

玉米南方锈菌在玉米品种上的相对寄生适合度研究

黄莉群 张克瑜 李磊福 董佳玉 孙秋玉 邓杰 马占鸿*

(中国农业大学 植物保护学院,北京 100193)

摘要 在无鉴别寄主体系的现状下,为研究不同地区的玉米南方锈菌 *Puccinia polysora* Underw. 的相对寄生适合度(relative parasitic fitness)和致病性,以及不同玉米品种对其抗性水平,本试验以采自海南三亚、广东河源、广西河池、广西桂林、湖南邵东、云南玉溪 6 个地区的可能存在致病性分化的同种玉米南方锈菌为研究对象,将其分别接种到 28 个玉米品种上,分析其病情指数和相对寄生适合度。结果表明:抗病性最高的玉米品种为登海 605,致病性最强的菌株来源于广西河池;不同来源的玉米南方锈菌在同一玉米品种上的相对寄生适合度存在较大差异;相同来源的菌株在不同玉米品种间相对寄生适合度之间也存在显著差异;玉米南方锈菌存在致病性分化。本研究可为抗玉米南方锈病品种选育及玉米南方锈菌致病类型与生理小种鉴定提供科学依据。

关键词 玉米南方锈病; 玉米南方锈菌; 病情指数; 相对寄生适合度

中图分类号 S431.1

文章编号 1007-4333(2021)11-0001-09

文献标志码 A

Relative parasitic fitness of in *Puccinia polysora* different maize varieties

HUANG Liqun, ZHANG Keyu, LI Leifu, DONG Jiayu, SUN Qiuyu, DENG Jie, MA Zhanhong*

(College of Plant Protection, Agricultural University of China, Beijing 100193, China)

Abstract In the absence of differential host system, this study is aimed to analyse the relative parasitic fitness and pathogenicity of southern corn rust collected from different regions. The resistance of maize varieties was evaluated. The *Puccinia polysora* Underw. strains obtained from Sanya Hainan, Heyuan Guangdong, Hechi Guangxi, Guilin Guangxi, Shaodong Hunan and Yuxi Yunnan were inoculated to 28 maize varieties to analyse the disease index and the relative parasitic fitness. The results showed that the varieties with the highest resistance to *P. polysora* was Denghai 605, and the most pathogenic strains came from Hechi, Guangxi. The relative parasitic fitness of *P. polysora* from different regions on the same maize variety was different. The relative parasitic fitness of the strains from the same region also had significant differences in different maize varieties. Different *P. polysora* strains had pathogenic differences. This study can provide basis for selection of resistant maize varieties to southern corn rust, the classification of pathogenic types and physiological races, and breeding of resistant varieties.

Keywords southern corn rust; *Puccinia polysora*; disease index; relative parasitic fitness

玉米南方锈病是由多堆柄锈菌 *Puccinia polysora* Underw. 引起的一种气传病害,该病在世界各地均有发生^[1]。中国发生的玉米锈病主要有玉米普通锈病和玉米南方锈病,玉米锈病在中国发生危害逐年严重,其中玉米南方锈病发生范围

广危害程度大^[2-3]。1972 年玉米南方锈病在海南省乐东黎族自治县尖峰地区首次被发现,随后 1974 年和 1979 年,在海南省的陵水和崖县等地也相继发现了此病害^[4]。刘俊等^[5]曾通过对近 20 个省调查和资料整理发现玉米南方锈病在黄淮海

收稿日期: 2021-02-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(31972211,31772101)

第一作者: 黄莉群,硕士研究生,E-mail: 15736266575@163.com

通讯作者: 马占鸿,教授,主要从事植物病害流行与宏观植物病理学研究,E-mail: mazh@cau.edu.cn

夏玉米区和海南省发生较重,广东、广西次之,西南玉米区也有少量发生。2018年Liu等^[6]使用Crouch等^[7]发表的Real-time PCR检测玉米南方锈菌的方法,将中国黄淮海地区发生的玉米锈病类型确定为玉米南方锈病。Ramirez-Cabral^[8]利用CLIMEX模型预测在气候变化下玉米锈病在全球的发生风险水平,结果显示玉米南方锈病在北半球呈蔓延趋势。

