

柑橘大实蝇成虫田间诱杀适期探究

李再园^{1a}, 杜田华^{1a}, Consolatha Chambi¹, 黄聪¹, 马跃坤¹, 王福莲^{1*}, 张桂芬²

(¹长江大学昆虫研究所·长江大学农学院, 湖北荆州 434025; ²中国农业科学院植物保护研究所·植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193)

摘要:【目的】准确简便预测柑橘大实蝇 *Bactrocera minax* (Enderlein)成虫在橘园内的诱集适期。【方法】通过逻辑斯蒂模型拟合成虫羽化出土和橘园成虫诱集动态,并比对成虫羽化动态与橘园的成虫诱集动态(以湖北宜都为例),计算出橘园成虫诱集动态较成虫羽化动态的相对滞后程度,并分析影响滞后程度的气候因素。【结果】2010—2013年成虫羽化出土动态的逻辑斯蒂方程分别为 $Y=100.713/[1+\text{Exp}(10.163-0.707X)]$ 、 $Y=100.452/[1+\text{Exp}(4.096-0.718X)]$ 、 $Y=123.36/[1+\text{Exp}(2.996-0.484X)]$ 、 $Y=118.632/[1+\text{Exp}(6.994-0.564X)]$ 。成虫羽化始盛日分别为5月24日、5月14日、5月15日、5月11日,高峰日分别为5月26日、5月16日、5月18日、5月13日,盛末日分别为5月28日、5月18日、5月20日、5月15日。2010—2013年橘园成虫诱集动态的逻辑斯蒂方程分别为 $Y=94.054/[1+\text{Exp}(3.962-0.294X)]$ 、 $Y=102.328/[1+\text{Exp}(4.57-0.206X)]$ 、 $Y=99.727/[1+\text{Exp}(2.023-0.27X)]$ 、 $Y=100.468/[1+\text{Exp}(4.584-0.375X)]$ 。橘园诱集成虫的始盛日分别为6月5日、5月30日、5月30日、5月28日;诱集高峰日分别为6月10日、6月6日、6月5日、6月2日;盛末日分别为6月17日、6月14日、6月11日、6月6日。诱集盛期较羽化盛期存在相对稳定的滞后程度,始盛日、高峰日、盛末日的滞后程度分别为(15±1.35) d、(18.5±1.32) d、(22.5±1.55) d。各年度的滞后程度与滞后期间温度、湿度、降雨量无显著相关性。【结论】柑橘大实蝇橘园诱集动态较羽化动态之间存在相对稳定的滞后程度,在对其防治中,可通过常温保蛹法观察羽化,预测田间诱集适期,提高柑橘大实蝇成虫诱杀防治的精准性。

关键词: 柑橘大实蝇;成虫羽化动态;橘园成虫诱集动态

中图分类号: S666

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2018)11-1406-07

Study on the optimal field trapping period of *Bactrocera minax*

LI Zaiyuan^{1a}, DU Tianhua^{1a}, Consolatha Chambi¹, HUANG Cong¹, MA Yuekun¹, WANG Fulian^{1*}, ZHANG Guifen²

(¹Institute of Entomological Science & College of Agriculture, Yangtze University, Jingzhou 434025, Hubei, China; ²State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases & Insect Pests · Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract: 【Objective】In order to monitor the dynamics of adult population and predict the optimal field trapping period in the citrus orchards. At present the food trapping is the main method for monitoring the dynamic occurrence of citrus fruit fly adults in the citrus orchards. Because the adult citrus fruit fly early emerged (2 or 3 days after emergence) showed the habit, which flew away from the citrus orchard and then returned to the citrus orchard to lay eggs after a period of time. The dynamic occurrence of the adult in the citrus orchard was obtained through the real-time monitoring method of trapping. The occurrence was found a serious lag, which made some limitations for guiding the trapping and killing control of adults. Some scholars have proposed the possibility to predict the dynamics of adult occurrence in citrus orchards at constant temperature, indoor room temperature, and an outdoor screening house, using the fly pupal rearing method to monitor the adult emergence dynamics. Monitoring of adult emergence using constant temperature and an outdoor screening house can predict the appropriate timing of the

收稿日期: 2018-06-04 接受日期: 2018-09-05

基金项目: 国家自然科学基金(31370413、31772206)

作者简介: 李再园,男,在读博士研究生,研究方向为害虫综合治理。Tel: 13264699196, E-mail: zaiyuanli01@163.com; a为共同第一作者。

