

云南元江干热河谷桔小实蝇种群动态及其影响因子分析

刘建宏, 叶 辉*

(云南大学生命科学学院生物系, 昆明 650091)

摘要: 分别于 1992、1998、2003 和 2004 年在云南元江干热河谷通过性诱剂诱捕, 对桔小实蝇雄性成虫数量变化进行了全年监测, 并就气候因子及寄主植物对数量变动的影响进行了综合分析。桔小实蝇在元江干热河谷常年发生, 当年 12 月至次年 2 月, 桔小实蝇种群较低, 3 月以后逐渐上升, 于 6~8 月形成增长高峰, 9~11 月种群迅速下降。近两年桔小实蝇种群数量较上世纪 90 年代明显增大。月均温、月均降雨量和寄主植物是影响元江桔小实蝇种群变动的主要因子。元江干热河谷各月均温在桔小实蝇适温区内, 为其常年发生提供了温度条件。但 12~2 月的月平均最低温度低于桔小实蝇的适温下限, 而 5 月的月平均最高温超过桔小实蝇的适温上限, 这两方面对桔小实蝇种群均有一定抑制作用。元江夏季 6 至 8 月的月降雨量为 100~150 mm, 有助于桔小实蝇种群增长。芒果和甜橙是元江桔小实蝇最喜好的寄主水果, 其种植面积、挂果期是影响桔小实蝇种群变动的重要因素。气温、降雨和寄主植物通过各自的作用方式和发生时间综合影响着元江干热河谷地区桔小实蝇种群变动。

关键词: 桔小实蝇; 种群动态; 气候因子; 寄主植物; 干热河谷; 诱捕

中图分类号: Q968 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2005)05-0706-06

Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Yuanjiang dry-hot valley, Yunnan with an analysis of the related factors

LIU Jian-Hong, YE Hui* (Department of Biology, College of Life Sciences, Yunnan University, Kunming 650091, China)

Abstract: The population dynamics of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) was monitored through methyl eugenol-baited traps all year around in 1992, 1998, 2003 and 2004 in Yuanjiang dry-hot valley area, Yunnan, and meanwhile, the factors including temperatures, rainfall and host-plant species were analyzed systematically in relation to the population fluctuation of the fly. The results indicated that the fruit fly occurred all year round in Yuanjiang. Its population size remained low from December to February of next year and increased steadily from March through August till it reached the peak. Afterwards, the fruit fly population declined until November. Temperatures, rainfall and host fruits were supposed to be the major factors influencing the population fluctuation. The monthly mean temperatures fell into the ranges of temperatures suitable for development and reproduction of the fly in the study area. But, the monthly mean minimum temperatures from December to February of next year appeared to be lower, and were suggested to be responsible for the low populations in this period. In contrast, the monthly mean maximum temperatures in May were too high and may have negative effect on the fly populations. Rainfall was another essential factor influencing the population fluctuations. Rainfall in summer months from June through August ranged between 100–150 mm, being helpful for the fly population increasing. Mango and orange were the most preferred host-plants for the fly. The planted areas, fruiting period and productions of the two fruit plants exerted essential effects on the fly population fluctuations in Yuanjiang valley area. Briefly, the monthly mean temperature, monthly rainfall and the host plant species, through the way of their functions, their influence strength, as well as the period that they occurred, synthetically impacted the population dynamics of the fruit fly in the study area.

基金项目: 国家重大基础研究计划“973”项目(2003CB415100); 国家自然科学基金项目(30260023)

作者简介: 刘建宏, 男, 1970 年生, 博士生, 主要从事种群生态学研究, E-mail: jh_liu123@yahoo.com.cn

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: yehui@ynu.edu.cn

收稿日期 Received: 2005-02-02; 接受日期 Accepted: 2005-07-14

Key words: *Bactrocera dorsalis*; population dynamics; climatic factors; host-plants; dry-hot valley; trapping

桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel), 又名东方果实蝇(oriental fruit fly), 隶属双翅目(Diptera), 实蝇科(Tephritidae), 果实蝇属 *Bactrocera*, 该虫 1911 年首次记载于我国台湾高雄(李文蓉, 1988), 现广泛分布于亚洲及环太平洋的许多国家和地区(Christenson and Foot, 1960; Hsu, 1973; Dai *et al.*, 2004)。

桔小实蝇寄主种类涉及 40 个科的 250 余种热带亚热带植物, 其中包括许多重要的瓜果蔬菜(Haramoto and Bess, 1970; Vargas *et al.*, 1984; Vargas and Carey, 1990; Ye, 2001)。在其主要分布区域内, 桔小实蝇年发生 3~5 代, 各世代相互重叠(Ye, 2001; 蒋小龙等, 2001)。桔小实蝇雌成虫一次可产卵 3~30 粒, 一生产卵最多可达 1 000 多粒(Vargas *et al.*, 1984; Fletcher, 1989)。桔小实蝇的卵产于寄主果实内, 幼虫在果实内蛀食果肉, 从而导致受害瓜果腐烂变质(Arai, 1975, 1976; 李红旭和叶辉, 2000)。桔小实蝇幼虫发育成熟后离开受害果进入土壤表层化蛹; 新成虫从土壤中羽化出来, 飞到寄主瓜果上取食瓜果外层果肉以补充营养, 进行新一轮为害(Smith, 1989)。桔小实蝇寄主广泛、繁殖量大、危害严重, 被许多国家列为重要检疫性害虫(Bateman, 1972; Shukla and Prasad, 1985; 张润杰和侯柏华, 2005)。

云南是我国桔小实蝇的主要发生和为害地(周又生等, 1996; 沈发荣等, 1997; 李红旭和叶辉, 2000; Ye, 2001; 施伟和叶辉, 2004), 其在夏季的分布区域约为云南国土面积的三分之二左右(Ye, 2001)。元江坝地处云南的中南部, 位于哀牢山脉南端东侧, 处于北纬 23°18'~23°55' 和东经 101°39'~102°22' 之间, 海拔 395~500 m, 属于典型的干热河谷气候类型, 年平均气温为 23.8℃。特定的气候条件使得元江成为云南重要的热带水果基地(表 3), 也是云南桔小实蝇为害最重的地区, 其对芒果的为害率常年在 20% 左右, 个别年份达 40%。我们近年的研究还发现, 元江桔小实蝇于每年春末夏初还将向云南中部地区扩散迁移, 是云南中部地区桔小实蝇重要的虫源地(另文发表)。因此, 元江桔小实蝇的种群消长不仅对元江当地瓜果蔬菜产生重要影响, 同时还影响其在云南中部地区的发生和分布。

本研究旨在探索元江桔小实蝇种群的发生发展规律, 为制定元江桔小实蝇防治策略、促进当地热带瓜果的发展提供科学依据。同时, 通过该项研究

也有助于揭示特定地理气候条件下桔小实蝇的发生发展规律, 丰富我们对该虫害的认识。此外, 对元江桔小实蝇的研究还将有助于揭示元江实蝇种群对云南中部地区种群变动的的影响, 探索桔小实蝇在特定条件下的扩散迁移规律, 为在云南中部地区实施桔小实蝇综合控制提供必要信息。

1 材料与方法

桔小实蝇雄性成虫数量调查分别于 1992、1998、2003 和 2004 年在云南元江的芒果、柑桔等 4 个果园内进行。每个果园设置 3 个性诱剂诱捕器, 诱捕器悬挂在离地面 2 m 左右的树枝上。诱捕器为圆筒状塑料容器, 诱捕器内上方悬挂浸有性诱剂的脱脂棉球, 性诱剂每半个月添加一次, 脱脂棉球每 3 个月更换一次。性诱剂商品名为诱蝇醚(methyl eugenol), 为桔小实蝇专用, 由美国 CCA(常州)生物化学有限公司提供。在 1992 和 1998 年两年中, 桔小实蝇诱捕量每旬检查一次; 在 2003 和 2004 年两年中, 桔小实蝇诱捕量每半月检查一次。每次检查, 将诱捕器内的实蝇带回实验室内, 逐一鉴定实蝇种类, 记录桔小实蝇数目。在此期间, 于不同月份进行田间随机抽样调查, 记录桔小实蝇为害情况和寄主种类等。

