

辽宁省水稻主推品种对稻曲病抗性鉴定及评价方法研究

缪建锟¹, 徐 晗¹, 闫 晗¹, 杨 皓¹, 褚 晋¹, 白元俊², 董 海^{1*}

(1. 辽宁省农业科学院植物保护研究所, 沈阳 110161; 2. 辽宁省水稻研究所, 沈阳 110101)

摘要:为明确辽宁省水稻主推品种对稻曲病的抗性水平, 2019年在田间自然病圃设置3个播期开展45个水稻品种对稻曲病抗性鉴定和评价。结合辽宁稻曲病发生特点, 通过对病穗率、病情指数和穗平均病粒数等3个病情评价指标分别进行相关性分析与回归分析, 筛选最适合评价方法。结果表明: 不同播期水稻发病程度不同, 第2播期水稻发病程度重于其他2个播期; 病穗率、病情指数与穗平均病粒数两两均呈线性极显著正相关; 供试水稻平均病穗率6.75%, 病穗以1个病粒的最多, 占46.20%, 1~5个病粒的病穗共占92.88%, 病穗呈现低病情级别为主的特点, 以病穗率作为评价指标更能客观评价品种抗性, 并且适合田间操作。抗性评价结果表明, 45个主推水稻高抗、抗、中抗、中感、感、高感的品种个数分别为1、5、8、18、7个和6个, 整体抗感比例为31.1:68.9, 供试水稻整体抗性水平偏低。

关键词:水稻品种; 稻曲病; 抗性鉴定; 评价方法

中图分类号: S435.111

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2023)04-0044-07

Resistance Evaluation of Major Rice Cultivars to False Smut Rice in Liaoning Province

MIAO Jiankun¹, XU Han¹, YAN Han¹, YANG Hao¹, CHU Jin¹, BAI Yuanjun², DONG Hai^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161; 2. Liaoning Rice Research Institute, Shenyang 110101, China)

Abstract: To determine the resistance level of major rice cultivars in Liaoning province to false smut rice (FSR), a field study was conducted in 2019, evaluating the resistance of 45 rice varieties to rice blast in three different sowing periods. Based on the characteristics of rice blast occurrence in Liaoning, correlation and regression analyses were performed on three disease evaluation indicators, including panicle infection rate, disease severity index, and average number of diseased grains per panicle, to identify the most suitable evaluation method. The results showed that the severity of rice blast varied among different sowing periods, with the second sowing period exhibiting the highest disease severity. There were significant positive correlations between panicle infection rate and disease severity index, as well as between panicle infection rate and average number of diseased grains per panicle. The average diseased panicle rate of FSR was 6.75%, the maximum number of diseased panicles was 1 diseased grain, with 46.20%, and the total number of diseased panicles with 1-5 diseased grains were 92.88%. The diseased panicle reflected low disease index trait, the diseased panicle rate as resistance evaluation method could be more objective and operability. Finally, 45 major rice cultivars had 1, 5, 8, 18, 7 and 6 cultivars with HR, R, MR, MS, S, HS grade, respectively. The resistance grade between susceptible grade ratio was 31.1:68.9, the resistance grade of Liaoning rice cultivars to FSR was insufficient.

Key words: Rice cultivar; False smut rice; Resistance evaluation; Evaluation method

收稿日期: 2020-07-21

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD02002); 辽宁省农业科学院院长基金项目(2021MS0502)

作者简介: 缪建锟(1981-), 男, 助理研究员, 博士, 从事稻曲病相关研究工作。

通讯作者: 董 海, 男, 硕士, 研究员, E-mail: lnsydh@163.com

稻曲病是一种世界性真菌病害, 由子囊菌亚门稻绿核菌属稻曲病菌(*Ustilaginoidea virens*)引起的水稻穗部病害。随着我国高产密穗、大穗水稻品种大面积推广和施肥水平的提高, 稻曲病目前已由次要病害上升为水稻三大主要病害之一^[1-3]。该病不仅直接造成水稻减产, 还产生对

畜、禽有害的稻曲菌素和稻绿核菌素等毒素,严重影响水稻高产稳产和粮食安全生产^[4]。

目前,防治稻曲病最主要方法包括抗病品种的使用和药剂防治,其中选育抗病品种是解决稻曲病危害最经济有效的方法^[1-5]。国内已有水稻对稻曲病抗性评价报道^[6-17],由于不同稻区气候环境影响、种植习惯和水稻类型差异,造成稻曲病发生特点不同,国内还未有统一的水稻抗稻曲病抗性鉴定与评价技术规范。本研究采用田间病圃自然诱发方法,对辽宁45个水稻主推品种进行3个播期抗稻曲病鉴定及评价工作,并利用病穗率、病情指数和穗平均病粒数^[17]这3个病情指标进行抗性评价方法研究,在此基础上,初步明确辽宁水稻品种对稻曲病的抗性水平,为抗病品种资源的选育和品种合理推广布局提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试品种为辽宁省45个水稻粳稻主推品种,分别由辽宁省水稻研究所和辽宁省盐碱地利用研究所提供。