玉米南方锈病可引起玉米产量的较大损失。1949年玉米南方锈病在西非暴发流行,造成超过50%损失^[9];Melching等^[10]在1975年报道玉米南方锈病在美洲地区暴发流行,Rodriguez-Ardon等^[11]和Raid^[12]通过对玉米南方锈病的试验研究发现,玉米南方锈病严重时损失最高分别可达45%和39%。1972—1974年,该病害在美国大暴发,造成的产量损失达30%到50%^[13]。玉米南方锈病虽然在中国发现较晚,20世纪90年代以后该病在中国的发生逐渐开始北移,对中国多地玉米生产带来严重危害,成为夏玉米区的一种破坏性病害,流行时减产达10%以上^[14]。田耀加等^[15]对广州鲜食玉米调查后发现,玉米南方锈病除冬季休耕外持续危害玉米直至生长中后期,尤以7月和11月发生最严重,发病率近100%。

推广抗病品种是玉米南方锈病综合防治中最经济、环保、高效的措施,然而,已知抗玉米南方锈菌的抗病基因较少^[16-18]。了解玉米南方锈菌的变异是选育和利用抗病品种的前提。东非曾发现3个生理小种(EA1、EA2、EA3)^[19-21];Robert^[22]发现与EA1、EA2、EA3不同的6个小种(PP. 3、PP. 4、PP. 5、PP. 6、PP. 7、PP. 8);1965年Ullstrup^[23]在南非发现了第10个生理小种PP. 9;Casela等^[24]在巴西利用商用玉米品种鉴定出多个致病型。中国除叶忠川^[25]在台湾省发现13个生理小种外内地玉米南方锈病的变异情况尚不清晰。因为对中国各地区菌株的致病性分化和生理小种等情况不清楚,所以刘骏等^[5]对中国玉米南方锈病发生区域和玉米品种田间抗性所进行的研究无法综合考虑病菌致病性分化或生理小种存在地理性差异;袁红霞等^[26]在对田间玉米品种抗性水平评价时也曾表明综合多地区菌源会使评价结果更加科学。由于玉米南方锈菌的变异情况尚不清楚,不利于建立以选育抗病品种为核心、以农业防治和化学防治为辅助的综合防治体系^[27]。对玉米南方锈菌的寄生适合进行分析和供试玉米品

种进行抗性评价对于抗病品种科学布局和将来选育抗病品种都具有一定意义,因此本研究拟在缺乏玉米南方锈菌鉴别寄主体系的情况下,以不同地区获得的玉米南方锈菌为研究对象,采用田间试验的方法,在研究中国玉米南方锈菌寄生适合度的同时对试验品种进行抗性评价,以期致病型研究和品种科学布局提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试玉米品种共28个,分别为荃玉1233,贵卓玉9号,迪卡517,郑单958,隆平206,明天695,伟科702,登海3737,郑黄糯2号,登海685,天贵糯937,天贵糯932,美玉7号,美玉11号,浚单20,先玉335,联创808,登海605,裕丰303,鼎优919,粤甜28号,广糯2008,超甜银粟2号,华珍,甜糯8号,特优998,中农甜414,粤甜9号。

供试玉米南方锈菌菌种采自海南三亚、广东河源、广西桂林、广西河池、云南玉溪、湖南邵阳,其中:海南菌株经温室人工扩繁并收集夏孢子备用;其他地区菌株为直接从田间病株样品上刮取夏孢子备用。

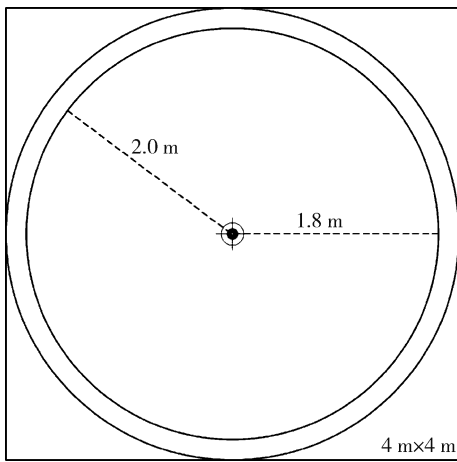
1.2 试验方法

1.2.1 田间试验设计

试验于2019年7—9月在河南省开封市中国农业大学开封实验站进行。2019年7月初播种玉米,播种前施足量有机肥,苗期注意除草防虫。每个试验小区为半径1.8和2.0m的同心圆环,将28个玉米品种每种2株依次按圆环种植(图1),并做好品种标记。在每个小区的中心种植5株感病品种郑单958,作为接种中心。每个处理重复3次,并设置无处理小区3个,作为空白对照,共21个试验小区,来至相同地区的菌源为1个处理,每个处理有3个圆形小区作为3个重复,每个处理之间种植2m保护行(品种:登海605,行距0.3m)。