本研究中所用到的气温、降水等气象资料, 由云南省气象局提供。数据处理采用 SPSS11.0 统计分析软件。

2 结果与分析

2.1 桔小实蝇种群动态

桔小实蝇雄性成虫数量变动如图 1 所示。鉴于雌雄成虫性比大致为 1:1(和万忠等, 2002), 图 1 所示的诱捕结果可以基本反映当地桔小实蝇种群数量变动的基本情况。桔小实蝇种群变动趋势在各研究年度间大体一致, 其基本规律是, 桔小实蝇在元江可周年发生, 冬季发生量较低, 夏季发生量较大, 于 8 月形成一次种群增长高峰。

12 月至次年 2 月, 桔小实蝇不甚活跃, 诱捕量较少。如以 1998 年为例, 平均每诱捕器获得桔小实蝇雄成虫在 12 月为 65.6 头, 1 月 30.8 头, 2 月 21 头。桔小实蝇最低诱捕量及所出现月份因年而异。如: 平均每诱捕器的最低诱捕量在 1992 和 1998 年

出现于 2 月,分别为 8.5 头和 21 头;在 2003 和 2004 年则出现在 1 月,分别为 19.8 头和 25.7 头。

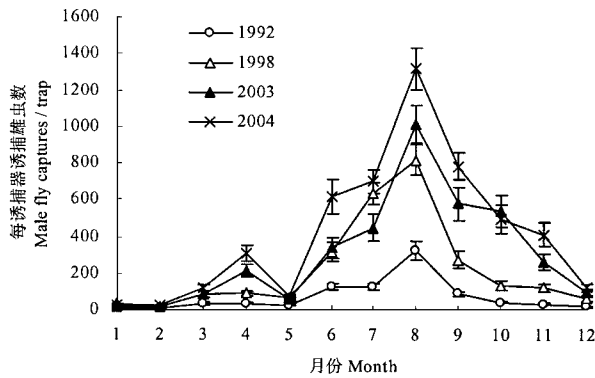


图 1 利用含诱蝇醚的性信息素诱捕器于 1992、1998、2003 和 2004 年对桔小实蝇雄成虫的诱捕量(云南元江)

Fig. 1 Amounts of *Bactrocera dorsalis* male adults caught by methyl eugenol-baited traps in 1992, 1998, 2003 and 2004 in Yuanjiang, Yunnan

3 月至 5 月,桔小实蝇随气温回升渐趋活跃,雄虫诱捕量总体上呈增长趋势,增长幅度因年而异。在 2003 和 2004 年,雄虫诱捕量在 3 至 4 月呈显著增长,但在 5 月明显回落。而在 1992 和 1998 年,雄虫诱捕量在 3 月有所增加,到在 4~5 月期间大体保持平稳。总体上,从 3 月至 5 月,桔小实蝇种群呈上升走向,而进入 5 月,可能受到气温因素影响(详见 2.3 节),种群增长有所回落。

6~8 月,桔小实蝇种群数量迅速增长,诱捕量从平均每诱捕器诱捕数 10 头增加到最高可达 1300 余头,并于 8 月诱捕量达到最大,形成桔小实蝇种群发生盛期。在所研究的 4 年中,种群高峰出现的月份完全一致,说明影响种群数量变动的关键因素在年间是稳定的。桔小实蝇种群高峰时的数量较其低谷时的数量差异很大。如:2003 年 8 月与 1 月的诱捕量相差 51 倍,2004 年 8 月与 1 月的诱捕量相差 49 倍。此外,种群高峰期的诱捕量在各年间也不相同。

表 1 元江桔小实蝇雄成虫数量变化与气候因子的关系

Table 1 Relationship between the fluctuation of *B. dorsalis* male adult abundance and climatic factors in Yuanjiang

