

橘小实蝇发生期及发生量预测模型研究

李鸿筠¹, 刘浩强¹, 姚廷山¹, 胡军华¹, 冉 春¹, 雷慧德¹, 黄良炉¹, 张 萍²

(¹ 中国农业科学院柑桔研究所, 重庆北碚 400712; ² 云南玉溪柑桔研究所, 云南华宁 652801)

摘 要: 橘小实蝇是果蔬上的一种检疫性害虫, 近年在云南发生, 造成重大经济损失。搞好预测预报可以指导生产上进行适时防治。笔者在云南省元江县和华宁县柑橘园悬挂诱捕器, 诱捕橘小实蝇, 进行系统监测。结果表明, 两县发生基本一致, 高峰期均在 6—7 月, 元江县比华宁县略晚 10 d, 但发生量明显高于华宁县。以 2003—2008 年元江县和华宁县橘小实蝇发生的田间系统监测资料为依据, 以温度、湿度、雨量、光照等气象资料作为预测因子, 采用简单逐步回归和多因子交互回归分别进行拟合, 建立了不同的发生量和发生期预测预报模型。经检验, 结果表明 2 种模型均能较为准确地预测出元江县和华宁县橘小实蝇的发生量和发生高峰期, 以多因子交互组建的模型比简单逐步回归的结果更可靠。

关键词: 橘小实蝇; 发生量; 发生期; 预测; 模型

中图分类号: S666.2 文献标识码: A 文章编号: 1009-9980(2010)02-275-06

Study on prediction mathematical model of occurrence quantity and period for oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*)

LI Hong-jun¹, LIU Hao-qiang¹, YAO Ting-shan¹, HU Jun-hua¹, RAN Chun¹, LEI Hui-de¹, HUANG Liang-lu¹, ZHANG Ping²

(¹ Citrus Research Institute, CAAS, Beibei, Chongqing 400712 China; ² Yuxi Citrus Research Institute, Huaning, Yunnan 652801 China)

Abstract: Oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) is an important quarantine pest for fruits and vegetables. It occurred in Yunnan in recent years, causing significant economic losses. Hanging traps in citrus orchards located in Yuanjiang and Huaning counties, Yunnan Province for trapping oriental fruit fly and monitoring systematically has been done for many years. The results showed that the rampaging period was in June and July but a little bit earlier (around 10 d) in Huaning county and occurrence quantity was much severer in Yuanjiang county. Based on the monitoring data collected from 2003 to 2008 including trapped pests, and weather factors, temperature, humidity, precipitation, illumination etc. 2 prediction models were established using the method of simple regression and multifactorial stepwise regression respectively. These 2 models could accurately predict the occurrence quantity and period of oriental fruit fly. Furthermore, the occurrence quantity and period of oriental fruit fly were closely related to the interaction among multi-factors. The test results indicated that the model established by multifactorial stepwise regression was more credible than that by simple regression.

Key words: Oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*); Occurrence quantity; Period of occurrence; Predication model

橘小实蝇 [*Bactrocera dorsalis* (Hendel)] 是果蔬上的一种重要检疫性害虫, 属双翅目 (Diptera)、实蝇科 (Tephritidae)、果实蝇属 (*Bactrocera*), 寄主十分广泛, 可危害柑橘、芒果等 40 个科 250 多种果树、蔬菜和花卉。直接危害果蔬生产, 降低果蔬品质等级, 影响进出口贸易。近年来, 由于大量引进国外果蔬品种, 该虫在我国华南、云南南部地区种群数量不断上升, 急剧蔓延、猖獗, 已严重影响水果、蔬菜的生产。云南省属多样性气候, 地势复杂, 盛产多种水果和蔬

菜, 是橘小实蝇的主要发生区, 以柑橘、芒果、石榴受害最为严重, 造成重大经济损失, 成为制约云南省水果生产持续稳定健康发展的因素之一^[1]。目前对橘小实蝇的研究主要集中在生物学特性^[2-4]、诱集技术^[5-6]、在国内的适生性分布^[7-9]及防治^[10]等方面, 但预测其发生未见报道。国内已对其发生发展规律有一定的研究, 但仍需借助统计学原理和数学方法, 建立数据模型, 构建其早期监测和预报系统, 从而为防灾、减灾规划和决策提供信息支持。搞好发生量和发

