

宛柏杰,张梦龙,岳红亮,等. 分子标记辅助选育抗稻瘟病水稻新品种中科盐 8 号[J]. 江苏农业科学,2022,50(17):21-26.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.17.004

分子标记辅助选育抗稻瘟病水稻新品种中科盐 8 号

宛柏杰,张梦龙,岳红亮,刘 凯,赵绍路,朱静雯,代金英,严国红,王爱民,朱国永,唐红生,孙明法
(江苏沿海地区农业科学研究所,江苏盐城 224000)

摘要:以携带稻瘟病抗性基因 $Pi-ta$ 的水稻中间材料盐 99-77 为供体亲本、徐稻 3 号为受体亲本,利用分子标记辅助选择技术和系谱选育方法,改良徐稻 3 号的稻瘟病抗性。经分子标记辅助选择、人工接种穗颈瘟及田间自然诱发鉴定,最终获得了以徐稻 3 号为背景、稻瘟病抗性增强且农艺性状优良的水稻新品种——中科盐 8 号。该品种抗病、优质、高产,其 2019、2020 年稻瘟病抗性评价都达到 1 级,米质达到农业行业标准 NY/T 593—2021《食用稻品种品质》3 级,2 年区域试验平均产量 10 201.50 kg/hm²,比对照徐稻 3 号增产 6.12%;2020 年生产试验,平均产量 10 189.65 kg/hm²,比对照徐稻 3 号增产 6.36%。该品种于 2021 年通过国家品种审定委员会审定(审定编号:国审稻 20210391),适宜在我国北方黄淮海粳稻区域推广种植。

关键词:水稻;稻瘟病;抗病育种;中科盐 8 号;分子标记

中图分类号:S511.034 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)17-0021-06

稻瘟病是水稻上的主要病害之一,近年来,其危害面积和程度呈现不断上升趋势,对水稻高产稳产有严重的阻碍^[1]。由于稻瘟病菌不同生理小种的变化,品种抗性可能会随着推广时间的增加出现降低,因此,防治稻瘟病最经济有效的方法就是不断地选育和利用抗病品种^[2]。目前已经鉴定出 100 多个稻瘟病抗性基因,其中主效稻瘟病抗性基因约有 24 个,在水稻不同的染色体上均有分布^[3]。 $Pi-$

ta 位于水稻第 12 号染色体上,是最早被克隆的主效抗稻瘟病基因之一,编码 1 个长度为 928 个氨基酸的细胞质膜受体蛋白^[4]。Bryan 等研究发现,抗病基因 $Pi-ta$ 编码的产物可以和稻瘟病菌中对应无毒基因表达的产物相互作用,引发植物的抗病反应,使水稻对稻瘟病菌产生抗病性,这符合基因对基因的假说^[5]。王军等研究认为,在江苏省粳稻种植区域,稻瘟病抗性基因 $Pi-ta$ 和 $Pi-b$ 具有良好的抗性表现和应用价值,并且 $Pi-ta$ 基因已经在稻瘟病抗性育种中得到应用^[6-9]。邹拓等研究发现,在冀东稻区水稻中含有抗稻瘟病基因 $Pi-ta$,对稻瘟病菌抗性也起到主效作用^[10]。王小秋等对江苏省近年来育成的水稻新品种进行稻瘟病抗性基因检测发现, $Pi-ta$ 基因在材料中的分布频率在 45% 以上,并且含有“ $Pia+Pi-ta$ ”基因组合的材料,稻瘟病抗性较好,对改良江苏省粳稻稻瘟病抗性具有重要的育种应用价值,并且还发现在检测的品种

收稿日期:2022-05-10

基金项目:江苏省种业振兴揭榜挂帅项目(编号:JBGS[2021]041);
海南省重大科技计划(编号:ZDKJ202001);江苏省重点研发计划
(现代农业)重点项目(编号:BE2019375-2、BE2019343);农业农村
部沿海盐碱地农业科学观测实验站开放课题(编号:
YHS201904)。

作者简介:宛柏杰(1991—),男,安徽庐江人,硕士,助理研究员,主要从事水稻抗病性研究。E-mail:wbanbaijie@163.com。

通信作者:孙明法,研究员,主要从事水稻育种研究。E-mail:
201493682@qq.com。

[23]段灿星,董怀玉,李 晓,等. 玉米种质资源大规模多年多点多病害的自然发病抗性鉴定[J]. 作物学报,2020,46(8):1135-1145.

