

于连鹏,张亚玲,刘殿宇,等. 黑龙江省水稻主栽品种对稻瘟病的抗性评价与利用[J]. 江苏农业科学,2018,46(9):115-118
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.09.026

黑龙江省主栽水稻品种对稻瘟病的抗性评价与利用

于连鹏^{1,2}, 张亚玲^{1,2,3,4}, 刘殿宇^{1,2}, 周弋力^{1,2}, 国宝焕^{1,2}, 靳学慧^{1,2,3,4}

(1. 植保资源与无公害农业生产基础实验室,黑龙江大庆 163319; 2. 黑龙江省植物抗性研究中心,黑龙江大庆 163319;
3. 黑龙江八一农垦大学,黑龙江大庆 163319; 4. 国家杂粮工程技术研究中心,黑龙江大庆 163319)

摘要:用水稻苗期接种稻瘟病菌的方法,测定23个黑龙江省主栽水稻品种对黑龙江省5个水稻主要种植区的180个稻瘟病菌菌株的抗性频率和联合抗病性系数。结果表明,供试的水稻品种对供试菌株的抗性总体表现较好,具有差异,平均抗性频率为78.03%,抗性频率最低的是龙粳21,最高的是龙粳42,差距达1.75倍。通过对品种组合联合抗病性系数分析可知,23个品种组合的联合抗病性系数(pathogenicity association coefficient,简称RAC)有差异,2个品种组合RAC最高的品种是龙粳42和龙粳40,最低的是龙粳21和龙粳29。

关键词:黑龙江省;水稻品种;稻瘟病;抗性频率;联合抗病性系数;抗性评价;可利用价值评价

中图分类号: S432.2⁺1; S435.111.4⁺1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)09-0115-04

稻瘟病是水稻主要病害之一,由稻梨孢[无性态 *Pyricularia grisea* (Cooke) Sacc, 有性态 *Pyricularia oryzae* Cav] 侵染引起^[1]。据报道,全球每年因稻瘟病造成的水稻产量损失约占总产量的10%~30%,经济损失达数十亿美元。目前,防治稻瘟病的主要途径是化学防治和选育抗病品种^[2],化学防治虽直接有效,但长期使用化学农药易使病害产生抗药性,并对环境和粮食造成污染;种植抗病品种及水稻品种合理布局是防治稻瘟病最经济、有效、安全的措施,但由于稻瘟病菌生理小种复杂且变异频繁,直接导致水稻抗病品种在大面积推广种植3~5年后丧失抗病性,引起稻瘟病暴发流行^[3]。因此,鉴定水稻品种的抗瘟性,对筛选新的抗病良种、保证水稻高产、稳产具有重要意义。在过去的几十年中,国内外专家学者相继鉴定出 Moroberekan、Dourode Perecose、OS6、IR36、IR42、Milyang30、Tetep、三黄占2号、梅三五2号、谷梅2号、湘资3150等具有稻瘟病广谱或持久抗性的种质资源^[4]。朱小源等于2001—2005年对广东省154个水稻品种进行了多点田间稻瘟病自然诱发抗性鉴定,发现表现为中抗及以上的品种有75个,占48.70%^[5]。韦燕萍等从1500份普通野生稻中鉴定出38份抗稻瘟病材料,在113份药用野生稻中发现18份抗稻瘟病材料^[6]。王桂玲等于2006—2010年,对黑龙江省274份水稻品种进行稻瘟病人工接种鉴定,对穗颈瘟表现抗病的有152份水稻品种^[7]。黑龙江省是我国粳稻的主产区,2015年水稻种植面积达400万hm²,是我国重要的水稻