杜田华,女,在读博士研究生,研究方向为害虫综合治理。Tel: 15826537693, E-mail: dutianhua01@163.com

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 17720385975, E-mail: wangfl_hb@163.com

trapping in citrus orchards. Constant temperature cannot be synchronized with the natural adult eclosion period in the field due to the difference between the constant temperature and the natural temperature. The natural temperature often results in low emergence rate due to uncontrollable outdoor humidity while indoor room temperature preservation eliminates the problem of inconsistent eclosion periods and low emergence rate. 【Methods】Citrus fruit fly larvae were collected in Yidu city of Hubei province (Zhicheng town) in late October of each year from 2009 to 2012. The larvae pupated in a fine sand container with a water content of 15% and stored at natural temperatures (4.8-22.6 °C). Adult emergence was monitored in the second year. Citrus orchard trapping test field was selected in Yidu city (Zhicheng town Zhifang village), Hubei province with an area of 40 000 m². Sixty traps were evenly distributed in the orangery and the attractants (Jufeng) in the trap were changed every 7-10 d. The trapped adults were monitored to examine the trapping dynamics in the citrus orchard. We compared the dynamics of indoors adult eclosion and trapping in Yidu, and the SPSS data processing software was used to fit the logistic equation. The beginning, apex and ending of the adult peak period were recorded during the eclosion and the citrus orchards trapping pattern was figured out by the logistic equation in 2010—2013, and the delay degree between eclosion and trapping was calculated. The climatic factors influencing the delay degree were analyzed according to the correlation between the climatic factors (temperature, humidity and rainfall amount) and the delay degree. 【Results】For the emergence of adults, the logistic equations were $Y=100.713/[1+\text{Exp}(10.163-0.707X)]$, $Y=100.452/[1+\text{Exp}(4.096-0.718X)]$, $Y=123.36/[1+\text{Exp}(2.996-0.484X)]$ and $Y=118.632/[1+\text{Exp}(6.994-0.564X)]$, respectively in 2010—2013. In these four years, the beginning of the adult peak period during the eclosion was at May 24, May 14, May 15 and May 11, the apex day was at May 26, May 16, May 18 and May 13, and the end day was at May 28, May 18, May 20 and May 15. However, for the adults captured in citrus orchards in 2010—2013, the logistic equations were $Y=94.054/[1+\text{Exp}(3.962-0.294X)]$, $Y=102.328/[1+\text{Exp}(4.57-0.206X)]$, $Y=99.727/[1+\text{Exp}(2.023-0.27X)]$ and $Y=100.468/[1+\text{Exp}(4.584-0.375X)]$, respectively. In these four years, the beginning of the adult peak period was at Jun. 5, May 30, May 30 and May 28, and the apex day was at Jun. 10, Jun. 6, Jun. 5 and Jun. 2, and the end day was at Jun. 17, Jun. 14, Jun. 11 and Jun. 6. The doomsday lagged 20, 27, 21 and 22 d, respectively compared to the last days of emergence. The beginning of the adult peak period of trapping lagged 11, 16, 16 and 17 d and the apex day lagged 15, 21, 18 and 20 d and the end day lagged 20, 27, 21 and 22 d, respectively, after the eclosion peak in 2010—2013. So there was a relatively stable delay degree between eclosion and trapping. The delay degrees of the beginning, apex and ending of the adult peak period were (15±1.35) days, (18.5±1.32) days and (22.5±1.55) days, respectively. There was no significant correlation between the delay degree and the temperature, humidity and rainfall amount. 【Conclusion】There was a relatively stable delay degree between eclosion and trapping, which was not affected by the temperature, humidity and rainfall amount during the delay degree. Therefore, in the field management of citrus fruit fly, we can monitor the dynamic eclosion at normal temperature and then foresee the optimum trapping period of citrus fruit fly in orchards. This will enhance the accuracy of trapping of citrus fruit fly in the citrus orchards.

Key words: *Bactrocera minax*; Eclosion dynamics; Trapping dynamics in the citrus orchard

柑橘大实蝇 (*Bactrocera minax* Enderlein) 是柑橘生产上主要害虫之一^[1]。其专性危害柑橘类果实,严重影响柑橘果实的产量与品质^[2]。诱杀成虫是目前橘园内防治柑橘大实蝇的主要手段之一^[3-4]。由于柑橘大实蝇为一化性昆虫^[5],成虫寿命(33 d左

右)、活动期(5个月)、产卵期(60 d左右)均较长,因此,难以准确把握防治适期成为其在部分地区发生呈上升趋势的主要原因^[6-8]。

使用食物(糖醋或蛋白食物诱剂)诱集是监测实蝇成虫发生动态的主要方法^[9-10]。目前柑橘大实蝇

成虫橘园内发生动态的监测也主要采用食物诱剂田间全期监测法^[11-13]。宫庆涛等^[14]研究发现,成虫田间的诱集高峰较在室外网室条件下成虫的羽化高峰延迟31 d。从预测的角度来看,通过橘园诱集实时监测法所获得的成虫田间发生动态具有严重的滞后性,对指导柑橘大实蝇成虫诱杀防治具有局限性^[14]。因此,可采用恒温、室内常温或者室外网室等条件下保存柑橘大实蝇蛹,通过监测成虫羽化动态的方法来预测柑橘园内成虫诱集高峰^[14],并探究柑橘大实蝇成虫诱集高峰与羽化高峰间隔期的稳定性,对橘园内适时应用诱杀剂进行成虫防治具有实际意义。