[24]赵子麒,赵雅琪,林昌朋,等. 48 份玉米自交系抗病性的精准鉴定[J]. 中国农业科学,2021,54(12):2510-2522.

[25]贾 娇,张 伟,孟玲敏,等. 71 份新选育自交系对主要玉米病害的抗性分析[J]. 东北农业科学,2021,46(5):47-50.

[26]中华人民共和国农业部. 玉米抗病虫性鉴定技术规范 第 1 部分:玉米抗大斑病鉴定技术规范:NY/T1248.1—2006[S]. 北京:中国农业出版社,2007.

[27]中华人民共和国农业部. 玉米抗病虫性鉴定技术规范 第 7 部分:镰孢茎腐病:NY/T 1248.7—2016[S]. 北京:中国农业出版社,2016.

[28]中华人民共和国农业部. 玉米抗病虫性鉴定技术规范 第 11 部分:灰斑病:NY/T 1248.11—2016[S]. 北京:中国农业出版社,2016.

[29]中华人民共和国农业部. 玉米抗病虫性鉴定技术规范 第 12 部分:瘤黑粉病:NY/T 1248.12—2016[S]. 北京:中国农业出版社,2016.

中,其携带抗病基因数量与抗病性没有达到显著相关性,说明在水稻稻瘟病抗病育种中,需要应用主效基因或组合,而不是简单的增加抗病基因的数量^[11]。邢运高等对黄淮稻区早熟水稻品种(系)的稻瘟病抗性与抗性基因相关性进行分析,结果表明,携带抗性基因 *Pi-ta* 的材料,2019、2020 年抗性比例分别为 42.6%、49.2%,说明抗性基因 *Pi-ta* 在黄淮稻区有较好的应用^[12]。在系谱选育过程中,利用分子标记辅助选择技术,将主效抗稻瘟病基因导入到一个品种中,改良品种的稻瘟病抗性,可以增加品种对稻瘟病抗性的持久性^[13-15]。

本研究以大面积推广品种徐稻 3 号为母本、水稻中间材料盐 99-77 为父本进行杂交育种。利用分子标记辅助选择改良徐稻 3 号水稻品种的抗病性,在后代中选育出抗稻瘟病、产量高、米质优的水稻新品种——中科盐 8 号,于 2021 年通过国家品种审定委员会审定(审定编号:国审稻 20210391),创制了新的抗稻瘟病种质资源。

1 材料与方法

1.1 试验材料

徐稻 3 号为徐州农业科学研究所水稻室育成的

优质高产粳稻品种;盐 99-77(携带稻瘟病抗性基因 *Pi-ta*)为江苏沿海地区农业科学研究所选育的水稻中间材料,以及徐稻 3 号/盐 99-77 配置的杂交种,用于稻瘟病分子标记检测的 F₇ 代家系编号为 W1~W30。

1.2 稻瘟病抗性鉴定

由江苏省农业科学院植物保护研究所提供供试菌株,接种方法参照水稻品种试验稻瘟病抗性鉴定与评价技术规程,接种后 30 d 左右进行病情调查,稻瘟病鉴定标准见表 1^[16]。

表 1 稻瘟病鉴定标准

级别	穗损失率	抗性级别
0 级	无病	高抗
1 级	病穗损失率低于 5%	抗
3 级	病穗损失率 5.1%~15.0%	中抗
5 级	病穗损失率 15.1%~30.0%	中感
7 级	病穗损失率 30.1%~50.0%	感
9 级	病穗损失率 50.1%~100.0%	高感

1.3 *Pi-ta* 的标记检测

参考朱勇良等的方法提取 DNA^[17]。抗稻瘟病基因 *Pi-ta* 引物设计参照陈锋等的方法^[18](表 2),引物由生工生物工程(上海)股份有限公司合成。

表 2 稻瘟病抗病基因检测引物信息

目标基因	引物名称	序列(5'→3')	预期片段长度 (bp)	参考文献
<i>Pi-ta</i>	<i>Pi-ta-F</i>	AGCAGGTTATAAGCTAGGCC	1 042	[18]
	<i>Pi-ta-R</i>	CTACCAACAAGTTCATCAA		

