

小麦品种里勃留拉和咸农4号苗期 抗条锈性特点分析

李 强,姚秋燕,井金学,王保通,李高宝

(西北农林科技大学 植保学院与陕西省农业分子生物学重点实验室,陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】明确甘肃陇南小麦条锈病常发易变区典型的持久抗病性品种里勃留拉和咸农4号苗期的抗条锈性特点及抗性机制。【方法】在抗性谱测定的基础上,采用CY21、CY23、CY27、CY29、CY30、CY31、CY32、Su-11、Su-14等9个条锈菌菌系,分别测定其苗期潜育期、侵染频率、夏孢子堆长度、产孢强度、产孢期以及严重度,同时将CY27:CY30、CY27:CY31、CY27:CY32、CY31:Su-4、CY30:Su-11等5个等量混合菌系组合分别在里勃留拉和咸农4号上继代培养6代,测定各小种在组合中的比例变化。【结果】里勃留拉的抗性谱较宽,抗病性在小种间差异明显,而咸农4号对除CY18、CY22外的小种均感病;两者的抗病性组分在品种间、小种间以及品种×小种互作时均有显著差异;里勃留拉对不同菌系有较强的选择作用,而咸农4号的选择作用较弱。【结论】里勃留拉和咸农4号均具有不同程度的苗期抗病性,咸农4号对小种的聚合作用大于里勃留拉。

【关键词】 小麦;条锈病;持久抗病性;里勃留拉;咸农4号

【中图分类号】 S435.121.4⁺2;S432.2⁺3 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2008)12-0077-06

Analysis on resistance to stripe rust of wheat varieties Libellula and Xiannong 4 at seeding stage

LI Qiang, YAO Qiu-yan, JING Jin-xue, WANG Bao-tong, LI Gao-bao

(College of Plant Protection and Shaanxi Key Laboratory of Molecular Biology for Agriculture,
Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】 Libellula and Xiannong 4 are classic durable resistant varieties in Southern Region of Gansu Province where wheat stripe rust is serious. The study was done in order to reveal their seedling resistant characteristics and mechanism. 【Method】 On the basis of determining their resistant spectrum, CY21, CY23, CY27, CY29, CY30, CY31, CY32, Su-11, Su-14 were used to investigate the resistant components at seeding stage, such as latent period, infection efficiency, uredinium length, sporulation capacity, period of spore production and severity. Also, two equal weight races' mixture CY27:CY30, CY27:CY31, CY27:CY32, CY31:Su-4, CY30:Su-11 were continued to reproduce six generations of Libellula and Xiannong 4 respectively, and the ration changes of each race were tested. 【Result】 Libellula had different resistance to different races and Xiannong 4 was susceptible to all the races except CY18 and CY22. Resistant components had significant variances among different cultivars, races and cultivar×race. And Libel-

* [收稿日期] 2007-12-06

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD08A05);陕西省“13115”科技创新工程重大科技专项(2006K02-G10-01);教育部长江学者和创新团队发展计划项目(No. 200558);高等学校学科创新引智计划项目(No. B07049)

[作者简介] 李 强(1975—),男,陕西眉县人,助理研究员,博士,主要从事小麦品种抗条锈病机制研究。

E-mail: qiangli@nwsuaf.edu.cn

[通讯作者] 井金学(1950—),男,陕西铜川人,教授,博士生导师,主要从事小麦条锈病和植物抗病性遗传研究。

E-mail: jingjinxue@163.com

lula had strong selection on different races, while the selection of Xiannong 4 was weaker than that of Libellula. 【Conclusion】 Libellula and Xiannong 4 had different certain seeding resistances to rust, and Xiannong 4 could converge more races than Libellula.

