植物保护学报 Journal of Plant Protection，2018，45(1)：167-172 DOI：10.13802/j.cnki.zwbhxb.2018.2018917

林芝地区小麦条锈菌与气象因子的关系及流行动态模型的构建

巩文峰[1] 帅玉婷[1] 马占鸿[2*]

（1. 西藏农牧学院植物科学学院，林芝 860000；2. 中国农业大学植物病理学系，北京 100193）

摘要：为了解西藏林芝地区气象因子对小麦条锈病的影响及其流行动态，2016年采用五点取样法对林芝地区小麦条锈病的发病情况进行监测，通过相关性分析、逐步回归$C(p)$统计法和线性回归等方法，分析了病情指数与气象因子的关系，并结合时间和病情指数建立了病害预测模型。结果表明，在林芝地区，温度X_1、湿度X_2均与小麦条锈病病情指数Y呈极显著相关，降雨量X_3与病情指数Y呈显著相关；线性回归方程为：$Y=-482.5991+19.7494X_1+3.7974X_2-0.8439X_3$。根据模拟情况选择的病害流行动态方程为$Y=1/e^{(0.914t+0.385)}$，决定系数为0.952，模型的拟合效果较好，表明该模型能够为林芝地区小麦条锈病的预测预报提供有效的参考依据。

关键词：小麦条锈病；流行动态；气象因子；预测模型

Interaction between *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* and meteorological factors and the model construction of temporal dynamic

Gong Wenfeng[1] Shuai Yuting[1] Ma Zhanhong[2*]

（1. Plant Sciences College, Tibet Agriculture & Animal Husbandry University, Linzhi 860000, Tibet Autonomous Region, China; 2. Department of Plant Pathology, College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100193, China）

Abstract: To understand the meteorological factors affecting the stripe rust in wheat and its epidemiology in Linzhi, Tibet, the incidence of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* was investigated with five point sampling method, and the relationship between the disease index and meteorological factors was studied with using correlation analysis, stepwise regression and linear regression analysis. The results showed that there was highly significant positive correlation among temperature, relative humidity and the disease index. Significant positive correlation between the disease index and rainfall was found. The equation of linear regression was $Y=-482.5991+19.7494X_1+3.7974X_2-0.8439X_3$. According to the date and disease index, the disease prediction models were constructed, and the regression equation was $Y=1/e^{(0.914t+0.385)}$ with R square value was 0.952, indicating that this model could well reflect the temporal dynamic of *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Linzhi.

Key words: wheat yellow rust; temporal dynamic model; environment factors; forecasting model

小麦条锈病一直是我国麦区的主要病害。由于小麦主推品种单一、小麦品种抗病性衰退及条锈病病菌新的生理小种不断产生等原因，小麦条锈病在藏东南及藏南边境低海拔农区几乎每年发生，且呈现逐年加重的趋势，对该地区的小麦安全生产造成了严重的威胁（陈俐，2012）。西藏高原独特的生态

基金项目：国家重点研发计划（2016YFD0300702，2016YFD0201302），西藏农牧学院作物学科建设项目（2016ZWXKJS）

* 通信作者（Author for correspondence），E-mail：mazh@cau.edu.cn

收稿日期：2017-08-08

环境、气候条件、作物布局、小麦播期等，对麦类作物条锈病的发生极为有利，使得小麦条锈菌 *Puccinia striiformis* 可完成越夏、越冬和流行周年循环。常年发病面积达3 300 hm^2，每年因条锈病危害造成减产约500万kg以上（杨敏娜等，2012）。其中，林芝地区是西藏麦类作物条锈菌的最适越夏区，也是小麦条锈病常发区和易发区。自20世纪80年代以来，小麦条锈病在该地区年年流行危害，是威胁小麦生产最重要的限制因子之一（赵杰等，2016）。因此，明确林芝地区小麦条锈病与气象因子的关系及流行动态规律，有助于掌握最佳的防治时间，从而制定有效的防治措施，对于减少小麦损失、提高产量具有重要意义。