2 结果与分析

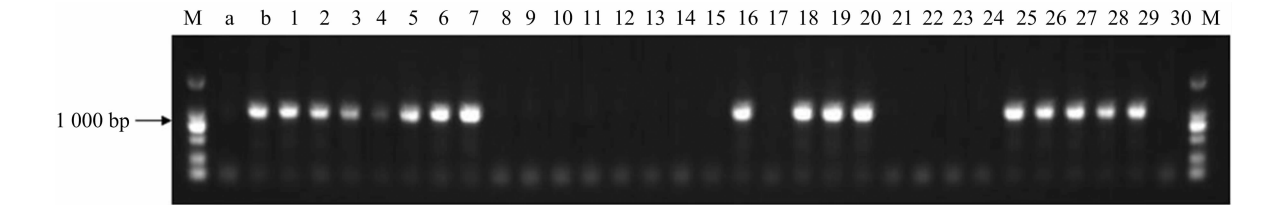
2.1 抗性基因 *Pi-ta* PCR 扩增检测

对 F₇ 代选育的 30 个品系进行稻瘟病抗性基因 *Pi-ta* PCR 检测。徐稻 3 号作为阴性对照,盐 99-77 作为阳性对照。从图 1 可以看出,其中有 16 个水稻株系成功扩增出 1 042 bp 的条带,表明其中 16 个株系含有 *Pi-ta* 抗病基因,14 个水稻株系不

含有 *Pi-ta* 抗病基因,含有抗病基因的株系分别为 W1~W7、W16、W18~W20、W25~W29,抗病基因出现的频率为 53.3%。

2.2 稻瘟病接种鉴定

采用人工接种的方法,对亲本徐稻 3 号、盐 99-77 以及选育的 30 个水稻 F₇ 株系进行穗颈瘟人工接种鉴定,部分水稻株系接种稻瘟病菌后发病表现见图 2。由图 2、表 3 可知,徐稻 3 号表现为中



M 为 DL2000 DNA maker; a 为徐稻 3 号; b 为盐 99-77; 1~30 号泳道分别为株系 W1~W30

图1 *Pi-ta* 基因 PCR 检测

感(病级为 5 级),盐 99-77 表现为中抗(病级为 3 级),30 份试验材料中达到中抗的材料有 8 份、中感的材料有 10 份、感的材料有 10 份,高感的材料有 2 份。含有 *Pi-ta* 抗病基因的材料,抗性等级都达到

中感或中抗,达到中抗等级的材料,都含有 *Pi-ta* 抗病基因。接种抗性表现为感病和高感的材料,都不含有 *Pi-ta* 抗病基因。说明 *Pi-ta* 抗病基因对提高水稻稻瘟病抗性起到一定的积极作用。

