

文章编号: 1000-5471(2010)01-0137-05

云南桔小实蝇发生量预测模型研究^①

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, 田文华¹, 钱克明¹

1 中国农业科学院 柑桔研究所, 重庆 400712; 2 云南玉溪柑桔研究所, 云南 华宁 652801

摘要: 2003—2008 年从田间系统地监测了云南元江和华宁桔小实蝇的发生规律. 将诱虫资料和温度、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, 建立了不同发生量预测预报模型, 并对其进行检验. 结果表明发生量与多因子交互之间存在相关关系, 可采用预报模型较为准确地预测出桔小实蝇的发生量, 且多因子交互组建的模型比简单逐步回归的结果可靠.

关键词: 桔小实蝇; 发生量; 预测; 模型

中图分类号: Q949.456.8

文献标识码: A

桔小实蝇 [*Bactrocera dorsalis* (Hendel)], 又名东方果实蝇或芒果实蝇, 属双翅目(Diptera)、实蝇科(Trypetidae)、果实蝇属(*Bactrocera*), 寄主达 250 多种, 是果树种植业上的一种毁灭性检疫害虫, 降低果蔬品质等级, 直接危害果蔬生产, 影响进出口贸易. 云南省属多样性气候, 地势复杂, 盛产各种水果和蔬菜, 是桔小实蝇的主要发生区, 严重危害多种水果, 以柑桔、芒果、石榴受害最为严重, 造成重大经济损失, 成为阻碍云南省水果种植业发展最重要的害虫^[1]. 前人对桔小实蝇的生物学特性^[2-4]、诱集技术^[5-6]、在国内的适生性分布^[7-9]及防治^[10]等方面均有研究, 但预测其发生未见报道. 搞好发生量预测预报, 指导生产上进行适时防治, 是防治桔小实蝇为害的重要环节. 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)作为主要预测因子^[11-12], 使用逐步回归组建桔小实蝇发生量的预测预报模型.

1 材料与方法

1.1 田间发生规律调查

试验地分别设在元江沙浦柑桔基地、元江甘庄华侨农场、华宁牛山柑桔场的果园, 制作自制诱捕器, 用桔小实蝇性诱剂(每诱捕器加 2 mL 甲基丁香酚诱剂, 1 mL 90% 敌百虫)来诱捕雄成虫, 每 5 d 收集 1 次, 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 年桔小实蝇在元江和华宁(元江为两地取均值)发生期的系统历史资料, 将前 5 年诱

① 收稿日期: 2008-12-05

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

作者简介: 李鸿筠(1975-), 女, 重庆北碚人, 硕士, 助研, 主要从事柑桔害虫防治研究.

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,建立发生量的预测预报模型,最后 1 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。预报应验程度判定模式:

$$SD = 100 * e^{\frac{-2a\pi}{(a+a_1)^{1/a}} * \left(\frac{a_1 - a_2}{\delta}\right)^2}$$

其中: SD 为判定模式的分值; $SD < 40$ 预报不准确, $SD \geq 60$ 预报准确, $40 \leq SD < 60$ 预报比较准确; a 为预报对象常年平均值, a_1 为实测值, a_2 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

2.1 发生规律及预测预报模型的建立

据诱捕调查桔小实蝇成虫种群数量消长动态资料,结果显示华宁、元江桔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,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。

2.1.1 元江模型

简单回归模型表明,8 月 1 日桔小实蝇发生量与 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;模型所用资料均在桔小实蝇适温范围内,表明适温条件下,雨水和湿度是影响桔小实蝇发生的重要因素。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 1)。

$$Y_I = 107.1286386 + 3.996337008X_1 - 0.013710966654X_3 - 1.3495297639X_4$$

$$\text{复相关系数 } R = 1.0000 \quad p < 0.01$$

$$Y_{II} = 134.6683118 + 0.04381695220X_1 \times X_5 - 0.06278262582X_2 \times X_4 + 0.00005021687724X_3 \times X_5$$

$$\text{复相关系数 } R = 0.9980 \quad p < 0.05$$

表 1 云南元江桔小实蝇发生量的预测因子历史数据及拟合值

年份	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Y	I 拟合值	II 拟合值
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: X_1 为 6 月 30 日诱虫数量; X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 分别为 7 月份的平均温度、总降雨量、平均相对湿度和总日照时数; Y 为 8 月 1 日桔小实蝇虫数。

