李产区橘小实蝇转移为害规律研究*

李 媛** 易小龙** 黄爱玲 黄慧欣 王小云 郑霞林 陆 温***

（广西农业环境与农产品安全重点实验室，广西大学农学院，南宁 530004）

摘 要 **【目的】** 明确橘小实蝇 *Bactrocera dorsarlis*（Hendel）在李产区不同寄主间的转移为害规律，为制定控制其种群的策略和防治技术提供参考和依据。**【方法】** 选择广西李主产区，调查橘小实蝇潜在寄主种类、潜在寄主果实成熟期、寄主受害率及橘小实蝇成虫在各寄主上的转移为害规律，采用 Pearson 相关性分析与主成分分析方法分析影响橘小实蝇发生的气象因子。**【结果】** 李产区不同月份成熟的 11 种瓜果中，李受害率最为严重，最高达 22%，枇杷、酸梅、黄皮、沙糖橘、皇帝柑、柚和柿可作为橘小实蝇的潜在寄主；橘小实蝇的转移为害规律为枇杷（4 月）→三月李、三华李、酸梅和黄皮（5-8 月）→沙糖橘、皇帝柑、柚和柿（9-10 月）→柿（11 月）；李产区橘小实蝇始见日和终见日分别为 4 月 26 日和 12 月 22 日，全年共有 2 个成虫发生高峰期，分别为 7 月上中旬和 9 月中下旬，其发生规律与气温显著相关。**【结论】** 明确了李产区橘小实蝇的转移为害规律及其与气象因子的相关性，建议李产区应在 4 月份集中防治枇杷上的橘小实蝇有利于减轻对李的危害。

关键词 李；橘小实蝇；转移为害；种群动态；气象因子

Temporal trend in damage to different fruit crops caused by *Bactrocera dorsalis* (Hendel) adults in plum producing areas

LI Yuan** YI Xiao-Long** HUANG Ai-Ling HUANG Hui-Xin
WANG Xiao-Yun ZHENG Xia-Lin LU Wen***

(Guangxi Key Laboratory of Agric-Environment and Agric-Products Safety, College of Agriculture, Guangxi University, Nanning 530004, China)

Abstract **[Objectives]** To clarify the temporal trend in damage to different fruit crops caused by *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in a plum, *Prunus salicina* Lindl., growing area, and thereby facilitate the development of new strategies and technology to control this pest. **[Methods]** Potential host species, fruiting periods, the amount of damage to each fruit crop and the pattern of spread of *B. dorsalis* were investigated. The relationship between the population dynamics of this pest and meteorological factors in plum producing area of Guangxi were also analyzed using Pearson correlation and principal component analysis. **[Results]** A total of 11 fruit producing species mature in different months in the plum producing area. Among the fruit producing species investigated (*Eriobotrya japonica*, *Prunus mume*, *Clausena lansium*, *Citrus reticulate*, *C. reticulate*, *C. maxima*, *P. salicina* and *Diospyros kaki*), the highest (22%) percentage of damaged fruit was recorded in *P. salicina*. The temporal trend of damage to different fruit crops was: *Eriobotrya japonica* (April) →*P. salicina* cv. ‘Sanyue’ and ‘Sanhua’, *Prunus mume*, and *Clausena lansium* (May to August) →*Citrus reticulate* cv. ‘Shatangju’ and ‘Huangdi’, *C. maxima*, and *Diospyros kaki* (September to October) →*D. kaki* (November). Male *B. dorsalis* should be trapped using sex pheromone lures between 26 April and 12 December. Two occurrence peaks of *B. dorsalis* adults were observed in the first half of July and the latter half of September, and occurrence was significantly correlated with air temperature. **[Conclusion]** There is a clear temporal trend in the damage caused by *B. dorsalis* to different fruit crops and the occurrence of this pest was

*资助项目 Supported projects：广西创新驱动发展专项（桂科 AA17202017）；国家现代农业产业技术体系广西柑橘创新团队建设项目（nycytxgxcxtd-05-03）

**共同第一作者 Co-first authors，E-mail：liyuanlusen@163.com；15080999109@163.com

***通讯作者 Corresponding author，E-mail：luwenlwen@163.com

收稿日期 Received：2020-07-22；接受日期 Accepted：2020-12-28

correlated with meteorological factors. Controlling *B. dorsalis* on *E. japonica* in April could reduce subsequent damage to *P. salicina* crops.