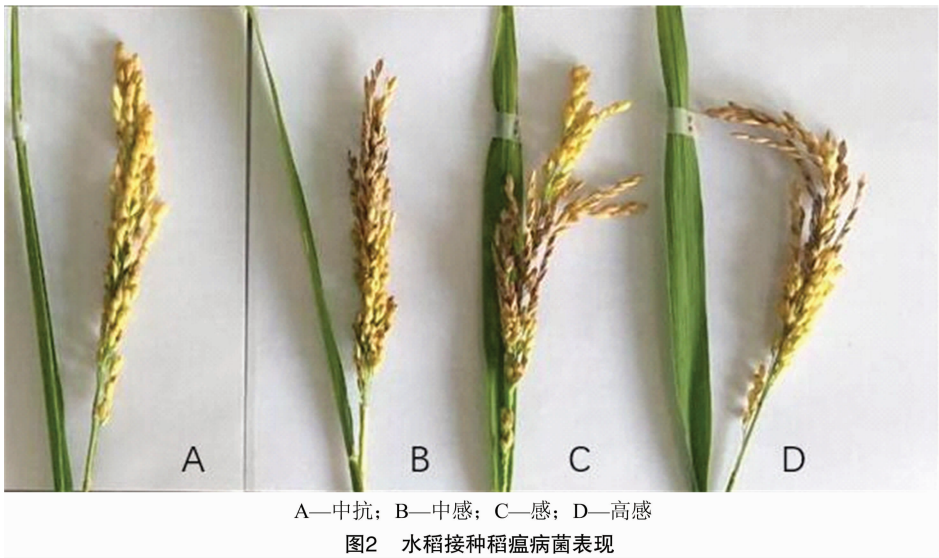


表 3 F₇ 株系接种鉴定与基因检测结果

株系	<i>Pi-ta</i>	病级	株系	<i>Pi-ta</i>	病级
徐稻 3 号	-	5	W15	-	9
盐 99-77	+	3	W16	+	5
W1	+	3	W17	-	7
W2	+	5	W18	+	3
W3	+	5	W19	+	3
W4	+	3	W20	+	3
W5	+	5	W21	-	5
W6	+	3	W22	-	7
W7	+	5	W23	-	7
W8	-	7	W24	-	7
W9	-	5	W25	+	5
W10	-	7	W26	+	3
W11	-	7	W27	+	5
W12	-	7	W28	+	5
W13	-	9	W29	+	3
W14	-	7	W30	-	7

注:“+”表示有 *Pi-ta* 基因,“-”表示没有。

2.3 中科盐 8 号选育过程

2008 年夏,在江苏省盐城市南洋试验农场用徐稻 3 号与盐 99-77 杂交配组,获杂交种 35 粒,后经过盐城市和海南省三亚市 3 年 5 代异地选择,2012 年在 F₇ 代通过分子标记辅助选择和稻瘟病接种鉴定,筛选出优良单株进入鉴定圃,2015 年鉴定的 606 号表现突出,2016 进入大区品比试验,命名为盐稻

15606,2017—2018 年进行多点品比试验,表现出优质、高产、多抗等特点。2019—2020 年以盐稻 15606 名称推荐参加国家黄淮海粳稻区域试验和生产试验,2021 年报审国家品种审定委员会审定,定名为中科盐 8 号。中科盐 8 号系江苏沿海地区农业科学研究所、中国科学院遗传与发育生物学研究所合作,育成的优质高产多抗常规中粳稻新品种,选育过程见图 3。

2.4 抗病、优质、高产水稻新品种中科盐 8 号的农艺性状

中科盐 8 号于 2019 年推荐参加连云港农业科学院组织的国家黄淮海粳稻区域试验,全生育期 155.2 d,比对照徐稻 3 号晚熟 2.0 d,主要农艺性状 2 年区试综合表现为有效穗数 318.0 万穗/hm²,株高 100.2 cm,穗长 16.8 cm,总粒数 150.8 粒/穗,结实率 86.4%,千粒质量 26.4 g。中科盐 8 号成熟期田间抗病性表现见图 4。2019—2020 年江苏省农业科学院植物保护研究所稻瘟病鉴定(表 4),天津市农业科学院稻瘟病鉴定(表 5),2 年稻瘟病抗性平均综合指数分别为 2.0 和 3.5 级,穗瘟损失率最高级 3 级。主要米质指标 2 年综合表现:整精米率 65.2%,垩白度 3.2%,透明度 1 级,直链淀粉含量 15.1%,胶稠度 74 mm,碱消值 7.0%,达到农业行业标准 NY/T 593—2021《食用稻品种品质》3 级(表 6),米质表现见图 5。2019 年中科盐 8 号参加试验,

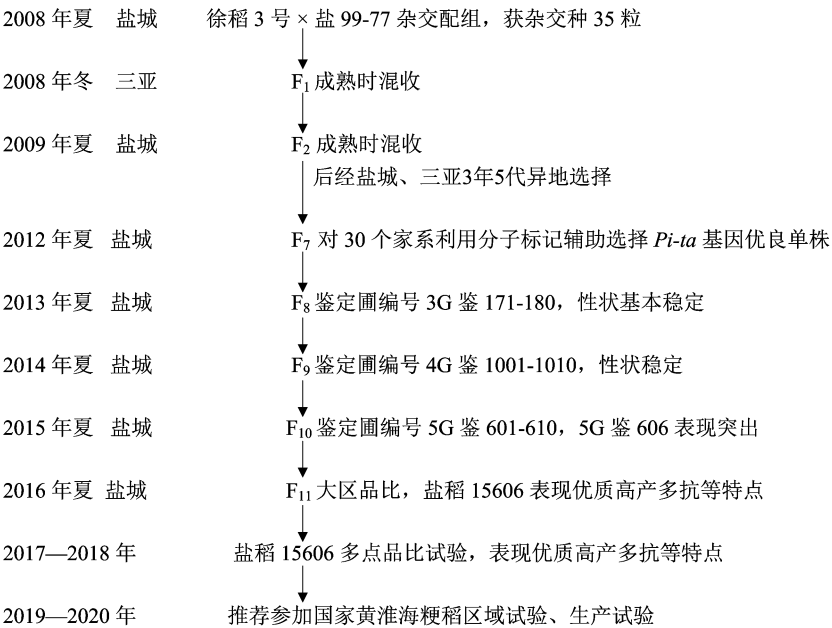


图3 中科盐 8 号选育系谱



图4 中科盐 8 号成熟期田间表现

表 4 中科盐 8 号与对照稻瘟病抗性比较(南京)

