

山东省樱桃主产区果蝇的调查与鉴定

高欢欢¹ 王云鹏² 翟一凡¹ 李丽莉¹ 孙玉刚² 于毅^{1*}

(1. 山东省农业科学院植物保护研究所, 济南 250100; 2. 山东省果树研究所, 泰安 271018)

摘要: 为了解山东省樱桃主产区果蝇的发生情况,本研究选择了山东省主要樱桃产区的7个地点进行调查,并通过形态学特征和分子鉴定法对果蝇的种类进行鉴定。结果发现,山东省樱桃主产区有4种果蝇,通过形态特征与分子鉴定法最终确定4种果蝇,分别为斑翅果蝇*Drosophila suzukii*、黑腹果蝇*D. melanogaster*、海德果蝇*D. hydei*和伊米果蝇*D. immigrans*。这4种果蝇对樱桃的为害程度与种植地区、果实腐烂程度和樱桃的品种均有关系;莱芜和泰安地区果蝇分别有4种和3种;烟台和威海地区则只有斑翅果蝇和黑腹果蝇2种。烟台地区果蝇为害率最高,且数量最多,其中烟台丁家夼村樱桃为害率高达45.16%,在第2次采集中烟台薛家村每100粒樱桃中斑翅果蝇和黑腹果蝇的数量最多。美早和先锋2个品种樱桃对果蝇的吸引力较强;采摘后期腐烂的果实可吸引大量的果蝇产卵。因此,应对烟台地区进行重点预防、早期防治,并减少美早和先锋品种樱桃在山东省的种植。

关键词: 樱桃; 果蝇; 调查; 鉴定

The survey and identification of the fruit flies in the main cherry-producing areas of Shandong Province

Gao Huanhuan¹ Wang Yunpeng² Zhai Yifan¹ Li Lili¹ Sun Yugang³ Yu Yi^{1*}

(1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, Shandong Province, China;

2. Shandong Institute of Pomology, Tai'an 271018, Shandong Province, China)

Abstract: To clarify the invasion and harm of fruit flies to cherry in Shandong Province, the occurrence dynamics of fruit flies was investigated in main cherry-producing regions. The collected fruit flies were identified based on the morphological and molecular methods. The results showed that four species of *Drosophila*, *D. suzukii*, *D. melanogaster*, *D. hydei* and *D. immigrans* were found in cherry. The damage degree of the four species on cheery was related with the rotten degree of cherry, planting areas and cherry varieties. There were four and three species in Laiwu and Taian regions, respectively, while only *D. suzukii* and *D. melanogaster* were found in Yantai and Weihai regions. The damage rate and the number of fruit flies were the highest in Yantai region. In Dingjiakuang Village in Yantai, the damage rate of fruit flies was 45.16%, and the numbers of *D. suzukii* and *D. melanogaster* per 100 cherry fruits were the most among all the regions in Xuejia Village in Yantai at the second survey. Two varieties of cherry (Meizao and Xianfeng) were more attractive to fruit flies than other varieties. Moreover, the rotten fruits in the late picking period could attract a large number of fruit flies to lay eggs. The results indicated that Yantai region was the main region for the prevention and management of fruit flies. Planting area of cherry with varieties of Meizao and Xianfeng should be reduced in Shandong Province.

Key words: cherry; *Drosophila*; survey; identification

基金项目: 苹果化肥农药减施增效技术集成研究与示范(2016YFD0201100), 山东省农业科学院农业科技创新工程(CXGC2016B11), 山东省农业科学院重大科技成果培育计划

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: roberthyuyi@163.com

收稿日期: 2016-09-21

山东省是水果生产大省,水果产值占全省种植业总产值的比重仅次于粮食和蔬菜,其中樱桃的种植面积已超过5.0万 hm^2 ,约占全国的45.6%,产量和面积均居全国第1(张福兴等,2012),在每年5、6月份的产品输出量很大,经济效益较为显著。近年来,樱桃生产中的虫害问题多次暴发,尤其是2013年的樱桃蛆虫事件对山东省的水果品牌和樱桃产业造成严重影响,经鉴定蛆虫为樱桃果蝇的幼虫,隶属双翅目果蝇科,其中斑翅果蝇 *Drosophila suzukii* 和黑腹果蝇 *D. melanogaster* 的种群密度较大,其寄主范围广泛,包括樱桃、草莓、蓝莓、黑莓、葡萄等60多种植物(Bolda et al., 2010)。

