

2010—2017 年河南省小麦白粉菌群体的 毒性变化动态监测

张美惠¹, 刘伟¹, 王振花¹, 徐飞², 范洁茹^{1*}, 宋玉立², 周益林^{1*}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193; 2. 河南省农业科学院植物保护研究所, 农业部华北南部作物有害生物综合治理重点实验室, 郑州 450002)

摘要 为了解河南省小麦白粉菌群体毒性结构及年度动态变化,对河南省近8年来的小麦白粉菌群体毒性进行了监测,结果表明其病菌群体对小麦白粉病抗性基因或组合 *Pm1a*、*Pm3a*、*Pm3b*、*Pm3c*、*Pm3f*、*Pm3e*、*Pm5a*、*Pm6*、*Pm7*、*Pm8*、*Pm17*、*Pm19*、*Pm1+2+9* 的毒性频率高于70%,这些基因为无效抗病基因;对抗性基因或组合 *Pm1c*、*Pm2*、*Pm5b*、*Pm12*、*Pm13*、*Pm16*、*Pm21*、*Pm22*、*Pm23*、*Pm24*、*Pm35*、*Pm36*、*Pm46*、*Pm“XBD”*、*Pm2+Mld*、*Pm2+6* 的毒性频率低于30%,其中对抗性基因 *Pm12*、*Pm16* 和 *Pm21* 的毒性频率为0%,这些基因依然为有效的抗病基因。病菌群体对 *Pm4a*、*Pm4b*、*Pm4+8* 等抗性基因或组合的毒性频率近年来总体呈上升趋势,且毒性频率已达到30%~70%,应加强对这些抗病基因或组合的重点监测,并建议在抗病育种中谨慎使用。

关键词 小麦白粉菌; 毒性频率; 抗病基因; 抗病育种

中图分类号: S 435.121.46 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2019147

Monitoring of the changes in the virulence of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* in Henan province during 2010—2017

ZHANG Meihui¹, LIU Wei¹, WANG Zhenhua¹, XU Fei², FAN Jieru¹, SONG Yuli², ZHOU Yilin¹

(1. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Institute of Plant Protection, Henan Academy of Agricultural Sciences, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in Southern Region of North China, Ministry of Agriculture, Zhengzhou 450002, China)

Abstract To understand the changes in the virulence structures and annual dynamics of *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* population in Henan province, the virulence of *B. graminis* f. sp. *tritici* population was monitored in Henan in recent 8 years. The results showed that the virulence frequencies of the pathogen to the resistance genes *Pm1a*, *Pm3a*, *Pm3b*, *Pm3c*, *Pm3f*, *Pm3e*, *Pm5a*, *Pm6*, *Pm7*, *Pm8*, *Pm17*, *Pm19*, *Pm1+2+9* were higher than 70%, indicating that these resistance genes were ineffective. Its virulence frequencies to the resistance genes *Pm1c*, *Pm2*, *Pm5b*, *Pm12*, *Pm13*, *Pm16*, *Pm21*, *Pm22*, *Pm23*, *Pm24*, *Pm35*, *Pm36*, *Pm46*, *Pm“XBD”*, *Pm2+Mld*, *Pm2+6* were lower than 30%, wherein the virulence frequencies to *Pm12*, *Pm16* and *Pm21* were zero, revealing that these genes were still effective. The virulence frequencies to *Pm4a*, *Pm4b* and *Pm4+8* had an increasing tendency in recent years, which reached 30%—70%. Therefore, these genes should be monitored emphatically and used cautiously in wheat breeding.

Key words *Blumeria graminis* f. sp. *tritici*; virulence frequency; resistance gene; wheat breeding

由专性寄生菌 *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* 引起的小麦白粉病目前已成为影响我国小麦生产的主要病害之一,近年来其发生流行面积一直维持在

600~800 万 hm²。种植抗病品种是防治小麦白粉病最经济、有效和安全的方法,但由于植物与病原菌的协同进化作用,主效单基因抗病品种的广泛种植

收稿日期: 2019-03-23

修订日期: 2019-06-14

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201700);国家自然科学基金(31671966)

