

河南省小麦白粉病综合发生等级预测技术研究

李彤霄^{1,2}

(1. 中国气象局·河南省农业气象保障与应用技术重点开放实验室,河南 郑州 450003;
2. 河南省气象科学研究所,河南 郑州 450003)

摘要: 利用镇平县和伊川县 1991—2010 年、安阳县和项城市 1991—2000 年的小麦白粉病调查资料和气象观测资料,通过数理统计的方法分析影响小麦白粉病发生等级的各种气象因子,建立河南省小麦白粉病分区预测模型,并以此为基础建立河南省综合预测模型。研究表明,镇平、伊川、安阳和项城小麦白粉病发生等级均与 3 月份的相对湿度和上年 3 月下旬的温雨系数显著相关。利用以上 2 个气象因子建立了河南省小麦白粉病分区发生等级预测模型和综合发生等级模型。利用分区模型对 2012 年 4 个站点小麦白粉病发生等级进行预测,有 3 个站预测等级与实际等级相同,1 个站误差在 1 个等级之内,基本上达到了预测要求。利用综合模型对 2011 年和 2012 年河南省小麦白粉病综合发生等级进行预测,预测结果准确率达 100%。因此,建立的模型可以用于预测河南各分区和全省的小麦白粉病发生等级。

关键词: 小麦白粉病; 综合发生等级; 预测; 气象因子; 河南省

中图分类号: S435.121.4⁺6 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2015)09-0054-05

Forecast Technology Research of Wheat Powdery Mildew Comprehensive Occurrence Degree in Henan Province

LI Tongxiao^{1,2}

(1. China Meteorological Administration·Henan Key Laboratory of Agrometeorological Support and Applied Technique,Zhengzhou 450003, China; 2. Henan Institute of Meteorological Sciences,Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Based on the wheat powdery mildew investigation data and corresponding meteorological data from 1991 to 2010 in Zhenping county and Yichuan county, from 1991 to 2000 in Anyang county and Xiangcheng city, the meteorological factors affecting wheat powdery mildew occurrence degree were analyzed, and Henan wheat powdery mildew regional and comprehensive forecasting models were built. The result showed that the wheat powdery mildew occurrence degrees of Zhenping, Yichuan, Anyang and Xiangcheng were all related to the relative humidity in March and the temperature and rainfall coefficient in late March last year, and the correlation coefficients of the four stations all passed significance test of $\alpha=0.01$. Henan wheat powdery mildew regional and comprehensive forecasting models were built using these two factors. Using the regional models to forecast the wheat powdery mildew occurrence degrees of the four stations in 2012, the forecasting degrees of three stations were the same as the real situation, and the other one had one degree of error, so the results were all in specified range. The comprehensive model was used to forecast the wheat powdery mildew occurrence degrees of Henan in 2011 and 2012, and the forecasting accuracy rate was 100%. The models can forecast the wheat powdery mildew occurrence degree in parts and all of Henan, and provide references for holding the wheat powdery mildew occurrence

degree globally.

Key words: wheat powdery mildew; comprehensive occurrence degree; forecasting; meteorological factor; Henan province

河南省是受小麦白粉病影响较大的省份之一^[1],每年小麦产量都会受到白粉病的影响^[2-8],因而小麦白粉病的预测预报工作显得特别重要。近年来,科研工作者对小麦白粉病的预报预测做了很多研究,通过数理统计、模糊理论、神经网络模型、灰色系统理论以及其他一些数学方法建模,取得了较为丰硕的成果^[9-20]。

目前在河南省小麦白粉病的预测模型研究中,多是以1个县(市)的观测资料作为研究对象,建立小麦白粉病模型,以此代表河南省小麦白粉病的特点。这种模型代表性有限,不能对河南省大范围的发生趋势做出较准确的预测预报。此外,由于受不同因素的影响,各地建立的小麦白粉病预测模型各不相同,很难被其他地区借鉴使用,虽然研究的内容较多,但不能很好地推广使用,从而造成人力物力的浪费。

