

引用格式:

陈运康, 梅宇宇, 杨中侠, 李新文, 陈越华, 林宇丰, 李耀明, 李志文. 湖南瓜类实蝇的发生及其关键气象影响因子[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2022, 48(4): 443–448.

CHEN Y K, MEI Y Y, YANG Z X, LI X W, CHEN Y H, LIN Y F, LI Y M, LI Z W. Occurrence and key meteorological influencing factors of fruit flies in melon vegetables in Hunan[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2022, 48(4): 443–448.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



## 湖南瓜类实蝇的发生及其关键气象影响因子

陈运康<sup>1</sup>, 梅宇宇<sup>2,3</sup>, 杨中侠<sup>2,3</sup>, 李新文<sup>4</sup>, 陈越华<sup>4</sup>, 林宇丰<sup>4</sup>, 李耀明<sup>4</sup>, 李志文<sup>2,3\*</sup>

(1.湖南省攸县植保植检站, 湖南 攸县 412300; 2.湖南农业大学昆虫研究所, 湖南 长沙 410128; 3.植物病虫害生物学与防控湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410128; 4.湖南省植保植检站, 湖南 长沙 410006)

**摘 要:** 为摸清湖南瓜类蔬菜上南亚实蝇(*Zeugodacus tau* (Walker))和瓜实蝇(*Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett))的发生概况, 2020年6—8月于23个市(县、区)的52块瓜菜地, 用诱蝇酮(4-对-乙酰基氧基苯基-2-丁酮、Cue)和诱蝇醚(甲基丁香酚、Me)监测实蝇类昆虫的发生; 通过野外调查和室温饲养推断优势种南亚实蝇的生活年史; 2021年于攸县混合菜地用Cue诱捕成虫, 每日记录诱捕数量, 并分析其与关键气象影响因子的关系。结果表明: 瓜菜地可诱捕到南亚实蝇、瓜实蝇、具条实蝇(*Zeugodacuss cutellatus* (Hendel))、橘小实蝇(*Bactrocera dorsalis* (Hendel))和一种棍腹实蝇(*Dacus* sp.)共5种昆虫; 南亚实蝇分布广泛, 为优势种; 瓜实蝇仅在局部地区为主要害虫; 南亚实蝇在湖南一年发生3~5代, 世代重叠, 第1~2代成虫(即第2~3代幼虫)为主害代, 第3代成虫(即第4代幼虫)次之; 攸县混合菜地实蝇成虫季节动态呈单峰型, 高峰期在9月中、下旬; 日最高温度 $\geq 15^{\circ}\text{C}$ 时始见成虫活动, 日最高温度为 $33.4^{\circ}\text{C}$ 时诱捕量最大, 越远离此温度诱捕量越少; 7月7日至9月30日, 雨天及雨后1 d南亚实蝇成虫诱捕量显著高于其他天气的, 风速对诱捕结果无显著影响。

**关 键 词:** 南亚实蝇; 瓜实蝇; 生活年史; 种群动态; 日最高温度; 湖南

中图分类号: S436.42

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2022)04-0443-06

## Occurrence and key meteorological influencing factors of fruit flies in melon vegetables in Hunan

CHEN Yunkang<sup>1</sup>, MEI Yuyu<sup>2,3</sup>, YANG Zhongxia<sup>2,3</sup>, LI Xinwen<sup>4</sup>,

CHEN Yuehua<sup>4</sup>, LIN Yufeng<sup>4</sup>, LI Yaoming<sup>4</sup>, LI Zhiwen<sup>2,3\*</sup>

(1.Plant Protection and Quarantine Station of Youxian, Hunan Province, Youxian, Hunan 412300, China; 2.Institute of Insect, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China; 3.Hunan Provincial Key Laboratory for Biology and Control of Plant Diseases and Insect Pests, Changsha, Hunan 410128, China; 4.Plant Protection and Quarantine Station of Hunan Province, Changsha, Hunan 410006, China)

**Abstract:** From June to September 2020, 52 monitoring sites were set up across 23 counties in Hunan Province, then steiner-type traps with 4-(p-Acetoxypheyl)-2-butanone(Cue) or with methyl eugenol(Me) were placed in melon vegetable orchards for the purpose of monitoring the occurrence of *Zeugodacus tau*(Walker) and *Zeugodacus cucurbitae*(Coquillett). Annual life history of the dominant species *Zeugodacus tau* was inferred by field investigation and room temperature transgenerational breeding. Steiner-type traps with Cue were placed in a mixed vegetable orchard in Youxian County in 2021 to record daily trapped adults, and the relationships between insect occurrence and certain

