

梨小食心虫在桃园产卵位置偏嗜性选择*

李旭昭** 葛亚菲 胡雪娇 杨小凡 魏国树***

(河北农业大学, 植物保护学院, 保定 071000)

摘 要 【目的】揭示梨小食心虫 *Grapholita molesta* (Busck) 在桃园中的产卵偏嗜性及主要影响因子。【方法】各世代梨小食心虫产卵盛期系统调查桃树树冠不同部位产卵量, 分析产卵空间、方位偏嗜性。【结果】1、空间偏嗜性: 梨小食心虫越冬代、第 1-4 代产卵的空间偏嗜性相似, 均显著偏好树冠中上部, 产卵量占总产卵量 91.36%; 显著偏好树冠外围, 尤以第 4 代最明显, 其卵量占该代总卵量的 97.32%。2、方位偏嗜性: 越冬代、第 1-4 代产卵方位偏嗜性基本相似, 第 1 代与第 4 代均显著偏嗜树冠东部, 其它各代无明显差异。3、精准位置偏嗜性: 梨小食心虫 92.52% 的卵均偏嗜叶片, 且均为单粒; 不同世代显著偏嗜特定叶龄 (叶位), 但世代间有差异, 越冬代偏嗜展开叶, 产卵选择率为 93.33%, 第 1-4 代偏嗜第 1-15 片叶, 产卵选择率为 80.00%, 其中第 1-3 代在第 3-8 片叶均高于 50.00%; 各世代均偏嗜叶片背面, 每代产卵量占当代总产卵量的 97.37%。【结论】梨小食心虫产卵在桃园中具有显著的特定偏嗜性, 其卵 90% 以上产在树冠中上部和外围叶片背面, 且单叶 1 粒卵。本研究为揭示梨小食心虫产卵偏嗜性及其成因、机理, 研发基于卵期的精准、高效、绿色监测和综合防控措施提供了科学依据和启示。

关键词 梨小食心虫; 产卵偏嗜; 方位; 部位; 空间分布

Preferred *Grapholita molesta* (Busck) oviposition sites in peach orchards

LI Xu-Zhao** GE Ya-Fei HU Xue-Jiao YANG Xiao-Fan WEI Guo-Shu***

(College of Plant Protection, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China)

Abstract 【Objectives】To identify the kinds of oviposition sites preferred by *Grapholita molesta* (Busck) in peach orchards. 【Methods】The distribution of eggs in different parts of peach trees was systematically investigated. 【Results】1. Spatial preference: 91.36% of eggs were laid in the middle and upper parts of the tree crown. This preference was the same for overwintering generations and 1st to 4th generations. There was a significant preference for the periphery of the tree crown, especially in the fourth generation, which laid 97.32% of all eggs in the crown periphery. 2. Aspect: 1st to the 4th generations of the overwintering generation preferred the eastern side of the tree crown, but no significant preference was apparent among the other generations. 3. Accurate location bias: 92.52% of eggs were single eggs laid on leaves. The overwintering generation preferred open leaves and laid 93.33% of eggs on these. The 1st to 4th generations preferred the 1st to 15th leaves; 80.00% of eggs were laid on these. The 1st to 3rd generations laid > 50.00% of eggs on the 3rd to 8th leaves. All generations tended to lay on the abaxial leaf surface, on which 97.37% of all eggs were laid. 【Conclusion】*G. molesta* has clear preferences for specific oviposition sites in peach trees. More than 90% of eggs are laid in the middle and upper parts of the tree crown and on dorsal surface of peripheral leaves. A single egg is laid on each leaf. These results provide useful information for developing accurate, efficient and environmentally-friendly, monitoring and control measures for *G. molesta* at the egg stage.

Key words *Grapholita molesta*; oviposition preference; azimuth; position; spatial distribution

*资助项目 Supported projects: 河北省农林科学院基本科研业务费项目 (2024120203)