1.2 试验设计与田间管理

供试水稻品种分3个播期播种,每期间隔7 d,第1播期较当地正常播期提前7 d播种、插秧,第3播期推迟7 d播种、插秧。第2播期作为正常对照,按当地生产习惯于4月25日播种,5月30日移栽。每个品种种植3行,行长2 m。

水稻抗稻曲病鉴定采用田间自然诱发法,试验病圃在辽宁省东港市十字街镇。试验地点临近黄海,常年多云寡照,非常适合稻曲病的发生,历

年均发病较重,试验地连续15年未使用杀菌剂,是理想的自然诱发病圃。氮肥量较正常使用量增施10%,其余田间管理按照当地正常栽培方式进行,整个生育期不使用杀菌剂,仅在必要时防治稻飞虱和二化螟等主要害虫。

为进一步提高稻曲病的发生程度,增加田间病原菌数量和选择压力,在病圃共撒施稻曲球粉末4次,合计200 kg。时间分别为6月20日(分蘖末期)、7月4日(拔节期)、7月25(孕穗期)和8月5日(破口期)。

1.3 调查方法

水稻黄熟期进行调查,每品种全区调查,记录每穴穗数,病穗数、每穗病粒数。参考唐春生标准^[18]并根据辽宁稻曲病发生特点和规律,病情指数分级方法如下,以穗为单位。0级:全株无病;1级:每穗有1个病粒;2级:每穗有2个病粒;3级:每穗有3个病粒;4级:每穗有4个病粒;5级:每穗有5个病粒;6级:每穗6~9个病粒;7级:每穗10个及以上病粒。病穗率、病情指数和穗平均病粒数具体计算公式如下:

$$\text{病穗率} = (\text{发病穗数} / \text{调查总穗数}) \times 100\%$$

$$\text{病情指数} = [\sum (\text{各级病穗数} \times \text{相对级数值}) / (\text{调查总穗数} \times \text{最高病级})] \times 100$$

$$\text{穗平均病粒数} = \text{总稻曲球数} / \text{调查总穗数}$$

1.4 评价方法

具体评价标准见表1。同一品种病穗率与病情指数、穗平均病粒数级别^[14]之间出现差异时,最终抗性级别以抗性级别低者为准,多次鉴定的结果也以抗性级别低者为准。

表1 水稻对稻曲病抗性评价标准

级别	病穗率(%)	病情指数	穗平均病粒数(粒)	抗性评价
0	0	0	0	高抗(HR)
1	0.01~3.00	0.01~2.00	0.001~0.100	抗(R)
3	3.01~7.00	2.01~5.00	0.101~0.410	中抗(MR)
5	7.01~15.00	5.01~10.00	0.411~1.010	中感(MS)
7	15.01~25.00	10.01~20.00	1.011~1.760	感(S)
9	>25.00	>20.00	>1.760	高感(HS)

