

湖北武汉果实蝇害虫种群动态调查

张振宇¹ 李亮¹ 邓义² 焦丽² 凌霄霞¹ 张宏宇¹

1. 华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430070; 2. 长江大学生命科学学院, 荆州 434025

摘要 为了解华中区域果实蝇害虫的发生规律和气候因子影响,以武汉市南湖地区的华中农业大学校内果园和湖北省农业科学院经济作物研究所内蔬菜基地为调查地点,于2016年4月—2017年4月使用诱蝇醚和诱蝇酮为性引诱剂开展了诱捕调查,并结合华中农业大学当年的气象记录开展了气象因子分析。结果发现,果园和蔬菜基地内诱捕的果实蝇种类为南亚果实蝇和橘小实蝇,不同调查点的种群动态模式基本一致。南亚果实蝇于5—6月初开始出现,7—8月初达到第1个高峰期,随后呈现锐减趋势,并于9月下旬—10月出现第2个小高峰(梨园和蔬菜基地除外);而橘小实蝇主要于6月下旬之后开始出现,8月下旬—9月上旬达到高峰期,且未出现第2个小高峰(橘园除外);表明这2种果实蝇的发生呈现明显的错峰现象。通过相关性和主成分统计分析,推测气温条件(包括平均气温、平均最低温、平均最高温)和平均日照时数为影响果实蝇种群动态的关键气候因子。

关键词 南亚果实蝇; 橘小实蝇; 湖北武汉南湖地区; 种群动态; 气候因子

中图分类号 S 431 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2018)05-0052-07

果实蝇害虫是一大类可造成重大经济损失的害虫。主要隶属于双翅目(Diptera)的实蝇科(Tephritidae),广泛分布于北极和南极之外的世界各地,但以热带和亚热带发生为主,取食为害水果和蔬菜瓜果,对当地的农业生产往往造成严重损失,目前已有64个国家和地区不同程度地将果实蝇列为植物检疫危险性害虫^[1-2]。在我国,尤其是南方地区,主要果实蝇害虫种类为橘小实蝇[*Bactrocera dorsalis* (Hendel)]、瓜实蝇[*B. cucurbitae* (Coquillett)]和南亚果实蝇[*B. tau* (Walder)],其雌成虫将虫卵产于新鲜水果或蔬菜瓜果的表皮之下,形成逐渐异化腐败的产卵孔,而幼虫孵化后取食果肉组织,也造成果实腐烂、落果,丧失经济使用价值。同时,这3种果实蝇害虫的为害寄主范围非常广,以热带和亚热带的果蔬植物为主。其中,橘小实蝇的寄主范围包括46个科的250多种作物果实,但以包括柑橘、桃、梨在内的水果为主;而瓜实蝇和南亚果实蝇的寄主以葫芦科和茄科类蔬菜瓜果为主,同时也可取食为害部分水果,寄主范围分别达到100多种和70余种^[3-4]。由于其特殊的产卵和幼虫取食习性、以及广泛的寄主种类,在我国华南、西南地区广泛发生,部分地区发生严重,造成了巨大的经济损失^[3,5-6]。

与我国南方地区相比,华中地区的果实蝇害虫发生种类和发生规律可能具有不同的特点,然而相关的调查报道较为少见且不系统。相对于华南和西南地区,华中地区的纬度更高、年平均温度和冬季平均温度更低^[7],因此,果实蝇在当地的越冬情况和发生规律可能显著不同。另一方面,近年来全球气候变暖显著改变华中地区气候条件,造成当地月平均气温、冬季平均气温和降水量都呈现增加趋势^[8-9],将有利于果实蝇害虫的越冬,使其适生区北移;而农作物种植结构的改变,尤其是蔬菜等经济作物种植面积的持续增长^[10-11],也为果实蝇害虫的发生提供了有利的寄主条件。因此,相对于过去中短期的调查结果^[1,12],近期华中地区的果实蝇类害虫发生规律和环境因子可能也有显著变化。但是目前这方面的调查研究非常缺乏。

为了解当前气候和农业种植条件下华中区域的果实蝇害虫主要发生种类和发生动态,笔者于2016年4月—2017年4月,对武汉南湖地区的华中农业大学校内果园和湖北省农业科学院经济作物研究所内蔬菜基地中的果实蝇进行了周年持续调查,并分析主要的气候影响因子,旨在为华中地区果实蝇害虫的预测与防控提供基础理论数据。

