

青海东部麦区小麦条锈菌越冬调查初报

姚 强¹ 郭青云^{1*} 闫佳会¹ 张 贵¹ 侯生英¹ 陈万权^{2*}

(1. 青海省农林科学院, 农业部西宁作物有害生物科学观测实验站, 青海省农业有害生物综合治理重点实验室, 西宁 810016; 2. 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)

摘要: 随着气候变暖及种植业结构的调整, 青海省东部冬小麦的种植不断向高海拔地区扩展, 为勘定小麦条锈菌在青海冬麦区的越冬情况, 2008—2012年以青海省民和、乐都、尖扎、化隆、循化、贵德等地为试点, 按照海拔梯度设立观测圃进行定点越冬观察。结果表明, 一般年份小麦条锈菌在青海省东部地区海拔1777~2233 m均可越冬。不同年份间条锈菌能否越冬及越冬率的高低差异很大, 当1月份平均气温在-8.0℃以下时, 条锈菌在所有区域均不能越冬; 当1月份平均气温在-5.0℃以上时, 条锈菌能够越冬。此外, 1—3月的降水量对小麦条锈菌的越冬也有影响。不同海拔地区条锈菌的越冬率存在一定差异, 总趋势是海拔越低病菌越冬率越高, 海拔越高病菌越冬率越低。

关键词: 青海冬麦区; 小麦条锈菌; 越冬海拔上限; 影响因素

Survey on overwintering *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* at different altitudes in eastern Qinghai

Yao Qiang¹ Guo Qingyun^{1*} Yan Jiahui¹ Zhang Gui¹ Hou Shengying¹ Chen Wanquan^{2*}

(1. Key Laboratory of Agricultural Integrated Pest Management of Qinghai Province; Scientific Observation and Experimental Station of Crop Pests in Xining, Ministry of Agriculture; Qinghai Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Xining 810016, Qinghai Province, China; 2. State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: With the warming of climate and the adjustment of cultivation systems, the planting area of winter wheat has been extending to the high altitude in eastern Qinghai in recent years. In order to clarify the overwintering of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* (*Pst*) in the areas, *Pst* disease nurseries at different altitudes were set up in Minhe, Ledu, Jianzha, Hualong, Xunhua and Guide for systematic investigation, and field random surveys were carried out during 2008—2012. The results showed that *Pst* could overwinter in the areas of 1777–2233 m above sea level in eastern Qinghai Province in the normal years. There was significant difference in the percentage of overwintering diseased spots between the years. *Pst* could not overwinter while the monthly mean temperature in January was below -8.0℃, but it could overwinter above -5.0℃. The rainfall from January to March could also affect the overwintering of *Pst*. The overwintering rates of *Pst* changed with the altitude and environmental conditions. The lower the altitude, the higher overwintering rate of *Pst*, and *vice versa*.

Key words: winter wheat area of Qinghai; *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*; upper limit of overwintering altitude; affecting factors

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(200903035), 国家自然科学基金(31360421)

作者简介: 姚强, 男, 1983年生, 副研究员, 研究方向为麦类病害, E-mail: yaoqiang2010@126.com

* 通讯作者(Authors for correspondence), E-mail: guoqingyunqh@163.com, wqchen@ippcaas.cn

收稿日期: 2014-02-11

由小麦条锈菌 *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* 引起的小麦条锈病流行频率高、暴发性强、发生范围广,是世界范围内小麦上最重要的病害^[1-4]。在中国,条锈病更是小麦上的主要病害,基本遍及各主要麦区,长期威胁着西北、西南、黄淮海和长江中下游麦区的小麦生产。小麦条锈菌喜凉怕热,在冬暖平原地区能越冬不能越夏,在夏季凉爽的高寒地区能越夏而又往往不能越冬。因而在大多数地区,该病原菌不能在当地完成周年循环,需要分别在地理气候条件不同的地区越冬和越夏,并靠孢子的远程气传完成其周年循环。在一定地理范围的广大区域内,条锈病流行是一个整体。按各地区在条锈病流行上的作用可分为越冬区、越夏区、周年循环区、波及区和桥梁区。如果流行区系中存在有周年循环区,则是更为重要的核心区,它不仅是菌源基地,而且还可能是新小种的主要策源地^[1-2]。