年份	品种	苗叶瘟病	穗发病率 (%)	病级	穗损失率 (%)	病级	综合抗性指数		稻瘟病 抗性评价
							综合指数	病级	
2019	中科盐 8 号	0	16.00	5	0.8	1	1.75	1	抗
	徐稻 3 号(CK)	4	31.00	7	10.0	3	4.25	3	中抗
2020	中科盐 8 号	1	29.00	7	2.4	1	2.50	1	抗
	徐稻 3 号(CK)	3	90.00	9	41.3	7	6.50	7	感

平均产量为 10 250. 55 kg/hm²,比对照徐稻 3 号增产 5. 33%;2020 年续试,平均产量 10 152. 30 kg/hm²,比对照徐稻 3 号增产 6. 93%;2 年区域试验平均产量

10 201. 50 kg/hm²,比对照徐稻 3 号增产 6. 12%; 2020 年生产试验,平均产量 10 189. 65 kg/hm²,比对照徐稻 3 号增产 6. 36%(表 7)。

表 5 中科盐 8 号 与对照稻瘟病抗性比较(天津)

年份	品种	苗叶瘟病	穗发病率 (%)	病级	穗损失率 (%)	病级	综合抗性指数		稻瘟病 抗性评价
							综合指数	病级	
2019	中科盐 8 号	0	47.7	7	3.8	1	2.25	1	抗
	徐稻 3 号(CK)	1	66.7	9	7.6	3	4.00	3	中抗
2020	中科盐 8 号	3	61.8	9	7.1	3	4.50	3	中抗
	徐稻 3 号(CK)	3	69.0	9	8.5	3	4.50	3	中抗

表 6 中科盐 8 号 与对照品种稻米品质比较

年份	品种	整精米率 (%)	垩白米率 (%)	垩白度 (%)	直链淀粉 含量(%)	胶稠度 (mm)	透明度	碱消值 (%)	等级
2019—2020	中科盐 8 号	65.2	12.0	3.2	15.1	74	1	7.0	3 级
	徐稻 3 号(CK)	66.6	30.0	5.8	16.9	60	1	4.3	普通

注:HRR 表示整精米率;CP 表示垩白米率;CH 表示垩白度;AC 表示直链淀粉含量;GC 表示胶稠度;T 表示透明度;ASV 表示碱消值;G 表示等级。

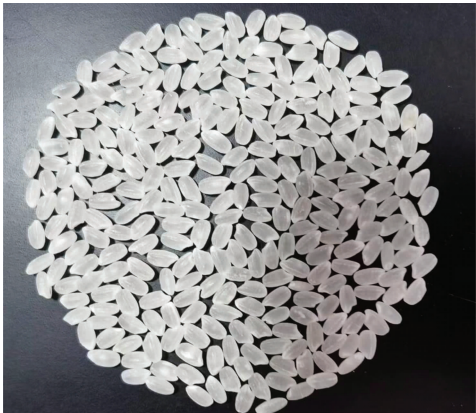


图5 中科盐 8 号米质表现

表 7 中科盐 8 号与对照品种产量比较

年份	产量(kg/hm ²)		较对照增产 (%)
	中科盐 8 号	徐稻 3 号(CK)	
2019 区试	10 250.55	9 731.85	5.33
2020 区试	10 152.30	9 494.40	6.93
2019—2020 平均	10 201.50	9 613.20	6.12
2020 生产试验	10 189.65	9 580.35	6.36

3 讨论与结论

随着现代分子生物学的不断发展,水稻育种将逐渐从常规田间经验育种向分子智慧育种转变。分子标记辅助选择技术可以快速和准确地筛选出含有目的基因的植株,加快育种的效率。通过常规杂交育种的方法,将含有抗病基因的材料与高产优质的品种进行杂交,得到的后代通过不断地与改良亲本进行回交,在后代材料中筛选出与回交亲本性

