

齐中强,于俊杰,张荣胜,等. 江苏省 2016—2020 年水稻新品种(系)和主栽品种对稻瘟病的抗病性评价[J]. 江苏农业科学,2022,50(1):91-96.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.01.017

江苏省 2016—2020 年水稻新品种(系) 和主栽品种对稻瘟病的抗病性评价

齐中强,于俊杰,张荣胜,俞咪娜,杜艳,曹慧娟,宋天巧,潘夏艳,梁栋,刘永锋

(江苏省农业科学院植物保护研究所,江苏南京 210014)

摘要:为鉴定和评价江苏省水稻品种对稻瘟病的抗性,对 2016—2020 年的 2 120 份江苏省水稻新品种(系)和 770 份主栽品种进行稻瘟病抗性鉴定分析。按照江苏省稻瘟病抗性鉴定标准,通过苗瘟、叶瘟、穗颈瘟和综合指数等统计方法,采用人工接种和田间自然诱发进行抗性评价分析。抗性综合指数评价分析表明,各年度新品种(系)集中在 3 级和 5 级,两者一共达到 76.73% 以上,年度间抗性趋势与穗损失指数类似。同时,抗病率分析发现苗瘟抗病率均高于穗颈瘟抗病率(除 2019 年粳稻抗病率);不同类型品种(系)对稻瘟病的抗性存在明显差异,杂交中粳中抗以上品种比例最高,达到 52.69%,杂交粳稻次之,达到 51.39%,常规粳稻早熟晚粳、迟熟中粳和中熟中粳中抗以上品种比例为 33.63%、31.16% 和 25.71%。另外,主栽品种抗性分析发现杂交稻抗性水平明显高于粳稻,且主栽品种的抗性均弱于试验品种。综上所述,2016 年水稻新品种(系)抗性总体偏弱,2017—2020 年品种(系)抗性逐渐变好,但抗性降低的风险仍然较大;水稻品种(系)对穗颈瘟抗性整体弱于苗瘟;不同类型品种(系)对稻瘟病的抗性存在明显差异,杂交中粳抗性总体最好,常规粳稻抗性较弱,主栽品种抗性弱于试验品种。

关键词:稻瘟病;抗性鉴定;新品种(系);主栽品种;人工接种;自然诱发

中图分类号:S435.111.4⁺1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)01-0091-06

由稻瘟病菌(*Magnaporthe oryzae*)引起的稻瘟病是水稻生产上最重要的病害之一,在全世界稻区均有发生^[1-2]。江苏省属于南北气候过渡带,是稻瘟病高发地区,常年防治面积超过 200 万 hm²,严重威胁江苏省水稻安全生产。利用水稻品种的抗性控制稻瘟病的发生和危害是最经济有效的防治措施^[3-5]。不同水稻品种对稻瘟病的抗性差异明显,因此鉴定和评价江苏省水稻新品种(系)对稻瘟病的抗性,对全省水稻抗病育种及综合防控具有重要的指导意义。本研究拟对 2016—2020 年江苏省区(预)试品种(系)和主栽品种对稻瘟病进行抗性鉴定,明确其抗感情况,为稻瘟病的综合防控提供

参考。

1 材料与方法

1.1 品种

参试水稻新品种(系)共 2 120 份,其类型及年度间分布见表 1,2016 年 1 个、2017 年 2 个、2019 年 1 个杂交中粳未孕穗,不做统计;主栽品种共计 770 份(来自江苏省种子站安全性测试品种),其类型及年度间分布见表 2。

表 1 江苏省 2016—2020 年区试和预试水稻新品种(系)数量及类型

年份	数量(份)				
	中熟中粳	迟熟中粳	早熟晚粳	杂交中粳	杂交粳稻
2016	100	122	67	46	32
2017	124	140	91	53	31
2018	120	143	94	44	28
2019	121	136	97	54	30
2020	134	133	109	48	23
合计	599	674	458	245	144