2 结果与分析

2.1 各病情指标间相关性分析

对45个供试品种3个播期的病穗率(x)、病情指数(y)及穗平均病粒数(z)使用Excel 2019软件进行相关性分析。从表2可以看出,3个播期的水

稻病穗率、病情指数和穗平均病粒数两两之间均呈极显著正相关。

2.2 不同播期各病情指标间回归分析

2.2.1 第1播期各病情指标间回归分析

3个播期水稻的3个病情指标两两之间均呈极显著正相关,但不同病情指标间数据转换还需

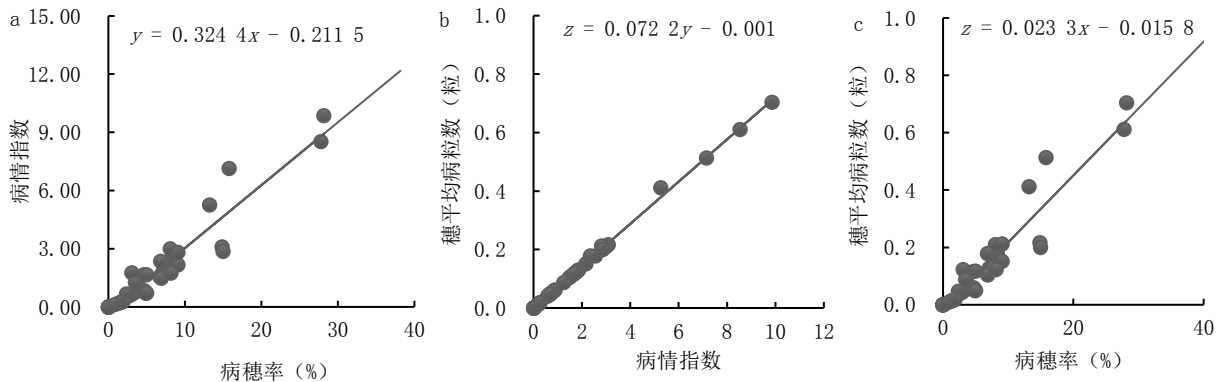
表2 各病情指标间相关性分析

	第1播期		第2播期		第3播期	
	病穗率	病情指数	病穗率	病情指数	病穗率	病情指数
病情指数	0.957**		0.920**		0.954**	
穗平均病粒数	0.953**	0.999**	0.868**	0.992**	0.882**	0.963**

注：“**”表示极显著相关

进行回归分析,建立回归方程,并检测回归关系的真实性。第1播期45个水稻品种病穗率范围为0~28.17%,平均病穗率5.65%;病情指数范围为0~9.86,平均病情指数1.60;穗平均病粒数范围为0~0.7042粒。病穗率(x)、病情指数(y)及穗平均病粒数(z)进行两两回归分析,使用Excel 2019软件做

散点图(图1a~c)。分别建立相应回归方程为 $y=0.3244x-0.2115$ ($R=0.957$); $z=0.0722y-0.0001$ ($R=0.999$); $z=0.0233x-0.0158$ ($R=0.953$);表明第1播期的病穗率、病情指数与穗平均病粒数两两之间存在真实的线性回归关系。



注:a. 病穗率和病情指数拟合图;b. 病情指数与穗平均病粒数拟合图;c. 病穗率与穗平均病粒数拟合图,下同

图1 第1播期病穗率、病情指数与穗平均病粒数回归分析拟合图

2.2.2 第2播期各病情指标间回归分析

第2播期水稻病穗率范围为0~47.42%,平均病穗率10.36%;病情指数范围为0~30.63,平均病情指数3.51;穗平均病粒数范围为0~2.8041粒。病穗率(x)、病情指数(y)及穗平均病粒数(z)建立

相应回归方程为 $y=0.4431x-1.1614$ ($R=0.920$); $z=0.0854y-0.0359$ ($R=0.992$); $z=0.0036x-0.1155$ ($R=0.868$)(图2a~c);表明第2播期的病穗率、病情指数与穗平均病粒数两两之间存在真实的线性回归关系。

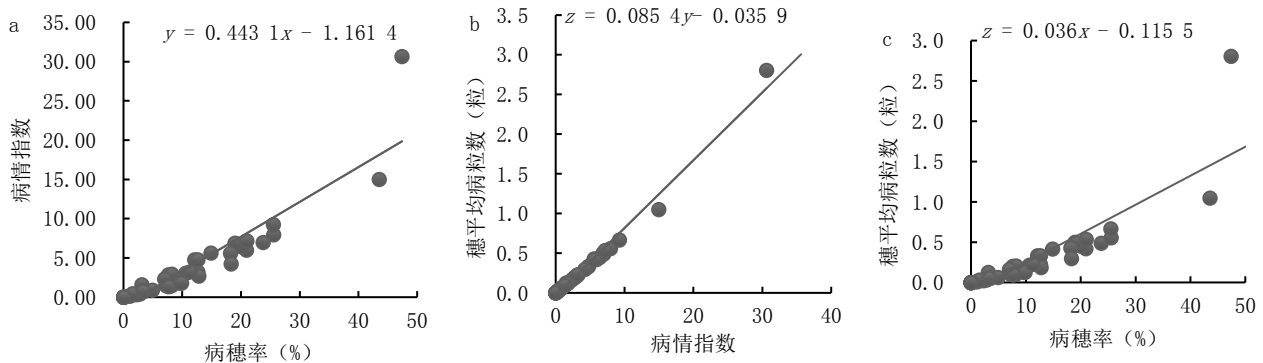


图2 第2播期病穗率、病情指数与穗平均病粒数回归分析拟合图

2.2.3 第3播期各病情指标间回归分析

第3播期水稻病穗率范围为0~24.32%,平均病穗率4.05%;病情指数范围为0~10.13,平均病情指数1.34;穗平均病粒数范围为0~1.0667粒。病穗率(x)、病情指数(y)及穗平均病粒数(z)分别建

立相应回归方程为 $y=0.3867x-0.2161$ ($R=0.954$); $z=0.0859y-0.0102$ ($R=0.963$); $z=0.0319x-0.0232$ ($R=0.882$)(图3a~c);表明第3播期的病穗率、病情指数与穗平均病粒数两两之间存在真实的线性回归关系。