粮食生产基地^[8]。稻瘟病是长期威胁水稻生产的主要因素,也是影响黑龙江省水稻高产、稳产的限制性因素之一。本研究利用2014年从黑龙江省5个水稻种植区的20个县(市、区)采集分离的180个稻瘟病菌菌株,对2015年黑龙江省主栽水稻品种进行抗病性接种鉴定,以蒙古稻作为感病对照品种^[9],通过对抗性频率和联合抗病性系数(pathogenicity association coefficient,简称RAC)的研究,来明确黑龙江省主栽水稻品种的抗性,以期对黑龙江省各稻区合理利用抗病品种来防治稻瘟病提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验时间、地点

试验于2016年在黑龙江八一农垦大学生物技术中心作物抗性分子生物研究室进行。

1.2 供试水稻品种

供试品种为黑龙江省主栽的23个水稻品种,分别是绥粳4、龙庆稻3、垦稻12、五优稻4号、绥粳8、龙洋16、粘稻、龙粳29、龙粳31、龙粳42、龙粳43、稻花香2号、松粳3、松粳9、松粳15、松粳20、吉粳88、空育131、龙粳40、北稻4、龙粳21、龙洋1号、中龙粳1号,感病对照品种是蒙古稻,均由黑龙江八一农垦大学作物抗性分子生物研究室提供。

1.3 稻瘟病菌菌株

供试菌株是笔者所在实验室于2014年分离保存的180个菌株,其中包括绥化种植区24个菌株,大庆种植区67个菌株,齐齐哈尔种植区26个菌株,萝北种植区9个,哈尔滨种植区54个菌株。

1.4 供试培养基

生长培养基[马铃薯葡萄糖(PDA)培养基]配方:200g去皮马铃薯,20g葡萄糖,15g琼脂,1000mL蒸馏水,pH值自然^[10]。

产孢培养基:采用米糠培养基作为稻瘟病菌的产孢培养基^[11]。分别称取10.0g米糠,1.0g酵母浸粉,5.5g琼脂粉,放入准备好的1000mL三角瓶中,再加入500mL水,混

收稿日期:2017-02-09

基金项目:黑龙江省自然科学基金(编号:QC2011C046);黑龙江省大学生创新创业训练计划(编号:2014001);黑龙江省农垦总局科技攻关项目(编号:HNK125A-08-06、HNK135-02-02);黑龙江省教育厅项目(编号:12521376);黑龙江八一农垦大学研究生创新科研项目(编号:YJSCX2015-Y07)。

作者简介:于连鹏(1991—),男,黑龙江肇东人,硕士研究生,研究方向为植物病理学。E-mail:1443107493@qq.com。

通信作者:靳学慧,博士,教授,研究方向为植物病理学。E-mail:Jxh2686@163.com。

匀后塞上胶塞,将制备好的米糠培养基放入高压灭菌锅中,在120℃高压灭菌30 min后取出,备用。

1.5 育苗与接种

育苗营养液:采用经典的 Hoagland's 营养液,配方为945.0 mg/L 四水硝酸钙、506.0 mg/L 硝酸钾、80.0 mg/L 硝酸铵、136.0 mg/L 磷酸二氢钾、493.0 mg/L 七水硫酸镁、2.5 mL 铁盐溶液、5.0 mL 微量元素液,pH 值为6.0。其中,铁盐溶液配方:2.78 g 七水硫酸亚铁、3.73 g 乙二胺四乙酸二钠、500 mL 蒸馏水,pH 值为5.5;微量元素液配方:0.830 mg/L 碘化钾、6.200 mg/L 硼酸、22.300 mg/L 硫酸锰、8.600 mg/L 硫酸锌、0.250 mg/L 钼酸钠、0.025 mg/L 硫酸铜、0.025 mg/L 氯化钴^[12]。

育苗:采用室内水培法,选择健康饱满的水稻种子,参考陈夕军等的方法^[13],取1.25 g 50%多菌灵加入1 000 mL 水中,在此浸种48 h后捞出,然后用清水清洗后置于28℃恒温培养箱中催芽8 h。水培稻苗采用连兆煌的方法^[12],播种于固定在塑料水培盒内的定植篮中,每个定植篮播种10粒种子,自来水培养3 d后,再用营养液培养,每4 d更换1次营养液,待秧苗长至3叶1心期时进行接种。