1.2 鉴定用菌株

水稻稻瘟病抗性鉴定用菌株:2016 年,2016-222(ZB₇)、2016-218(ZC₁₁)、2016-375(ZD₅)、2016-378(ZE₃)、2016-44(ZF₁)、2016-118(ZG₁),

收稿日期:2021-04-07

基金项目:国家自然科学基金国际合作项目(编号:31861143011);江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX19(1008)];江苏省重点研发计划(现代农业)(编号:BE2019377)。

作者简介:齐中强(1985—),男,河南驻马店人,博士,副研究员,研究方向为稻瘟病病菌种群动态监测和抗病资源挖掘。Tel:(025) 84391810;E-mail:qizhongqiang2006@126.com。

通信作者:刘永锋,博士,研究员,研究方向为水稻病害病原菌致病机制及绿色防控技术。Tel:(025) 84391002;E-mail:liuyf@jaas.ac.cn。

表 2 江苏省 2016—2020 年水稻主栽品种数量及类型

年份	不同品种类型数量(份)				
	中熟中粳	迟熟中粳	早熟晚粳	杂交稻	合计
2016	77	21	14	61	173
2017	65	35	16	57	173
2018	83	26	12	63	184
2019	59	18	17	26	120
2020	59	18	17	26	120
合计	343	118	76	233	770

共计 6 个小种的菌株;2017 年:2017 - 155 (ZB₃)、2017 - 108 (ZC₁₁)、2017 - 67 (ZD₇)、2017 - 32 (ZE₃)、2017 - 28 (ZF₁)、2017 - 39 (ZG₁), 共计 6 个小种的菌株;2018 年:2018 - 4 (ZB₁₅)、2018 - 65 (ZC₁₅)、2018 - 102 (ZD₁)、2018 - 222 (ZE₁₃)、2018 - 241 (ZG₁), 共计 5 个菌株;2019 年:2019 - 16 - 3 (ZB₃)、2019 - 522 (ZC₁₅)、2019 - 587 (ZD₅)、2019 - 746 (ZE₃)、2019 - 863 (ZF₁) 和 2019 - 924 (ZG₁), 共计 6 个菌株;2020 年:2020 - 110 (ZB₁₅)、2020 - 183 (ZC₁₅)、2020 - 321 (ZD₁)、2020 - 113 (ZE₃) 和 2020 - 353 (ZG₁), 共计 5 个菌株。以上供试菌株均由江苏省农业科学院植物保护研究所提供。

1.3 稻瘟病抗性鉴定方法^[6]

1.3.1 人工接种鉴定 苗瘟的鉴定:稻瘟病抗性鉴定采用苗期喷雾法接种,将参试材料用抗菌素 402 浸种 3 d 后,用清水冲洗催芽 1 ~ 2 d,播于育秧盘内,每个品种(系)播 15 ~ 20 粒。将供试菌株移植 RCA(玉米粉 40 g、稻秆 50 g、琼脂 20 g)培养基上,在 25 ℃ 下培养 7 d,用黑光灯照射 72 h,待稻瘟病菌产生孢子后,再用无菌水洗下,配成 10 × 10 倍显微镜下每个视野 30 ~ 40 个孢子的悬浮液,在水稻秧苗 3 叶 1 心期时,隔离喷雾接种,每个品种(系)重复 3 次,在遮阴棚内保湿 7 d 后,按国际统一标准,检查发病情况,分级记载。

穗颈瘟的人工鉴定:穗颈瘟用上述稻瘟病菌株孢子的混合液在水稻孕穗初期注射接种,孢子量同苗期孢子含量,每株注射 1 mL,每天每隔 2 h 喷雾 3 min,破口后停止喷雾。在水稻成熟后按统一标准调查结果。

1.3.2 田间诱发鉴定 田间自然鉴定在江苏省常州市金坛区基地和江苏省连云港市赣榆区基地进行。其中所有区试组、主栽品种、中熟中粳预试组和杂交中粳预试组在赣榆区基地进行田间诱发鉴