Key words: wheat; stripe rust; durable resistance; Libellula; Xiannong 4

小麦条锈病是由小麦条锈菌(*Puccinia striiform* West. f. sp. *tritici*)引起的气流传播性病害,遍及世界各主要麦区,也是中国小麦最重要的病害之一。国内外的研究和生产实践证明,培育和利用抗病品种是控制该病最为经济、有效和对环境安全的措施。但是,由于小麦条锈菌的高度变异性和抗源的单一化,品种抗病性很容易被病菌新小种所克服,一般3~5年便会“丧失”抗病性^[1]。品种抗病性“丧失”的问题,已经成为亟待解决的世界性难题。因此,持久抗病性品种的研究和利用受到越来越多研究者的关注^[2-4]。里勃留拉和咸农4号已在甘肃陇南小麦条锈病常发易变区大面积种植了20余年,虽历经10余个小麦条锈菌新小种的考验,但抗病性至今依然十分稳定,是典型的持久抗病性品种^[5]。周祥椿等^[5-6]研究认为,里勃留拉具有水平抗病性的特点,而咸农4号则表现为耐病性。袁文焕等^[7-8]、王保通等^[9]、谢鸣等^[10]研究认为,里勃留拉、咸农4号具有典型的慢锈性特点。综观以上研究,多集中于对其成株期抗病性特点的描述,而关于苗期抗病性的研究报道很少。本研究在抗性谱测定的基础上,对里勃留拉和咸农4号苗期的抗病性组分及对不同菌系的选择作用进行了探索,以期进一步明确其持久抗条锈病机制,从而为其合理利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 小麦品种 里勃留拉、咸农4号和高感对照辉县红,均由甘肃省天水农业学校提供。

1.1.2 供试条锈菌系 CY18、CY19、CY21、CY22、CY23、CY25、CY27、CY28、CY29、CY30、CY31、CY32、Su-4、Su-11、Su-14 15个生理小种的单孢菌系,由西北农林科技大学植物免疫学研究室提供。经鉴别寄主鉴定无误后在辉县红上扩繁,收集新鲜夏孢子备用。

1.1.3 供试菌系组合 将CY27、CY30、CY31、CY32、Su-4、Su-11的单孢菌系按CY27:CY30、CY27:CY31、CY27:CY32、CY31:Su-4、CY30:Su-11组合两两等量混合。

1.2 试验方法

1.2.1 抗性谱测定 选取里勃留拉、咸农4号和辉

县红的健康饱满籽粒,先用体积比1:100的H₂O₂浸种24 h,萌芽后播种在花盆中,每盆20~25粒。待第一叶展平,第二叶心叶露出时,采用涂抹法接种,每处理2盆。接种后立即在7~12℃黑暗条件下保湿24 h,令夏孢子萌发侵染。然后转入昼温15~19℃,夜温10~14℃的低温温室内潜育发病。待感病对照辉县红发病充分时按0,0;1,2,3,4等6级标准进行调查。

1.2.2 抗病性组分测定 根据抗性谱测定结果,选用对里勃留拉和咸农4号反应型均表现感病的菌系,进行抗病性组分测定。接种苗的培育及接种后的培养条件同1.2.1。接种时各花盆保留大小均一的幼苗20株,将等量的各菌系按1:20的质量比分别加入等量滑石粉混匀后,进行定量接种,每菌系3次重复。

调查记载方法:①潜育期。从接种后第7天开始观察发病情况,自第1个夏孢子堆开裂开始,每天系统调查记录新发病叶片数,直到连续3天观察不到新发病叶片数为止;②侵染频率。指单位接种叶面积夏孢子堆数,显症后每日用手持放大镜检查1次,计数叶面夏孢子堆数目,至夏孢子堆数停止增加时为止;③夏孢子堆长度。待病苗发病充分后,每处理取10个叶片,在显微镜下用测微尺每叶片随机测10个孢子堆,计算平均孢子堆长度;④产孢强度。即单位叶面积产孢量,由潜育期结束后第3天开始,每处理取10片发病较好的叶片每日定时收集菌种,连续收集10 d,结合叶面积计算产孢强度;⑤产孢期。指由叶面上第1个夏孢子堆开裂至最后1个夏孢子堆死亡的天数,每品种固定10片叶逐日观察;⑥严重度。待辉县红发病充分时,根据发病面积占整个叶面积的百分率,按照1%,5%,10%,20%,30%,40%,50%,60%,70%,80%,90%和100%等12级标准进行调查。采用DPS数据处理系统,对调查所得数据进行统计与分析^[11]。

1.2.3 里勃留拉、咸农4号对不同菌系的选择作用 供试各菌系组合分别接种里勃留拉、咸农4号,继代转接6代,从第4代起逐代测定各组合内各小种的频率变化。选用对两个菌系反应型有较大差别的2个鉴别品种组成简易鉴别寄主。每代收集等量夏孢子粉,分为2份,其中1份用于里勃留拉、咸农4