月平均气象因子 Monthly average climatic factors	1992		1998		2003		2004	
	<i>r</i> *	<i>p</i> *	<i>r</i> *	<i>p</i> *	<i>r</i> *	<i>p</i> *	<i>r</i> *	<i>p</i> *
降雨量 Rainfall amounts (mm)	0.803	0.002	0.773	0.003	0.744	0.006	0.797	0.002
日照时间/天 Sunlight hours /day (h)	-0.419	0.175	-0.411	0.184	-0.559	0.059	-0.503	0.061
雨日数 Raining days	0.771	0.003	0.767	0.004	0.748	0.005	0.793	0.002
相对湿度 Relative humidity (%)	0.595	0.041	0.719	0.008	0.841	0.001	0.760	0.004
月均温 Monthly mean temp.(°C)	0.563	0.057	0.539	0.070	0.542	0.068	0.552	0.063
月均最高温 Monthly mean maximal temp.(°C)	0.469	0.124	0.439	0.153	0.397	0.201	0.489	0.107
月均最低温 Monthly mean minimal temp.(°C)	0.627	0.029	0.602	0.038	0.648	0.023	0.692	0.013

注: * 表示相关系数及其显著水平,黑体字表示该气象因子与成虫数量变化具有显著的相关性($P < 0.05$)。

Notes: “*” represents correlation coefficient and its significance, and boldfaces indicate significant correlation at $P < 0.05$ between climatic factor and the fluctuation of *B. dorsalis* male adult abundance.

在 1992 年和 1998 年,桔小实蝇种群高峰期的诱捕量分别为 326.5 和 818.4 头,而在 2003 年和 2004 年则分别为 1016.7 和 1321.7 头,表明元江桔小实蝇种群数量在近年呈明显增长趋势。

从 9 月至 12 月,桔小实蝇种群数量逐渐下降,但下降速度与高峰期数量有关,并呈现年间差异。在 1992 和 1998 年,桔小实蝇种群在 8~9 月下降很快,以后下降缓慢;而在 2003 和 2004 年,桔小实蝇种群下降速率较为缓慢。

2.2 桔小实蝇种群数量变动与气候因子关系的分析

温度、湿度、雨量及光照等被认为是导致桔小实蝇种群数量变动的主要气候因子。对 4 年中桔小实蝇雄成虫各月诱捕量与同期 7 种气象因子的相关分析发现,桔小实蝇雄成虫数量与降雨量、雨日数、相对湿度、月平均气温、月平均最高温度、月平均最低气温均呈现正相关关系,而与光照时间呈负相关关系(表 1)。对上述因子作进一步的统计检验分析表

明, 月平均最低气温、降雨量、雨日数和相对湿度对桔小实蝇雄成虫数量变动的的影响较为显著 ($P < 0.05$), 在影响该虫数量变动中发挥着重要作用。

2.3 温度对桔小实蝇种群的影响

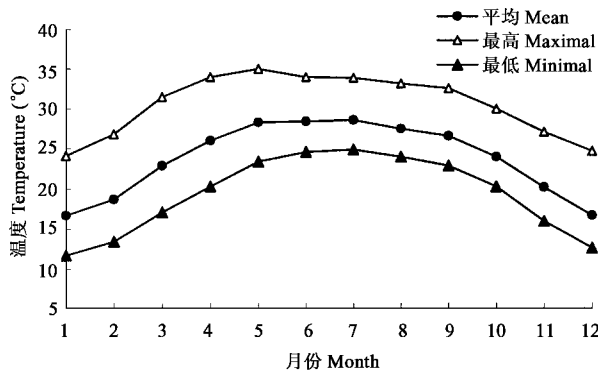


图2 1960~2000年云南元江月平均温度、月平均高温、月平均低温

Fig. 2 Monthly mean temperatures, monthly mean maximal temperatures and monthly mean minimal temperatures during 1960~2000 in Yuanjiang, Yunnan