收稿日期: 2018-05-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(31501634); 国家重点研发计划项目(2017YFD0202000)

张振宇, 博士, 讲师. 研究方向: 柑橘害虫绿色防控. E-mail: Zhangzhenyu@mail.hzau.edu.cn

通信作者: 张宏宇, 博士, 教授. 研究方向: 柑橘害虫绿色防控. E-mail: hongyu.zhang@mail.hzau.edu.cn

1 材料与方 法

1.1 试验材料

橘小实蝇的性引诱剂为99%的诱蝇醚(Methyl eugenol),而南亚果实蝇和瓜实蝇的性引诱剂为99%诱蝇酮(Cuelure),皆为常州市禾丰生化研究所产品。果实蝇诱捕器依据专利技术CN 201976635 U设计,由广州多宇多生物科技有限公司生产。

1.2 试验方法

诱捕实蝇的方法参照诱捕器说明书,即将500 μL 果实蝇性引诱剂滴加至诱捕器内吊杆底部的吸药板,组装好后悬挂于距离地面1~1.5 m的粗壮枝条上。各诱捕器距离>50 m。每隔15 d调查1次,收集诱捕器中的实蝇虫体并保存于75%乙醇,于当日内送回实验室完成形态鉴定与计数,同时清理诱捕器,补充新的性引诱剂500 μL 。

调查地点包括武汉市华中农业大学校园内南湖沿岸的3个果园和湖北省农业科学院经济作物研究所内的1个蔬菜基地:(1)华中农业大学内梨园,位置最靠北,面积约为3 540 m^2 ,园内种植品种主要为丰水梨、筑水梨,周围种植柿子树、枇杷树、橘树,设置5个诱虫瓶;(2)华中农业大学内桃园,位于梨园南方500 m左右,面积约为6 600 m^2 ,园内种植品种主要为砂子早生、曝光油桃,周围种植李树、橘树,设置5个诱虫瓶;(3)华中农业大学内橘园,位置最靠南,位于桃园南方800 m左右,面积约为7 560 m^2 ,园内种植品种主要为温州蜜柑和柚子,周围以水塘为主,设置4个诱虫瓶;(4)湖北省农业科学院经济作物研究所内蔬菜基地,面积约为3 520 m^2 ,于每年3—9月种植瓜果蔬菜(包括丝瓜、黄瓜、南瓜、苦瓜、茄子),10月—次年3月搭棚种植叶菜类蔬

菜,设置5个诱虫瓶。

1.3 气象数据

研究所采用的华中农业大学气象原始记录数据由农业部长江中游作物生理生态与耕作重点实验室提供。根据2个调查时间点之间的原始记录数据计算平均值,可获得后一个调查时间点对应的平均气温、平均最低温、平均最高温、平均相对湿度、平均风速、平均风向角度、平均降雨量和平均日照时数。

1.4 数据分析

不同气象因子与实蝇发生动态之间的相关性、主成分分析通过SPSS软件(v. 13.0)完成。数据分析结果表示为“平均值 \pm 标准误”(Mean \pm S.E.),图中误差线表示标准误(S.E.)大小。

2 结果与分析

2.1 诱捕实蝇害虫种类与性比

在2016年4月—2017年4月的调查期间,共诱捕到2 271头实蝇害虫,通过果实蝇害虫的形态学特征^[13]观察鉴定,仅鉴定出南亚果实蝇和橘小实蝇,分别占比为72.8%和27.2%。外生殖器的观察鉴定结果证明诱捕个体全部为雌性。

2.2 果实蝇在橘园的年发生动态

在华中农业大学的橘园中,南亚果实蝇和橘小实蝇分别于5月25日和8月25日出现,6月25日—8月25日和8月25日—9月10日分别为诱捕盛期,并于8月10日和9月10日分别达到最高峰,而后在10月出现第2个发生期,其中的次高峰期皆为10月10日,诱捕数量仅为最高峰的13.4%和29.4%。随后分别到11月10日和10月10日仍可诱捕到少量南亚果实蝇和橘小实蝇个体,之后果实蝇消失(图1)。

