

兴义桔小实蝇发生动态及影响因子研究

王涛^{1,2}, 任艳玲³, 王珂佳³, 杨茂发^{1*}, 张润志^{4*}

(¹贵州大学 昆虫研究所/贵州山地农业病虫害重点实验室, 贵阳 550025; ²贵州出入境检验检疫局, 贵阳 550000; ³贵州轻工职业技术学院, 贵阳 540000; ⁴中国科学院 动物研究所/动物进化与系统学重点实验室, 北京 100101)

摘要:【目的】揭示兴义桔小实蝇种群动态及与影响因素间的关系,了解其在特定区域内的发生、发展规律,为桔小实蝇的监测和防控提供科学指导。【方法】2012~2013年,在贵州兴义混合果园采用桔小实蝇专用雄性外激素进行全年诱捕,对当地桔小实蝇种群动态进行监测,并就寄主植物、主要气候因子对种群变动的影响进行综合分析。【结果】桔小实蝇在兴义常年发生,年度间无差异($F=0.013$, $P=0.911$);1~4月桔小实蝇种群数量较低,5月开始迅速上升,于7~9月形成种群高峰,最高的2013年9月平均每个诱捕器诱捕到1861头,10月种群数量迅速下降,至年底仍能稳定诱捕到桔小实蝇。结合生物统计软件综合分析表明,温度、降雨、平均水汽压和寄主植物是影响桔小实蝇种群变动的主要因素。【结论】桔小实蝇种群在兴义的年度变动受寄主植物和温度、降雨、平均水汽压等环境因素的影响,各影响因素的作用方式、强度、影响方面和主要时间不同,各因素间也相互影响,这些作用和影响形成综合效应,共同塑造、形成了兴义桔小实蝇种群变动的基本模式。每年7~9月是兴义桔小实蝇自然种群数量最大的时期,生产上应密切关注此时的种群动态,并根据其危害情况及时采取必要的防治措施。

关键词: 桔小实蝇; 诱捕; 种群动态; 气象因子; 寄主植物; 兴义

中图分类号: S433.3

文献标志码: A

文章编号: 2095-1191(2015)05-0806-07

Occurrence dynamics and influencing factor of *Bactrocera dorsalis* in Xingyi city, Guizhou province

WANG Tao^{1,2}, REN Yan-ling³, WANG Ke-jia³, YANG Mao-fa^{1*}, ZHANG Run-zhi^{4*}

(¹Institute of Entomology, Guiyang 550025, China/Guizhou Key Laboratory for Agricultural Pest Management of Mountainous Region, Guizhou University; ²Guizhou Exit and Entry Inspection and Quarantine Bureau, Guiyang 550000, China; ³Guizhou Light Industrial Vocational College, Guiyang 540000, China; ⁴Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences/Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Beijing 100101, China)

Abstract:【Objective】The present experiment was conducted to investigate relation between population dynamics and effective factors of *Bactrocera dorsalis*(Hende1) in Xingyi city, in order to understand the law of occurrence and development and provide scientific guidance for monitoring and controlling it.【Methods】using *B. dorsalis* as materials, they were trapped with special male pheromone (methyl eugenol) in mixed orchard of Xingyi, Guizhou province during 2012-2013. The population dynamics was monitored and its effects of host-plants and main meteorological factors were analyzed comprehensively.【Result】*B. dorsalis* occurred perennially in Xingyi city, and there was no difference between different years ($F=0.013$, $P=0.911$). The population quantity of *B. dorsalis* trapped was relatively lower during January-April, presented a tendency of straight climb in May, reached the peak (1816 in September 2013) during July-September, decreased in October, and remained stable at the end of the year. The software analysis showed that the temperature, rainfall and host plant had proven to be the main influences on the population dynamic of *B. dorsalis*.【Conclusion】The population dynamic of *B. dorsalis* is influenced by the host plants, temperature, rainfall and average vapor pressure, etc. While all influence factors are different in mode, strength, effect and main time, influence each other, and form comprehensive effects and basic mode of population dynamic of *B. dorsalis* (Hende1) in Xingyi city. The fastigium of population quantity is from July to September each year. Therefore, during this period, the population dynamic should be seriously concerned to take preventive measures based on damage situation.

Key words: *B. dorsalis*(Hende1); trap; population dynamics; meteorological factor; host plant; Xingyi city

收稿日期: 2015-02-10

基金项目: 贵州省科学技术基金项目(黔科合J字[2013]2149号); 国家质检总局重点科研项目(2014IK022)

作者简介: *为通讯作者 张润志(1965-), 研究员, 博士生导师, 主要从事外来入侵昆虫鉴定、预警与综合治理技术研究工作, E-mail: zhangrz@ioz.ac.cn; 杨茂发(1968-), 教授, 博士生导师, 主要从事主要农作物及林业害虫综合治理研究工作, E-mail: yangmaofa@sohu.com; 王涛(1981-), 主要从事入侵有害生物及其防控研究工作, E-mail: 745498931@qq.com