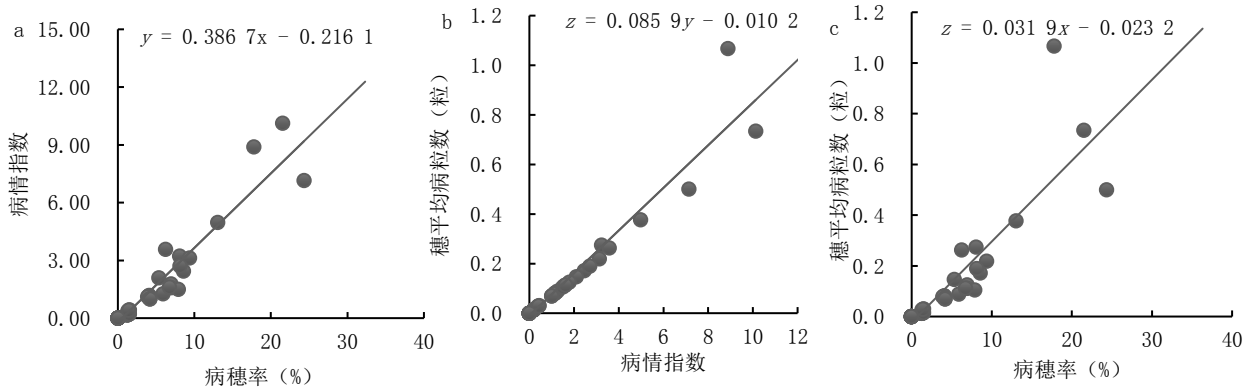


图3 第3播期病穗率、病情指数与穗平均病粒数回归分析拟合图

2.3 病穗稻曲球数分析

2019年供试水稻平均病穗率6.75%,病穗稻曲球数在1~20粒,以1粒最多,占46.20%;1~5粒

总计占比92.88%,6~10粒总计占比为5.91%,10粒以上仅占1.18%(表3),供试水稻稻曲病的发生以低病情级别为主。

表3 不同播期水稻品种病穗稻曲球数分析表

播期	单穗稻曲球数(粒)											病穗数(穗)	总球数(粒)	总穗数(穗)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>10			
第1播期	94	47	13	12	7	2	5	0	0	1	0	181	367	3 206
第2播期	159	81	40	24	27	6	4	6	4	3	6	360	929	3 475
第3播期	59	29	23	7	6	5	1	2	1	0	2	135	340	3 331
总数(穗)	312	157	76	43	40	13	10	8	5	4	8	676	1 636	10 012
比例(%)	46.20	23.20	11.20	6.36	5.92	1.92	1.48	1.18	0.74	0.59	1.18	6.75	0.16	

2.4 不同播期间稻曲病发生程度

3个播期水稻的平均病穗率分别为5.65%、10.36%和4.05%,平均病情指数分别为1.60、3.51和1.34,具体数据见表4。第2播期整体发病程度

最重,方差分析结果表明第2播期与其他2个播期之间的病穗率、病情指数和穗平均病粒数差异显著($\alpha=0.05$)。

表4 45个主推水稻对稻曲病抗性评价结果

品种	第1播期				第2播期				第3播期				最终						
	病穗率(%)	抗性水平	病情指数	抗性水平	穗平均病粒数	抗性水平	病穗率(%)	抗性水平	病情指数	抗性水平	穗平均病粒数	抗性水平	病穗率(%)	抗性水平	病情指数	抗性水平	抗性水平		
辽开79	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	7.62	MS	2.86	MR	2.63	MR	5.88	MR	1.26	R	0.088 2	R	MS
麦穗1	1.69	R	0.24	R	0.016 9	R	23.75	S	6.96	MS	1.47	R	8.06	MS	3.23	MR	0.274 2	MR	S
盐粳166	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	0.00	HR	0.00	HR	1.00	HR	1.25	R	0.18	R	0.012 5	R	R
盐丰50	3.08	MR	1.76	R	0.123 1	MR	25.56	HS	7.94	MS	1.13	R	4.11	MR	1.17	R	0.082 2	R	HS
铁粳4号	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	1.01	R	0.14	R	1.00	R	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	R
新星1号	5.00	MR	0.71	R	0.050 0	R	8.22	MS	2.94	MR	2.50	MR	8.57	MS	2.45	MR	0.171 4	R	MS
盐粳901	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	10.61	MS	3.03	MR	2.00	R	1.52	R	0.43	R	0.030 3	R	MS
丰田1号	6.76	MR	1.54	R	0.108 1	R	2.25	R	0.32	R	1.00	R	5.33	MR	2.10	MR	0.146 7	MR	MR
盘锦1855	7.79	MS	1.86	R	0.129 9	R	20.93	S	5.98	MS	1.72	R	4.05	MR	1.16	R	0.081 1	R	S
359	3.17	MR	0.68	R	0.047 6	R	3.13	MR	1.56	R	4.00	MR	1.22	R	0.17	R	0.012 2	R	MR
港源8号	4.71	MR	0.84	R	0.058 8	R	2.44	R	0.52	R	1.50	R	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	MR
12JF02	4.65	MR	1.66	R	0.116 3	MR	25.49	HS	9.24	MS	2.62	MR	17.78	S	8.89	MS	1.066 7	MS	HS
富禾99	8.33	MS	2.55	MR	0.178 6	MR	8.16	MS	1.46	R	1.25	R	3.90	MR	1.11	R	0.077 9	R	MS
雨田448	14.86	MS	3.09	MR	0.216 2	R	0.00	HR	0.00	HR	1.00	HR	4.17	MR	0.99	R	0.069 4	R	MS
黄海6号	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	12.12	MS	4.76	MR	2.75	MR	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	MS