Key words　*Prunus salicina*; *Bactrocera dorsalis*; pattern of transferring damage; population dynamic; meteorological factor

橘小实蝇 *Bactrocera dorsalis* Hendel 是果蔬上重要的种实害虫，寄主种类超过 250 种，且可在不同寄主间转移为害（张小亚等，2011；Clarke，2017），从而常造成橘小实蝇的暴发为害。自然条件下，由于不同地区适宜主栽的作物不同，橘小实蝇寄主转移为害规律也存在一定差异。例如，在广西柑橘主产区橘小实蝇转移为害规律为枇杷→杨梅和桃子→桃子和梨→梨→温州蜜柑→温州蜜柑和柿子→南丰蜜橘、柿子和温州蜜柑→温州蜜柑；在芒果主产区橘小实蝇转移为害规律为沙糖橘、番石榴、金橘和四季蜜芒→沙糖橘、金橘和番石榴→金橘和番石榴→金橘和枇杷→枇杷→梨和台农一号芒果→杨梅、梨和台农一号芒果→梨和台农一号芒果→台农一号芒果和金橘→金橘→南丰蜜橘和金橘→四季蜜芒、南丰蜜橘和金橘→四季蜜芒和金橘→沙糖橘、四季蜜芒和金橘（段云博，2018）；在广西柿子主产区橘小实蝇转移为害规律为桃子（黄桃和 5 号油桃）→杨梅、三华李和奈李→奈李、芙蓉李和枣→枣和柿子→柿子和山楂→柿子和沙糖橘→柿子（巫辅民，2019）；在广西番石榴主产区橘小实蝇转移为害规律为番石榴和杨桃→番石榴和桑葚→番石榴和香水柠檬→莲雾、杨桃、香水柠檬以及荔枝和龙眼裂果→番石榴和杨桃→番石榴、金橘、青枣和杨桃（黄爱玲，2020）；在广西火龙果主产区橘小实蝇转移为害规律为青柠、沃柑、茂谷柑→枇杷、百香果、芒果→火龙果（黄慧欣，2020）；在云南省蒙自市橘小实蝇转移为害规律为桃、枇杷、芒果→番石榴、芒果（晚熟品种）、桃→石榴、番石榴→柑橘、台湾青枣→柑橘和枇杷（袁盛勇等，2007）；在云南瑞丽市橘小实蝇转移为害规律为芒果、桃→杨桃、番荔枝→番木瓜→柑橘→毛叶枣（陈鹏等，2006）；在浙江省台州市橘小实蝇转移为害规律为枇杷、梨、桃→柑橘、桃、李→柑橘、柿、枣、文旦（明珂等，2014）。

橘小实蝇在各寄主上的发生与为害与气候条件密切相关（朱家颖等，2004；叶辉和刘建宏，2005；孔令斌等，2008）。研究发现橘小实蝇在云南省西双版纳傣族自治州、元江县，广东省广州市、海南省儋州市、广西桂林市均可全年发生，在西双版纳傣族自治州和元江县及广州市的温度和降雨是影响其种群动态的主要因子，其中月平均降雨量是关键因子（叶辉和刘建宏，2005；刘建宏和叶辉，2005；吕欣等，2008）；在儋州市温度是影响其种群动态的主要因子（刘奎等，2016）；在桂林市旬均最高气温和旬均最低气温是影响其种群动态的主要因子（全金成等，2019）。在浙江省临海市、湖北省武汉市橘小实蝇不能全年发生，在两地其始见期均为 6 月下旬，盛末期分别为 10 月下旬和 12 月下旬，但温度、降雨和光照时数也是影响两地该虫种群动态的主要因子（汪恩国等，2013；张振宇等，2018）。

李因果色诱人、气味芳香、汁多味美，是广受人们喜爱的“佳果”之一，近几年其种植面积不断增大，已成为农民致富增收的支柱产业（岑家燕，2010；李志坚，2016）。截至 2019 年，广西李种植面积已达 4.32 万 hm^2，产量 42.6 万吨，产值 7.2 亿元，在农民脱贫致富方面发挥了重要作用（阳爱民等，2019）。然而，李也是橘小实蝇嗜好寄主之一，随着李产业的不断壮大，橘小实蝇对其的为害也急剧上升（李媛等，2020）。调查发现橘小实蝇对部分李果园果实的为害率达 30%-50%，甚至出现绝收现象（李国平等，2011；肖宁等，2015）。李的挂果期短，橘小实蝇在李产区是如何延续种群尚不明确。我们推测橘小实蝇在李产区通过转移为害完成种群繁衍。鉴于此，本文基于橘小实蝇性信息素诱捕装置，连续监测李产区橘小实蝇不同寄主上的成虫种群动态变化，并分析其种群动态变化的影响因素，为李产区橘小实蝇的预测预报及综合防控提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

橘小实蝇性信息素诱芯和诱集瓶购自柳州市双虹农业科技有限公司。

1.2 实验地概况

实验地设置在贺州市八步区李产区（111°66′E，24°30′N），主栽品种包括“三华李”和“三月李”，在种植区周边和李园内还穿插种植其它果树品种。各果树种植品种、面积及设置的监测装置数量见表 1。

1.3 李产区果树种类及挂果期调查

自 2018 年 3 月下半月开始，每月的上半月和下半月对贺州市八步区李产区内的果树品种进行实地调查，观察并记录园内不同果树品种的挂果期和果实成熟期。

表 1 李产区栽种的果树品种、面积及设置的橘小实蝇监测装置数量

Table 1 Fruit varieties and planting area, and number of monitoring device for *Bactrocera dorsalis*