收稿日期: 2022-02-27

修回日期: 2022-06-01

基金项目: 湖南省现代农业发展专项(湘财农指[2020] 37号、湘财农指[2021] 42号)

作者简介: 陈运康(1968—), 男, 湖南攸县人, 高级农艺师, 主要从事植保植检及技术推广研究, 1074157916@qq.com; \*通信作者, 李志文, 博士, 讲师, 主要从事昆虫生态与害虫防治研究, lizhw809718@aliyun.com

meteorological factors was analyzed. The results showed that 5 fruit fly species, including *Zeugodacus tau*, *Zeugodacus cucurbitae*, *Zeugodacus scutellatus*(Hendel), *Bactrocera dorsalis*(Hendel) and a *Dacus* sp. were trapped, and *Zeugodacus tau* was distributed throughout Hunan Province and was the dominant species, while *Zeugodacus cucurbitae* was only collected in partial areas, but still was a key pest in some areas. There are 3-5 generations which overlap for *Zeugodacus tau* in Hunan every year, and the first and second adult generations(i.e., the second and third larval generations) are the dominant generations follows by the third adult generation(i.e., the fourth larval generation). The seasonal dynamics of fly adults in the mixed vegetable orchard of Youxian County was unimodal and the peak was in mid to late September. Adult activity could be initially observed when the daily maximum temperature was greater than or equal to 15 °C, and the collection was the largest when the daily maximum temperature reached to 33.4 °C, the farther away from which, the less the trapped flies. From July 7 to September 30, the trapped *Zeugodacus tau* adults on rainy days and days that a day after a rain were significantly larger than those trapped under other weather conditions, and wind speed had no significant effect on the collection.

**Keywords:** *Zeugodacus tau*; *Zeugodacus cucurbitae*; annual life history; population dynamics; daily maximum temperature; Hunan

瓜菜类和茄果类蔬菜受南亚实蝇(*Zeugodacus tau* (Walker))和瓜实蝇(*Zeugodacus cucurbitae* (Coquillett))的为害,一般经济损失为20%~30%,严重的达70%~80%,甚至绝收<sup>[1-8]</sup>。据湖南省植保站统计,2020和2021年湖南瓜类蔬菜受害面积分别达 $6.69 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>和 $8.52 \times 10^4$  hm<sup>2</sup>,对蔬菜产业造成了较严重的影响。生产实践中针对瓜类实蝇的防治主要为化学防治<sup>[9-10]</sup>。瓜类蔬菜连续采摘、连续生长的特点决定了难以通过使用农药安全间隔期来有效地避免或控制农药残留,容易导致农药残留严重超标和实蝇抗药性增强<sup>[11-12]</sup>。不同生态区气候特点、寄主作物及其布局、栽培方式等会导致害虫种类、种群动态和为害程度等的差异<sup>[13-14]</sup>。笔者2020年6—8月于湖南省23个市(县、区)的52块瓜菜地,用诱蝇酮(Cue)(4-对-乙酰基氧基苯基-2-丁酮)和诱蝇醚(Me)(甲基丁香酚)监测实蝇类昆虫的发生;2021年于攸县混合菜地用诱蝇酮诱捕成虫,并分析其与关键气象影响因子的关系,旨在明确湖南特定气候、栽培模式下瓜类实蝇昆虫的种类、分布及优势种生活年史、季节动态及关键气象影响因子,为湖南瓜类实蝇害虫绿色防控提供基础数据。

## 1 湖南瓜类实蝇种类及其分布的调查

2020年6—8月(湖南瓜类实蝇主要为害期),于湖南23个市(县、区)选择交通方便、连片种植且实蝇为害较重、有代表性的瓜菜地共52块(表1),每块地设置诱蝇酮(Cue)和诱蝇醚(Me)斯坦纳氏诱捕器各3个。诱捕器相距1 km以上,悬挂于距地1.5 m高、阴凉通风处并编号。诱捕器每周调查1次,记录实蝇种类和数量。诱剂每月添加1次,以保证诱捕效果。