采用恒温和网室保藏蛹监测成虫羽化预测橘园诱集适期,前者因与自然温度不同而导致羽化期与田间自然羽化期不能同步,后者因室外湿度不可控的原因常造成羽化率低下。由于温度主要影响柑橘大实蝇成虫的羽化期,而湿度主要影响成虫的羽化率^[15]。基于笔者实验室具有室内大批量常温保蛹能力,可以在自然变温和固定湿度条件下连年监测成虫羽化情况,常温保蛹与自然条件下保蛹因蛹期发育的有效积温一致,成虫羽化动态与自然条件接近。故以湖北宜都为例,将2010—2013年连续4个年度常温下成虫羽化动态与成虫田间诱集动态数据进行比对,研究其羽化动态与诱集动态的关联性,确定柑橘大实蝇田间诱集适期,为橘园成虫精准诱杀提供依据。

1 材料和方法

1.1 柑橘大实蝇成虫羽化动态监测

2009—2012年10月下旬在湖北省宜都市(枝城镇)收集柑橘落果,从落果中获取老熟幼虫50~100万头,并于含水量(w)15%的细沙(颗粒大小0.4 mm)中化蛹,在自然温度(4.8~22.6 °C)下保存。待翌年4月20日起,随机取蛹,逐日观察记录成虫羽化出土的情况,直至连续7 d内无成虫羽化为止。试验3次重复,每个重复200头蛹。

1.2 柑橘大实蝇成虫诱集动态监测

诱集田选择在湖北省宜都市(枝城镇纸坊村)面积为40 000 m²的橘园,该橘园四周均为非柑橘类作物,相对独立。橘园内挂置60个自制诱捕器(药剂杯口直径12 cm、高15 cm,加防雨盖组成),均匀分布。以桔丰(香精、糖、乙酸、乙醇以及水的混配液,

湖北省宜昌桔丰实蝇诱剂销售有限公司生产)为引诱剂,使用时每500 mL桔丰兑水3 000~4 000 mL,加24%灭多威水溶性液剂20 mL(有效成分S-Methyl N-{(methyl carbamoyl)oxy}thioacetimidate,广东省江门农药厂生产)配成诱杀剂。诱杀剂加至诱捕器的2/3处,进行成虫的诱集。每隔7~10 d(根据当地天气情况,雨天顺延)更换诱器中的诱剂,并回收诱集到的成虫。2010—2013年橘园诱集动态监测从5月10日开始,至连续3次诱不到成虫时停止。

1.3 柑橘大实蝇田间诱集动态较羽化动态的滞后程度分析

将成虫羽化率按调查时段进行累加并计算累计羽化率。句荣辉等^[16]研究表明,种群生长型的特征为S型生长型时,其种群生长符合逻辑斯蒂方程模型规律。故本研究将单次诱虫率[单次诱虫率/%=单次诱虫量/全期总诱虫量×100]按调查时段进行累加并计算累计诱虫率。将各时段累计羽化率(Y)与调查时间(X)、累计诱虫率(Y)与诱虫时间(X)拟合为逻辑斯蒂模型(在方程拟合时,均令羽化成虫初见日和诱集成虫初见日=1)^[14]。

害虫预测预报中,其害虫发生期可采用发育进度预测法,以调查的害虫田间发育进度为基准曲线,当累计发育进度百分率为16%、50%、84%时,即为害虫发生的始盛期、高峰期、盛末期^[14-17]。本研究根据逻辑斯蒂模型确定成虫羽化始盛日、高峰日和盛末日,以及橘园内柑橘大实蝇成虫诱集的始盛日、高峰日和盛末日。橘园成虫诱集动态较成虫羽化动态的相对滞后程度,以橘园成虫诱集动态较成虫羽化动态的滞后时间来衡量。柑橘大实蝇成虫羽化或诱集始盛日、高峰日和盛末日日期=逻辑斯蒂模型推算出的始盛日、高峰日和盛末日日数+羽化或诱集成虫初见日期。

1.4 气候因素对田间成虫诱集动态较羽化动态滞后程度的影响

查询2010—2013年宜都市枝城气象资料(<https://en.tutiempo.net/>),计算成虫羽化盛期至橘园柑橘大实蝇成虫诱集盛期间的平均温度、相对湿度和降水量(表1)。

分析橘园柑橘大实蝇成虫诱集盛期(始盛日、高峰日和盛末日)较成虫羽化盛期(始盛日、高峰日和盛末日)的滞后程度,与该地滞后时间间的平均温度、平均最高温度、平均最低温度、相对湿度、降雨量

表 1 成虫羽化盛期至橘园柑橘大实蝇成虫诱集盛期间的平均温度、相对湿度和降雨量(2010—2013 年)

Table 1 The meteorological data of the interval from emergency peak to capture peak of *B. minax* adult (2010—2013)

