t/hm²，比对照吉丰优 1002 增产 1.45%。

3.7 恒丰优 1002

该组合是利用优质不育系恒丰 A 与广恢 1002 组配育成，在华南作双季晚稻种植，全生育期 117.6 d，比对照博优 998 晚熟 4.3 d。株高 106.8 cm，穗长 22.6 cm，667 m² 有效穗数 16.5 万，每穗总粒数 170.6 粒，结实率 80.7%，千粒质量 25.9 g。稻瘟病综合指数两年分别为 3.9、5.2，穗颈瘟损失率最高达 7 级，白叶枯病 5 级，褐飞虱 9 级。整精米率 60.4%，垩白度 3.2%，直链淀粉含量 16.2%，胶稠度 70.0 mm，碱消值 5.8 级，长宽比 3.3，达到农业行业标准《食用稻品种品质》3 级。2017 年参加华南感光晚粳组联合体区域试验，平均产量为 7.14 t/hm²，比对照博优 998 增产 3.41%；2018 年续试，平均产量为 7.80 t/hm²，比对照博优 998 增产 9.53%；两年区域试验平均产量为 7.47 t/hm²，比对照博优 998 增产 6.52%；2019 年生产试验平均产量为 8.06 t/hm²，比对照博优 998 增产 12.21%。

4 广恢 1002 系列杂交稻的高产制种技术

4.1 精心选择适宜的制种区域，确保安全生产

选择制种田时，须选择在土壤肥沃、前作最好未种植过水稻、田里无落粒谷、隔离条件好的地方进行制种。如果前作是水稻，则在制种翻耕前（30 d 以上）对田地进行泡水，使落田谷发芽长秧，制种插秧前将秧苗翻耕打烂，以确保不影响制种。此外，如果选择的制种区周边有水稻种植，则制种田与大田生产水稻田块间隔距离不少于 250 m，或者开花间隔时间不少于 20 d，以避免其他水稻的花粉污染。

4.2 准确安排父母本播差期，确保花期相遇

父母本花期相遇良好是杂交稻制种获得高产的重要基础。根据亲本的生育期及制种区域，

合理安排亲本的播种期。吉丰优 1002、粤禾优 1002、泰优 1002 和广泰优 1002 的亲本在广东省广州市和海南省乐东县的生育期如表 3 所示。在海南春制，第一期父本广恢 1002 一般安排在 12 月下旬播种，第二期父本比第一期父本迟播 7~8 d；母本吉丰 A、粤禾 A、泰丰 A 和广泰 A 在次年 1 月下旬播种。父母本错期主要以叶差为主、时差为辅，一般父本比母本早播 3~4 d 为宜。

表 3 父母本在广州和海南的播始历期
Table 3 Days from sowing to heading in Guangzhou and Hainan for parental lines

亲本 Parental line	广东广州 Guangzhou, Guangdong				海南乐东 Ledong, Hainan		
	早季		晚季		播种 Sowing date	始穗 Heading date	父母本 叶差 Difference in leaf number
	Early season		Late season				
	播种 Sowing date	始穗 Heading date	播种 Sowing date	始穗 Heading date			
广恢 1002 R1002	03-04	06-07 ~06-08	07-23	10-07 ~10-08	12-26	04-05	
吉丰 A Jifeng A	03-04	05-18 ~05-19	07-23	09-18 ~09-19	01-28	04-08	7.80
泰丰 A Taifeng A	03-04	05-29 ~05-30	07-23	09-26 ~09-27	01-21	04-06	6.25
粤禾 AYuehe A	03-04	05-19 ~05-20	07-23	09-19 ~09-20	01-26	04-08	7.60
广泰 A Guangtai A	03-04	05-16 ~05-17	07-23	09-16 ~09-17	02-01	04-07	8.20
荣 3A Rong 3A	03-04	05-23 ~05-25	07-23	09-23 ~09-25			
新泰 A Xintai A	03-04	05-16 ~05-17	07-23	09-25 ~09-26	01-23	04-05	