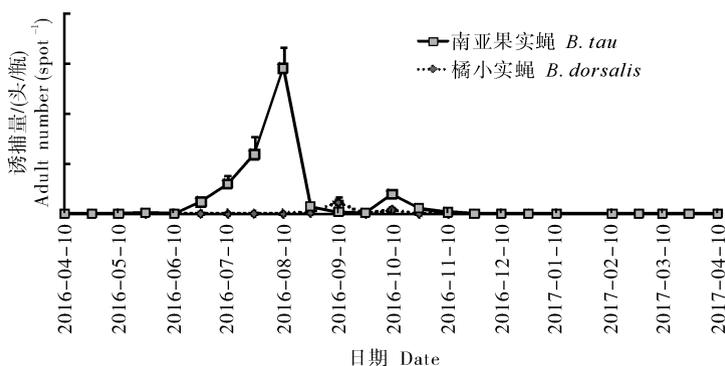


图1 橘园中果实蝇害虫发生动态

Fig.1 The population dynamics of fruit flies in the citrus orchard

2.3 果实蝇在桃园的年发生动态

在华中农业大学的桃园中,南亚果实蝇和橘小实蝇分别于 5 月 10 日和 6 月 25 日出现,6 月 25 日—8 月 25 日和 7 月 25 日—9 月 10 日为诱捕盛期,并于 8 月 10 日和 8 月 25 日分别达到最高峰;而

南亚果实蝇在 9 月下旬到 10 月中旬出现第 2 个发生期,其中的次高峰期为 9 月 25 日,诱捕数量仅为最高峰的 26.0%。随后分别到 10 月 10 日和 9 月 25 日仍可诱捕到少量南亚果实蝇和橘小实蝇个体,之后果实蝇消失(图 2)。

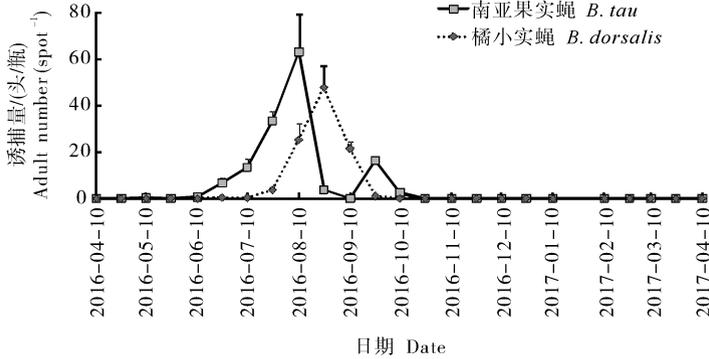


图 2 桃园中果实蝇害虫发生动态

Fig.2 The population dynamics of fruit flies in the peach orchard

2.4 果实蝇在梨园的年发生动态

在华中农业大学的梨园中,南亚果实蝇和橘小实蝇分别于 6 月 10 日和 4 月 25 日出现,6 月 25 日—8 月 25 日和 8 月 10 日—9 月 10 日为诱捕盛期,并于 7 月 25 日和 8 月 25 日分别达到最高峰;而后 2 种果实蝇皆未出现第 2 个发生期,分别到 9 月 10 日和 9 月 25 日之后未能再诱捕到个体(图 3)。

2.5 果实蝇在蔬菜基地的发生动态

在湖北省农业科学院经济作物研究所内蔬菜基地中,南亚果实蝇于 5 月 25 日出现,7 月 10 日—8 月 25 日为诱捕盛期,于 7 月 10 日达到最高峰;到 9 月 10 日之后则未能诱捕到个体。而橘小实蝇仅能在 7 月 10 日和 9 月 10 日在 1 个诱虫瓶中诱捕得到,且 7 月 10 日的诱捕量相对偏大,与南亚果实

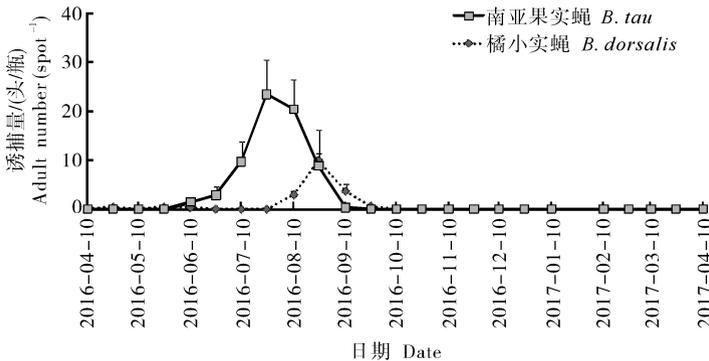


图 3 梨园中果实蝇害虫发生动态

Fig.3 The population dynamics of fruit flies in the pear orchard

蝇的高峰期一致(图 4)。

2.6 气候因子对果实蝇发生动态的影响

为进一步了解气候条件对武汉果实蝇害虫发生规律的影响,我们分析了华中农业大学的平均气温(X_1)、平均最低温(X_2)、平均最高温(X_3)、平均相对湿度(X_4)、平均风向角度(X_5)、平均风速(X_6)、平均降雨量(X_7)和平均日照时数(X_8)与 2 种主要果实蝇害虫发生动态的关系。对于南亚果实蝇,平