**第一作者 First author, E-mail: 3164269843@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: weiguoshu03@aliyun.com

收稿日期 Received: 2022-09-13; 接受日期 Accepted: 2023-02-22

梨小食心虫 *Grapholita molesta* (Busck) 是一种重要的世界性果树害虫, 分布广泛, 在全世界果树产区均有不同程度的发生与危害(杨小凡等, 2014; 孔维娜等, 2018), 国内除西藏外各地果区均有不同程度危害, 但发生最为严重的为北方地区, 如河北、河南的桃、梨等果区(Stelinski *et al.*, 2006, 2007)。梨小食心虫具有转主寄生的危害习性, 幼虫春季主要危害桃树新梢, 夏季和秋季主要危害桃果实(李逸等, 2016; 王怡等, 2018), 严重影响桃树生长和桃果品质及产量(宫庆涛等, 2014; 冉红凡等, 2016)。梨小食心虫幼虫个体比较小、隐蔽性强, 一生可以危害 2-3 个嫩梢(冉红凡等, 2019), 且具有世代重叠严重、成虫期持续时间长及成虫飞行能力强等特点, 幼虫期、成虫期防治困难(陈梅香等, 2009; 杨小凡等, 2017)。随着国家双减政策的提出, 减少化学药剂的使用, 使梨小食心虫的非化学防治显得尤为重要。如利用性诱剂、迷向丝等技术对雄虫进行监测和诱杀, 但对雌成虫不能取得好的防治效果, 并且梨小食心虫受孕雌蛾的飞行长度和距离均显著高于雄蛾, 因此对梨小食心虫雌蛾产卵的监测也同样重要(Xiang *et al.*, 2017)。综上所述, 雌成虫产卵时期的防治成为梨小食心虫防治的重要时期。

昆虫与寄主植物之间的相互关系反映出了昆虫的产卵选择性(宫庆涛等, 2016), 这种选择性是昆虫和寄主植物在长期协同进化的过程中形成的。昆虫大多经过对寄主植物的搜索、定位、降落、接触、接触评价以及接受或排斥这几个过程, 对寄主植物进行选择, 然后开始产卵。研究昆虫的产卵行为可以为昆虫的繁殖行为提供支撑(匡先钜等, 2010; 陈申芝等, 2020)。雌虫在产卵过程中, 常具有对寄主的定位、识别等特定行为, 特别是在寻找以及识别产卵地点的时候, 选出最适寄主及最佳产卵位置以保证幼虫的存活(胡仙和李莉, 2020)。

目前, 大量研究表明, 视觉信息在雌成虫产卵选择行为的过程中发挥着关键作用, 颜色视觉在昆虫中是普遍存在的, 不同种类的昆虫有着不同的颜色视觉。关于梨小食心虫产卵选择偏嗜基

质、颜色、光强、最适温湿度等均有研究, 但在同一生境、同一植株内选择行为尚不明确, 本文拟探索梨小食心虫雌成虫在田间的产卵位置, 评估其繁殖潜力和危害能力, 为田间的精准施药、减少化学农药的使用量、生物防治精准时间以及物理防治提供科学依据和理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验园概况

试验园为河北深州市旧州蜜桃园(38.02°N, 115.55°E), 属暖温带半干旱区季风气候, 大陆性气候特点显著, 光照充足, 四季分明, 雨热同期。年平均气温为 13.6 °C, 降水量为 467 mm, 4-9 月份日照时数不低于 1 400 h。稳定通过 10 °C 的活动积温为 4 759.9 °C。具有优质的栽培技术。占地约 $8.3 \times 10^4 \text{ m}^2$, 株行距为 5 m×6 m。桃树品种有北京 14 号、沙子早生、久保和深州蜜桃等, 其中深州蜜桃分布集中面积最多, 占总面积 50%。

1.2 方法

1.2.1 调查时间 在桃园各代梨小食心虫的产卵盛期, 对桃园受害严重的桃树进行全树普查(表 1)。梨小食心虫成虫产卵发生盛期: 越冬代 4 月中旬(4 月 16 日)、第 1 代 5 月中下旬(5 月 28 日)、第 2 代 6 月中下旬(6 月 21 日)、第 3 代 7 月中旬(7 月 15 日)和第 4 代 8 月中旬(8 月 15 日)。

1.2.2 调查对象 平均树高约 3.2 m, 冠幅直径约 3 m 的 4-5 年生长势均匀的蜜桃树(6 月中旬套袋, 采摘前 8 月上中旬摘袋)。

1.2.3 调查内容

(1) 空间结构: a 方位: 东、西、南、北; b 层次: 树冠上部、中部、下部; c 树冠的内部、外围。

(2) 具体位置: 叶位、叶背、叶正面以及果实的表面。

调查树冠所有叶片, 树冠总产卵量大于 5 粒定义为有效数据。越冬代($n=7$), 第 1 代($n=9$),

表 1 梨小食心虫在桃园产卵位置的调查时间
Table 1 Investigating time of the oviposition location of *Grapholita molesta* in the peach orchard

世代 Generation	调查时间 The date of investigation	桃树物候期 Phenological phase of peach
越冬代 Overwintering generation	2019 年 4 月 16 日 April 16, 2019	萌芽展叶期 Germination-frondesce stage
第 1 代 First generation	2019 年 5 月 28 日 May 28, 2019	抽条期 Shoot growth stage
第 2 代 Second generation	2019 年 6 月 21 日 June 21, 2019	结果期 (对果实进行套袋处理) Fruiting stage (fruit bagging)
第 3 代 Third generation	2019 年 7 月 15 日 July 15, 2019	果实发育期 (果实套袋处理) Fruit development stage (fruit bagging)
第 4 代 Fourth generation	2019 年 8 月 15 日 August 15, 2019	果实成熟期 (果实摘袋) Fruit ripening period (fruit picking bag)