1.2.2 田间接种

田间接种于玉米生长大喇叭口期进行。待接菌的玉米叶片先用百洁布擦除蜡质层,后将6个地区各收集到的2mg夏孢子用5‰浓度的Tween-20水溶液1L配制成孢子悬浮液,于傍晚喷雾接种于小区接种中心的感病品种叶片。接种后立即用保鲜膜覆盖叶片保湿,并全田喷灌,提高田间湿度,12h后去掉保鲜膜。



在半径 1.8 和 2.0 m 的同心圆环上种植 28 个玉米品种,并于 2 个圆环间插牌标记品种信息。

A total of 28 maize varieties are planted on concentric circles with radius 1.8 and 2.0 m dividually, and labels are used to mark maize information planted between the two circles.

图 1 玉米南方锈菌对玉米不同品种相对寄生适合度试验小区设计

Fig. 1 Plot design of the relative parasitic fitness of *Puccinia polysora* on different corn varieties

1.2.3 病情调查

9 月初,发病中心植株开始发病,15 d 后小区玉米品种轻度发病。为减少小区间交叉感染的影响,在发病初期时即对每株玉米每个叶片进行病情调查。病情等级划分采用袁红霞等^[26]评价玉米品种田间抗性的标准:0 级,未发病;1 级,叶片上有单孢子堆或少量孢子堆,面积少于 6%;3 级,发病轻,叶片孢子堆面积 6%~25%;5 级,中度发病,叶片孢子堆面积 26%~50%;7 级,中度发病,叶片孢子堆面积 51%~75%;9 级,发病叶片孢子堆面积 76%~100%甚至叶片枯死。

1.3 数据分析

试验区植株普遍发病后,系统性逐叶调查病情等级,根据病情指数公式:病情指数(DI) = $100 \times \sum(\text{各级病叶数} \times \text{各级代表值}) / (\text{调查总叶数} \times \text{最高级代表值})$,求得各接种区在每个玉米品种上的病情指数,再计算同一品种在 6 个接种区的病情指数平均值,以及同一接种区内 28 个品种的病情指数平均值。根据公式:相对病指 = 供试品种的病指/感病对照品种的病指,相对抗病性指数(IRR) = $1 - \text{相对病情指数}$,对品种进行抗性评价^[28]。抗病类型分为高抗 HR($0.80 \leq \text{IRR} \leq 1.00$)、中抗 MR($0.60 \leq$

$\text{IRR} < 0.80$)、中感 MS($0.40 \leq \text{IRR} < 0.60$)、高感 HS($\text{IRR} < 0.40$)^[26]。

相对寄生适合度参考曾士迈和王沛有发表的相对寄生适合度测定方法^[29];即玉米品种相对寄生适合度 = 供试玉米品种病情指数/最感病玉米品种病情指数,地区相对寄生适合度 = 各接种区病情指数/毒力最强接种区病情指数。根据相对寄生适合度(RPF)对玉米南方锈菌毒力等级进行划分($0.80 \leq \text{RPF} \leq 1.00$ 时为 HV; $0.60 \leq \text{RPF} < 0.80$ 时为 MV; $0.40 \leq \text{RPF} < 0.60$ 时为 MA; $\text{RPF} < 0.40$ 时为 HA),制定致病谱。

2 结果与分析

2.1 供试玉米品种抗性评价

依据各个鉴定品种在 6 个地区的平均病情指数和 IRR,对其进行抗性评价,结果见表 1。可知:登海 605、美玉 11 号、联创 808、裕丰 303、登海 685、粤甜 9 号对玉米南方锈病抗性均达到高抗(HR)级别,且登海 605 表现最好;中农 414、特优 998、天贵糯 932、天贵 937 的玉米南方锈病抗性较差,均为高感(HS)级别,其中天贵糯 937 抗病性最差,可做感病对照;其余玉米品种对玉米南方锈病的抗性水平居中间类型。