定;所有区试组、主栽品种和所有的预试组都在金坛区基地进行田间诱发鉴定。

将参试水稻品种播种在田间,诱发水稻品种(苏御糯、丽江黑谷)间隔播种,整个生育期内不防治病害;虫害防治和肥水使用参考大田生产。在水稻分蘖初期,田间撒播上年收集的发病较重的稻瘟病标样,观察整个生育期内水稻稻瘟病病害的发生,在成熟期按国家标准(NY/T 2646—2014 水稻品种试验稻瘟病抗性鉴定与评价)调查水稻穗颈瘟的发病情况。

1.4 稻瘟病分级标准

1.4.1 水稻苗瘟分级标准 0 级:没有症状(免疫);1 级:很小的褐色小点(高抗);2 级:直径为 1 mm 的褐色病斑(抗病);3 级:直径为 2 ~ 3 mm 的带椭圆形病斑,中央灰色,边缘褐色(中感);4 级:形成长 1 ~ 2 cm 的椭圆形病斑,中央灰色,边缘褐色(感病);5 级:形成长而宽的大椭圆形病斑,病斑发展到后期或条件不适宜时,边缘褐色(高感)。

1.4.2 水稻叶瘟分级标准 0 级:无病;1 级:仅有针尖大小的褐色小点;2 级:有较大的褐点;3 级:圆形至椭圆形的灰色病斑,边缘褐色,直径 1 ~ 2 cm;4 级:典型纺锤形病斑,长 1 ~ 2 cm,通常局限在 2 个叶脉之间,危害面积小于叶面积的 2%;5 级:典型纺锤形病斑,危害面积占叶面积的 2% ~ 10%;6 级:典型纺锤形病斑,危害面积占叶面积的 11% ~ 25%;7 级:典型纺锤形病斑,危害面积占叶面积的 26% ~ 50%;8 级:典型纺锤形病斑,危害面积占叶面积的 51% ~ 75%;9 级:典型纺锤形病斑,危害面积大于叶面积的 75%。

1.4.3 水稻穗颈瘟分级标准 0 级:无病(高抗,HR);1 级:病穗损失率低于 5%(抗病,R);3 级:1/3 枝梗发病,病穗损失率达到 5.1% ~ 15.0%(中抗,MR);5 级:主轴或穗颈发病,病穗损失率达到 15.1% ~ 30.0%(中感,MS);7 级:穗颈发病,大部分瘪谷,病穗损失率达到 30.1% ~ 50.0%(感病,S);9 级:穗颈发病,病穗损失率达到 50.1% ~ 100%(HS)。

1.4.4 水稻穗颈瘟发病率群体抗性分级标准 0 级:无病(HR);1 级:病穗率低于 5.0%(R);3 级:病穗率达到 5.1% ~ 10.0%(MR);5 级:病穗率达到 10.1% ~ 25.0%(MS);7 级:病穗率达到 25.1% ~ 50.0%(S);9 级:病穗率达到 50.1% ~ 100%(HS)。

穗瘟发病率计算公式为穗瘟发病率 = 病穗数/调查总穗数 × 100%。

1.4.5 水稻穗颈瘟损失指数群体抗性分级标准 0 级:无病(HR);1 级:病穗损失率低于 5.0%(R);3 级:病穗损失率达到 5.1%~15.0%(MR);5 级:病穗损失率达到 15.1%~30.0%(MS);7 级:病穗损失率达到 30.1%~50.0%(S);9 级:病穗损失率达到 50.1%~100%(HS)。

1.4.6 稻瘟病抗性综合指数评价分级标准 0 级:<0.1(HR);1 级:0.1~2.0(R);3 级:2.1~4.0(MR);5 级:4.1~6.0(MS);7 级:6.1~7.5(S);9 级:7.6~9.0(HS)。

综合指数计算公式为综合指数 = 叶瘟病级 × 25% + 穗瘟发病率病级 × 25% + 穗瘟损失指数病级 × 50%。

2 结果与分析

2.1 水稻新品种(系)的抗性分析

对江苏省 2016—2020 年区试和预试的 2 120 个水稻新品种(系)进行抗性鉴定,通过穗损失指数和综合指数评价年度间品种抗性差异明显。人工喷雾接种苗瘟抗性分析(表 3)表明,2016 年对苗瘟的抗性最好,抗病以上品种比例达到 82.56%,2017—2020