号继代转接,另 1 份分别接种简易鉴别寄主,每鉴别寄主 200 株。待发病充分时单株调查反应型,根据各小种在鉴别品种上相应的反应型株数,计算其频率变化^[12]。

2 结果与分析

2.1 里勃留拉、咸农 4 号苗期的抗性谱

里勃留拉和咸农 4 号、耀县红对 15 个生理小种

表 1 里勃留拉和咸农 4 号苗期的抗性谱

Table 1 Resistant spectrum of Libellula and Xiannong4 at seeding stage

品种 Cultivar	里勃留拉 Libellula	咸农 4 号 Xiannong 4	辉县红 Huixianhong	品种 Cultivar	里勃留拉 Libellula	咸农 4 号 Xiannong 4	辉县红 Huixianhong
CY18	0; ,2	2,3	3,4	CY29	3,4	4	4
CY19	2,3	3	4	CY30	3	4,3	4
CY21	3	3	4	CY31	4	4	4
CY22	2,3	2,4	3,4	CY32	4	4	4
CY23	3	4	4	Su-4	3,2	4	4
CY25	2,0;	3	4	Su-14	3	4	4
CY27	3	4	3,4	Su-11	3	4	4
CY28	3	3,4	4				

2.2 里勃留拉、咸农 4 号抗病性组分的测定

里勃留拉、咸农 4 号及对照辉县红苗期的抗病

抗性谱的测定结果如表 1 所示。由表 1 可见,里勃留拉苗期对 CY18、CY25 表现免疫-中抗,反应型为 0;、2;对 CY19、CY22、Su-4 表现中抗-中感,反应型为 2,3 或 3,2,对其余小种均表现中感或高感,反应型为 3 或 4。咸农 4 号苗期对 CY18、CY22 表现中抗-感病;对其他小种的反应型均与高感对照辉县红相似,为 3 或 4 型。

性组分测定结果如表 2 所示。

表 2 里勃留拉和咸农 4 号苗期的抗病性组分

Table 2 Resistant components of Libellula and Xiannong 4 at seeding stage

品种 Cultivar	菌系 Race	潜育期/d Latent period	侵染频率/ (个·cm ⁻²) Infection efficiency	孢子堆长度/ μ m Uredinium length	产孢强度/ (mg·cm ⁻²) Sporulation capacity	产孢期/d Period of spore production	严重度/% Severity
里勃留拉 Libellula	CY21	16.0 bcd	80.2 e	283.7 e	0.018 e	20.5 bc	5.39 cd
	CY23	17.0 ab	87.4 de	294.6 de	0.033 d	17.0 d	5.53 cd
	CY27	17.0 ab	120.5 c	285.9 e	0.010 f	20.0 c	3.84 d
	CY29	16.0 bcd	135.7 b	335.1 b	0.222 b	19.5 c	6.62 cd
	CY30	16.5 abc	142.6 b	327.5 bc	0.013 ef	18.0 d	13.78 bc
	CY31	15.5 cd	136.0 b	332.5 b	0.417 a	22.0 a	17.92 b
	CY32	15.0 d	154.6 a	365.3 a	0.416 a	21.6 ab	30.96 a
	Su-11	17.5 a	95.5 d	305.0 cde	0.030 d	20.5 bc	4.47 cd
	Su-14	15.5 cd	112.0 c	352.5 bcd	0.075 c	22.5 a	18.44 b
咸农 4 号 Xiannong 4	CY21	14.5 abc	135.3 e	320.3 d	0.021 h	17.0 f	24.57 d
	CY23	15.0 ab	121.6 f	317.0 d	0.100 e	22.0 d	30.25 cd
	CY27	15.5 a	156.8 d	354.5 c	0.111 e	24.0 c	29.83 cd
	CY29	14.5 abc	177.3 c	390.1 b	0.033 g	20.5 e	35.97 bc
	CY30	14.0 bc	184.2 c	380.0 bc	0.476 c	27.5 a	36.40 bc
	CY31	13.5 cd	207.5 b	355.0 c	0.444 d	21.0 de	40.34 bc
	CY32	12.5 d	220.1 a	417.5 a	0.637 a	25.0 bc	53.80 a
	Su-11	15.0 ab	197.5 b	365.0 bc	0.535 b	25.5 b	34.86 bc
	Su-14	14.5 abc	180.0 c	371.4 bc	0.061 f	24.5 bc	44.69 ab
辉县红 Huixianhong	CY21	13.5 ab	190.0 c	412.5 d	0.375 g	24.0 d	43.62 a
	CY23	13.0 bc	201.5 bc	443.0 bc	0.463 e	26.0 c	50.56 a
	CY27	14.5 a	198.8 bc	433.3 cd	0.417 f	26.5 c	50.03 a
	CY29	13.5 ab	211.0 ab	476.1 a	0.605 a	29.5 a	47.59 a
	CY30	14.0 a	210.8 ab	450.0 bc	0.508 d	28.0 b	48.90 a
	CY31	12.0 c	206.0 ab	480.3 a	0.530 c	29.5 a	52.44 a
	CY32	12.0 c	215.0 a	461.0 abc	0.483 e	26.5 c	46.41 a
	Su-11	13.5 ab	192.6 c	455.3 abc	0.583 b	27.0 bc	44.89 a
	Su-14	12.5 bc	192.0 c	467.5 ab	0.294 h	29.5 a	45.03 a