2.2 不同地区玉米南方锈菌在玉米品种上的相对寄生适合度分析

根据表 1 中 28 个不同玉米品种上的病情指数计算出对应的相对寄生适合度并分析致病谱(表 2)。可知:不同来源的玉米南方锈菌在同一玉米品种上的相对寄生适合度存在较大差异,以郑单 958、郑黄糯 2 号、美玉 7 号、裕丰 303 上为例。在郑单 958 上,云南玉溪地区的玉米南方锈菌的相对寄生适合度为 1.00(HV),而广东河源地区的玉米南方锈菌为 0.25(HA);在郑黄糯 2 号上,海南三亚地区的玉米南方锈菌的相对寄生适合度为 0.87(HV),而广西桂林、云南玉溪地区的分别为 0.12(HA)、0.07(HA);在美玉 7 号上,海南三亚地区的玉米南方锈菌的相对寄生适合度为 0.87(HV),而湖南邵东地区的为 0.07(HA);在裕丰 303 上,湖南邵东地区的玉米南方锈菌的相对寄生适合度为 0.66(MV),而广西桂林、云南玉溪地区的分别为 0.00(HA)、0.10(HA)。不同地区玉米南方锈菌在同一品种上存在相对寄生适合度差异表明中国玉米南方锈菌不同群体存在致病性分化。

相较于其他地区的菌株,广西河池菌株的相对寄生适合度为1,其存活、繁殖和传播能力最强,说明其致病性最强;广西桂林菌株的相对寄生适合度为0.52,两地间的相对寄生适合度相差较大。海南

三亚、云南玉溪、湖南邵东的菌株相对寄生适合度分别为0.79、0.78和0.78,较为接近,各地菌株相对寄生适合度存在差异,也有一些地区菌株相对寄生适合度相似。

表1 不同地区来源玉米南方锈菌在不同玉米品种上的病情指数

Table 1 Disease index of maize varieties infected by *Puccinia polysora* from different regions

品种 Variety	海南三亚 Sanya Hainan	广西河池 Hechi Guangxi	广西桂林 Guilin Guangxi	湖南邵东 Shaodong Hunan	云南玉溪 Yuxi Yunnan	广东河源 Heyuan Guangdong	平均 AVG2
荃玉 1233 Quanyu 1233	17.09	23.08	11.54	27.35	10.26	14.10	17.24(MR)
贵卓玉 9 号 Guizhuoyu 9	12.96	22.59	12.22	9.78	14.44	13.33	14.22(MR)
迪卡 517 Dika 517	19.44	13.49	17.46	16.40	10.24	14.29	15.22(MR)
郑单 958 Zhengdan 958	24.21	17.46	20.24	17.86	57.14	10.71	24.60(MS)
隆平 206 Longping 206	13.33	23.12	17.11	9.10	33.33	8.31	17.38(MR)
明天 695 Mingtian 695	0.00	36.90	16.67	18.65	9.52	14.29	16.01(MR)
伟科 702 Weike 702	13.85	17.04	19.26	9.70	35.56	14.81	18.37(MR)
登海 3737 Denghai 3737	13.70	13.11	12.96	8.15	21.11	21.78	15.14(MR)
郑黄糯 2 号 Zhenghuangnuo 2	37.61	19.37	12.82	4.70	38.46	20.09	22.18(MS)
登海 685 Denghai 685	18.89	26.00	7.41	21.11	0.00	6.67	13.35(HR)
天贵糯 937 Tianguinuo 937	35.33	30.91	35.47	48.72	32.05	21.23	33.95(—)
天贵糯 932 Tianguinuo 932	34.98	21.68	26.92	29.49	50.00	24.47	31.26(HS)
美玉 7 号 Meiyu 7	32.78	26.79	4.17	31.25	4.17	26.54	20.95(MS)
美玉 11 号 Meiyu 11	8.97	19.66	4.62	7.69	3.85	14.10	9.81(HR)

表 1(续)

品种 Variety	海南三亚 Sanya Hainan	广西河池 Hechi Guangxi	广西桂林 Guilin Guangxi	湖南邵东 Shaodong Hunan	云南玉溪 Yuxi Yunnan	广东河源 Heyuan Guangdong	平均 AVG2
浚单 20 Jundan 20	27.45	26.85	17.50	16.67	9.26	42.20	23.32(MS)
先玉 335 Xianyu 335	18.98	23.61	11.11	18.06	12.50	21.53	17.63(MR)
联创 808 Lianchuang 808	17.95	23.08	0.00	14.10	5.13	8.97	11.54(HR)
登海 605 Denghai 605	8.46	9.60	0.00	15.15	6.06	4.55	7.30(HR)
裕丰 303 Yufeng 303	10.83	21.30	0.00	31.94	5.56	9.72	13.22(HR)
鼎优 919 Dingyou 919	15.84	34.52	10.71	28.57	16.07	18.25	20.66(MS)
粤甜 28 号 YueTian28	17.24	31.20	7.69	7.69	15.38	20.09	16.55(MR)
广糯 2008 Guangnuo 2008	18.98	37.41	8.89	26.67	18.52	15.19	20.94(MS)
超甜银粟 2 号 Sweet corn 2	17.06	34.52	9.52	21.43	20.24	28.17	21.82(MS)
华珍 Huazheng	14.36	33.33	14.44	12.96	24.44	36.67	22.70(MS)
甜糯 8 号 Tiannuo 8	18.10	43.33	26.92	23.08	32.69	11.15	25.88(MS)
特优 998 Teyou 998	36.11	33.53	18.06		26.39	36.81	30.18(HS)
中农甜 414 Zhongnongtian 414	33.64	26.54	12.96	43.83	33.33	20.37	28.45(HS)
粤甜 9 号 Yuetian 9	20.24	19.84	8.93	11.90	7.14	13.10	13.53(HR)
平均 AVG1	19.94	23.08	13.06	19.70	19.74	18.27	