表1 湖南省2020年瓜菜地实蝇监测点

Table 1 Monitoring sites of fruit flies in Hunan province in 2020

监测地点	监测点数量	田块类型
浏阳市	2	丝瓜地、苦瓜地
望城区	2	混合菜地
芙蓉区	1	混合菜地
攸县	2	丝瓜地、苦瓜地
醴陵市	2	丝瓜地、苦瓜地
湘潭县	2	丝瓜地、苦瓜地
衡南县	2	丝瓜地、苦瓜地
城步苗族自治县	2	南瓜地、丝瓜地
邵东县	2	丝瓜地、苦瓜地
华容县	2	丝瓜地、苦瓜地
贺家山	2	丝瓜地、苦瓜地
汉寿县	2	丝瓜地、苦瓜地
永定区	2	苦瓜地
赫山区	2	混合菜地
南县	2	丝瓜地、苦瓜地
双峰县	2	丝瓜地、苦瓜地
嘉禾县	5	丝瓜地、苦瓜地、南瓜地、黄瓜地、冬瓜地
临武县	2	冬瓜地、苦瓜地
蓝山县	2	丝瓜地、苦瓜地
零陵区	2	丝瓜地
辰溪县	3	丝瓜地、苦瓜地
鹤城区	4	丝瓜地、苦瓜地
吉首市	3	丝瓜地、苦瓜地

2020—2021年,在长沙进行定点或不定点调查,每10 d调查1次,记录南亚实蝇各虫态发生情况。结合室温继代饲养,推断南亚实蝇生活年史。

2021年2月10日至11月9日,于攸县城郊混合菜地监测实蝇成虫动态。混合菜地为村民自用地,分为3小块,中间有稻田相隔,各自相距1 km

以上,面积分别约 0.1、0.15 和 0.2 hm<sup>2</sup>。春季提早栽培少量黄瓜,夏季主栽丝瓜、苦瓜、南瓜及辣椒、茄子、豆角等,秋延后作物有萝卜、白菜、茼蒿和大蒜等。按当地正常生产模式进行管理。调查期间不施化学农药。每小块菜地各设置 1 个 Cue 斯坦纳氏诱捕器,每日调查 1 次。对 7 月 7 日至 9 月 30 日收集的实蝇进行种类鉴定并记录数量,其余仅记录捕获实蝇总数。气象资料由网站([https://tianqi.2345.com/wea\\_history/70355.htm](https://tianqi.2345.com/wea_history/70355.htm))查询获得。

采用 SPSS 13.0、Origin 9.0 和 GraphPad Prism 8 进行数据分析与作图。用非线性模型(GaussAmp)拟合实蝇诱捕量与日最高温度的关系,用非参数两独立样本 *t* 检验或多个独立样本 *t* 检验,分别分析降水和风力对南亚实蝇诱捕量的影响。

2 结果与分析

2.1 湖南瓜类实蝇的种类及其分布

23 个监测点(52 块瓜菜地)诱捕结果(表 2)表明,2020 年 6—8 月,各监测点均诱捕到 1~4 种实蝇,

分别为橘小实蝇(*B. dorsalis*)、瓜实蝇(*Z.cucurbitae*)、具条实蝇(*Z.scutellata*)和南亚实蝇(*Z. tau*),分属果实蝇属(*Bactrocera*)和簇果实蝇属(*Zeugodacus*)。各监测点均诱捕到了南亚实蝇。对其中记录较为详实的 10 个监测点的结果进行统计,共诱捕实蝇 16 227 头,同一地方不同作物上诱捕的实蝇种类及其比例大体相当。2 种诱剂均能诱捕到 4 种实蝇。对 Cue 诱捕的 15 754 头实蝇进行统计,南亚实蝇占 81.9%(30.1%~100%);具条实蝇次之,占 13.1%(0~45.9%);瓜实蝇占 4.8%(0~69.9%);对橘小实蝇的诱捕量很少,仅占 0.2%。用 Cue 和 Me 进行对比诱捕的 5 个监测点,Cue 共诱捕实蝇 11 060 头(南亚实蝇、具条实蝇、瓜实蝇和橘小实蝇分别为 9223、1814、6 和 17 头),占 95.9%,远高于 Me 诱捕的 473 头(仅占 4.1%)。Me 诱捕的以南亚实蝇和橘小实蝇为主,分别占 49.0%(232 头)和 40.0%(189 头),其次为具条实蝇,占 10.6%(50 头),瓜实蝇诱捕量非常少,只占 0.4%(2 头)。2021 年攸县混合菜地监测表明,7 月 7 日至 9 月 30 日,共诱捕实蝇 5310 头。每天