表 3 江苏省 2016—2020 年区试和预试水稻新品种(系)对苗瘟抗性分析

病级	占比(%)				
	2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年
0 (免疫)	81.47	45.10	49.42	35.93	31.10
1 (高抗)	0.82	2.73	7.93	3.43	11.63
2 (抗病)	0.27	19.36	17.95	13.50	7.16
3 (中感)	12.26	1.37	3.50	3.89	5.82
4 (感病)	1.09	15.72	11.19	14.87	4.47
5 (高感)	4.09	15.72	10.02	28.38	39.82

年逐步下降,2020 年抗性最低,只有 49.89%。

田间自然诱发鉴定中,穗损失指数分析表明,各年度品种(系)抗性主要集中在 3 级和 5 级,达到 73.5% 以上,2017 年最多,近 97% 的品种(系)为 3 级和 5 级,1 级、7 级和 9 级的品种少,均在 10% 以下,2017 年没有 1 级的品种(系)(图 1);年度间比较发现,2016 年品种(系)抗性 5 级最多,抗性总体偏低,2017—2020 年抗性 5 级的品种(系)数量逐渐下降,但抗性 7 级品种(系)2017—2020 年数量逐渐上升(图 1),表明 2016 年后品种(系)抗性逐渐变好,但抗性降低的风险仍然较大。

