

许昌市小麦蚜虫种群变化规律及气象预测模型

李文峰¹, 尹彬², 曹志伟³, 杨晓莉¹, 曹永周⁴

(1. 许昌市气象局, 河南 许昌 461000; 2. 鄢陵县气象局, 河南 鄢陵 461200;
3. 禹州市气象局, 河南 禹州 461670; 4. 许昌市植保站, 河南 许昌 461000)

摘要: 小麦蚜虫是危害许昌小麦生产的主要虫害之一, 其发生面积广、危害重。为此, 对许昌市小麦蚜虫的种群变化规律进行研究, 并建立其发生危害的预测模型。根据许昌植保站 2007 年、2008 年监测资料进行分析, 蚜虫在小麦上迁移危害其种群数量变化遵从 logistic 增长曲线, 可以划分为开始增长期(3 月下旬—4 月上旬)、加速增长期(4 月中旬—5 月上旬)和减速增长期(5 月中旬—6 月上旬), 其中 4 月下旬—5 月上旬是蚜虫种群繁殖增长的关键期。根据 1999—2008 年许昌植保站监测资料和许昌国家基本气象站数据资料, 通过相关法分析小麦蚜虫始见期、高峰期及高峰期蚜虫量与气象因子的关系, 结果表明, 热量和水分条件是影响蚜虫种群消长的关键气象因素, 其中光热因子对蚜虫发生发展具有促进作用, 水分因子具有抑制作用。小麦蚜虫始见期、高峰期出现日数、高峰期蚜量分别与 3 月份地面 0 cm 低温, 5 月份降水量, 3—4 月份相对湿度的相关性最高, 相关系数分别为 -0.728 、 0.615 、 -0.597 , 均达到显著水平。采用 SPSS 软件利用逐步回归法构建了蚜虫始见期、高峰期及危害程度的预报预测模型, 预测准确率在 $73\% \sim 80\%$, 预测精度较高, 可为生产服务。

关键词: 逐步回归; 小麦蚜虫; 种群变化规律; 预测; 气象因子

中图分类号: S435.122⁺.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-3268(2011)03-0081-04

Variation of Wheat Aphid Population in Xuchang and Prediction Models with Meteorological Data

LI Wen-feng¹, YIN Bin², CAO Zhi-wei³, YANG Xiao-li¹, CAO Yong-zhou⁴

(1. Xuchang Meteorological Bureau, Xuchang 461000, China; 2. Yanling Meteorological Bureau, Yanling 461200, China;
3. Yuzhou Meteorological Bureau, Yuzhou 461670, China; 4. Xuchang Plant Protection Station, Xuchang 461000, China)

Abstract: According to the monitoring data of 2007 and 2008 from Xuchang Plant Protection Station, aphid population changes in wheat complied with logistic growth curve. The population dynamics could be divided into growth beginning period (late March to early April), accelerated growth period (mid-April to early May) and slow growth period (mid-May to early June). The stage of late April to early May was the key period for aphid population growth. According to the monitoring data of 1999—2008 from Xuchang Plant Protection Station and Xuchang Weather Station, relationships of the periods of appearance and peak and the peak quantity of aphids with meteorological factors were analyzed. The results showed that heat and moisture conditions were the key meteorological factors affecting aphid population dynamics, which could promote and inhibit development of aphids, respectively. The periods of appearance and peak and the peak quantity of aphids were most closely related to 0 cm ground temperature in March, precipitation in May, relative humidity in March and April. The correlation coefficients were -0.728 , 0.615 and -0.597 , respectively, all reaching significant level. Using SPSS software, prediction models of the periods of appearance and peak and the peak quantity of aphids were separately constructed by stepwise regression method. The prediction models could be used in actual business due to their high prediction accuracy rate of 73% to 80% .