4.3 培育壮秧，为制种夺得高产奠定基础

种子要稀播匀播。父本的播种量为 7.5~ 8.0 kg/hm²，母本播种量为 37.5~45.0 kg/hm²，秧龄在 15~20 d 为宜。秧苗生长期间需要加强肥水管理，秧田翻耕前施复合肥 300 kg/hm² 作基肥，3 叶期和 5 叶期分别追施 30、45 kg/hm² 尿素，插秧前 4~5 d 喷施“送嫁药”，防止秧苗病虫害带入本田。

4.4 合理确定父母本行比

安排合理的父母本行比是制种获得高产的关键之一。一般父母本行比以 2 : 10~11 为宜，厢宽 2.0~2.3 m。父本分蘖强，花期长，可偏施钾肥，培育穗大、花期长的健壮群体；吉丰 A、粤禾 A、泰丰 A 和广泰 A 这 4 个母本的生育期均相对较短，分蘖力一般，可适当增加种子用量，一般用不育系种子 33.75~37.5 kg/hm²；父本用 7.5 kg/hm²，确

保插足基本苗，培育高产的健康群体。一般父本和母本每穴均插 2~3 苗。

4.5 科学管理水肥，构建高产制种群体

施肥应遵循前重后轻的原则，以底肥为主、追肥为辅，后期视群体生长情况补肥，同时根据父母本的特性酌情调整。移栽前施复合肥和尿素各 150 kg/hm² 作基肥；移栽后 5~7 d 追施第 1 次肥，施尿素 150 kg/hm² 和复合肥 150~225 kg/hm²；插秧后 15 d 追施第 2 次肥，分蘖期施复合肥 600 kg/hm² 和尿素 150 kg/hm²。之后晒田 3~5 d，晒田时宜施用除草剂如氰氟草酯，2 d 后灌水，可有效杀灭稗草。幼穗分化期根据苗情追施第 3 次壮胎肥，即在每穴有 2~3 个苞时追施复合肥约 225 kg/hm²。此外，根据田块差异、父母本错期、群体生长情况进行相应调整。

4.6 父母本发育进度检查与花期调节

父母本进入幼穗分化期时要定期检查幼穗发育进度，根据父母本主穗的分化程度预测花期是否相遇。若花期相遇好，则继续进行常规观察及田间种植管理；若花期相遇不合理，则需通过肥水管控或喷施多效唑等进行花期调节。

4.7 适时适量喷施“九二〇”

广恢 1002 系列组合的父母本对“九二〇”均较为敏感，在母本始穗 10%~15% 时喷施以调节长势。第 1、2 次喷施“九二〇”的用量为 180、90 g/hm²，且父母本同时喷施，两次喷施时间间隔 1 d。株高以父本高于母本 15~20 cm 为宜，若父本低于母本或高于母本不足 15 cm，则可以对父本再次少量喷施“九二〇”。

4.8 田间除杂保纯

制种期间，从秧苗期、抽穗期、齐穗期到收割前，均须做好田间纯度调查和除杂工作，严格防止种子混杂，特别是抽穗期喷施“九二〇”前，要对父母本进行严格除杂保纯工作，确保种子质量。

4.9 适时收获，保质保量

为确保制种群体有良好的通风透光环境，在母本授粉结束后立即割除父本，保障种子质量和纯度。杂交种子要做到适时收割，收割最好选择在晴天，防止收割时种子湿度过高，若不及时摊开晾晒将会导致种子出芽率下降。此外，收割前还需要注意彻底清洗收割机。翻晒种子时要彻底清扫地面和各种用具，避免机械混杂，最好直接

用烘干机烘干种子。

按照以上制种技术规程，创造了吉丰优 1002 等组合在海南的高产制种记录（表 4）。2018 年广东华茂高科种业有限公司在海南乐东九所制种 20.8 hm²，经实割验收，平均产量达到 4.59 t/hm²；2021 年该公司在海南东方感城镇制种 30.7 hm²，创造了 4.97 t/hm² 的高产制种记录。