0 引言

【研究意义】桔小实蝇是双翅目(Diptera)实蝇科(Tephritidae)寡鬃实蝇亚科(Dacinae)寡鬃实蝇族(Dacini)果实蝇属(*Bactrocera*)最重要的检疫性有害生物之一,我国大陆习惯上称为橘(柑)桔小实蝇、橘(柑)桔小寡鬃实蝇等。桔小实蝇于1911年首次在我国台湾的柑桔作物上被发现,目前已广泛分布于亚洲、大洋洲、南美洲、北美洲和非洲的多个国家和地区(Nakagawa et al., 1968; Clarke et al., 2005; Aketara-wong et al., 2007)。传统上认为桔小实蝇在我国主要分布于北纬25°以南的南方局部地区(范京安, 1998; 侯柏华和张润杰, 2005),但近年来无论是适生性分析还是实地调查,此区域内、外均不断有桔小实蝇被发现(周国梁等, 2006; 李伟丰等, 2008; 林明光等, 2013; 王涛等, 2015)。为适应被危害地生态环境,桔小实蝇在各地的发生规律不尽相同。因此,掌握不同生境下桔小实蝇种群动态及其影响因子,对防控桔小实蝇的地方性流行具有重要意义。【前人研究进展】为全面掌握不同生境下桔小实蝇种群发生、发展的基本规律,许多研究团队对其种群动态及影响因子进行研究,并取得了一定成绩。叶辉团队分别对云南省元江干热河谷、瑞丽和六库等地的桔小实蝇成虫种群数量变动及其影响因子进行分析(刘建宏和叶辉, 2005; 陈鹏等, 2006; 陈鹏和叶辉, 2007),找出了影响桔小实蝇在当地发生、发展的主要因素。吕欣等(2008)在广东省广州市对桔小实蝇进行全年种群动态监测,证实桔小实蝇可在广州全年发生,每年6~9月是发生盛期,月平均降雨量是影响广州桔小实蝇种群变动的关键因子。朱春刚等(2008)在上海园林绿地进行桔小实蝇种群动态监测,找出了与桔小实蝇发生密切相关的影响因子。【本研究切入点】兴义位于贵州省西南部,地处黔、滇、桂三省区结合部中心地带,跨地区甚至跨境水果蔬菜调运极为频繁,当地夏无酷暑,冬无严寒,雨量充沛,日照长,亚热带及温带植物均能生长,农作物品种达530余类,是贵州乃至我国西南地区重要的果蔬生产基地。近年来,随着兴义果蔬种植面积的进一步扩大及优良果蔬种子苗木引入的不断增加,当地桔小实蝇危害也日趋严重,但目前尚未见兴义桔小实蝇发生动态及影响因子的相关报道。【拟解决的关键问题】2012~2013年在兴义选择典型果园设置监测点,采用桔小实蝇专用雄性外激素进行诱捕,以掌握桔小实蝇在兴义的全年种群动态,揭示桔小实蝇数量变动与影响因素间的关系,为兴义当地桔小实蝇的监测和防控提供科学指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料

桔小实蝇诱集剂采用桔小实蝇专用雄性外激素诱剂甲基丁香酚(Methyl eugenol,简称Me,英国International Pheromone Systems Limited生产)与45%马拉硫磷(河北省衡水北方农药化工有限公司)按照体积比90:1混合滴加到Steiner诱捕器中的脱脂棉芯上诱集桔小实蝇雄成虫。

1.2 试验方法

供试果园为坪东果园(东经104°51',北纬25°7'),种植的作物以柑桔为主,杂有大量的桃、李、杨梅、梨、枇杷等果树和茄子、辣椒、西葫芦等蔬菜,基本代表了当地主要的果蔬种类。调查取样期间悬挂诱捕器的果树及周边100 m²未采用化学防治。诱剂初次用量为3~4 mL,按照棉芯的湿润程度,每15~30 d加1次诱剂,每次2 mL,棉芯使用2个月后更新。果园内设置3个诱捕器,将诱捕器编号后挂在光线通透、空气流通和非阳光暴晒处,放置高度距地面1.5 m左右,诱捕器之间相距50 m以上。每7 d收集记录诱捕器内的实蝇一次,并清理诱捕器。将诱捕器内的实蝇带回实验室逐一鉴定,记录桔小实蝇数量。

1.3 数据来源及分析

气象资料取自中国气象数据共享网,主要包括平均气温(x_1)、平均最低气温(x_2)、平均最高气温(x_3)、极端最低气温(x_4)、极端最高气温(x_5)、降雨量(x_6)、最大日降雨量(x_7)、日降雨量 ≥ 0.1 mm日数(x_8)、平均风速(x_9)、最大风速(x_{10})、日照百分率(x_{11})、日照时数(x_{12})、平均水汽压(x_{13})、平均本站气压(x_{14})、极端最低气温(x_{15})、极端最高气温(x_{16})和平均相对湿度(x_{17})等17个气候因子。