产孢培养及孢子悬浮液的制备:采用周燕等的方法^[14],略有改进,参试菌株在PDA培养基上活化,待长出菌落后移至米糠培养基中,每个菌株移5皿,培养10 d,待菌丝长满培

养皿后,刮除气生菌丝,打开培养皿盖,平置于灭菌后的产孢培养箱内,用紫光灯照射,2 d后即可产生孢子。每个培养皿用20 mL 无菌水洗下孢子,纱布过滤,显微镜下检测,接种孢子悬浮液浓度为100倍显微镜下每个视野20~40个孢子,每个秧盘的稻瘟病菌孢子悬浮液的接种量为100 mL,放入小喷壶中,于冰浴下保存用于接种。

接种:采用张亚玲等的方法^[15],待秧苗长至3叶1心期时,向制备好的菌株孢子悬浮液中加入5 mL 明胶溶液(1 g 明胶加入10 mL 水)。摇匀后均匀地喷在叶片表面,直至叶片完全布满小水珠为止。接种后移入水培架内,于26℃持续喷水保湿48 h,以利于发病。

1.6 病情调查与评价

接种7 d后调查病情,调查标准参照表1中稻瘟病病情调查标准^[16],分级记载发病情况。试验中水稻品种对稻瘟病的抗性通过品种抗性频率和RAC来评价^[17],当某个品种抗性频率 $\geq 80\%$ 时,记为R; $80\% >$ 抗性频率 $\geq 60\%$ 时,记为MR; $60\% >$ 抗性频率 $\geq 40\%$ 时,记为MS;抗性频率 $< 40\%$ 时,记为S^[18]。1、2分别指品种1、品种2,(R1与R2)表示对品种1、品种2的致病性均强,具体评价方法参考何月秋等的方法^[19]。抗性频率=(抗性为R、MR的菌株数量/供试菌株总数) $\times 100\%$;联合抗病性系数 $I_{1,2} = [(R1 \text{ 与 } R2) \text{ 菌株数量} / \text{供试菌株总数}] \times 100\%$ 。

表1 稻瘟病病情调查标准

发病级别	受害情况	抗性水平
0	叶片上无病斑	高抗(HR)
1	病斑为针头大小的褐点	抗(R)
2	病斑为稍大褐点	抗(R)
3	圆形或椭圆形的灰色病斑,边缘褐色,病斑直径1~2 mm	抗(R)
4	典型稻瘟病斑,局限于2条叶脉之间,病斑面积不超过叶片总面积的2%	中抗(MR)
5	典型稻瘟病斑,病斑面积不超过叶片总面积的10%	中感(MS)
6	典型稻瘟病斑,病斑面积是叶片总面积的11%~25%	感(S)
7	典型稻瘟病斑,病斑面积是叶片总面积的26%~50%	感(S)
8	典型稻瘟病斑,病斑面积是叶片总叶面积的51%~75%	高感(HS)
9	全叶枯死	高感(HS)

2 结果与分析

2.1 供试品种对供试菌株的抗性频率

由表2可知,23个黑龙江省主栽水稻品种对供试菌株的抗性总体表现较好,平均抗性频率为78.03%,在参试的不同品种之间抗性频率有差异,抗性频率最低的是龙粳21,最高的是龙粳42,所有主栽品种对供试菌株的抗性频率均高于50%。其中,11个品种的综合抗性评价表现为R,占总数的47.8%,11个品种的综合抗性评价表现为MR,占总数的47.8%。龙粳42的抗性频率最高,达98.3%,其次是龙粳40、龙粳31、龙粳43,抗性频率分别为97.8%、95.0%、95.0%,这4个品种的抗性频率均大于或等于95.0%,抗性较强,综合抗性评价表现为抗病(R);而抗性频率最低的龙粳21,其抗性频率为56.2%,综合抗性评价表现为中度感病(MS)。