表 4 吉丰优 1002 海南高产制种的产量结果
Table 4 Yield of high-yield seed production of Jifengyou 1002 in Hainan

父母本 Parental line	地点 Site	播种期 Sowing date	始穗期 Heading date	收获期 Harvest date	验收面积 Area accepted (hm ²)	产量 Yield (t/hm ²)
广恢 1002 R1002	第一期 Phase I	海南乐东县九所	2017-12-26	2018-04-05	20.8	4.59
	第二期 Phase II		2018-01-03	2018-04-08		
Jifeng A		2018-01-28	2018-04-08			
广恢 1002 R1002	第一期 Phase I	海南东方感城镇	2020-12-22	2021-04-02	30.7	4.97
	第二期 Phase II		2020-12-30	2021-04-05		
Jifeng A			2021-01-22	2021-04-05		

5 讨论与展望

5.1 杂交稻白叶枯病抗性育种的策略

水稻白叶枯病是由 *Xanthomonas oryzae pv.oryzae* (*Xoo*) 引起的细菌性病害，可导致水稻产量损失 15%~25%，严重时可达 50%^[10]，种植抗病品种是防治水稻白叶枯病最有效的方法。因此，在台风雨频繁、白叶枯病多发的华南沿海地区，抗白叶枯病是华南稻区水稻品种（尤其是晚造迟熟品种）所必须具备的一个重要性状。自 20 世纪 60 年代末以来，科学家们就致力于水稻白叶枯病抗性品种基因的发掘和利用。

近 30 年来、分子生物学技术飞速发展，为水稻抗白叶枯病基因资源的挖掘、基因鉴定、定位和克隆发挥了重要的促进作用。迄今已有 46 个显性和隐性的白叶枯病抗性基因被鉴定^[11]、16 个基因被克隆，包括 *Xa1*^[12] 及其等位基因 *Xa2*、*Xa14*、*Xa31(t)*、*Xa45(t)*^[13-14]、*Xa3/Xa26*^[15-16]、*Xa4*^[17]、*xa5*^[18-19]、*Xa7*^[20]、

Xa10^[21]、*xa13*^[22]、*Xa21*^[23]、*Xa23*^[24]、*xa25*^[25]、*Xa27*^[26]和*xa41(t)*^[27]。在白叶枯病抗病基因中,杂交稻育种上以采用具有持久广谱、抗性的显性基因最好。根据上述已克隆基因的抗性机理和特点,发现*Xa7*和*Xa23*均属于执行者抗性基因(Eexecutor R gene),表现为显性遗传,且抗谱广^[20,24-28],是现有抗性基因中最适合应用于杂交稻育种的两个基因。其中,*Xa7*在连续多年的大田生产实践中证明,其抗性的持久性和耐高温能力也很强,且其持久抗白叶枯病能力优于*Xa4*和*Xa10*^[28];此外,*Xa7*对广东近年来新出现的白叶枯IX型菌具有良好的抗性(数据未发表)。因此,在温度较高且新菌群不断演化的华南稻区,*Xa7*无疑是一个用于培育抗白叶枯病杂交稻较为理想的抗性基因。本研究利用*Xa7*育成的抗白叶枯病恢复系广恢312、广恢1002等,已组配育成天优312、博Ⅱ优312、吉丰优1002、泰优1002等系列杂交稻,从2007年博Ⅱ优312审定并投入生产应用开始到现在的吉丰优1002、泰优1002、广泰优1002等,*Xa7*已连续在华南稻区大面积应用15年,一直表现出很好的抗性,这进一步证明了其抗性持久的特点。但值得注意的是,利用携带*Xa7*的恢复系与感白叶枯病的不育系杂交,组配育成*Xa7*基因杂合的杂交稻(如吉丰优1002),在人工接种鉴定的条件下往往其白叶枯病抗性级别为中感或感(5~7级),达不到抗级,但在生产上的抗性多年来却一直表现很好,说明人工接种抗性与大田抗性存在一定差异。当利用携带*Xa7*的恢复系与携带*Xa23*基因的不育系杂交组配育成的杂交稻(如荣3优1002),其人工接种抗性和大田抗性均达到抗级水平(1级)。*Xa23*是从华南普通野生稻中挖掘到的显性广谱白叶枯病抗性基因,它的一个重要特点是全生育期抗病,可在苗期鉴定^[29]。但据朱小源等接种鉴定发现,*Xa23*不抗华南地区新出现的白叶枯病优势菌群IX型菌(数据未发表)。