状相似的材料,再利用分子标记辅助选择技术检测材料中是否含有抗病基因,就可以筛选到含有抗病基因的高产优质水稻新材料。范方军等利用水稻抗病基因 *Pi-ta* 研究其与穗颈瘟的相关性,得到穗颈瘟的发病程度与稻瘟病抗性基因 *Pi-ta* 存在显著正相关^[19]。戴小军等对水稻资源中抗性基因 *Pi-ta*、*Pi-b*、*Pi9* 以及 *Pi-km* 的分布进行研究,并对含有不同抗性基因材料的抗性反应进行相关性分析,结果表明,当材料中含有主效基因 *Pi9*,并且同时含有 *Pi-ta*,其稻瘟病抗性表现为抗病^[20]。王军等利用标记辅助选择并结合多年田间选育和抗性鉴定,成功将 3 个抗病基因导入到高产品种中^[21]。

由于稻瘟病病菌生理小种会不断的发生变异,抗病品种会随着稻瘟病生理小种的变化,抗性逐渐减退,甚至可能丧失。因此,广谱抗稻瘟病基因的挖掘越来越重要,近年来,从水稻品种谷梅四号中成功克隆到广谱抗稻瘟病基因 *Pigm*,并且 *Pigm* 基因已经在水稻抗病育种中得到应用^[22-24]。Li 等研究发现,在水稻地方品种地谷中含有广谱抗稻瘟病基因 *Bsr-dl*,其抗病机制是通过抑制相关基因的表达,增加水稻细胞中 H₂O₂ 的富集,来提高水稻的抗稻瘟病能力^[25]。除了挖掘和利用广谱抗稻瘟病单基因外,通过基因聚合育种实现水稻品种持久抗病也是目前关注的重点。陈红旗将稻瘟病抗性基因 *Pi-33*、*Pi-1* 和 *Pi-2*,通过多次回交与标记选择聚合在一起,以此来提高材料抗稻瘟病的持久性^[26]。柳武革等将 *Pi-1* 和 *Pi-2* 基因导入到三

系不育系荣丰 A 中,选育出的新不育系和不同恢复系配组,其后代均表现出良好的稻瘟病抗性和丰产性^[27]。本研究利用携带稻瘟病抗性基因 *Pi-ta* 的水稻中间材料盐 99-77 为父本,与大面积推广品种徐稻 3 号为母本进行杂交育种,改良徐稻 3 号水稻品种的抗病性,将抗病基因 *Pi-ta* 成功导入到高产优质品种徐稻 3 号中,选育出优质、高产、抗病新品种中科盐 8 号。虽然本研究仅仅利用了一个抗稻瘟病基因 *Pi-ta*,但由于 *Pi-ta* 是主效抗病基因,在后代含有 *Pi-ta* 基因的材料抗病性都表现不会太差,也有可能后代抗性表现好的材料,同时含有其他的未被检测的抗病基因。综上所述,通过在传统育种过程中,利用主效抗病基因改良稻瘟病抗性,可以快速选育出抗病品种。

参考文献:

- [1] 程新杰,岳洪亮,张梦龙,等. 水稻抗稻瘟病分子机制研究进展[J]. 大麦与谷类科学,2021,38(6):12-16.
- [2] 孙永建,田永宏,余华强,等. 利用分子标记辅助选择改良水稻恢复系 R997 对稻瘟病的抗性[J]. 湖北农业科学,2016,55(1):20-23.
- [3] 王 丹,沙 岩,胡俊峰,等. 抗稻瘟病基因的克隆及其分子育种研究进展[J]. 分子植物育种,2019,17(14):4661-4666.
- [4] 王忠华,贾育林,吴殿星,等. 水稻抗稻瘟病基因 *Pi-ta* 的分子标记辅助选择[J]. 作物学报,2004,30(12):1259-1265.
- [5] Bryan G T, Wu K S, Farrall L, et al. A single amino acid difference distinguishes resistant and susceptible alleles of the rice blast resistance gene *Pi-ta* [J]. The Plant Cell, 2000, 12(11):2033-2046.
- [6] 王 军,杨 杰,杨金欢,等. *Pi-ta*、*Pi-b* 基因在江苏粳稻穗颈瘟抗性育种中的价值分析[J]. 华北农学报,2012,27(6):141-145.
- [7] 刘 凯,宛柏杰,赵绍路,等. 利用分子标记辅助选择聚合水稻 *Pi-ta*、*Pi-b* 和 *Pi-9* 基因[J]. 西南农业学报,2021,34(5):926-931.
- [8] 姚 姝,陈 涛,张亚东,等. 利用分子标记辅助选择聚合水稻 *Pi-ta*、*Pi-b* 和 *Wx-mq* 基因[J]. 作物学报,2017,43(11):1622-1631.
- [9] 吕 军,蒋洪波,姜秀英,等. 利用分子标记辅助选择聚合水稻 *Pi-ta* 和 *fgr* 基因[J]. 分子植物育种,2022,20(5):1581-1587.
- [10] 邹 拓,耿雷跃,张 薇,等. 粳稻种质资源稻瘟病抗性及其抗性基因分析[J]. 中国稻米,2022,28(2):45-50.
- [11] 王小秋,杜海波,陈夕军,等. 江苏近年育成粳稻新品种/系的稻