2.2 水稻品种对不同地区菌株的抗性分析

由表3可知,供试的水稻品种对黑龙江省绥化、大庆、齐

表2 黑龙江省主栽水稻品种对供试菌株的抗性频率分析

品种	抗性频率 (%)	综合抗性评价	品种	抗性频率 (%)	综合抗性评价
龙粳42	98.3	R	绥粳4	74.4	MR
龙粳40	97.8	R	松粳3	74.4	MR
龙粳31	95.0	R	空育131	74.4	MR
龙粳43	95.0	R	垦稻12	71.1	MR
绥粳8	89.9	R	稻花香2号	68.7	MR
北稻4	89.9	R	松粳15	64.4	MR
龙粳29	89.8	R	松粳9	63.9	MR
五优稻4号	84.2	R	中龙粳1号	63.8	MR
龙洋16	82.8	R	龙洋1号	60.7	MR
吉粳88	82.8	R	粘稻	60.6	MR
松粳20	81.1	R	龙粳21	56.2	MS
龙庆稻3	75.4	MR			

齐哈尔、萝北、哈尔滨等5个地区分离的菌株抗性表现有较大的差异,由抗性频率可知综合抗性评价分别表现为MR、MR、R、R、R。供试水稻品种对齐齐哈尔、萝北、哈尔滨等地区的

菌株抗性频率较高,分别为 89.4%、95.4%、90.4%,对绥化和大庆地区的菌株抗性频率较低,分别为 72.3%、60.5%。供试品种中绥粳 8、龙粳 31、龙粳 42、龙粳 43、龙粳 40、北稻 4 等对 5 个地区的菌株抗性均表现为抗(R)。粘稻、龙粳 21、龙洋 1 号、中龙粳 1 号、绥粳 4 等对绥化市菌株的抗性均表现为中感(MS),其余品种对绥化市菌株的抗性表现为抗(R)或中抗(MR)。垦稻 12、粘稻、松粳 9、松粳 15、龙粳 21、龙洋 1 号、中龙粳 1 号等对大庆市菌株的抗性均表现为感(S),松粳 3 对大庆市菌株的抗性表现为中感(MS),其余品种对大庆市菌株的抗性表现为抗(R)或中抗(MR)。供试的 23 个水稻品种对齐齐哈尔市、萝北县、哈尔滨市等地区的菌株的抗性表现为抗(R)或中抗(MR)。

表 3 水稻品种对不同地区分离的菌株抗性综合评价

品种	不同地区菌株的抗性评价				
	绥化市	大庆市	齐齐哈尔市	萝北县	哈尔滨市
绥粳 4	MS	MR	R	R	R
龙庆稻 3	MR	MR	R	R	R
垦稻 12	MR	S	R	R	R
五优稻 4 号	R	MR	R	R	R
绥粳 8	R	R	R	R	R
龙洋 16	MR	MR	R	R	R
粘稻	MS	S	R	R	R
龙粳 29	MR	R	R	R	R
龙粳 31	R	R	R	R	R
龙粳 42	R	R	R	R	R
龙粳 43	R	R	R	R	R
稻花香 2 号	MR	MR	MR	R	MR
松粳 3	MR	MS	R	R	R
松粳 9	MR	S	R	R	R
松粳 15	MR	S	R	R	R
松粳 20	R	MR	R	R	R
吉粳 88	MR	MR	R	R	R
空育 131	MR	MR	MR	R	R
龙粳 40	R	R	R	R	R
北稻 4	R	R	R	R	R
龙粳 21	MS	S	MR	MR	R
龙洋 1 号	MS	S	MR	R	R
中龙粳 1 号	MS	S	MR	R	R
抗性频率(%)	72.3	60.5	89.4	95.4	90.4