表 2 湖南 2020 年瓜菜实蝇发生概况  
Table 2 Fruit fly occurrence in melon vegetables in Hunan Province in 2020

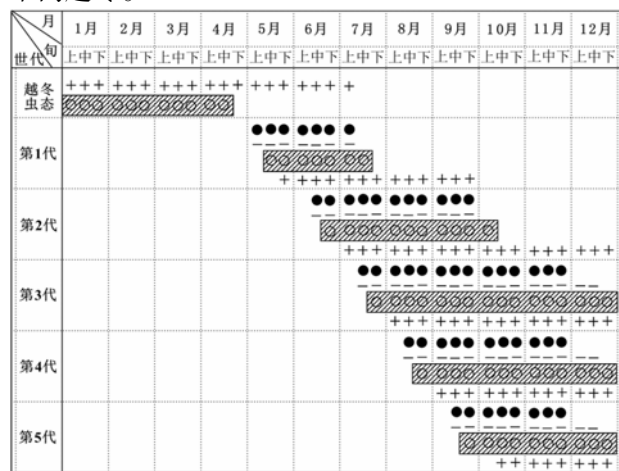
监测点	菜园	时间段	捕获成虫数/头	占比/%			
				南亚实蝇	具条实蝇	瓜实蝇	橘小实蝇
邵东	苦瓜	06—20—08—30	452(77)	85.4 (90.9)	14.6 (5.2)	0.0 (0.0)	0.0(3.9)
	丝瓜	06—20—08—30	560(63)	83.4 (74.6)	16.6 (17.5)	0.0(0.0)	0.0(7.9)
吉首	苦瓜	07—31—08—14	20(10)	85.0(30.0)	5.0(0.0)	10.0(0.0)	0.0(70.0)
	丝瓜	07—31—08—14	54(19)	94.4(36.8)	5.6(0.0)	0.0(10.5)	0.0(52.6)
南县	苦瓜	07—28—08—27	203(99)	54.7 (68.7)	45.3(31.3)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
	丝瓜	07—28—08—27	258(1)	59.3(100.0)	40.7(0.0)	0.0(0.0)	0.0(0.0)
浏阳	丝瓜	07—28—09—01	1046	68.2	0.0	31.8	0.0
临武	苦瓜	07—23—08—15	59	54.2	0.0	30.5	15.3
蓝山	苦瓜	07—28—08—24	206	100.0	0.0	0.0	0.0
	丝瓜	07—28—08—24	46	100.0	0.0	0.0	0.0
嘉禾	苦瓜	07—27—08—28	1196	90.6	9.4	0.0	0.0
	黄瓜	07—27—08—28	1075	91.7	8.3	0.0	0.0
	冬瓜	07—27—08—28	494	88.9	11.1	0.0	0.0
怀化	苦瓜	07—28—08—26	193	30.1	0.0	69.9	0.0
	丝瓜	07—28—08—26	379	31.1	0.0	68.9	0.0
常德	苦瓜	07—28—08—27	930(17)	86.7(0.0)	13.3(0.0)	0.0(0.0)	0.0(100.0)
	丝瓜	07—28—08—27	2198(19)	87.9(0.0)	12.1(0.0)	0.0(0.0)	0.0(100.0)
辰溪	苦瓜	06—10—08—29	921(6)	53.6(66.7)	45.9(0.0)	0.2(0.0)	0.2(33.3)
	苦瓜	06—15—08—31	3899(105)	87.6(21.9)	12.2(3.8)	0.0(0.0)	0.2(74.3)
	丝瓜	06—20—08—29	1565(57)	88.8(15.8)	10.5(0.0)	0.1(0.0)	0.6(84.2)
合计			15 754(473)	81.9(49.0)	13.1(10.6)	4.8(0.4)	0.2(40.0)