注:AVG1 代表同一地区菌株在 28 个玉米品种上的平均病情指数;AVG2 代表 6 个地区菌株在同一品种上的平均病情指数和抗性评价;—表示该品种作为感病对照。

Note: AVG1, DI of region on 28 corn varieties; AVG2, DI and resistance evaluation of the same variety in 6 regions. — indicates this variety is susceptible to the infection contrast.

表2 不同地区玉米南方锈菌在不同玉米品种上的相对寄生适合度
Table 2 Relative parasitic fitness of Southern Maize Rust in different regions

品种 Variety	海南三亚 Sanya Hainan	广西河池 Hechi Guangxi	广西桂林 Guilin Guangxi	湖南邵东 Shaodong Hunan	云南玉溪 Yuxi Yunnan	广东河源 Heyuan Guangdong
荃玉 1233 Quanyu 1233	0.45(MA)	0.53(MA)	0.33(HA)	0.56(MA)	0.18(HA)	0.33(HA)
贵卓玉 9 号 Guizhuoyu 9	0.34(HA)	0.52(MA)	0.34(HA)	0.20(HA)	0.25(HA)	0.32(HA)
迪卡 517 Dika 517	0.52(MA)	0.31(HA)	0.49(MA)	0.34(HA)	0.18(HA)	0.34(HA)
郑单 958 Zhengdan 958	0.64(MV)	0.40(MA)	0.57(MA)	0.37(HA)	1.00(—)	0.25(HA)
隆平 206 Longping 206	0.35(HA)	0.53(MA)	0.48(MA)	0.19(HA)	0.58(MA)	0.20(HA)
明天 695 Mingtian 695	0.00(HA)	0.85(HV)	0.47(MA)	0.38(HA)	0.17(HA)	0.34(HA)
伟科 702 Weike 702	0.37(HA)	0.39(HA)	0.54(MA)	0.20(HA)	0.62(MV)	0.35(HA)
登海 3737 Denghai 3737	0.36(HA)	0.30(HA)	0.37(HA)	0.17(HA)	0.37(HA)	0.52(MA)
郑黄糯 2 号 Zhenghuangnuo 2	1.00(—)	0.45(MA)	0.36(HA)	0.10(HA)	0.67(MV)	0.48(MA)
登海 685 Denghai 685	0.50(MA)	0.60(MV)	0.21(HA)	0.43(MA)	0.00(HA)	0.16(HA)
天贵 937 Tianguinuo 937	0.94(HV)	0.71(MV)	1.00(—)	1.00(—)	0.56(MA)	0.50(MA)
天贵糯 932 Tianguinuo 932	0.93(HV)	0.50(MA)	0.76(MV)	0.61(MV)	0.88(HV)	0.58(MA)
美玉 7 号 Meiyu 7	0.87(HV)	0.62(MV)	0.12(HA)	0.64(MV)	0.07(HA)	0.63(MV)
美玉 11 号 Meiyu 11	0.24(HA)	0.45(MA)	0.13(HA)	0.16(HA)	0.07(HA)	0.33(HA)
浚单 20 Jundan 20	0.73(MV)	0.62(MV)	0.49(MA)	0.34(HA)	0.16(HA)	1.00(—)
先玉 335 Xianyu 335	0.50(MA)	0.54(MA)	0.31(HA)	0.37(HA)	0.22(HA)	0.51(MA)

表 2(续)