2.3 水稻品种联合使用抗瘟性可利用价值评价

稻瘟病的防治最经济有效的方法是合理利用抗病品种,做好品种的合理布局。为了明确品种联合种植后的抗性表现,本研究利用联合抗病性系数来评价品种组合的利用价值。由表 4 可知,RAC < 0.4 的有 1 对水稻组合,占有调查品种组合的 0.4%, $0.4 \leq RAC < 0.5$ 的有 26 对,占有调查组合的 10.3%, $0.5 \leq RAC < 0.6$ 的有 92 对,占有调查组合的 36.4%, $0.6 \leq RAC < 0.7$ 的有 65 对,占有调查组合的 25.7%, $0.7 \leq RAC < 0.8$ 的有 45 对,占有调查组合的 17.8%, $0.8 \leq RAC < 0.9$ 的有 18 对,占有调查组合的 7.1%, $RAC \geq 0.9$ 的有 6 对,占有调查组合的 2.4%。各品种之间联合抗病性系数有差异,RAC 最高为 0.96,是龙粳 42 与龙粳 40 组合,最低为 0.39,是龙粳 21 与龙粳 29 组合;龙粳 31、龙粳 40、龙粳 42 与龙粳 43 组合种植时的 RAC 均高于

0.90,其中龙粳 42 与龙粳 40 搭配种植时的 RAC 最高。龙粳 21 与绥粳 4、龙庆稻 3、垦稻 12、粘稻、龙粳 29、稻花香 2 号、松粳 3、松粳 9、松粳 15、吉粳 88、空育 131、龙洋 1 号、中龙粳 1 号等组合种植时的 RAC 均低于 0.50,其中龙粳 21 与龙粳 29 组合种植时的 RAC 最低。

3 结论与讨论

本试验的结果是在室内育苗接种下水稻品种表现出来的抗性,在接种后其环境条件有利于稻瘟病的发生,能表现出品种的真实抗性。在自然条件下稻瘟病的发病受环境影响较大,只有在有利于稻瘟病发生的条件下,品种的抗性才能真实地表现出来。本试验采用水稻室内苗期保湿接种的方法有利于稻瘟病的发生,更能明确水稻品种的真实抗性,通过对水稻品种抗性频率和联合抗病性系数的调查,筛选出抗性较强的水稻品种和品种组合,可以为有针对性地对水稻品种合理布局及区域抗稻瘟病育种提供坚实的理论基础。

本研究采用离体接种法检测 23 个水稻品种对 180 个菌株的稻瘟病抗性,在评价品种抗性方面,首先用抗性频率来评价。研究表明,参试的 23 个品种抗性频率差异较大,参试的水稻品种对稻瘟病菌菌株的抗性总体表现不高,且有差异,平均抗性频率为 78.03%,抗性频率最低的是龙粳 21,最高的是龙粳 42,差距达 1.75 倍,这与马军韬等研究的结果^[20]类似。供试品种龙粳 42、龙粳 40、龙粳 31、龙粳 43 等的抗性较强,综合表现为抗病,可以在黑龙江省推广种植,龙粳 21 等的抗性频率相对较低,综合表现为中度感病,对这些品种的推广种植应慎重。粘稻、中龙粳 1 号可以在哈尔滨、萝北、齐齐哈尔等地区种植,在绥化和大庆地区生产上要慎重使用。

通过对水稻品种联合抗病性系数的调查分析,发现大部分水稻品种组合的联合抗病性系数都高于 0.50,有 22 对水稻品种的联合抗病性系数大于 0.80,占有调查组合的 8.7%,其中有 6 对高于 0.90,27 对水稻品种低于 0.50,占有调查组合的 10.7%。龙粳 21 与龙粳 29 的联合抗病性系数最低,为 0.39,在生产上不建议推广种植,龙粳 31、龙粳 40、龙粳 42、龙粳 43 两两联合种植的联合抗病性系数都高于 0.90,建议在生产上推广种植。本研究通过 RAC 进行分析可以提供品种组合对稻瘟病菌株联合抗病性的较全面的资料,特别是在抗性亲本的选择和分析品种的抗性遗传背景相似性方面,具有实际的应用价值和理论意义。