小麦条锈病的发生、流行主要取决于品种、菌源量和气象条件3大因素（李振岐和曾士迈，2002），而气象条件对小麦条锈病的发生流行起到抑制或促发作用（蒲金涌等，2008；熊增海等，2011）。其中，温、湿度是影响条锈病发生、发展的主要气象因子（肖志强，2007）。吕建平等（2004）在分析云南小麦条锈病发生流行原因时指出，早晚温差较大、田间湿度偏高，十分有利于条锈病的流行。范绍强等（2007）采用回归分析法分析了山西省小麦条锈病流行的影响因素，结果表明降雨量对条锈病流行具有最为显著的影响。杨宇衡等（2016）在分析重庆市小麦条锈病影响因素时也指出气候因素对小麦条锈病的扩散流行起着至关重要的作用，适宜的温、湿度为该区域小麦条锈病发生发展提供了便利。

在小麦条锈病流行动态规律的研究方面，曾士迈等（1981）对小麦条锈病的春季流行进行了电算模拟，模拟出的流行曲线与实测曲线大体相符。肖悦岩等（1983）、骆勇和曾士迈（1990）以感病品种为对照，分别构建SIMYR和YRESM模拟模型，模拟在不同气候条件下病害数量随时间而变化的春季流行过程。Nelson et al.（1999）、Coulson（1992）和马占鸿等（2004）从制约小麦条锈病菌越夏的温度因子入手，基于多年的气象数据，利用地理信息系统（geographic information system，GIS）研究了条锈病流行区划问题，运用流行预测模型模拟小麦条锈病的流行动态，在危害程度、产量损失估计上有着广泛应用。

西藏自治区长期以来由于地理位置和交通等方面的原因，有关小麦条锈病的研究整体滞后于我国其它省份，对小麦条锈病流行动态模型更是鲜有报道。本研究通过系统调查，对林芝地区小麦条锈病的流行动态进行监测，分析气象因子对病情指数的影响，构建并筛选科学合理的病害流行动态模型，并明确林芝地区小麦条锈病的流行规律，以期为该地区小麦条锈病的预测预报提供有效参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

小麦品种：选取目前西藏林芝地区主栽的冬小麦肥麦作为供试品种。

仪器：TRM-ZS6校园全自动气象站，锦州阳光气象科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 小麦条锈病田间病情监测

试验小区位于西藏农牧学院校园实习农场内试验田。每个小区5 m×6 m，相邻小区间隔0.5 m，共20个小区。冬小麦的播种时间为2015年10月，于2016年4月29日开始病情调查，此时小麦处于分蘖期，每隔3 d进行1次，持续至小麦条锈病发病率稳定，接近100%。每个小区采用五点取样法调查，每点调查5片叶，共调查500片叶。记录发病叶片数、各级病叶数，并计算发病的普遍率、病情指数及平均严重度。严重度按照病斑面积0、1%、5%、10%、20%、40%、60%、80%、100%的分级标准调查，计算平均严重度（商鸿生等，1990）。普遍率=发病叶片数/调查总叶数×100%。病情指数=100×∑（各级病叶数×各级代表值）/（调查总叶数×最高级代表值）。

1.2.2 气象监测与模型构建

利用TRM-ZS6校园全自动气象站记录试验期间（2016年5月1日—7月31日）的气象数据进行分析。分别选取温度（X_1）、湿度（X_2）、降雨量（X_3）3个气象数据，与调查时间、病情指数构建模型。利用曲线估计程序，选择Linear（线性模型）、Logarithmic（对数模型）、S（S模型）、Inverse（逆模型）、Power（幂模型）、Logistic（逻辑斯蒂模型）共6种常用数学模型，以决定系数、F值和采用最小显著性差异法（LSD）检验结果作为模型的取舍标准，筛选出最佳模型。

1.3 数据分析

利用SAS 8软件将病情指数（Y）与平均温度（X_1）、平均湿度（X_2）、平均降雨量（X_3）数据进行逐步回归及多元线性回归分析。数据统计及制图采用Origin pro 9.1软件。

2 结果与分析

2.1 小麦条锈病的季节流行曲线分析

从初次发病日期5月23日起开始，小麦条锈病

的平均严重度在6月4日—6月8日间迅速增加，从0.95%增至7.00%，随后稳定增长（图1）。普遍率的快速增长出现在6月8日之后，7月2日达到100.00%。而病情指数在病害始发期增长缓慢，抽穗期（6月4日—6月8日）后迅速增加，6月24日达到63.91，7月2日达到71.23后趋于稳定（图1）。