收稿日期: 2009-06-19 接受日期: 2009-11-18

基金项目: 科技部科研院所社会公益研究专项 (2005DIA4J053), 重庆市重大科技专项 (CSTC, 2007AA1024)

作者简介: 李鸿筠, 女, 助研, 硕士, 主要从事柑桔害虫防治研究。Tel: 023-68349005, E-mail: lhjcitrus@126.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

生期的预测预报,是防止橘小实蝇扩散蔓延,指导生产上进行适时防治的重要措施。笔者分析多年历史资料,选择不同时期虫口基数、气象资料(温度、湿度、雨量、光照)作为预测因子^[11-12],使用逐步回归组建橘小实蝇发生期和发生量的预测预报模型,并对其发生进行及时的预测预报。

1 材料和方法

1.1 虫情数据的取得

试验地分别设在云南省元江县沙浦柑橘基地和元江甘庄华侨农场、华宁县牛山柑橘场的果园,分别悬挂自制诱捕器(每诱捕器加 2 mL 甲基丁香酚诱剂,1 mL 90%敌百虫,每 15 d 更换 1 次),诱捕橘小实蝇雄成虫,每 5 d 收集统计 1 次数据(计算为平均每天每诱捕器所诱虫数),进行系统监测。

1.2 数据的处理和预报模型的建立

利用 2003—2008 年橘小实蝇在两县发生的系统历史资料,将前 5 a 诱虫数据和气象资料用来建模,应用 DPS 软件^[13],分别采取简单逐步回归分析及各因子互作逐步回归,建立发生期和发生量的预测预报模型,最后一年的资料用来检验。

1.3 预测模型的检验

将 2008 年的发生实况资料,应用唐启义等^[14]提出的病虫测报应验程度判定模式进行验证,从而判断组建模型的可行性。

发生期预报应验程度判定模式:

$$ST = 100 * e^{\frac{-\pi}{\ln t} * \left(\frac{a_1 - a_2}{\delta}\right)^2}$$

发生量预报应验程度判定模式:

$$SD = 100 * e^{\frac{-2a\pi}{(a+a_1)\ln t} * \left(\frac{a_1 - a_2}{\delta}\right)^2}$$

其中,ST(SD)分别为发生期和发生量判定模式的分值;ST(SD)< 40 表明预报不准确,40≤ ST(SD)< 60 表明预报比较准确,ST (SD)≥60 表明预报准确;a 为预报对象常年平均值,a₁ 为实测值,a₂ 为预测值;δ 为预报对象常年标准差,t 为自预报发出至实际发生时的期距(天)。

2 结果与分析

据诱捕调查橘小实蝇成虫种群数量消长动态资料,结果显示,华宁县、元江县橘小实蝇发生趋势基本一致,均在 5 月下旬陆续出现,6—7 月为发生高峰期,因此 6—7 月是两地防治的关键时期。

两地在发生初期时间上略有差异,因此选择不同时间的诱虫数作为虫口基数。温度、湿度、雨量、光照等作为气象条件的预测因子。应用简单逐步回归(I)和多因子互作(II)分别进行拟合,获得不同的回归预测模型方程式。

2.1 发生期预测模型的建立及拟合率检验

2.1.1 元江县橘小实蝇发生期预测模型的建立 简单回归模型表明,橘小实蝇在元江县的发生高峰期与 6 月 30 日的虫口数量(作虫口基数)和 7 月份的平均温度有密切的负相关关系,即虫口基数越大、平均温度越高,发生高峰期就越早,反之发生越晚;多因子互作回归模型表明,虫口基数、7 月份的平均温度、总降雨量和总日照时数均作为预测因子入选该预测预报模型,其发生高峰期与多个因子的互作之间有相关关系(表 1)。

表 1 元江县橘小实蝇发生期的预测因子历史数据及拟合值

Table 1 Forecasting occurrence of oriental fruit fly in Yuanjiang county

年份 Year	X ₁	X ₂ /℃	X ₃ /mm	X ₄ /%	X ₅ /h	Y	I 拟合值 Fitting value of method I	II 拟合值 Fitting value of method II
2003	4	27.77	99	78	97.5	1	-0.619 4	1.03
2004	0.2	28.6	233	74.5	153.2	6	4.128 9	6.249 3
2005	0	27.72	100	76	125.9	8	6.591 2	7.840 6
2006	1.3333	29.69	148	68	160.2	1	-0.491 1	0.830 1
2007	1.3833	28.45	145	74.1	134.2	-4	2.390 4	-3.949 9
2008	2.3333	29.12	102	70	95	5	-0.898 5	3.473 6