注:表中数据为平均值,a,b,c,d,e,f 为 0.05 水平的差异性。

Notes: The data were average values,a,b,c,d,e,f significant at 0.05 levels respectively.

2.2.1 潜育期 表 2 结果表明,品种间、小种间以及品种×小种互作时潜育期差异显著。里勃留拉以 Su-11 的潜育期最长,与 CY21、CY29、CY31、CY32、Su-14 差异显著;以 CY32 的潜育期最短,与 CY23、CY27、CY30、Su-11 差异显著。咸农 4 号以 CY27 的潜育期最长,与 CY30、CY31、CY32 差异显著;以 CY32 的潜育期最短,与 CY31 之外的其他小种差异显著。

2.2.2 侵染频率 表 2 结果表明,品种间、小种间以及品种×小种互作时,侵染频率均有显著差异。里勃留拉以 CY32 的侵染频率最大,CY21 最小,与除 CY23 之外的其他小种的差异均达显著水平;咸农有 4 号以 CY32 的侵染频率最大,CY23 最小,与其余小种均差异显著。

2.2.3 夏孢子堆长度 表 2 结果表明,品种间、小种间以及品种×小种互作时,夏孢子堆长度均差异显著。对里勃留拉,以 CY32 的夏孢子堆长度最大,与其他小种差异显著;以 CY21 最小,与 CY29、CY30、CY31、CY32、Su-14 差异显著。对咸农 4 号,以 CY32 的夏子孢堆长度最大,与其他小种差异显著;以 CY23 最小,与 CY21 之外的其他小种均有显著差异。

2.2.4 产孢强度 表 2 结果表明,品种间、小种间以及品种×小种互作时产孢强度均差异显著。对里勃留拉,除 CY31 和 CY32、CY27 和 CY30、CY21 和 CY30 之间差异不显著外,其余小种间的差异均达显著水平。对咸农 4 号,除 CY23 和 CY27 外,其余小种间均差异显著。

2.2.5 产孢期 表 2 结果表明,品种间、小种间以及品种×小种互作时,产孢期均有差异显著。对里勃留拉,以 Su-14 的产孢期最长,CY23 最短,分别与 CY31、CY32 和 CY30 之外的其余小种均有显著差异。对咸农 4 号,以 CY30 的产孢期最长,CY21 最短,与其他小种间差异均达显著水平。

2.2.6 严重度 表 2 结果表明,品种间、小种间以及品种×小种互作的严重度差异显著。对里勃留拉,以 CY32 的严重度最大,与其余小种差异显著;以 CY27 最小,与 CY30、CY31、CY32 和 Su-14 有显著差异。对咸农 4 号,以 CY32 的严重度最大,与除 Su-14 外的其余小种差异显著;以 CY21 最小,与 CY23、CY27 之外的其余小种差异显著。