先将同月气象因子进行主成分分析,然后再将主要气象因子与监测地各月桔小实蝇雄成虫数量(y)进行相关分析、聚类分析。数据分析采用SPSS 19.0 统计分析软件。

2 结果与分析

2.1 兴义桔小实蝇雄成虫种群年变动

鉴于桔小实蝇成虫雌雄性比接近1:1(和万忠等, 2002),因而雄成虫诱捕量可作为桔小实蝇成虫种群数量的估计参数,以下对桔小实蝇种群数量描述均指雄成虫数量。

2012~2013年兴义桔小实蝇雄成虫诱捕量年变动如图1所示(图中所示的诱捕量为3个诱捕器诱捕量的平均值,下同)。由图1可知,兴义混合果园桔小实蝇成

虫种群变动在所调查的两年中基本一致,年度间无差异($F=0.013, P=0.911$)。在研究的两年中,总体上桔小实蝇在本地全年或大部分月份发生,夏季和秋季种群数量较大,春季和冬季种群数量较少,全年种群消长属单峰型。

2012年1月能诱捕到少量桔小实蝇成虫,2月末诱捕到桔小实蝇成虫,2013年同期虽然诱捕到桔小实蝇成虫,但数量极少,平均每个诱捕器仅诱捕到1头,说明该时期没有桔小实蝇成虫活动或桔小实蝇成虫活动量极少;从3月起,监测地能够稳定地诱捕到桔小实蝇,但数量较少,到5月诱捕数量开始明显增长,但仍维持在较低水平,说明此时桔小实蝇虽然开始出现,但种群数量很少,或种群不太活跃。如2012年3、4和5月平均每月每个诱捕器仅分别诱捕到3、8和21头桔小实蝇,2013年诱捕数量类似,分别只有6、9和19头;从6月开始诱捕到的桔小实蝇数量迅速上升,表明此时桔小实蝇种群数量较大,且个体开始活跃,7月诱捕量比6月明显增加,到8月继续增加至最高峰,9月仍然维持在接近诱捕最高峰的水平,10月桔小实蝇种群数量开始明显下降,但仍保持在100头以上的诱捕量,2012年6、7、8、9和10月平均每个诱捕器能诱捕到105、990、1839、1452和420头,2013年情况与2012年类似,同期桔小实蝇诱捕量分别为129、572、1627、1861和385头,表明每年的7~9月是桔小实蝇盛发和危害的主要时期,2012、2013年7~9月的诱捕量分别占全年的75.0%和86.1%;从10月开始,桔小实蝇种群数量迅速下降,11和12月种群数量均在较低水平,2012年11、12月平均每个诱捕器能诱捕到219和18头桔小实蝇,2013年仅分别诱捕到99和6头。

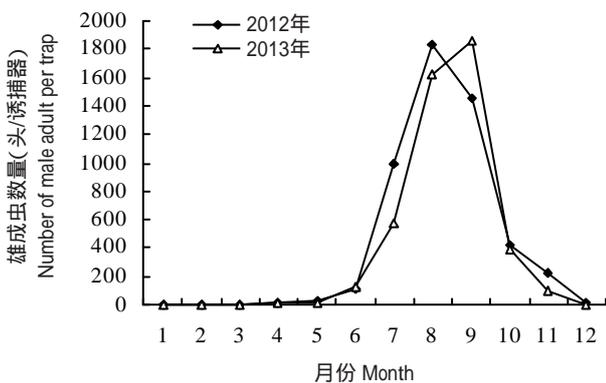


图 1 2012~2013年兴义桔小实蝇的种群动态
Fig.1 Population dynamics of *B. dorsalis* in Xingyi city during 2012-2013

2.2 寄主对兴义桔小实蝇种群动态的影响

坪东果园作为兴义重要的果蔬生产基地,种植的植物涉及到桔小实蝇的寄主水果有猕猴桃、梨、枇杷、柑桔、番石榴、桃、杨梅等,蔬菜有苦瓜、佛手瓜、黄瓜、

辣椒、丝瓜、西红柿等,附近还有桔山等水果、蔬菜基地及设施农业种植基地。这些寄主作物在不同时间成熟,为桔小实蝇提供了丰富的食物资源,即使桔小实蝇周年发生,也能提供一个连续食谱,支持桔小实蝇全年稳定发生。虽然寄主提供了桔小实蝇发生必备的物质基础,但各月尤其是部分月份成熟果蔬种类类似,但桔小实蝇种群数量差距较大,表明寄主只是兴义桔小实蝇种群发生的重要因素,而不是制约因素。