均气温(X_1)、平均最低温(X_2)、平均最高温(X_3)、平均日照数(X_8)与其种群动态成显著正相关($P < 0.05$),而平均风速(X_6)与其成显著负相关($P < 0.05$)(表 1)。对于橘小实蝇,平均气温(X_1)、平均最低温(X_2)、平均最高温(X_3)、平均日照数(X_4)与其种群动态成正相关,其中前 3 个气候因子的相关性达到显著性($P < 0.05$),平均日照数(X_8)的相关性接近显著水平($P = 0.068$);而平均风速

(X6)与其成显著负相关($P < 0.05$)(表 2)。进而对这 5 个气候因子进行主成分分析,发现第 1 个主成分的特征值为 3.618,贡献率为 72.352%,为最主要的主成分(表 3),根据主成分 1 在各个气候因子变量上的载荷,发现平均气温(X1)、平均最低温(X2)、平均最高温(X3)、平均日照数(X8)的载荷数值较大(> 0.740)(表 4),可认为这 4 个气候因子的综合作用对果实蝇害虫发生的影响最大;而第 2 个主成分的特征值为 0.794,贡献率为 15.89%(表 3),为辅助性主成分,其中,平均风速(X6)在主成分 2 上有高载荷($= 0.974$)(表 4),可认为平均风速气候因子能单独对果实蝇害虫发生产生显著影响。

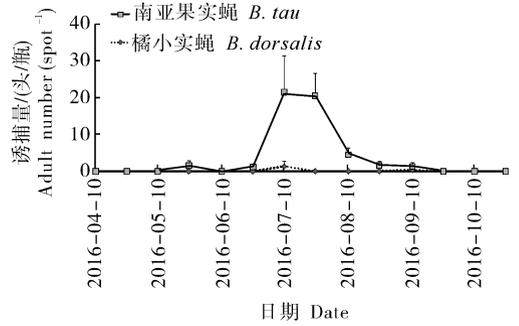


图 4 蔬菜基地中果实蝇害虫发生动态
Fig.4 The population dynamics of fruit flies in the vegetable fields

表 1 南亚果实蝇种群动态与气候因子的相关性分析

Table 1 The correlation analysis of population dynamics of *B. tau* and varied meteorological factors

项目 Item	X8	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1	<i>B. tau</i>	P
X1									0.581	0.001*
X2								0.995	0.598	0.001*
X3							0.979	0.994	0.561	0.002*
X4						-0.069	0.100	0.016	0.160	0.228
X5					0.367	0.184	0.196	0.189	0.309	0.071
X6				-0.492	-0.239	-0.391	-0.42	-0.402	-0.497	0.007*
X7			-0.071	0.047	0.503	0.204	0.283	0.248	0.205	0.169
X8		-0.228	-0.259	0.076	-0.614	0.653	0.516	0.584	0.313	0.068

表 2 橘小实蝇种群动态与气候因子的相关性分析

Table 2 The correlation analysis of population dynamics of *B. dorsalis* and varied meteorological factors

项目 Item	X8	X7	X6	X5	X4	X3	X2	X1	<i>B. dorsalis</i>	P
X1									0.561	0.002*
X2								0.995	0.548	0.003*
X3							0.979	0.994	0.571	0.002*
X4						-0.069	0.100	0.016	-0.177	0.204
X5					0.214	0.936	0.972	0.959	0.581	0.418
X6				0.293	0.367	0.184	0.196	0.189	0.045	0.001*
X7			-0.492	-0.521	-0.239	-0.391	-0.420	-0.402	-0.595	0.231
X8		-0.071	0.047	0.349	0.503	0.204	0.283	0.248	-0.158	<0.001*

表 3 主成分分析

Table 3 The main component analysis

主成分 Component	特征值 Eigen values			旋转后特征值 Rotation sums of squared loadings		
	总值 Total	方差贡献率/% Variance	累计贡献率/% Cumulative variance	总值 Total	方差贡献率/% Variance	累计贡献率/% Cumulative variance
1	3.618	72.352	72.352	3.263	65.253	65.253
2	0.794	15.890	88.242	1.149	22.989	88.242
3	0.582	11.636	99.879			
4	0.006	0.119	99.997			