果树品种 Fruit varieties	种植面积（hm^2） Planting area	株距（m） Row spacing	性信息素诱集瓶（个） Sex attractant bottles
三月李 *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Sanyue’	2.67	1.5	5
三华李（山顶）*P. salicina* Lindl. cv. ‘Sanhua’ (mountain top)	2.67	1.5	5
三华李（山脚）*P. salicina* Lindl. cv. ‘Sanhua’ (mountain bottom)	1.53	2.0	5
马水橘 *Fortunella margarita* (Lour.) Swingle cv. ‘Mashui’	1.00	1.2	5
沙糖橘（山顶）*Citrus reticulate* Blanco cv. ‘Shatangju’ (mountain top)	0.88	1.5	5
沙糖橘（山腰）*C. reticulate* Blanco cv. ‘Shatangju’ (hill side)	0.88	1.5	5
沙糖橘（山脚）*C. reticulate* Blanco cv. ‘Shatangju’ (mountain bottom)	0.40	1.5	5
黄帝柑 *C. reticulata* Blanco cv. ‘Huangdi’	0.33	1.2	5
山楂 *Crataegus pinnatifida* Bge.	0.40	1.5	5
酸梅 *Prunus mume* (Sieb.) Sieb. et Zucc.	0.20	1.5	4
柚 *C. maxima* (Burm) Merr.	0.10	2.0	4
杂果区§ Mixed fruit area	0.07	1.5	4

§杂果区为枇杷、酸梅、黄皮、柿子、柠檬 5 种果树混合种植区域。

§ Mixed fruit area represents mixed planting of *Eriobotrya japonica*, *P. mume*, *Clausena lansium*, *Diospyros kaki*, and *C. limon*.

1.4 橘小实蝇转移为害规律的研究

于 2018 年 3 月至 2019 年 3 月，每月中旬在橘小实蝇各潜在寄主果园内随机捡取 50 个落果，利用无菌袋分装（单果/袋）隔离后装入保鲜箱内，当日带回实验室，将果放入底部盛有约 5 cm 厚湿润沙土的塑料杯内（单果/杯），杯口使用尼龙纱网遮罩，防止幼虫和羽化的成虫逃逸。随后，将塑料杯置于养虫架上，每日 18：00 观察和统计有成虫羽化的虫果数量，第 30 天结束观察，记录各月份受害寄主，根据公式计算各寄主受害率。

受害率（%）=（虫果数/采集总果数）×100。

基于李产区橘小实蝇寄主种类/品种和面积，共设立 12 个监测点，各监测点间距均大于 1 km。每个监测点内按矩形或双对角线式悬挂 4-5 个橘小实蝇性信息素诱集瓶，间距为 50 m（表 1）。悬挂诱捕装置时，保持其基部距地面 1.5-2.0 m。于 2018 年 3 月 26 日至 2019 年 3 月 26 日期间，每隔 15 d 检查和统计性信息素诱集瓶诱捕的橘小实蝇雌雄成虫数量，并更换新的诱芯。

1.5 气象数据

气象数据由贺州市晨晖气象服务与雷电防

护有限公司提供，包括半月平均气温（X_1）、半月平均最高气温（X_2）、半月平均最低气温（X_3）、半月平均降雨量（X_4）和半月降雨天数（X_5）。

1.6　统计分析

数据采用 SPSS 25.0 软件进行统计分析。橘小实蝇种群数量与其同期半月平均气温、半月平均最高气温、半月平均最低气温、半月平均降雨量和半月降雨天数间进行 Pearson 相关性分析和主成分分析。

2　结果与分析

2.1　李产区果树种类及挂果期

通过调查，李主产区内共有果树品种 11 种，1-3 月挂果的水果有三华李、三月李、酸梅、枇杷和马水橘；4-6 月挂果的水果有三华李、三月李、沙糖橘、皇帝柑、山楂、酸梅、柚、黄皮、柠檬、枇杷和柿子；7-9 月挂果的水果有三华李、马水橘、沙糖橘、皇帝柑、山楂、柚、黄皮、柠檬和柿子；10-12 月挂果的水果有马水橘、沙糖橘、皇帝柑、山楂、柚、柠檬和柿子（表 2）。其中，橘小实蝇的潜在寄主为酸梅、枇杷、沙糖橘、皇帝柑、柚、黄皮和柿子。

2.2　橘小实蝇寄主受害率

在李产区内，4-11 月份橘小实蝇可转移为害除马水橘、山楂和柠檬外的寄主。最先受橘小实蝇为害的寄主为枇杷（4 月），受害率达 2%。随后转移为害三月李、三华李、酸梅和黄皮（5-8 月），其中 5-7 月三月李的受害率分别达 4%、10% 和 14%，6-8 月三华李的受害率分别达 12%、22% 和 14%，5 月酸梅受害率为 4%，7-8 月黄皮的受害率分别达 6%和 10%；再转移为害沙糖橘、皇帝柑、柚和柿（9-10 月），其中 9 月柚的受害率为 8%，10 月沙糖橘、皇帝柑和柿的受害率分别为 4%、2% 和 4%；最后转移为害柿（11 月），受害率为 2%。12 月-次年 3 月，未见其寄主受害（表 3）。