2.3 影响兴义桔小实蝇成虫种群变动的气象因子分析

2.3.1 主成分分析 本研究收集的气象数据较多,为了对真正影响桔小实蝇种群变动的影响因子进行研究,因此将收集的气象因子进行主成分分析。由于桔小实蝇种群数量的月变化在各监测年度间无统计差异,以2012年为例,将各月气象因子(x_i)进行主成分分析(表1)。第1个主成分的特征根为8.484,方差贡献率为49.903%,代表了全部性状信息的49.903%,是最重要的主成分,第2个主成分的特征根为5.123,方差贡献率为30.134%,累计代表了全部性状信息的80.037%;第3个主成分的特征根为2.093,方差贡献率为12.309%,累计代表了全部性状信息的92.346%,其他主成分的贡献率之和不到8.000%,明显较小。前3个主成分的累积方差贡献率超过92.000%,表明前3个主成分已经把影响兴义桔小实蝇种群数量变动的气象因子92.000%以上的信息反映出来,因而可以提取前3个主成分的气象因子来分析其对兴义桔小实蝇种群变动的影响。

表 1 兴义气象因子主成分分析
Tab.1 Principal component analysis of climate factor in Xingyi city

主成分 Principal component	特征值 Eigenvalue	贡献率(%) Contribution rate	累计贡献率(%) Accumulative contribution rate
y_1	8.484	49.903	49.903
y_2	5.123	30.134	80.037
y_3	2.093	12.309	92.346
y_4	0.544	3.202	95.548
y_5	0.353	2.075	97.623
y_6	0.177	1.039	98.662
y_7	0.137	0.809	99.471
y_8	0.04	0.238	99.708
y_9	0.028	0.163	99.871
y_{10}	0.017	0.102	99.973
y_{11}	0.005	0.027	100.000

从表2可以看出,在第1主成分中,反映温度的指标平均气温(x_1)、平均最低气温(x_2)、平均最高气温(x_3)、极端最低气温(x_4)、平均水汽压(x_{13})等性状具有较大的正系数值,表明第1主成分主要反映了影响兴义桔小实蝇种群数量变动的气象因子中气温的特性,因此第1主成分值可视为气温指标;第2主成分中,日

降雨量 ≥ 0.1 mm日数(x_8)、月平均相对湿度(x_{17})的系数值较大,故第2主成分可视为降水指标,第3主成分中,极端最低气温(x_{15})的系数值较大,故第3主成分可视为气压指标。

表 2 兴义年气象因子主成分荷载

Tab.2 Principal component load of yearly climate factor in Xingyi city

年气象因子 Yearly climate factor	第1主成分 The first principal component	第2主成分 The second principal component	第3主成分 The third principal component
x_1	0.972	-0.063	0.196
x_2	0.969	0.068	0.212
x_3	0.960	-0.182	0.182
x_4	0.931	0.318	0.134
x_5	0.803	-0.388	0.009
x_6	0.698	0.609	-0.252
x_7	0.740	0.579	-0.113
x_8	-0.069	0.866	-0.411
x_9	-0.016	-0.835	-0.351
x_{10}	0.164	-0.775	-0.419
x_{11}	0.619	-0.695	0.255
x_{12}	0.716	-0.621	0.171
x_{13}	0.893	0.393	0.188
x_{14}	-0.765	-0.049	0.631
x_{15}	-0.147	0.346	0.894
x_{16}	-0.820	-0.427	0.294
x_{17}	-0.356	0.865	0.007

2.3.2 相关分析 挑选主成分分析中主成分的各月气象因子变量,将其与监测地各月桔小实蝇雄成虫数量一起进行相关分析。取2013年各月桔小实蝇雄成虫诱捕量(y)与其同月气象因子(x_i)进行相关分析,结果(表3)表明,桔小实蝇种群数量的月变化与极端最低气温(x_4)、平均水汽压(x_{13})相关性显著。

2.3.3 聚类分析 将2013年各月桔小实蝇雄成虫诱捕量(y)与对种群动态影响较大的气象因子即平均气温(x_1)、平均最低气温(x_2)、平均最高气温(x_3)、极端最

低气温(x_4)、月降雨量(x_6)、日降雨量 ≥ 0.1 mm日数(x_8)、日照百分率(x_{11})、日照时数(x_{12})、平均水汽压(x_{13})、极端最低气温(x_{15})和月平均相对湿度(x_{17})等11个气象因子进行聚类分析,结果见图2。由图2可知,12个因子聚成7类,平均气温(x_1)、平均最低气温(x_2)、平均最高气温(x_3)先聚在一起,表明三者联系最紧密;极端最低气温(x_4)和平均水汽压(x_{13})聚在一起;日照百分率(x_{11})和日照时数(x_{12})聚在一起;日降雨量 ≥ 0.1 mm日数(x_8)和月平均相对湿度(x_{17})聚在一起; x_6 、 x_{15} 和 y 单独存在,之后7小组先聚成两大类群后再聚在一起,因为 x_8 、 x_{17} 组和 x_{15} 聚成一个大类群,所以日降雨量 ≥ 0.1 mm日数(x_8)、极端最低气温(x_{15})和月平均相对湿度(x_{17})联系应比其他因素更紧密;其余部分聚成另外一个类群。因为平均气温(x_1)、平均最低气温(x_2)、平均最高气温(x_3)、极端最低气温(x_4)、降雨量(x_6)、平均水汽压(x_{13})等先与桔小实蝇雄成虫诱捕量组聚在一起,所以其对种群的影响比其他气象因素更直接,这也与相关性分析、主成分分析的结果相近。