本研究是在以往研究的基础上,选取对小麦白粉病影响较大的几个气象因子,利用数理统计的方法,对多个具有代表性的县市的数据进行回归分析,建立多因子预测模型;在此基础上,通过调整各地的权重,建立统一的方程,从而更好地预测全省小麦白粉病的发生情况。

1 材料和方法

本研究选取河南省1979—2012年、镇平县和伊川县1991—2010年、安阳县和项城市1991—2000年的小麦白粉病调查资料和同期气象资料。病害资料均来自于河南省植保站,气象资料来自于河南省气候中心。镇平、伊川、安阳和项城4个代表站分别位于河南省的西南、西北、东北、东南4个区域,间距较远,数据较完整,代表性较好。

基于镇平县和伊川县1991—2010年、安阳县和项城市1991—2000年的数据,通过数理统计、相关分析的方法对影响小麦白粉病发生等级的各种气象因子进行分析,找出与小麦白粉病发生等级相关且通过 $\alpha=0.01$ 检验的关键影响因子,在此基础上利用线性回归的方法建立4个站点小麦白粉病发生等级预测模型,用2012年各站点小麦白粉病发生等级对模型的预报结果进行检验;最后根据各代表站与全省小麦白粉病发生等级的相关系数比重和相对误差最小化的原则,确定各代表站小麦白粉病的权重,

利用式(1)的权重模型建立河南省小麦白粉病综合预测模型,用2011—2012年河南省小麦白粉病发生等级对模型的预报结果进行检验。

$$Y = \sum_{i=1}^4 a_i y_i \quad (1)$$

式中, Y 为当年河南省小麦白粉病发生等级, y_i 为代表站的预测模型, a_i 为权重。

2 结果与分析

2.1 河南省小麦白粉病发生程度

小麦白粉病的发生程度依据当地发病盛期的平均病情指数(disease index, DI)来确定,按照病情指数可以分为5个等级:1级, $DI \leq 10$;2级, $10 < DI \leq 20$;3级, $20 < DI \leq 30$;4级, $30 < DI \leq 40$;5级, $DI > 40$ 。河南省小麦白粉病历年发生程度见图1。

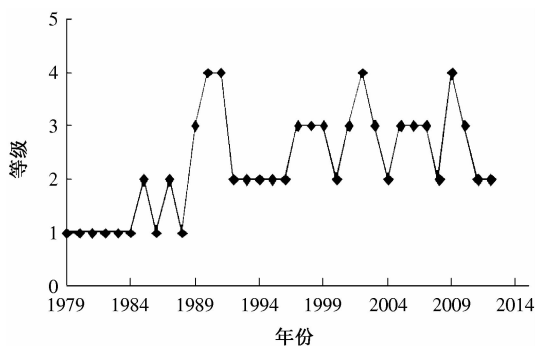


图1 河南省小麦白粉病历年发生程度

从图1可以看出,河南省小麦白粉病发生程度呈轻微—暴发—下降—波动的变化趋势。1979—1988年小麦白粉病一直维持在轻微程度;1989—1991年小麦白粉病突然暴发,全省达到严重程度;1992—2000年小麦白粉病处于下降维持的状态,但发生程度明显高于1979—1988年的发生程度;2001年以后小麦白粉病一直在中等程度上下波动,中等和轻微程度持平,严重程度略少。

