

马军韬,张国民,辛爱华,等. 2 套鉴别品种对哈尔滨市、鸡西市稻瘟病菌的致病性分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(7):165-169.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.07.045

2 套鉴别品种对哈尔滨市、鸡西市 稻瘟病菌的致病性分析

马军韬,张国民,辛爱华,张丽艳,邓凌韦,王永力,王英,肖佳雷,任洋,宫秀杰
(黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所,黑龙江哈尔滨 150086)

摘要:为分析哈尔滨市、鸡西市稻瘟病菌的致病性情况,以 2006—2008 年采集的 143 个稻瘟病菌菌株为选择压力,以 7 个中国、12 个日本清泽鉴别品种为体系,通过幼苗喷雾接种的方式完成试验。得出以下结论:(1)在中国鉴别品种体系下,将 2006—2008 年哈尔滨市菌株分别划分为 12、9、17 个致病型,优势致病型分别为 ZE1、ZF1、ZA57;将鸡西市菌株分别划分为 6、15、10 个致病型,优势致病型分别为 ZE1、ZB17、ZF1。(2)中国鉴别品种对 2006—2008 年哈尔滨市菌株的抗性频率均值分别为 62.86%、58.33%、58.38%,最高抗性品种分别为东农 363、四丰 43、珍龙 13;对鸡西市菌株的抗性频率均值分别为 67.03%、48.87%、57.82%,最高抗性品种分别为东农 363、四丰 43、四丰 43。(3)在清泽鉴别品种体系下,将 2006—2008 年哈尔滨市菌株分别划分为 33、12、27 个致病型,优势致病型出现频率分别为 11.43%、0、20.00%;将鸡西市菌株分别划分为 21、17、19 个致病型,优势致病型出现频率分别为 38.46%、21.05%、19.05%。(4)清泽鉴别品种对 2006—2008 年哈尔滨市菌株的抗性频率均值分别为 48.57%、56.25%、58.33%,最高抗性品种均为砦 1 号;对鸡西市菌株的抗性频率均值分别为 57.37%、50.00%、63.89%,最高抗性品种分别为砦 1 号、福锦、爱知旭。(5)应用联合抗病性方式,东农 363 + 砦 1 号组合对 2006—2008 年哈尔滨市菌株的联合抗病性均最好;应用抗性聚合方式,东农 363 + 砦 1 号组合和 Pi-4 号 + 砦 1 号组合对 2006—2008 年哈尔滨市菌株的聚合后抗性频率均最高。总体分析可知,日本清泽鉴别品种对菌株的鉴定效果优于中国鉴别品种,但仍不是最佳选择。

关键词:鉴别品种;哈尔滨市;鸡西市;稻瘟病菌;致病性;抗性

中图分类号: S435.111.4⁺1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)07-0165-05

哈尔滨市、鸡西市位于黑龙江省境内,为该省水稻主产区。其中,哈尔滨市位于黑龙江省南部,水稻播种历史略长,是传统的优质稻区;鸡西市位于黑龙江省东部,水稻播种历史较短,是典型的高产稻区。但是,这 2 个稻区水稻产业的健康发展却经常受到稻瘟病的威胁,平常年份减产 5.00% 左右,发病偏重年份产量损失在 10.00% 以上^[1~2]。应用水稻品种自身抗性进行合理布局或针对性选育高抗品种可以相对高效、生态地解决稻瘟病危害问题,但是前提条件之一是明确目标地域稻瘟病菌致病性、致病力的相关信息。

关于黑龙江省稻瘟病菌致病性分化的研究相对较多,主要包括 2 个方面。(1)中国鉴别品种体系。李桦等将 1978—1982 年采自黑龙江省的 470 个稻瘟病菌菌株划分为 7 群 15 个致病型,确定了 ZE、ZE1 优势菌群、优势致病型地位^[3];吕军等将 2004 年采自黑龙江省的 39 个稻瘟病菌菌株划分为 6 群 11 个致病型,确定了 ZC、ZC1 的优势菌群、优势致病型地

位^[4];宋成艳等将 2001—2006 年采自黑龙江省的 189 个稻瘟病菌菌株划分为 6 群 10 个致病型,确定了 ZA、ZA49 的优势菌群、优势致病型地位^[5];此外,张亚玲等也进行过类似研究^[6~8]。(2)日本鉴别体系。商士吉等将 1996 年采自黑龙江省的 110 个稻瘟病菌菌株划分为 77 个致病型,确定了 Pi-z¹ 为当时的高利用价值基因^[9];马军韬等将 2006 年采自黑龙江省的 178 个稻瘟病菌菌株划分为 104 个致病型,确定了 77.7 号、677.7 号的优势致病型、强毒力致病型地位^[10];王延锋等将 2008—2010 年采自黑龙江省的 139 个稻瘟病菌菌株划分为 58 个致病型,确定了 27 号、127.2 号的优势致病型地位^[11]。上述研究分别在不同时期对稻瘟病的防控起到一定的推动作用。