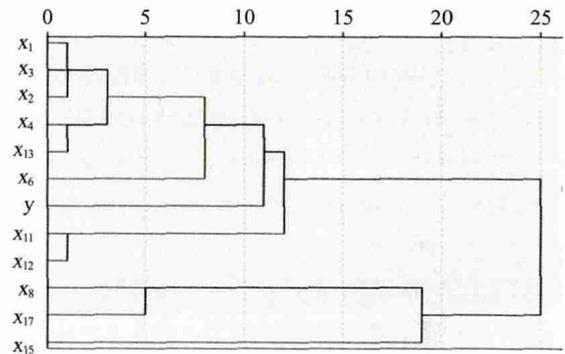


图 2 各因子聚类分析结果
Fig.2 Clustering analysis of influencing factor

表 3 兴义桔小实蝇种群数量变化与气象因子的相关关系

Tab.3 Relationship between population quantity change of *B. dorsalis* and climatic factor in Xingyi city

相关系数 Correlation coefficient	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	x_{11}	x_{12}	x_{13}	x_{14}	x_{15}	x_{16}	x_{17}	y
x_2	0.991**																	
x_3	0.991**	0.965**																
x_4	0.911**	0.953**	0.858**															
x_5	0.816**	0.757**	0.870**	0.628*														
x_6	0.591*	0.663*	0.514	0.784**	0.292													
x_7	0.643*	0.720**	0.564	0.851**	0.302	0.938**												
x_8	-0.201	-0.089	-0.304	0.181	-0.418	0.534	0.492											
x_9	-0.028	-0.132	0.069	-0.323	0.230	-0.402	-0.367	-0.535										
x_{10}	0.088	-0.013	0.189	-0.132	0.406	-0.312	-0.262	-0.450	0.769**									
x_{11}	0.674*	0.590*	0.742**	0.394	0.681*	-0.056	0.065	-0.734**	0.495	0.607*								
x_{12}	0.752**	0.676*	0.807**	0.501	0.722**	0.068	0.175	-0.628*	0.456	0.601*	0.986**							
x_{13}	0.875**	0.928**	0.813**	0.988**	0.550	0.805**	0.866**	0.222	-0.410	-0.198	0.346	0.450						
x_{14}	-0.617*	-0.609*	-0.613*	-0.632*	-0.597*	-0.743**	-0.655*	-0.221	-0.140	-0.329	-0.272	-0.401	-0.578*					
x_{15}	-0.004	0.062	-0.057	0.098	-0.275	-0.123	0.039	-0.024	-0.537	-0.593*	-0.071	-0.139	0.187	0.678*				
x_{16}	-0.708*	-0.758**	-0.647*	-0.872**	-0.475	-0.853**	-0.865**	-0.459	0.288	0.022	-0.157	-0.298	-0.852**	0.824**	0.226			
x_{17}	-0.430	-0.310	-0.523	-0.040	-0.644*	0.239	0.255	0.804**	-0.720**	-0.591*	-0.756**	-0.732**	0.051	0.248	0.414	-0.115		
y	0.527	0.568	0.477	0.650*	0.233	0.311	0.480	0.108	-0.511	-0.128	0.303	0.356	0.681*	-0.099	0.420	-0.470	0.155	

*和**分别表示达到5%和1%的显著水平

* and ** represented significant levels of 5% and 1%, respectively

3 讨论

3.1 温度对兴义桔小实蝇种群的影响

兴义地处盆地,年温差较小,年平均温度 $16\sim 18\text{ }^{\circ}\text{C}$,气温变化处于桔小实蝇生长发育所需范围内,适于桔小实蝇生长发育,也是桔小实蝇能在兴义大部分时间甚至全年发生的基础。在温度最低的12月~次年2月,兴义的月平均温度分别只有 8.9 、 6.5 和 $9.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,低于桔小实蝇生长发育的起点温度,这3个月月均最低温分别为 5.8 、 4.3 和 $6.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,特别是在气温最低的1、2月,可能会出现较低的绝对最低气温,如1961年1月17日曾出现 $-4.9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低温,如果这种低温长时间存在,对桔小实蝇的发生、发展将产生强烈的抑制作用,可能是12月~次年2月桔小实蝇种群处于较低水平,甚至无法诱捕到的主要原因,但由于这3个月的月均最高温度曾分别达到 12.6 、 11.0 和 $14.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,均高于桔小实蝇种群发育起点温度,所以在大部分年份均能诱捕到桔小实蝇。由于兴义高温天气不多,绝对高温也不高,因此对桔小实蝇种群产生最大威胁的是极端最低气温及其持续时间。