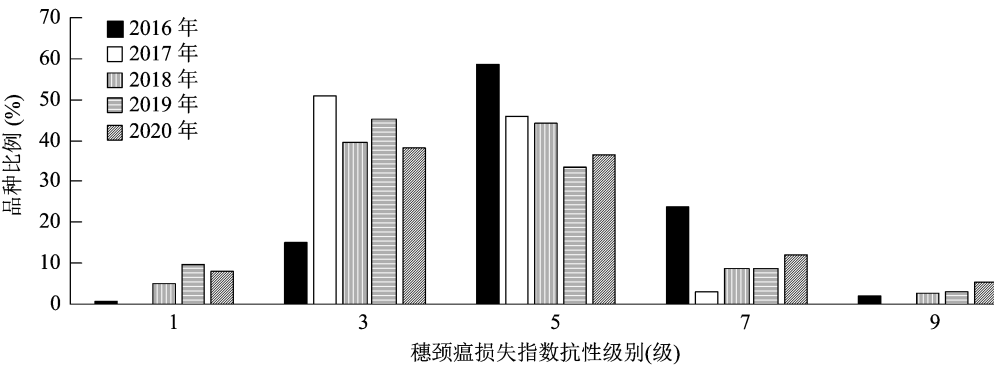


图1 2016—2020 年参试品种穗颈瘟损失指数级别分析

抗性综合指数评价分析表明,各年度品种(系)集中在 3 级和 5 级,两者一共达到 76.73% 以上(图

2)。年度间抗性趋势与穗损失指数类似,表明穗损失指数与抗性综合指数结果较为一致。

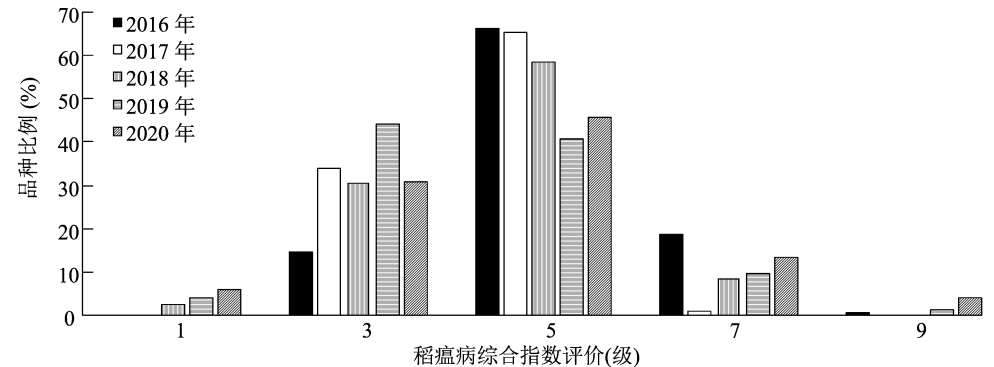


图2 2016—2020 年参试品种稻瘟病综合指数评价分析

从图 3 可以看出,水稻新品种(系)不同生育期的抗病率变化基本一致,均为苗瘟抗病率高于穗颈瘟抗病率(除 2019 年粳稻抗病率),说明水稻苗期

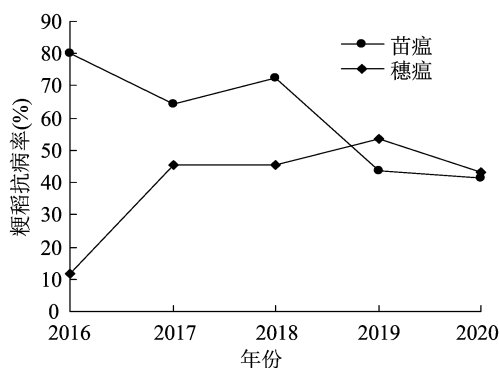
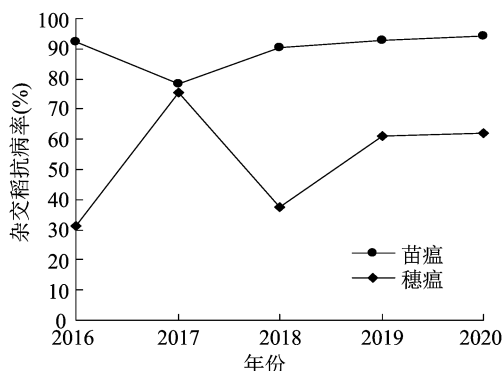


图3 2016—2020 年参试品种苗瘟和穗颈瘟抗性比较

和穗期稻瘟病菌小种可能存在差异。但是,不管是苗瘟还是穗颈瘟抗病率,杂交稻均高于粳稻,表明江苏省杂交稻抗性比粳稻好。



2.2 江苏省不同类型水稻品种(系)对稻瘟病抗性分析

通过 5 种类型水稻品种(系)的抗性综合指数评价分析(表 4)表明,不同类型品种(系)对稻瘟病的抗性存在明显差异,杂交中粳中抗以上品种比例最高,达到 52.69%,杂交粳稻次之,达到 51.39%,常规粳稻早熟晚粳、迟熟中粳和中熟中粳中抗以上品种比例为 33.63%、31.16% 和 25.71%;上述结果表明,常规粳稻对稻瘟病抗性相对较低,杂交中粳和杂交粳稻抗性相对较好。另外,除了杂交中粳 5 年都没有出现高感品种(系),其余类型水稻品种均有高感品种出现,中熟中粳 2019 年和 2020 年均出现了高感品种,2020 年比例高达 7.46%。

年度间抗性综合指数评价分析(表 4)表明,粳稻品种(系)(中熟中粳、迟熟中粳、早熟晚粳)抗性变化趋势较为一致,2016 年抗性较差,2017—2019 年抗性水平逐年变好,2020 年抗性水平再次下降;杂交中粳 2017 年抗性水平最高,2018 年较差,抗性波动较大。

2.3 江苏省主栽品种对稻瘟病抗性分析

通过抗性综合指数评价对江苏省 2016—2020 年水稻主栽品种的抗性分析(表 5)发现,杂交稻抗性水平明显高于粳稻,抗病率达到 86.7%;粳稻中早熟晚粳抗性最好,达到 55.27%,中熟中粳和迟熟中粳抗病率均在 40% 以下。年度抗性分析发现,杂交稻在 5 年间抗性水平较高,均达到 80% 以上;粳稻品种抗性年度间差异较大,但中熟中粳、早熟晚粳均在 2020 年抗性最低,可能是由于 2020 年水稻分蘖期雨水较多、抽穗扬花期温度较低(数据来自央视天气: <https://www.yangshitianqi.com/>),适宜