青海省是我国小麦条锈菌主要的越夏区之一,小麦种植分布在海拔 1 700 ~ 2 900 m 左右,境内的小麦种植区几乎都适合小麦条锈菌越夏,越夏菌源主要来自晚熟春麦和自生麦苗^[5]。近年来,随着全球气候变暖、种植业结构调整,青海省东部麦区冬小麦播种面积有所扩大,现种植面积保持在 2 万 hm^2 左右,使得小麦种植呈垂直立体分布,冬、春麦在不同海拔区域交错种植。小麦条锈菌在该地能否顺利越冬、局部地域内完成周年循环,尚不十分清楚。目前关于青海省小麦条锈病相关的理论研究和调查监测比较薄弱,为此,本试验参考近几年青海省冬麦秋苗条锈病菌源调查和春季条锈病流行监测等数据,采用病田定点系统观察的方法,于 2008—2012 年对青海省东部地区不同海拔冬麦田小麦条锈菌的越冬情况进行研究,旨在明确青海省小麦条锈菌的越冬情况及能否在局部完成周年循环,以期对我国条锈病大区流行区系的认识、为治理重要菌源区和控制全国条锈病的大区流行危害提供科学信息。

1 材料与方法

1.1 材料

供试小麦品种:京农 411,由青海省农技推广中心提供;铭贤 169,由青海省农林科学院植物保护研究所提供。

供试田块:2008—2010 年,在青海省冬麦区秋苗小麦条锈病发生危害情况普查的基础上,按照海拔梯度选择调查区域发病充分的京农 411 田块,面

积 667 m^2 左右,海拔分布范围在 1 777 ~ 2 314 m,进行定点调查。其中 2008—2009 年在西宁、循化、民和的种植区分设 6 个观测点,2009—2010 年扩大观测范围,在西宁、贵德、化隆、尖扎、乐都、民和的种植区分设 13 个观测点,2010—2012 年,为了增加观测点的区域代表性和冬前小麦感染条锈菌的发病基数,在 2009—2010 年设置的观测圃基础上,增设 17 个观测点(表 1),个别地区因周围小麦面积不足而有所调整,海拔分布范围在 1 769 ~ 2 314 m,各观测点每年 9 月中下旬种植感病品种铭贤 169(种植面积 10 m^2 以上),周围小麦种植面积均在 15 hm^2 以上。

1.2 越冬系统调查

2008—2010 年,各观测点选择发病条件好,即田间条锈病发病普遍率在 1% 左右的京农 411 麦田,随机标定 5 个发病中心(面积 1 m^2)作为病点进行越冬系统调查;2010—2012 年在种植的铭贤 169 观测圃中,调查条锈病病情消长情况。每年自 10 月中下旬起,田间小麦条锈病开始发病,每隔 15 天调查 1 次各点小麦条锈病发生情况,直至春季田间普遍发病为止。发病初期,调查定点内所有叶片的发病情况,田间发病普遍率达到 5% 以上时,每点随机调查 50 株,分别记载小麦生育期、叶龄、病叶数,并收集相关气象资料。

病害越冬率用越冬病叶率和病点率 2 个参数来度量。冬前田间发病的观测点记为有效观测点,根据各个观测点冬前叶片干枯前一次调查病叶数(约 12 月中旬)和冬后(4 月上中旬)调查病叶数计算病害越冬病叶率,以越冬的发病观测点占观测的有效病点总数的百分率表示越冬病点率。各地越冬年频用安全越冬年份数占调查年份总数的百分比来表示^[1]。计算公式如下:越冬病叶率 = 调查点冬后病叶数/冬前病叶数 $\times 100\%$;越冬病点率 = 越冬病点/观测病点总数 $\times 100\%$;越冬年频 = 安全越冬年份数/调查越冬年份数 $\times 100\%$ 。参照各观测点地形、冬季 11 月至翌年 3 月份的气象资料等数据,采用 Excel 2003 软件进行综合分析。

2 结果与分析

2.1 不同海拔小麦条锈菌越冬情况

2008—2012 年,对青海省各冬麦区的条锈病越冬调查结果表明:2008—2009 年,6 个观测点有 5 个可顺利越冬,越冬病点率为 83.3%,越冬海拔上限是 1 889 m(循化县查汗都斯乡阿河滩村)。2009—2010 年,冬前 11 个有效观测点中 9 个点可以越冬,