* 通信作者 E-mail: 范洁茹 jrfan@ippcaas.cn;周益林 ylzhou@ippcaas.cn

极易对病菌群体产生选择压力,造成病菌群体相应毒性基因的频率迅速上升^[1],从而导致抗病性“丧失”,因此监测小麦白粉菌群体的毒性及动态变化对抗病育种和品种布局具有重要指导意义。基于基因对基因学说在植物病理学领域得到更多人的认可,20世纪70年代 Wolfe、Schwarzbach 等提出采用含有已知抗病基因的鉴别寄主监测和分析禾谷类白粉病菌毒性的方法^[1-2],并在国内外逐渐应用于小麦白粉菌群体毒性监测的研究中。自20世纪80年代以来,我国学者对小麦白粉菌群体毒性监测中发现,由于黑麦 1B/1R 易位或代换系品种的大面积推广,抗病基因 *Pm8* 对小麦白粉病的抗性丧失,近年来又发现病菌群体对 *Pm4a* 和 *Pm4b* 的毒性频率也呈上升趋势^[3-5]。

由于各地小麦白粉病发生流行、种植品种的抗性等因素的差异,导致不同地区、不同年份病菌群体的毒性也存在一定差异。河南省是我国小麦主要产区,据统计近年来小麦播种面积在 530 万 hm^2 以上,小麦白粉病发生比较严重,一般年份可达 60 万 hm^2 以上。王锡锋等^[6]、宋玉立等^[7]和李亚红等^[4,8]对河南省小麦白粉菌群体毒性已有相关的研究报道,其监测结果显示在河南省抗病基因 *Pm1a*、*Pm3a*、*Pm3b*、*Pm3c*、*Pm5a*、*Pm6*、*Pm8* 等已经完全丧失抗性;虽然抗性基因(组合) *Pm2*、*Pm2+6*、*Pm“XBD”*等在河南省一直保持较好的抗性,但这些基因近几年在我国其他部分省份抗性效果较差^[3]。本研究在此基础上对 2010—2017 年河南省小麦白粉菌群体毒性进行了监测,以期进一步了解近年来河南省小麦白粉菌群体毒性结构和年度动态变化,进而为河南省抗病品种的合理布局提供有效信息。

1 材料与方法

1.1 供试材料

本试验用于小麦白粉菌毒性鉴定的含已知抗白粉病基因的鉴别寄主由中国农业科学院植物保护研究所麦病组保存,共 42 个品种,其中感病对照品种为‘Chancellor’和‘阿夫’。供试小麦白粉菌菌株于 2010—2017 年采自河南省安阳市鹤壁市、林州市;新乡市辉县市、新乡市、延津县;焦作市修武、温县;郑州市巩义市、荥阳市;开封市开封区;三峡门市灵宝市、卢氏县;洛阳市孟津县、嵩县等河南省小麦主要产区。

1.2 试验方法

1.2.1 小麦白粉菌的分离、纯化和扩繁

将在河南省小麦产区采集的带有有性闭囊壳的

小麦病叶用蒸馏水浸泡 1 d,保湿 3 d 后挑取病叶上的闭囊壳于潮湿的滤纸上,并将该滤纸贴在培养皿盖上。配制含 1% 苯骈咪唑的水琼脂培养基,将无菌小麦品种‘Chancellor’的叶段紧密摆放在上面,并盖上带有闭囊壳的培养皿盖,用封口膜密封。培养 12 d 左右检查有性闭囊壳释放孢子情况,将被子囊孢子侵染的叶片接种到试管小麦苗上,置于 18℃ 培养箱中培养至出现可见侵染点(约 4~5 d),将只带有单个孢子堆的小麦叶段剪下,摆放在水琼脂培养基上培养至产生分生孢子后再进行转接繁殖,按照此方法再重复两次,即可得到单孢子堆纯化的小麦白粉菌菌株。带无性分生孢子的病叶标样可直接接种到试管苗上,其他过程同有性闭囊壳的分离纯化。将分离纯化的小麦白粉菌菌株通过多次接种完成扩繁备用^[9]。

1.2.2 小麦白粉菌的毒性鉴定

将 42 个含有已知抗白粉病基因的小麦品种播种于塑料方盒内(36 cm×25 cm×10 cm),每品种播种 6~8 粒种子,其中感病品种‘Chancellor’和‘阿夫’为对照。盒子上方用铁丝架做支撑罩上透明塑料袋以防小麦苗被杂菌污染,并置于 18~20℃ 的温室中培养,待小麦长至一心一叶期时,通过抖接法接种扩繁备用的小麦白粉菌菌株,培养 8~10 d 后调查发病情况,毒性鉴定调查标准参照司权民等的“0~4”级调查方法^[10],记载第一叶片的反应型。无毒性菌株用反应型为 0~2 型表示,有毒性菌株用反应型 3~4 型表示。毒性频率=毒性菌株数/参试菌株数×100%^[11]。