2.3　橘小实蝇成虫种群动态

由图 1 可知，在李产区，橘小实蝇性信息素诱捕器监测到该虫的始见日和终见日分别为 4 月 26 日和 12 月 22 日；一年中，在多数果园内均有 2 个明显的成虫发生高峰期，分别在 7 月上旬和 9 月中旬，如山楂、柚、黄帝柑和杂果园等；少数果园内仅有 7 月份 1 个成虫发生高峰期，如酸梅、三月李、三华李等。

2.4　橘小实蝇成虫种群动态与气象因子的相关性

通过对李主产区不同寄主的橘小实蝇种群动态与气象因子的 Pearson 相关性分析可知，橘小实蝇的种群动态与半月平均气温（X_1）、半月平均最高气温（X_2）和半月平均最低温（X_3）呈显著正相关，与降雨天数（X_5）成正相关，但关系不显著，与降雨量无相关性（表 4）。由表 5 可知，李产区气象因子之间存在一定的相关性，可以使用主成分分析。通过主成分分析发现（表 6），第一主成分、第二主成分累计贡献率达到了 93.583%，占全部性状信息的 90%以上，故选取第一主成分、第二主成分作为李主产区气象因子的综合指标来分析其对橘小实蝇种群动态的影响。其中，第一主成分的贡献率为 58.658%，主要依赖于半月平均气温（X_1）、半月平均最高气温（X_2）和半月平均最低温（X_3），因此将其称为气温因子；第二主成分贡献率为 34.924%，主要依赖于半月平均降雨量和半月降雨天数（X_5），因此将其称为降雨因子（表 7）。结合 Pearson 相关性分析可知，李产区橘小实蝇种群动态主要受气温因子的影响。

3　讨论

对李主产区各寄主受害率的调查结果表明，李产区橘小实蝇的潜在寄主为枇杷、酸梅、黄皮、沙糖橘、皇帝柑、柚和柿，其转移为害规律与其寄主成熟期紧密相关。相关研究表明，虽然橘小实蝇在各地的转移为害规律各异，但均与寄主果实成熟期紧密相关（陈鹏等，2006；袁盛勇等，2007；张小亚等，2011；明珂等，2014；段云博，2018；全金成等，2019；巫辅民，2019；朱俐遐等，2019；黄爱玲，2020；黄慧欣，2020），说

表 2　李主产区橘小实蝇寄主果实成熟期（贺州八步，2018-2019）

Table 2　Maturity period of host fruits *Bactrocera dorsalis* in the plum producing area (Babu district, Hezhou city, 2018-2019)

寄主品种 Host varieties	2018																				2019				
	3 月 Mar.	4 月 Apr.		5 月 May		6 月 June		7 月 July		8 月 Aug.		9 月 Sep.		10 月 Oct.		11 月 Nov.		12 月 Dec.		1 月 Jan.		2 月 Feb.		3 月 Mar.
	L	F	L	F	L	F	L	F	L	F	L	F	L	F	L	F	L	F	L	F	L	F	L	F
三月李 *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Sanyue’	○	○	○	○	●	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	○	○
三华李 *P. salicina* Lindl. cv. ‘Sanhua’	○	○	○	○	○	○	●	●	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
马水橘 *Fortunella margarita* (Lour.) Swingle cv. ‘Mashui’	–	–	–	–	–	–	–	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
沙糖橘 *Citrus reticulate* Blanco cv. ‘Shatangju’	–	–	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	–	–	–	–	–
黄帝柑 *C. reticulata* Blanco cv. ‘Huangdi’	–	–	–	–	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●	–	–	–	–	–	–
山楂 *Crataegus pinnatifida* Bge.	–	–	–	–	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
酸梅 *Prunus mume* (Sieb.) Sieb. et Zucc.	○	●	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	○	○
柚 *C. maxima* (Burm) Merr.	–	–	–	–	–	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–
黄皮 *Clausena lansium* (Lour.) Skeels.	–	–	–	–	–	○	○	○	○	●	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
柠檬 *C. limon* (L.) Burm. f.	–	–	–	–	–	–	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●	–	–	–	–	–
柿子 *Diospyros kaki* Thunb.	–	–	–	–	–	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	●	●	–	–	–	–	–	–
枇杷 *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.	○	●	●	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	○	○

F 和 L 分别表示上半月和下半月；○表示果实未成熟；●表示果实成熟；–表示未挂果。

F and L represents the first and latter half of the month, respectively; ○ indicates immature period of fruits; ● indicates mature period of fruits; – indicates no fruit.