桔小实蝇生长发育的适温区为 15~34℃, 最适温度为 18~30℃ (Fletcher, 1987; Vargas, 1996; 汪兴鉴, 1996; 吴佳教等, 2000)。当温度高于 34℃ 或低于 15℃ 时, 桔小实蝇死亡量增大; 而低于 18℃ 时, 卵、幼虫和蛹的发育历期延长, 蛹羽化率下降 (蒋小龙等, 2001; 和万忠等, 2002)。经过对过去 40 年的气象数据统计分析, 元江 1~12 月月均温为 16.7~28.6℃ (图 2), 且年温差较小, 为 9~14℃, 全年的日平均温度稳定在 10℃ 以上。该气温变化处于桔小实蝇生长发育所需的温度范围内, 适于桔小实蝇生长发育, 被认为是桔小实蝇能在元江全年发生的基本原因。

但元江的月平均最低温为 11.7~24.9℃ (图 2), 特别是 12 月~次年 2 月的月平均最低温分别为 12.6℃、11.7℃ 和 13.4℃, 低于桔小实蝇生长发育的温度低限, 对桔小实蝇有抑制作用。故认为, 冬季月平均最低温可能是影响桔小实蝇种群处于较低水平的主要原因之一。进一步分析认为, 尽管日最低温

有时不适于桔小实蝇发生, 但日最高温多在 24℃ 以上。昼夜温度的相差有助于桔小实蝇承受短期低温的影响, 桔小实蝇种群因此得以在当地存留下来。

3~4 月的月均温分别为 22.9℃ 和 26.0℃, 处于桔小实蝇生长发育的最适温区, 对桔小实蝇种群增长有利。进入 5 月, 月均温为 28.3℃, 日最高温大于或等于 35℃ 的日数超过 17 天, 日极端高温达 42.3℃。由此可见, 5 月的气温对桔小实蝇的生长发育不利。简言之, 3~4 月的气温对桔小实蝇有利, 桔小实蝇种群数量因此增加; 而 5 月的高温对桔小实蝇不利, 导致桔小实蝇种群数量下降。

6~8 月元江的月均温、月均最高温和月均最低温均处于桔小实蝇生长发育的最适温区内 (图 2), 且各月日均温相对稳定, 徘徊在 25℃ 左右。6~8 月的气温很适于桔小实蝇生长发育, 为该虫大量发生提供了重要的气温条件。

9~11 月的月均温在 20.2~26.6℃ 之间, 位于桔小实蝇适温区内, 但在这一时期桔小实蝇种群呈下降趋势, 说明除温度之外在这一时期还有其他因子在影响着桔小实蝇种群变动。

2.4 降水对桔小实蝇种群的影响

桔小实蝇老熟幼虫需到土壤中化蛹。降水量和降水频率直接影响土壤湿度, 进而影响到土壤中幼虫化蛹及蛹的羽化 (Hsu, 1973)。一般地, 在粘土含量为 50.5%、壤土 31.6%、砂土 17.9%、pH 5.5 的土壤中, 当含水量大于 65% 或小于 51% 对桔小实蝇不利 (Alyokhin *et al.*, 2001)。此外, 降水与空气湿度密切相关, 大气相对湿度为 60%~80% 有利于成虫的交配和产卵, 有助于桔小实蝇的繁殖 (Hsu, 1973)。

将桔小实蝇雄成虫逐月诱捕量 (图 1) 与各月降雨量 (表 2) 加以比较, 发现两者之间存在一定数量关联 (表 1)。元江河谷属半干旱气候, 年均降雨量较少, 为 684~805 mm, 且主要集中在 6~8 月, 该时期月降雨量为 100~150 mm, 占全年降雨量的 50%~55%。由此, 在 6~8 月, 元江干热河谷的降水过程有利于保持土壤适当湿度, 在总体上对桔小实蝇化蛹与羽化过程有利。

表 2 云南元江 1992、1998、2003 和 2004 年各月降雨量

Table 2 Monthly mean rainfall amounts (mm) in 1992, 1998, 2003 and 2004 in Yuanjiang, Yunnan