2 结果与分析

2010—2017 年河南省小麦白粉菌群体毒性测定结果(表 1)表明,病菌群体对 *Pm1a*、*Pm3a*、*Pm3b*、*Pm3c*、*Pm3e*、*Pm3f*、*Pm5a*、*Pm6*、*Pm7*、*Pm8*、*Pm17*、*Pm19*、*Pm1+2+9* 等抗性基因或组合平均毒性频率高于 70%,其中对 *Pm1a*、*Pm3c*、*Pm3e*、*Pm3f*、*Pm5a*、*Pm6*、*Pm7*、*Pm8*、*Pm17*、*Pm19*、*Pm1+2+9* 等抗性基因或组合毒性频率连续 8 年均高于 70%,这些抗性基因在河南省已经丧失抗性,不能在抗病育种中继续使用。对 *Pm3d*、*Pm4a*、*Pm4b*、*Pm5e*、*Pm25*、*Pm30*、*Pm34*、*Pm4+8*、*Pm4b+5b*、*Pm5+6* 等抗性基因或组合的毒性频率在 30%~70%之间。对 *Pm2*、*Pm5b*、*Pm22*、*Pm23*、*Pm24*、*Pm35*、*Pm36*、*Pm“XBD”*、*Pm2+6* 等抗性基因或组合毒性频率介于

10%~30%,对 *Pm1c*、*Pm13*、*Pm46*、*Pm2+Mld* 等抗性基因或组合的毒性频率小于 10%;对抗性基因 *Pm12*、*Pm16* 和 *Pm21* 的毒性频率为 0%,说明目前这些抗病基因在河南省均保持良好或优良的抗性。