目前,国内外已有较多关于樱桃果蝇的相关报道。斑翅果蝇最早在日本山梨县草莓园中被发现(Peng, 1937),近年来入侵南北美洲、欧洲、亚洲等多个大洲,并造成严重危害(Rota-Stabelli et al., 2013)。在全世界3700多种果蝇中,北美地区分布有175种,其中黑腹果蝇和斑翅果蝇为主要种类(Dreves et al., 2009)。2011年开始斑翅果蝇对樱桃的为害引起了欧洲果农和学者的重视(Cini et al., 2012)。Kato et al. (2007)发现,伊米果蝇 *D. immigrans* 是日本乃至其它东亚国家具有代表性的樱桃果蝇;我国甘肃省天水市为害樱桃的果蝇主要为黑腹果蝇、斑翅果蝇和海德果蝇 *D. hydei* 三种(郭建明, 2007);任路明等(2014)对国内不同地区采集的果蝇进行了形态特征比较,发现海德果蝇、伊米果蝇为害樱桃。以上研究表明黑腹果蝇、斑翅果蝇、海德果蝇和伊米果蝇4种樱桃果蝇发生的范围较广泛。而关于山东省樱桃主产区果蝇的为害情况以及果蝇的种类尚未有系统的调查和分析。

果蝇由于具有钻蛀性,防治难度较大,应采取预防为主、防治结合的手段来控制其为害,调查并确定其种类和为害程度。因此,本研究根据樱桃果蝇的生活习性,在采摘期和采摘后期对山东省烟台、威海、泰安和莱芜等市樱桃主产区的果蝇为害情况进行调查,并鉴定果蝇种类,以期对樱桃果蝇的预测预报以及樱桃的生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试昆虫和樱桃:供试樱桃和果蝇均采自山东樱桃主产区,采摘地点分别为烟台的牟平(YM)(N37°10'7.27"、E121°24'7.14")、薛家村(YX)(N36°54'17.00"、E121°12'6.44")、海阳市丁家杏村(YD)(N36°52'26.06"、E121°08'10.71")、猪山(YZ)

(N37°28'47.96"、E121°08'20.48")、莱芜的茶叶口(LW)(N36°29'0.60"、E117°40'58.41")、泰安的果树所示范基地(TA)(N36°13'28.01"、E117°01'49.28")、威海的乳山(WH)(N37°04'47.66"、E121°18'15.16")。樱桃品种为红灯、先锋、美早、黄蜜、红蜜、枣红株共6种,均为当地种植的常规品种。将采集的樱桃和果蝇均在温度为 $25\pm 0.5^\circ\text{C}$ 、湿度为 $(70\pm 0.5)\%$ 、光周期为L 16 h:D 8 h的条件下饲养。

试剂与仪器:Insect DNA Kit提取试剂盒,OMEGA BIO-TEK公司;2×Taq Plus PCR Master Mix,天根生化科技(北京)有限公司;其它试剂均为国产分析纯。D-78532离心机,德国Tuttlingen公司;EPS301 PCR仪,美国Pharmacia公司;JY3000电泳仪、JY04S-3C凝胶成像系统,北京君意东方电泳设备有限公司。

1.2 方法

1.2.1 樱桃园果蝇的样品采集

本试验于2016年选择樱桃的成熟期和樱桃接近腐烂的成熟后期2个时间进行采样。泰安和莱芜地区气温偏高,因此选择5月中旬作为成熟期进行樱桃的第1次采样,即采摘期;选择6月上旬作为成熟后期进行第2次采样,即采摘后期;气温偏低的沿海地区烟台和威海地区,选择6月上旬作为第1次采样时间,6月下旬作为第2次采样时间。

在采集地点,选择当地种植的常规品种,每个品种的调查面积为 100 m^2 ,采用五点取样法,每点选择1棵樱桃树,按照樱桃新鲜完整、机械损伤和腐烂3种类型分别采集100粒樱桃。