越冬病点率为 81.8%,越冬海拔上限是 2 233 m(贵德县河西镇大史家村)。2011—2012 年,12 个有效病点有 6 个点条锈菌可以顺利越冬,越冬病点率为 50.0%,越冬海拔上限是 2 233 m。2010—2011 年度,所有观测点的小麦条锈菌均不能安全越冬(表 1)。

在各年份的调查中,循化县查汗都斯乡阿河滩

村越冬年频达到 75.0%,越冬病叶率在 1.57% ~ 2.33% 之间。贵德县河阴镇大史家村越冬年频为 66.67%,越冬病叶率仅有 0.7% 左右。在贵德县河阴镇城东村、尖扎县康杨镇东门村、循化县街子镇丁江村和民和县官亭镇官东村等地区,条锈菌越冬年频均在 50% 以上,越冬病叶率在 0.84% ~ 2.84% 之间(表 1)。

表 1 青海省 2008—2012 年不同海拔小麦条锈菌越冬情况

Table 1 Survey on overwintering *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* at different altitudes in Qinghai Province in 2008—2012

海拔 (m) Altitude	调查地点 Location	调查年份 Year	越冬病叶数/冬前病叶数 No. of infected leaves in spring/ No. of infected leaves in winter	越冬病叶率 (%) Overwintering diseased leaf rates	越冬年频 (%) Overwintering year probability
2 314	西宁市城北区二十里铺镇 Ershilipu Town, Xining City	2008—2009	0/217	0.00	0.00
		2009—2010	0/13	0.00	
		2010—2011	0/0	—	
		2011—2012	0/190	0.00	
2 299	贵德县河西镇江仓麻村 Jiangcangma Village, Guide County	2011—2012	0/134	0.00	0.00
2 233	贵德县河阴镇大史家村 Dashijia Village, Guide County	2009—2010	1/142	0.70	66.67
		2010—2011	0/0	—	
		2011—2012	1/148	0.68	
2 212	贵德县河阴镇城东村 Chengdong Village, Guide County	2009—2010	2/239	0.84	50.00
		2010—2011	0/26	0.00	
2 093	化隆县群科镇舍人村 Sheren Village, Hualong County	2009—2010	0/4	0.00	33.33
		2010—2011	0/1	0.00	
		2011—2012	1/79	1.26	
2 059	化隆县甘都镇沙沟村 Shagou Village, Hualong County	2009—2010	1/127	0.79	33.33
		2010—2011	0/0	—	
		2011—2012	0/0	—	
2 056	尖扎县康杨镇东门村 Dongmen Village, Jianzha County	2009—2010	1/118	0.85	66.67
		2010—2011	0/6	0.00	
		2011—2012	2/162	1.23	
2 023	尖扎县康杨镇寺门村 Simen Village, Jianzha County	2010—2011	0/3	0.00	50.00
		2011—2012	3/195	1.54	
2 018	民和县巴州乡巴州村 Bazhou Village, Minhe County	2009—2010	1/82	1.22	0.33
		2010—2011	0/0	—	
		2011—2012	0/0	—	
1 936	乐都县洪山镇姜湾村 Jiangwan Village, Ledu County	2009—2010	7/419	1.67	50.00
		2010—2011	0/167	0.00	
1 913	乐都县高庙镇长里村 Changli Village, Ledu County	2010—2011	0/0	—	0.00
		2011—2012	0/12	0.00	
1 889	循化县查汗都斯乡阿河滩村 Ahetan Village, Xunhua County	2008—2009	3/191	1.57	75.00
		2009—2010	1/52	1.92	
		2010—2011	0/2	0.00	
		2011—2012	3/129	2.33	