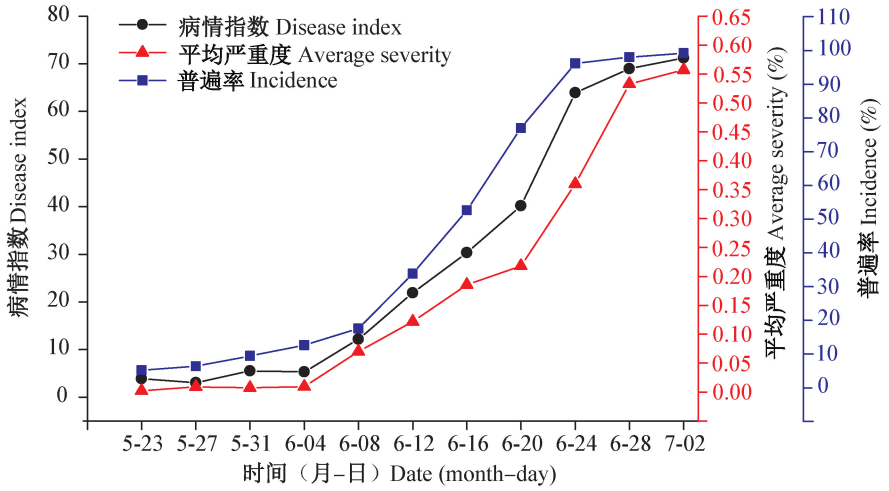

图1　西藏林芝地区小麦条锈病田间病情调查结果

Fig. 1　Investigation of wheat stripe rust in Linzhi, Tibet

2.2　气象因子与病情指数的相关及回归分析

通过对温度（X_1）、湿度（X_2）和降雨量（X_3）与病情指数进行相关性分析可知，温度、湿度与病情指数呈极显著相关，降雨量与病情指数呈显著相关（表1）。对2016年5—7月份的数据进行逐步回归，根据$C(p)$统计法得出最优子集。影响小麦条锈病流行的气象因子，均在$P<0.15$的水平上显著（表2），其中，温度（X_1）对R^2的贡献最大，为0.7599，说明温度对林芝地区条锈病的流行程度影响最大；湿度（X_2）对R^2的贡献次之，为0.1418；降雨量（X_3）对R^2的贡献最小，为0.0515。对气象因子与病情指数（Y）进行回归分析，得到线性回归方程为：$Y=-482.5991+19.7494X_1+3.7974X_2-0.8439X_3$，$R^2=0.9532$。通过方程可知，温度（$X_1$）和湿度（$X_2$）与病情指数（$Y$）呈正相关，而降雨量（$X_3$）与病情指数（$Y$）呈负相关。

从5月23日开始到6月2日，温度、湿度、降雨量对病情指数影响不大，而从6月4日开始，随着温、湿度和降雨量的逐渐升高，病情指数开始逐渐增大。特别是从6月12日开始，温度和病情指数具有明显的同步性。但从6月12日到6月24日，降雨量高且趋于平缓，而这段时间病情指数上升明显（图2）。这也与回归方程中的降雨量对病情指数变化的贡献率不高相一致。

2.3　小麦条锈病流行时间动态模型构建

对调查时间和病情指数构建模型，发现线性模型与逻辑斯蒂模型均能较好地模拟小麦条锈病随时间增长的动态情况（图3）。其中，逻辑斯蒂模型拟合度最高（$R^2>0.95$，$P<0.0001$）。因此选用Logistic模型对小麦条锈病病情指数随时间增长的变化情况进行拟合，并对其进行检验，筛选出适合模拟小麦条锈病流行时间动态的最佳模型为$Y=1/e^{(0.914t+0.385)}$（$R^2=0.952$，$P<0.0001$）（表3）。

表1　西藏林芝地区气象因子与小麦条锈病病情指数的相关性分析

Table 1　The correlativity of meteorological factors and disease index of wheat stripe rust in Linzhi, Tibet

	Y	X_1	X_2	X_3
Y	1.0000	0.8717**	0.8140**	0.7204*
X_1		1.0000	0.5827	0.6595*
X_2			1.0000	0.8978**
X_3				1.0000

和*表示经Pearson相关性分析分别在$P<0.01$和$P<0.05$水平显著相关。 or * indicates the significant correlation by Pearson correlation analysis test at $P<0.01$ or $P<0.05$ level, respectively.