稻瘟病的发生。此外,通过对区试、预试品种和主栽品种综合抗性指数(表 4 和表 5)对比,发现各种类型水稻主栽品种的抗性均弱于试验品种,这一结果与王小秋等认为江苏省粳稻区试新品种抗性水平总体好于已审定推广品种的结论^[7]相近。

3 讨论与结论

选育和利用抗病品种是控制稻瘟病发生和流行最经济有效的措施^[8-9]。采用苗瘟、叶瘟和穗颈瘟等综合评定稻瘟病抗性的鉴定技术是有效开展抗病育种、新育成品种(系)抗性评价及有效抗源发掘的重要手段^[10-12]。江苏省是南方粳稻生产大省,近年来参试品种(系)数量从“十三五”期间的 808 份^[13],到“十三五”期间的 2 120 份,品种数量有了明显的增加,但是稻瘟病的抗性一直是抗病育种中的突出问题。

本研究通过 2016—2020 年江苏省新品种(系)对稻瘟病的抗性鉴定分析发现,其中综合指数 2016 年品种(系)抗性总体偏低,2017—2020 年品种(系)抗性逐渐变好,但仍有抗性降低的风险,穗损失率与综合指数结果基本一致;苗瘟抗性分析发现,2016 年对苗瘟的抗性最好,2017—2020 年逐步下降,2020 年抗性最低,这一结果与综合指数分析结果存在差异;抗病率分析也表明苗瘟抗病率均高于穗颈瘟抗病率,原因可能是部分品种苗瘟和穗颈瘟抗感不一致。引起叶瘟和穗颈瘟的病原菌都是稻瘟病菌,品种对叶瘟和穗颈瘟的抗性存在一定相关性,但也存在抗感不一致的情况^[14-18]。李莉等研究结果表明,2015—2019 年吉林省水稻区试品种抗病率从高到低是叶瘟、苗瘟、穗瘟^[19]。苗瘟和穗颈

表 4 2016—2020 年参试不同类型水稻品种(系)对稻瘟病抗性分析

年份	中熟中粳(%)					迟熟中粳(%)					早熟晚粳(%)					杂交中粳(%)					杂交晚稻(%)				
	抗病	中抗	中感	感病	高感	抗病	中抗	中感	感病	高感	抗病	中抗	中感	感病	高感	抗病	中抗	中感	感病	高感	抗病	中抗	中感	感病	高感
2016	0	13.00	74.00	13.00	0	0	4.10	67.21	27.87	0.82	0	14.93	65.67	17.91	1.49	0	46.67	48.89	4.44	0	0	12.50	65.63	21.88	0
2017	0	22.58	75.81	1.61	0	0	28.57	70.00	1.43	0	0	26.37	73.63	0	0	0	74.51	25.49	0	0	0	58.06	41.94	0	0
2018	0.83	22.50	74.17	2.50	0	0.70	34.97	54.55	9.79	0	0	39.36	52.13	8.51	0	4.55	11.36	61.36	22.73	0	25.00	42.86	28.57	3.57	0
2019	1.65	36.36	37.19	20.66	4.13	5.15	47.06	42.65	5.15	0	3.09	42.27	48.45	6.19	0	0	56.60	35.85	7.55	0	20.00	50.00	26.67	0	3.33
2020	2.24	26.87	46.27	17.16	7.46	5.26	27.07	48.87	13.53	5.26	9.17	26.61	47.71	15.60	0.92	10.42	54.17	33.33	2.08	0	4.35	47.83	43.48	4.35	0
合计	1.00	24.71	60.77	11.02	2.50	2.23	28.93	56.53	11.13	1.19	2.84	30.79	56.55	9.39	0.44	2.90	49.79	40.25	7.05	0	9.72	41.67	41.67	6.25	0.69