以2012和2013年桔小实蝇的诱捕情况具体进行讨论。2012年1和2月的平均温度和平均最高气温分别只有 4.8 、 7.1 和 7.3 、 $11.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,均低于或略高于桔小实蝇生长发育所需的起点温度,所以1月平均每个诱捕器仅诱捕到1头桔小实蝇,2月温度虽略高于1月,但未诱捕到桔小实蝇;1月诱捕到桔小实蝇可能是上年12月的越冬种群。3月的平均温度 $13.4\text{ }^{\circ}\text{C}$,平均最高气温 $19.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,极端最高气温达 $29.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,已经处于桔小实蝇生长发育的最适温度,此时开始诱捕到桔小实蝇,但数量较少,平均每个诱捕器每月仅3头,此时的桔小实蝇可能多来自于从设施农业中逃逸,或在相对高温时间段从水果或蔬菜中携带、或越冬的蛹孵化产生。4和5月诱捕到的桔小实蝇数量持续增加,但数量绝对值仍然不大,平均每月每个诱捕器仅分别诱捕到8和21头,这两个月的平均温度、平均最低气温分别为 21.0 、 21.4 和 16.0 、 $18.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,均是或接近桔小实蝇生长发育所需的最适温度,4、5月的平均最低气温为 6.5 和 $14.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,前者接近、后者超过桔小实蝇生长发育所需的最低气温,而且4月出现了 $34.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的极端最高气温,也是2012年全年第2高的月极端最高气温,仅比最高气温低 $1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,因此这两个月的桔小实蝇大部分可能是田间越冬的蛹孵化而来,6月诱捕的桔小实蝇数量继续上升,达到105头,7月则迅速升至990头,8月达到全年诱捕高峰(1839头),9月则保持在相近的1452头,6~9月,平均气温、平均最低气温、平均最高气温和极端最高气温均在桔小实蝇生长发育的适温区,6月与其他3个

月诱捕量差距较大,可能与6月前田间桔小实蝇种群基数较低有关,也可能与其他气候因子、寄主食物等因素有一定关系;10、11、12月诱捕量迅速下降,分别只有420、219和18头,10月诱捕量迅速下降,可能与极端最低气温只有 $9.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,低于桔小实蝇生长发育所需的起点温度有关,11和12月的平均最低气温和极端最低气温均接近或低于桔小实蝇生长发育所需的起点温度,分别只有 11.5 、 6.7 和 6.7 、 $-0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$,但两个月的平均最高气温分别为 19.5 和 $13.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,在桔小实蝇生长发育所需的温度范围内,所以有一定的诱捕量,由于10月有较大的种群基数,11月温度又高于12月,所以11月诱捕量大于12月。2013年的诱捕情况整体上与2012年类似,但由于该年度2月平均气温、平均最低气温、平均最高气温和极端最高气温均高于2012年,特别是平均温度、平均最高气温达 13.1 和 $19.6\text{ }^{\circ}\text{C}$,超过桔小实蝇生长发育所需的最低温度,因此2013年2月也诱捕到桔小实蝇,但数量较少,每个诱捕器仅有1头。

2012年4~8月、2013年5~9月间气温范围比较相似,各月桔小实蝇种群数量差异较大,并分别只在8、9月形成种群数量高峰,证明除气温外,在此期间其他环境因子也影响兴义桔小实蝇种群数量变化。

3.2 降水和平均水汽压对兴义桔小实蝇种群的影响

本研究中平均水汽压与桔小实蝇诱捕量联系较紧密,平均水汽压与温度、湿度、降雨、植被气压和海拔等均有关,各因素共同作用形成水汽压的值,但对其影响最明显的是温度与降雨。因此,着重对平均水汽压和降水与桔小实蝇诱捕量的关系进行探讨。

将兴义各月平均水汽压与桔小实蝇雄成虫逐月诱捕量加以比较(图3),发现兴义各月平均水汽压与种群数量虽无直接对应关系,但两者间变化明显存在一定的关联。2012年各月平均水汽压可明显分为3个阶段:1、2、12月为一个阶段,各月平均水汽压分别为 82 、 97 和 94 Pa ,均低于 100 Pa ,此时气温较低、降雨较少,桔小实蝇雄虫的诱捕量也少;3、4、11月为一个阶段,各月平均水汽压分别为 103 、 125 和 133 Pa ,均低于 133 Pa ,此期平均气温、降雨量趋势较上一阶段有所增长,此时桔小实蝇雄虫的诱捕量处于快速增长或下降区;5、6、7、8、9、10月为一个阶段,各月平均水汽压分别为 181 、 211 、 235 、 219 、 189 和 175 Pa ,均大于 175 Pa ,桔小实蝇成虫诱捕量也在此阶段达全年最大值。2013年情况与之类似。

降雨量直接影响土壤湿度、月平均相对湿度和平均水汽压等要素,进而影响成虫交配、雌虫产卵、土壤中幼虫化蛹及蛹的羽化等。将兴义桔小实蝇雄成虫逐月诱捕量与各月降雨量进行比较,发现两者间存在一