表2 西藏林芝地区气象因子变量进入最优子集的顺序及检验

Table 2 The meteorological factors variants enter optimum set order and the test analysis in Linzhi, Tibet

变量 Variant	进入顺序 Order	R^2的贡献 R^2 contribution	模型总的R^2 R^2 model	$C(p)$	F	P
X_1	1	0.7599	0.7599	28.9087	28.48	0.0005
X_2	2	0.1418	0.9017	9.7007	11.54	0.0094
X_3	3	0.0515	0.9532	4.0000	7.70	0.0275

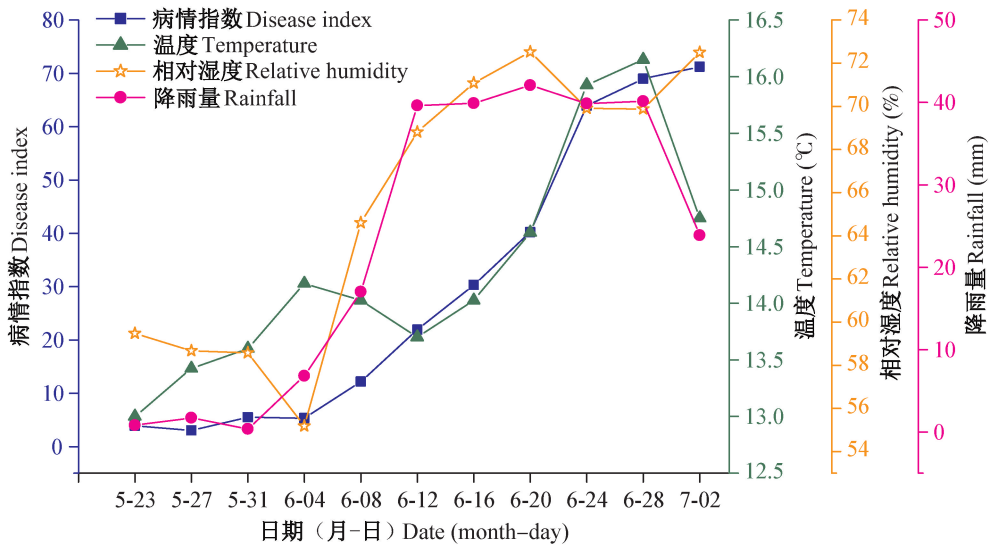

图2 西藏林芝地区气象因子对小麦条锈病病情指数的影响

Fig. 2 Effect of environmental factors on disease index of wheat strip rust in Linzhi, Tibet

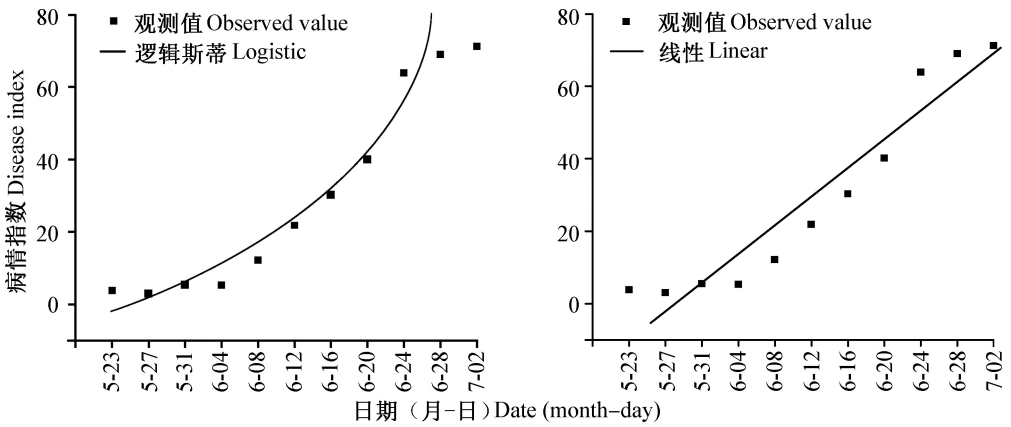

图3 西藏林芝地区小麦条锈病逻辑斯蒂(A)和线性(B)流行动态模型

Fig. 3 Logistic model (A), liner model (B) and test of temporal dynamic of wheat strip rust in Linzhi, Tibet

表3 西藏林芝地区小麦条锈病不同流行动态模型

Table 3 Different models and tests of temporal dynamic of wheat strip rust in Linzhi, Tibet