年份 Year	间隔期 Plastochron	平均温度 Average temperature/°C	平均最高温度 Average maximum temperature/°C	平均最低温度 Average minimum temperature/°C	相对湿度 Relative humidity/%	降雨量 Precipitation/mm
2010	始盛日 Emergence start date	23.32	27.68	18.94	75.31	70.91
	高峰日 Emergence peak date	22.22	26.18	18.60	78.81	109.76
	盛末日 Emergence end date	23.70	28.21	19.23	74.19	100.47
2011	始盛日 Emergence start date	22.95	28.71	16.89	60.65	31.75
	高峰日 Emergence peak date	23.48	28.92	17.95	64.41	34.80
	盛末日 Emergence end date	24.19	29.31	19.24	68.36	112.27
2012	始盛日 Emergence start date	22.09	26.53	17.69	73.63	144.28
	高峰日 Emergence peak date	21.88	25.79	17.99	77.68	170.95
	盛末日 Emergence end date	23.20	27.25	19.12	75.61	172.98
2013	始盛日 Emergence start date	24.41	29.54	19.18	69.17	240.54
	高峰日 Emergence peak date	23.88	28.48	19.40	69.48	240.79
	盛末日 Emergence end date	24.03	28.45	19.59	70.17	184.65

的相关性。

1.5 数据处理

将 2010—2013 年成虫羽化率和田间诱虫比例进行逐日累加, 计算成虫累计羽化率或成虫累计诱虫率, 并分别拟合逻辑斯蒂方程。羽化率、诱虫比例、累计羽化率和累计诱虫比例在 Excel 中计算, 逻辑斯蒂方程在 SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 中进行拟合^[18]。各年度柑橘大实蝇常温保蛹下羽化盛期至橘园内诱集盛期间隔期与田间温度、湿度、降雨量之间的相关性在 SPSS 17.0 中采用双变

量 Pearson 法相关性分析。

2 结果与分析

2.1 柑橘大实蝇成虫的羽化动态

柑橘大实蝇的累计羽化率(Y)与羽化出土时间(X)可以拟合为逻辑斯蒂模型。在模型拟合时, 均令其成虫初见日=1。2010—2013 年成虫累计羽化率的实际值和相应模型的拟合值曲线见图 1。拟合方程和羽化的始盛日、高峰日和盛末日见表 2。

2010—2013 年成虫羽化始盛日分别为 5 月 24

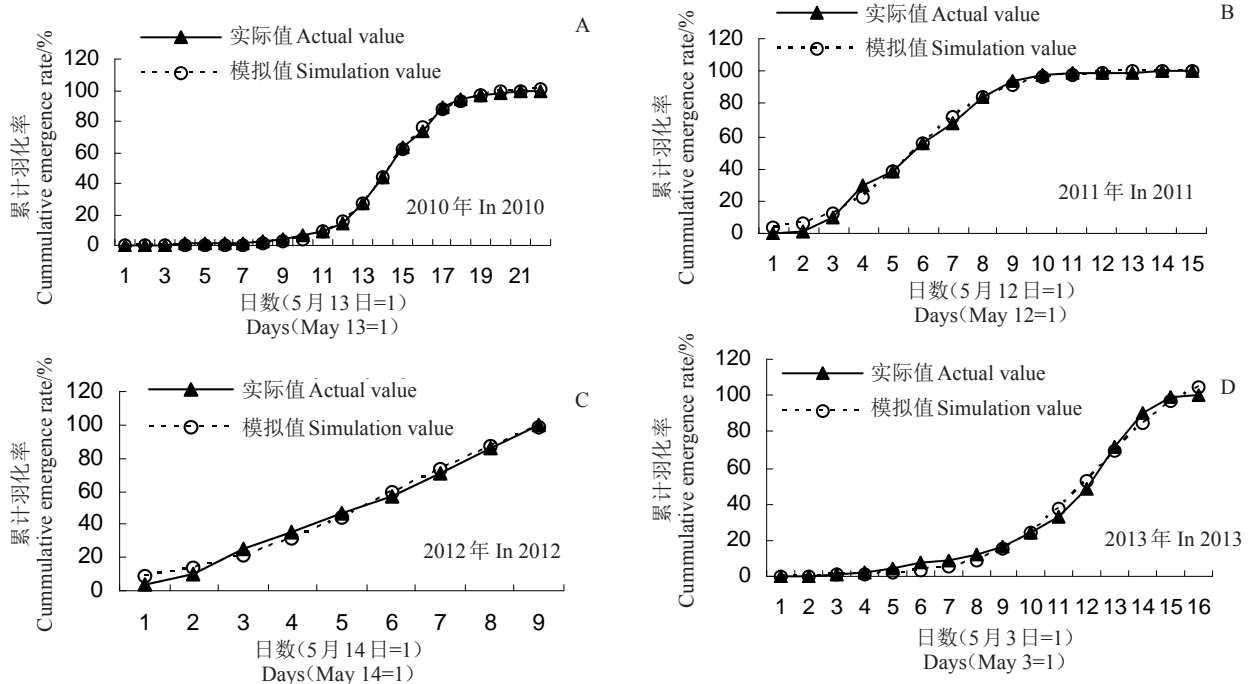


图 1 2010—2013 年柑橘大实蝇成虫羽化动态

Fig. 1 Dynamics of *B. minax* adult eclosion indoors during 2010 to 2013

表 2 2010—2013 年柑橘大实蝇成虫羽化的始盛日、高峰日和盛末日

Table 2 The beginning, the apex and the end day of the adult's peak period of *B. minax* emerged during 2010 to 2013