续表 1

海拔 (m) Altitude	调查地点 Location	调查年份 Year	越冬病叶数/冬前病叶数 No. of infected leaves in spring/ No. of infected leaves in winter	越冬病叶率 (%) Overwintering diseased leaf rates	越冬年频 (%) Overwintering year probability
1 887	循化县街子镇丁江村 Dingjiang Village, Xunhua County	2008—2009	1/250	0.40	50.00
		2009—2010	0/31	—	
		2010—2011	0/2	0.00	
		2011—2012	4/141	2.84	
1 853	民和县松树乡松树村 Songshu Village, Minhe County	2008—2009	2/217	0.92	50.00
		2009—2010	1/72	1.39	
		2010—2011	0/0	—	
		2011—2012	0/47	0.00	
1 836	民和县官亭镇官东村 Guandong Village, Minhe County	2008—2009	4/296	1.35	66.67
		2009—2010	1/62	1.61	
		2010—2011	0/53	0.00	
1 777	民和县川口镇史纳村 Shina Village, Minhe County	2008—2009	2/124	1.62	25.00
		2009—2010	0/0	—	
		2010—2011	0/0	—	
		2011—2012	0/2	0.00	
1 769	民和县马场垣乡团结村 Tuanjie Village, Minhe County	2010—2011	0/1	0.00	0.00
		2011—2012	0/2	0.00	

海拔数据来源于 Google Earth; 冬前记载日期为 12 月 10 日, 冬后记载为 4 月 10 日; — 表示数据缺乏。The data of altitudes sourced from Google Earth. Scoring date in winter is December 10th, and that in spring is April 10th; —: Data deficient.

由表 1 可知, 小麦条锈菌在青海省境内越冬率很低, 4 年调查中, 所有观测点越冬率最高值出现在 2011—2012 年度循化县街子镇丁江村, 达到 2.84%, 其它地区和年份条锈菌的越冬率均未超过 2.33%。不同海拔地区小麦条锈菌越冬率存在一定差异, 总体趋势是海拔越低病菌越冬率越高, 海拔越高病菌越冬率越低。在海拔 1 889 m 以下的观测点正常年份条锈菌均可越冬, 海拔 1 889 m 以上观测点越冬率相对较低, 如 2011—2012 年贵德县河阴镇大史家村观测点的越冬率仅为 0.68%, 而海拔 1 887 m 的循化县街子镇丁江村观测点达到 2.84%。

2.2 冬前菌源量对小麦条锈菌越冬的影响

观测点冬前的菌源量对小麦条锈菌安全越冬有一定的影响(表 1), 在正常越冬年份, 观测点内发病的叶片数越多, 翌年春天越冬的病叶数也相对较多, 以民和县官亭镇官东村为例, 2008—2009 年, 冬前有 296 片病叶, 翌年春天有 4 片病叶; 2009—2010 年, 冬前有 62 片病叶, 冬后仅有 1 片病叶。反之, 条锈菌越冬的概率降低, 民和县马场垣乡团结村的观测点虽然海拔较低, 但冬前菌源量不足, 条锈菌在此观测点未能越冬。

2.3 环境条件对小麦条锈菌越冬的影响

2.3.1 气象条件

通过青海省气象局提供的 2008—2012 年青海省贵德、尖扎、乐都、循化、民和、西宁等地冬季 12 月份至翌年 3 月份的月平均气温和月降水量等气象数据分析, 表明温度和降水量对小麦条锈菌越冬有一定的影响。

其中冬季 1 月份的平均气温影响最大(表 2)。如 2011 年贵德、尖扎、乐都、循化、民和、西宁 6 地的 1 月份月均温为 $-11.2 \sim -6.5^{\circ}\text{C}$, 平均 -8.3°C , 所有观测点的条锈菌都不能越冬; 2012 年 1 月份月均温为 $-10.3 \sim -5.6^{\circ}\text{C}$, 平均 -7.4°C , 有 50% 的观测点条锈菌不能越冬。相反, 2009 和 2010 年 1 月份月均温分别为 $-5 \sim -3.7^{\circ}\text{C}$ (平均 -4.9°C) 和 $-5.6 \sim -2.0^{\circ}\text{C}$ (平均 -3.3°C), 6 个地区的 1 月份平均气温在 -5.0°C 以上, 条锈菌越冬病点率达到 80% 以上。由此可见, 冬季气温特别是 1 月份平均气温是影响小麦条锈菌越冬的关键因素, 当 1 月份平均气温在 -8.0°C 以下时, 条锈菌不能越冬, 当平均气温在 -5.0°C 以上时, 条锈菌可以越冬, 但越冬病叶率较低。