模型 Model	拟合方程 Model expression	R^2	F	P
线性模型 Linear model	$Y=1.936t-11.551$	0.907	88.056	0.000
对数模型 Logarithmic model	$Y=18.336\ln t-19.758$	0.544	10.727	0.010
S模型 S model	$Y=e^{(-2.295/t+3.179)}$	0.292	3.713	0.086
逆模型 Inverse model	$Y=-40.903(1/t)+35.815$	0.184	2.026	0.188
幂模型 Power model	$Y=e^{(0.935\ln t+1.371)}$	0.713	22.386	0.001
逻辑斯蒂模型 Logistic model	$Y=1/e^{(0.914t+0.385)}$	0.952	179.011	0.000

2.4 小麦条锈病病情指数随时间变化的预测

根据建立的最佳模型 $Y=1/e^{(0.914t+0.385)}$，预测该地区小麦条锈病的流行时期。将小麦条锈病病情指数流行过程分为不同的时期，即小麦条锈病指数增长期（0~0.05）为5月下旬至6月上旬；小麦条锈病逻辑斯蒂时期（0.05~0.95）为6月上旬至6月下旬；小麦条锈病衰退期（0.95~1.00）为7月上旬之后。分别带入 Y=0.05 和 Y= 0.95 得到 t=227.3 d 和 t=248.5 d，由此可以得到供试品种小麦条锈病流行时期为6月上旬到6月下旬。

3 讨论

本研究分析了西藏林芝地区的气象因子对该地小麦条锈病病情指数的影响，结果表明，影响病情指数的主要气象因子是温度和湿度，2个因子对病情指数的影响均极显著，而降雨量对病情指数的影响显著，这与胡小平等（2000）、范绍强等（2007）和李登科等（2017）的研究结果是一致的；而回归方程中降雨量的回归系数是负值，这与他们所研究的降雨量与小麦条锈病病情指数回归系数是正值有所差异，可能与降雨会降低气温从而影响小麦条锈病病情指数有关。西藏地区气温较低，降雨会使得气温降至更低，降雨通过影响气温进一步影响小麦条锈病的病情。山西、河南、陕西等省小麦条锈病的发病盛期在4—5月份（范绍强等，2007；贾金明等，2008；李登科等，2017），而西藏林芝地区小麦条锈病的发病盛期在6月份，也证实了回归方程中的温度对病情指数的影响最大，降雨影响气温致使降雨量在回归方程中的影响系数是负值。

建立的时间动态模型能够反映林芝地区小麦条锈病病情指数随时间增长的动态情况，与多种病害研究一致（Lalancette et al., 1988；Fininsa & Yuen, 2001），证明逻辑斯蒂模型具有广泛适用性。但本研究仅从温度、湿度、降雨量3个气象因子对单一寄主的病害发生情况进行了分析，对其它因素如小麦品种种类、品种抗病性、小麦条锈菌菌源、致病性等对小麦条锈病发展的作用还需要进一步探讨。因此，在以后的研究中可根据同一地点多年监测数据构建小麦条锈病多气象因子、寄主抗性水平等预测模型，更加准确地为林芝地区小麦条锈病流行的预测防治提供科学依据。此外，因所建立的逻辑斯蒂方程为动态模型，随着时间的推移，小麦条锈病生理小种会发生变化（汪可宁等，1986；万安民等，1999；范绍强等，2007），致使所选的预测因子对模型的贡献能力也将随之改变，因而，在应用过程中要随时间的推移对预测因子进行调整和筛选，并进行预测方程的校正，以达到最佳预测效果。

参 考 文 献（References）

Chen L. 2012. Occurrence characteristics and integrated control strategies of wheat stripe rust in Tibet. China Plant Protection, 32(11): 28−30 (in Chinese) [陈俐. 2012. 小麦条锈病在西藏的发生为害特点及综合防治策略. 中国植保导刊, 32(11): 28−30]

Coulson RN. 1992. Intelligent geographic information systems and integrated pest management. Crop Protection, 11(6): 507−516

Fan SQ, Xie XS, Li F, Yin QY, Zheng WY. 2007. Forecast model for prevalent stripe rust in winter wheat in Shanxi Province. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 15(4): 113−115 (in Chinese) [范绍强, 谢咸升, 李峰, 尹青云, 郑王义. 2007. 山西省小麦条锈病流行趋势预测模型研究. 中国生态农业学报, 15(4): 113−115]