括号外数据为 Cue 诱集,括号内为 Me 诱集。

均能捕获南亚实蝇(73.0%)和具条实蝇(26.0%), 瓜实蝇和具条实蝇仅偶然诱捕, 且数量极少, 分别占 0.8% 和 0.2%。4 种实蝇捕获量差异显著( $\chi^2=273.440$ 、 $P<0.0001$ )。由此可见, 南亚实蝇在各监测点均有分布, 且占比最高, 为优势种。

## 2.2 南亚实蝇生活史、种群动态及气象因子的影响

通过 2 年野外观察、室内饲养, 结合湖南气象条件和南亚实蝇历期资料等推断其生活年史(图 1)。该虫在湖南可发生 3~5 代, 暖冬年份不排除发生 6 代的可能性。夏秋室温饲养, 卵(1~2 d)、幼虫(4~8 d)和蛹(6~9 d)发育历期短, 成虫补充营养期 10~16 d, 完成 1 个世代仅需 21~35 d。成虫产卵期长, 可持续 18~60 d, 世代重叠极为严重。5 月初(甚至 4 月下旬)越冬代成虫始产卵于春季提早栽培的南瓜和黄瓜等, 逐渐积累大量虫源。第 1 代成虫于 5 月下旬至 6 月上旬开始羽化, 6 月中、下旬开始产卵。6—9 月瓜果蔬菜品类丰富, 气候适宜, 种群数量逐代积累。此后寄主瓜果减少, 种群数量急剧下降。6—9 月正值 1~2 代成虫、2~3 代幼虫发生期, 第 3 代成虫于 8 月中旬开始产卵, 故南亚实蝇为害以第 1~2 代成虫(即第 2~3 代幼虫)为主, 第 4 代成虫(第 5 代幼虫)主要为害秋延后种植作物。12 月, 尚未死亡的第 2 至末代成虫或未羽化的第 3 至末代蛹均有可能越冬。室内饲养时, 冬季未化蛹的幼虫亦能在果内越冬。



●卵; —幼虫; ○蛹; +成虫; ■示土中生活。

图 1 湖南南亚实蝇的生活年史

Fig. 1 Annual life history of *Zeugodacus tau* in Hunan Province

2021 年攸县混合菜地监测表明, 冬春暖和晴天(日最高温度 $\geq 15^\circ\text{C}$ )可见实蝇成虫活动(图 2、图 3)。6 月中旬以前诱捕的主要为越冬代成虫, 此后随着第 1 代成虫陆续羽化, 诱捕量逐渐增加。由于世代重叠, 全年总体上呈单峰型, 诱捕高峰在 9 月中、下旬。实蝇诱捕量总体上随气温升高而增加(图 3), 即符合线性模型( $P<0.0001$ 、 $\text{AIC}=1249.755$ ), 但 GaussAmp 模型( $P<0.0001$ 、 $\text{AIC}=246.428$ )的 AIC 值更小, 拟合效果更佳, 表明过高的温度可能并不利于成虫的活动。GaussAmp 模型表明, 日最高温度为  $33.4^\circ\text{C}$  时诱捕量最大, 越远离此温度, 诱捕量越少(图 3)。7 月 7 日至 9 月 30 日(86 d)日最高温度 $\geq 34^\circ\text{C}$ 的天数达 66 d, 占 76.7%, 这可能导致了南亚实蝇诱捕量与日最高温度呈线性负相关(图 4)。雨天及雨后 1 d, 南亚实蝇诱捕量显著高于其他天气的。风速对南亚实蝇诱捕量无显著影响( $\chi^2=2.540$ 、 $P=0.281$ )。

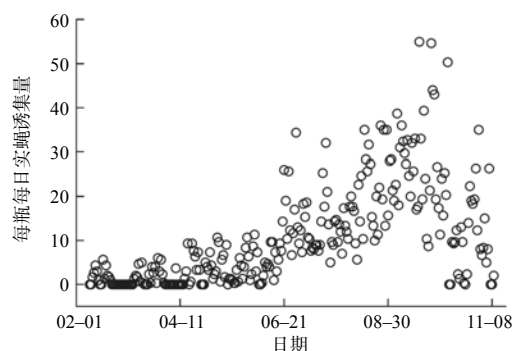


图 2 2021 年攸县混合蔬菜地实蝇昆虫季节动态

Fig. 2 Seasonal dynamics of fruit flies in mixed vegetable orchard in Youxian County in 2021