降水量对条锈病的越冬也有影响(表 2)。2011

年冬季干旱,1—3 月份贵德、尖扎、乐都、循化、民和、西宁 6 地平均降水量分别为 0.23、0.32 和 0.69 mm,明显少于其它年份,小麦条锈菌不能越冬。而 2009 年 1—3 月份平均降水量分别为 1.13、1.48 和 7.54 mm,条锈菌越冬病点率最高,达到 83.3%。尖扎县 2011 和 2012 年 1 月份平均气温分别为 -6.5°C 和 -6.2°C ,相差不大,但 2010—2011

年度所有监测点没有发现条锈菌越冬,而 2011—2012 年度,尖扎县的 2 个监测点和化隆县群科镇舍人村(邻近尖扎县)均可越冬。2010 和 2011 年 12 月份尖扎县的月降水量均为 0,而 2011 年 1—3 月的月降水量分别为 0 和 0.6 mm,比 2012 年的 2.5、1.8 和 7.5 mm 明显低。表明冬季 1—3 月份降水(雪)量对小麦条锈菌越冬也有一定的影响。

表 2 小麦条锈菌越冬率与冬季(12 月—3 月)月平均气温和月降水量的关系

Table 2 The relationship of monthly mean temperature and monthly rainfall in winter season and overwintering rate of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*

年度 Year	越冬病点率 (%) Overwintering rate of stripe rust spot	6 县月平均气温 ($^{\circ}\text{C}$) Average monthly temperature of the 6 counties				6 县月平均降水量 (mm) Average monthly temperature of the 6 counties			
		12 月 Dec.	1 月 Jan.	2 月 Feb.	3 月 Mar.	12 月 Dec.	1 月 Jan.	2 月 Feb.	3 月 Mar.
2008—2009	83.3	-3.7	-4.9	1.2	4.7	0.12	1.13	1.48	7.54
2009—2010	81.8	-3.9	-3.3	-0.6	4.7	0.41	0.42	0.43	2.56
2010—2011	0.0	-4.8	-8.3	-0.1	1.3	0.42	0.23	0.32	0.69
2011—2012	50.0	-4.7	-7.4	-3.4	3.7	0.63	2.61	1.63	6.73

气象资料来自青海省气象局。Meteorological data was provided by the Weather Bureau of Qinghai Province.

2.3.2 地形条件

通过对小麦条锈菌越冬观测点的地形观察,发现小麦条锈菌越冬主要以比较低湿的河谷两岸、山阴背坡、梯田和带有围墙的田块为主,如贵德县河阴镇大史家村(2233 m)观测点位于田块灌溉入水口,有田埂遮挡;化隆县群科镇舍人村(2093 m)的越冬观测点四周围墙,墙高约 2.5 m;尖扎康杨镇东门村(2056 m)、寺门村(2023 m)的观测点分别是山阴背坡和梯田。各地田间能越冬地点主要集中在田块灌溉入口、围墙角落和田埂周边。

3 讨论

关于青海省小麦条锈菌越冬研究前人报道较少。李振岐和刘汉文^[6]曾报道,在青海阴坡、低凹地方条锈菌可以越冬,但越冬范围、海拔等尚不清楚。本试验根据 2008—2012 年度对青海省冬麦区小麦条锈菌越冬情况的调查结果表明,正常年份小麦条锈菌在青海东部海拔 2233 m 以下冬麦区可以安全越冬,但发病叶片的越冬率较低(3% 以下)。不同海拔地区小麦条锈菌越冬率存在一定差异,总体趋势是海拔越低病菌越冬率越高,海拔越高病菌越冬率越低。石守定等^[7]研究表明,小麦条锈菌在

陇南地区越冬海拔上限为 1800 m;但近年来,随着全球气候变暖,越冬海拔上限有所上升,潘广等^[8]发现在甘肃天水 2080 m 地带条锈菌可以越冬。

影响小麦条锈菌越冬的因素颇多,冬前菌源量是首要因素。在本研究中,2008 年秋苗条锈病发病严重,11 月下旬调查发现田间发病率在 50% 左右,当年冬季较温暖,在定点的田块,近田埂周围的麦苗地上部分没有干枯,定点观察的植株上始终有新鲜的条锈菌夏孢子堆存在。大量的秋苗越冬菌源保证了条锈菌越冬率。2009 年由于冬麦区大部分田块播种时进行了粉锈宁药剂拌种,导致部分地区秋苗发病很轻,加之小麦越冬期经放牧啃青,冬前菌源数量不足降低了条锈菌的越冬率。