年份 Year	月份 Month											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1992	10.7	11.2	16.9	21.0	42.7	112.7	131.8	142.5	93.3	78.3	35.2	13.0
1998	13.6	12.7	16.8	43.0	94.0	133.5	126.4	145.7	73.4	76.4	46.1	23.5
2003	67.8	5.9	37.1	10.0	66.8	141.6	136.4	121.8	48.8	36.6	0	11.8
2004	19.4	7.6	2.4	33.7	72.3	121.2	149.7	124.8	81.4	68.4	40.7	17.5

2.5 寄主对桔小实蝇种群的影响

在元江干热河谷地区,成规模种植的瓜果主要有芒果、甜橙、番石榴、杨桃、番荔枝、枇杷等。这些水果均为桔小实蝇的重要寄主,成片种植,相继成熟,为桔小实蝇发生提供了重要的食物资源。

在元江,芒果种植面积最大(表 3),年产量占云南全省芒果产量的 50% 以上。芒果是桔小实蝇最重要的寄主(Narayanan and Chawla, 1962; Prasad and Bagel, 1978)。田间调查表明,芒果成熟期与桔小实蝇大量发生期相吻合,表明芒果对桔小实蝇种群数量增长有重要影响。元江芒果品种多达 130 余种,不同芒果品种的品质差异较大,对桔小实蝇种群数量的影响不尽相同。早熟品种受桔小实蝇为害相对较轻,受害率为 5% 左右。中熟品种和晚熟品种受为害较重,受害率分别 10% 和 25% 以上。6~8 月,随着芒果早中晚熟品种相继成熟,为桔小实蝇提供了大量的食物,桔小实蝇种群数量迅速增长,并于芒果晚熟品种收获期到达种群高峰。

表 3 云南元江桔小实蝇主要寄主的产量和挂果期(2004)

Table 3 Yield and fruiting period of the major host fruits of *B. dorsalis* in Yuanjiang, Yunnan in 2004

寄主种类 Host species	挂果期 Fruiting period	种植面积 Planting area (hm ²)	产量 Yield (1 000 kg)
芒果 Mango	5~8 月 May - Aug.	1 624	3 100
甜橙 Orange	9~11 月 Sep. - Nov.	113	500
龙眼 Longan	6~8 月 Jun. - Aug.	49	258
杨桃 Peach	5~7 月 May - Jun.	6	100
番石榴 Guava	9 月 Sep.	5	80

柑桔是芒果收获后桔小实蝇在元江的另一重要寄主水果。9~11 月份是柑桔逐渐成熟收获的季节,芒果园内的桔小实蝇向柑桔园转移。在多种柑桔品种中,甜橙是桔小实蝇较喜好的水果,甜橙园中的桔小实蝇种群数量明显高于其他桔园,在不使用农药的情况下,平均每个甜橙可有 17.1 头桔小实蝇幼虫为害(何天富,1999)。2000 年以来,元江大力发展柑桔产业,种植面积不断扩大,为桔小实蝇种群提供了充分的食物资源,这被认为是 2000 年以来桔小实蝇种群在高峰期之后数量下降缓慢的原因之一(图 1)。

3 讨论

本研究前后跨越了 12 年。通过其中 4 年的全年诱捕监测揭示,在元江干热河谷地区,桔小实蝇种

群年间变动趋势基本一致,即呈周年发生,冬季种群数量较低,夏季种群数量较高,为单峰型种群高峰期,发生于每年 8 月。温度、降雨和寄主是影响元江桔小实蝇种群变动的主要环境因子。元江的温度条件总体上适于桔小实蝇生长繁殖,这是该实蝇能够在该地区常年发生的基本原因。但气温对桔小实蝇种群也有不利影响,这主要反映在整个冬天和春末。12 月至次年 2 月,月平均气温偏低,月平均最低气温低于桔小实蝇生长发育的低温阈值,这是导致冬季桔小实蝇种群数量较低的重要原因。5 月的月平均气温偏高,月均最高温特别是日极端高温高于桔小实蝇生长发育高温阈值,从而导致该时期桔小实蝇种群数量下降。上述气温条件属桔小实蝇种群变动的非密度制约因子,其作用结果表现为,尽管桔小实蝇诱捕量在各年间的其他月份有明显差异,但在 1~2 月和 5 月却十分相近(图 1)。

