

新疆东疆棉蚜发生发展气象等级预报模型

慕彩芸¹, 车 罡¹, 道然·加帕依¹, 朱晓华²

(1. 新疆哈密地区气象局, 新疆 哈密 839000; 2. 新疆哈密地区农作物病虫害测报中心, 新疆 哈密 839000)

摘 要:分析 2005~2008 年东疆棉蚜的发生规律及其与气象因子的关系, 将棉蚜在棉田的活动时间划分为 5 月、6 月、7~8 月 3 个阶段, 运用湿温比构建棉蚜日发生等级的预测模型, 运用气温构建棉蚜旬、月发生等级的预测模型。2009 年棉蚜发生等级的检验结果表明, 本文所模拟的预测模型准确率较高, 可用于东疆地区棉蚜发生等级的预报。

关键词:棉蚜; 气象因子; 预报模型

中图分类号: S165⁺.28

文献标识码: A

棉蚜是东疆棉区的主要害虫之一, 它发生时间长、危害重、繁殖速率快、难防治, 是制约东疆棉花优质高产发展的主要因素之一。气象条件、越冬基数、天敌数量、施药方法和种植制度均对棉蚜有着直接影响, 但由于棉蚜个体微小, 抗灾害能力弱, 因此对气象条件十分敏感, 气象条件是其发生发展的主要影响因子^[1-3]。棉蚜的发生、危害有着一定的规律性, 在不同的生态区, 由于气候条件和种植制度等的差异, 其发生规律不尽相同。东疆棉区冬季气候温和, 夏季干旱少雨, 利于棉蚜安全越冬和在田间扩散蔓延, 最终导致棉蚜严重发生。为了防治棉蚜, 许多学者就棉蚜成灾规律和种群动态模型进行了大量研究, 但针对东疆地区棉蚜的研究成果很少, 基于气象因子的定量化的预测模型更是稀少^[4-10]。鉴于此种情况, 本文基于东疆地区棉蚜种群多年的消长规律和棉蚜种群的气象因子影响机理分析, 参阅多种病虫害气象预测预报方法^[11-19], 建立具有生物学意义的棉蚜发生发展气象等级预报模型, 用于开展棉蚜的气象等级监测与预警服务, 为本地区政府及相关部门防治棉蚜提供科学依据。

1 试验区与方法

1.1 试验区概况

试验地设在哈密市(93°31'E, 42°49'N, 海拔 737.2 m), 该区域地处东天山南部, 属西北内陆棉区, 干旱少雨, 光热资源丰富, 年降水 39.1 mm, 年平均气温

10.0 °C, 年平均相对湿度为 42%, 年日照时数在 3 200 h 左右, ≥ 10 °C 的积温在 4 000 °C 以上, 为典型的灌溉农业区, 适宜种植早中熟棉花品种。

1.2 试验设计与方法

试验于 2005~2009 年 5~8 月哈密市陶家公乡棉田进行, 棉田土壤为棕漠土, 种植棉花品种为新陆早 33 号, 播种时间均在 4 月 15 日前后, 种植密度为 2.4×10^5 株/hm²。棉蚜调查试验于每年 5 月上旬开始, 直至棉田棉蚜基本消失结束。田间调查为 5 点随机取样, 每点调查 25 株, 对每株棉花植株上的棉蚜计数, 最后换算为百株蚜量, 每隔 1 d 调查一次。由于建立棉蚜日预测模型需具备完整百株蚜量数据, 因此在日预测模型的建立过程中需对缺失值进行补充, 本文百株蚜量的缺失值用线性插值法确定, 由于棉蚜的原始观测数据已基本能满足建立棉蚜旬、月预测模型的需要, 因此在建立棉蚜旬、月预测模型的过程中不需要对缺失值进行补充。线性插值法是一种较为常用的缺失值替代法, 即认为数据的变化(增减)是线形的, 可根据已知数据 2 点之间连线的方式, 根据要插值的点在线上的位置计算插值结果。气温、相对湿度、风速等气象数据来源于哈密国家基准气候站。