本研究在总结前人研究的基础上,以时间、空间为跨度,综合应用中、日 2 套鉴别体系,分析哈尔滨市、鸡西市 2 个典型稻区病菌致病性的具体情况及年际间变异趋势,同时完成鉴别体系间的对比分析,以期在当地稻瘟病的生态防控提供基础信息,并为预测预报、品种抗性综合利用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试水稻品种:中国鉴别品种,共 7 个,分别为特特普、珍龙 13、四丰 43、东农 363、关东 51、合江 18、丽江新团黑谷;清泽鉴别品种,共 12 个,分别为新 2 号、爱知旭、藤坂 5 号、草笛、梅雨明、福锦、K1、Pi-4 号、砦 1 号、K60、BL1、K59。以上

收稿日期:2015-06-12

基金项目:黑龙江省自然科学基金重点项目(编号:ZJN0703-01);

黑龙江省杰出青年科学基金(编号:JC201214)。

作者简介:马军韬(1979—),男,吉林东丰人,硕士,助理研究员,主要从事稻瘟病及抗瘟育种研究。Tel: (0451) 86660987; E-mail: mmmjjttt@sina.com。

通信作者:张国民,硕士,研究员,主要从事稻瘟病及抗瘟育种研究。

Tel: (0451) 86660987; E-mail: zgm_2290@163.com。

品种均由黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所提供。

供试稻瘟病菌菌株:共 143 株,分别于 2006—2008 年采集自黑龙江省哈尔滨市、鸡西市。其中,哈尔滨市 77 株,具体为 2006 年 35 株,2007 年 12 株,2008 年 30 株;鸡西市 66 株,具体为 2006 年 26 株,2007 年 19 株,2008 年 21 株。以上菌株均由黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所保存。

1.2 试验方法

供试稻瘟病菌株的分离、扩繁、产孢等参照周江鸿等方法^[12]。稻瘟病菌菌株的致病性分析及鉴别品种的抗稻瘟病分析通过幼苗 3 叶 1 心喷雾接种方式完成试验。幼苗以草炭土/黑土为基质,育秧盘育苗,个体保苗 15 株,3 次重复。待幼苗长至 3 叶 1 心时,搬入人工气候室完成喷雾接种,孢子悬浮液浓度为 5×10^5 个/mL,剂量为每盘 100 mL。然后在 26 ℃、相对湿度 100% 条件下暗培养 30 h,光照培养 96 ~ 144 h,发病完全后,按 Mackill 等设定标准^[13] 进行调查。统计分析时,将 0~3 级归为抗病反应型,4~5 级归为感病反应型。

鉴别品种抗性优劣用抗性频率高低表示,计算公式为:

抗性频率 = 抵抗菌株数 / 总菌株数 × 100%。

接种后各重复间如果抗、感反应型不一致,按感病反应型统计。

水稻品种搭配种植后抗性的优劣用联合抗病性方式^[14-15] 分析,包括联合抗病性系数、联合致病性系数 2 个评价指标,以联合抗病性系数最大的同时联合致病性系数最小为最佳搭配原则,相应计算公式:

联合抗病性系数 = 组合中共同非致病菌株数 / 总菌株数;

联合致病性系数 = 组合中共同致病菌株数 / 总菌株数。

水稻品种杂交组配后抗性聚合效果的优劣用聚合后抗性

频率高低表示,相应计算公式:

聚合后抗性频率 = (总菌株数 - 聚合后共同致病菌株数) / 总菌株数 × 100%。

1.3 数据统计与计算

应用 Excel 2010 进行数据统计与计算。

2 结果与分析

2.1 以中国鉴别品种为体系的稻瘟病菌致病性分析

应用 7 个中国鉴别品种对供试稻瘟病菌菌株进行致病性分析,表 1 结果显示:2006 年,哈尔滨市菌株被划分为 5 群 12 个致病型,ZE 群为优势菌群,出现频率为 46.72%,ZE1 为优势致病型,出现频率为 35.29%,ZA25、ZA41 为强毒力致病型;鸡西市菌株被划分为 5 群 6 个致病型,ZE 群为优势菌群,出现频率为 61.54%,ZE1 为优势致病型,出现频率为 42.31%,强毒力致病型分化不明显。2007 年,哈尔滨市菌株被划分为 5 群 9 个致病型,ZA 群为优势菌群,出现频率为 41.67%,ZF1 为优势致病型,出现频率为 25.00%,ZA1 为强毒力致病型;鸡西市菌株被划分为 6 群 15 个致病型,ZA 群为优势菌群,出现频率为 42.11%,ZB17 既为优势致病型又为强毒力致病型,出现频率为 15.79%。2008 年,哈尔滨市菌株被划分为 7 群 17 个致病型,ZA 群为优势菌群,出现频率为 46.67%,ZA57 为优势致病型,出现频率为 16.67%,ZA17、ZA33 为强毒力致病型;鸡西市菌株被划分为 5 群 10 个致病型,ZA 群为优势菌群,出现频率为 47.62%,ZF1、ZG1 为优势致病型,出现频率均为 19.05%,ZA17 为强毒力致病型(菌株致病率数据未列出)。

表 1 中国鉴别品种对供试菌株的致病型分类

菌株来源	致病型及出现频率(%)
哈尔滨市,2006 年	ZA25(2.86)、ZA41(2.86)、ZA57(5.71)、ZA59(2.86)、ZA61(2.86)、ZB25(2.86)、ZB27(2.86)、ZB29(2.86)、ZE1(35.29)、ZE3(11.43)、ZF1(8.57)、ZG1(20.00)
哈尔滨市,2007 年	ZA1(8.33)、ZA25(8.33)、ZA33(8.33)、ZA61(8.33)、ZA64(8.33)、ZD7(8.33)、ZE1(8.33)、ZF1(25.00)、ZG1(16.67)
哈尔滨市,2008 年	ZA13(3.33)、ZA17(3.33)、ZA21(3.33)、ZA25(3.33)、ZA33(3.33)、ZA49(3.33)、ZA53(3.33)、ZA57(16.67)、ZA61(6.67)、ZB25(3.33)、ZC15(6.67)、ZD1(3.33)、ZD7(3.33)、ZE1(10.00)、ZE3(6.67)、ZF1(10.00)、ZG1(10.00)
鸡西市,2006 年	ZA59(3.85)、ZB27(3.85)、ZE1(42.31)、ZE3(19.23)、ZF1(11.54)、ZG1(19.23)
鸡西市,2007 年	ZA29(5.26)、ZA41(5.26)、ZA49(5.26)、ZA53(5.26)、ZA57(5.26)、ZA59(5.26)、ZA61(10.53)、ZB1(5.26)、ZB17(15.79)、ZD5(5.26)、ZD7(5.26)、ZE1(10.53)、ZE3(5.26)、ZF1(5.26)、ZG1(5.26)
鸡西市,2008 年	ZA17(9.52)、ZA29(4.76)、ZA53(9.52)、ZA57(14.29)、ZA61(9.52)、ZD3(4.76)、ZE1(4.76)、ZE3(4.76)、ZF1(19.05)、ZG1(19.05)

2.2 中国鉴别品种的抗稻瘟病分析

由表 2 可知,2006 年,各品种对哈尔滨市菌株的抗性频率介于 0.00~100.00% 之间,抗性频率均值为 62.86%,以东农 363 抗性最好;各品种对鸡西市菌株的抗性频率介于 0.00~100.00% 之间,抗性频率均值为 67.03%,东农 363、四丰 43 的抗性最好。2007 年,各品种对哈尔滨市菌株的抗性频率介于 0.00~83.33% 之间,抗性频率均值为 58.33%,四丰 43、珍龙 13 的抗性最好;各品种对鸡西市菌株的抗性频率介于 0.00~89.47% 之间,抗性频率均值为 48.87%,四丰 43 的抗性最好。2008 年,各品种对哈尔滨市菌株的抗性频率介于 0.00~83.33% 之间,抗性频率均值为 58.38%,四丰 43、珍龙 13 的抗性最好;各品种对鸡西市菌株的抗性频率介于

0.00~100.00% 之间,抗性频率均值为 57.82%,四丰 43 的抗性最好。此外,2006—2008 年,丽江新团黑谷对来自 2 个区域的菌株都不具有抗性,特特普抗性下滑最严重,该品种对哈尔滨市菌株、鸡西市菌株的抗性频率分别下降了 29.53、43.77 百分点。

2.3 以日本清泽鉴别品种为体系的稻瘟病菌菌株致病性分析

应用 12 个日本清泽鉴别品种对供试稻瘟病菌菌株进行致病性分析,表 3 结果显示:2006 年,哈尔滨市菌株被划分为 33 个致病型,17.1、57.7 号致病型出现频率略高,均为 5.71%,构成优势菌群,总出现频率为 11.43%,277.7、357.7、377.5 号为强毒力致病型;鸡西市菌株被划分为 21 个致病型,15.5、17.1、17.4、33.1、33.5 号致病型出现频率略高,均为 7.69%,