续表 4

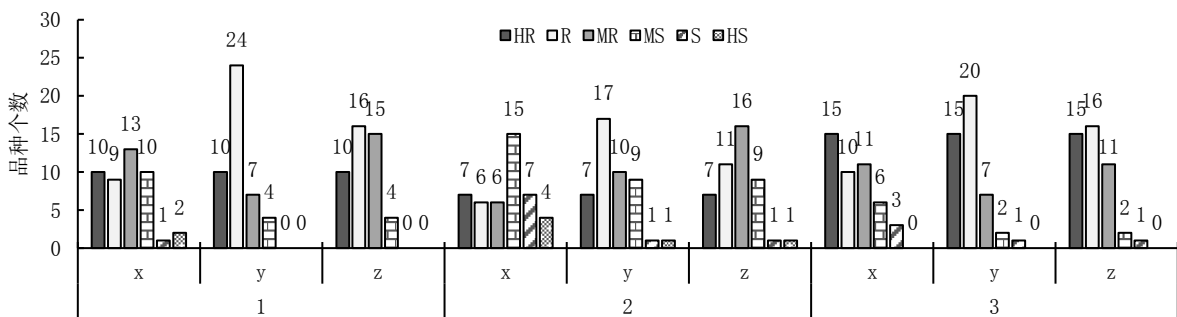
品种	第1播期				第2播期				第3播期				最终						
	病穗率(%)	抗性水平	病情指数	抗性水平	穗平均病粒数	抗性水平	病穗率(%)	抗性水平	病情指数	抗性水平	穗平均病粒数	抗性水平	病穗率(%)	抗性水平	病情指数	抗性水平	穗平均病粒数	抗性水平	最终抗性水平
博219	28.17	HS	9.86	MS	0.704 2	MR	7.25	MS	1.45	R	1.40	R	1.22	R	0.17	R	0.012 2	R	HS
晨光36	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	0.00	HR	0.00	HR	1.00	HR	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	HR
H100	27.78	HS	8.53	MS	0.611 1	MR	20.00	S	6.43	MS	2.25	MR	9.38	MS	3.13	MR	0.218 8	MR	HS
祥丰93	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	12.68	MS	3.22	MR	1.78	R	1.27	R	0.18	R	0.012 7	R	MS
H329	15.79	S	7.14	MS	0.513 2	MR	43.55	HS	14.98	S	1.22	R	13.04	MS	4.97	MR	0.376 8	MR	HS
香糯9号	1.32	R	0.24	R	0.016 7	R	1.16	R	0.17	R	1.00	R	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	R
盐粳228	4.17	MR	0.89	R	0.062 5	R	18.97	S	6.90	MS	2.64	MR	21.52	S	10.13	S	0.734 2	MR	S
辽191	9.09	MS	2.16	MR	0.151 5	R	2.82	R	0.40	R	1.00	R	6.94	MR	1.79	R	0.125 0	R	MR
辽粳287	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	1.52	R	0.43	R	2.00	R	1.47	R	0.21	R	0.014 7	R	R
千重浪2号	3.85	MR	0.82	R	0.057 7	R	3.45	MR	0.74	R	1.50	R	6.25	MR	3.57	MR	0.262 5	MR	MR
沈农9816-2	7.14	MS	1.84	R	0.128 6	R	6.98	MR	2.33	MR	2.33	MR	6.94	MR	1.59	R	0.111 1	R	MS
沈农9903	8.06	MS	3.00	MR	0.209 7	MR	9.59	MS	1.76	R	1.29	R	1.32	R	0.19	R	0.013 2	R	MS
沈农M8	6.90	MR	1.48	R	0.103 4	R	0.00	HR	0.00	HR	1.00	HR	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	MR
沈农374	8.16	MS	1.75	R	0.122 4	R	0.00	HR	0.00	HR	1.00	HR	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	MS
沈农401	4.90	MR	0.70	R	0.049 0	R	12.64	MS	4.76	MR	2.64	MR	8.11	MS	2.70	MR	0.189 2	MR	MS
盘锦20	13.24	MS	5.25	MS	0.411 8	MR	18.18	S	5.57	MS	2.36	MR	1.30	R	0.37	R	0.026 0	R	S
锦稻104	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	3.80	MR	0.90	R	1.67	R	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	MR
东示糯	3.51	MR	1.25	R	0.087 7	MR	0.00	HR	0.00	HR	1.00	HR	24.32	S	7.14	MS	0.500 0	MR	S
金禾1号	2.99	R	0.64	R	0.044 8	R	47.42	HS	30.63	HS	5.91	MS	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	HS
锦稻310	1.30	R	0.19	R	0.013 0	R	7.89	MS	1.50	R	1.33	R	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	MS
东示15	2.67	R	0.57	R	0.040 0	R	18.31	S	4.23	MR	1.62	R	7.89	MS	1.50	R	0.105 3	R	S
东示18	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	12.79	MS	2.66	MR	1.45	R	1.52	R	0.22	R	0.015 2	R	MS
沈农723	1.45	R	0.21	R	0.014 5	R	9.88	MS	1.76	R	1.25	R	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	MS
盐粳28	2.35	R	0.67	R	0.047 1	R	4.94	MR	0.88	R	1.25	R	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	MR
越光	0.87	R	0.12	R	0.008 7	R	3.33	MR	0.71	R	1.50	R	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	MR
中作9936	6.85	MR	2.35	MR	0.178 1	MR	11.27	MS	3.22	MR	2.00	R	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	MS
辽星15	5.00	MR	1.67	R	0.116 7	MR	20.97	S	7.14	MS	2.54	MR	1.43	R	0.41	R	0.028 6	R	S
沈稻4号	1.89	R	0.27	R	0.018 9	R	0.00	HR	0.00	HR	1.00	HR	0.00	HR	0.00	HR	0.000 0	HR	R
辽粳294	9.09	MS	2.81	MR	0.212 1	MR	7.69	MS	1.32	R	1.20	R	4.17	MR	0.99	R	0.069 4	R	MS
H263	15.00	MS	2.86	MR	0.200 0	R	14.89	MS	5.62	MS	2.79	MR	6.74	MR	1.61	R	0.112 4	R	MS
平均	5.65b	-	1.60b	-	0.114 5b	-	10.36a	-	3.51a	-	0.267 3a	-	4.05b	-	1.34b	-	0.102 1b	-	-