2 结果与分析

2.1 棉蚜种群变化特点

东疆地区苗蚜发生程度重于伏蚜, 棉蚜在 5 月

收稿日期: 2010-05-21; 改回日期: 2010-10-21

作者简介: 慕彩芸(1979-), 女, 汉, 甘肃环县人, 硕士, 从事中长期天气预报及农业气象工作. E-mail: mucaiyn_502@126.com

中旬初在棉田出现,5月下旬至6月上旬棉蚜种群急剧增多,主高峰出现在6月上、中旬期,此后大年份通常仍有1~3个次高峰期,7月后危害程度逐渐减轻,至8月中旬,棉蚜在东西疆棉田基本消失。棉蚜种群数量变化极为剧烈,从谷底到峰顶或从峰顶到谷底最短仅需3~5 d,增加了棉蚜防治工作的难度(图1)。6月是东西疆地区棉蚜发生和危害的高峰期,主要危害棉苗及棉花的花蕾,造成棉花叶片光合受阻,花蕾脱落,吐絮延迟,影响棉花产量和品质的形成。

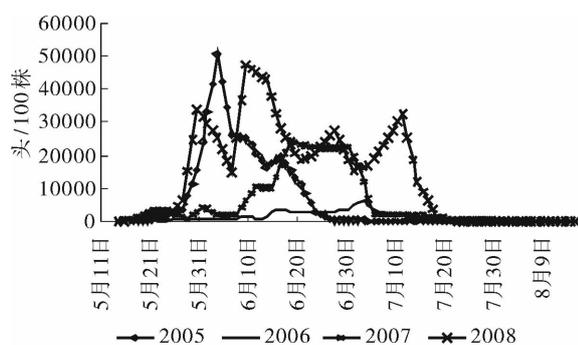


图1 2005~2008年东西疆棉蚜种群密度

Fig. 1 The population density of *Aphis gossypii* from 2005 to 2008

表1 棉蚜种群数量增长率与主要气象因子相关性分析

Tab. 1 Correlation analysis between the population growth rate of *Aphis gossypii* and the main meteorological factors

	气温	相对湿度	降水量	日照时数	风速
5月	0.176 **	-0.160 *	-0.034	-0.097	0.139 *
6月	0.221 **	0.154 *	-0.025	0.039	-0.116
7~8月	-0.251 **	-0.173 **	-0.031	0.051	0.125
5~8月	0.254 **	-0.203 **	-0.027	-0.110	0.123

备注:**表示达到0.01显著水平(双尾检验);*达到0.05显著水平(双尾检验)

分析发现随着东西疆气温的逐渐升高,棉蚜发育繁殖所需的适宜温度逐步提高。依据棉蚜的生物特点,习惯称6月前发生的棉蚜为“苗蚜”,7~8月发生的棉蚜称为“伏蚜”,虽然5月与6月发生的棉蚜同称为苗蚜,但由于5月棉蚜刚迁入棉田,其抵御外界不良气象条件的能力较弱,因此这2个月的棉蚜表现出来的生物特性差异性较大。根据东西疆棉蚜对外界气象条件特别是气温的适宜性不同,将东西疆棉蚜的发展趋势大体可划分为5月、6月、7~8月3个阶段。通过分析2005~2008年5月、6月、7~8月棉蚜种群数量随气温变化情况,确定东西疆棉蚜各阶段的发育温度分别为:5月17~27℃;6月21~28