Key words: Stepwise regression; Wheat aphid; Population variation; Prediction; Meteorological factors

小麦蚜虫是危害许昌地区小麦的主要害虫之一,分为麦长管蚜、麦二叉蚜、禾缢管蚜和无网长管蚜 4 种^[1],其中麦长管蚜是危害的优势种^[2]。麦蚜的危害包括直接危害和间接危害 2 个方面,直接危害主要是以成、幼蚜吸食叶片、茎秆、嫩头和嫩穗的汁液,间接危害是指麦蚜在取食危害的同时传播小麦病毒病^[3],或使小麦受害后更易遭到其他病害的侵染^[4]。

2008 年许昌市小麦蚜虫发生面积约 6.67 万 hm²,造成减产 15%左右^[5],而严重发生年份可造成减产 30%左右。近年来其发生量呈明显上升趋势,已成为危害许昌市小麦生产的严重虫害。小麦蚜虫的发生与气候条件、越冬基数、天敌数量等有很大的关系,研究表明,气候条件是小麦蚜虫暴发成灾的主要影响因子^[6]。研究气象因子特别是关键气象因子对小麦蚜虫种群变化动态的影响,掌握其发生消长的变化规律,然后根据关键气象因子构建小麦蚜虫发生期和发生程度的预报预测模型,对小麦蚜虫的危害程度进行科学评估,有助于政府和相关涉农部门科学决策指导农民及时采取预防措施,提高麦蚜防治效果^[7]。鉴此,对许昌小麦蚜虫的田间发生情况进行系统调查,结合许昌 10 a 来的植保和气象资料,研究小麦蚜虫发生程度与 3—6 月份气象因子的关系,通过逐步回归法构建了小麦蚜虫种群消长的气象预测预报模型。

1 材料和方法

研究区域位于河南省中部 113°03′~114°190′E, 33°16′~34°24′N,小麦是最主要的农作物。该区年平均气温 14.7℃,日照 2280 h,年降水量 579 mm,无霜期 217 d。

1999—2008 年蚜虫发育期(始见期、高峰期)、蚜株率等观测资料来自许昌市植保站,小麦蚜虫发生面积、损失产量资料来自许昌市农业局,1999—2008 年气温、降水、日照时数等气象资料来自许昌国家基本气象站。运用相关法筛选与小麦蚜虫关键发育期和高峰期蚜量相关的气象因子,采用 SPSS 统计软件进行逐步回归分析,并建立小麦蚜虫始见期、高峰期及危害程度等种群变化的气象预测预报模型。

2 结果与分析

2.1 小麦蚜虫发生发展的特点

许昌小麦蚜虫一般于 3 月下旬—4 月上旬小麦拔节时开始出现并吸食麦液,4 月下旬—5 月下旬灌

浆、乳熟期达到危害高峰,高峰期蚜株率平均为 63.8%,从出现至消失平均为 52 d。根据许昌植保站 2007 年、2008 年监测资料进行分析,蚜虫在小麦上迁移危害其种群数量变化遵从 logistic 增长曲线。logistic 增长模型^[8]是指种群在有限环境下,受环境制约且与密度相关的增长方式,可用模型 $N = \frac{K}{1 + e^{\frac{r}{a}(\pi - t)}}$ 描述。其中 N 为蚜虫种群数量, K 为环境负荷量, t 为时间, r 为种群实际增长率, a 为参数。利用 2007、2008 年资料拟合的蚜株率动态增长数学模型见表 1。

表 1 蚜株率随时间增长的数学模型

年份	模拟方程式	样本数	标准差	t_1	t_2	t_3
2007	$y = \frac{102.8}{1 + e^{\frac{r}{a}(5.278 - 1.569t)}}$	8	4.5	4.2	3.5	4.7
2008	$y = \frac{51.4}{1 + e^{\frac{r}{a}(3.781 - 1.543t)}}$	9	5.9	2.1	2.9	3.7