1.2.2 果蝇的种类鉴定

将樱桃样品带回实验室进行室内观察,每个樱桃单独置于直径3.5 cm、高3 cm的塑料小盒中并盖盖,侧面用孔径小于0.5 mm针扎孔,以免初孵幼虫逃逸。每天观察,收集在樱桃中羽化出的成虫,根据形态特征对果蝇成虫进行初步的种类鉴定(任路明等, 2014)。按照Insect DNA Kit提取试剂盒说明提取总的DNA,经过液氮研磨、提取液提取、氯仿和异戊醇(体积比为24:1)萃取,以及无水乙醇清洗等步骤,提取不同果蝇的DNA。取5 μL DNA样品通过1%琼脂糖凝胶电泳检测质量,检测合格后于 -20°C 保存备用。反应引物为COIA:5'-GGTCAACAAAT-CATAAAGATATTGG-3';COIB:5'-TAAACTTCAG-GGTGACCAAAAATCA-3',均由生工生物工程(上海)股份有限公司合成。25 μL PCR反应体系为:DNA模板2 μL 、2×Taq Plus PCR Master Mix 12.5 μL 、上下游引物各1 μL ,加入ddH₂O补充至25 μL 。PCR

反应程序:94℃预热3 min;94℃热变性30 s,52℃退火30 s,72℃延伸1 min,共32个循环;72℃反应后延伸5 min。将PCR扩增产物经过1.5%琼脂糖凝胶电泳检测后,经山东省农业科学院测序中心测序,将获得的序列在NCBI网站与保守性较好的*mtCOI*基因进行BLAST比对分析,并结合形态特征最终确定果蝇的种类。利用软件MEGA 6.0构建系统发育树。

1.2.3 樱桃园果蝇的为害率和数量

将采摘期和采摘后期收集的樱桃样品带回实验室,每个樱桃单独置于直径3.5 cm、高3 cm的塑料小盒中并盖盖,侧面用孔径小于0.5 mm针扎孔,以免初孵幼虫逃逸。每天记录羽化出的成虫数量,以每100粒樱桃羽化出的成虫作为调查的最终数据,同时记录受为害的樱桃数量,受为害樱桃在所采摘的100粒樱桃中所占的比例即为为害率。根据调查结果以及种类鉴定结果,统计不同地区、不同类型及不同品种樱桃上果蝇的种类和雌雄虫的数量。

1.3 数据分析

试验数据采用SPSS 17.0软件进行单因素方差分析,用SNK法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 山东省樱桃产区果蝇种类的鉴定

调查结果显示,在山东省樱桃产区有4种果蝇,通过形态特征观察初步鉴定为黑腹果蝇、斑翅果蝇、海德果蝇、伊米果蝇;分子鉴定结果表明,与NCBI数据库中黑腹果蝇(KU764535.14)、斑翅果蝇(KJ463777.1)、海德果蝇(LN867077.1)及伊米果蝇

(LN867076.1)的*mtCOI*基因序列高度一致,相似性均为99%(图1),说明山东省樱桃产区果蝇分别为黑腹果蝇、斑翅果蝇、海德果蝇、伊米果蝇。其中在泰安地区采集到4种果蝇;莱芜地区采集到黑腹果蝇、斑翅果蝇和伊米果蝇3种果蝇;而烟台地区和威海地区只发现了黑腹果蝇和斑翅果蝇2种果蝇。

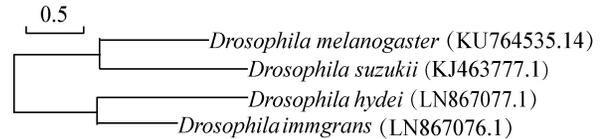


图1 基于*mtCOI*基因序列构建山东省樱桃主产区果蝇的系统发育树

Fig. 1 Phylogenetic tree of four *Drosophila* species in the main cherry-producing areas of Shandong Province based on *mtCOI* gene

2.2 山东省果蝇对樱桃的为害情况

调查结果显示,不同地区、不同类型、不同品种樱桃中的果蝇为害率均存在显著差异。在采摘期调查时,烟台丁家夼村樱桃中的果蝇为害率最高,为45.16%,其次为烟台牟平和泰安。在采摘后期调查时,除烟台猪山以外,其它地区樱桃中的果蝇为害率均为100.00%。综合2次调查结果发现,腐烂樱桃中果蝇的为害率达到69.93%,新鲜樱桃和有机机械损伤樱桃中果蝇的为害率间无显著差异,均低于30.00%。果蝇对美早樱桃的为害率最高,达到100.00%,其次为对先锋和红灯的为害率,对红蜜和枣红株的为害率在20.00%~25.00%之间,而对黄蜜樱桃的为害率最低(图2)。