表 3　李主产区橘小实蝇寄主受害率（贺州八步，2018-2019）

Table 3　Damage rate of host fruits by *Bactrocera dorsarlis* in the plum producing area (Babu district, Hezhou city, 2018-2019)

寄主品种 Host varieties	受害率（%）Damage rate												
	3 月 Mar.	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.	10 月 Oct.	11 月 Nov.	12 月 Dec.	1 月 Jan.	2 月 Feb.	3 月 Mar.
三月李 *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Sanyue’	–	0	4	10	14	–	–	–	–	–	–	–	–
三华李 *P. salicina* Lindl. cv. ‘Sanhua’	–	–	0	12	22	14	–	–	–	–	–	–	–
马水橘 *Fortunella margarita* (Lour.) Swingle cv. ‘Mashui’	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0	0	0	–
沙糖橘 *Citrus reticulate* Blanco cv. ‘Shatangju’	–	–	–	–	–	–	–	4	0	0	–	–	–
黄帝柑 *C. reticulata* Blanco cv. ‘Huangdi’	–	–	–	–	–	–	–	2	0	–	–	–	–
山楂 *Crataegus pinnatifida* Bge.	–	–	–	–	–	–	0	0	–		–	–	–
酸梅 *Prunus mume* (Sieb.) Sieb. et Zucc.	–	0	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
柚 *C. maxima* (Burm) Merr.	–	–	–	–	–	–	8	–	–	–	–	–	–
黄皮 *Clausena lansium* (Lour.) Skeels.	–	–	–	–	6	10	–	–	–	–	–	–	–
柠檬 *C. limon* (L.) Burm. f.	–	–	–	–	–	–	–	–	0	0	–	–	–
柿子 *Diospyros kaki* Thunb.	–	–	–	–	–	–	–	4	2	0	–	–	–
枇杷 *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.	–	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

–表示无落果。

– indicates no fruit abscission.

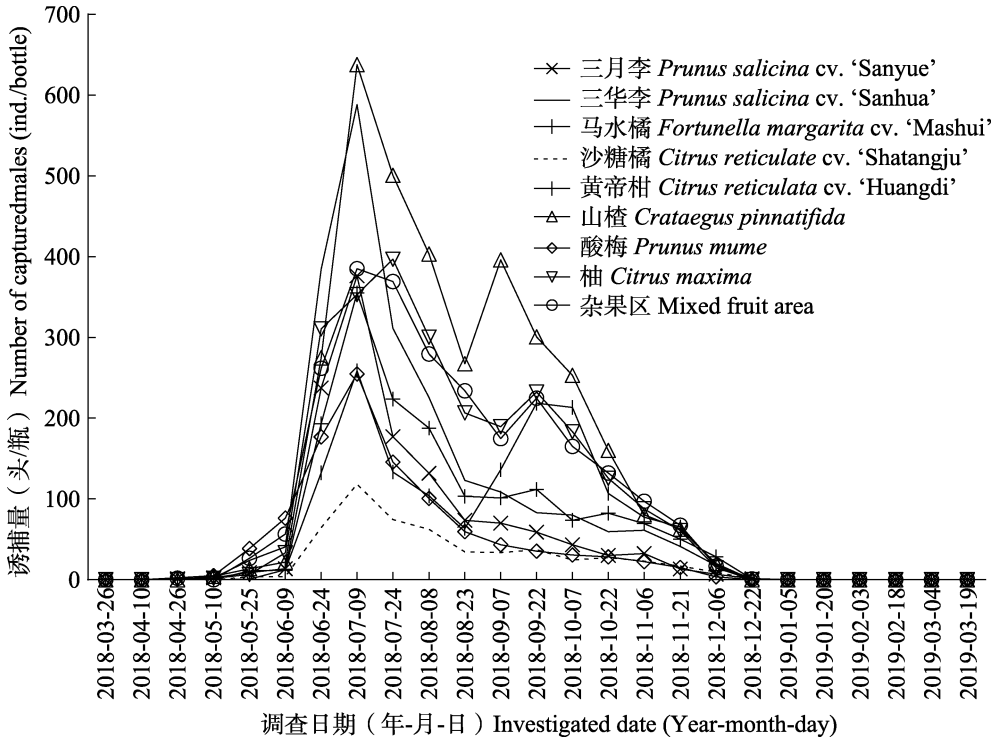

图 1　李产区橘小实蝇寄主园内性信息素诱捕的雄成虫数量（贺州八步，2018-2019）

Fig. 1　Number of male adults of *Bactrocera dorsalis* captured by sex pheromone traps in their different hosts orchards (Babu district, Hezhou city, 2018-2019)

表 4　橘小实蝇成虫种群动态与气象因子的相关性（贺州八步，2018-2019）

Table 4　Relationship between meteorological factors and the population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Babu district, Hezhou city, 2018-2019)

果树品种 Fruit varieties	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
三月李 *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Sanyue’	0.580**	0.581**	0.572**	− 0.037	0.212
三华李 *P. salicina* Lindl. cv. ‘Sanhua’	0.597**	0.577**	0.595**	− 0.048	0.205
马水橘 *Fortunella margarita* (Lour.) Swingle cv. ‘Mashui’	0.502*	0.622**	0.576**	− 0.015	0.126
沙糖橘 *Citrus reticulate* Blanco cv. ‘Shatangju’	0.650**	0.628**	0.642**	− 0.015	0.206
黄帝柑 *C. reticulata* Blanco cv. ‘Huangdi’	0.609**	0.607**	0.555**	0.099	0.117
山楂 *Crataegus pinnatifida* Bge.	0.692**	0.739**	0.706**	0.009	0.186
酸梅 *Prunus mume* (Sieb.) Sieb. et Zucc.	0.493*	0.714**	0.709**	0.029	0.177
柚 *C. maxima* (Burm) Merr.	0.710**	0.737**	0.700**	− 0.017	0.170
杂果区 Mixed fruit area	0.731**	0.753**	0.718**	− 0.006	0.170