注: y 为蚜虫蚜株率, t 为天数。当 $t=1$ 时,对应日期为 5 月 1 日

对表 1 中方程式分别求一、二阶导数,且令其等于零,得出蚜株率增长速度最快的时间 t_1 (拐点)和特征点 t_2 、 t_3 (线性增长端点)。结果表明,2007 年蚜株率增长最快的时间出现在 5 月 4 日($t_1=4.2$);线性增长关键期在 5 月 4—5 日($t_2-t_3:3.5-4.7$),对应冬小麦的抽穗—开花期。2008 年蚜株率增长最快的时间为 5 月 2 日($t_1=2.1$);线性增长关键期为 5 月 3—4 日($t_2-t_3:2.9-3.7$),对应开花—灌浆期。2008 年麦蚜增长速度最快的时间较 2007 年提前了 2 d,线性增长关键期提前了 1 d,与实况基本相符。据此,利用蚜株率年内变化规律可将小麦蚜虫种群周年消长动态划分为 3 个时期,即开始增长期(3 月下旬—4 月上旬)、加速增长期(4 月中旬—5 月上旬)和减速增长期(5 月中旬—6 月上旬),其中 4 月下旬—5 月上旬是蚜虫种群繁殖增长的关键期。

2.2 小麦蚜虫发生发展的气象条件

将小麦蚜虫危害主要监测指标即蚜虫始见期出现日数(4 月 1 日为 1)、高峰期出现日数(5 月 1 日为 1)、高峰期蚜量与前期逐旬日平均气温、最低气温、降水量、日照时数、相对湿度等气象因子运用逐步回归法计算相关系数,结果见表 2—表 4。

由表 2 可见,蚜虫发生与 3、4 月份的气象因子密切相关。蚜虫始见期出现日数与水分因子呈显著正相关,即随着降水量的增加和空气湿度的增大,始见期出现日数延长,蚜虫发生时间推后,不利于蚜虫的迁飞和发展。相关系数绝对值:地温>降水量>极端最低气温>相对湿度,说明蚜虫发生迟早与蚜虫活动前的温度状况关系密切,温度高低是主要限

制因子, 其中与 3 月份 0cm 地温、4 月上旬极端最低气温间均为极显著相关。始见期出现日数与日照、温度因子呈显著负相关, 即气温升高快、光照时间增加, 有利于蚜虫的及早繁殖和发展, 表现为出现日数缩短, 蚜虫发生时间提前。

表 2 小麦蚜虫始见期出现日数与气象因子的相关系数						
项目	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
相关系数	0.624*	-0.319*	-0.617*	-0.728*	0.427*	-0.629*
注: X_1 为 3 月份降水量; X_2 为 3 月中旬平均气温; X_3 为 4 月上旬极端最低气温; X_4 为 3 月地面 0cm 地温; X_5 为 3 月下旬相对湿度; X_6 为 3 月份日照时数。*、** 分别表示差异达 0.05、0.01 显著性水平, 下同						

由表 3 可见, 蚜虫高峰期出现日数与光温因子也呈显著负相关, 与水分因子呈显著正相关。相关系数绝对值: 降水量>相对湿度>日照时数>极端最低气温, 说明降水量和空气相对湿度是影响高峰期迟早的主要因子。其中 5 月降水量、5 月上旬降水量相关系数最大, 分别达 0.615 和 0.587, 达 0.01 显著水平。5 月上、中旬为小麦灌浆期, 是蚜虫繁殖危害的主要时期, 此时若降水量大, 相对湿度大, 不利于蚜虫的迁飞扩散和繁殖蔓延, 高峰期来临缓慢。反之, 少雨干燥的天气有利于蚜虫的快速繁殖扩散, 高峰期提前, 范围大、程度高。

表 3 小麦蚜虫高峰期出现日数与气象因子的相关系数						
项目	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
相关系数	-0.459**	-0.472**	-0.488*	0.615**	0.587**	0.526**
注: X_7 为 3 月下旬—4 月上旬极端最低气温; X_8 为 6 月下旬极端最低气温; X_9 为 5 月中旬—6 月上旬日照时数; X_{10} 为 5 月降水量; X_{11} 为 5 月上旬降水量; X_{12} 为 5 月份的相对湿度						

由表 4 可见, 高峰期蚜量与光温因子呈正相关, 与水分因子呈负相关。相关系数绝对值顺序为: 相对湿度>日照时数>降水量>气温, 说明在温度条件满足的情况下, 相对湿度和日照时数成为主要的