年份 Year	逻辑斯蒂方程 Regression equation	<i>R</i>	<i>R</i> _{0.05}	<i>R</i> _{0.01}	始盛日 Emergence start date	高峰日 Emergence peak date	盛末日 Emergence end date	盛期历期 Length of emergence period/d
2010	$Y=100.713/[1+\text{Exp}(10.163-0.707X)]$	0.999	0.423	0.537	5月24日 May 24	5月26日 May 26	5月28日 May 28	5
2011	$Y=100.452/[1+\text{Exp}(4.096-0.718X)]$	0.997	0.514	0.641	5月14日 May 14	5月16日 May 16	5月18日 May 18	5
2012	$Y=123.36/[1+\text{Exp}(2.996-0.484X)]$	0.999	0.666	0.798	5月15日 May 15	5月18日 May 18	5月20日 May 20	6
2013	$Y=118.632/[1+\text{Exp}(6.994-0.564X)]$	0.999	0.497	0.623	5月11日 May 11	5月13日 May 13	5月15日 May 15	5

日、5月14日、5月15日、5月11日；羽化高峰日为5月26日、5月16日、5月18日、5月13日；羽化盛末日为5月28日、5月18日、5月20日、5月15日；羽化盛期历期为5 d、5 d、6 d、5 d(表2)。

2.2 柑橘大实蝇成虫的诱集动态

2010—2013年柑橘大实蝇橘园内诱集进度如图2所示。累计诱虫率(*Y*)与相应诱集时间(*X*)可以

拟合为逻辑斯蒂模型,在方程拟合时,均令田间诱集成虫初见日=1。2010—2013年累计诱虫率的实际值和相应模型的拟合值曲线见图2,拟合的逻辑斯蒂方程见表3。确定柑橘大实蝇橘园内成虫诱集的始盛日、高峰日、盛末日。

根据逻辑方程中成虫累计诱虫率16%、50%、84%相对应的时间,得到成虫诱集的始盛日、高峰日

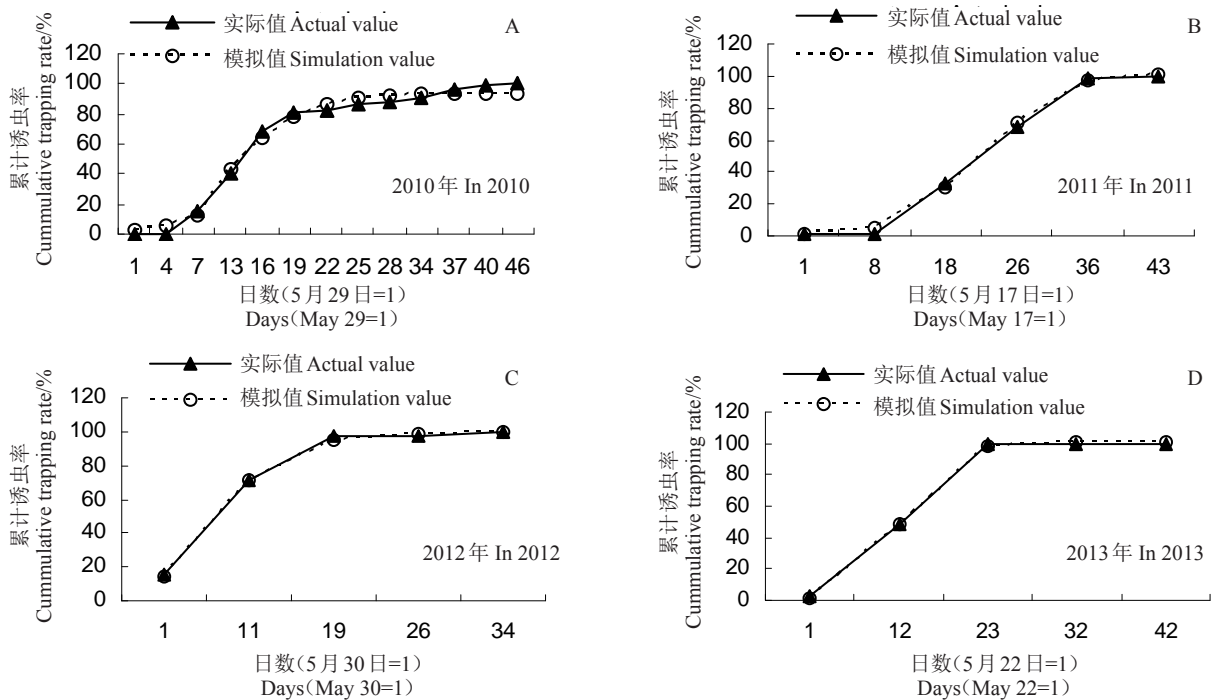


图 2 2010—2013 年橘园内柑橘大实蝇成虫诱集动态

Fig. 2 Dynamics of *B. minax* adults captured by traps during 2010 to 2013 in orchard