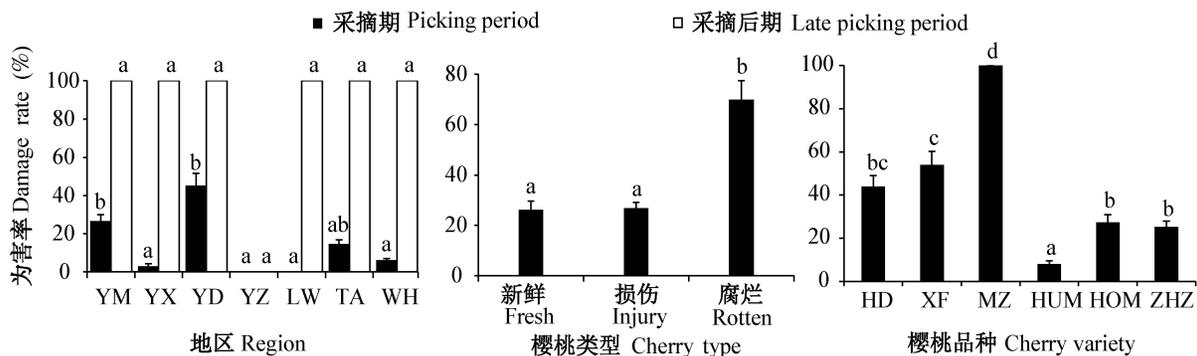


图2 山东省果蝇对田间樱桃的为害情况

Fig. 2 Damage rate of cherry by fruit flies in Shandong Province

YM: 烟台牟平; YX: 烟台薛家村; YD: 烟台丁家夼; YZ: 烟台猪山; LW: 莱芜; TA: 泰安; WH: 威海; HD: 红灯; XF: 先锋; MZ: 美早; HUM: 黄蜜; HOM: 红蜜; ZHZ: 枣红株。图中数据为平均数±标准误。同色柱上不同字母表示同时期不同处理间经SNK法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。YM: Muping District in Yantai; YX: Xuejia Village in Yantai; YD: Dingjiakuang Village in Yantai; YZ: Mountain Zhu in Yantai; LW: Laiwu; TA: Tai'an; WH: Weihai; HD: Hongdeng; XF: Xianfeng; MZ: Meizao; HUM: Huangmi; HOM: Hongmi; ZHZ: Zahongzhu. Data are mean±SE. Different letters on the same color bar indicate significant difference in different treatments at the same stage at $P<0.05$ level by SNK test.

2.3 山东省不同地区樱桃中的果蝇发生情况

在采摘期调查时,烟台猪山和莱芜地区均未发现果蝇,在7个采集地点均未发现伊米果蝇和海德果蝇。威海地区只发现斑翅果蝇;烟台丁家夼村的果蝇数量最多,每100粒樱桃中黑腹果蝇雌虫和雄虫的数量分别为106.28头和80.28头,斑翅果蝇雌虫和雄虫的数量分别为10.01头和8.01头;烟台牟平区的果蝇数量也较多,每100粒樱桃中黑腹果蝇数量均超过30.46头,高于其它3种果蝇。同一地

区同种果蝇的雌虫和雄虫数量无显著差异(表1)。

在采摘后期调查时,除了烟台猪山以外,烟台其它3个采集地点均发现大量黑腹果蝇和斑翅果蝇,其中薛家村最为严重,每100粒樱桃中黑腹果蝇雌虫和雄虫的数量分别为468.33头和407.25头,斑翅果蝇雌虫和雄虫的数量分别为134.17头和101.65头;在莱芜地区的樱桃中可采集到少量的海德果蝇。同一地区同种果蝇的雌虫和雄虫数量无显著差异(表1)。

表1 山东省不同地区的樱桃中不同果蝇的数量

Fig. 1 Numbers of different species of flies from cherry in different regions of Shandong Province