由此可见,在杂交稻白叶枯病抗性育种中,将*Xa7*和*Xa23*分别导入杂交稻的父本和母本中,培育同时聚合两个显性抗白叶枯病基因的杂交稻,不仅可以实现人工接种鉴定抗性与大田抗性表现高度一致,而且可以提高杂交稻白叶枯病抗性的抗谱,以及解决全生育期的抗病性问题。

5.2 弱感光型迟熟恢复系选育方法与育种效率

水稻互作感光特性在遗传上受两对分别位于第7号和第8号染色体上的非等位基因*LH1*(*LPI*)和*LH2*(*LP2*)互作产生^[6,8-9]。一般的恢复系材料中,普遍携带*LH1*基因。因此,在育种实践上,培育华南互作感光型迟熟杂交稻可分为两条技术路线:一是选育携带有*LH2*基因的早中熟不育系(如博A、秋A),然后与携带有*LH1*的恢复系杂交,组配育成感光迟熟杂交稻;二是将*LH1*与*LH2*整合在一起,培育互作感光型迟熟恢复系(如广恢R3550、广恢55),与不育系组配,进而育成互作感光型杂交稻组合^[6]。由于涉及到两个基因的互作,且只有两个基因同时共存的情况下,互作感光迟熟的表型才表现出来,因此,利用传常规的系统选育方法培育仅仅携带*LH2*的中早熟不育系(如博A、秋A等),必须要在选育保持系过程中,同时通过与携带*LH1*的不育系测配以观察其所选优良单株是否携带*LH2*基因,否则该基因在纯合稳定的各世代选种过程中很容易丢失。相对不育系的选育,利用常规育种方法培育同时携带*LH1*和*LH2*的恢复系则简单得多,往往只需选择生育期足够长的迟熟优良单株即可。为提高互作感光杂交稻亲本的育种选择效率,最好的方法就是利用分子标记辅助选择,以提高目标优良单株的选择准确性和选择效率,尤其是在培育既具有互作感光特性,又携带有其他优良性状(如抗稻瘟、抗白叶枯、抗虫或其他优良品质等)基因时,借助分子标记辅助选择显得尤为重要。本研究中,携带有*Xa7*的互作感光型迟熟恢复系广恢1002,就是综合应用了常规育种技术与分子标记辅助选择技术育成的。因此,加强常规育种与分子育种技术的结合,是提高杂交稻高产稳产、优质高效、绿色安全杂交稻育种效率的重要技术途径。

参考文献(References):

- [1] 袁隆平. 中国的杂交水稻[J]. 中国水稻科学, 1986(1):8-18. DOI:10.16819/j.1001-7216.1986.01.002.
YUAN L P. Hybrid rice in China [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 1986(1): 8-18. DOI:10.16819/j.1001-7216.1986.01.002.
- [2] 任光俊, 颜龙安, 谢华安. 三系杂交水稻育种研究的回顾与展望[J]. 科学通报, 2016, 61(35): 3748-3760. DOI:10.1360/N972016-01109.
REN G J, YAN L A, XIE H A. Retrospective and perspective on indica three-line hybrid rice breeding research in China [J]. *Chinese*