Fininsa C, Yuen J. 2001. Association of maize rust and leaf blight epidemics with cropping systems in Hararghe highlands, eastern Ethiopia. Crop Protection, 20(8): 669−678

Hu XP, Yang ZW, Li ZQ, Deng ZY, Chen HW, Ke CH. 2000. Factors analysis affected the epidemics of wheat stripe rust in Hanzhong District, Shaanxi Province. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 9(2): 36−38 (in Chinese) [胡小平, 杨之为, 李振岐, 邓志勇, 陈汉吾, 柯长华. 2000. 汉中地区小麦条锈病流行因子分析. 西北农业学报, 9(2): 36−38]

Jia JM, Zhang MJ, Xu QZ, Mao GP, Xu QE, Wang JF, Tian GW. 2008. A meteorological forecast model for stripe rust of wheat in middle and lower reaches of Yellow River. Chinese Journal of Agrometeorology, 29(3): 365−370 (in Chinese) [贾金明, 张明捷, 徐巧真,毛桂萍, 徐庆娥, 王俊峰, 田国卫. 2008. 黄河中下游地区小麦条锈病气象预报模型. 中国农业气象, 29(3): 365−370]

Lalancette N, Madden LV, Ellis MA. 1988. A quantitative model for describing the sporulation of *Plasmopara viticola* on grape leaves. Phytopathology, 78(10): 1316−1321

Li DK, Quan WT, Xie FZ. 2017. Meteorological forecast model for stripe rust of wheat in Shaanxi Province. Journal of Arid Meteorology, 35(1): 128−133 (in Chinese) [李登科, 权文婷, 谢飞舟. 2017. 陕西省小麦条锈病气象预报模型. 干旱气象, 35(1): 128−133]

Li ZQ, Zeng SM. 2002. Wheat rusts in China. Beijing: Chinese Agriculture Press, pp. 41−208, 224−226 (in Chinese) [李振岐, 曾士迈. 2002. 中国小麦锈病. 北京: 中国农业出版社, pp. 41−208, 224−226]

Luo Y, Zeng SM. 1990. Study on the epidemic simulation model of yellow rust of wheat. Journal of China Agricultural University, (S1): 1−21 (in Chinese) [骆勇, 曾士迈. 1990. 小麦条锈病流行模拟模型的研制. 中国农业大学学报, (S1): 1−21]

Lü JP, Lu J, He YS, Li YH, Wen SM, Yin JQ, Yin MF. 2004. Preliminary study on epidemic causes and control measures of wheat stripe rust in Yunnan. Chinese Agricultural Science Bulletin, 20(3): 232−234 (in Chinese) [吕建平, 卢俊, 何云松, 李亚红, 温三

明, 殷减清, 尹明芬. 2004. 云南省小麦条锈病发生流行原因及其治理对策初探. 中国农学通报, 20(3): 232−234]

Ma ZH, Shi SD, Jiang YY, Zhao ZH. 2004. Climate-based regional classification for oversummering of *Puccinia striiformis* in China. Acta Phytopathologica Sinica, 34(5): 455−462 (in Chinese) [马占鸿, 石守定, 姜玉英, 赵中华. 2004. 基于GIS的中国小麦条锈病菌越夏区气候区划. 植物病理学报, 34(5): 455−462]

Nelson MR, Orum TV, Jaimegarcia R, Nadeem A. 1999. Applications of geographic information systems and geostatistics in plant disease epidemiology and management. Plant Disease, 83(4): 308−319

Pu JY, Yao XY, Yang QB, Yuan BS, Yao XH. 2008. Analysis of relationship between the development of wheat stripe rust and the meteorological condition in southwest Tianshui of Gansu Province. Journal of Arid Meteorology, 26(3): 63−66 (in Chinese) [蒲金涌, 姚小英, 杨全保, 袁佰顺, 姚晓红. 2008. 天水地区条锈病的发生与气象条件关系研究. 干旱气象, 26(3): 63−66]

Shang HS, Ren WL, Wang SM. 1990. Discussion on grading standards of stripe rust severity in wheat. Plant Protection, 16(1): 31 (in Chinese) [商鸿生, 任文礼, 王素梅. 1990. 小麦条锈病严重度分级标准图的探讨. 植物保护, 16(1): 31]