降雨主要通过土壤含水量和空气湿度对桔小实蝇产生间接影响(Alyokhin *et al.*, 2001)。元江干热河谷在夏季的降雨特点对桔小实蝇种群增长有利。

芒果和甜橙是元江桔小实蝇最重要的寄主,也是决定桔小实蝇种群变动的主要因素。番荔枝、杨桃、番石榴、龙眼等虽也是桔小实蝇的主要寄主植物,但因其种植面积和产量不大,对该地区桔小实蝇种群数量的影响有限。但是,这些寄主水果相继成熟,为桔小实蝇提供了连续不断的食物资源,构成了桔小实蝇种群延续和大量发生的物质基础。

综上所述,在元江干热河谷地区,影响桔小实蝇种群数量变动的主要因素是气温、降雨和寄主种类。这些因素对桔小实蝇的作用方式、强度和时间的各不相同,在桔小实蝇种群变动的不同阶段发挥着不同的作用,但通过特定时空下的相互组合,综合决定着元江桔小实蝇种群变动的基本特征。如每年 6~8 月,大量芒果成熟,且与气温及降雨量相耦合,构成了桔小实蝇大量发生的最佳环境条件,最终导致桔小实蝇种群数量急剧增长。

参考文献 (References)

- Alyokhin AV, Mille C, Messing RH, 2001. Selection of pupation habitats by oriental fruit fly larvae in the laboratory. *J. Insect Behav.*, 14(1): 57-67.
- Arai T, 1975. Diel activity rhythms in the life history of the oriental fruit fly. *Japan. J. Appl. Entomol. Zool.*, 19: 253-259.
- Arai T, 1976. Effects of light and temperature on the diel cyclicity of the larval jumping behavior of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis*