时间 Time	性别 Sex	地区 Region	黑腹果蝇 <i>D. melanogaster</i>	斑翅果蝇 <i>D. suzukii</i>	伊米果蝇 <i>D. immigrans</i>	海德氏果蝇 <i>D. hydei</i>
采摘期 Piking period	雌成虫 Female adult	YM	38.46±4.41 c	1.80±0.81 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		YX	2.91±1.46 a	1.01±0.46 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		YD	106.28±10.53 d	10.01±2.60 b	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		YZ	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		LW	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		TA	19.43±4.23 b	2.68±0.98 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		WH	0.00±0.00 a	4.91±2.39 ab	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
	雄成虫 Male adult	YM	30.46±3.45 c	1.00±0.41 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		YX	1.91±0.86 a	0.91±0.33 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		YD	80.28±8.53 d	8.01±2.61 b	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		YZ	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		LW	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		TA	15.43±3.23 b	2.38±0.97 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		WH	0.00±0.00 a	3.91±2.44 ab	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
采摘后期 Late piking period	雌成虫 Female adult	YM	103.29±18.54 c	44.80±10.63 b	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		YX	468.33±25.81 d	134.17±11.45 c	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		YD	123.29±28.62 c	34.79±8.34 b	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		YZ	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		LW	39.99±20.61 b	43.12±12.43 b	0.00±0.00 a	6.40±2.11 b
		TA	39.67±17.65 b	74.34±25.12 b	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		WH	10.12±4.22 a	2.47±0.23 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
	雄成虫 Male adult	YM	98.29±20.50 c	30.80±7.64 b	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		YX	407.25±50.93 d	101.65±10.45 c	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		YD	103.29±28.64 c	20.80±8.34 b	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		YZ	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		LW	31.99±20.66 b	34.12±12.43 b	0.00±0.00 a	4.40±1.10 b
		TA	30.67±17.63 b	44.34±25.12 b	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a
		WH	9.12±3.22 a	1.47±0.23 a	0.00±0.00 a	0.00±0.00 a

YM: 烟台牟平; YX: 烟台薛家村; YD: 烟台丁家夼; YZ: 烟台猪山; LW: 莱芜; TA: 泰安; WH: 威海。图中数据为平均数±标准误。同列不同字母表示同时期不同处理间经SNK法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。YM: Muping District in Yantai; YX: Xuejia Village in Yantai; YD: Dingjiakuang Village in Yantai; YZ: Mountain Zhu in Yantai; LW: Laiwu; TA: Tai'an; WH: Weihai. Data are mean±SE. Different letters in the same column indicate significant difference in different treatments at the same stage at $P<0.05$ level by SNK test.

2.4 不同类型樱桃中果蝇的发生情况

在田间采集的新鲜完整、机械损伤和腐烂3种不同类型的樱桃,综合2次调查结果发现,4种果蝇在腐烂樱桃的雌、雄成虫数量均显著高于其它2种类型。腐烂樱桃中发现黑腹果蝇数量最多,在每

100粒腐烂的樱桃中雌、雄虫数量分别为146.10头和171.06头(图3-A);斑翅果蝇次之,均少于黑腹果蝇(图3-B),海德果蝇和伊米果蝇在腐烂樱桃中的数量较少;而在新鲜和有机损伤的樱桃中均未发现(图3-C~D)。