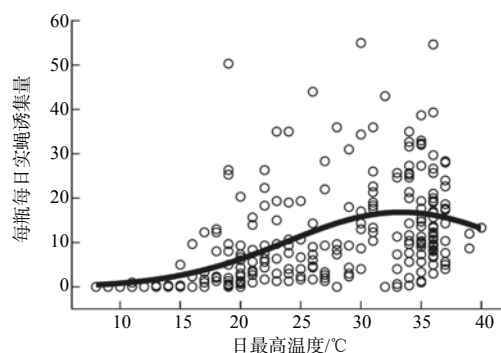
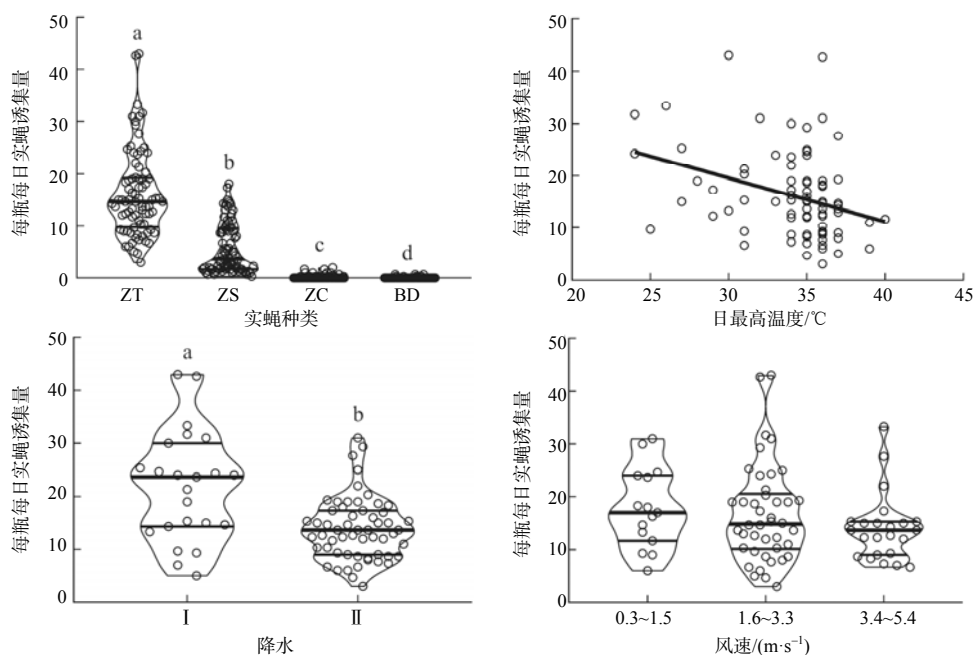


图 3 攸县混合蔬菜地日最高温度时的实蝇诱捕量

Fig. 3 Relationship between trapped fruit flies and daily maximum temperature in mixed vegetable orchard in Youxian County



ZT 南亚实蝇; ZS 具条实蝇; ZC 瓜实蝇; BD 橘小实蝇。I 雨天及雨后 1 d; II 其他天气; 不同小写字母表示差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。

图 4 湖南攸县 2021 年混合蔬菜地南亚实蝇诱捕量与气象因子的关系

Fig.4 Relationships between trapped *Zeugodacus tau* adults and meteorological factors in mixed vegetable orchard in Youxian County of Hunan Province in 2021

### 3 结论与讨论

在湖南 23 个市(县、区)52 块瓜菜地的监测表明, 南亚实蝇在各监测点均有分布, 占 Cue 诱捕总量(15 754 头)的 81.9%, 为优势种。此外, 笔者于 2020 年 4 月下旬至 5 月初于湖南农业大学亦监测到少量棍腹实蝇(未发表数据)。湖南瓜菜地可诱捕到南亚实蝇、瓜实蝇、具条实蝇、橘小实蝇和一种棍腹实蝇(*Dacus* sp.)共 5 种实蝇, 与前人调查结果<sup>[15]</sup>一致。