2.3 里勃留拉、咸农 4 号对不同菌系的选择作用

2.3.1 各供试菌系组合在简易鉴别寄主上的反应型 CY27 : CY30、CY27 : CY31 两组组合均选用尤皮Ⅱ号和洛夫林 10 两个寄主,结果表明,CY27、CY30、CY31 对尤皮Ⅱ号和洛夫林 10 的反应型依次为 3、0;、1、0;和 0;、3、4。CY27:CY32 选用洛夫林 10 和 Hybrid46 两个寄主,结果表明,CY27、CY32 对洛夫林 10 的反应型分别为 0;、4;对 Hybrid46 的反应型分别为 0、3。CY31:Su-4 选用尤皮Ⅱ号和 Hybrid46 两个寄主,结果表明,CY31、Su-4 对尤皮Ⅱ号的反应型分别为 1、0;、3;对 Hybrid46 的反应型分别为 3、0;。CY30:Su-11 选用水源 11 和 Hybrid46 为寄主,结果表明,CY30、Su-11 对水源 11 的反应型分别为 0;、3;对 Hybrid46 的反应型分别为 3、0;。

2.3.2 各供试菌系组合中不同菌系比例的变化 由表 3 可见,CY27 : CY30、CY27 : CY31、CY27 : CY32、CY31 : Su-4 分别在里勃留拉上继代培养 6 代后,CY27 的出现频率在各组合中呈下降趋势,而 CY30、CY31、CY32 则呈增加趋势,其中尤以 CY27 : CY32 的变化最为明显,第 6 代时两者比例变为0.170 0:0.830 0;而第 6 代时,CY27 : CY30、CY27 : CY31 的比例分别变为 0.333 3 : 0.666 7 和 0.222 2 : 0.777 8。CY31 : Su-4 中 CY31 的出现频率呈逐代上升趋势,Su-4 则逐代减少,第 6 代时两者比例变为 0.728 5 : 0.271 5。由此可知,里勃留拉对不同毒性谱菌系的定向选择作用有较大差异。

表 3 各菌系组合在里勃留拉上的比例变化

Table 3 Changes of race ratio in each generation in cultivar Libellula

繁殖代数 Reproductive generation	菌系组合 Race mixture			
	CY27 : CY30	CY27 : CY31	CY27 : CY32	CY31 : Su-4
1	1 : 1	1 : 1	1 : 1	1 : 1
4	0.377 8 : 0.622 2	0.384 6 : 0.615 4	—	0.612 5 : 0.387 5
5	0.352 9 : 0.647 1	0.260 9 : 0.739 1	0.254 5 : 0.745 5	0.684 0 : 0.316 0
6	0.333 3 : 0.666 7	0.222 2 : 0.777 8	0.170 0 : 0.830 0	0.728 5 : 0.271 5

由表 4 可见,CY27 : CY30、CY27 : CY31、CY31 : Su-4、CY30 : Su-11 分别在咸农 4 号上继代培养 6 代(表 4)后,其中 CY27 : CY30、CY31 : Su-4

中各菌系的出现频率总体变化不大,第 6 代时比例分别为 0.445 6 : 0.554 4 和 0.526 5 : 0.473 5。CY27 : CY31、CY30 : Su-11 组合中两小种的比例

变化比较明显,CY27、CY30 呈下降趋势,而 CY31、Su-11 则有所上升,最终的比例分别为 0.362 8 : 0.637 2和 0.394 0 : 0.606 0。根据上述分析,咸农 4 号对 CY27 和 CY30、CY31 和 Su-4 的选择作用差

异不大,对 CY27 和 CY31、CY30 和 Su-11 的选择作用有一定差异,但差异不显著。表明咸农 4 号对不同菌系的选择作用较弱。

表 4 各菌系组合在咸农 4 号上的比例变化
Table 4 Changes of race ratio in each generation in cultivar Xiannong 4

繁殖代数 Reproductive generation	菌系组合 Race mixture			
	CY27 : CY30	CY31 : Su-4	CY27 : CY31	CY30 : Su-11
1	1 : 1	1 : 1	1 : 1	1 : 1
4	0.486 0 : 0.514 0	0.508 3 : 0.491 7	0.425 3 : 0.574 7	0.453 0 : 0.547 0
5	0.457 3 : 0.542 7	0.512 9 : 0.487 1	0.393 6 : 0.606 4	0.424 6 : 0.575 4
6	0.445 6 : 0.554 4	0.526 5 : 0.473 5	0.362 8 : 0.637 2	0.394 0 : 0.606 0