品种 Variety	海南三亚 Sanya Hainan	广西河池 Hechi Guangxi	广西桂林 Guilin Guangxi	湖南邵东 Shaodong Hunan	云南玉溪 Yuxi Yunnan	广东河源 Heyuan Guangdong
联创 808 Lianchuang 808	0.48(MA)	0.53(MA)	0.00(HA)	0.29(HA)	0.09(HA)	0.21(HA)
登海 605 Denghai 605	0.22(HA)	0.22(HA)	0.00(HA)	0.31(HA)	0.11(HA)	0.11(HA)
裕丰 303 Yufeng 303	0.29(HA)	0.49(MA)	0.00(HA)	0.66(MV)	0.10(HA)	0.23(HA)
鼎优 919 Dingyou 919	0.42(MA)	0.80(HV)	0.30(HA)	0.59(MA)	0.28(HA)	0.43(MA)
粤甜 28 号 Yuetian28	0.46(MA)	0.72(MV)	0.22(HA)	0.16(HA)	0.27(HA)	0.48(MA)
广糯 2008 Guangnuo 2008	0.50(MA)	0.86(HV)	0.25(HA)	0.55(AM)	0.32(HA)	0.36(HA)
超甜银粟 2 号 Sweet corn 2	0.45(MA)	0.80(HV)	0.27(HA)	0.44(MA)	0.35(HA)	0.67(MV)
华珍 Huazheng	0.38(HA)	0.77(MV)	0.41(MA)	0.27(HA)	0.43(MA)	0.87(HV)
甜糯 8 号 Tiannuo 8	0.48(MA)	1.00(—)	0.76(MV)	0.47(MA)	0.57(MA)	0.26(HA)
特优 998 Teyou 998	0.96(HV)	0.77(MV)	0.51(MA)		0.46(MA)	0.87(HV)
中农甜 414 Zhongnongtian 414	0.89(HV)	0.61(MV)	0.37(HA)	0.90(HV)	0.58(MA)	0.48(MA)
粤甜 9 号 Yuetian 9	0.54(MA)	0.46(MA)	0.25(HA)	0.24(HA)	0.13(HA)	0.31(HA)
RPF AVG1	0.79(MV)	1.00(—)	0.52(MA)	0.78(MV)	0.78(MV)	0.72(MV)

注：RPF AVG1 代表不同地区相对寄生适合度；— 表示该品种作为感病对照。

Note: RPF AVG1, comparison of RPF in different regions. — indicates this variety is susceptible to the infection contrast.

3 讨论与结论

相对寄生适合度可用于比较玉米南方锈菌群体内不同生理小种在不同寄主品种上的数量波动和寄生适合程度,测定值表示在一定的时间和空间条件下某个生理小种相对于其它小种的存活、繁殖和传播能力。根据同一玉米品种上存在的对不同菌株出

现相对寄生适合度分化为 HV 和 HA 的现象推测玉米南方锈菌存在致病性分化,因此判断在中国的玉米南方锈菌可能存在多个致病型。在本试验中致病谱是病菌对寄主的选择寄生范围,致病谱不一致也说明病菌致病性存在分化,各地区致病型种群结构存在差异。叶忠川^[25]1986 年曾报道在中国台湾省存在不同的生理小种,但中国其他地区未有玉米

南方锈病在寄生适合度和致病性分化等方面的研究报道。进一步研究可借鉴 Casela 等^[24]对巴西存在多个毒力类型进行研究的方法,即地区性相对寄生适合度较高(HV)对应玉米品种中选取高抗玉米品种(HR),可作为区别致病型的玉米品种。本研究有关玉米品种的抗性结论与刘骏等^[5]和袁红霞等^[26]测定的结果抗性存在部分不一致,即品种的抗病性会因为菌系不同而变化,原因可能是本研究采用了不同地区来源的玉米南方锈菌,各地区的种群结构存在差异,因而本试验综合多地区菌源进行抗性评价更加科学。相对寄生适合度需要鉴别寄主体系对菌株进行鉴定,但现今没有将单一抗病基因的玉米自交系作为成熟鉴别寄主体系,只能采用不同地区来源的菌株在不同玉米品种上接种作为初步探索,所以本研究也存在一定局限性。然而,在还没有成熟鉴别寄主体系的情况下,借鉴国外方法探明各地区菌株的致病型种类和致病型的地理分布,对玉米南方锈病广谱抗病品种选育仍具有一定意义。