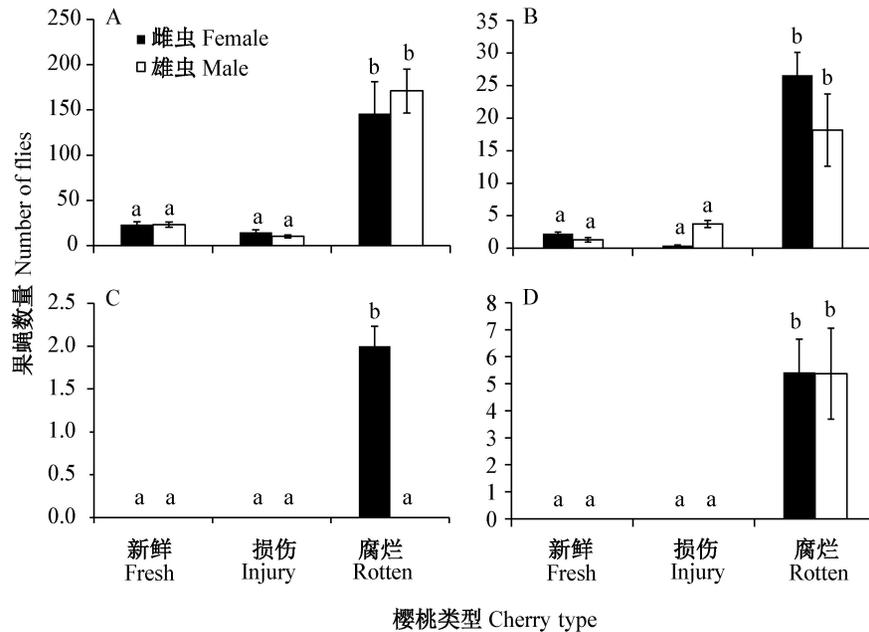


图3 山东省不同类型樱桃中不同果蝇的数量

Fig. 3 Numbers of four species of flies from cherry of different types in Shandong Province

A: 黑腹果蝇; B: 斑翅果蝇; C: 海德果蝇; D: 伊米果蝇。图中数据为平均数±标准误。同色柱上不同字母表示同时期不同处理间经SNK法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。A: *D. melanogaster*; B: *D. suzukii*; C: *D. hydei*; D: *D. immigrans*. Data are mean±SE. Different letters on the same color bar indicate significant difference in different treatments at the same stage at $P < 0.05$ level by SNK test.

2.5 不同品种樱桃上的果蝇发生情况

研究调查发现,4种果蝇均可被不同品种的樱桃所吸引,黑腹果蝇在6种樱桃中的数量均显著高于其它3种果蝇,其中在美早樱桃中的数量显著多于其它5个品种,每100粒美早樱桃中的雌、雄虫数量分别为687.50头和829.17头(图4-A);对于斑翅果蝇来说,先锋品种更易吸引成虫产卵,羽化出的雌、雄虫数量为14.40头和9.94头,但少于黑腹果蝇(图4-B);只在枣红株樱桃中发现3头海德果蝇(图4-C);在先锋和枣红株樱桃中也有伊米果蝇羽化而出,但数量均较少(图4-D)。

3 讨论

目前,果蝇种类已超过3700种(Dreves et al., 2009),但本研究调查发现在山东省为害樱桃的果蝇只有4种,分别为斑翅果蝇、黑腹果蝇、海德果蝇和伊米果蝇。通过对不同地区樱桃为害情况调查发

现,烟台地区果蝇为害较严重,泰安和莱芜地区次之,威海地区果蝇数量较少,这可能是由于烟台地区的樱桃种类和种植面积在山东省均占据首位(张福兴等,2012),为果蝇的产卵提供更丰富的寄主种类,因此在防治果蝇过程中,应重点对烟台地区进行监测和预测预报,及时开展早期的防治工作。本试验结果显示烟台猪山未发现果蝇,这可能是由于海拔偏高,温度和气压对果蝇的生长和繁殖产生了影响。高鑫等(2014)也有类似结论,即海拔不同的地区内昆虫多样性差别很大,因此,需要针对不同海拔的樱桃果园进行更深入的调查。

通过对不同类型樱桃中的果蝇调查,发现4种果蝇在腐烂樱桃的数量均显著高于其它2种类型樱桃。斑翅果蝇雌虫的产卵管坚硬狭长,呈镰刀状,一侧有许多小锯齿(Rota-Stabelli et al., 2013),能在刚开始成熟变色的水果上产卵,卵孵化后以幼虫蛀食为害,果实逐渐软化以致变褐腐烂,引起严重损失

(Mitsui et al., 2006)。此外,新鲜、机械损伤和腐烂樱桃中均有黑腹果蝇和斑翅果蝇产卵取食,且黑腹果蝇的数量显著高于斑翅果蝇,这种现象可能一方面因为黑腹果蝇可通过斑翅果蝇产卵后造成的机械损伤部位将卵产于果实中;另一方面黑腹果蝇的繁

殖力明显高于斑翅果蝇,导致其后代的数量远高于斑翅果蝇(Lin et al., 2014)。说明可导致山东省樱桃产量损失的果蝇种类主要为斑翅果蝇和黑腹果蝇,而斑翅果蝇早期防治的重要性则更为突出。