表 1 河南省小麦白粉菌群体对 *Pm* 基因的毒性频率

Table 1 Virulence frequencies of <i>Blumeria graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> populations to <i>Pm</i> genes in Henan province											
编号 No.	寄主名称 Host name	抗性基因 Resistance gene	毒性频率/% Virulence frequency								
			2010 年	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	2015 年	2016 年	2017 年	平均
1	阿夫	—	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2	Chancellor	—	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
3	Axminster/8cc	<i>Pm1a</i>	92.86	100.00	76.67	95.74	87.50	100.00	79.17	84.62	87.90
4	MIN	<i>Pm1c</i>	3.57	—	0.00	2.13	—	2.63	0.00	2.86	1.57
5	Ulka/8cc	<i>Pm2</i>	32.14	9.09	14.75	51.06	48.48	5.26	29.17	35.90	28.48
6	Asosan/8cc	<i>Pm3a</i>	92.86	86.36	85.00	93.62	63.64	65.79	54.17	90.00	78.48
7	Chul/8cc	<i>Pm3b</i>	78.57	95.45	91.67	85.11	66.67	92.11	83.33	89.47	85.67
8	Sonora/8cc	<i>Pm3c</i>	100.00	100.00	100.00	91.49	100.00	100.00	100.00	100.00	98.73
9	Kolibri	<i>Pm3d</i>	92.86	40.91	49.15	44.68	60.61	13.89	10.42	35.00	41.21
10	W150	<i>Pm3e</i>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
11	Michigan Amber/8cc	<i>Pm3f</i>	46.43	100.00	98.33	95.74	100.00	100.00	100.00	97.50	93.99
12	Khapli/8cc	<i>Pm4a</i>	64.29	13.64	15.00	40.43	75.76	76.32	93.75	52.50	53.48
13	Armada	<i>Pm4b</i>	71.43	18.18	16.67	48.94	72.73	76.32	82.98	55.00	54.29
14	Hope/8cc	<i>Pm5a</i>	100.00	100.00	100.00	95.74	100.00	100.00	100.00	100.00	99.37
15	Aquila	<i>Pm5b</i>	17.86	0.00	5.00	14.89	27.27	2.70	—	20.00	12.36
16	复壮 30	<i>Pm5e</i>	—	—	—	—	48.48	60.53	31.25	55	47.8
17	Timgalen	<i>Pm6</i>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	94.74	100.00	97.50	99.05
18	Coker 747	<i>Pm6</i>	100.00	100.00	91.67	93.62	93.94	100.00	72.92	87.50	91.14
19	CI14189	<i>Pm7</i>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
20	Kavkaz	<i>Pm8</i>	100.00	90.91	96.72	97.83	96.97	97.37	100.00	97.44	97.44
21	Wembley	<i>Pm12</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22	R4A	<i>Pm13</i>	7.14	9.09	10.00	0.00	21.21	5.26	6.25	12.50	8.54
23	Brigand	<i>Pm16</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	Amigo	<i>Pm17</i>	82.14	95.45	86.44	80.85	72.73	89.47	82.98	79.49	83.39
25	XX186	<i>Pm19</i>	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
26	扬麦 5/Sub. 6v	<i>Pm21</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
27	Virest	<i>Pm22</i>	—	—	14.29	—	38.89	8.00	2.08	12.50	12.05
28	81—7241	<i>Pm23</i>	50.00	13.64	66.10	—	30.30	0.00	4.17	5.00	26.12
29	赤牙糙	<i>Pm24</i>	35.71	37.50	26.67	21.28	12.12	10.53	27.08	25.00	23.55
30	NCA5	<i>Pm25</i>	71.43	86.36	55.00	42.55	15.63	23.68	31.25	57.58	45.45
31	5P27	<i>Pm30</i>	53.57	9.09	15.00	40.43	72.73	73.68	89.58	52.50	50.95
32	NCD7	<i>Pm34</i>	85.19	90.91	65.00	70.21	37.50	55.26	18.75	71.79	59.11
33	NCD3	<i>Pm35</i>	7.14	18.18	10.00	8.51	18.18	5.26	2.08	23.08	10.79
34	<i>Pm36</i>	<i>Pm36</i>	—	—	—	—	—	—	6.25	17.95	11.49
35	Tabasco	<i>Pm46</i>	—	—	—	—	9.68	0	0	0	1.92
36	小白冬麦	<i>Pm“XBD”</i>	50.00	13.64	22.03	38.30	24.24	5.26	4.17	20.00	21.59
37	Maris Dove	<i>Pm2+Mld</i>	3.57	0.00	1.67	6.38	18.18	2.63	6.25	10.00	6.01
38	Maris Huntsman	<i>Pm2+6</i>	17.86	0.00	4.92	8.51	30.30	5.26	8.33	67.50	17.35
39	白兔 3 号	<i>Pm4+8</i>	37.04	13.64	14.75	40.43	69.70	78.38	—	50.00	42.32
40	Mission	<i>Pm4b+5b</i>	64.29	22.73	68.85	40.43	66.67	60.53	58.33	47.50	55.52
41	Coker 983	<i>Pm5+6</i>	51.85	59.09	45.00	40.43	54.55	28.95	—	95.00	52.43
42	Normandie	<i>Pm1+2+9</i>	85.71	100.00	91.67	91.49	90.91	84.21	75.00	71.79	85.71
标样数目 Number of samples			28	22	61	47	33	38	48	40	317

从年度变化动态可看出,病菌群体对 *Pm4a*、*Pm4b* 和 *Pm4+8* 抗性基因或组合的毒性频率除 2011 和 2012 年外总体呈上升趋势。而病菌群体对抗性基因 *Pm3d* 和 *Pm“XBD”* 等的毒性频率呈下降趋势,特别是 *Pm3d* 的毒性频率 2015 年和 2016 年分别只有 13.89% 和 10.42%。病菌群体对 *Pm2*、*Pm22*、*Pm23*、*Pm2+6* 等抗性基因或组合的年均毒性频率虽然低于 30%,但年度间有一定波动。病菌群体对 *Pm5b*、*Pm13*、*Pm35*、*Pm2+Mld* 等抗性基因或组合的年均毒性频率低于 30% 且年度间波动较小,抗性表现较为稳定。