表 2 中国鉴别品种对供试菌株的抗性频率分析

中国鉴别品种	哈尔滨市菌抗性频率(%)			鸡西市菌抗性频率(%)		
	2006 年	2007 年	2008 年	2006 年	2007 年	2008 年
特特普	82.86	58.33	53.33	96.15	57.89	52.38
珍龙 13	88.57	83.33	83.33	96.15	73.68	85.71
四丰 43	97.14	83.33	83.33	100.00	89.47	100.00
东农 363	100.00	75.00	76.67	100.00	57.89	76.19
关东 51	34.29	66.67	46.67	30.77	42.11	61.90
合江 18	37.14	41.67	23.33	46.15	21.05	28.57
丽江新团黑谷	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表 3 日本清泽鉴别品种对供试菌株的致病型分类

菌株来源	致病型名称
哈尔滨市,2006 年	17.1,57.7,0,1.4,3.5,10.4,11,12.7,23.4,33.5,36.4,37.1,37.5,43.7,47.7,53.7,55.3,57,57.1,62.4,71.5,77.4,77.7,137.5,157.3,176.1,237.1,237.7,277.7,327.1,357.7,377.5,567.4
哈尔滨市,2007 年	0,0.6,1.4,3,10.4,31.5,236.7,245.6,275.7,335.7,377.7,213.7
哈尔滨市,2008 年	14,200.6,277.7,0.2,0.3,21.2,34.3,45.1,50,53.4,74.1,75.6,105.1,210,212.6,214.6,230.3,232.7,277.3,310,335.7,336.4,337.6,351.7,377,405,506.2
鸡西市,2006 年	15.5,17.1,17.4,33.1,33.5,2.1,2.5,3.5,7.7,10.4,11,11.4,15.4,17.5,23.1,25.3,37.1,57.5,77.7,177.3,237
鸡西市,2007 年	0,737.5,41,76.7,10.3,132.3,133.3,140.4,215.6,233.7,235.1,310.6,375.3,634.1,710.1,757.3,771.5
鸡西市,2008 年	10,145.3,1,1.4,16,41.6,75.1,105.2,110,145.2,310.1,337.7,414.1,434,501,501.1,515.5,714.3,714.7

2.4 日本清泽鉴别品种的抗稻瘟病分析

由表 4 可知,2006 年各品种对哈尔滨市菌株的抗性频率介于 17.14%~97.14% 之间,抗性频率均值为 48.57%,砦 1 号的抗性最好;各品种对鸡西市菌株的抗性频率介于 7.69%~100.00% 之间,抗性频率均值为 57.37%,砦 1 号的抗性最好。2007 年,各品种对哈尔滨市菌株的抗性频率介于 16.67%~100.00% 之间,抗性频率均值为 56.25%,砦 1 号的抗性最好;各品种对鸡西市菌株的抗性频率介于 21.05%~68.42% 之间,抗性频率均值为 50.00%,砦 1 号、福锦的抗性最好。2008 年,各品种对哈尔滨市菌株的抗性频率介于 30.00%~93.33% 之间,抗性频率均值为 58.33%,砦 1 号的抗性最好;各品种对鸡西市菌株的抗性频率介于 42.86%~90.48% 之间,抗性频率均值为 63.89%,爱知旭的抗性最好。此外,2006—2008 年,爱知旭抗性上升很快,其对哈尔滨市菌株、鸡西市菌株的抗性频率分别上升了 52.86、63.56 百分点。

表 4 日本清泽鉴别品种对供试菌株的抗性频率分析

清泽鉴别品种	哈尔滨市菌抗性频率(%)			鸡西市菌抗性频率(%)		
	2006 年	2007 年	2008 年	2006 年	2007 年	2008 年
新 2 号	17.14	33.33	60.00	7.69	47.37	47.62
爱知旭	17.14	66.67	70.00	26.92	63.16	90.48
藤板 5 号	34.29	58.33	46.67	38.46	57.89	47.62
草笛	25.71	41.67	30.00	19.23	21.05	42.86
梅雨明	51.43	58.33	56.67	65.38	47.37	85.71
福锦	48.57	75.00	66.67	88.46	68.42	76.19
K1	80.00	83.33	73.33	96.15	47.37	42.86
Pi-4 号	82.86	50.00	46.67	92.31	42.11	80.95
砦 1 号	97.14	100.00	93.33	100.00	68.42	66.67
K60	28.57	50.00	60.00	26.92	31.58	52.38
BL1	65.71	41.67	40.00	84.62	52.63	61.90
K59	34.29	16.67	56.67	42.31	52.63	71.43