2.1.2 华宁模型

简单回归模型表明,7 月 15 日桔小实蝇发生量与 6 月 20 日的虫口基数、6 月下旬和 7 月上中旬的相对湿度关系密切,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,湿度是影响桔小实蝇发生数量的主要因子。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、6 月下旬的平均温度、总降雨量、平均相对湿度和 7 月上中旬的总降雨量、总日照时数入选该模型(表 2)。

$$Y_I = 8.89179504 + 0.4570524397X_1 - 0.06012400418X_4 - 0.018356194736X_8$$

$$\text{复相关系数 } R = 1.0000 \quad p < 0.01$$

$$Y_{II} = 10.33141219 + 0.022731279484X_1 \times X_7 - 0.006591920614X_2 \times X_4 + 0.001229155532X_3 \times X_9$$

$$\text{复相关系数 } R = 0.9999 \quad p < 0.05$$

表 2 云南华宁桔小实蝇发生量的预测因子历史数据及拟合值

年份	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	Y	I 拟合值	II 拟合值
2003	0.7778	28.1	171.4	78.9	16.8	24.23	61.5	76	30	3.1111	3.1084	3.1242
2004	1.6667	21.92	9.2	52.3	71.8	24.15	59.4	76.3	8.451111	5.1085	5.1197	
2005	4.2222	23.74	5.1	60.7	60.4	23.9	49.8	76.1	26.657778	5.7751	5.7787	
2006	1.6667	24.03	47.3	78.4	74.4	25.64	29.1	69.5	79.836667	3.6641	3.6545	
2007	2.08	24.45	58.3	67.6	55.8	24.48	49.9	74.5	36.2444	4.4105	4.3896	
2008	1.5	22.35	50.4	65.4	55	25.26	38.9	72.1	75.286667	4.3218	6.6810	

注: X_1 为 6 月 20 日诱虫数量; X_2 、 X_3 、 X_4 、 X_5 分别为 6 月下旬的平均温度、总降雨量、平均相对湿度和总日照时数; X_6 、 X_7 、 X_8 、 X_9 分别为 7 月上中旬的平均温度、总降雨量、平均相对湿度和总日照时数; Y 为 7 月 15 日桔小实蝇虫数。

2.2 拟合率检验

将最后一年诱虫资料和气象资料代入模拟出的方程, 得出各地拟合值; 应用唐启义等^[13-14]提出的应验评判方程, 对元江和华宁的预测预报模型进行检验, 结果表明用简单逐步回归模拟的模型评分均比较低, 尽管前 5 年的拟合值都接近实测值, 但未进入模型的一年实测值与拟合值差异较大; 同时, 用多因子交互进行逐步回归计算, 评分值相对较高, 元江的分值大于 60, 华宁的分值大于 40, 在比较准确或准确的范围内。由结果可知, 2008 年高峰期桔小实蝇发生数量元江实际为 12.6667 头, 多因子交互模型拟合值为 16.8916 头, 简单回归拟合值为 20.5878 头; 华宁实际发生量为 8.6667 头, 前种方法拟合值为 6.6810 头, 第二种方法为 4.3218 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, 说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单相关显著, 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模型拟合值可靠。

表 3 云南两地桔小实蝇发生量预测模型验证

地点	模拟方式	a	a_1	a_2	t	δ	SD	结论
元江	I	10.9792	12.6667	20.5878	32	5.7592	20.3438	不准确
元江	II	10.9792	12.6667	16.8916	32	5.7592	63.5713	准确
华宁	I	5.1222	8.6667	4.3218	25	1.8110	1.5393	不准确
华宁	II	5.1222	8.6667	6.6810	25	1.8110	41.8231	比较准确

3 结论与讨论

害虫预测预报是根据害虫发生发展规律及作物的物候、气象等资料进行全面分析, 作出其未来的发生期、发生量、危害程度等估计, 预测害虫未来的发生动态, 并提前提出虫情报告。发生量预测就是预测害虫的发生数量或田间虫口密度, 估计害虫未来的虫口数量是否有大发生的趋势和是否会达到防治指标, 以此作为中、长期预报的依据。