表 5 2016—2020 年主栽品种对稻瘟病抗性分析

年份	中熟中粳(%)					迟熟中粳(%)					早熟晚粳(%)					杂交晚粳(%)				
	抗病	中抗	中感	感病	高感	抗病	中抗	中感	感病	高感	抗病	中抗	中感	感病	高感	抗病	中抗	中感	感病	高感
2016	12.99	35.06	42.86	9.09	0	0	9.52	66.67	23.81	0	7.14	42.86	42.86	7.14	0	42.62	44.26	13.11	0	0
2017	4.62	27.69	58.46	9.23	0	5.71	54.29	37.14	2.86	0	12.50	50.00	25.00	12.50	0	59.65	29.82	8.77	1.75	0
2018	2.41	43.37	53.01	1.20	0	3.85	38.46	57.69	0	0	8.33	58.33	33.33	0	0	1.59	79.37	15.87	3.17	0
2019	3.39	33.90	40.68	16.95	5.08	0	11.11	72.22	16.67	0	35.29	29.41	17.65	11.76	5.88	61.54	34.62	3.85	0	0
2020	0	16.95	25.42	45.76	11.86	5.56	16.67	22.22	44.44	11.11	0	35.29	35.29	23.53	5.88	0	84.62	11.54	3.85	0
合计	4.96	32.36	44.90	14.87	2.92	3.39	30.51	50.00	14.41	1.69	13.16	42.11	30.26	11.84	2.63	33.05	53.65	11.59	1.72	0

瘟抗病水平不一致可能是由于水稻不同生育期稻瘟病菌小种存在差异,品种(系)中存在的抗病基因对叶瘟和穗颈瘟的抗感不一致,或者是叶瘟和穗颈瘟的发病机制存在差异,这些问题还需进一步研究。

不同类型品种(系)对稻瘟病的抗性存在明显差异,杂交中粳抗性总体最好,常规粳稻抗性较弱,同时主栽品种抗性鉴定结果也表明杂交稻抗性优于常规粳稻,这与江苏省的栽培品种类型有一定关系,江苏省水稻种植面积稳定在 220.0 万 hm^2 以上,粳稻种植面积 193.3 万 hm^2 ,近总面积的 87.9%^[20]。江苏省稻瘟病菌种群长期在粳稻的选择压力下,更加适应粳稻品种,更倾向于粳型小种,因此鉴定结果表现为籼稻抗性好,粳稻抗性较弱。有文献报道,元阳地区籼稻含有比粳稻更为丰富的主效抗病基因,从而表现出较好的抗性^[21]。另外,郝中娜等发现,长江中下游稻区 800 个籼稻参试品种中有 47.5% 表现为中感稻瘟病,表现为抗的品种所占比例只有 0.2%,抗性水平一般^[22],这一结果也进一步表明不同类型水稻种植区稻瘟病菌小种适应性存在显著差异。另一方面,通过综合抗性指数分析发现,主栽品种的抗性均弱于试验品种,且主栽品种均为连续种植 5 年以上品种,说明水稻品种种植多年以后,就会降低或丧失对稻瘟病的抗性,也从另一方面表明江苏省稻瘟病菌种群在特定品种的选择压力下发生了变化。因此,针对江苏省水稻抗病育种的现实情况,还应挖掘和引进更适应江苏省稻瘟病菌种群的水稻抗源或抗病基因。

综上所述,本研究主要对 2016—2020 年江苏省新品种(系)和主栽品种的稻瘟病抗性进行分析,抗性育种取得了可喜的成绩,但是还存在粳稻抗性品种少,持久抗性弱等问题,上述问题也提示需要连续监测江苏省稻瘟病菌种群变化,尤其是对无毒型的监测,为精准抗病育种和抗病品种的合理布局提供依据;继续挖掘和引进新的抗源或抗病基因,提高水稻新品种(系)的持久抗病能力。

参考文献:

- [1] Wilson R A, Talbot N J. Under pressure: investigating the biology of plant infection by *Magnaporthe oryzae* [J]. Nature Reviews Microbiology, 2009, 7(3): 185–195.
- [2] Talbot N J. On the trail of a cereal killer: exploring the biology of *Magnaporthe grisea* [J]. Annual Review of Microbiology, 2003, 57(1): 177–202.
- [3] 刘永锋, 陆凡, 陈志谊, 等. 江苏省水稻新品种(系)对稻瘟病