2.5 不同病情指标与抗性评价结果

(见表4和图4),按照病穗率评价标准HR、R、

以第2播期水稻品种的抗性鉴定结果为例

MR、MS、S、HS水平的水稻品种个数分别为7、6、



注: x. 病穗率; y. 病情指数; z. 穗平均病粒数

图4 不同播期水稻对稻曲病抗性评价结果

6、15、7、4个;按照病情指数评价标准HR、R、MR、MS、S、HS的水稻品种个数分别为7、17、10、9、1、1个;按照穗平均病粒数评价标准HR、R、MR、MS、S、HS的水稻品种个数分别为7、11、16、9、1、1个。评价标准从病穗率变为病情指数时,其中R、MR水平的个数分别增加11个和4个,MS水平的个数减少6个,S水平的个数减少6个,HS水平的个数减少3个,整体抗性水平上移较大。以穗平均病粒数进行评价时结果与上述趋势类似。

辽宁水稻稻曲病发生以低病情级别为主,以病穗率作为评价标准进行抗性评价比其他2个评价标准更客观,并且简便、实用。穗平均病粒数不能很好区分品种抗性,并且操作烦琐。45个水稻品种之间抗性差异明显,其中HR、R、MR、MS、S、HS的品种个数分别为1、5、8、18、7个和6个,抗感比例为31.1:68.9,整体抗性水平偏低。

3 结 论

通过辽宁45个粳稻主推品种在自然病圃进行3个播期的抗性鉴定结果分析,并利用3种不同评价标准进行抗性评价,结合辽宁稻曲病发生特点,以病穗率作为抗性评价标准比病情指数和穗平均病粒数更客观,适合田间操作。供试45个水稻品种之间抗性水平不同,不同播期稻曲病发生程度差异明显,最终供试水稻整体抗感比例为31.1:68.9,整体抗性水平偏低,筛选出高抗品种1个,抗性品种5个,这些品种不仅增加了抗稻曲病品种资源,也为抗病品种的选育及推广提供科学依据。