- (Hendel). *Japan. J. Appl. Entomol. Zool.*, 20: 69–76.
- Bateman MA, 1972. The ecology of fruit fly. *Annu. Rev. Entomol.*, 17: 493–518.
- Christenson LC, Foot BH, 1960. Biology of fruit flies. *Annu. Rev. Entomol.*, 5: 171–192.
- Dai SM, Lin CC, Chang C, 2004. Polymorphic microsatellite DNA markers from the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Mol. Ecol. Notes*, 4(3): 629–631.
- Fletcher BS, 1987. The biology of Dacine fruit flies. *Annu. Rev. Entomol.*, 32: 115–144.
- Fletcher BS, 1989. Life history strategies of tephritid fruit flies. In: Robinson AS, Hooper G eds. *Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies and Control*. World Crop Pests Series, 3B. Amsterdam: Elsevier. 195–208.
- Haramoto FH, Bess HA, 1970. Recent studies on the abundance of the oriental and Mediterranean fruit flies and the status of their parasites. *Proc. Hawaii Entomol. Soc.*, 20: 551–566.
- He TF, 1999. Citriculture. Beijing: China Agriculture Press. 701–707. [何天富, 1999. 柑橘学. 北京: 中国农业出版社. 701–707]
- He WZ, Sun BZ, Li CJ, Long ZB, 2002. Bionomics of *Bactrocera dorsalis* and its control in Hekou County of Yunnan Province. *Entomol. Knowl.*, 39(1): 50–52. [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. 昆虫知识, 39(1): 50–52]
- Hsu ES, 1973. Biological studies on the oriental fruit fly (*Dacus dorsalis*). *Plant Prot. Bull. (Taiwan)*, 5: 59–86.
- Jiang XL, He WZ, Xiao S, 2001. Study on the biology and survival of *Bactrocera dorsalis* in the border region of Yunnan. *J. Southwest Agric. Univ.*, 23(6): 510–517. [蒋小龙, 和万忠, 肖枢, 2001. 桔小实蝇在云南边境生物学研究及适生性分析. 西南农业大学学报, 23(6): 510–517]
- Li HX, Ye H, 2000. Infestation and distribution of the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Yunnan Province. *J. Yunnan Univ.*, 22(6): 473–475. [李红旭, 叶辉, 2000. 桔小实蝇在云南的危害与分布. 云南大学学报, 22(6): 473–475]
- Li WR, 1988. The control programme of the oriental fruit fly in Taiwan. *Chin. J. Entomol. Special Publ.*, 2: 51–60. [李文蓉, 1988. 东方果实蝇之防治. 中华昆虫特刊, 2: 51–60]
- Narayanan ES, Chawla SS, 1962. Parasites of fruit fly pests of the world. *Indian J. Entomol.*, 3(1): 59–63.
- Prasad VG, Bagel BG, 1978. Population dynamics of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* (Hendel), by male annihilation technique. *Bull. Entomol. Res.*, 19: 103–105.
- Shen FR, Zhou YS, Zhao HP, 1997. The biological characteristics and control of *Dacus* (*Bactrocera*) *dorsalis* (Hendel). *J. Southwest Forestry College*, 12(1): 85–89. [沈发荣, 周又生, 赵焕平, 1997. 柑桔小实蝇生物学特性及其防治研究. 西南林学院学报, 12(1): 85–89]
- Shi W, Ye H, 2004. Genetic differentiation in five geographic populations of the oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) (Diptera: Tephritidae) in Yunnan Province. *Acta Entomol. Sin.*, 47(3): 384–388. [施伟, 叶辉, 2004. 云南桔小实蝇五个地理种群的遗传分化研究. 昆虫学报, 47(3): 384–388]
- Shukla RP, Prasad VG, 1985. Population fluctuations of the oriental fruit fly, *Dacus dorsalis* Hendel in relation to hosts and abiotic factors. *Tropical Pest Management*, 31(4): 273–275.
- Smith PH, 1989. Behavioral partitioning of the day and circadian rhythmicity. In: Robinson AS, Hooper G eds. *Fruit Flies: Their Biology, Natural Enemies, and Control*. World Crop Pests Series, 3B. Amsterdam: Elsevier. 325–341.
- Vargas RI, 1996. Survival and development of immature stages of four Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Annu. Entomol. Soc. Am.*, 89(1): 64–69.
- Vargas RI, Carey JR, 1990. Comparative survival and demographic statistics for wild oriental fruit fly, Mediterranean fruit fly and melon fly (Diptera: Tephritidae) on papaya. *J. Econ. Entomol.*, 83(4): 1344–1349.
- Vargas RI, Miyashita O, Nishida T, 1984. Life history and demographic parameters of three laboratory-reared tephritids (Diptera: Tephritidae). *Annu. Entomol. Soc. Am.*, 77: 651–656.
- Wang XJ, 1996. The fruit flies of the East Asian region. *Acta Zootax. Sin.*, 21(Suppl.): 1–338. [汪兴鉴, 1996. 东亚地区双翅目实蝇科昆虫. 动物分类学报, 21(增刊), 1–338]
- Wu JJ, Liang F, Liang GQ, 2000. Studies on the relation between developmental rate of oriental fruit fly and its ambient temperature. *Plant Quarantine*, 14(6): 321–324. [吴佳教, 梁帆, 梁广勤, 2000. 桔小实蝇发育速率与温度关系的研究. 植物检疫, 14(6): 321–324]
- Ye H, 2001. Distribution of the oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) in Yunnan Province. *Entomol. Sin.*, 8(2): 175–182.
- Zhang RJ, Hou BH, 2005. Assessment on the introduction risk of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) through imported fruits with fuzzy mathematics. *Acta Entomol. Sin.*, 48(2): 221–226. [张润杰, 侯柏华, 2005. 桔小实蝇传入风险的模糊综合评估. 昆虫学报, 48(2): 221–226]
- Zhou YS, Shen FR, Zhao HP, 1996. Study on the biology of *Dacus* (*Bactrocera*) *dorsalis* (Hendel) and synthetical control. *J. Southwest Agric. Univ.*, 18(3): 210–213. [周又生, 沈发荣, 赵焕平, 1996. 芒果柑桔小实蝇生物学及其综合防治研究. 西南农业大学学报, 18(3): 210–213]

(责任编辑: 袁德成)