限制因子, 3—4 月份空气相对湿度、日照时数的相关系数分别为-0.597、0.450, 达到显著水平。

表 4 小麦蚜虫高峰期蚜量与气象因子的相关系数						
项目	X_{13}	X_{14}	X_1	X_{15}	X_{16}	X_{17}
相关系数	0.278	0.349	-0.385*	-0.379*	0.450*	-0.597*
注: X_{13} 为 4 月平均气温; X_{14} 为 4 月中旬极端最低气温, X_{15} 为 3 月上、中旬降水量; X_{16} 为 3—4 月日照时数; X_{17} 为 3—4 月相对湿度						

综合以上相关性分析, 蚜虫的发生期和发生程度受多种气象因素的制约, 其中光热因子(气温、日照)具有协同促进作用, 水分因子(相对湿度、降水量)具有反向抑制作用。热量和水分条件是影响蚜虫种群消长的关键气象要素。

2.3 小麦蚜虫发生的热量指标

为了密切监视麦蚜在不同年份气候环境条件下的发生发展进程, 提供及时、准确的预警信息, 掌握蚜虫不同生育时期的热量指标十分必要。统计许昌 1999—2008 年麦蚜各个时期的热量指标, 开始增长期(3 月下旬—4 月上旬)日平均气温为 14~17℃, 最高气温 25~31℃, 最低气温 4~5℃, 需≥10℃有效积温 460℃·d; 加速增长期(4 月中旬—5 月上旬)日平均气温 20~21℃, 最高气温 31~33℃, 有效积温 804℃·d; 减速增长期(5 月中旬—6 月上旬)日平均气温 22~24℃, 最高气温 32~37℃, 有效积温 458℃·d。从春季稳定达到 10℃的初日至蚜虫始见期需有效积温 454.8℃·d, 蚜虫开始出现至高峰期需 1 000℃·d。

2.4 小麦蚜虫发生期及发生强度预报

采用以上主要气象因子, 运用 SPSS 软件系统平台的逐步回归统计方法, 得到蚜虫始见期(T_1)、高峰期(T_2)和高峰期蚜量(Y)的数学预测模型, 见表 5。

表 5 小麦蚜虫始见期、高峰期、高峰期蚜量的预测模型				
预测项目	方程式	回归值	P	样本数
开始期	$T_1=20.579+1.249X_1-0.579X_6-2.173X_4$	8.4	0.01	10
高峰期	$T_2=35.819+0.246X_{12}+0.028X_4+0.756X_{11}$	5.0	0.01	10
高峰期蚜量	$Y=85.69+0.8X_{16}-5.283X_{17}-10.815X_1$	7.4	0.01	10

注: T_1 、 T_2 分别为蚜虫始见期(4 月 1 日为 1)、高峰期(5 月 1 日为 1)出现日数, Y 为高峰期蚜量(头/百株)

用预测模型进行历史回代检验, 误差在±5 d 内的始见期预报准确率为 75%, 高峰期预报准确率为 80%, 危害程度预报准确率为 73%。运用构建模型对 2007 年、2008 年蚜虫发生情况进行试预报, 蚜虫始见期预报值均较实际日期提前 5 d, 高峰期分别提前

2 d、1 d; 年度蚜虫危害发生级别分别为重度、中度偏轻, 与实况重度、轻度基本吻合, 预报效果较为满意。

3 结论与讨论

1) 1999—2008 年, 许昌地区小麦蚜虫发生高

峰期的蚜量总体呈增加趋势, 中度偏重和重度危害年份偏多, 危害程度增强。蚜株率增长随时间变化遵循 logistic 增长曲线, 其中 4 月下旬—5 月上旬蚜虫繁殖速度最快, 是蚜虫增长的关键期。

2) 麦蚜的发生发展除受自身的生物学特性影响外, 还与作物品种、栽培方式、施肥和灌溉条件、田间管理措施等有关, 特别是受气象因子的影响较大^[9]。所以, 分析小麦蚜虫的始见期、高峰期及发生发展程度与气象条件的内在联系, 对于及时防控施治, 抑制蚜虫种群繁殖蔓延, 缩短蚜虫危害期, 减轻危害程度, 具有重要指导意义。

本研究表明, 热量和水分条件是影响蚜虫种群消长的关键气象因素, 其中光热因子对蚜虫发生发展具有促进作用, 水分因子具有抑制作用。高温、少雨、干燥的天气有利于蚜虫的快速繁殖和扩散, 始见期、高峰期提前, 小麦产量损失增加。反之, 低温、多雨、湿润的天气不利于蚜虫的发生传播, 始见期、高峰期推后, 小麦产量损失减小。