河南省小麦白粉病主要在20世纪80年代末90年代初加重、暴发,并在以后成为重要的常见病害。因此,小麦白粉病的研究应主要集中在20世纪80年代末以后。

2.2 各地小麦白粉病发生程度

从图2可知,4个代表站点小麦白粉病的发生情况和全省的情况基本相似,略有不同。4个代表站点20世纪90年代发生较为严重,2001年以后发

生较轻。安阳、伊川的总体情况与河南省情况基本相同,项城和镇平发生程度略轻,这与当地的各种影响因子综合影响有很大的关系。

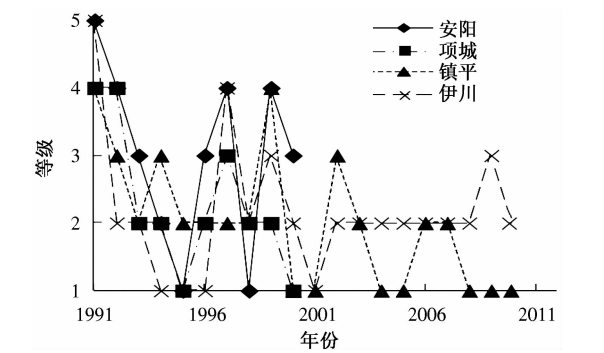


图2 河南省4个代表站小麦白粉病历年发生程度

2.3 各地小麦白粉病主要影响因子

小麦白粉病的发生发展与当地的气象条件、小麦品种抗性和栽培管理水平有着密切的关系。其中,气象条件可以直接影响田间病菌的侵染时间、循环周期与分生孢子繁殖数量,是决定区域病害流行程度的关键因素,对病害始发期、终止期、流行速度及严重度都有显著影响。因此,气象条件成为病害年际间波动的主要控制因子。

影响小麦白粉病发生程度的气象因子较多,主要有光照、降水、气温、相对湿度和温雨系数(温雨系数为同期降水量与平均气温的比值)等。选取1991—2010年4个代表站点小麦白粉病发生前后的气象因子,结合当地1991—2010年小麦白粉病的发生等级资料,对相关气象因子和发生等级做相关性分析,发现4个代表站点的小麦白粉病发生等级与3月相对湿度和上年3月下旬温雨系数有很高的相关性。3月份的相对湿度与镇平、伊川、项城、安阳病害发生等级的相关系数分别为0.627、0.618、0.637、0.862,通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验;上年3月下旬的温雨系数与镇平、伊川、安阳、项城病害发生等级的相关系数分别为0.650、0.660、0.537、0.879,也通过了 $\alpha=0.01$ 的显著性检验(表1)。

表1 小麦白粉病发生等级与主要影响因子的相关系数

影响因子	站点			
	镇平	伊川	安阳	项城
3月相对湿度	0.627	0.618	0.637	0.862
上年3月下旬温雨系数	0.650	0.660	0.537	0.879

从以上分析可以看出:镇平、伊川、安阳和项城小麦白粉病发生等级均与3月份的相对湿度和上年3月下旬的温雨系数有一定关系,说明3月份气象条件对小麦白粉病的发生等级有较大的影响。

2.4 区域小麦白粉病预测模型的建立和检验

利用4个代表站点的3月份相对湿度、上年3月下旬温雨系数和小麦白粉病发生等级数据,采用多元回归方法建立区域小麦白粉病发病等级预报模型。

镇平: $y_1=4.6x_1+0.407x_2-1.823$ $R=0.797$ (2)

伊川: $y_2=3.5x_1+0.356x_2-0.185$ $R=0.803$ (3)

安阳: $y_3=6.5x_1+0.152x_2-1.044$ $R=0.766$ (4)

项城: $y_4=4.6x_1+0.233x_2-1.497$ $R=0.918$ (5)

式中, y 为当年小麦白粉病发生等级, x_1 为3月相对湿度, x_2 为上年3月下旬温雨系数。

将1991—2010年气象因子代入预测模型,得到4个代表站点小麦白粉病发生等级逐年预测值(图3—6)。对比发现,4个代表站点的预测结果与实际结果较一致,基本上能够反映小麦白粉病的发生等级情况。

利用该预测模型对2012年镇平、伊川、安阳和项城小麦白粉病发生等级进行预测,镇平和伊川的预测值为2,实际发生等级也为2;项城的预测值为1,实际发生等级也为1;安阳的预测值为3,实际值为2,大了1个等级。但总体来说预报准确度较高,可以满足河南省小麦白粉病分区的预报要求。