3 讨论

本研究采用诱蝇醚和诱蝇酮作为果实蝇害虫性诱剂,仅仅引诱到橘小实蝇和南亚果实蝇,而未发现瓜实蝇的发生。这与华南、西南地区的果实蝇发生危害严重地区的调查结果显著不同,大量相关研究发现在当地使用诱蝇酮可同时引诱到瓜实蝇和南亚

果实蝇,且瓜实蝇的发生程度更高^[4,14-16]。造成此发生模式地区差异的原因可能与武汉地区更高的纬度气候条件,尤其是冬季相对低温的特点,以及果实蝇害虫的生物学特性,尤其是低温生长发育能力差异有关。南亚果实蝇的幼虫、产卵前期和全世代的发育起点温度均被证明明显低于瓜实蝇^[17-18]。目前虽然没有武汉地区南亚果实蝇和瓜实蝇的越冬能力

表 4 主成分矩阵

Table 4 The main component matrix

项目 Item	主成分 Component	
	1	2
X1	0.948	-0.254
X2	0.920	-0.288
X3	0.966	-0.228
X6	-0.188	0.974
X8	0.740	-0.036

注: X1~X3、X6、X8 分别表示平均气温(X1)、平均最低温(X2)、平均最高温(X3)、平均风速(X6)、平均日照时数(X8)。Note: X1-X3, X6, X8 represent the average temperature (X1), average minimal temperature (X2), average maximal temperature (X3), average wind speed (X6), average sunshine duration (X8), respectively.

研究报道,但根据作者个人经验,南亚果实蝇成虫在武汉地区冬季的晴好天气仍然可见活动迹象,但从未发现瓜实蝇的活动。事实上,已有研究证明,南亚果实蝇具有更广的适生区范围、更高的适生区纬度,说明其具有更强的适应低温环境的能力。例如,根据吴淇铭^[7]的预测结果,南亚果实蝇的高风险区北界可达到辽东半岛和黄河以北,而瓜实蝇的高风险区北界仅达到淮河以南。因此,推测南亚果实蝇相对于瓜实蝇更加适应武汉的冬季低温条件,导致其更早发生,占据有利的生态位。另一方面,2种实蝇的寄主范围,尤其偏好寄主对象非常相似,同时出现在一个地区会产生明显的生态位竞争,因此,瓜实蝇可能处于不利的竞争地位而导致种群规模的抑制。

另外,通过南亚果实蝇和橘小实蝇的对比发现,目前武汉南湖地区的果实蝇害虫发生结构表现为南亚果实蝇发生强于橘小实蝇。本研究不仅证明诱捕获得的南亚果实蝇总数为橘小实蝇的 2.68 倍,而且在发生高峰期前者的数量也显著高于后者(图 1~4),与华南和西南地区具有显著不同^[14,16]。此现象的产生可能与近年来包括南湖地区在内的武汉及其周边地区果园种植面积缩减,而春夏季瓜果蔬菜种植面积显著增加的变化趋势密切相关,造成橘小实蝇和南亚果实蝇的寄主来源出现一消一长的特点,直接影响其发生规模。而且随着果园管理的日益规范,尤其是果树种植采取单一化和规模化管理,使得橘小实蝇难以连续获得合适的寄主水果,抑制了其全年发生的频次和数量;相反,蔬菜瓜果的种植则更为自由,种类繁多,使得南亚果实蝇在 5—8 月能迭代发生,种群规模可持续甚至于爆发性增长,从而导致南亚果实蝇的发生日益严重。另外,虽然南亚果实蝇偏好性寄主为蔬菜瓜果类,但已有研究证明其可以通过机械损伤导致的穿孔或橘小实蝇的产卵孔

在水果中产卵,从而与橘小实蝇产生生态位竞争^[19],而且在此过程中可能处于优势地位^[12]。这些皆有利于南亚果实蝇的发生及其在与橘小实蝇的竞争过程中的优势地位。