2.5 部分水稻品种的综合抗性分析

结合水稻品种的抗性情况、年际间稳定情况及血缘情况,

构成优势菌群,总出现频率为 38.46%,77.7、177.3 号为强毒力致病型。2007 年,哈尔滨市菌株被划分为 12 个致病型,无优势菌群,377.7 号为强毒力致病型;鸡西市菌株被划分为 17 个致病型,0、737.5 号致病型出现频率略高,均为 10.53%,构成优势菌群,总出现频率为 21.05%,737.5、757.3 号为强毒力致病型。2008 年,哈尔滨市菌株被划分为 27 个致病型,14、200.6、277.7 号致病型出现频率略高,均为 6.67%,构成优势菌群,总出现频率为 20.00%,277.7 号为强毒力致病型;鸡西市菌株被划分为 19 个致病型,10、145.3 号致病型出现频率略高,均为 9.52%,构成优势菌群,总出现频率为 19.05%,337.7 号为强毒力致病型。

从 18 个水稻品种中选取东农 363、爱知旭、福锦、K1、Pi-4 号、砦 1 号共 6 个品种对哈尔滨市菌株的综合抗性进行分析,从 18 个水稻品种中选取东农 363、爱知旭、梅雨明、福锦、Pi-4 号、砦 1 号共 6 个品种对鸡西市菌株的综合抗性进行分析。结果显示:应用联合抗病性方式,2 个品种搭配后,对 2006—2008 年哈尔滨市菌株的联合抗病性系数均值分别为 0.50、0.60、0.51,联合致病性系数均值分别为 0.08、0.09、0.09(表 5)。其中,东农 363+砦 1 号组合对 3 年菌株的联合抗病性均最好,可以广泛利用。2 个品种搭配后,对 2006—2008 年鸡西市菌株的联合抗病性系数均值分别为 0.61、0.35、0.63,

表 5 水稻品种对 2006—2008 年哈尔滨市菌株的联合抗病、致病结果

品种	东农 363	爱知旭	福锦	K1	Pi-4 号	砦 1 号
东农 363		0.17	0.49	0.80	0.83	0.92
		0.50	0.67	0.67	0.42	0.75
		0.53	0.50	0.60	0.40	0.70
爱知旭	0		0.11	0.17	0.17	0.17
	0.08		0.50	0.58	0.42	0.67
	0.10		0.50	0.53	0.40	0.67
福锦	0	0.44		0.43	0.40	0.49
	0.17	0.08		0.67	0.50	0.75
	0.07	0.13		0.47	0.30	0.60
K1	0	0.20	0.11		0.71	0.80
	0.08	0.08	0.08		0.50	0.83
	0.10	0.10	0.07		0.40	0.70
Pi-4 号	0	0.17	0.09	0.09		0.80
	0.17	0.17	0.25	0.17		0.50
	0.17	0.23	0.17	0.20		0.40
砦 1 号	0	0.03	0.03	0.03	0	
	0	0	0	0	0	
	0	0.03	0	0.03	0	

注:表中竖排的 3 行数字分别代表各品种对 2006—2008 年哈尔滨市菌株的试验结果。左下角为联合致病性系数,右上角为联合抗病性系数。表 6 同。

联合致病性系数均值分别为 0.04、0.19、0.05(表 6)。其中对 2006 年菌株联合抗病性最好的是东农 363 + 砦 1 号组合,对 2007、2008 年菌株无最佳组合,相对较好的分别是福锦 + 砦 1 号组合、爱知旭 + 梅雨明组合,整体变化较大。

表 6 水稻品种对 2006—2008 年鸡西市菌株的联合抗病、致病结果

品种	东农 363	爱知旭	梅雨明	福锦	Pi-4 号	砦 1 号
东农 363		0.23	0.65	0.88	0.92	1.00
		0.42	0.21	0.42	0.16	0.32
		0.71	0.67	0.57	0.71	0.52
爱知旭	0		0.23	0.27	0.27	0.27
	0.21		0.42	0.42	0.26	0.47
	0.05		0.81	0.67	0.76	0.57
梅雨明	0	0.35		0.58	0.58	0.62
	0.16	0.32		0.32	0.26	0.37
	0.05	0.05		0.67	0.71	0.57
福锦	0	0.08	0.08		0.81	0.88
	0.16	0.11	0.16		0.26	0.47
	0.05	0	0.05		0.57	0.43
Pi-4 号	0	0.04	0	0		0.92
	0.16	0.21	0.37	0.16		0.42
	0.14	0.05	0.05	0		0.57
砦 1 号	0	0	0	0	0	
	0.05	0.16	0.21	0.11	0.32	
	0.10	0	0.05	0	0.10	