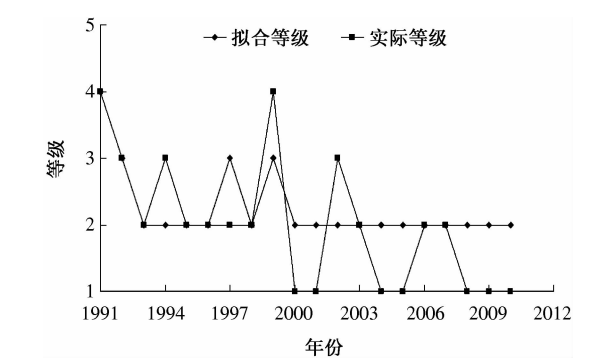


图3 镇平小麦白粉病发生等级预测结果与实况对比

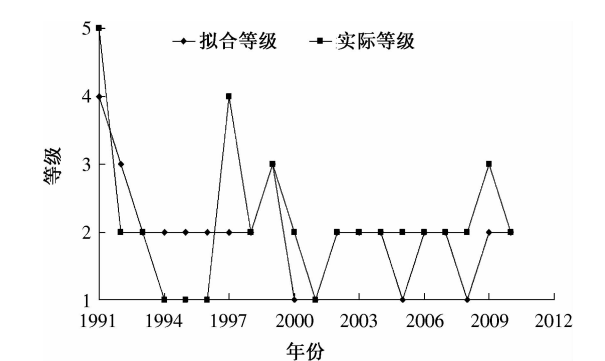


图4 伊川小麦白粉病发生等级预测结果与实况对比

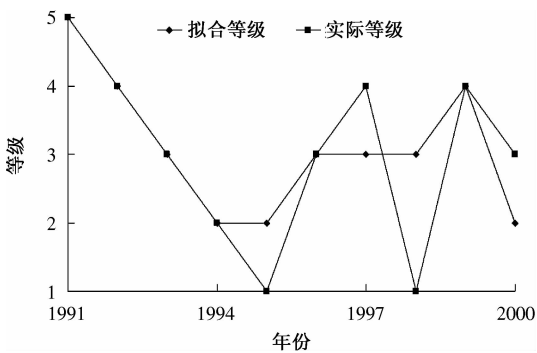


图 5 安阳小麦白粉病发生等级预测结果与实况对比

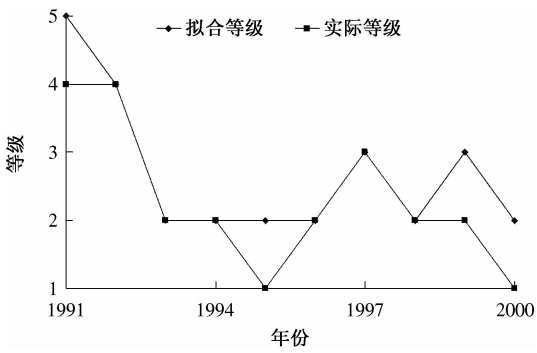


图 6 项城小麦白粉病发生等级预测结果与实况对比

图 7 可知,河南省小麦白粉病发生等级预测模型有 10 a 的预测结果和实际相符,其余预测结果除了有 1 个误差是 2 个等级外,其他结果与实况的差异基本都在 1 个等级的可接受范围内,基本上可以满足河南省小麦白粉病的预报要求。

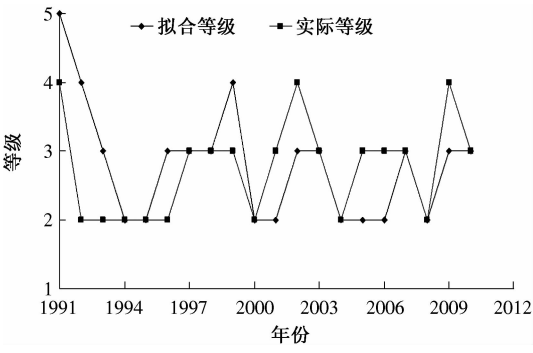


图 7 河南省小麦白粉病发生等级预测结果与实况对比

利用该预测模型对 2011 年和 2012 年河南省小麦白粉病发生等级进行预测,2011 年和 2012 年预测结果均为 2 级,与实况完全相符,准确率 100%。