本研究发现南亚果实蝇在蔬菜地和果园的种群动态呈现基本一致的规律,皆于 5—6 月开始出现,7—8 月初达到第 1 个高峰期,随后诱捕数量锐减甚至消失,9 月下旬—10 月出现第 2 个小高峰,但诱捕数量显著低于第 1 个高峰(<30%)。这要显著晚于华南和西南地区的发生时期和高峰期^[16,20],与纬度的差异特点一致。具体分析南亚果实蝇种群动态的影响因子,可发现其第 1 个发生盛期和高峰期的出现与武汉地区种植的瓜果类蔬菜(例如丝瓜、黄瓜、南瓜、苦瓜、西葫芦、番茄、茄子等)的主要挂果成熟期(5—8 月)基本一致,而后随着下半年换种叶类蔬菜,南亚果实蝇的诱捕数量显著降低。这种种群数量波动与寄主成熟期基本一致的特点说明寄主的生长和成熟时期是影响南亚果实蝇种群发生与高峰期的关键因素之一,因此,本研究中诱捕得到的南亚果实蝇主要来源于蔬菜种植地(例如本研究中的蔬菜基地),果园中的南亚果实蝇主要为迁移过境的个体^[21]。而气候因子分析结果说明温度条件(包括平均气温、平均最低气温、平均最高气温)是影响南亚果实蝇发生的关键气候因子,这与云南和海南地区调查结果一致^[14,22]。在 5—8 月初温度和南亚果实蝇的数量呈现明显的正相关,这可能是由于随着温度升高,有利于其越冬虫发育起始,并加快虫体发育速度;同时可通过影响寄主的发育成熟时期而对其发生盛期和高峰期产生决定性影响。而到 8 月份,其平均气温>30℃、平均最高气温>35℃,尤其是 8 月 25 日达到最高值,已有研究证明高于 30℃的气温条件反而不利于南亚果实蝇的生长发育^[23],因此,8 月的高温条件可能是导致其第 1 个高峰期之后数量锐减的主要原因。另外,平均风速与南亚果实蝇的发生呈现显著的负相关,在春秋季节较低的风速反而有利于南亚果实蝇的发生,相关的原因还不清楚。

本研究中的橘小实蝇主要在果园中诱捕得到,而且其发生高峰期集中于 8 月下旬—9 月上旬。根据 3 个果园中的树种,仅有梨园的成熟期与此时间相吻合,且调查期间梨园也出现大量的落果,因此,在梨园诱捕得到的橘小实蝇可能为园区发生或被吸引而来的个体;而桃树和橘树的成熟期分别为 5 月下旬—6 月下旬和 10—12 月,分别早于和晚于橘小

实蝇的发生高峰期,不可能为园区内自然发生的种群,考虑到橘小实蝇具有较强的飞行迁移能力^[24],推测本研究中桃园和橘园诱捕获得的橘小实蝇为华中农业大学内梨树、李子树或周边地区果园来源的迁移过境的个体。而桃园内诱捕橘小实蝇高峰期的虫体数量最多,可能是由于桃园外围种植的李子同期成熟而大量发生的橘小实蝇被吸引进入桃园,同时桃园位于南湖岸边,相对于远离湖岸的梨园和橘园更有利于吸引迁移过境的橘小实蝇。综合本研究3个果园的结果,可以推测武汉地区的橘小实蝇发生高峰期为8—9月,可能主要为害本区域内种植的成熟期相同的梨、枣、李、早熟柑橘等水果。本研究发现的橘小实蝇高峰期时段与云南24°N以北、广西地区果园的报道相似(8—9月)^[14,25-26],但要晚于云南24°N以南地区(6月)和海南地区(2月和6月)^[22,27],可能是由于纬度偏低地区的温度偏高,橘小实蝇可更早发生并进入盛期和高峰期,而到7—9月则因为温度过高反而抑制了当地橘小实蝇的发生,未能出现高峰期。气候因子分析结果表明温度(包括平均气温、平均最低气温、平均最高气温)和日照时数共同对橘小实蝇的发生产生了关键影响,这与云南和海南地区的调查结果一致^[22,25,27]。温度和平均日照的变化趋势与橘小实蝇的动态趋势呈现明显的正相关,而且橘小实蝇的高峰期与温度和平均日照的高峰期基本一致。与南亚果实蝇相似,平均风速与橘小实蝇的发生也呈现显著的负相关,一年中风速最低的时期与橘小实蝇发生高峰期重合,还需要进一步研究其内在决定机制。