X_1-X_5 分别表示半月平均气温、半月平均最高气温（℃）、半月平均最低气温（℃）、半月平均降雨量（mm）和半月降雨天数。下表同。*表示 $P < 0.05$，**表示 $P < 0.01$。

X_1-X_5 represents the 15 days mean air temperature (℃), mean maximum air temperature (℃), mean minimum air temperature (℃), mean rainfall amounts (mm), and rainfall days, respectively. The same below. * represents significant difference ($P < 0.05$), ** represents extremely significant difference ($P < 0.01$).

明橘小实蝇能准确识别果实成熟度，判断是否利于其产卵。

本研究使用橘小实蝇性信息素诱集瓶对李主产区不同寄主园内橘小实蝇的种群动态进行了全年监测，结果表明李产区橘小实蝇在李和其它潜在寄主的发生规律存在一定差异，橘小实蝇

表 5　李主产区气象因子的相关性分析

Table 5　The correlation analysis of meteorological factor in the plum producing area

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
X_1		0.970	0.986	0.029	− 0.034
X_2	0.000		0.940	0.061	0.022
X_3	0.000	0.000		0.019	− 0.032
X_4	0.445	0.386	0.465		0.745
X_5	0.436	0.458	0.440	0.000	

对角线以上表示相关系数，对角线以下表示相关系数的显著水平。

Above diagonal is correlation coefficient, and below diagonal is significant level of the correlation coefficient.

表 6　气象因子相关矩阵的主成分载荷值、特征值、贡献率及累计贡献率

Table 6　Load values of principal components, characteristic values, variance proportion and cumulative variance proportion of main meteorological factors

主成分 Principal components	主成分载荷值 Load values of principal components					特征值 Eigenvalue	方差贡献率（%） Variance proportion	累积方差贡献率（%） Cumulative variance proportion
	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5			
Prin 1	0.997	0.981	0.986	0.055	− 0.002	2.933	58.658	58.658
Prin 2	− 0.032	0.017	− 0.036	0.933	0.935	1.746	34.924	93.583
Prin 3	− 0.011	0.027	0.005	− 0.357	0.355	0.254	5.081	98.664
Prin 4	0.032	− 0.188	0.154	− 0.001	0.012	0.060	1.203	99.867
Prin 5	0.065	− 0.024	− 0.042	− 0.002	0.003	0.007	0.133	100.000

表 7　气象因子特征向量矩阵

Table 7　The feature vector matrix of main meteorological

气候因素 Meteorological factor	第一主成分 First principal components	第二主成分 Second principal components
半月平均气温 The average temperature of half a month	0.582	− 0.024
半月平均最高气温 The average maximum temperature for half a month	0.573	0.013
半月平均最低气温 The mean minimum temperature for half a month	0.576	− 0.027
半月平均降雨量 Mean rainfall for half a month	0.032	0.706
半月降雨天数 Rainfall days for half a month	− 0.001	0.707

在三月李与三华李上的发生规律呈单峰型，其发生高峰出现在 7 月上半月，而在柚、山楂、皇帝柑、酸梅和杂果区中，橘小实蝇的发生规律为双峰型，其发生高峰分别出现在 7 月上半月与 9 月下半月。我们认为李与其它潜在寄主出现这种差异可能源于 6 月份主栽作物的挂果、成熟，足量的寄主以及适宜的气候条件导致了橘小实蝇的大量繁殖，因此所有的果园都在 7 月份出现了一个发生高峰，后由于主栽作物三月李、三华李被全部采摘（包括虫果），李产区橘小实蝇的发生数量随之下降，而在 9 月份，随着柚、山楂、皇帝柑、酸梅和杂果区潜在寄主相继在 9 月下半月挂果、成熟。因此，在这些寄主园区中，橘小实蝇出现了第 2 个发生高峰。

经 Pearson 相关性分析和主成分分析发现，李产区橘小实蝇转移为害规律主要受气温因素的影响，半月降雨天数也对其存在一定的影响。这与在广西桂林和南宁、湖北武汉、云南西双版纳和海南儋州等不同地区的研究结果相类似（刘奎等，2016；张振宇等，2018；全金成等，2019；黄慧欣等，2020）。刘建宏和叶辉（2005）研究发现，当环境温度低于 10 ℃时，大部分橘小实蝇成虫将停止活动并大量死亡，而广西李主产区位于贺州市八步区，该地 1-3 月月均最低温度均低于 10 ℃，可能是导致该段时间未发现橘小实蝇成虫的主要原因。