应用抗性聚合方式,对品种杂交组合后可能获得的聚合后抗性进行分析,针对 2006—2008 年哈尔滨市菌株,各水稻组合的聚合后抗性频率均值分别为 92.11%、91.11%、90.22%,抗性提升效果明显且波动较小(表 7)。其中东农 363 + 砦 1 号组合、Pi-4 号 + 砦 1 号组合的聚合后抗性频率均最高,为 100.00%,抗性稳定,可以广泛应用。针对 2006—2008 年鸡西市菌株,各水稻组合的聚合后抗性频率均值分别为 96.41%、81.05%、95.24%,抗性提升效果明显但波动偏大(表 8)。其中,聚合后抗性频率最高的组合分别有 11、1、4 个,差异较大,整体抗性较好且波动较小的是福锦 + 砦 1 号组合,可以有限度地应用。

3 讨论

本试验选用的稻瘟病菌株数较多,年际间有一定跨度,可以相对较好地反映黑龙江省哈尔滨市、鸡西市稻瘟病菌致病性、致病型、致病力的变化情况。但是由于供试菌株数量在年际间、地域间不够均衡,可能会对试验结果造成一定影响。

在以中国鉴别品种为体系的前提下,供试菌株的致病性分化可能具有一定的规律性。2006—2008 年,每个致病型平均含有的菌株数呈先减少后增加趋势,优势菌群的出现频率呈先下降后上升趋势,且差值为鸡西市菌株大于哈尔滨市菌株,从侧面说明供试菌株的致病性分化可能呈先上升后下降

表 7 水稻品种组合对哈尔滨菌株的聚合后抗性频率分析

水稻品种组合	聚合后抗性频率(%)			水稻品种组合	聚合后抗性频率(%)		
	2006 年	2007 年	2008 年		2006 年	2007 年	2008 年
东农 363 + 爱知旭	100.00	91.67	90.00	爱知旭 + 砦 1 号	97.14	100.00	96.67
东农 363 + 福锦	100.00	83.33	93.33	福锦 + K1	88.57	91.67	93.33
东农 363 + K1	100.00	91.67	90.00	福锦 + Pi-4 号	91.43	75.00	83.33
东农 363 + Pi-4 号	100.00	83.33	83.33	福锦 + 砦 1 号	97.14	100.00	100.00
东农 363 + 砦 1 号	100.00	100.00	100.00	K1 + Pi-4 号	91.43	83.33	80.00
爱知旭 + 福锦	55.88	91.67	86.67	K1 + 砦 1 号	97.14	100.00	90.00
爱知旭 + K1	80.00	91.67	90.00	Pi-4 号 + 砦 1 号	100.00	100.00	100.00
爱知旭 + Pi-4 号	82.86	83.33	76.67				

表 8 水稻品种组合对鸡西市菌株的聚合后抗性频率分析

水稻品种组合	聚合后抗性频率(%)			水稻品种组合	聚合后抗性频率(%)		
	2006 年	2007 年	2008 年		2006 年	2007 年	2008 年
东农 363 + 爱知旭	100.00	78.95	95.24	爱知旭 + 砦 1 号	100.00	84.21	100.00
东农 363 + 梅雨明	100.00	84.21	95.24	梅雨明 + 福锦	92.31	84.21	95.24
东农 363 + 福锦	100.00	84.21	95.24	梅雨明 + Pi-4 号	100.00	63.16	95.24
东农 363 + Pi-4 号	100.00	84.21	85.71	梅雨明 + 砦 1 号	100.00	78.95	95.24
东农 363 + 砦 1 号	100.00	94.74	90.48	福锦 + Pi-4 号	100.00	84.21	100.00
爱知旭 + 梅雨明	65.38	68.42	95.24	福锦 + 砦 1 号	100.00	89.47	100.00
爱知旭 + 福锦	92.31	89.47	100.00	Pi-4 号 + 砦 1 号	100.00	68.42	90.48
爱知旭 + Pi-4 号	96.15	78.95	95.24				

趋势,鸡西市菌株致病性分化更加显著。从供试菌株的致病力情况分析(根据抗性结果)可知,2006—2008 年,哈尔滨市菌株的平均致病率分别为 37.14%、41.67%、47.62%,总体致病力呈逐年上升趋势;鸡西市菌株的平均致病率分别为 32.97%、51.13%、42.18%,总体致病力呈先上升后下降趋势,哈尔滨市菌株致病力总体略强。此外,从菌株的致病型结构分析,2006 年供试菌株以粳型致病型为主,2007、2008 年供试菌株以籼型致病型为主,这主要是因为菌株对籼稻品种特