有趣的是,本研究中的南亚果实蝇和橘小实蝇在所有果园中的发生呈现显著的错峰特点,尤其是南亚果实蝇和橘小实蝇的发生高峰期分别为7月下旬—8月上旬和8月下旬—9月上旬,间隔期为半个月至1个月,这与以往的研究报道基本一致。例如,在云南西双版纳州的景洪、勐龙、打洛和大理宾川地区开展的周年调查皆表现为南亚果实蝇的发生高峰期显著提前于橘小实蝇^[14,16]。这可能与2种果实蝇的发育起始温度和偏好寄主的成熟期差异有关。在包括南湖地区在内的武汉及其周边地区种植的瓜果类蔬菜成熟季节一般在5—8月,有利于南亚果实蝇在此期间种群数量的增加并达到高峰,而武汉地区种植的主要水果品种成熟期更晚,因此,橘小实蝇的发生和高峰期则明显推迟。同时,以往的研究发现南亚果实蝇卵、幼虫、蛹和全世代发育起点温度皆显著低于橘小实蝇^[3,18,23],可以推测南亚果实蝇在

武汉的越冬能力强于橘小实蝇,能更早完成春季第1代的发育,从而更早进入发生期和高峰期。

本研究首次报道了湖北地区果实蝇害虫的长期(周年)发生动态,发现南亚果实蝇和橘小实蝇是目前的主要果实蝇害虫种类,并进一步明确了其种群动态特征,分析了可能的关键气候因子。这些都为武汉乃至湖北地区的蔬菜瓜果和水果等重要经济作物的实蝇害虫防控提供了重要的理论依据。本研究的调查地点主要在武汉南湖周边的果园和蔬菜基地。在此基础之上,未来还需要进一步扩大调查范围,提供武汉乃至湖北地区更为全面的调查结果。

致谢:感谢华中农业大学园艺林学学院的郭大勇和湖北省农业科学院经济作物研究所的郭凤领和矫振彪在果实蝇调查地点的确定和使用方面提供的帮助。感谢常州禾丰生化研究生的葛丽娟提供实蝇性引诱剂。感谢农业部长江中游作物生理生态与耕作重点实验室提供华中农业大学原始气象数据。

参 考 文 献

- [1] 杨国海,梁帆,梁广勤,等. 寡毛实蝇的监测、鉴定和检疫处理研究[J]. 昆虫天敌,1996,18(4):3-8.
- [2] AGARWAL M L, SUEYOSHI M. Catalogue of Indian fruit flies (Diptera: Tephritidae)[J]. Oriental insects, 2005, 39(1): 371-433.
- [3] 郑重禄,陈国庆. 橘小实蝇生物学特性研究[J]. 浙江柑桔, 2010, 27(1): 26-31.
- [4] 陈海东,周昌清,杨平均,等. 瓜实蝇、桔小实蝇、南瓜实蝇在广州地区的种群动态[J]. 植物保护学报,1995,22(4):348-354.
- [5] 黄娜娜,代鹏,符悦冠,等. 瓜实蝇耐低温相关生理指标的测定[J]. 应用昆虫学报,2015,53(3):694-701.
- [6] SINGH S K, KUMAR D, RAMAMURTHY V V. Biology of *Bactrocera (Zeugodacus) tau* (Walker) (Diptera: Tephritidae)[J]. Entomological research, 2010, 40(6): 259-263.
- [7] 吴淇铭. 6种重要果实蝇的适生区预测和风险分析[D]. 福州:福建农林大学,2014.
- [8] 尹朝静. 气候变化对中国水稻生产的影响研究[D]. 武汉:华中农业大学,2017.
- [9] 廖梅英. 气候变化对武汉木本植物物候期的影响[J]. 湖北林业科技, 2012(4): 35-37.
- [10] 李辉尚,王晓东,杨唯,等. 我国蔬菜市场2017年形势分析与后市展望[J]. 中国蔬菜, 2018(1): 7-12.
- [11] 李莉. 我国主要经济作物产业状况[J]. 农业工程技术, 2017(28): 15-16.
- [12] 王志静,蒋迎春,何利刚,等. 武汉市柑橘园实蝇调查及成虫特征比较[J]. 湖北植保, 2011(6): 19-20.
- [13] 黄振. 南瓜实蝇的形态特征、危害、寄主与其传入的风险[J]. 武