3 讨论

本研究对河南省近 8 年小麦白粉菌群体毒性进行监测的结果表明,总体上河南省大部分抗性基因的毒性频率与其他省份是一致的^[12-16]:抗性基因 *Pm1a*、*Pm3a*、*Pm3b*、*Pm3c*、*Pm3e*、*Pm3f*、*Pm5a*、*Pm6*、*Pm7*、*Pm8*、*Pm17*、*Pm19*、*Pm1+2+9* 等在生产上已丧失抗病性,而 *Pm1c*、*Pm2*、*Pm5b*、*Pm12*、*Pm13*、*Pm16*、*Pm21*、*Pm22*、*Pm23*、*Pm24*、*Pm35*、*Pm36*、*Pm46*、*Pm“XBD”*、*Pm2+Mld*、*Pm2+6* 等仍为有效的抗病基因,可在抗病育种或生产上使用。

抗性基因 *Pm12*、*Pm16* 和 *Pm21* 分别来源于拟斯卑尔脱山羊草^[17]、野生二粒小麦^[18]、簇毛麦^[19],多年的抗性鉴定结果显示这些基因在许多地方均表现出较强的抗性,甚至免疫^[12-16,20]。本研究中河南小麦白粉菌群体对抗性基因 *Pm12*、*Pm16* 和 *Pm21* 的毒性频率均为 0%,结果与刘伟等^[5]对陕西省和王振花等^[15-16]对新疆及全国其他地区的小麦白粉菌群体对抗性基因 *Pm12*、*Pm16* 和 *Pm21* 毒性监测结果一致,另外,近年来新加的抗性基因 *Pm46* 的毒性频率也比较低(小于 2%),因此以上这些基因多年来在多个地区包括河南省呈现稳定抗性,建议可以在河南省抗病育种工作中加以利用。

虽然抗性基因 *Pm2* 和 *Pm“XBD”* 的毒性频率低于 30%,但年度间有一定波动,并且不同省份间的毒性频率也呈现出差异,如病菌群体对抗性基因 *Pm2* 的毒性频率在新疆和陕西省低于 30%,而在其他省份远高于 30%^[5,15-16];病菌群体对抗性基因 *Pm“XBD”* 的毒性频率在云南、湖北、山东、陕西等均较高,但在新疆仍较低^[12,15-16],因此生产中应该谨慎使用,同时重点监测这些抗性基因。

20 世纪 90 年代初期抗性基因 *Pm4a* 和 *Pm4b* 在河南省表现良好抗性,但当时在川黔地区已出现高毒力菌株,盛宝钦等^[21]推测这将对黄淮海麦区抗病基因 *Pm4a* 和 *Pm4b* 的使用造成威胁。本研究发现近几年河南省小麦白粉菌群体对抗性基因 *Pm4a* 和 *Pm4b* 的毒性频率分别达到 53.48% 和 54.29%,总体呈现上升的趋势,虽然本监测结果显示这两个抗病基因 2011 和 2012 年的毒性频率低于 20%,但通过分析发现这可能是由于这两年采样地点过于集中造成的。李亚红等^[4,8]、刘伟等^[5]、徐志等^[22]也研究发现其他省份小麦白粉菌群体对抗病基因 *Pm4a* 和 *Pm4b* 的毒性频率均超过 50% 且呈上升趋势,因

此抗性基因 *Pm4a* 和 *Pm4b* 应考虑谨慎使用或者不使用,并且继续监测其毒性变化动态。

已有的一些研究表明抗病基因 *Pm30* 在全国多个省份表现良好抗性^[4,5,12,14],但本研究发现在河南省抗病基因 *Pm30* 的毒性频率大于 30% 且呈上升趋势,在河南省抗病育种中应谨慎使用。