稻瘟病是世界普遍发生的水稻病害,实践证明选育和利用抗病品种是控制稻瘟病最经济有效的方法之一^[21-24]。稻瘟病的抗性评价是选育和种植水稻品种的重要依据,本研究通过研究黑龙江省主栽的水稻品种对稻瘟病的抗性鉴定和评价,明确了黑龙江省水稻品种抗稻瘟病的现状,对水稻品种的选育和布局提供了理论依据,已达到最大限度地减轻稻瘟病的发生流行。

参考文献:

- [1] Ou S H. Rice diseases [M]. London: Commonwealth Mycological Institute, 1985.
- [2] 褚晋,何鹏飞,赵正龙,等. 3 套水稻近等基因系对两个病圃稻

表4 水稻品种组合的联合抗病性系数

品种	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22		
2	0.63																							
3	0.63	0.61																						
4	0.67	0.66	0.66																					
5	0.70	0.70	0.67	0.76																				
6	0.69	0.68	0.65	0.74	0.78																			
7	0.59	0.52	0.54	0.55	0.58	0.58																		
8	0.56	0.57	0.52	0.61	0.67	0.62	0.46																	
9	0.71	0.72	0.68	0.79	0.85	0.78	0.56	0.71																
10	0.73	0.74	0.70	0.82	0.88	0.82	0.59	0.73	0.94															
11	0.71	0.71	0.64	0.79	0.84	0.79	0.57	0.71	0.91	0.93														
12	0.53	0.53	0.52	0.58	0.64	0.62	0.43	0.54	0.64	0.67	0.66													
13	0.61	0.62	0.61	0.67	0.69	0.69	0.52	0.56	0.71	0.73	0.71	0.54												
14	0.53	0.52	0.56	0.58	0.62	0.59	0.49	0.47	0.60	0.63	0.61	0.47	0.56											
15	0.53	0.54	0.56	0.60	0.61	0.59	0.51	0.47	0.60	0.65	0.61	0.45	0.54	0.53										
16	0.64	0.65	0.63	0.71	0.76	0.73	0.56	0.59	0.77	0.80	0.77	0.59	0.66	0.57	0.58									
17	0.68	0.68	0.63	0.71	0.74	0.74	0.55	0.62	0.80	0.82	0.81	0.62	0.68	0.57	0.57	0.69								
18	0.63	0.61	0.58	0.65	0.71	0.68	0.53	0.55	0.71	0.73	0.71	0.56	0.61	0.54	0.53	0.66	0.65							
19	0.73	0.79	0.69	0.81	0.87	0.81	0.59	0.72	0.93	0.96	0.93	0.67	0.74	0.63	0.62	0.79	0.82	0.72						
20	0.67	0.71	0.64	0.76	0.81	0.76	0.53	0.66	0.85	0.87	0.85	0.63	0.69	0.59	0.58	0.75	0.76	0.69	0.88					
21	0.46	0.44	0.47	0.51	0.52	0.51	0.43	0.39	0.51	0.55	0.52	0.41	0.45	0.46	0.46	0.51	0.48	0.47	0.53	0.51				
22	0.51	0.50	0.54	0.55	0.56	0.57	0.48	0.44	0.55	0.59	0.57	0.46	0.54	0.51	0.49	0.54	0.56	0.52	0.58	0.55	0.44			
23	0.52	0.52	0.56	0.58	0.59	0.57	0.47	0.45	0.59	0.63	0.59	0.45	0.55	0.52	0.52	0.56	0.54	0.52	0.61	0.58	0.43	0.51		

注:1为绥梗4,2为龙庆稻3,3为垦稻12,4为五优稻4号,5为绥梗8,6为龙洋16,7为粘稻,8为龙梗29,9为龙梗31,10为龙梗42,11为龙梗43,12为稻花香2号,13为松梗3,14为松梗9,15为松梗15,16为松梗20,17为吉梗88,18为空育131,19为龙梗40,20为北稻4,21为龙梗21,22为龙洋1号,23为中龙梗1号;对角线左下方数据为联合抗病性系数。

瘟病菌的抗性评价[J]. 江西农业学报,2014(7):50-54.