$$Y_I = 72.988\ 146\ 9 - 1.772\ 728\ 098\ 8X_1 -$$

$$2.395\ 270\ 803\ 3X_2$$

复相关系数 R=0.653 0 P>0.05

$$Y_{II} = -6.962\ 614\ 03 + 0.674\ 983\ 756\ 1X_1 * X_2 -$$

$$0.198\ 154\ 671\ 09X_1 * X_3 + 0.004\ 241\ 674\ 202X_2 * X_5$$

复相关系数 R=0.999 3 P<0.05

其中 X₁ 为 6 月 30 日诱虫数量(头·天⁻¹·诱器⁻¹);

X₂、X₃、X₄、X₅ 分别为 7 月份的平均温度(℃)、总降雨量(mm)、平均相对湿度(%)和总日照时数(h);Y 为发生高峰期(8 月 1 日为 1)。

2.1.2 华宁县橘小实蝇发生期预测模型的建立 简单回归模型表明,橘小实蝇在华宁县的发生期与见虫后 10 d 内(即 6 月下旬)平均温度、平均相对湿度和见虫后 11~25 d 内(即 7 月上中旬)的平均相对湿

度关系密切, 与见虫后 10~25 d 内的平均相对湿度呈正相关, 与 10 d 内的平均温度呈负相关, 表明温度和湿度是影响橘小实蝇发生高峰期的重要因子, 见虫后 10 d 内的平均温度越高、见虫后 10~25 d 内的平均相对湿度越小, 发生高峰期就越早, 反之发生

就越晚;多因子互作回归模型表明,其发生期与多个因子的互作之间有密切相关性, 虫口基数、见虫后 10 d 内的平均相对湿度、总日照时数和见虫后 11~25 d 内的总降雨量入选该模型(表 2)。

$$Y_1 = -611.452\ 435 - 12.697\ 075\ 889X_2 +$$

表 2 华宁县橘小实蝇发生期的预测因子历史数据及拟合值
Table 2 Forecasting occurrence of oriental fruit fly in Huaning county

年份 Year	X_1	$X_2/^\circ\text{C}$	X_3/mm	$X_4/\%$	X_5/h	$X_6/^\circ\text{C}$	X_7/mm	$X_8/\%$	X_9/h	Y	I 拟合值 Fitting value of method I	II 拟合值 Fitting value of method II
2003	0.7778	28.1	171.4	78.9	16.8	24.23	61.5	76	30	13	13.0979	12.9663
2004	1.6667	21.92	9.2	52.3	71.8	24.15	59.4	76.3	8.4	8	8.0343	8.2198
2005	4.2222	23.74	5.1	60.7	60.4	23.9	49.8	76.1	26.6	10	10.2997	9.9716
2006	1.6667	24.03	47.3	78.4	74.4	25.64	29.1	69.5	79.8	1	1.1376	0.9603
2007	2.08	24.45	58.3	67.6	55.8	24.48	49.9	74.5	36.2	9	8.4304	8.8820
2008	1.5	22.35	50.4	65.4	55	25.26	38.9	72.1	75.2	9	5.0516	6.9935

$$3.247\ 883\ 688X_4 + 9.540\ 528\ 555X_8$$

复相关系数 $R=0.997\ 2\ P<0.01$
$$Y_{II}=10.781\ 303\ 68-0.064\ 600\ 994\ 03X_1 * X_5 +$$

$$0.093\ 462\ 612\ 98X_1 * X_7 - 0.001\ 087\ 504\ 393\ 0$$

$$X_4 * X_5$$

复相关系数 $R=0.999\ 6\ P<0.05$
其中, X_1 为 6 月 20 日诱虫数量(头·天⁻¹·诱器⁻¹);
 X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 分别为见虫后 10 d 内(6 月下旬)的平均温度(℃)、总降雨量(mm)、平均相对湿度(%)和总日照时数(h); X_6 、 X_7 、 X_8 、 X_9 分别为见虫后 11~25 d 内(7 月上中旬)的平均温度(℃)、总降雨量(mm)、平均相对湿度(%)和总日照时数(h);Y 为橘小实蝇发生高峰期(7 月 1 日为 1)。
2.1.3 发生期模型拟合率检验 将 2008 年的数据