3 结论与讨论

本研究发现,河南省小麦白粉病发生程度的主要影响因子为 3 月相对湿度和上年 3 月下旬温雨系数,4 个代表站的相关系数都通过 $\alpha = 0.01$ 的显著性水平检验。其中,上年 3 月下旬温雨系数是小麦白粉病发生程度的主要影响因子之一,在以往的研究中尚未发现。这可能与河南省的地理特征有关,河南省西部为山区,为小麦白粉病的越冬提供了条件,3 月下旬温雨系数可能对当年小麦白粉病菌的越冬数量有一定的影响,从而对下一年小麦白粉病的发生等级产生直接影响。

本研究通过对历年数据的分析,利用对小麦白粉病发生等级有显著影响的 3 月相对湿度和上年 3 月下旬温雨系数,采用多元回归方法建立了河南省代表站的区域小麦白粉病预测模型,并在此基础上建立了河南省小麦白粉病综合发生等级预测模型。该模型对 2011 年和 2012 年的预测结果较好,基本上达到了预测要求。这与以往以点代面的研究有明显的不同,为综合研究河南省小麦白粉病发生等级提供了参考。

由于没有考虑影响小麦白粉病发生和发展的非气象因素,加之病害资料序列较短,模型还有待于在实际工作中进一步检验和完善。

(下转第 76 页)

2.5 河南省 4 个代表站和全省小麦白粉病发生等级关系分析

对 1991—2010 年河南省 4 个代表站和全省小麦白粉病发生等级做相关性分析(安阳、项城 2001—2010 年缺失数据,用模拟值代替),发现伊川的相关性最显著,安阳其次,其他点显著性较差(表 2)。但由于各站点有共同的影响因子,且有一定的地域代表性,因此,可以采用 4 个代表站的简单模型进行综合预测。

表 2 河南 4 个代表站和全省小麦白粉病发生等级的相关性

项目	镇平	伊川	安阳	项城
相关系数	0.226	0.579 *	0.493 *	0.399

注: *、* * 表示通过了 0.05、0.01 的显著性水平检验。

2.6 河南省小麦白粉病预测模型的建立和检验

根据 1991—2000 年河南省 4 个代表站与全省的小麦白粉病发生等级相关系数比重和相对误差最小化的原则,确定各站点小麦白粉病的权重,并建立河南省小麦白粉病综合预测模型:

$$Y = 0.16y_1 + 0.37y_2 + 0.35y_3 + 0.28y_4 \quad (6)$$

式中, Y 为当年河南省小麦白粉病发生等级, y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 分别为镇平、伊川、安阳、项城当年的预测值。

将 1991—2010 年气象因子代入预测模型,得到河南省小麦白粉病发生等级逐年预测值(图 7)。由

- (23):357-358.
- [3] 崔东亚,蒋继志,杨美玲,等. 植物源杀虫剂活性成分研究进展[J]. 山西农业科学,2008,36(6):42-44.
- [4] 王桂清,张涛. 辽细辛精油对黄瓜灰霉病菌菌丝体细胞膜通透性的影响[J]. 华北农学报,2011,26(5):5-8.
- [5] 杨念婉,李艾莲. 植物精油应用于害虫防治研究进展[J]. 植物保护,2007,33(6):16-21.
- [6] Shaaya E, Kostjukovski M, Eilberg J, et al. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects[J]. Journal of Stored Products Research,1997,33(1):7-15.
- [7] Rajendran S, Sriranjini V. Plant products as fumigants for stored-product insect control[J]. Journal of Stored Products Research,2008,44:126-135.
- [8] Kumar R, Mishra A K, Dube N, et al. Evaluation of *Chenopodium ambrosioides* oil as a potential source of antifungal, antiaflatoxic and antioxidant activity[J]. International Journal of Food Microbiology, 2007, 115(2):159-164.
- [9] Jardim C M, Jham G N, Dhingra O D, et al. Composition and antifungal activity of the essential oil of the Brazilian *Chenopodium ambrosioides* L[J]. Journal of Chemical Ecology,2008,34(9):1213-1218.
- [10] 陈利军,夏新奎,刘红敏,等. 新鲜土荆芥挥发油的抑菌活性及成分分析[J]. 江苏农业科学,2010(5):452-454.
- [11] 李元,廖颖,严伟,等. 四川土荆芥精油对植物病原真菌的抗菌活性[J]. 生态环境学报,2010,19(5):1176-1181.
- [12] 陈利军,智亚楠,王国君,等. 土荆芥果实挥发油的抑菌活性及其组分分析[J]. 河南农业科学,2015,44(1):70-76.
- [13] 陈利军,智亚楠,王国君,等. 土荆芥花序和叶挥发油的抑菌作用及组分分析[J]. 植物保护,2014,40(5):40-43.
- [14] Chekem M, Lunga P, Tamokou J, et al. Antifungal properties of *Chenopodium ambrosioides* essential oil against *Candida* species[J]. Pharmaceuticals,2010,3:2900-2909.
- [15] 黄衍章,李世广,王小云. 温度对小茴香精油熏杀谷蠹成虫活性的影响[J]. 湖北农业科学,2011,50(18):3717-3719.
- [16] 董金皋. 农业植物病理学[M]. 2版. 北京:中国农业出版社,2007.