- 瘟病抗性基因及穗颈瘟抗性分析[J]. 中国水稻科学,2020,34(5):413-424.
- [12] 邢运高,刘 艳,迟 铭,等. 黄淮稻区早熟水稻品种(品系)穗颈瘟抗性分析[J]. 江苏农业学报,2021,37(5):1089-1099.
- [13] Servin B, Martin O C, Mézard M, et al. Toward a theory of marker-assisted gene pyramiding[J]. Genetics, 2004, 168(1):513-523.
- [14] 陈 凯,张 强,潘晓飏,等. 3 个中籼稻骨干恢复系对稻瘟病和褐飞虱抗性改良效果的评价[J]. 核农学报,2013,27(8):1069-1080.
- [15] 倪大虎,易成新,李 莉,等. 分子标记辅助培育水稻抗白叶枯病和稻瘟病三基因聚合系[J]. 作物学报,2008,34(1):100-105.
- [16] 罗楚平,倪 磊,陈志谊,等. 水稻稻瘟病接种技术及 2009 年江苏省区试品种抗性鉴定[J]. 江苏农业科学,2009,37(6):178-179.
- [17] 朱勇良,范方军,谢裕林,等. 江苏省迟熟中粳新品系稻瘟病抗病基因检测与抗性评价[J]. 江苏农业科学,2018,46(19):106-109.
- [18] 陈 峰,徐建第,姜明松,等. 黄淮区粳稻抗稻瘟病基因 *Pi-ta*、*Pi-b*、*Pi54*、*Pikm* 的分子检测[J]. 生物技术进展,2018,8(1):46-54.
- [19] 范方军,王芳权,刘永峰,等. *Pi-b*、*Pi-ta*、*Pikm* 和 *Pi54* 对水稻穗颈瘟的抗性评价[J]. 华北农学报,2014,29(3):221-226.
- [20] 戴小军,杨远柱,周 亮,等. 抗稻瘟病水稻资源抗性基因 *Pita*、*Pib*、*Pi9* 以及 *Pikm* 的分布研究[J]. 生命科学研究,2012,16(4):340-344,356.
- [21] 王 军,杨 杰,陈志德,等. 利用分子标记辅助选择聚合水稻抗病基因 *Pi-ta*、*Pi-b* 和 *Stw-bi* [J]. 作物学报,2011,37(6):975-981.
- [22] Deng Y W, Zhai K R, Xie Z, et al. Epigenetic regulation of antagonistic receptors confers rice blast resistance with yield balance [J]. Science, 2017, 355(6328):962-965.
- [23] 向 聪,任西明,雷东阳,等. 分子标记辅助选择改良 C815S 的稻瘟病抗性[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2018,44(1):62-65.
- [24] 曾生元,李 闯,杜灿灿,等. *Pigm* 特异性选择标记的开发及其在粳稻穗颈瘟抗性育种中的利用[J]. 中国水稻科学,2018,32(5):453-461.
- [25] Li W T, Zhu Z W, Chern M, et al. A natural allele of a transcription factor in rice confers broad-spectrum blast resistance [J]. Cell, 2017, 170(1):114-126.
- [26] 陈红旗. 分子标记辅助聚合 3 个稻瘟病抗性基因[D]. 扬州:扬州大学,2005.
- [27] 柳武革,王 丰,刘振荣,等. 利用分子标记技术聚合 *Pi-1* 和 *Pi-2* 基因改良三系不育系荣丰 A 的稻瘟病抗性[J]. 分子植物育种,2012,10(5):575-582.