资料,应用唐启义提出的应验评判方程,分别对元江县和华宁县的橘小实蝇发生高峰期预测预报模型进行检验,结果表明,用简单逐步回归模拟的元江县和华宁县两地模型,评分分值均低,分别为 1.361 1 和 18.529 4,都小于 40,结论为不准确。尽管前 5 a 的拟合值都接近实测值,但最后一年的拟合值与实测值之间有较大差距。

用多因子交互进行逐步回归拟合的模型,评分分值较高,元江县和华宁县的分值分别为 74.996 6 和 64.703 4,均大于 40,结论为准确。因此,笔者认为用简单逐步回归分析组建模型时,只统计各个自变量与因变量的单相关关系,而不考虑各自变量之间相互影响的关系,其模拟结果不及多因子交互回归的结果可靠(表 3)。

表 3 元江县和华宁县橘小实蝇发生期预测模型验证

Table 3 Verification of forecasting model for occurrence of oriental fruit fly in Yuanjiang and Huaning County

地点 Place	模拟方式 Simulation	a	a ₁	a ₂	t	δ	ST	结 论 Conclusion
元江县 Yuanjiang	I simple regression	2.833 3	5	-0.898 5	5	3.975 6	1.361 1	不准确 Inaccurate
元江县 Yuanjiang	II multifactorial regression	2.833 3	5	3.473 6	5	3.975 6	74.996 6	准确 Accurate
华宁县 Huaning	I simple regression	8.333 3	9	5.051 6	9	3.636 2	18.529 4	不准确 Inaccurate
华宁县 Huaning	II multifactorial regression	8.333 3	9	6.993 5	9	3.636 2	64.703 4	准确 Accurate

根据模拟结果,元江县 2008 年橘小实蝇发生高峰期,多因子交互模型拟合值为 8 月 3 日,简单回归拟合值为 7 月 29 日,实际为 8 月 5 日;华宁县前法拟合值为 7 月 7 日,后法为 7 月 5 日,实际为 7 月 9 日。两法的拟合结果均比较准确,2 者相比,多因子交互模型拟合值更接近实测值。

2.2 发生量预测模型的建立及拟合率检验

2.2.1 元江县橘小实蝇发生量预测模型的建立 简单回归模型表明,元江 8 月 1 日橘小实蝇发生量与

6 月 30 日的虫口基数、7 月份的总降雨量和平均相对湿度关系密切,与虫口基数呈正相关,与总降雨量和相对湿度呈负相关,模型所用资料均在橘小实蝇适温范围内,表明适温条件下,雨水和湿度是影响橘小实蝇发生数量的重要因素,虫口基数越大、总降雨量和相对湿度在适度范围内越小,发生量越大,反之发生量越小;多因子互作回归模型表明,虫口基数、7 月份的平均温度、总降雨量、平均相对湿度和总日照时数均作为预测因子入选该预测预报模型,其发生

量与多个因子的互作之间有相关关系(表 4)。

$$Y_I = 107.128\ 638\ 6 + 3.996\ 337\ 008 X_I - 0.013\ 710\ 966\ 654 X_3 - 1.349\ 529\ 763\ 9 X_4$$

复相关系数 $R=1.000\ 0\ P<0.01$

$$Y_{II} = 134.668\ 311\ 8 + 0.043\ 816\ 952\ 20 X_I * X_5 - 0.062\ 782\ 625\ 82 X_2 * X_4 + 0.000\ 050\ 216\ 877\ 24 X_3 * X_5$$

复相关系数 $R=0.998\ 0\ P<0.05$

2.2.2 华宁县橘小实蝇发生量预测模型的建立 简单回归模型表明,华宁 7 月 15 日橘小实蝇发生量与

6 月 20 日的虫口基数、见虫后 10~25 d 内的平均相对湿度关系密切,与虫口基数呈正相关,与相对湿度呈负相关,再一次证明适温范围内,湿度是影响橘小实蝇发生数量的主要因子,虫口基数越大、相对湿度越小,发生量越大,反之发生量越小。多因子互作回归模型表明,其发生量与多个因子的互作之间有密切相关性,虫口基数、见虫后 10 d 内的平均温度、总降雨量、平均相对湿度和见虫后 11~25 d 内的总降雨量、总日照时数入选该模型(表 5)。