(上接第 57 页)

参考文献:

- [1] 刘万才,邵振润. 我国小麦白粉病发生演替的成因及趋势浅析[J]. 植保技术与推广,1995(6):7-8.
- [2] 王锡锋. 河南省小麦白粉病发生特点及防治对策[J]. 河南农业科学,1991(12):14-15.
- [3] 邵振润,刘万才,姜瑞中,等. 豫北麦区小麦白粉病中期测报技术研究[J]. 植物保护,1996,22(6):11-14.
- [4] 左占民,卢民生,李亮琴,等. 豫西地区小麦白粉病发生程度 Fuzzy 预测模型研究[J]. 麦类作物学报,2003,23(2):80-82.
- [5] 吴诗光,罗志良,吴景珠,等. 小麦白粉病的灰色预测研究[J]. 周口师范高等专科学校学报,2000,17(5):37-39.
- [6] 刘伟昌,陈敏. 河南省小麦白粉病时空变化特征分析[J]. 气象与环境科学,2013,36(4):10-15.
- [7] 余卫东,朱晓东,杨君健,等. 商丘市小麦白粉病预测模式研究[J]. 气象与环境科学,2008,31(1):20-23.
- [8] 杨辉,韩太国,戴林森,等. 洛阳市小麦白粉病测报技术研究[J]. 洛阳农业高等专科学校学报,2000,20(2):17-18.
- [9] 于钊,杨玉红. 创建 BP 神经网络模型利用计算机技术预测小麦白粉病流行程度[J]. 江西植保,2010,33(4):163-166.
- [10] 钱拴,霍治国,叶彩玲. 我国小麦白粉病发生流行的长期气象预测研究[J]. 自然灾害学报,2005,14(4):56-63.
- [11] 川南小麦白粉病研究协作组. 利用模糊数学求隶属度法作小麦白粉病的气象预报的初步研究[J]. 中国农业气象,1985(1):35-37.
- [12] 乔清建. 小麦白粉病发生流行预测研究[J]. 病虫测报,1992,12(4):37-38.
- [13] 么奕清,赵丽娟. 小麦白粉病灰色灾变预测[J]. 河北农业科技,2000(10):23.
- [14] 蔡煜东,许伟杰. 运用自组织神经网络预报小麦白粉病流行趋势[J]. 安徽农业科学,1995,23(1):38-40.
- [15] 许浩然,刘晏良. 小麦白粉病的中期预报[J]. 新疆农业科学,1985(2):17-18.
- [16] 祁宦. 淮北地区冬小麦白粉病发生程度的预测方法[J]. 气象,1994,20(2):40-43.
- [17] 刘万才,邵振润,王晓有,等. 长江流域小麦白粉病中期测报技术研究[J]. 中国农学通报,1996,12(1):28-30.
- [18] 李彤霄. 我国小麦白粉病预报方法研究进展[J]. 气象与环境科学,2013,36(3):44-48.
- [19] 姚平,毛国杰,杨家书,等. 东北春麦区小麦白粉病流行预测式的构建[J]. 沈阳农业大学学报,1997,28(4):259-262.
- [20] 曹克强,王革新,李双悦,等. 小麦白粉病中期预测模型的建立[J]. 河北农业大学学报,1994,17(1):57-61.