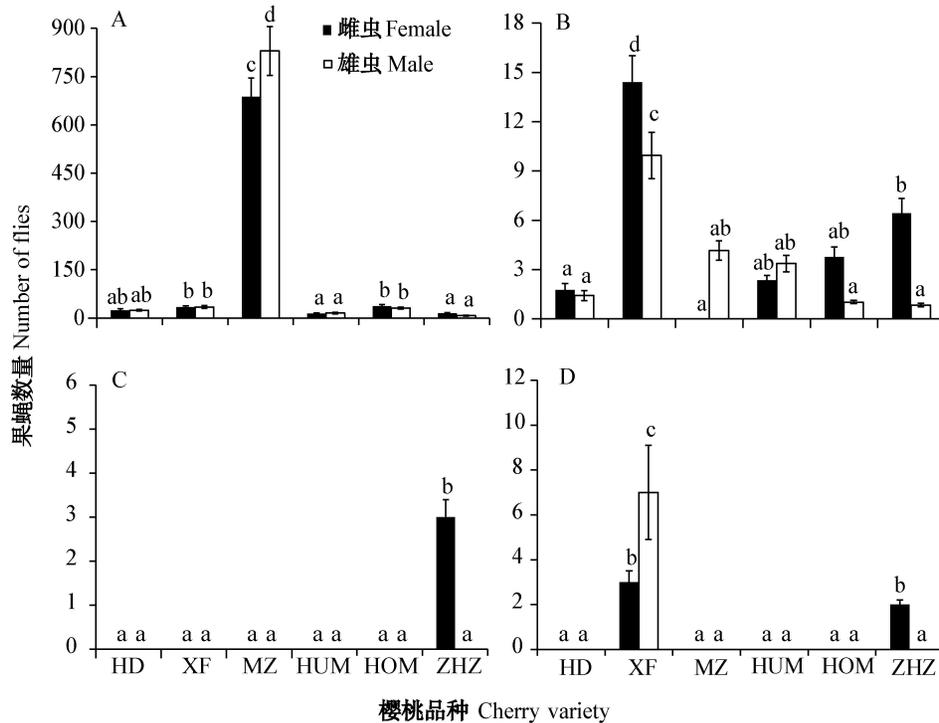


图4 山东省不同品种樱桃中不同果蝇的数量

Fig. 4 Numbers of four species of flies from cherry of different varieties in Shandong Province

A: 黑腹果蝇; B: 斑翅果蝇; C: 海德果蝇; D: 伊米果蝇。HD: 红灯; XF: 先锋; MZ: 美早; HUM: 黄蜜; HOM: 红蜜; ZHZ: 枣红株。图中数据为平均数±标准误。同色柱上不同字母表示同时期不同处理间经SNK法检验在 $P < 0.05$ 水平差异显著。A: *D. melanogaster*; B: *D. suzukii*; C: *D. hydei*; D: *D. immigrans*. HD: Hongdeng; XF: Xianfeng; MZ: Meizao; HUM: Huangmi; HOM: Hongmi; ZHZ: Zahongzhu. Data are mean±SE. Different letters on the same color bar indicate significant difference in different treatments at the same stage at $P < 0.05$ level by SNK test.

研究表明,不同果实品种对昆虫的吸引作用不尽相同。宫田睿(2012)认为相对于杏和海棠的幼果,桃小食心虫 *Carposina niponensis* 会更趋向于在山楂幼果上产卵,本试验也有类似发现,果蝇对美早和先锋樱桃的为害率较大,且果蝇数量也较多,而对红蜜、枣红株和黄蜜樱桃的为害相对较轻,在果园中可作为主要品种种植。这种现象可能与果实的硬度和内含物质有关系(胡菡青等,2007;宫田睿,2012)。高佳等(2011)对早大果、红灯等15种樱桃品种的性状、品质、内含物含量进行检测发现,总酸、还原糖、可溶性固形物、总酚等差异较为明显,而这些差异是否会对果蝇的产卵和取食产生影响则需要系统性验证。本研究为山东省樱桃的种植栽培和果蝇的防治提供重要指导作用。烟台地区樱桃果蝇发生较为严

重,应为预测预报与防治重点;为避免斑翅果蝇和黑腹果蝇的双重为害,应在樱桃即将成熟时,采取早期诱捕成虫的策略;在樱桃品种选育方面,尽量减少美早和先锋品种的种植面积。

参考文献 (References)