相对寄生适合度的比较分析可推测中国玉米南方锈菌存在致病性分化,各地区致病型种群结构存在差异,不同地区的玉米南方锈菌其致病性由强到弱依次为广西河池、海南三亚、云南玉溪、湖南邵东、广东河源、广西桂林。其次,不同玉米品种的抗病性由强到弱依次是登海 605、美玉 11 号、联创 808、登海 685、贵卓玉 9 号、明天 695、裕丰 303、荃玉 1233、迪卡 517、登海 3737、隆平 206、粤甜 28 号、粤甜 9 号、先玉 335、伟科 702、鼎优 919、广糯 2008、美玉 7 号、超甜银粟 2 号、郑黄糯 2 号、浚单 20、华珍、甜糯 8 号、郑单 958、中农甜 414、特优 998、天贵糯 932 和天贵糯 937,致病性最强的菌株来自广西河池,抗病性最好的品种是登海 605。

参考文献 References

- [1] Scott G E, King S B, Armour J W. Inheritance of resistance to southern corn rust in maize populations[J]. *Crop Science*, 1984, 24(2): 265-267
- [2] 田耀加, 赵守光, 张晶, 王秋艳, 黄亮华, 陈红弟. 中国玉米锈病研究进展[J]. 中国农学通报, 2014, 30(4): 226-231
Tian Y J, Zhao S G, Zhang J, Wang Q Y, Huang L H, Chen H D. Research progress on corn rust in China[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2014, 30(4): 226-231 (in Chinese)
- [3] 刘章雄, 王守才. 玉米锈病研究进展[J]. 玉米科学, 2003, 11(4): 76-79
- [4] Liu Z X, Wang S C. Research progress on corn rust[J]. *Journal of Maize Science*, 2003, 11(4): 76-79 (in Chinese)
- [4] 段定仁, 何宏珍. 海南岛玉米上的多堆柄锈菌[J]. 真菌学报, 1984, 3(2): 63-64
- [5] Duan D R, He H Z. Description of a rust *Puccinia polysora* on Hainan Island[J]. *Mycosystema*, 1984, 3(2): 63-64 (in Chinese)
- [5] 刘骏, 马青, 于凯, 王小明. 我国玉米南方锈病发生区域和玉米品种田间抗性的研究[J]. 作物杂志, 2009(3): 71-75
- [6] Liu J, Ma Q, Yu K, Wang X M. Distribution of southern resistance to corn rust and corn varieties the rust in China[J]. *Crops*, 2009(3): 71-75 (in Chinese)
- [6] Liu X F, Xu J Y, Gu Y L, Sun, Q Y, Ma Z H. Occurrence of *Puccinia polysora* causing southern corn rust in the northeast Huanghuaihai region of China[J]. *Plant Disease*, 2018, 102(4): PDI05-17-0646
- [7] Crouch J, Szabo L J. Real-time PCR detection of the Southern corn rust pathogen *Puccinia polysora* [J]. *Meeting of the American-phytopathological-society*, 2010, 95(6)624 - 632
- [8] Ramirez-Cabral N, Kumar L, Shabani F. Global risk levels for corn rusts (*Puccinia sorghi* and *Puccinia polysora*) under climate change projections[J]. *Journal of Phytopathology*, 2017, 165(9): 563-574
- [9] Rhind D, Waterson J M, Deighton F C. Occurrence of *Puccinia polysora* Underw in West Africa[J]. *Nature*, 1952, 169: 631-632
- [10] Melching J S. Corn rusts: Types, races, and destructive potential [J]. *Proceedings of the 30th Annual Corn and Sorghum*. 1975: 90-115
- [11] Rodriguez-ardon R, Scott G E, King S B. Maize yield losses caused by southern corn rust[J]. *Crop Science*, 1980, 20(6): 812-814
- [12] Raid R N. Characterization of *Puccinia polysora* epidemics in Pennsylvania and Maryland[J]. *Phytopathology*, 1988, 78(5): 579-585
- [13] Futrell M C, Hooker A L, Scott G E. Resistance in maize to corn rust controlled by a single dominant[J]. *Crop Science*, 1975, 15: 597-599
- [14] Jiang K, Du Q, Qin Z H, Chen M G, Li S C, Sun S L, Wu X F, Guo Y Y, Shi Y S, Lin X H, Wang X M. Identification of resistance to southern corn rust (*Puccinia polysora* underw) in maize germplasm[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2013, 14(4): 711-714 (in Chinese)
- [15] 田耀加, 赵守光, 张晶, 王秋艳, 陈红弟. 鲜食玉米南方锈病发生动态及药剂防控[J]. 植物保护, 2016, 42(6): 177-180, 196
Tian Y J, Zhao S G, Zhang J, Wang Q Y, Chen H D. Occurrence dynamic and chemical control of southern rust on fresh corn[J]. *Plant Protection*, 2016, 42(6): 177-180, 196 (in Chinese)
- [16] 陈翠霞, 赵延兵, 刘保申, 叶金才, 王斌, 王振林. 不同玉米