- Science Bulletin*, 2016, 61(35): 3748–3760. DOI:10.1360/N972016-01109.
- [3] 彭惠普, 李维明, 伍应运, 黄德娟, 符福鸿, 王丰. 广谱恢复系 3550 及其系列杂交稻的选育和应用 I. 恢复系 3550 的选育及其特征特性[J]. 杂交水稻, 1993(6): 1–3. DOI:10.16267/j.cnki.1005-3956.1993.06.001.
- PENG H P, LI W M, WU Y Y, HUANG D J, FU F H, WANG F. Selection and utilization of rice restorer 3550 and its hybrid combinations I. Selection of restorer 3550 and its characteristics [J]. *Hybrid Rice*, 1993(6): 1–3. DOI:10.16267/j.cnki.1005-3956.1993.06.001.
- [4] 彭惠普, 李维明, 伍应运, 黄德娟, 符福鸿, 王丰. 广谱恢复系 3550 及其系列杂交稻的选育和应用 II. 3550 系列杂交稻组合的试种及推广应用[J]. 杂交水稻, 1994(1): 9–11. DOI:10.16267/j.cnki.1005-3956.1994.01.003.
- PENG H P, LI W M, WU Y Y, HUANG D J, FU F H, WANG F. Selection and utilization of rice restorer 3550 and its hybrid combinations II. Experimental demonstration and extension of hybrid combinations of 3550 [J]. *Hybrid Rice*, 1994(1): 9–11. DOI:10.16267/j.cnki.1005-3956.1994.01.003.
- [5] 王丰. 杂交水稻育种成就与展望——广东省农业科学院杂交水稻研究 50 年回顾[J]. 广东农业科学, 2020, 47(12): 1–11. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2020.12.001.
- WANG F. Achievements and prospects of hybrid rice breeding—Review of 50 years' research on hybrid rice by Rice Research Institute of Guangdong Academy of Agricultural Sciences [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2020, 47(12): 1–11. DOI:10.16768/j.issn.1004-874X.2020.12.001.
- [6] 李彦婷, 李金华, 柳武革, 付崇允, 廖亦龙, 朱满山, 刘振荣, 刘迪林, 曾学勤, 王丰. 弱感光型杂交稻吉丰优 3550 抽穗期性状 QTL 分析[J]. 分子植物育种, 2016(10): 2686–2695. DOI:10.13271/j.mpb.014.002686.
- LI Y T, LI J H, LIU W G, FU C Y, LIAO Y L, ZHU M S, LIU Z R, LIU D L, ZENG X Q, WANG F. Analysis on the quantitative trait locus for the heading date in the weakly photoperiod sensitive and late-maturing hybrid rice Jifeng You R3550 [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2016(10): 2686–2695. DOI:10.13271/j.mpb.014.002686.
- [7] 周长海, 王宝和, 赵步洪, 戴正元, 张洪熙. 从丰优香占的育成谈优质杂交籼稻育种[J]. 杂交水稻, 2007, 22(2): 11–13. DOI:10.16267/j.cnki.1005-3956.2007.02.003.
- ZHOU C H, WANG B H, ZHAO B H, DAI Z Y, ZHANG H X. Discussions on superior grain quality breeding of indica hybrid rice from the development of Fengyou Xiangzhan [J]. *Hybrid Rice*, 2007, 22(2): 11–13. DOI:10.16267/j.cnki.1005-3956.2007.02.003.
- [8] 李金华. 水稻互作感光 and 香味性状的遗传分析和基因定位研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2005.
- LI J H. Genetics analysis and gene mapping about interaction photoperiod sensitivity and fragrance traits of rice (*Oryza sativa* L.) [D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2005.
- [9] LIU S, WANG F, GAO L J, LI J H, LI R B, GAO H L, DENG G F, YANG J S, LUO X J. Genetic analysis and fine mapping of LHI and LH2, a set of complementary genes controlling late heading in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. *Breeding Science*, 2012, 62: 310–319. DOI:10.1270/jsbbs.62.310.