调查显示湖南瓜类实蝇害虫正发生明显的种群演替。南亚实蝇和瓜实蝇主要为害葫芦科和茄科作物, 往往混合发生<sup>[10, 16-23]</sup>。据报道, 21 世纪初湖南瓜果蔬菜主要害虫为瓜实蝇<sup>[24-27]</sup>或瓜实蝇略占优势<sup>[15]</sup>。本研究结果表明, 瓜实蝇分布范围、记录频次和种群数量都远低于南亚实蝇。有研究<sup>[28-29]</sup>表明, 南亚实蝇幼虫、产卵前期和全世代的发育起点温度均低于瓜实蝇, 因此, 实蝇害虫低温生长发育的差异可能是驱动实蝇种群演替的重要原因<sup>[23]</sup>。或是受到种间竞争的影响, 南亚实蝇和瓜实蝇在不同寄主植物上竞争能力不同<sup>[30]</sup>。2 种实蝇混合种群中, 南亚实蝇在 4 种寄主植物上均表现出明显的产卵竞争优势<sup>[18]</sup>。

调查结果表明, 南亚实蝇成虫产卵期长, 世代重叠, 全年总体上呈单峰型。一般来说, 实蝇种群动态与寄主食物密切相关, 往往表现为种群波动与寄主成熟期基本一致的特点, 同时受气候条件(主要是温度)的制约<sup>[16, 22-23]</sup>。在温带地区, 由于夏秋寄主种类多, 食物资源丰富, 而冬春气候寒冷, 自然条件下(不进行人为干扰)种群动态呈单峰是可以预期的, 但不排除某些年份或地区因夏季高温干旱, 种群数量稍有波动的情况。这种情况下, 结合蔬菜连续采摘、连续生长的特点, 对直接为害收获部位的高风险实蝇类害虫应加强监测, 采取“治早、治少”和“综合防治”的绿色防控策略, 尽量压低虫口基数, 以减轻后期的防治压力。

本研究结果还显示, 当日最高温度 $\geq 15$  °C 时, 始见越冬成虫活动, 当日最高温度为 33.4 °C 时, 实蝇诱捕量最大, 越远离此温度, 诱捕量越少。攸县 2021 年 7 月 7 日至 9 月 30 日平均温差为 $(9.0 \pm 2.7)$  °C。据报道, 当环境温度超过 34 °C 时, 南亚实蝇便大量死亡或转移别处<sup>[31]</sup>。瓜实蝇成虫在 15 °C 下开始飞行, 群体飞行数量随温度升高而增加, 最适飞行温度为 20 ~ 30 °C, 低温 10 °C 时具飞行抑制作用, 35 °C 以上高温具飞行刺激作用<sup>[32]</sup>。发生高峰期, 雨

天及雨后 1 天南亚实蝇诱捕量显著高于其他天气的,这可能是受雨天气温降低的影响(夏季一般不会整天降雨)。由此可见,温度对实蝇的行为造成较大影响。成虫防治应选择在其活跃期进行,即选择雨后天晴或避开中午高温时段。实蝇监测或挂罐诱杀应避免日光直射,宜悬挂于寄主作物或附近其他植物荫蔽通风处。