表 3 橘园诱集柑橘大实蝇成虫的始盛日、高峰日和盛末日

Table 3 The beginning, the apex and the end day of the adult's peak period of *B. minax* captured by traps in orchard

年份 Year	逻辑斯蒂方程 Regression equation	<i>R</i>	<i>R</i> _{0.05}	<i>R</i> _{0.01}	始盛日 Emergence start date	高峰日 Emergence peak date	盛末日 Emergence end date	盛期历期 Length of emergence period/d
2010	$Y=94.054/[1+\text{Exp}(3.962-0.294X)]$	0.993	0.553	0.684	6月5日 Jun. 5	6月10日 Jun. 10	6月17日 Jun. 17	13
2011	$Y=102.328/[1+\text{Exp}(4.57-0.206X)]$	0.998	0.881	0.917	5月30日 May 30	6月6日 Jun. 6	6月14日 Jun. 14	16
2012	$Y=99.727/[1+\text{Exp}(2.023-0.27X)]$	0.999	0.878	0.959	5月30日 May 30	6月5日 Jun. 5	6月11日 Jun. 11	13
2013	$Y=100.468/[1+\text{Exp}(4.584-0.375X)]$	1.000	0.878	0.959	5月28日 May 28	6月2日 Jun. 2	6月6日 Jun. 6	10

和盛末日。2010—2013 年成虫诱集始盛日分别为 6 月 5 日、5 月 30 日、5 月 30 日、5 月 28 日; 诱集高峰日为 6 月 10 日、6 月 6 日、6 月 5 日、6 月 2 日; 诱集盛末日为 6 月 17 日、6 月 14 日、6 月 11 日、6 月 6 日; 诱集盛期历期为 13 d、16 d、13 d、10 d。

2.3 柑橘大实蝇成虫诱集盛期较成虫羽化盛期的滞后程度分析

2010—2013 年柑橘大实蝇诱集始盛日较成虫羽化始盛日分别滞后 11、16、16 和 17 d, 诱集高峰日较羽化高峰日分别滞后 15、21、18 和 20 d, 诱集盛末日较羽化盛末日分别滞后 20、27、21 和 22 d(表 4)。也就是说, 柑橘大实蝇成虫羽化始盛日之后最早 11 d、最迟 17 d 后方达到田间成虫诱集始盛日, 平均为 (15 ± 1.35) d; 羽化高峰日之后最早 15 d、最迟 20 d 后达到田间成虫诱集高峰日, 平均为 (18.5 ± 1.32) d; 羽化盛末日之后最早 20 d、最迟 22 d 后达到田间成虫诱集盛末日, 平均 (22.5 ± 1.55) d。

表 4 柑橘大实蝇橘园诱集盛期较成虫羽化盛期的滞后时间

Table 4 The interval of *B. minax* adult from emergency peak to capture peak

年份 Year	始盛日-诱集盛期 Emergence start- capture peak/d	高峰日-诱集盛期 Emergence peak- capture peak/d	盛末日-诱集盛期 Emergence end- capture peak/d
2010	11	15	20
2011	16	21	27
2012	16	18	21
2013	17	20	22
平均 Mean	15±1.35	18.5±1.32	22.5±1.55

2.4 柑橘大实蝇田间诱集滞后程度与温度、湿度和降水等环境因素的相关性分析

柑橘大实蝇成虫诱集盛期(始盛日、高峰日和盛末日)与羽化盛期(始盛日、高峰日和盛末日)的滞后时间长短与滞后期间的平均温度、平均最大温度、平均最小温度、相对湿度、降雨量之间无相关性($p > 0.05$), 相关系数 R 值为 0.02~0.91(表 5)。因此, 柑橘大实蝇成虫田间诱集滞后程度与环境温度、湿度及

表 5 柑橘大实蝇成虫田间诱集较羽化的滞后程度与环境因素之间相关系数

Table 5 The correlation coefficients between the interval from emergency peak to capture peak of *B. minax* adult and environmental factors in the duration

	平均温度 Average temperature	平均最大温度 Average maximum temperature	平均最小温度 Average minimum temperature	相对湿度 Relative humidity	降雨量 Precipitation
始盛日 Emergence start date	0.07	0.34	-0.32	-0.54	0.50
高峰日 Emergence peak date	0.76	0.83	-0.03	-0.91	-0.03
盛末日 Emergence end date	0.69	0.79	0.02	-0.83	-0.25

降雨量等气候因素无关。

3 讨 论

柑橘大实蝇成虫羽化动态显示, 其羽化的迟早随年份不同有所不同, 即成虫羽化始盛日、高峰日和盛末日迟早不同, 如 2010—2013 年度成虫的高峰日分别在 5 月 26 日、5 月 16 日、5 月 18 日、5 月 13 日, 2010 年成虫的羽化高峰日较 2011 年、2012 年和 2013 年迟后较多, 其中较 2013 年延迟达 12 d。这应该与年度间温度的差异有关, 因为温度是影响柑橘大实蝇蛹发育进度的主要因素, 而与湿度无显著关系^[5]。柑橘大实蝇蛹的发育起点温度为 $10.57\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[9], 2010 年、2011 年、2012 年和 2013 年的 3—4 月, 平均温度分别为 13.71、15.05、14.48、16.17 $^{\circ}\text{C}$, 温度低的年份, 羽化期相对延迟, 2010 年温度相对较低从而羽化期相对延迟最多。