表 4 元江县橘小实蝇发生量的预测因子历史数据及拟合值
Table 4 Forecasting population of oriental fruit fly in Yuanjiang county

年份 Year	X ₁	X ₂ /℃	X ₃ /mm	X ₄ /%	X ₅ /h	Y	I 拟合值 Fitting value of method I	II 拟合值 Fitting value of method II
2003	4	27.77	99	78	97.5	16.5	16.4933	16.2507
2004	0.2	28.6	233	74.5	153.2	4.2	4.1933	4.0324
2005	0	27.72	100	76	125.9	3.2	3.1933	3.0351
2006	1.3333	29.69	148	68	160.2	18.6667	18.6598	18.4651
2007	1.3833	28.45	145	74.1	134.2	10.6417	10.6687	11.4249
2008	2.3333	29.12	102	70	95	12.6667	20.5878	16.8916

注: X₁、X₂、X₃、X₄、X₅ 同表 1; Y 为 8 月 1 日橘小实蝇虫数(头·诱器⁻¹)。
Note: X₁, X₂, X₃, X₄, X₅ and the same as in Table 1. Y means the amount of oriental fruit fly on August 1st.

表 5 华宁县橘小实蝇发生量的预测因子历史数据及拟合值
Table 5 Forecasting population of oriental fruit fly in Huaning county

年份 Year	X ₁	X ₂ /℃	X ₃ /mm	X ₄ /%	X ₅ /h	X ₆ /℃	X ₇ /mm	X ₈ /%	X ₉ /h	Y	I 拟合值 Fitting value of method I	II 拟合值 Fitting value of method II
2003	0.777 8	28.1	171.4	78.9	16.8	24.23	61.5	76	30	3.111 1	3.108 4	3.124 2
2004	1.666 7	21.92	9.2	52.3	71.8	24.15	59.4	76.3	8.4	5.111 1	5.108 5	5.119 7
2005	4.222 2	23.74	5.1	60.7	60.4	23.9	49.8	76.1	26.6	5.777 8	5.775 1	5.778 7
2006	1.666 7	24.03	47.3	78.4	74.4	25.64	29.1	69.5	79.8	3.666 7	3.664 1	3.654 5
2007	2.08	24.45	58.3	67.6	55.8	24.48	49.9	74.5	36.2	4.4	4.410 5	4.389 6
2008	1.5	22.35	50.4	65.4	55.0	25.26	38.9	72.1	75.2	8.666 7	4.321 8	6.681 0

注: X₁、X₂、X₃、X₄、X₅、X₆、X₇、X₈、X₉ 同表 2; Y 为 7 月 15 日橘小实蝇虫数(头·诱器⁻¹)。
Note: X₁, X₂, X₃, X₄, X₅, X₆, X₇, X₈, X₉ and the same as in Table 2. Y means the amount of oriental fruit fly on July 15.

$$Y_I = 8.891\ 795\ 04 + 0.457\ 052\ 439\ 7 X_I - 0.060\ 124\ 004\ 18 X_4 - 0.018\ 356\ 194\ 736 X_8$$

复相关系数 $R=1.000\ 0\ P<0.01$

$$Y_{II} = 10.331\ 412\ 19 + 0.022\ 731\ 279\ 484 X_I * X_7 - 0.006\ 591\ 920\ 614 X_2 * X_4 + 0.001\ 229\ 155\ 532\ 2 X_3 * X_9$$

复相关系数 $R=0.999\ 9\ P<0.05$

2.2.3 发生量模型拟合率检验 应用唐启义等^[14]提出的应验评判方程,对元江县和华宁县的橘小实蝇发生量预测预报模型进行检验,结果表明,用简单逐步

回归模拟的两地模型评分值均小于 40,属于不准确范畴,尽管前 5 a 的拟合值都接近实测值,但未进入模型的 1 a 拟合值与实测值差异较大;同时,用多因子交互进行逐步回归统计,评分值相对较高,元江县的分值为 63.571 3(>60),华宁县的分值为 41.823 1(>40),在比较准确或准确的范围内。表明用逐步回归进行预测预报来模拟模型时,只考虑各自变量与因变量的单相关关系,而不考虑各自变量之间的相互关系,其模拟结果不及多因子交互回归的结果可靠(表 6)。

表 6 元江县和华宁县橘小实蝇发生量预测模型验证
Table 6 Verification of forecasting model for population of oriental fruit fly