4 讨 论

因地制宜地制定科学合理、操作方便的抗性评价标准可以准确评价品种抗性。国内水稻对稻曲病抗性鉴定方法已有报道,由于不同稻区气候环境、种植习惯和水稻类型不同,还未有统一的水稻抗稻曲病鉴定与评价技术规范,给准确评价水稻抗性带来一定难度。目前采用病穗率^[6-9]、病情指数^[10]、穗平均病粒率^[11,17]、多指标加权计算进行综合评价^[12]、多指标间进行直接对比后进行评价^[13-16]等作为抗性评价指标均有报道。由于不同类型水稻对稻曲病的抗性有较大差异,总体趋势为籼稻抗性高于粳稻,粳籼杂交稻抗性最差^[1,9]。辽宁稻区以种植一季粳稻为主,需要制定适合本地区生产特点的水稻抗性评价标准。本研究对多个病情指标进行分别评价,病穗率、病情指数与

穗平均病粒数两两均呈线性回归关系,辽宁粳稻稻曲病的发生普遍度和严重程度明显低于杂交稻^[10,12]。辽宁粳稻病穗以1~5病粒占绝大多数,并且1粒占比近50%,这一发生特点和吉林稻曲病发生特点类似^[20]。以病情指数和穗平均病粒数作为标准不能很好地区分品种抗性,工作量较大,不适合田间操作。在对大量水稻品种或资源进行稻曲病抗性评价时,以病穗率作为调查和评价抗性指标,既可减少工作量,提高工作效率,又能准确反映其真实抗性水平,这一结论与唐善军等^[21]、余山红等^[13]、张爱芳等^[6]的研究结果一致。

由于影响稻曲病发病因素较多,通过多年、多播期的病圃自然诱发鉴定才能更真实反映水稻品种的抗病能力。水稻抗稻曲病性鉴定方法主要有3种,分别是人工接种^[10]、田间自然诱发^[13]以及这两种方法相结合^[14]。但是由于稻曲病菌的致病力差异变化^[10,19,22]以及菌株继代引起人工接种结果的不确定性都影响人工接种鉴定的准确性和稳定性。选择有代表性的鉴定圃,通过人工撒施稻曲球增加选择压力和多样性,降低不利气候环境对抗性鉴定结果的影响。

稻曲病是典型的气候影响型病害,水稻破口期的气候直接影响稻曲病的发生程度^[23]。2019年辽宁地区在水稻孕穗末期降雨偏多,非常适合稻曲病发生,鉴定结果表明水稻品种对稻曲病抗性水平不足,31.1%的水稻属于抗病材料,与四川、广东和贵州等地水稻抗性鉴定结果类似^[8,12,14],急需加强对稻曲病的抗性品种选育工作。不同播期对稻曲病发生程度有极大影响^[6]。本研究结果第2播期重于第1播期,第3播期最轻,可能是由当地的气候和水稻品种造成的差异,综合多年研究结果趋势,建议插秧期推迟到6月7日能有效降低稻曲病的发生程度。

参考文献:

- [1] 陈旭,邱结华,熊萌,等.稻曲病研究进展[J].中国稻米,2019,25(5):30-36.
- [2] 王晓丽.稻曲病研究概况[J].吉林农业科学,1987,12(4):38-40.
- [3] 阳丽,操志林,魏敏芝,等.水稻稻曲病及检测方法[J].东北农业科学,2016,41(2):67-69.
- [4] 傅秀林.从品种选育和利用的角度探讨解决吉林省稻曲病的危害问题[J].吉林农业科学,1994,19(4):27-29.
- [5] 吕仕琼,刘浩,赵江林,等.稻曲菌素研究进展[J].中国农学通报,2010,26(14):265-268.
- [6] 张爱芳,陈雨,王春林,等.安徽省水稻区试品种(系)对稻曲病的抗性鉴定及评价[J].植物保护,2013,39(1):151-153.