根据李产区内橘小实蝇寄主受害情况，枇杷为全年最早受橘小实蝇为害的寄主果实，随后转移至三月李和三华李上为害，因此,枇杷上的橘小实蝇种群是为害李产区主栽果树三月李和三华李果实橘小实蝇种群的重要来源之一。建议当地在 4 月份采取多种措施集中防治枇杷上的橘小实蝇（如及时处理橘小实蝇为害造成的落果、性诱和食诱成虫、翻耕枇杷树冠下的土壤），将其种群数量降至最低，可有效减轻后期对三月李和三华李等其他果树的为害。

参考文献 (References)

Cen JY, 2010. The occurrence status of *Prunus salicina* main diseases and discussion of pests and the comprehensive harmless control technology. *Chinese Horticulture Abstracts*, 26(3): 47–48. [岑家燕, 2010. 三华李主要病虫害发生状况与无害化综合治理技术探讨. 中国园艺文摘, 26(3): 47–48.]

Chen P, Ye H, Liu JH, 2006. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) along with analysis on the factors influencing the population in Ruili, Yunnan province. *Acta Ecologica Sinic*, 26(9): 2801–2809. [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. 生态学报, 26(9): 2801–2809.]

Clarke AR, 2017. Why so many polyphagous fruit flies (Diptera: Tephritidae)? A further contribution to the 'generalism' debate. *Biological Journal of the Linnean Society*, 120(2): 245–257.

Duan YB, 2018. Studies on the occurrence regulation of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in the citrus-and mango-producing areas. Master dissertation. Nanning: Guangxi University. [段云博, 2018. 柑橘和芒果主产区橘小实蝇的发生及转移为害规律研究. 硕士学位论文. 南宁: 广西大学.]

Huang AL, 2020. Studies on the pattern of transferring damage and host reference of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in the guava producing area. Master dissertation. Nanning: Guangxi University. [黄爱玲, 2020. 番石榴产区橘小实蝇转移为害规律及寄主偏好性研究. 硕士学位论文. 南宁: 广西大学.]

Huang HX, He CW, Li Y, Huang AL, Wang XY, Zheng XL, Lu W, 2020. Population dynamics of adults of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in pitaya production areas of Nanning. *South China Fruits*, 49(2): 65–70. [黄慧欣, 何昌玮, 李媛, 黄爱玲, 王小云, 郑霞林, 陆温, 2020. 南宁市火龙果产区桔小实蝇成虫消长规律研究. 中国南方果树, 49(2): 65–70.]

Huang HX, 2020. Study on oviposition selectivity of *Bactrocera dorsarlis* (Hendel) to several different species of pitaya. Master dissertation. Nanning: Guangxi University. [黄慧欣, 2020. 火龙果主产区橘小实蝇发生规律及寄主定位研究. 硕士学位论文. 南宁: 广西大学.]

Kong LB, Lin W, Li ZH, Huang GS, Liang YB, 2008. Effects of climatic factors on the growth and geographical distribution of oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*. *Chinese Bulletin of Etomology*, 45(4): 558–531. [孔令斌, 林伟, 李志红, 黄冠胜, 梁忆冰, 2008. 气候因子对橘小实蝇生长发育及地理分布的影响. 昆虫知识, 45(4): 558–531.]

Li GP, Bian QL, He YB, Chang JM, Liang JL, Xie JH, Zhan RL, 2011. Preliminary tests on trapping and killing of *Bactrocera dorsalis* on *Prunus salicina*. *Plant Protection*, 37(4): 170–172. [李国平, 边全乐, 何衍彪, 常金梅, 梁居林, 谢江辉, 詹儒林, 2011. 三华李橘小实蝇诱杀试验初报. 植物保护, 37(4): 170–172.]

Li Y, Huang AL, Huang HX, Wang XY, Zheng XL, Lu W, 2020. Oviposition selectivity of *Bactrocera dorsalia* (Hendel) to *Prunus salicina*. *Journal of Southern Agriculture*, 51(2): 319–326. [李媛, 黄爱玲, 黄慧欣, 王小云, 郑霞林, 陆温, 2020. 橘小实蝇对三华李果实的产卵选择. 南方农业学报, 51(2): 319–326.]

Li ZJ, 2016. Cultivation and management techniques of *Prunus salicina* Lindl. cv. ‘Sanhua’. *Xiandai Horticulture*, (13): 56–57. [李志坚, 2016. 三华李结果树栽培管理技术. 现代园艺, (13): 56–57.]

Liu JH, Ye H, 2005. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Yuanjiang dry-hot valley, Yunnan. *Acta Entomologica Sinica*, 48(5): 706–711. [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. 昆虫学报, 48(5): 706–711.]

Liu K, Tang LD, Qiu HY, Fu BL, 2016. Adult population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Danzhou city, Hainan.

Journal of Biosafety, 25(1): 23–26. [刘奎, 唐良德, 邱海燕, 付步礼, 2016. 海南儋州地区橘小实蝇成虫数量动态. 生物安全学报, 25(1): 23–26.]