特普的侵染性迅速增强造成的。

从中国鉴别品种的抗性角度分析可知,7 个供试品种的抗性在地区间、年际间呈波动状态,优质抗源主要集中在四丰 43、珍龙 13、东农 363 这 3 个品种,其抗性的稳定性在哈尔滨市要优于鸡西市,这主要是由菌株致病性变化引起的连锁反应。其中,东农 363 由于抗性在鸡西市波动过大,在该区域应用须谨慎。从抗源品种的可操作性角度分析可知,四丰 43、珍龙 13 都为籼稻品种,在以粳稻种植为绝对主体的黑龙江稻

区直接应用困难,只能通过抗性杂交的手段间接利用,但粳籼杂交后代种质遗传背景转化困难,选择周期偏长,应用须谨慎。

在以日本清泽鉴别品种为体系的前提下,供试菌株的致病性分化相对复杂。2006—2008 年,哈尔滨市病菌致病型平均含有的菌株数呈先减少后增加趋势,优势菌群的出现频率呈先下降后上升趋势,从侧面说明该区域供试菌株的致病性分化可能呈先上升后下降趋势;鸡西市病菌致病型平均含有的菌株数呈逐年下降趋势,优势菌群的出现频率呈逐年下降趋势,从侧面说明该区域供试菌株的致病性分化可能呈逐年上升趋势。从供试菌株的致病力情况分析可知,2006—2008 年,哈尔滨市菌株的平均致病率分别为 51.43%、43.75%、41.67%,总致病力呈逐年下降趋势;鸡西市菌株的平均致病率分别为 42.63%、50.00%、36.11%,总体致病力呈先上升后下降趋势,哈尔滨市菌株致病力总体略强。此外,从菌株的致病型结构分析可知,致病型分化复杂,在地区间、年际间重复率很低。

从日本清泽鉴别品种的抗性角度分析可知,12 个供试品种的抗性在地区间、年际间呈 4 种波动类型。以哈尔滨市菌株为选择压力,新 2 号、爱知旭、K60 的抗性呈逐年上升趋势;Pi-4 号、BL1 的抗性呈逐年下降的趋势;藤坂 5 号、草笛、梅雨明、福锦、K1、砦 1 号的抗性呈先上升后下降的趋势;K59 的抗性呈先下降后上升的趋势。其中,品种抗性先上升后下降趋势占主导。从抗性波动幅度分析可知,Pi-4 号抗性频率降幅最大,爱知旭抗性频率升幅最大,需要关注。整体评价本研究,砦 1 号、K1 抗性偏高,稳定性略好,可以作为优质抗源加以利用,以鸡西市菌株为选择压力,新 2 号、爱知旭、草笛、K60、K59 抗性呈逐年上升趋势;K1、砦 1 号抗性呈逐年下降趋势;藤坂 5 号抗性呈先上升后下降趋势;梅雨明、福锦、Pi-4 号、BL1 抗性呈先下降后上升趋势。其中,品种抗性逐年上升趋势占主导。从抗性波动幅度分析可知,K1 抗性频率降幅最大,为 53.29 百分点;爱知旭抗性频率升幅最大,为 63.56 百分点,需要关注。整体评价本研究,砦 1 号、福锦、Pi-4 号抗性偏高,但稳定性都较差,应用须谨慎。此外,本结论与前人研究相比,具有一定的相似性,商士吉等均认为砦 1 号是黑龙江省的优质抗源^[9,11]。

从水稻品种的综合抗性角度分析可知,鉴于黑龙江省的生产现实,选取的品种均具有粳稻遗传背景。从品种搭配后的联合抗病性效果分析可知,联合抗病性系数均值均低于 0.80,说明其共同抗病性偏差;联合致病性系数均值均低于 0.20,说明其共同致病风险也偏低,这一结果优于袁洁等研究结果^[14],差于马辉刚等研究结果^[15],总体应用须谨慎。但是,东农 363 + 砦 1 号组合的联合抗病性很好,年际间波动也很小,可以在哈尔滨地区广泛应用。从品种抗性聚合的效果分析可知,针对哈尔滨市菌株,抗性最好的水稻组合在年际间波动很小,可以广泛应用;针对鸡西市菌株,不存在此类组合,再次说明鸡西市菌株的致病性分化可能更加显著。