### 参考文献:

- [1] DHILLON M K, SINGH R, NARESH J S, et al. The melon fruit fly, *Bactrocera cucurbitae*: a review of its biology and management[J]. Journal of Insect Science, 2005, 5(1): 40.
- [2] DOORENWEERD C, LEBLANC L, NORRBOM A L, et al. A global checklist of the 932 fruit fly species in the tribe Dacini (Diptera, Tephritidae) [J]. ZooKeys, 2018, 730: 19–56.
- [3] HOLLINGSWORTH R M, VAGALO, TSATSIA F. Biology of melon flies, with special reference to the Solomon Islands [M]// ALLWOOD A J, DREW R A I. Management of Fruit Flies in the Pacific. ACIAR Proceedings, 1997, 76: 140–144.
- [4] KITTHAWEE S, DUJARDIN J P. The geometric approach to explore the *Bactrocera tau* complex (Diptera: Tephritidae) in Thailand[J]. Zoology, 2010, 113(4): 243–249.
- [5] 李向群, 朱旭东, 唐仲军, 等. 2015 年邵东县瓜实蝇大发生原因及防治对策[J]. 湖南农业科学, 2016(7): 69–72.
- [6] 李元杰, 张东敏, 董加龙, 等. 郑州市瓜实蝇绿色综合防控技术[J]. 长江蔬菜, 2021(17): 58–59.
- [7] 马春梅, 卢永奋. 连栋式防虫网大棚在瓜类蔬菜生产应用上的优缺点[J]. 长江蔬菜, 2018(21): 40–41.
- [8] 肖伏莲, 胡成. 瓜实蝇日益猖獗, 防治成虫是关键[N]. 湖南科技报, 2021–06–29(002).
- [9] 吉甫成, 郑儒斌, 罗兴红. 几种杀虫剂对苦瓜瓜实蝇的田间药效试验[J]. 长江蔬菜, 2021(4): 66–68.
- [10] 李磊, 陈泰运, 牛黎明, 等. 苦瓜套袋防治瓜实蝇和南瓜实蝇的效果评价[J]. 植物保护, 2015, 41(6): 225–229.
- [11] VONTAS J, HERNÁNDEZ-CRESPO P, MARGARITOPOULOS J T, et al. Insecticide resistance in Tephritid flies[J]. Pesticide Biochemistry and Physiology, 2011, 100(3): 199–205.
- [12] 陈志杰, 张淑莲, 梁银丽, 等. 果实类蔬菜套袋技术效果评价[J]. 西北植物学报, 2004, 24(5): 850–854.
- [13] 许恒瑜, 何衍彪, 詹儒林, 等. 我国南方实蝇类害虫概述[J]. 热带农业科学, 2015, 35(3): 62–69.
- [14] 张艳, 陈俊谕. 南亚果实蝇国内研究进展[J]. 热带农业科学, 2018, 38(11): 70–77.
- [15] 刘坤付, 周琼, 谭敏, 等. 岳麓山周边地区实蝇发生动态监测[J]. 环境昆虫学报, 2012, 34 (4): 420–424.
- [16] 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.
- [17] 何超, 孔琼, 袁盛勇, 等. 6 种寄主果实对南瓜实蝇和瓜实蝇产卵选择及其子代发育的影响[J]. 环境昆虫学报, 2019, 41(2): 316–322.
- [18] 何超, 孔琼, 袁盛勇, 等. 南瓜实蝇与瓜实蝇成虫在 4 种寄主上的产卵竞争[J]. 江西农业大学学报, 2019, 41(3): 484–490.
- [19] 黄小玲, 张武鸣, 黄超艳, 等. 桂林市瓜类实蝇发生动态及防治[J]. 南方园艺, 2019, 30(3): 21–23.
- [20] 雷邦海, 钟建明, 潘文桃. 凯里地区果蔬实蝇种类监测初报[J]. 西南农业学报, 2009, 22(4): 963–965.
- [21] 林明光, 汪兴鉴, 曾玲, 等. 海南果蔬实蝇种类、地理分布及危害调查[J]. 植物检疫, 2013, 27(5): 85–89.
- [22] 刘莉, 艾薇. 耿马地区实蝇类害虫监测[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(7): 1380–1382.
- [23] 张振宇, 李亮, 邓义, 等. 湖北武汉果实蝇害虫种群动态调查[J]. 华中农业大学学报, 2018, 37(5): 52–58.
- [24] 何卫蓉, 彭建波, 李泽森, 等. 瓜实蝇为害特点及综合防治研究[J]. 中国园艺文摘, 2012, 28(8): 136–137.
- [25] 刘朝秀, 周冬年, 张孝辉. 瓜类蔬菜实蝇重发原因与防治方法[J]. 中国植保导刊, 2006, 26(11): 21–22.
- [26] 王穿才. 瓜实蝇生物学习性、发生规律及防治技术[J]. 中国蔬菜, 2009 (1): 40–41.
- [27] 肖铁光, 周社文, 张佳峰, 等. 桔小实蝇与瓜实蝇的显微形态特征比较[J]. 作物研究, 2009, 23(4): 272–274.
- [28] 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.
- [29] 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, 36(6): 127–128.
- [30] 张金龙, 闫振华, 方薛交, 等. 瓜实蝇与南亚实蝇产卵选择性及种间竞争研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2017, 32(3): 427–431.
- [31] 张清源, 林振基, 刘金耀, 等. 南亚寡鬃实蝇生物学特性[J]. 植物检疫, 1991, 5(3): 164–167.
- [32] 崔志富, 曹凤勤, 程立生, 等. 温度、光照强度对瓜实蝇成虫飞行行为的影响[J]. 生物安全学报, 2016, 25(1): 31–34.

责任编辑: 罗慧敏  
英文编辑: 罗 维