地点 Place	模拟方式 Simulation	a	a ₁	a ₂	t	δ	SD	结论 Conclusion
元江县 Yuanjiang	I simple regression	10.979 2	12.666 7	20.587 8	32	5.759 2	20.343 8	不准确 Inaccurate
元江县 Yuanjiang	II multifactorial regression	10.979 2	12.666 7	16.891 6	32	5.759 2	63.571 3	准确 Accurate
华宁县 Huaning	I simple regression	5.122 2	8.666 7	4.321 8	25	1.811 0	1.539 3	不准确 Inaccurate
华宁县 Huaning	II multifactorial regression	5.122 2	8.666 7	6.681 0	25	1.811 0	41.823 1	比较准确 More accurate

由此可知,2008 年元江县 8 月 1 日橘小实蝇发生数量,多因子交互模型拟合值为 16.891 6 头,简单回归拟合值为 20.587 8 头,实际值为 12.666 7 头;华宁县 7 月 15 日发生量前者拟合值为 6.681 0 头,后者为 4.321 8 头,实际为 8.666 7 头。结果表明,多因子交互模型的拟合值与实测值相比,结果更准确。

3 讨 论

本研究表明,元江县橘小实蝇发生比华宁县略晚 10 d,但发生量明显高于华宁县的。分析认为,华宁县在 5 月份总降雨量偏少,历年都在 100 mm 以下,不利于橘小实蝇种群数量的增长。叶辉等^[15]、刘建宏等^[16]认为,月总降雨量为 100~150 mm 或 100~200 mm 时,有利于橘小实蝇数量的增长,本文的结果与之一致;加之华宁县柑橘品种以温州蜜柑居多,而元江县以甜橙为主,而温州蜜柑成熟期比甜橙要早,果实转色期相应也早,而橘小实蝇产卵是在果实膨大变软、硬度低于 90 的果实上^[17],即果实近成熟期,这也可以为两地发生期存在差异进行合理的解释。同时,元江县芒果种植面积大,芒果是橘小实蝇的嗜食寄主,为其在不同时期提供了丰富的食料,因此元江县的发生量明显高于华宁县的。

适量的降水可以使土壤疏松,增加空气湿度,有助于橘小实蝇幼虫入土化蛹、蛹羽化为成虫和成虫展翅;而降雨量过大则可能对橘小实蝇起着冲刷作用,雨水太多,蛹会被淹死,影响羽化,抑制橘小实蝇的发生^[18]。元江县和华宁县都有着明显的旱季、雨季,多年资料分析结果,元江县的雨季在 5—8 月,降雨量大,华宁县稍晚,因此元江县的发生高峰期稍晚。

笔者研究认为,橘小实蝇发生期和发生量与虫口基数、发生高峰前的气象因子及其互作密切相关。这些因素相互影响、综合作用于橘小实蝇,直接影响其生长发育、生存和繁殖,进而影响其发生期、发生量和危害程度。一致表现为,在适宜温度(26~30℃)、湿度(60%~80%)范围内^[19],虫口基数越大,温度越高,发生期越早;虫口基数越大,降雨量小、相对湿度越小,发生量越大。光照也影响橘小实蝇成虫的趋性、活动行为等,从而影响诱捕数量。同时气象因子还影响柑橘果实的生长和天敌的发生情况,进而间接地影响橘小实蝇的产卵和生长^[20-22]。因此,在组建预测预报模型时,不仅要统计单个气象因子与发生期或发生量之间的相关关系,还要考虑各气象因子之间相互影响的关系。此外,人类农事活动如喷施农药、改变耕作制度、栽培措施,前期寄主如芒果的多

少也影响橘小实蝇的发生量。在组建预测预报模型时,可将这些因素考虑在内,使回归模型更准确。

对云南省两个县的橘小实蝇监测结果,两地橘小实蝇均在 5 月下旬开始出现,6—7 月为发生高峰期,此阶段应为防治的关键时期,应在高峰期到来之前喷药防治,减少虫口基数,也可在盛发期前增加诱捕器数量,杀死大量雄虫,减少交配机会,降低繁殖数量。本文组建的模型只有 5 a 的资料,样本数量较少,笔者会逐年追加诱捕资料,使样本总数增多,再对数据进行拟合,对模型进行校正,以增强预报结果的准确性,便于应用于生产实际中。

参考文献 References:

- [1] LI Hong-xu, YE Hui. On damages and distributions of fruit fly (*Bactrocera dorsalis* Hendel) in Yunnan province, Southern China [J]. Journal of Yunnan University, 2000, 22(6): 473-475.
李红旭,叶辉. 桔小实蝇在云南的危害与分布[J]. 云南大学学报, 2000, 22(6): 473-475.
- [2] HE Wan-zhong, SUN Bing-zhao, LI Cui-ju, LONG Zhong-bao. Control and biological characteristics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Hekou county of Yunnan [J]. Entomological Knowledge, 2002, 39(1): 50-52.
和万忠,孙兵召,李翠菊,龙忠保. 云南河口县桔小实蝇生物学特性及防治[J]. 昆虫知识, 2002, 39(1): 50-52.
- [3] WANG Wen-xin. Control and biological characteristics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Yuanjiang county of Yunnan [J]. Entomological Knowledge, 1999, 36(5): 281-282.
王文心. 元江县桔小实蝇生物学特性及防治[J]. 昆虫知识, 1999, 36(5): 281-282.
- [4] YUAN Sheng-yong, KONG Qiong, XIAO Chun, CHEN Bin, LI Zheng-yue, GAO Yong-hong. Developmental threshold temperature and effective cumulative temperature of *Bactrocera dorsalis* Hendel [J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2005, 27(3): 712-714.
袁盛勇,孔琼,肖春,陈斌,李正跃,高永红. 桔小实蝇各虫态发育历期及有效积温研究[J]. 西南农业大学学报, 2005, 27(3): 712-714.
- [5] LU Zu-sheng, ZHONG Wei, ZHANG Ping, ZHANG Wei, XU Su-fen. Effect and production methods of trap of *Bactrocera dorsalis* Hendel [J]. Jiangxi Fruit Tree, 1996(3): 21-22.
禄祖盛,钟伟,张萍,张伟,徐素芬. 柑桔小实蝇诱捕器的制作方法及其应用效果[J]. 江西果树, 1996(3): 21-22.
- [6] WANG Ze-le, LIU Ying-hong, JIANG Dong-pei, LIU Hong, PEI Ming-yu, LIU Ming-sheng. The distribution and occurrence of *Bactrocera dorsalis* Hendel (DIPTERA: Tephritidae) inspected with lure in Chongqing [J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2006, 28(2): 309-313, 325.
王泽乐,刘映红,江东培,刘洪,裴明玉,刘明圣. 诱剂监测南亚果实蝇在重庆的分布与发生动态[J]. 西南农业大学学报, 2006, 28(2): 309-313, 325.
- [7] ZHANG Run-jie, HOU Bo-hua. Assessment on the introduction risk