参考文献

- [1] WOLFE M S, SCHWARZBACH E. Patterns of race changes in powdery mildews [J]. Annual Review of Phytopathology, 1978, 16(1): 159–180.
- [2] WOLFE M S, SCHWARZBACH E. The use of virulence analysis in cereal mildews [J]. Journal of Phytopathology, 1975, 82(4): 297–307.
- [3] 段霞瑜,盛宝钦,周益林,等. 小麦白粉病菌生理小种的鉴定与病菌毒性的监测[J]. 植物保护学报,1998,25(1):31–36.
- [4] 李亚红,曹丽华,周益林,等. 2009–2010 年河南省小麦白粉菌群体毒性及其遗传多样性分析[J]. 植物保护学报,2012,39(1):30–38.
- [5] 刘伟,王振花,曹学仁,等. 陕西省小麦白粉菌群体的毒性监测和年度动态变化[J]. 植物保护,2018,44(6):158–161.
- [6] 王锡锋,张忠山,何家泌. 从我国小麦白粉菌小种鉴定的问题看小种鉴定变革的重要性[J]. 植物病理学报,1992(3):193–195.
- [7] 宋玉立,何文兰,张忠山. 河南省小麦白粉菌毒性结构与小麦品种抗白粉病性分析[J]. 河南农业科学,1997,(12):19–21.
- [8] 李亚红,王俊美,徐飞,等. 2011–2014 年河南省小麦白粉菌群体毒性结构分析[J]. 植物病理学报,2016,46(4):573–576.
- [9] 夏烨,周益林,段霞瑜,等. 2002 年部分麦区小麦白粉病菌对三唑酮的抗药性监测及苯氧菌酯敏感基线的建立[J]. 植物病理学报,2005(S1):74–78.
- [10] 司权民,张新心,段霞瑜,等. 小麦白粉病菌生理小种鉴定[J]. 中国农业科学,1987,20(5):64–70.
- [11] 盛宝钦. 用反应型记载小麦苗期白粉病[J]. 植物保护,1988,14(1):49.
- [12] 韩龙萍. 小麦白粉病菌群体对三唑酮和温度的敏感性及其与毒性和遗传多样性的关系[D]. 北京:中国农业科学院,2015.
- [13] 石琳,段霞瑜,高洁,等. 甘肃南部小麦白粉菌群体的毒性及多基因片段分析[J]. 植物病理学报,2014,44(4):414–421.
- [14] 赵紫慧,黄江,陆鸣,等. 山东省和河北省小麦白粉菌毒性与遗传多样性分析[J]. 作物学报,2013,39(8):1377–1385.
- [15] 王振花,刘伟,高海峰,等. 新疆小麦白粉病菌群体的毒性监测和分析[J]. 新疆农业科学,2017(10):145–152.
- [16] 王振花. 我国小麦白粉菌群体遗传多样性及耐高温菌株 CRT 基因的表达研究[D]. 北京:中国农业科学院,2017.
- [17] JIA J, DEVOS K M, CHAO S, et al. RFLP-based maps of the homoeologous group-6 chromosomes of wheat and their application in the tagging of *Pm12*, a powdery mildew resistance gene transferred from *Aegilops speltoides* to wheat [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1996, 92(5): 559–565.

- [5] COOK D R, ALLEN C T, BURRIS E, et al. A survey of thrips (Thysanoptera) species infesting cotton seedlings in Alabama, Arkansas, Georgia, Louisiana, Mississippi, and Tennessee [J]. Journal of Entomological Science, 2003, 38(4): 669–681.
- [6] 周弘春, 辛惠普. 豆黄蓟马的发生为害与防治[J]. 植物保护, 1994, 20(3): 28.
- [7] 吴青君, 徐宝云, 谢文, 等. 粉虱和蓟马类害虫的抗性监测方法[J]. 应用昆虫学报, 2013, 50(2): 553–555.
- [8] 韩运发. 中国经济昆虫志(第55册)缨翅目[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [9] WAN Yanyan, YUAN Guangdi, HE Bingqing, et al. Focca6, a truncated nAChR subunit, positively correlates with spinosad resistance in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande)[J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 2018, 99: 1–10.
- [10] 万岩然, 何秉青, 苑广迪, 等. 北京和云南地区西花蓟马对多杀菌素类药剂产生抗性[J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(2): 396–402.
- [11] BIELZA P, QUINTO V, CONTRERAS J, et al. Resistance to spinosad in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in greenhouses of south-eastern Spain [J]. Pest Management Science, 2007, 63(7): 682–687.
- [12] 郑长英, 刘云虹, 张乃芹, 等. 山东省发现外来入侵有害生物-西花蓟马[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版), 2007, 24(3): 172–174.
- [13] 张安盛, 于毅, 庄乾营, 等. 棕榈蓟马成虫在日光温室菜椒上的种群动态和空间分布[J]. 植物保护学报, 2014, 41(2): 210–215.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 282 页)