Wan AM, Niu YC, Wu LR, Yuan WH, Li GB, Jia QZ, Jin SL, Yang JX, Li YF, Bi YQ. 1999. Physiologic specialization of stripe rust of wheat in China during 1991—1996. Acta Phytopathologica Sinica, 29(1): 15−20 (in Chinese) [万安民, 牛永春, 吴立人, 袁文焕, 李高宝, 贾秋珍, 金社林, 杨家秀, 李艳芳, 毕云青. 1999. 1991—1996 年我国小麦条锈菌生理专化研究. 植物病理学报, 29(1): 15−20]

Wang KN, Wu LR, Meng YQ, Xie SX, Lu DY, Yuan WH, Yu XR, Song WZ, Liu SJ, Wang JQ, et al. 1986. On the physiologic specialization of stripe rust of wheat in China during the years 1975—1984. Acta Phytopathologica Sinica, 16(2): 79−85 (in Chinese) [汪可宁, 吴立人, 孟庆玉, 谢水仙, 路端谊, 袁文焕, 于孝如, 宋位中, 刘守俭, 王吉庆, 等. 1986. 1975—1984年我国小麦条锈菌生理专化研究. 植物病理学报,16(2): 79−85]

Xiao YY, Zeng SM, Zhang WY, Wang PY. 1983. SIMYR — a simple simulation model for epidemic of wheat stripe rust, *Puccinia striiformis* West. Acta Phytopathologica Sinica, 13(1): 1−13 (in Chinese) [肖悦岩, 曾士迈, 张万义, 王沛有. 1983. SIMYR—小麦条锈病流行的简要模拟模型. 植物病理学报, 13(1): 1−13]

Xiao ZQ, Li ZM, Fan M, Zhang Y, Ma SJ. 2007. Prediction model on stripe rust influence extent of winter wheat in Longnan Mountain area. Chinese Journal of Agrometeorology, 28(3): 350−353 (in Chinese) [肖志强, 李宗明, 樊明, 张燕, 马素娟. 2007. 陇南山区小麦条锈病流行程度预测模型. 中国农业气象, 28(3): 350−353]

Xiong ZH, Liu L, Liu B, Yin XH. 2011. The relationships between outbreak of wheat stripe rust and climatic conditions. Journal of Qinghai University, 29(4): 26−28 (in Chinese) [熊增海, 刘丽, 刘兵, 殷显辉. 2011. 小麦条锈病发生流行与气候条件的关系. 青海大学学报, 29(4): 26−28]

Yang MN, Peng YL, Qiang XL, Zhuo G, Liu TG, Chen WQ. 2012. Monitoring of variation in resistance to stripe rust of wheat cultivars in Tibet. Journal of Triticeae Crops, 32(3): 557−562 (in Chinese) [杨敏娜, 彭岳林, 强小林, 卓嘎, 刘太国, 陈万权. 2012. 小麦品种在西藏的抗条锈性变异监测分析. 麦类作物学报, 32(3): 557−562]

Yang YH, Su QY, Wang ZL, Zhou TY, Liu XG, Bi CW, Yu Y, Kang ZS. 2016. Occurrence regularity and influencing factors of wheat stripe rust in Chongqing. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 44(9): 151−157 (in Chinese) [杨宇衡, 宿巧燕, 王泽乐, 周天云, 刘祥贵, 毕朝位, 余洋, 康振生. 2016. 重庆市小麦条锈病发生规律和影响因素分析. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 44(9): 151−157]

Zeng SM, Zhang WY, Xiao YY. 1981. A preliminary report on the computer simulation of wheat stripe rust — a simple model in spring. Journal of China Agricultural University, 14(3): 1−12 (in Chinese) [曾士迈, 张万义, 肖悦岩. 1981. 小麦条锈病的电算模拟研究初报——春季流行的一个简要模型. 中国农业大学学报, 14(3): 1−12]

Zhao J, Zhao SL, Peng YL, Qin JF, Huang LL, Kang ZS. 2016. Investigation on geographic distribution and identification of six *Berberis* spp. serving as alternate host for *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* in Linzhi, Tibet. Acta Phytopathologica Sinica, 46(1): 103−111 (in Chinese) [赵杰, 赵世垒, 彭岳林, 覃剑锋, 黄丽丽, 康振生. 2016. 林芝地区小麦条锈菌转主寄主小檗的鉴定与分布. 植物病理学报, 46(1): 103−111]

（责任编辑：高　峰）