- 的抗性评价[J]. 中国水稻科学, 2002, 16(1): 96–98.
- [4] Qi Z Q, Yu J J, Shen L R, et al. Enhanced resistance to rice blast and sheath blight in rice (*Oryza sativa* L.) by expressing the oxalate decarboxylase protein Bacisubin from *Bacillus subtilis* [J]. Plant Science, 2017, 265: 51–60.
- [5] Qi Z Q, Pan X Y, Du Y, et al. Pathogenicity and population structure analysis of *Pyricularia oryzae* in different districts of Jiangsu Province, China [J]. Plant Pathology, 2021, 70(2): 449–458.
- [6] 江苏省质量技术监督局. 水稻品种(系)抗稻瘟病鉴定方法与抗性评价技术规程: DB 32/T 1123—2007 [S].
- [7] 王小秋, 杜海波, 陈夕军, 等. 江苏省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.
- [8] 张俊华, 常浩, 陈宇飞, 等. 水稻响应稻瘟病菌胁迫的 cDNA-AFLP 分析[J]. 东北农业科学, 2016, 41(4): 70–74.
- [9] 肖友伦, 郭新华, 易卫平, 等. 湖南水稻主栽品种稻瘟病抗性的评价与利用[J]. 湖南农业科学, 2010(12): 106–108, 112.
- [10] 颜群, 伟鸿若, 罗志勇, 等. 广西岑溪田间自然诱发稻瘟病圃的建立及水稻品系的抗瘟性评价[J]. 中国农学通报, 2011, 27(27): 255–259.
- [11] 董丽英, 李国生, 赵秀兰, 等. 云南粳稻品种(系)对稻瘟病的抗性鉴定与评价[J]. 西南农业学报, 2018, 31(12): 2458–2465.
- [12] 贺雄, 丁朝辉, 胡立冬, 等. 湖南 48 个水稻栽培品种抗瘟性评价及抗性基因鉴定[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(1): 108–113.
- [13] 陈志谊, 刘永锋, 吉建安, 等. 2001—2005 年江苏省水稻区试品种(系)抗病性鉴定和评价[J]. 江苏农业学报, 2006, 22(4): 384–387.
- [14] Li X S, Xiang X J, Shen C C, et al. Identification and evaluation of blast resistance for resequenced rice core collections [J]. Acta Agronomica Sinica, 2017, 43(6): 795–810.
- [15] 何烈干, 马辉刚, 肖叶青, 等. 江西省水稻品种对稻瘟病的抗性鉴定与评价[J]. 江西农业大学学报, 2015, 37(2): 278–283.
- [16] 曾凡松, 向礼波, 杨立军, 等. 251 份水稻品种(系)对稻瘟病的抗性鉴定及抗性多样性分析[J]. 植物病理学报, 2011, 41(4): 399–410.
- [17] 揭春玉, 吴双清, 王林, 等. 恩施州水稻主栽品种稻瘟病抗性监测与分析[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(8): 153–156.
- [18] 陈福如, 阮宏椿, 杨秀娟, 等. 稻瘟病苗瘟叶瘟和穗颈瘟的相关性分析[J]. 中国农学通报, 2006(7): 440–443.
- [19] 李莉, 刘晓梅, 姜兆远, 等. 2015—2019 年吉林省水稻区试品种(系)稻瘟病抗性鉴定与评价[J]. 东北农业科学, 2020, 45(5): 43–46.
- [20] 许明. 江苏省优质水稻品种应用现状、存在问题及发展对策[J]. 中国稻米, 2020, 26(4): 57–60.
- [21] Liao J J, Huang H C, Meusnier I, et al. Pathogen effectors and plant immunity determine specialization of the blast fungus to rice subspecies [J]. eLife Sciences, 2016, 5: e19377.
- [22] 郝中娜, 毛雪琴, 柴荣耀, 等. 国家长江中下游稻区品种区域试验籼稻稻瘟病抗性分析[J]. 中国水稻科学, 2019, 33(2): 152–157.