柑橘大实蝇成虫诱集动态显示, 成虫诱集期随

年份不同也有所不同。但与室内常温保蛹条件下成虫羽化期之间存在相对稳定的间隔期。以湖北宜都为例, 室内常温保蛹条件下成虫羽化的始盛日、高峰日和盛末日与橘园内成虫诱集的相应时期间隔分别为 (15 ± 1.35) d、 (18.5 ± 1.32) d、 (22.5 ± 1.55) d。2010 年湖北宜都植保站埋蛹监测柑橘大实蝇, 5 月 11 日始见羽化虫, 持续至 5 月 26 日, 其后未见羽化虫。羽化盛期为 5 月 15 日至 5 月 18 日。田间诱器是从 5 月 11 日开始设置的, 每 3 d 查看 1 次, 至 5 月 29 日诱器内才开始现虫。诱集现虫与羽化现虫间隔 14 d, 与本结果吻合。

笔者通过研究柑橘大实蝇橘园内诱集较常温羽化的滞后程度与环境因素的相关性, 得到柑橘大实蝇成虫常温保蛹下的羽化盛期与橘园内成虫诱集盛期之间的间隔期, 与温度、湿度和降雨量均无相关关系。柑橘大实蝇成虫羽化后, 可能需经过一系列生理变化如生殖系统发育到某阶段后, 才能对特定的诱杀剂产生趋性反应, 而这些内在的生理变化过程

受温湿度等环境因素的影响不大。

以室外网室饲养蛹的方法观察羽化,由于受湿度、生物天敌(蚂蚁和霉菌等)的影响,蛹的死亡率偏高^[20]。常温保蛹下观察羽化,既消除了利用成虫诱集法直接推测诱集高峰期而产生的迟滞性,又能在保证羽化率的基础上获得成虫羽化动态,使得利用羽化来监测成虫诱集动态的工作更为简便和准确,从而提高柑橘大实蝇成虫诱杀防治适期的精准性。

所以,以柑橘大实蝇成虫常温保蛹下的羽化期为基础,预测橘园内成虫诱集高峰具有可行性。如需对某地柑橘大实蝇橘园诱集适期进行预测,可在当地采用常温保蛹法获得成虫羽化动态,利用当地羽化盛期与近年诱集盛期的间隔期,预测当地橘园成虫的诱集盛期,进而指导对柑橘大实蝇的诱杀防治工作。

参考文献 References:

- [1] 陈世骧,谢蕴贞. 关于桔大实蝇的学名及其种征[J]. 昆虫学报, 1955, 5(1): 123-126.
CHEN Shixiang, XIE Yunzhen. Taxonomic notes on the Chinese citrus fly, *Tetradacus citri*[J]. Acta Entomologica Sinica, 1955, 5(1): 123-126.
- [2] 王小蕾,张润杰. 桔大实蝇生物学,生态学及其防治研究概述[J]. 环境昆虫学报, 2009, 31(1): 73-79.
WANG Xiaolei, ZHANG Runjie. Review on biology, ecology and control of *Bactrocera*(*Tetradacus*) *minax* Enderlein[J]. Journal of Environmental Entomology, 2009, 31(1): 73-79.
- [3] 肖桂章,黄大树,杨佑安,裴艳. 柑橘大实蝇传入新区后的发生规律及防控方法探讨[J]. 中国植保导刊, 2007, 27(2): 22-24.
XIAO Guizhang, HUANG Dashu, YANG You'an, PEI Yan. Occurrence and control methods of citrus fruit fly into the new area[J]. China Plant Protection, 2007, 27(2): 22-24.
- [4] 王志静,蒋迎春,吴黎明,全铸,许淼,陈建军. 柑橘大实蝇越冬蛹羽化初期观察及诱杀防治的试验[J]. 湖北植保, 2010(6): 12.
WANG Zhijing, JIANG Yingchun, WU Liming, TONG Zhu, XU Miao, CHEN Jianjun. Observation on the overwintering emerging and early stage feathering of citrus fruit flies[J]. Hubei Plant Protection, 2010(6): 12.
- [5] 吴志清. 桔大实蝇的生活习性观察初报[J]. 昆虫知识, 1958, 5(5): 216-217.
WU Zhiqing. Preliminary report on observation of living habits of *Bactrocera minax*[J]. Chinese Bulletin of Entomology, 1958, 5(5): 216-217.
- [6] 汪兴鉴,罗禄怡. 桔大实蝇的研究进展[J]. 昆虫知识, 1995, 32(5): 310-311.
WANG Xingjian, LUO Luyi. Research progress on *Bactrocera minax*[J]. Chinese Bulletin of Entomology, 1995, 32(5): 310-311.
- [7] 王志强,黄聪,王福莲,李传仁,王小娇. 柑桔大实蝇局部防治失利的原因及防治技术[J]. 中国南方果树, 2012, 41(4): 47-49.
WANG Zhiqiang, HUANG Cong, WANG Fulian, LI Chuanren, WANG Xiaoqiao. Reasons and prevention techniques of partial prevention and control of *Bactrocera minax*[J]. South China Fruits, 2012, 41(4): 47-49.
- [8] 张胜亚. 柑桔大实蝇危害上升原因及防治策略[J]. 现代农业科技, 2008(19): 181-182.
ZHANG Shengya. Causes of damage increase and control strategies of *Bactrocera minax*[J]. Modern Agricultural Sciences and Technology, 2008(19): 181-182.
- [9] PAPADOPOULOS N T, KATSOYANNOS B I, KOULOSSIS N A, HENDRICHIS J, CAREY J R, HEATH R R. Early detection and population monitoring of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in a mixed-fruit orchard in northern Greece [J]. Journal of Economic Entomology, 2001, 94(4): 971-978.
- [10] 李鸿筠,刘浩强,姚廷山,胡军华,冉春,雷慧德,黄良炉,张萍. 橘小实蝇发生期及发生量预测模型研究[J]. 果树学报, 2010, 27(2): 275-280.
LI Hongyun, LIU Haoqiang, YAO Tingshan, HU Junhua, RAN Chun, LEI Huide, HUANG Lianglu, ZHANG Ping. Study on prediction mathematical model of occurrence quantity and period for oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) [J]. Journal of Fruit Science, 2010, 27(2): 275-280.
- [11] 武可明,赵志模,何林,宫庆涛,唐松. 柑桔大实蝇的发生及综合防治[J]. 中国南方果树, 2011, 40(5): 73-75.
WU Keming, ZHAO Zhimo, HE Lin, GONG Qingtao, TANG Song. Occurrence and integrated control of citrus fruit fly[J]. South China Fruits, 2011, 40(5): 73-75.
- [12] ZHOU X W, NIU C Y, HAN P, DESNEUX N. Field evaluation of attractive lures for the fruit fly *Bactrocera minax* (Diptera: Tephritidae) and their potential use in spot sprays in Hubei province (China) [J]. Journal of Economic Entomology, 2012, 105(4): 1277-1284.
- [13] LIU H, JIANG G, ZHANG Y, CHEN F, LI X, YUE J, RAN C, ZHAO Z. Effect of six insecticides on three populations of *Bactrocera* (*tetradacus*) *minax* (Diptera: Tephritidae) [J]. Current Pharmaceutical Biotechnology, 2015, 16(1): 77-83.
- [14] 宫庆涛,武可明,唐松,何林,赵志模. 柑橘大实蝇羽化出土及橘园成虫诱集动态研究[J]. 生物安全学报, 2012, 21(2): 153-158.
GONG Qingtao, WU Keming, TANG Song, HE Lin, ZHAO Zhimo. Emergence dynamics of adults of the Chinese citrus fly *Bactrocera minax*[J]. Journal of Biosafety, 2012, 21(2): 153-158.
- [15] 唐松,宫庆涛,豆威,王进军,赵志模. 温度,土壤含水量和埋蛹深度对柑橘大实蝇羽化的影响[J]. 植物保护学报, 2012, 39(2): 137-141.
TANG Song, GONG Qingtao, DOU Wei, WANG Jinjun, ZHAO Zhimo. Effects of temperature, soil humidity and depth of buried pupae on adult emergence of *Bactrocera minax*[J]. Journal of Plant Protection, 2012, 39(2): 137-141.
- [16] 句荣辉,沈佐锐. 昆虫种群动态模拟模型[J]. 生态学报, 2005, 25(10): 2709-2716.
JU Ronghui, SHEN Zuorui. Review on insect population dynamics simulation models[J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(10): 2709-2716.
- [17] 张国安,赵慧燕. 昆虫生态学与害虫预测预报[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 189-191.
ZHANG Guo'an, ZHAO Huiyan. Insect ecology and pest prediction[M]. Beijing: Science Press, 2012: 189-191.
- [18] 董江水. 应用 SPSS 软件拟合 Logistic 曲线研究[J]. 金陵科技学院学报, 2007, 23(1): 21-24.
DONG Jiangshui. Study on fitting logistic curve with SPSS Software[J]. Journal of Jinling Institute of Technology, 2007, 23(1): 21-24.
- [19] 罗禄怡,陈长风. 柑桔大实蝇蛹的生物学特性[J]. 中国柑桔, 1987, 4(3): 9-10.
LUO Luyi, CHEN Changfeng. Biological characteristics of pupa on *Bactrocera minax*[J]. Chinese Citrus, 1987, 4(3): 9-10.
- [20] 赵毓潮,郭士占,张植敏. 柑桔大实蝇成虫羽化期和越冬蛹死亡率的观察[J]. 植物检疫, 2002, 16(6): 339-340.
ZHAO Yuchao, GUO Shizhan, ZHANG Zhimin. Observation on the erosion period and overwintering mortality of pupa on *Bactrocera minax*[J]. Plant Quarantine, 2002, 16(6): 339-340.