定关联。兴义市虽然全年雨量较充沛,但降雨的季节分配差异明显,因而形成“雨季”和“旱季”。2012、2013年两年的雨季和旱季变化趋势基本一致,每年10~次年4月为旱季,5~9月为雨季,2012年雨季5个月降雨量占全年的84.81%,旱季7个月则仅占15.19%,前者是后者的近6倍,降雨量最大的6月是最少的4月的85倍;2013年雨季和旱季的降雨量分别为78.96%和27.1%,降雨量最大的7月是最少的2月的49倍,桔小实蝇种群发生规律也与之呼应,处于旱季中间的2月不能诱捕到桔小实蝇或诱捕到的数量极少,3、4月诱捕量也较

少,到5月降雨量急剧增长。2012和2013年5月降雨量分别是4月和当年降雨最少月份的34、34倍和3、22倍,当月桔小实蝇种群数量急剧增长,分别大于前4个月诱捕量之和,但由于基数较少,因而远低于雨季其他月的诱捕量,6和7月仍然迅速增长,至7月达较高水平,2012年8月诱捕量最高,9月仍然保持在较高水平,2013年9月诱捕量最高。总体上,桔小实蝇诱捕高峰与雨季相吻合,2013年降雨最高峰比2012年晚1个月,诱捕高峰也比2012年晚1个月,是否有必然联系有待进一步研究确认。

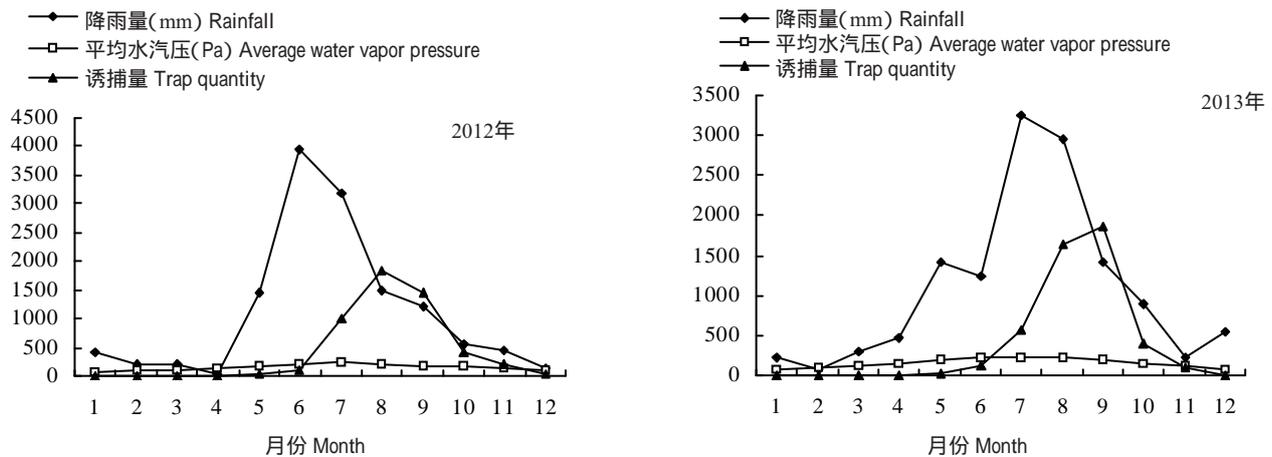


图3 2012~2013年兴义月平均降雨量、平均水汽压和诱捕量

Fig.3 Monthly average of rainfall, vapor pressure and trap quantity in Xingyi city during 2012-2013

4 结论

兴义桔小实蝇种群变动属单峰型,年度变动受寄主植物和温度、降雨量、平均水汽压等环境因素的影响,各影响因素作用方式、强度、影响方面和主要时间不同,各因素间也存在相互影响,这些作用和影响形成综合效应,共同塑造、形成了兴义桔小实蝇种群变动的基本模式。每年7~9月特别是月均最高气温之后的月份(8或9月)是兴义桔小实蝇种群数量最大时期,生产上应密切关注这一时期和与之相邻时期桔小实蝇的种群动态,根据其种群变动、危害情况及时采取必要的防治措施。

参考文献:

- 陈鹏,叶辉,刘建宏. 2006. 云南瑞丽桔小实蝇成虫种群数量变动及其影响因子分析[J]. 生态学报, 26(9): 2801-2809.
- Chen P, Ye H, Liu J H. 2006. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) along with analysis on the factors influencing the population in Ruili, Yunnan province[J]. Acta Ecologica Sinica, 26(9): 2801-2809.
- 陈鹏,叶辉. 2007. 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, 50(1): 38-45.