3 讨 论

Parlevliet^[13]通过对大麦持久抗叶锈性的研究,从潜育期的角度发现了品种×小种互作。据文献[1]报道,在小麦品种条锈病产孢量上存在品种×小种互作;用 1 个快锈品种和 3 个慢锈品种分别与叶锈菌的 6 个菌株进行相互作用,结果表明,供试品种与菌株在菌丝体扩展面积、潜育期、孢子堆面积和产孢量等 4 个属性上,均表现出极显著的品种×菌株互作。

本研究表明,里勃留拉、咸农 4 号及高感品种辉县红分别与 9 个条锈菌小种相互作用后,虽然在反应型上均表现感病,但潜育期、侵染频率、夏孢子堆长度、产孢强度、产孢期以及严重度等 6 个抗病性组分,在品种间、小种间及品种×小种互作均有显著差异,表明里勃留拉和咸农 4 号的抗病性机制并不相同,同时说明里勃留拉、咸农 4 号从苗期开始就在条锈菌侵入扩展的各个层面对病菌产生了不同程度的抑制作用,而且里勃留拉的抑制作用明显强于咸农 4 号。马青等^[14]对里勃留拉等 3 个持久抗病性品种苗期超微结构的观察亦发现,随着抗病性的表达,条锈菌孢间菌丝发育受抑,细胞器泡囊化解体;吸器母细胞和吸器发育受阻,并最终解体、坏死。本研究所用的小麦条锈菌系,为 20 世纪 80 年代以来我国小麦生产史上比较重要的条锈菌小种,具有一定的代表性。由此表明,里勃留拉、咸农 4 号不仅表现出典型成株期抗病性^[6-7,9-10,15],而且具有一定程度的苗期抗病性,对个别小种表现出质量性状抗病性,对绝大部分小种的抗病性主要表现在潜育期延长、侵染频率和夏孢子堆长度减少、条锈菌产孢强度降低等数量性状方面,从而进一步解释了其在甘肃陇南长期大面积种植 20 余年,仍依然保持抗病性的原因。

供试各小种组合在里勃留拉、咸农 4 号上继代

培养后,各小种所占比例的变化,不仅取决于小麦品种对各小种的抗病性,而且还与小种自身的寄生适合度以及小种之间的互作有关。本研究初步探索了这两个品种对一些重要条锈菌小种的定向选择作用,结果表明,里勃留拉对不同小种均有一定的定向选择性,而咸农 4 号对不同小种的定向选择作用较弱。甘肃陇南是我国小麦条锈病的常发易变区和新小种的主要策源地,我国 80%以上的条锈菌小种都是在这一带首先发现或聚集起来,尔后才蔓延到我国的广大麦区^[5]。因此,在甘肃陇南长期大面积种植里勃留拉和咸农 4 号,可能对小麦条锈菌小种不同毒性基因具有不同程度的积累作用,从而成为一个潜在的“毒性基因库”。

4 结 论

本研究结果表明,里勃留拉和咸农 4 号具有程度不同的苗期抗病性,里勃留拉抗性谱较宽,对不同小种的选择作用较强,而咸农 4 号对除 CY18 和 CY22 外的小种均表现中感-高感,对不同小种的选择作用较弱,其对小麦条锈菌不同毒性基因的聚合作用较里勃留拉明显。因此,不仅要积极利用这些持久抗病性材料,进行小麦抗条锈病育种和条锈病的可持续控制,而且应该进一步深入研究和探讨如何合理利用这些品种,以有效防止其大面积栽培应用所带来的新问题。

[参考文献]

[1] 李振岐,曾士迈. 中国小麦锈病 [M]. 北京:中国农业出版社, 2002:41-50,164-173.
Li Z Q,Zeng S M. Wheat rust in China [M]. Beijing:Chinese Agricultural Press,2002:41-50,164-173. (in Chinese)
[2] 万安民,赵中华,吴立人. 2002 年我国小麦条锈病发生回顾 [J]. 植物保护,2003,29(2):5-8.
Wan A M,Zhao Z H,Wu L R. Reviews of occurrence of wheat