其次,环境条件对小麦条锈菌能否越冬以及越冬率高低也有重要影响。李振岐和曾士迈^[1]曾报道甘肃省农业科学院将条锈病越冬的临界温度确定为 1 月份平均温度 $-6 \sim -7^{\circ}\text{C}$ 。陈善铭等^[9]研究表明,在华北地区 1 月份平均气温低于 $-6 \sim -7^{\circ}\text{C}$,病菌难以越冬,但若有积雪覆盖条件,即使温度在 -10°C 下条锈菌也能越冬。本研究表明,冬季 1 月份平均气温、1—3 月份降水(雪)量以及地形地势对条锈菌越冬有重要影响。其中冬季 1 月份平均气温

是影响小麦条锈菌越冬的关键因素,当1月份平均气温在 -8.0°C 以下时,条锈菌不能越冬;当平均气温在 -5.0°C 以上时,条锈菌可以越冬,但越冬率较低。适宜的降水(雪)量除了满足条锈菌越冬所需的湿度条件外,积雪覆盖也有利于条锈菌越冬。田间调查还发现,小麦条锈菌在青海东部麦区的越冬场所主要以比较低湿的河谷两岸、山阴背坡、梯田和带有围墙的田块为主,越冬点主要集中在田块灌溉入口、围墙角落和田埂周边,麦田中间鲜见条锈菌越冬现象。与陈善铭等^[9]研究结果相似。

小麦条锈菌周年循环区的越冬、越夏菌源在小麦条锈病发生流行中起着至关重要的作用,且该地极易发生病原菌毒性变异,是小麦条锈病源头治理的重点区域^[10]。本研究表明小麦条锈病一般年份在青海局部区域可以正常越冬,另外条锈菌在青海省所有麦区几乎都能越夏,局部地区可构成周年循环。当今流行的条锈菌生理小种 CYR32 曾于1991年最先在采自青海省湟中县的阿勃标样中被检出^[11],因此,在条锈菌正常越冬的年份,越冬菌源在青海春季流行的作用如何,以及是否存在毒性变异的新小种等一系列问题值得进一步深入研究。

参 考 文 献 (References)

- [1] 李振岐,曾士迈. 中国小麦锈病. 北京: 中国农业出版社, 2008
- [2] 商鸿生. 小麦条锈病及其防治. 北京: 金盾出版社, 2008
- [3] Chen W Q, Wellings C, Chen X M, et al. Wheat stripe (yellow) rust caused by *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*. *Molecular Plant Pathology*, 2014, 15(5): 433–446
- [4] Zheng W M, Huang L L, Huang J Q, et al. High genome heterozygosity and endemic genetic recombination in the wheat stripe rust fungus. *Nature Communications*, 2013, 4: 2673[#]
- [5] 姚强,贺苗苗,闫佳会,等. 春小麦品种青春39的抗条锈性遗传分析. *麦类作物学报*, 2014, 34(1): 39–42
- [6] 李振岐,刘汉文. 陕、甘、青小麦条锈病发生发展规律之初步研究. *西北农学院学报*, 1956(4): 33–47
- [7] 石守定,马占鸿,王海光,等. 应用GIS和统计学研究小麦条锈病菌越冬范围. *植物保护学报*, 2005, 32(1): 29–32
- [8] 潘广,陈万权,刘太国,等. 天水地区不同海拔高度小麦条锈菌越冬调查初报. *植物保护*, 2011, 37(2): 103–106
- [9] 陈善铭,周嘉平,李瑞碧,等. 华北冬小麦条锈病流行规律研究. *植物病理学报*, 1957, 3(1): 63–85
- [10] 陈万权,康振生,马占鸿,等. 中国小麦条锈病综合治理理论与实践. *中国农业科学*, 2013, 46(20): 4254–4262
- [11] 贾秋珍,金社林,曹世勤,等. 小麦条锈菌生理小种条中32号及水源14致病类型在甘肃的流行与发展趋势. *植物保护学报*, 2007, 34(3): 263–267

(责任编辑:高 峰)