由于选定鉴别品种的不同,稻瘟病菌致病性分化及致病力波动的趋势明显不同,优势致病型、强毒力致病型的菌株构成也明显不同,因此,所谓病菌致病性、致病型或致病力变化都是在一定前提下获得的结论,不可通用。此外,中国鉴别品种由于粳稻遗传背景的存在,不太符合黑龙江省的现实生产

需要,应用价值较小。日本清泽鉴别品种全部为粳稻遗传背景,其后代血缘种质在黑龙江省分布广泛,对病菌致病型的划分相对细致,应用价值较大。从各鉴别品种含有抗瘟基因角度分析可知,7 个鉴别品种中仅东农 363、关东 51、合江 18 含有基因类型已知,关东 51 含有 1 个抗瘟基因($Pi-k$);12 个日本清泽鉴别品种中含有的抗瘟基因类型全部已知,但仅 K1 含有 1 个抗瘟基因($Pi-ta$)。在以抗瘟基因为基础的水稻抗性综合利用方面,日本清泽鉴别品种具有较强优势。综合评价可知,日本清泽鉴别品种对供试菌株的鉴定效果明显优于中国鉴别品种,但是由于携带单个抗瘟基因的品种数量太少,基因量化分析困难,也不是黑龙江省相关研究的首选。黑龙江省病菌致病性鉴定的理想体系应该是由一系列粳稻背景的、代表性强的单基因系水稻品种组成的综合系统^[16-17],需要在后续试验中加以弥补。

参考文献:

- [1] 宋成艳. 黑龙江省水稻新品种(系)抗稻瘟病性鉴定及利用[J]. 植物保护, 2011, 37(4): 142-145.
- [2] 支庚银, 张国民, 雷材林, 等. 黑龙江省 2007 年水稻稻瘟病生产调研及建议[J]. 黑龙江农业科学, 2010(4): 68-70.
- [3] 李桦, 郑镐燮. 黑龙江省稻瘟病菌生理小种消长动态研究[J]. 植物保护, 1989, 15(5): 2-4.
- [4] 吕军, 靳学慧, 张亚玲, 等. 2004 年黑龙江省部分稻区稻瘟病生理小种的测定[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2007, 19(1): 14-17.
- [5] 宋成艳, 王桂玲, 辛爱华, 等. 黑龙江省稻瘟病菌生理小种监测研究[J]. 黑龙江农业科学, 2007, 7(4): 48-50.
- [6] 张亚玲, 靳学慧. 2002 年黑龙江省部分稻区稻瘟病菌生理小种鉴定[J]. 植物保护, 2006, 32(2): 31-34.
- [7] 肖佳雷, 张国民, 辛爱华, 等. 黑龙江省 2006 年水稻主产区稻瘟病生理小种动态分析[J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(3): 12-15.
- [8] 孙洪利, 潘春清, 刘洋大川, 等. 2008~2009 年黑龙江省稻瘟病菌生理小种鉴定[J]. 东北农业大学学报, 2010, 41(12): 15-21.
- [9] 商士吉, 李明贤, 朴明浩, 等. 黑龙江省稻瘟病菌生理小种的鉴定[J]. 植物保护, 1996, 22(4): 11-14.
- [10] 马军韬, 张国民, 辛爱华, 等. 黑龙江省稻瘟病菌生理小种鉴定与分析[J]. 植物保护, 2010, 36(3): 97-99, 102.
- [11] 王延锋, 时新瑞, 梁嘉陵, 等. 黑龙江省稻瘟病菌生理小种的鉴定[J]. 黑龙江农业科学, 2011(3): 15-17.
- [12] 周江鸿, 王久林, 蒋婉如, 等. 我国稻瘟病菌毒力基因的组成及其地理分布[J]. 作物学报, 2003, 29(5): 646-651.
- [13] Mackill D J, Bonman J M. Inheritance of blast resistance in near-isogenic lines of rice[J]. Phytopathology, 1992, 82(7): 746-749.
- [14] 袁洁, 杨学辉, 何海永. 部分水稻品种对稻瘟病群体的抗病性分析[J]. 种子, 2006, 25(8): 13-16.
- [15] 马辉刚, 曹九龙, 胡水秀, 等. 水稻品种对稻瘟病的抗性分析和利用评价[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(2): 213-216.
- [16] Liu X, Yang Q, Lin F, et al. Identification and fine mapping of $Pi39(t)$, a major gene conferring the broad-spectrum resistance to *Magnaporthe oryzae* [J]. Molecular Genetics and Genomics, 2007, 278(4): 403-410.
- [17] Zhu X, Chen S, Yang J, et al. The identification of $Pi50(t)$, a new member of the rice blast resistance $Pi2/Pi9$ multigene family[J]. Theoretical and Applied Genetics, 2012, 124(7): 1295-1304.