2.2 棉蚜与气象因子

通过参阅资料^[3-4,7-10],根据棉蚜种群的变化特点,将棉蚜在棉田的活动时段划分为5月、6月、7~8月3个阶段,分别分析2005~2008年各阶段棉蚜种群数量增长率与气温、相对湿度、降水量、日照时数、风速等多种气象因子的相关关系(表1)。结果表明东西疆棉蚜种群数量与气温和湿度的关系最为密切,其中棉蚜种群数量增长率与气温的相关系数在各个阶段均达到了0.01显著水平,与相对湿度在7~8月及棉蚜在棉田活动的全生育时期达到了0.01显著水平,在5、6月达到了0.05显著水平。降水量和日照时数对棉蚜种群数量影响不大,风速对棉蚜种群数量影响较大的时段主要出现在5月,此时正值棉蚜向棉田迁飞的关键时期,较大风速利于此时棉蚜在棉田的迅速扩散。气温和相对湿度对棉蚜种群数量的影响作用在不同时段表现有所差异,在气温相对较低的5、6月棉蚜种群数量增长率与气温呈显著正相关,而在高温时段出现较为集中的7~8月棉蚜种群数量增长率与气温呈显著负相关,5月和7~8月棉蚜种群数量增长率与呈显著负相关,6月棉蚜种群数量增长率与相对湿度呈显著正相关。

℃;7~8月23~29℃。

棉蚜喜欢较为干燥的气候^[12],分析表明相对湿度在50%~80%时蚜虫种群数量增长很快,当日平均相对湿度在80%以上时,棉蚜常由于感染病菌大量死亡。东西疆地区干燥少雨,日平均相对湿度绝大多数均<80%,因此高湿不是威胁东西疆棉蚜繁育的主要气象因子,但东西疆地区常常出现低湿时段,当相对湿度≤25%时,棉蚜种群数量降幅明显。

2.3 气象等级预测模型

棉蚜的发生程度用百株蚜量5级划分法来确定^[20],百株蚜量用M表示:1级,轻度发生($M \leq 7000$);2级,中度偏轻发生($7000 < M \leq 10000$);3

级,中度发生($10\ 000 < M \leq 20\ 000$);4级,中度偏重发生($20\ 000 < M \leq 30\ 000$);5级,重度发生($M > 30\ 000$)。利用2005~2008年气象数据及棉蚜种群数据进行棉蚜发生气象等级预测模型的研究。

2.3.1 日预测

依据本文机理分析,设5月、6月、7~8月适宜棉蚜发生的基准点气温分别为 $22\ ^\circ\text{C}$ 、 $25\ ^\circ\text{C}$ 、 $26\ ^\circ\text{C}$,5~8月适宜棉蚜发生基准点相对湿度为65%,则气温、相对湿度较基准点气温、相对湿度越高或越低则棉蚜的适应性越差。设 U_0 为相对湿度(%), T_0 为日平均气温($^\circ\text{C}$), T 为各阶段的基准点气温, a 为湿温比,则有:

$$a = |U_0 - 65| / |T_0 - T| \quad (1)$$

当 $T_0 = T$ 时, $a = |U_0 - 65|$ 。

设棉蚜种群数量在5~8月的日增长率为 V_i ($i = 1, 2, 3$;分别代表5月、6月份、7~8月),则它与湿温比 a 的最优曲线拟合方程分别为:

$$\begin{aligned} V_1 &= 1.161 - 0.163 \ln a \\ (R &= 0.67, P = 0.04) \end{aligned} \quad (2)$$

设当 $U_0 = 65$ 时, $\ln a = 1$ 。

R 为相关系数, P 为显著度系数, $P < 0.01$ 时即为拟合方程达到0.01显著水平, $P < 0.05$ 时即为拟合方程达到0.05显著水平(下同)。

$$\begin{aligned} V_3 &= -0.11 - 0.00001 a \\ (R &= 0.73, P = 0.03) \end{aligned} \quad (3)$$

设当 $U_0 = 65$ 时, $a = 1$ 。

$$\begin{aligned} V_3 &= -0.11 - 0.00001 a \\ (R &= 0.84, P = 0.02) \end{aligned} \quad (4)$$

V_i 反映了棉蚜种群增长的快慢,是决定棉蚜群体数量的关键因素,因此,按照 V_i 的大小将棉蚜发生趋势划分为3级:Ⅰ级, $V_i > 0.3$,易发生;Ⅱ级, $0.1 < V_i \leq 0.3$,较易发生;Ⅲ级, $V_i \leq 0.1$,不易发生。当棉蚜种群增长速度处于Ⅰ级且持续时间5 d以上时,发布蚜虫大爆发预警。