- Chen P, Ye H. 2007. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Liuku, Yunnan with an analysis of the influencing factors[J]. Acta Entomologica Sinica, 50(1): 38-45.
- 范京安. 1998. 用模糊综合评判法探讨桔小实蝇在中国的适生分布[J]. 植物检疫, 12(2): 76-80.
- Fan J A. 1998. Studies on the assessment of potential establishment of oriental fruit (*Bactrocera dorsalis*) in China with synthetic judgement on fuzzy mathematics[J]. Plant Quarantine, 12(2): 76-80.
- 和万忠,孙兵召,李翠菊,龙忠保. 2002. 云南河口县桔小实蝇生物学特性及防治[J]. 昆虫知识, 39(1): 50-52.
- He W Z, Sun B Z, Li C J, Long Z B. 2002. Bionomics of *Bactrocera dorsalis* and its control in Hekou county of Yunnan province[J]. Chinese Bulletin of Entomology, 39(1): 50-52.
- 侯柏华,张润杰. 2005. 基于CLIMEX的桔小实蝇在中国适生区的预测[J]. 生态学报, 25(7): 1569-1574.
- Hou B H, Zhang R J. 2005. Potential distributions of the fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in China as predicted by CLIMEX[J]. Acta Ecologica Sinica, 25(7): 1569-1574.
- 李伟丰,龚秀泽,黄永成,陈业林,黄建业,黄胜光,陈开生. 2008. 广西实蝇的种类及发生动态[J]. 西南大学学报(自然科学版), 30(2): 124-128.

- Li W F, Gong X Z, Huang Y C, Chen Y L, Huang J Y, Huang S G, Chen K S. 2008. Species of fruit flies in China's Guangxi province and their population dynamics[J]. Journal of Southwest University(Natural Science Edition), 30(2):124-128.
- 林明光,汪兴鉴,曾玲,张艳,蔡波. 2013. 海南果蔬实蝇种类、地理分布及危害调查[J]. 植物检疫, 27(5): 85-89.
- Lin M G, Wang X J, Zeng L, Zhang Y, Cai B. 2013. Survey of species, geographical distribution and damage of fruit flies (Diptera :Tephritidae :Dacinae) in Hainan, China[J]. Plant Quarantine, 27(5): 85-89.
- 刘建宏,叶辉. 2005. 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, 48(5): 706-711.
- Liu J H, Ye H. 2005. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera :Tephritidae) in Yuanjiang dry-hot valley, Yunnan with an analysis of the related factors[J]. Acta Entomologica Sinica, 48(5): 706-711.
- 吕欣,韩诗畴,徐洁莲,黄鸿,吴华,欧剑峰,孙力. 2008. 广州桔小实蝇[*Bactrocera dorsalis* (Hendel)]发生动态及气象因子[J]. 生态学报, 28(4): 1850-1856.
- Lü X, Han S C, Xu J L, Huang H, Wu H, Ou J F, Sun L. 2008. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Guangzhou, Guangdong province, with analysis of the climate factors[J]. Acta Ecologica Sinica, 28(4): 1850-1856.
- 王涛,任艳玲,何善勇,张润志,杨茂发. 2015. 基于CLIMEX和 ArcGIS 的桔小实蝇在贵州适生性研究[J]. 环境昆虫学报, 37(3): 535-543.
- Wang T, Ren Y L, He S Y, Zhang R Z, Yang M F. 2015. The potencial geographical distribution of *Bactrocera dorsalis* based on CLIMEX and ArcGIS in Guizhou [J]. Journal of Environmental Entomology, 37(3): 535-543.
- 周国梁,叶军,袁平. 2006. 橘小实蝇在上海局部暴发成因分析[J]. 植物检疫, 20(S): 44-46.
- Zhou G L, Ye J, Yuan P. 2006. The invasiveness mechanism of *Bactrocera dorsalis* in Shanghai[J]. Plant Quarantine, 20(S): 44-46.
- 朱春刚,张守锋,夏希纳. 2008. 园林绿地中桔小实蝇种群消长与环境因子的相关性[J]. 植物保护学报, 35(5): 389-393.
- Zhu C G, Zhang S F, Xia X N. 2008. The population dynamics and the correlation with environmental factors of *Bactrocera dorsalis*(Diptera :Tephritidae) occurring in the green spaces [J]. Acta Phytologica Sinica, 35(5): 389-393.
- Aketarawong N, Bonizzoni M, Thanaphum S, Gomulski L M, Gasperi G, Malacrida A R, Gugliemino C R. 2007. Inferences on the population structure and colonization process of the invasive oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*(Hendel) [J]. Molecular Ecology, 16(17): 3522-3532.
- Clarke A R, Armstrong K F, Carmichael A E, Milne J R, Raghu S, Roderick G K, Yeates K D. 2005. Invasive phytophagous pests arising through a recent evolutionary radiation: the *Bactrocera dorsalis* complex of tropical fruit flies[J]. Annual Review of Entomology, 50: 293-319.
- Nakagawa S, Farias G T, Vrago T. 1968. Newly recognized hosts of the oriental fruit fly, melon fly and Mediterranean fruit fly[J]. Journal of Economic Entomology, 61: 339-340.

(责任编辑 麻小燕)