- [3] 王伟航,于俊杰,聂亚锋,等. 2011—2014年江苏省稻瘟病菌种群动态及毒力变化[J]. 江苏农业学报,2015,31(2):285-289.
- [4] 何秀英,廖耀平,陈钊明,等. 水稻稻瘟病抗病育种研究进展与展望[J]. 广东农业科学,2011,38(1):30-33.
- [5] 朱小源,杨健源,刘景梅,等. 广东水稻品种抗稻瘟病性分析与利用策略[J]. 广东农业科学,2006(5):34-37.
- [6] 韦燕萍,黄大辉,陈英之,等. 广西野生稻资源抗稻瘟病材料的鉴定与评价[J]. 中国水稻科学,2009,23(4):433-436.
- [7] 王桂玲,宋成艳,刘乃生,等. 黑龙江省水稻区(生)试品种(系)对稻瘟病抗性评价与推广[J]. 黑龙江农业科学,2012(12):1-3.
- [8] 东北网. 今年黑龙江省粮食种植面积继续稳定在2亿亩以上[J]. 黑龙江粮食,2015(3):35-35.
- [9] 林宏博,黎志康,林世成. 水稻稻瘟病田间抗性的遗传与选种[J]. 中国水稻科学,1988,2(2):71-78.
- [10] 张亚玲,靳学慧. 不同稻瘟病菌菌株在PDA培养基上生长差异分析[J]. 中国农学通报,2005,21(10):295-298.
- [11] 兰波,李湘民,杨迎青,等. 稻瘟病菌产孢技术研究[J]. 江西农业学报,2012,24(2):74-76.
- [12] 连兆焯. 无土栽培原理与技术[M]. 北京:中国农业出版社,1994:57.
- [13] 陈夕军,卢国新,童蕴慧,等. 水稻恶苗病菌对三种浸种剂的抗性及其抗药菌株的竞争力[J]. 植物保护学报,2007,34(4):425-430.

- [14] 周燕,张亚玲,王丹,等. 黑龙江省稻瘟病菌对主栽水稻品种的致病力分析[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2015(2):23-26.
- [15] 张亚玲,王宝玉,台莲梅,等. 黑龙江省稻瘟病菌生理小种对水稻品种致病性分析[J]. 中国植保导刊,2014,34(2):22-26.
- [16] 靳学慧. 农业植物病理学[M]. 呼和浩特:内蒙古科学技术出版社,1999.
- [17] 罗宽,黄声仪,王国平,等. 稻瘟菌致病力变异初探[J]. 植物病理学报,1984,14(2):91-94.
- [18] 阮宏椿,杨秀娟,陈双龙,等. 福建省水稻新品种对稻瘟病菌的抗性鉴定与评价[J]. 福建农业学报,2006,21(4):304-307.
- [19] 何月秋,黄瑞荣,彭志平,等. 生物间遗传学在水稻品种与稻瘟病菌相互作用研究中的应用[J]. 植物病理学报,1988,18(1):17-21.
- [20] 马军韬,张国民,辛爱华,等. 黑龙江省水稻品种对稻瘟病的抗性分析及评价利用[J]. 中国农学通报,2008,24(2):332-334.
- [21] 朱凤,田子华,邵德良,等. 从2014年稻瘟病重发谈今后防控对策的改进[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):155-158.
- [22] 任义方,高苹,朱凤. 江苏省稻瘟病发生程度的气象等级预报[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):151-154,161.
- [23] 张银霞,张敏,田蕾,等. 宁夏水稻品种抗稻瘟病基因*Pi-ta*、*Pi-b*和*Pi9*的检测分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(9):35-39.
- [24] 李小娟,郭新华,肖友伦,等. 长江中下游稻区水稻区试品种稻瘟病的抗性评价[J]. 杂交水稻,2009,24(6):59-61,83.