麦蚜的发生发展除与上述中小尺度的气象要素相关外, 还与大尺度的气候背景如厄尔尼诺、海温、大气环流等, 以及气候变化后农作物种植范围改变等因素有关^[10], 这些有待进一步研究。

3) 本研究建立了蚜虫始见期、高峰期和危害程度的预测模型, 回代检验结果显示, 预测准确率在 73%~80%, 预测精度较高, 可为生产服务。

参考文献:

- [1] 刘绍友. 农业昆虫学[M]. 杨凌: 天则出版社, 1990: 96-98.
- [2] 杨效文. 麦长管蚜穗型蚜研究初报[J]. 华北农学报, 1991, 6(2): 103-107.
- [3] 王随保, 陈斌, 王义, 等. 小麦蚜虫及黄矮病综合防治研究综述[J]. 山西农业科学, 2003, 31(2): 69-71.
- [4] 胡素兰, 徐淑霞, 刘金荣, 等. 小麦蚜虫发生数量对小麦叶枯病发生程度的影响[J]. 河南农业科学, 1998(2): 23-24.
- [5] 王美芳, 杨会民, 刘进前, 等. 黄淮冬麦区小麦品种抗蚜性鉴定及蚜虫对小麦产量和品质的影响[J]. 河南农业科学, 2010(4): 16-20.
- [6] 李淑华. 气候变化对中国农业病虫害的影响[C]//邓根云. 气候变化对中国农业的影响. 北京: 北京科学技术出版社, 1993: 223-234.
- [7] 陈怀亮, 张弘, 李有. 农作物病虫害发生发展气象条件及预报方法研究综述[J]. 中国农业气象, 2007, 28(2): 212-216.
- [8] 丁岩钦. 昆虫数学生态学[M]. 北京: 科学出版社, 1994: 399-403.
- [9] Drake V A. The influence of weather and climate on agriculturally important insects: an Australian perspective[J]. Australian Journal of Agricultural Research, 1994, 45(3): 487-509.
- [10] 叶彩玲, 霍治国. 气候变暖对我国主要农作物病虫害发生趋势的影响[J]. 中国农业信息快讯, 2001(4): 9-10.

(上接第 80 页)

- 刊): 100-105.
- [4] 李发福, 王永晏. 对于我国钾肥保障机制的战略再思考[J]. 中国软科学, 2009(4): 10-15.
- [5] 赵风兰, 高红莉, 慕兰, 等. 硅钾肥产业化风险评价及前景分析[J]. 地域研究与开发, 2006, 25(6): 126-128.
- [6] 余殿友, 赵风兰, 陈常友, 等. 长效硅钾肥在信阳水稻上的肥效试验研究[J]. 地域研究与开发, 2000, 19(1): 95-96.
- [7] 朱裕超, 龚建生, 潘新武. 硅钾肥在春玉米上的应用效果研究[J]. 上海农业科技, 2001(3): 70-71.
- [8] 赵风兰, 文春波, 侯怀恩, 等. 硅钾肥在番茄上的应用效果[J]. 河南农业科学, 2007(8): 95-97.
- [9] 章彪雄, 黄庆海, 黄天宝, 等. 长效硅钾肥在红壤性早稻

- 田上的施用效果[J]. 江西农业学报, 2008, 20(5): 119-120.
- [10] 王桂良, 黄玉芳, 叶优良. 不同钾肥品种和用量对甘蓝产量、品质和养分吸收利用的影响[J]. 中国蔬菜, 2009(20): 40-45.
- [11] 陆景陵. 植物营养学(上册)[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003: 49-51.
- [12] 郎文培, 艾绍英, 王朝辉, 等. 钾肥种类及用量对生菜生长和品质效应的影响研究[J]. 农业环境科学学报, 2008, 27(5): 1946-1950.
- [13] 郭熙盛, 吴礼树, 朱宏斌, 等. 不同钾肥品种和用量对花椰菜产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(3): 464-470.