- 自交系南方锈病的抗性评价[J]. 作物学报, 2004, 30(10): 1053-1055
- Chen C X, Zhao Y B, Liu B S, Ye J C, Wang B, Wang Z L. Identification of disease resistance in different maize inbred lines to *Puccinia polysora* Underw [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2004, 30(10): 1053-1055
- [17] 陈翠霞, 杨典洱, 于元杰, 孙学振, 王斌, 王振林. 南方玉米锈病及其抗性鉴定[J]. 植物病理学报, 2003, 33(1): 86-87
- Chen C X, Yang D E, Yu Y J, Sun X Z, Wang B, Wang Z L. Studies on southern corn rust and its resistance [J]. *Acta Phytopathologica Sinica*, 2003, 33(1): 86-87 (in Chinese)
- [18] 张发军, 孟昭东, 穆春华, 李文才, 孙琦, 丁照华, 汪黎明, 王洪刚. 抗南方锈病玉米自交系的筛选及评价[J]. 山东农业科学, 2008(9): 77-79
- Zhang F J, Meng Z D, Mu C H, Li W C, Sun Q, Ding Z H, Wang L M, Wang H G. Selection and identification of maize inbred lines resisting southern corn rust [J]. *Shandong Agricultural Science*, 2008(9): 77-79 (in Chinese)
- [19] Storey H H, Ryland A K. Resistance to the maize rust, *Puccinia polysora* [J]. *Nature*, 1954, 173(4408): 778-779
- [20] Ryland A K, Storey H H. Physiological races of *Puccinia polysora* Underw [J]. *Nature*, 1955, 176(4483): 655-656
- [21] Storey H H, Howland A K. Resistance in maize to the tropical American rust fungus, *Puccinia polysora* [J]. *Heredity*, 1959, 13(1): 61-65
- [22] Robert A L. Host ranges and races of the corn rusts [J]. *Phytopathology*, 1962, 52: 1010-1012
- [23] Ullstrup A J. Inheritance and linkage of a gene determining resistance in maize to an American race of *Puccinia polysora* [J]. *Phytopathology*, 1965
- [24] Casela C R, Ferreira A S. Variability in isolates of *Puccinia polysora* in Brazil [J]. *Fitopatologia Brasileira*, 2002, 27(4): 414-416.
- [25] 叶忠川. 玉米锈病之研究 [J]. 中华农业研究, 1986, 35(1): 81-93
- Ye Z C. Research of corn rust [J]. *Chinese Agricultural Research*, 1986, 35(1): 81-93 (in Chinese)
- [26] 袁虹霞, 邢小萍, 李朝海, 张丹丹, 段鹏飞, 闽迎辉, 李洪连. 不同玉米品种对南方锈病的抗性比较 [J]. 玉米科学, 2010(2): 113-111
- Yuan H X, Xing X P, Li C H, Zhang D D, Duan P F, Min Y H, Li H L. Resistance comparisons to southern corn rust in different corn varieties [J]. *Journal of Maize Science*, 2010(2): 113-11 (in Chinese)
- [27] 罗守进. 玉米锈病的研究 [J]. 农业灾害研究, 2011(2): 15-20
- Luo S J. Study on Corn Rust [J]. *Journal Of Agricultural Catastrophology*, 2011(2): 19-24 (in Chinese)
- [28] 曾士迈, 王沛有, 张万义. 相对抗病性指数: 小麦抗锈性定量鉴定方法改进之一 [J]. 植物病理学报, 1981(3): 9-14
- Zeng S M, Wang P Y, Zhang W Y. Relative disease resistance index: one of the improvement of quantitative identification method of wheat rust resistance [J]. *Acta Phytopathologica Sinica*, 1981(3): 9-14 (in Chinese)
- [29] 曾士迈, 王沛有. 寄生适合度测定方法的初步研究 [J]. 中国农业大学学报, 1990(S1): 163-169
- Zeng S M, Wang P Y. A Preliminary Study on the Method of parasitic fitness in the cultivar-race combinations of wheat stripe rust [J]. *Journal of China Agricultural University*, 1990(S1): 163-169 (in Chinese)

责任编辑: 杨爱东