Lü X, Han SC, Xu JL, Huang H, Wu H, Ou JF, Sun L, 2008. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Guangzhou, Guangdong province, with analysis of the climate factors. *Acta Ecologica Sinica*, 28(4): 1850–1856. [吕欣, 韩诗畴, 徐洁莲, 黄鸿, 吴华, 欧剑锋, 孙力, 2008. 广州桔小实蝇 *Bactrocera dorsalis* (Hendel)发生动态及气象因子. 生态学报, 28(4): 1850–1856.]

Ming K, Zhong LQ, Wang EG, 2014. Dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) population in Taizhou. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, (6): 872–873, 877. [明珂, 钟列权, 汪恩国, 2014. 台州地区柑橘小实蝇种群消长规律. 浙江农业科学, 55(6): 872–873, 877.]

Quan JC, Wan BX, Jiang YH, Men YJ, Huang JM, Chen GF, LU W, Zhen XL, 2019. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* Hendel at different habitats in relation to meteorological factors. *Journal of Fruit Science*, 36(6): 785–792. [全金成, 万保雄, 江一红, 门友均, 黄金盟, 陈贵峰, 陆温, 郑霞林, 2019. 不同生境下橘小实蝇种群消长规律及其与气象要素的相关性. 果树学报, 36(6): 785–792.]

Wang EG, Wang YC, Yu SH, Wang HF, 2013. Population dynamics of the oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis*) in citrus orchard at Linhai, Zhejiang Province, China. *Journal of Biosafety*, 22(2): 91–96. [汪恩国, 王永才, 余山红, 王会福, 2013. 临海柑橘园橘小实蝇种群数量消长规律. 生物安全学报, 22(2): 91–96.]

Wu FM, 2019. Study on the occurrence regulation of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in the major-persimmon producing areas of Guangxi. Master dissertation. Nanning: Guangxi University. [巫辅民, 2019. 广西柿子主产区橘小实蝇的发生及转移为害规律研究. 硕士学位论文. 南宁: 广西大学.]

Xiao N, Zhou YT, Li YH, Ke PQ, Qiu BL, 2015. Disease and pests management of *Prunus* sp. 'Sanhua'. *Guangdong Forestry Science and Technology*, 31(5): 102–105. [肖宁, 周雅婷, 李翌菡, 柯沛强, 邱宝利, 2015. 三华李重要病害虫防治技术. 广东林业科技, 31(5): 102–105.]

Yang AM, Li HY, Quan JC, Huang JM, Liang RZ, Wang LX, Wan BX, 2020. A study on fruit quality of six mid-ripening plum variety in Guangxi. *Southern Horticulture*, 31(6): 30–33. [阳爱民, 李海炎, 全金成, 黄金盟, 梁瑞郑, 王立新, 万保雄, 2020. 广西 6 个中熟李品种果实品质研究初报. 南方园艺, 31(6): 30–33.]

Ye H, Liu JH, 2005. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae) in Xishuangbanna of Southern Yunnan. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 16(7): 1330–1334. [叶辉, 刘建宏, 2005. 云南西双版纳桔小实蝇种群动态. 应用生态学报, 16(7): 1330–1334.]

Yuan SY, Kong Q, Tian XJ, Li ZY, Xiao C, Wu SR, 2007. Study on occurrence and integrated control techniques of *Bactrocera dorsalis* in the pomegranate orchard in Mengzi. *South China Fruits*, 36(4): 73–75. [袁盛勇, 孔琼, 田学军, 李正跃, 肖春, 伍苏然, 2007. 蒙自石榴园桔小实蝇发生与综合防治技术研究. 中国南方果树, 36(4): 73–75.]

Zhang XY, Chen GQ, Meng YQ, Huang ZD, 2011. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) transferring damage on different hosts. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, (3): 631–633. [张小亚, 陈国庆, 孟幼青, 黄振东, 2011. 橘小实蝇转主寄生的种群动态. 浙江农业科学, 52(3): 631–633.]

Zhang ZY, Li L, Deng Y, Jiao L, Ling XX, Zhang HY, 2018. Population dynamics of fruit fly pests in Wuhan, Hubei province. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 37(5): 52–58. [张振宇, 李亮, 邓义, 焦丽, 凌霄霞, 张宏宇, 2018. 湖北武汉果实蝇害虫种群动态调查. 华中农业大学学报, 37(5): 52–58.]

Zhu JY, Xiao C, Yan NS, Yuan SY, 2004. Study on bionomics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel). *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 23(1): 46–49. [朱家颖, 肖春, 严乃胜, 袁盛勇, 2004. 橘小实蝇生物学特性研究. 山地农业生物学报, 23(1): 46–49.]

Zhu LX, Li GZ, Yao MY, Huang D, 2019. Population dynamics of *Bactrocera dorsalis* (Hendel) adult in mango orchard in Panzhihua area. *South China Fruits*, 48(2): 30–33. [朱俐遐, 李桂珍, 尧美英, 黄丹, 2019. 攀枝花地区杧果园桔小实蝇成虫种群动态规律. 中国南方果树, 48(2): 30–33.]