棉蚜的日发生等级通过计算出百株蚜量后按百

株蚜量的5级划分法换算得出:

$$M = M_{t-1} \cdot (1 + V_i) \quad (5)$$

M 表示百株蚜量, M_{t-1} 表示前一天百株蚜量。

2.3.2 旬、月预测

棉蚜的旬、月发生等级用各旬、月最大发生等级表示,分析发现,5~7月棉蚜的旬、月发生等级与旬、月气温密切相关,8月后棉蚜的发生等级均在1级,因此8月份棉蚜旬、月发生程度不需要气象模拟预测。

设5~7月棉蚜的月发生等级为 y_i ($i = 5, 6, 7$),月平均气温用 x_i 表示;旬发生等级为 y_{ij} ($i = 5, 6, 7; j = 1, 2, 3$),旬平均气温用 x_{ij} 表示。 i 表示月份, j 表示每月的上、中、下旬。由于棉蚜发生等级为正整数,因此模拟结果需四舍五入后取整,<1级的计为1级,>5的计为5级,以下的预测结果均按此方法处理。

则5月棉蚜的月模拟方程为:

$$\begin{aligned} y_5 &= -13.563 + 0.781 x_5 \\ (R &= 0.62, P = 0.03) \end{aligned} \quad (6)$$

5月棉蚜的旬模拟方程为:

$$\begin{aligned} y_{5j} &= 10.283 - 182.144 x_{5j}^{-1} \\ (R &= 0.71, P = 0.02) \end{aligned} \quad (7)$$

6月棉蚜的月模拟方程为:

$$\begin{aligned} y_6 &= -28.889 + 1.27 x_{6j} \\ (R &= 0.59, P = 0.04) \end{aligned} \quad (8)$$

6月棉蚜的旬模拟方程为:

$$\begin{aligned} y_{6j} &= 305.658 - 23.245 x_{6j} + 0.445 x_{6j}^2 \\ (R &= 0.68, P = 0.03) \end{aligned} \quad (9)$$

由于7月份棉蚜种群数量已处于下降趋势,因此7月棉蚜的旬、月发生等级的模拟预测与5、6月有所不同。分析发现7月棉蚜的发生等级与7月与6月的气温差 Δx_7 关系密切,7月各旬棉蚜发生等级与旬气温差 Δx_{7j} (本旬与上一旬的气温之差)关

系密切,因此 7 月份棉蚜的模拟方程为:

$$y_7 = 6.965 \times 0.293 \Delta x_7$$

$$(R = 0.91, P = 0.01) \quad (10)$$

7 月棉蚜旬发生等级为模拟方程为:

$$y_{7j} = 21.747 - 0.723 \Delta x_{7j}$$

$$(R = 0.74, P = 0.02) \quad (11)$$

2.4 模型检验

2.4.1 日预测检验

将 2009 年气象数据代入(1)~(5)式进行百株蚜量的模型检验,结果表明 2009 年 5~8 月棉蚜日发生等级平均准确率为 85.2%,平均误差级别 0.2 级,最大误差级别 1 级(表 2)。2009 年棉蚜的预测

蚜量与实际蚜量的对比图也表明运用(1)~(5)式模拟的效果较好(图 2)。因此,运用气温和相对湿度进行棉蚜种群的日预测是切实可行的。

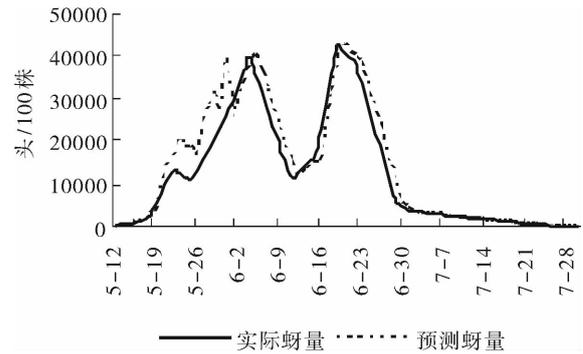


图 2 2009 年东疆棉蚜预测蚜量与实际蚜量
Fig. 2 The forecasted amount and observed amount of *Aphis gossypii* in 2009