- [10] ARSHAD H M I, SALEEM K, KHAN J A, RASHID M, ATIQ M, ALAAM S S, SAHI S T. Pathogenic diversity of *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* isolates collected from Punjab Province of Pakistan [J]. *European Journal of Plant Pathology*, 2017, 147: 639–651. DOI:10.1007/s10658-016-1032-5.
- [11] CHEN S, WANG C, YANG J, CHEN, B, WANG, W, SU J, FENG A, ZENG L, ZHU X. Identification of the novel bacterial blight resistance gene *Xa46(t)* by mapping and expression analysis of the rice mutant H120 [J]. *Scientific Reports*, 2020, 10:12642. DOI:10.1038/s41598-020-69639-y.
- [12] YOSIMURA S, YAMANOUCI U, KATAYOSE Y, TOKI S, WANG Z, KONO I, KURATA N, YANO M, SASAKI T. Expression of *Xa1*, a bacterial blight-resistance gene in rice, is induced by bacterial inoculation [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1998, 95: 1663–1668. DOI:10.1073/pnas.95.4.1663.
- [13] JI C, JI Z, LIU B, CHENG H, LIU H, LIU S, YANG B, CHEN G. *Xa1* allelic R genes activate rice blight resistance suppressed by interfering TAL effectors [J]. *Plant Communications*, 2020(1): 100087. DOI:10.1016/j.xplc.2020.100087.
- [14] ZHANG B, ZHANG H, LI F, OUYANG Y, YUAN M, LI X, XIAO J, WANG S. Multiple alleles encoding atypical *NLRs* with unique central tandem repeats in rice confer resistance to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* [J]. *Plant Communications*, 2020(1): 100088. DOI:10.1016/j.xplc.2020.100088.
- [15] SUN X, CAO Y, YANG Z, XU C, LI X, WANG S, ZHANG Q. *Xa26*, a gene conferring resistance to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* in rice, encodes an LRR receptor kinase-like protein [J]. *Plant Journal*, 2004, 37: 517–527. DOI:10.1046/j.1365-3113.2003.01976.x.
- [16] XIANG Y, CAO Y, XU C, LI X, WANG S. *Xa3*, conferring resistance for rice bacterial blight and encoding a receptor kinase-like protein, is the same as *Xa26* [J]. *Theoretical Applied Genetics*, 2006, 113: 1347–1355. DOI:10.1007/s00122-006-0388-x.
- [17] HU K, CAO J, ZHANG J, XIA F, KE Y, ZHANG H, XIE W, LIU H, CUI Y, CAO Y, SUN X, XIAO J, LI X, ZHANG Q, WANG S. Improvement of multiple agronomic traits by a disease resistance gene via cell wall reinforcement [J]. *Nature Plants*, 2017(3): 17009. DOI:10.1038/nplants.2017.9.
- [18] IYER A S, MCCOUCH S R. The rice bacterial blight resistance gene *xa5* encodes a novel form of disease resistance [J]. *Molecular Plant-Microbe Interaction*, 2004, 17: 1348–1354. DOI:10.1094/MPMI.2004.17.12.1348.
- [19] JIANG G, XIA Z, ZHOU Y, WAN J, LI D, CHEN R, ZHAI W, ZHU L. Testifying the rice bacterial blight resistance gene *xa5* by genetic complementation and further analyzing *xa5* (*Xa5*) in comparison with