- of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) through imported fruits with fuzzy mathematics[J]. Acta Entomologica Sinica, 2005, 48(2): 221–226.
- 张润杰, 侯柏华. 桔小实蝇传入风险的模糊综合评估[J]. 昆虫学报, 2005, 48(2): 221–226.
- [8] JIANG Xiao-long. Risk analysis of quarantine fruit flies along Yunnan border [J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2002, 24(5): 402–405, 421.
- 蒋小龙. 云南边境检疫性实蝇风险分析研究[J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(5): 402–405, 421.
- [9] JIANG Xiao-long, HE Wan-zhong, XIAO Shu, REN Li-qing, SUN Bing-zhao, ZHANG Chao-liang. Study on the biology and survival of *Bactrocera dorsalis* in the border region of yunnan[J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2001, 23(6): 510–517.
- 蒋小龙, 和万忠, 肖枢, 任丽卿, 孙兵昭, 张朝良. 桔小实蝇在云南边境生物学研究及适生性分析[J]. 西南农业大学学报, 2001, 23(6): 510–517.
- [10] JIANG Xiao-long, REN Li-qing, XIAO Shu, YANG Hong-lu, CUN Dong-yi, WANG Long-wen. Study on quarantine treatment technology of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae)[J]. Journal of Southwest Agricultural University, 2002, 24(4): 303–306.
- 蒋小龙, 任丽卿, 肖枢, 杨洪录, 寸东义, 王龙文. 桔小实蝇检疫处理技术研究[J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(4): 303–306.
- [11] ZHANG Dong, LI Hua, MA Li-yun, GUO Dao-kuan. Study on the predictive model of occurrence quantity and period for 5th *Helicoverpa armigera*[J]. Shanghai Agricultural Science and Technology, 2000(2): 48.
- 章东, 李华, 马丽云, 郭道宽. 五代棉铃虫发生期和发生量预测预报模型的研究[J]. 上海农业科技, 2000(2): 48.
- [12] BAO Hua-li, YU Hao, CHEN Wei-ping, ZHU Tian-sheng, WANG Shao-yi, HE Wen-biao, CAI Li-juan, KONG Wen-hui. Study on the predictive model for *Spodoptera litura* population on Cruciferous vegetables in Guangzhou [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2007(4): 51–54.
- 包华理, 虞皓, 陈伟平, 朱天圣, 王少毅, 何文彪, 蔡丽娟, 孔文辉. 广州地区十字花科菜田斜纹夜蛾发生量预测模型研究[J]. 广东农业科学, 2007(4): 51–54.
- [13] TANG Qi-yi, FENG Ming-guang. DPS data processing system for practical statistics[M]. Beijing: Science Press, 2002.
- 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [14] TANG Qi-yi, LI Shao-shi. Determine the true extent of pest forecast model[J]. Pest Monitoring, 1988, 8(1): 1–5.
- 唐启义, 李绍石. 病虫测报应验程度判定模式[J]. 病虫测报, 1988, 8(1): 1–5.
- [15] YE Hui, LIU Jian-hong. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Xishuangbanna of Southern Yunnan [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(7): 1330–1334.
- 叶辉, 刘建宏. 云南西双版纳桔小实蝇种群动态[J]. 应用生态学报, 2005, 16(7): 1330–1334.
- [16] LIU Jian-hong, YE Hui. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Yuanjiang dry-hot valley, Yunnan with an analysis of the related factors[J]. Acta Entomologica Sinica, 2005, 48(5): 706–711.
- 刘建宏, 叶辉. 云南元江干热河谷桔小实蝇种群动态及其影响因素分析[J]. 昆虫学报, 2005, 48(5): 706–711.
- [17] ZENG Ling. Study of the law of occurrence and damage and technique of damage control of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) [C]. Seminar of control about quarantine pests of citrus quarantine, 2007.
- 曾玲. 桔小实蝇的发生为害规律和防治技术研究[C]. 柑桔检疫性有害生物检疫控制研讨会, 2007.
- [18] LIN Jin-tian, LIANG Guang-wen, ZENG Ling, LU Yong-yue, BIN Shu-ying. Influence of soil moisture on the survival of oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* pupa[J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2005, 42(4): 416–418.
- 林进添, 梁广文, 曾玲, 陆永跃, 宾淑英. 土壤含水量对桔小实蝇蛹期存活的影响[J]. 昆虫知识, 2005, 42(4): 416–418.
- [19] WU Jia-jiao, LIANG Fan, LIANG Guang-qin. Study on the relation between developmental rate of oriental fruit fly and its ambient temperature[J]. Plant Quarantine, 2000(6): 321–324.
- 吴佳教, 梁帆, 梁广勤. 桔小实蝇发育速率与温度关系的研究[J]. 植物检疫, 2000(6): 321–324.
- [20] LIU Li-hong, LIU Ying-hong, ZHOU Bo, ZHANG Yong-qiang. Studies on damage and quantity dynamics of *Bactrocera tau* Walker (Trypetidae: *Bactrocera*) indifferent host fields[J]. Journal of Southwest Agricultural University: Natural Science Edition, 2005, 27(2): 770–773.
- 刘丽红, 刘映红, 周波, 张永强. 南亚实蝇在不同寄主上数量动态及危害研究[J]. 西南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 27(2): 770–773.
- [21] YIN Ying, WANG-bo, YUAN Meng. Effect of different environmental factors on the growths and developments of *Bactrocera dorsalis* (Hendel)[J]. Jiangxi Plant Protection, 2007, 30(4): 166–170.
- 尹颖, 王波, 袁梦. 不同环境因子对桔小实蝇生长发育的影响[J]. 江西植保, 2007, 30(4): 166–170.
- [22] CHEN Peng, YE Hui. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Liuku, Yunnan with an analysis of the influencing factors[J]. Acta Entomologica Sinica, 2007, 50(1): 38–45.
- 陈鹏, 叶辉. 云南六库桔小实蝇成虫种群数量变动及其影响因素分析[J]. 昆虫学报, 2007, 50(1): 38–45.