- [7] 张舒,陈其志,吕亮,等.湖北省水稻部分主栽品种对稻曲病的抗性鉴定[J].安徽农学通报,2006,12(5):76-78.
- [8] 何会流,毛建辉,卢代华,等.四川水稻品种对稻瘟病和稻曲病抗性评价[J].西南大学学报(自然科学版),2008,30(7):104-109.
- [9] 于艳敏,来永才,闫平,等.黑龙江省南部水稻品种稻曲病抗性评价[J].中国农学通报,2017,33(35):1-5.
- [10] 尹小乐,陈志谊,于俊杰,等.江苏省水稻区域试验品种对稻曲病的抗性评价及稻曲病菌致病力分化研究[J].西南农业学报,2014,27(4):1459-1465.
- [11] 陈友德,高杜娟,李友荣,等.湖南省水稻新品种稻曲病抗性鉴定研究[J].作物研究,2012,16(4):331-333.
- [12] 何海永,谭清群,陈小均,等.贵州省水稻主栽品种抗稻曲病性鉴定与评价[J].南方农业学报,2017,44(6):939-942.
- [13] 余山红,马义虎,王会福.浙江省水稻主栽品种抗稻曲病性鉴定与评价[J].山西农业科学,2018,46(2):163-166.
- [14] 冯爱卿,朱小源,曾列先,等.广东常规稻品种对稻曲病的抗性评价[J].中国稻米,2015,21(3):34-39.
- [15] 曾慧芳.水稻新品种对稻瘟病和稻曲病的综合抗性评价[J].福建农业学报,2018,33(8):842-848.
- [16] 谭景艾,李保同,潘晓华,等.江西省晚粳品种对稻曲病的抗性评价及稻曲病药剂防治技术研究[J].农学学报,2016,6(5):11-17.
- [17] 李小娟,刘二明,肖启明,等.水稻对稻曲病抗性的分级及相应级别的产量损失[J].湖南农业大学学报,2011,37(3):275-279.
- [18] 唐春生,高家樟,曹国平,等.稻曲病病情分级标准的研究和应用[J].植物保护,2001,27(1):18-21.
- [19] 刘永锋,陆凡,陈志谊,等.江苏省水稻主栽及后备品种对稻曲病的抗性[J].作物杂志,2000(6):11-13.
- [20] 袁荣才,沈永安,马凤才.吉林省稻曲病发生及防治的研究初报[J].吉林农业科学,1991,16(4):62-65.
- [21] 唐善军,高杜娟,陈友德,等.水稻稻曲病不同病情指标间关系研究[J].植物保护,2014,40(1):154-156.
- [22] 陈志谊,聂亚锋,刘永锋.江苏省水稻品种对稻曲病的抗病性鉴定及病菌致病力分化[J].江苏农业学报,2009,25(4):737-741.
- [23] 陆明红,刘万才,朱凤.稻曲病近年流行规律及治理对策探讨[J].中国植保导刊,2018,38(5):44-47.

(责任编辑:王昱)

(上接第27页)

- [2] Ryan L, Brian D G, Joseph R E, et al. Next is now: new technologies for sequencing of genomes, transcriptomes and beyond [J]. Current Opinion in Plant Biology, 2009, 12(2): 107-118.
- [3] Harm V B, Timothy R H. Establishing legitimacy and function in the new transcriptome[J]. Briefings in Functional Genomics and proteomics, 2009, 8(6): 424-436.
- [4] Songnan Yang, Long Miao, Jianbo He, et al. Dynamic Transcriptome Changes Related to Oil Accumulation in Developing Soybean Seeds[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2019, 20(9): 2202.
- [5] Vishesh Kumar, Priyanka Jain, Sureshkumar Venkadesan, et al. Understanding Rice-Magnaporthe Oryzae Interaction in Resistant and Susceptible Cultivars of Rice under Panicle Blast Infection Using a Time-Course Transcriptome Analysis[J]. Genes, 2021, 12(2): 301.
- [6] 鲁洪廷,曹玉红,金振晓,等.3-酮脂酰辅酶A硫解酶家族的分子特征、调节与药物靶向治疗[J].中国体外循环杂志,2019,17(5):311-313.
- [7] 岳燕燕.球等鞭金藻中3-酮脂酰-CoA硫解酶基因克隆、定量表达以及环境胁迫条件下脂肪酸含量分析[D].石河子:石河子大学,2013.
- [8] Shockey J M, Fulda M S, Browse J A. Arabidopsis contains nine long-chain acyl-coenzyme a synthetase genes that participate in fatty acid and glycerolipid metabolism[J]. Plant Physiology, 2002, 129(4): 1710-1722.
- [9] Hayashi H, De Bellis L, Hayashi Y, et al. Molecular characterization of an Arabidopsis acyl-coenzyme a synthetase localized on glyoxysomal membranes[J]. Plant Physiology, 2002, 130(4): 2019-2026.
- [10] Wu T, Fu Y, Shi Y, et al. Functional Characterization of Long-Chain Acyl-CoA Synthetase Gene Family from the Oleaginous Alga Chromochloris zofingiensis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2020, 68(15): 4473-4484.
- [11] Zhao L, Katavic V, Li F, et al. Insertional mutant analysis reveals that long-chain acyl-CoA synthetase 1 (LACS1), but not LACS8, functionally overlaps with LACS9 in Arabidopsis seed oil biosynthesis[J]. The Plant Journal, 2010, 64(6): 1048-1058.
- [12] 崇保强.油菜LACS1基因和油菜LACS4基因的克隆与鉴定[D].镇江:江苏大学,2008.
- [13] Ding L N, Gu S L, Zhu F G, et al. Long-chain acyl-CoA synthetase 2 is involved in seed oil production in Brassica napus[J]. BMC Plant Biology, 2020, 20(1): 21.
- [14] 邵建华.甘蓝型油菜WRH1和LACS基因的克隆及其功能初探[D].武汉:华中农业大学,2013.
- [15] 陈盛.激活标签法构建油菜突变体库及油菜BnLACS9基因的功能研究[D].镇江:江苏大学,2017.

(责任编辑:刘洪霞)