- its homolog TFIIA γ 1 [J]. *Molecular Genetics and Genomics*, 2006, 275:354–366. DOI:10.1007/s00438-005-0091-7.
- [20] CHEN X, LIU P, MEI L, HE X, CHEN L, LIU H, SHEN S, JI Z, ZHENG X, ZHANG Y, GAO Z, ZENG D, QIAN Q, MA B. *Xa7*, a new executor R gene that confers durable and broad-spectrum resistance to bacterial blight disease in rice [J]. *Plant Communications*, 2021(2): 100143. DOI:10.1016/j.xplc.2021.100143.
- [21] TIAN D, WANG J, ZENG X, GU K, QIU C, YANG X, ZHOU Z, GOH M, LUO Y, MURATA-HORI M, WHITE F F, YIN Z. The rice TAL effector-dependent resistance protein *XA10* triggers cell death and calcium depletion in the endoplasmic reticulum [J]. *Plant Cell*, 2014, 26:497–515. DOI:10.1105/tpc.113.119255.
- [22] YANG B, SUGIO A, WHITE F. *Os8N3* is a host disease-susceptibility gene for bacterial blight of rice [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2006, 103:10503–10508. DOI:10.1073/pnas.0604088103.
- [23] SONG W, WANG G, CHEN L, KIM HS, PI L, HOLSTEN T, GARDNER J, WANG B, ZHAI W, ZHU L, FAUQUET C, RONALD P. A receptor kinase-like protein encoded by the rice disease resistance gene, *Xa2* [J]. *Science*, 1995, 270:1804–1806. DOI:10.1126/science.270.5243.1804.
- [24] WANG C, ZHANG X, FAN Y, GAO Y, ZHU Q, ZHENG C, QIN T, LI Y, CHE J, ZHANG M, YANG B, LIU Y, ZHAO K. *XA23* is an executor R protein and confers broad-spectrum disease resistance in rice [J]. *Molecular Plant*, 2015, 8:290–302. DOI:10.1016/j.molp.2014.10.010.
- [25] LIU Q, YUAN M, ZHOU Y, LI X, XIAO J, WANG S. A paralog of the MtN3/saliva family recessively confers race-specific resistance to *Xanthomonas oryzae* in rice [J]. *Plant Cell Environment*, 2011, 34:1958–1969. DOI:10.1111/j.1365-3040.2011.02391.x.
- [26] GU K, YANG B, TIAN D, WU L, WANG D, SREEKALA C, YANG F, CHU Z, WANG G L, WHITE F. R gene expression induced by a type-III effector triggers disease resistance in rice [J]. *Nature*, 2005, 435:1122–1125. DOI:10.1038/nature03630.
- [27] HUTIN M, SABOT FO, GHESQUIERE A, KOEBINK R, SZUREK B. A knowledge-based molecular screen uncovers a broad-spectrum *OsSWEET14* resistance allele to bacterial blight from wild rice [J]. *Plant Journal*, 2016, 84:694–703. DOI:10.1111/tpj.13042.
- [28] VERA CRUZ C M, BAI J, ONA I, LEUNG H, NELSON R J, MEW T W, LEACH J E. Predicting durability of a disease resistance gene based on an assessment of the fitness loss and epidemiological consequences of avirulence gene mutation [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2000, 97:13500–13505. DOI:10.1073/pnas.250271997.
- [29] 章琦. 水稻白叶枯病抗性基因鉴定进展及其利用 [J]. 中国水稻科学, 2005, 19(5): 453–459. DOI:10.16819/j.1001-7216.2005.05.012.
- ZHANG Q. Highlights in identification and application of resistance genes to bacterial blight [J]. *Chinese Journal of Rice Science*, 2005, 19 (5): 453–459. DOI:10.16819/j.1001-7216.2005.05.012.

(责任编辑 崔建勋)



王丰, 博士、二级研究员, 广东省农业科学院水稻研究所首席科学家、农业农村部华南优质稻遗传育种重点实验室主任。主持 863 计划、国家重点研发计划、广东省重大科技专项、广东省重点研发计划等项目 20 余项。主要从事杂交稻遗传与育种研究, 育成杂交稻不育系泰丰 A、荣丰 A、吉丰 A 等 22 个通过鉴定; 育成优质高产抗病杂交稻新品种 70 多个和广东丝苗米新品种 1 个通过审定; 研究成果为国内 10 多家水稻种子企业发展提供了重要技术支撑, 累计推广应用面积超过 2 亿亩。获各级科技奖励成果 19 项, 其中国家科技进步特等奖和一等奖各 1 项; 省级科学技术一等奖 6 项; 获发明专利 4 项、植物新品种权 18 项。在国内外学术刊物上发表论文 100 多篇。