数理统计预测是利用统计学原理, 从害虫发生多年的资料中, 总结出气候因子与虫害发生之间的关系, 进行相关数理统计分析, 组建回归模型, 再根据当前环境因子实况, 来预报未来害虫发生的情况。

本文分别选择各地桔小实蝇发生初期的虫口基数、发生高峰前的平均温度、总降雨量、平均相对湿度和总日照时数作为预测因子,对高峰期成虫的发生量进行预测,通过预测预报,对当年桔小实蝇的发生具有指导意义.监测两地桔小实蝇均在 5 月下旬开始出现,6-7 月为防治的关键时期,因此应在高峰到来之前喷药防治,可减少虫口基数,也可在盛发期增加诱捕器数量,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 年的资料,样本数量较少,可能由于样本的随机波动而造成较高的符合率指标.虽然计算历史符合率很高,但在实际应用时,却出现了偏差,因此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.

气候因素与昆虫发生发展有密切的关系,这些因素相互影响、综合地作用于昆虫,直接影响其生长发育、生存和繁殖,进而影响其发生量和危害程度;同时气候因素还影响柑桔果实的生长和天敌的发生,进而间接地影响昆虫的生长^[15-18].

在自然界中,气温高于 34 °C 或低于 15 °C 对桔小实蝇成虫不利,卵的孵化率、蛹的羽化率都下降^[19].湿度小于 40% 或大于 80%,蛹的羽化率低,老熟幼虫入土慢,死亡率高^[20].雨水充足时,产卵量多,种群数量增长快;干旱时产卵量降低,新羽化的成虫死亡率增多,还影响蛹的发育,种群受到抑制.成虫活动与气候条件的关系表现为:晴天多,气温高,诱捕虫多;阴雨天气多,不利于成虫活动,诱捕量低.7-8 月温湿度合适,花果多,利于繁殖,形成高峰期;10 月以后,气温下降,瓜果收获,发生量减少,诱捕到的虫少.光照也影响桔小实蝇成虫的趋性、活动行为等,从而影响诱捕数量.此外,人类农事活动如喷施农药,前期寄主如芒果的多少也影响桔小实蝇的发生.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.

参考文献:

- [1] 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(自然科学版),2000,22(6):473-475.
- [2] 和万忠,孙兵召,李翠菊,等.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] 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] 袁盛勇,孔琼,肖春,等.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(自然科学版),2005,27(3):712-714.
- [5] 禄祖盛,钟伟,张萍,等.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] 王泽乐,刘映红,江东培,等.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(自然科学版),2006,28(2):309-313,325.
- [7] 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] 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] 蒋小龙,和万忠,肖枢,等.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] 蒋小龙,任丽卿,肖枢,等.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] 章东,李华,马丽云,等.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] 包华理,虞皓,陈伟平,等.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] 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] 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] 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.
- [16] 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子分析[J].昆虫学报,2005,48(5):706-711.
- [17] 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子分析[J].昆虫学报,2007,50(1):38-45.

- [18] 刘丽红, 刘映红, 周波, 等. 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.
- [19] 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] 林进添, 梁广文, 曾玲, 等. 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.

Study on Predication Mathematical Model of Occurrence Quantity for Oriental Fruit Fly, *Bactrocera dorsalis* in Yunnan Province

LI Hong-jun¹, LIU Hao-qiang¹, YAO Ting-shan¹, HU Jun-hua¹,
RAN Chun¹, LEI Hu+de¹, HUANG Liang-lu¹, ZHANG Ping²,
TIAN Wen-hua¹, QIAN Ke-ming¹

1. Citrus Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Chongqing 400712, China;

2. Citrus Research Institute of Yuxi, Huaning Yunnan 652801, China

Abstract: Field occurrence regularity of oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) was monitored from 1990 to 1995 in Yuanjiang and Huaning county, Yunnan province. The datum can be regarded as prediction factors on model of occurrence quantity, included trapped pests and weather information such as temperature, humidity, precipitation, illumination, etc. The model was established using the method of simple regression and multifactorial stepwise regression respectively. The results showed that the occurrence quantity of oriental fruit fly was closely related to multi-factor interaction. The model was tested using the last year datum, and the findings indicated that the model by simple regression was credible than by multifactorial stepwise regression. The model could accurately predict the occurrence quantity of oriental fruit fly.

Key words: oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*); occurrence quantity; predication; model

责任编辑 夏娟