- [18] CEOLONI C, SIGNORE G D, ERCOLI L, et al. Locating the alien chromatin segment in common wheat *Aegilops longissima* mildew resistant transfers [J]. Hereditas, 1992, 116(3): 239–245.
- [19] CHEN P D, QI L L, ZHOU B, et al. Development and molecular cytogenetic analysis of wheat *Haynaldia villosa* 6VS/6AL translocation lines specifying resistance to powdery mildew [J]. Theoretical and Applied Genetics, 1995, 91(6/7): 1125–1128.
- [20] COWGER C, MEHRA L K, ARELLANO C, et al. Virulence differences in *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* from the central and eastern United States [J]. Phytopathology, 2017, 108(3): 402–411.
- [21] 盛宝钦, 向齐君, 段霞瑜, 等. 我国小麦白粉病小种毒力变异动态简报[J]. 植物保护, 1995, 21(1): 4.
- [22] 徐志. 中国小麦白粉病主要流行区病原菌群体遗传结构研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 291 页)

- [5] 尹艳琼, 李向永, 赵雪晴, 等. 云南不同菜区小菜蛾对三种生物农药的抗性及其变化趋势[J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(2): 285–291.
- [6] 尹艳琼, 赵雪晴, 湛爱东, 等. 云南省小菜蛾田间种群对氯虫苯甲酰胺的抗性变化趋势[J]. 农药学学报, 2014, 16(6): 746–750.
- [7] 冯夏, 李振宇, 吴青君, 等. 小菜蛾系统调查及抗性监测方法[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(4): 1120–1124.
- [8] 邵振润, 冯夏, 张帅, 等. NY/T 2360—2013, 十字花科小菜蛾抗性监测技术规程[S]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [9] 杨明文, 李文芳, 韦丽莉, 等. 性诱剂监测及防治小菜蛾研究初报[J]. 云南农业大学学报, 2011, 26(4): 572–576.
- [10] 周传波, 林珠凤, 谢圣华, 等. 海南小菜蛾田间种群消长规律及其影响因素[J]. 植物保护, 2010, 36(5): 118–122.
- [11] 赵雪晴, 尹艳琼, 湛爱东, 等. 滇中菜区小菜蛾种群消长动态及其影响因素[J]. 应用昆虫学报, 2016, 53(2): 298–304.
- [12] 符伟, 成燕清, 王秋丽, 等. 小菜蛾为害不同生育期秋甘蓝对产量的影响及经济阈值研究[J]. 植物保护, 2012, 38(4): 50–53.
- [13] 程罗根. 杀虫剂的选择作用对小菜蛾抗性发展的影响[J]. 世界农业, 2003(7): 42–43.
- [14] 尤民生, 魏辉. 小菜蛾的研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 176–204.
- [15] 胡珍娣, 陈焕瑜, 李振宇, 等. 华南小菜蛾田间种群对氯虫苯甲酰胺已产生严重抗性[J]. 广东农业科学, 2012(1): 79–81.
- [16] 姜兴印, 王开运, 仪美芹. 不同地区小菜蛾对杀虫剂的抗性差异[J]. 农药学学报, 2000(2): 44–48.
- [17] 胡珍娣, 冯夏, 李振宇, 等. 不同小菜蛾田间种群对氯虫苯甲酰胺药剂的敏感性[J]. 农药研究与应用, 2010, 14(3): 25–27.
- [18] 郑丽萍, 尹艳琼, 杨云萍, 等. 弥渡小菜蛾种群抗性监测及治理策略[J]. 中国植保导刊, 2016, 36(4): 58–60.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 294 页)

- [10] 张建新, 姚凤兰. 杀菌剂防治马铃薯晚疫病田间药效试验[J]. 农药, 2018, 57(7): 532–535.
- [11] 崔守东, 朱凤蒙, 祝帅. 氟啶胺悬浮剂防治玫瑰二斑叶螨的效果研究[J]. 中国果菜, 2018, 38(4): 16–19.
- [12] 国家质量技术监督局. 农药田间药效试验准则(一): GB/T 17980.11—2000[S]. 北京: 中国标准出版社.
- [13] KEEN A M, ELIZABETH G C, JEFFREY G. Variability in response of laboratory-reared and field-collected populations of *Tetranychus* spp. (Acari: Tetranychidae) to hexythiazox [J]. Journal of Entomology, 1991, 84(4): 1128–1134.
- [14] 孟和生, 王开运, 姜兴印, 等. 桔全爪螨对哒螨灵抗性的选育及其生化机理[J]. 农药学学报, 2000, 2(3): 30–34.

(责任编辑: 杨明丽)