- Bolda MP, Goodhue RE, Zalom FG. 2010. Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. *Agricultural Resource Economy*, 13(3): 5-8
- Cini A, Ioriatti C, Anfora G. 2012. A review of the invasion of *Drosophila suzukii* in Europe and a draft research agenda for integrated pest management. *Bulletin of Insectology*, 65(1): 149-160
- Dreves A, Walton V, Fisher G. 2009. A new pest attacking healthy ripening fruit in Oregon. Oregon State University Extension Service, EM8991: 1-6

- Gao J, Wang BQ, Feng XY, Li WS, Zhang KC, Tang HR. 2011. Composite appreciation of fruit characters in sweet cherry and sour cherry cultivars. *Northern Horticulture*, (17): 17-21 (in Chinese) [高佳, 王宝刚, 冯晓元, 李文生, 张开春, 汤浩茹. 2011. 甜樱桃和酸樱桃品种果实性状的综合评价. *北方园艺*, (17): 17-21]
- Gao X, Zhang LM, Zhang XM, Yang J, Chen GH, Shi AX, Song JX, Li Q. 2014. Analysis of differences in insect communities at different altitudes in *Zanthoxylum bungeanum* gardens, Yunnan, China. *Acta Ecologica Sinica*, 34(8): 2085-2094 (in Chinese) [高鑫, 张立敏, 张晓明, 杨洁, 陈国华, 石安宪, 宋家雄, 李强. 2014. 云南花椒园中昆虫群落特征的海拔间差异分析. *生态学报*, 34(8): 2085-2094]
- Gong TR. 2012. Host selection of *Carposina niponensis* Walsingham. Master Thesis. Yangling: Northwest A&F University (in Chinese) [宫田睿. 2012. 桃小食心虫寄主选择性研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学]
- Guo JM. 2007. Bionomics of fruitflies, *Drosophila melanogaster*, damage cherry in Tianshu. *Chinese Bulletin of Entomology*, 44(5): 743-745 (in Chinese) [郭建明. 2007. 樱桃新害虫黑腹果蝇的生物学特征. *昆虫知识*, 44(5): 743-745]
- Hu HQ, Wei XX, Cai ZJ, Wu RJ. 2007. Research and application of host selection of oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis*. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 19(2): 68-71 (in Chinese) [胡茜青, 韦晓霞, 蔡子坚, 吴如健. 2007. 桔小实蝇寄主选择性的研究与应用. *江西农业学报*, 19(2): 68-71]
- Katoh T, Nakaya D, Tamura K, Aotsuka T. 2007. Phylogeny of the *Drosophila immigrans* species group (Diptera: Drosophilidae) based on *Adh* and *Gpdh* sequences. *Zoological Science*, 24(9): 913-921
- Lin QC, Zhai YF, Zhou CG, Li LL, Zhuang QY, Zhang XY, Frank GZ, Yu Y. 2014. Behavioral rhythms of *Drosophila suzukii* and *Drosophila melanogaster*. *Florida Entomology*, 97(4): 1424-1433
- Mitsui H, Takahashi KH, Kimura MT. 2006. Spatial distributions and clutch sizes of *Drosophila* species ovipositing on cherry fruits of different stages. *Population Ecology*, 48(3): 233-237
- Peng FT. 1937. On some species of *Drosophila* from China. *Annotatioes Zoologicae Japonenses*, 16: 20-27
- Ren LM, Wang L, Yu Y, Chu D. 2014. Comparison of the morphological characteristics of *Drosophila suzukii* and other fruit flies in fruit-producing areas in China. *Journal of Biosafety*, 23(3): 178-184 (in Chinese) [任路明, 王磊, 于毅, 褚栋. 2014. 我国部分水果产区铃木氏果蝇与其他果蝇形态特征比较研究. *生物安全学报*, 23(3): 178-184]
- Rota-Stabelli O, Blaxter M, Anfora G. 2013. *Drosophila suzukii*. *Current Biology*, 23: R8-R9
- Zhang FX, Sun QT, Zhang X, Li SP, Tian CP, Jiang XL. 2012. Present situation and the development target of cheery in China. *Yantai Fruits*, 119(3): 3-5 (in Chinese) [张福兴, 孙庆田, 张序, 李淑平, 田长平, 姜学玲. 2012. 我国大樱桃产业现状与发展对策. *烟台果树*, 119(3): 3-5]

(责任编辑:王璇)