- stripe rust disease in 2002 in China [J]. Plant Protection, 2003, 29(2): 5-8. (in Chinese)
- [3] Johnson R. Classical plant breeding for durable resistance to diseases [J]. Journal of Plant Pathology, 2000, 82(1): 3-7.
- [4] Renu K, Urmil K B, Ran G S. Genetics of durable resistance to leaf rust and stripe rust of an Indian wheat cultivars HD2009 [J]. Appl Genet, 2004, 46(3): 259-263.
- [5] 周祥椿, 杜久元, 杨俊海. 甘肃陇南小麦不同品种类型抗条锈性变化特点分析 [J]. 植物病理学报, 2003, 33(6): 550-554.
Zhou X C, Du J Y, Yang J H. A 30 successive year' observation on the performance of several wheat cultivars in resistance to stripe rust (*Puccinia striiformis* West.) in the southern region of Gansu Province of China [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2003, 33(6): 550-554. (in Chinese)
- [6] 周祥椿, 杜久元. 陇南小麦生产品种抗条锈病持久性研究 [J]. 麦类作物学报, 2006, 26(1): 108-112.
Zhou X C, Du J Y. Study on resistance durability of commercial wheat cultivars grown in southern region of Gansu Province to stripe rust [J]. Journal of Triticeae Crops, 2006, 26(1): 108-112. (in Chinese)
- [7] 袁文焕, 张忠军, 冯 锋, 等. 小麦慢条锈性品种的筛选及小种专化性 [J]. 中国农业科学, 1995, 28(3): 35-40.
Yuan W H, Zhang Z J, Feng F, et al. Identification of wheat cultivars with slow-rusting resistance to yellow rust pathogen [J]. Scientia Agricultura Sinica, 1995, 28(3): 35-40. (in Chinese)
- [8] 袁文焕, 李高宝. 小麦品种慢条锈性鉴定方法初探 [J]. 甘肃农业科技, 1996(5): 28-30.
Yuan W H, Li G B. Identification method of wheat slow-rust cultivars [J]. Gansu Agricultural Science and Technology, 1996(5): 28-30. (in Chinese)
- [9] 王保通, 袁文焕, 李高宝, 等. 小麦品种慢条锈性因素的相关分析和聚类划分 [J]. 植物保护学报, 2000, 27(1): 53-58.
Wang B T, Yuan W H, Li G B, et al. Correlation analysis of slow-rusting factors to stripe rust in wheat cultivars and the clustering [J]. Acta Phytophylacica Sinica, 2000, 27(1): 53-58. (in Chinese)
- [10] 谢 鸣, 周祥椿, 杜久元. 小麦品种慢条锈性鉴定结果初报 [J]. 甘肃农业科技, 1997(7): 32-33.
Xie M, Zhou X C, Du J Y. Identification results of wheat slow-rust cultivars [J]. Gansu Agriculture Science and Technology, 1997(7): 32-33. (in Chinese)
- [11] 肖悦岩, 马占鸿, 孙月海, 等. 小麦品种抗条锈菌小种专化性估测方法的研究 [J]. 植物病理学报, 1997, 27(3): 201-208.
Xiao Y Y, Ma Z H, Sun Y H, et al. On the method of estimation of racial specificity of cultivar resistance using some histological and epidemiological observation items in wheat yellow rust (*Puccinia striiformis* west.) [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 1997, 27(3): 201-208. (in Chinese)
- [12] 万安民, 肖悦岩, 曾士迈. 小麦条锈菌相对寄生适合度继代测定方法的探讨 [J]. 植物病理学报, 2000, 30(4): 301-305.
Wan A M, Xiao Y Y, Zeng S M. Estimation of relative parasitic fitness by detecting the proportioning of races in population [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2000, 30(4): 301-305. (in Chinese)
- [13] Parlevliet J E. Strategies for utilization of partial resistance for the control of cereal rusts of wheat [M]//In breeding strategies for resistance to the rust of Wheat. Mexico: CIMMYT, DF, 1988: 48-62.
- [14] 马 青, 商鸿生. 条锈菌与慢锈小麦品种互作的超微结构 [J]. 菌物系统, 2002, 21(3): 580-584.
Ma Q, Shang H S. Ultrastructures of stripe rust fungus interacting with slow-rusting resistant wheat cultivars [J]. Mycosystema, 2002, 21(3): 580-584. (in Chinese)
- [15] 阎秋洁, 尚勋武, 殷学贵, 等. 小麦持久抗条锈品种的抗性特点及鉴定指标 [J]. 甘肃农业大学学报, 2006, 41(6): 24-28.
Yan Q J, Shang X W, Yin X G, et al. Characteristics and identification indexes of durable resistant wheat cultivars to stripe rust [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2006, 41(6): 24-28. (in Chinese)