- 夷科学, 2017 (33): 42-46.
- [14] 柳青, 孙娟. 大理宾川地区果实蝇种群动态及影响因子分析[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(20): 131-133.
- [15] 张小亚, 陈国庆. 黄岩地区南亚果实蝇和瓜实蝇的发生代数预测及种群动态[J]. 浙江农业科学, 2012(11): 1540-1542.
- [16] 邓裕亮, 李正跃, 张宏瑞. 西双版纳州桔小实蝇、瓜实蝇和南瓜实蝇种群动态监测[J]. 西南农业学报, 2006, 19(4): 643-648.
- [17] 袁盛勇, 孔琼, 张宏瑞, 等. 瓜实蝇的发育起点温度和有效积温研究[J]. 江苏农业科学, 2008(6): 127-128.
- [18] 袁盛勇, 孔琼, 沈登荣, 等. 南瓜实蝇的发育起点温度和有效积温[J]. 植物保护, 2015, 41(5): 148-150.
- [19] 张小亚, 陈国庆. 南亚果实蝇对柑橘的为害观察[J]. 浙江农业科学, 2012(9): 1274-1275.
- [20] 李磊, 牛黎明, 张方平, 等. 生境及气象因子对南瓜实蝇雄成虫数量动态的影响[J]. 热带作物学报, 2016, 37(9): 1793-1798.
- [21] 李小珍, 刘映红, 王泽乐. 检疫性害虫南亚果实蝇生物学及控制技术[J]. 植物保护, 2006, 32(6): 141-145.
- [22] 邢楚明, 韩冬银, 张方平, 等. 气象因子对芒果园桔小实蝇种群动态的影响[J]. 热带农业科学, 2017, 37(4): 48-51.
- [23] 李春苑, 吴佳教, 胡学难, 等. 南亚果实蝇各虫态发育历期及有效积温研究[J]. 生物安全学报, 2012, 21(2): 105-108.
- [24] 崔建新, 董钧锋, 任向辉, 等. 日龄及性别对橘小实蝇实验种群飞行能力的影响[J]. 生态学报, 2016, 36(5): 1292-1302.
- [25] 闫振华, 张金龙, 方薛文, 等. 云南蒙自桔小实蝇寄主种类和枇杷园内桔小实蝇成虫种群动态及其影响因子[J]. 生态学杂志, 2016, 35(11): 3037-3044.
- [26] 袁辉, 李安国, 吴敏, 等. 桔小实蝇田间消长动态监测[J]. 植物检疫, 2012, 26(6): 81-83.
- [27] 陈鹏, 叶辉, 刘建宏. 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, 2006, 26(9): 2801-2809.

Population dynamics of fruit fly pests in Wuhan, Hubei Province

ZHANG Zhenyu¹ LI Liang¹ DENG Yi² JIAO Li² LING Xiaoxia¹ ZHANG Hongyu¹

1.College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

2.College of Life Sciences, Yangtze University, Jinzhou 434025, China

Abstract Fruit fly pests, as important quarantine pests for fruit and vegetable in South China and Southwest China, have become more and more serious in Central China in recent years. However, few studies have been reported. In order to understand the occurrence of fruit fly pests and related meteorological factors in Central China, we determined the population dynamics of the fruit flies in the fruit orchards in Huazhong Agricultural University and the vegetable fields in Economic Crops Research Institute, Hubei Academy of Agricultural Sciences in Nanhu district of Wuhan City from April 2016 to April 2017. Methyl eugenol and cuelure were used as sex attractants to conduct trapping surveys, and the meteorological factors of Huazhong Agricultural University were used to conduct meteorological analysis. The results showed that the fruit flies caught in the present research were *Bactrocera tau* (Walker) and *B. dorsalis* (Hendel). The population dynamics patterns of the two different survey sites were very similar. The *B. tau* began to appear from May to early June, reached the first peak during July-August, followed by a sharp decline, and reached a second small peak from late September to October (except for pear orchard and vegetable fields). While *B. dorsalis* began to appear after the end of June, reached the peak from late August to early September, and did not have the second small peak (except for the citrus orchard). The occurrence of the two fruit fly pests showed obvious phenomenon of peak shift. According to the statistical analysis of correlation and principal components, temperature conditions (including average temperature, average minimal temperature, and average maximal temperature) and average sunshine duration were assumed to be the key meteorological factors affecting fruit fly population dynamics. In summary, the fruit fly pests in Wuhan were mainly *B. tau* and *B. dorsalis* and the population dynamics of the two fruit fly pests indicated a significant peak shift from July to September.

Keywords *Bactrocera tau* (Walker); *Bactrocera dorsalis* (Hendel); Nanhu district of Wuhan City in Hubei Province; population dynamics; meteorological factors

(责任编辑:边书京)