表 2 2009 年棉蚜日发生等级准确率检验

Tab. 2 Accuracy test of daily occurrence degree of *Aphis gossypii* in 2009

准确率/%				平均误差级别				最大误差级别			
5 月	6 月	7~8 月	5~8 月	5 月	6 月	7~8 月	5~8 月	5 月	6 月	7~8 月	5~8 月
78.9	76.7	100	85.2	0.3	0.3	0.0	0.2	1	1	0	1

2.4.2 旬、月预测检验

由于蚜虫种群数量变化剧烈,因而长时段预报难度很大,因此在旬、月发生等级预报的准确度检验时适当放低标准,将相差 1 级定为正确。将 2009 年的气象数据代入(6)~(11)式进行棉蚜旬、月发生等级的准确率检验(表 3),结果表明 2009 年 5~7 月旬、月预测的平均准确率均在 65% 以上,最大误差级别均为 2 级,旬预测的平均误差级别为 0.9 级。总体而言,预测方程(6)~(11)基本能够满足棉蚜旬、月发生等级预报的需要。

表 3 2009 年棉蚜旬、月发生等级准确率检验

Tab. 3 Accuracy test of ten-day's and monthly occurrence degree of *Aphis gossypii* in 2009

		5 月	6 月	7 月	5~7 月
准确率/%	月	100	0	100	66.7
	旬	66.7	66.7	100	77.8
旬平均误差级别		1.3	1.3	0.0	0.9
最大误差级别	月	0	2	0	2
	旬	2	2	0	2

3 结论与讨论

(1)东疆棉蚜在棉田的活动时间为 5 月中旬至 8 月中旬,6 月是危害的高峰期,7 月后危害程度逐渐减轻。

(2)影响东疆棉蚜发育繁殖的主要气象因子为气温和相对湿度。不同时段棉蚜发育繁殖所需的温度有所差异,5 月棉蚜发育温度为 18~27℃;6 月棉蚜发育温度为 21~28℃;7~8 月棉蚜发育温度为 23~29℃。高湿不是威胁东疆棉蚜繁育的主要气象因子,当相对湿度≤25%时,棉蚜种群数量降幅明显。

(3)运用湿温比分别构建 5 月、6 月、7~8 月 3 个时段棉蚜种群的日增长率模型,以此结合棉蚜的实际发生量和日气温、相对湿度的预测值对后几天棉田百株蚜量和发生等级进行预测。运用旬、月平均气温构建 5~7 月棉蚜的旬、月发生等级模型,以此通过对后期旬、月气温的准确预测来实现对棉蚜旬、月发生等级的预测。准确率检验结果表明,运用气象数据预测棉蚜日、旬、月发生等级是切实可行的。

(4)旬月预测的准确率较低,这主要是由于用于预测发生等级的旬、月平均气温是一个较为粗略的指标,而5~7月棉蚜种群数量的变化幅度及为剧烈,用旬、月平均气温无法清晰反映出棉蚜种群数量对气象条件变化的快速响应。

(5)棉蚜发生等级的气象预测需气象部门与植保部门密切配合方可实现,预测过程中需植保部门及时监测棉蚜的发生情况,为预测模型提供棉蚜发生情况的初始量,不断修正预测过程中所产生的误差。各种棉蚜发生等级预测模型的可预测时段可根据当地气象部门天气、气候预报水平确定,为了将气象因子的预测偏差而引起的棉蚜发生等级的误差降至最小,鉴于目前天气、气候预报的准确度情况,棉蚜发生等级的日预测可提前1~7d进行,旬、月预测提前1个旬(月)进行。

参考文献:

- [1] 冯志超,王永安,程国荣,等.新疆北部棉区棉蚜大发生原因及综合防治[J].新疆农业科学,2005,42(4):265.
- [2] 王孝法,孟昭璋,罗教祥.新疆植棉区棉蚜分布为害特点及治理对策[J].中国棉花,1997,24(11):12-13.
- [3] 刘绍友.农业昆虫学.高等农学院试用教材(北方本)植保专业用[M].杨凌:天则出版社,1990.248-256.
- [4] 李迎春.南疆和东疆地区棉田棉蚜发生规律及其与气象条件的关系[J].中国农业气象,2003,24(4):23-25.
- [5] 郑立飞,赵惠燕,刘光祖,等.棉蚜种群数量的动态分析[J].西北农林科技大学学报,2008,36(7):207-211.
- [6] 郑立飞,赵惠燕,刘光祖,等.棉蚜种群数量动态模型[J].生物数学学报,2008,23(2):306-310.
- [7] 张金,王佩玲.新疆石河子地区棉蚜发生程度预测模型研究[J].新疆农业科学,2008,45(3):438-441.
- [8] 刘政,孙艳,李保成,等.SPSS逐步回归分析法构建新疆棉蚜年发生程度的预报模型[J].安徽农业科学,2009,37(6):2815-281.
- [9] 白作金,吴密广,张卫平,等.陕西棉区棉蚜发生的气象条件及预报[J].陕西气象,2001(5):24-26.
- [10] 许殿武,于小平,宋振宇.浅析阜阳棉花蚜虫发生与为害的规律[J].安徽农学通报,2008,14(13):153.
- [11] 贾金明,张明捷,徐巧真,等.黄河中下游地区小麦条锈病气象预报模型[J].中国农业气象,2008,29(3):365-370.
- [12] 袁福香,刘实,郭维,等.吉林省一代玉米螟发生的气象条件适宜程度等级预报[J].玉米科学,2008,29(4):477-480.
- [13] 杜筱玲,郭瑞鸽.江西中南部稻飞虱气象等级的监测预警[J].中国农业气象,2008,29(3):371-374.
- [14] 李号宾,吴孔明,徐遥,等.南疆地区棉田蚜虫种群数量动态研究[J].新疆农业科学,2008,45(4):670-675.
- [15] 成兆金,薛晓萍,王建源,等.山东棉铃虫发生发展气象预测模型[J].中国农业气象,2008,29(2):224-229.
- [16] 何永坤,阳园燕,罗擎擎.渝西地区森林虫害的气象预报模型[J].中国农业气象,2008,29(2):230-233.
- [17] 蒲金涌,姚小英,杨全保,等.天水地区条锈病的发生与气象条件关系研究[J].干旱气象,2008,26(3):63-66.
- [18] 肖志强,李宗明,攀明,等.陇南山区小麦红蜘蛛发生气象条件及预测模型[J].干旱气象,2007,25(3):72-75.
- [19] 彭九慧,郭明霞,马秀玲,等.河北省承德市马铃薯晚疫病气象条件分析及预测[J].干旱气象,2009,27(1):57-60.
- [20] DB65/T2584—1998新疆维吾尔自治区地方标准/农作物主要病虫害发生程度划分[S].1998.

Meteorological Prediction Model for Occurrence Degree of *Aphis Gossypii* in the Eastern Xinjiang

MU Caiyun¹, CHE Gang¹, Daoran · Jiapayi¹, ZHU Xiaohua²

(1. Hami Meteorological Bureau of Xinjiang, Hami 839000, China; 2. Center of Crops Diseases and Pests Monitoring and Forecasting of Hami, Hami 839000, China)

Abstract: The development regulation of *Aphis Gossypii* and the relationship between meteorological factors and *Aphis Gossypii* occurrence from 2005 to 2009 in the Eastern Xinjiang were analyzed. Based on these study, the occurrence period of *Aphis Gossypii* in the cotton field was divided into May, June, July to August three phase, daily occurrence degree prediction model of *Aphis Gossypii* were built by humidity temperature ratio, ten-day's and monthly occurrence degree prediction model were built by average temperature. The accuracy test of 2009 showed that the accuracy of *Aphis Gossypii* simulation was fairly good, these formulas can be adopted to forecast the occurrence degree of *Aphis Gossypii* in the eastern Xinjiang.

Key words: *Aphis gossypii*; meteorological factors; prediction model