第 2 代 ($n=10$), 第 3 代 ($n=14$), 第 4 代 ($n=8$), n 代表重复次数。统计各位置的产卵量, 产卵选择率= (各位置的产卵量/产卵总量) $\times 100\%$, 计算产卵选择率。

1.3 数据分析

统计各位置的产卵量, 计算其产卵率, 并运用 SPSS19.0 (SPSS Ins., Chicago, IL) 对试验数据进行方差分析, 其中利用 Duncan’s 新复极差法比较各代梨小食心虫在不同方位、不同层次、具体位置的产卵生境偏嗜性是否存在显著性差异, 用 Graphpad5.0 进行作图。

2 结果与分析

2.1 梨小食心虫在桃树上产卵的空间偏嗜性

2.1.1 梨小食心虫在树冠不同层次的产卵偏嗜性 为了解梨小食心虫在树冠不同层次的产卵偏嗜性, 对梨小食心虫在树冠上、中、下部的产卵量进行调查。由图 1 可知, 越冬代和第 1-4 代梨小食心虫在桃树树冠的产卵偏嗜性相似, 均对树冠中、上部表现出明显的偏好, 产卵量占总产卵量的 91.36%, 下部产卵较少为 8.86% ($P<0.05$); 第 2 代梨小食心虫在中部的产卵率最高 (65.16%), 显著高于上部和下部。

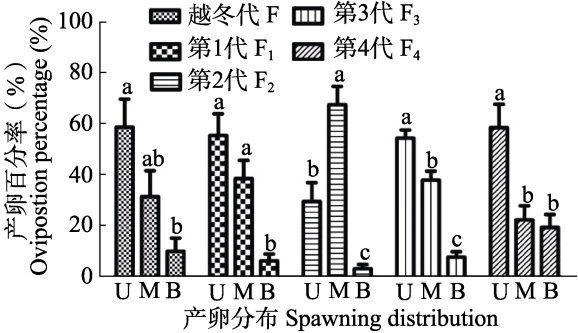


图 1 梨小食心虫在桃树树冠的产卵分布, 下图同
Fig. 1 The ovipositional distribution of *Grapholita molesta* on the crown of the peach tree. The same below
U: 上部; M: 中部; B: 下部。柱上标有不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$, Duncan’s 新复极差法)。下图同。
U: Upper; M: Middle; B: Bottom. F: Overwintering generation; F₁: First generation; F₂: Second generation; F₃: Third generation; F₄: Fourth generation. Histograms with different letters indicate significant differences ($P < 0.05$, Duncan’s multiple range test). The same below.

2.1.2 梨小食心虫在树冠内、外围的产卵偏嗜性 越冬代梨小食心虫发生盛期为 4 月中下旬, 此时桃树叶片的状态为一簇新叶, 叶片均在外围, 因此, 试验在进行越冬代梨小食心虫产卵选择调查时并未对内、外围进行区分。由图 2 可知, 第 1 代、第 2 代、第 3 代和第 4 代梨小食心虫均偏好树冠外围产卵, 且各代梨小食心虫在外围的产卵选择率显著高于内部, 均在 90% 左右 ($P < 0.05$)。

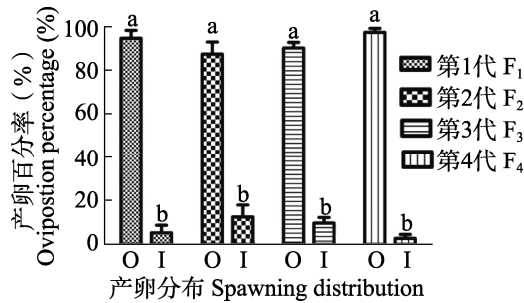


图2 梨小食心虫在树冠外围和内部的产卵分布
Fig. 2 The ovipositional distribution of *Grapholitha molesta* on the outer and inner of the crown of peach tree

O: 外围; I: 内部。O: Outside; I: Internal.

2.2 梨小食心虫在桃树上产卵方位偏嗜性

为了探明梨小食心虫在桃树上不同方位的产卵偏嗜性,调查了越冬代、第1-4代梨小食心虫各方位产卵选择率(图3)。越冬代梨小食心虫在各方位的产卵选择率为南(33.67%)>北

(28.67%)>东(19.00%)>西(18.67%),南方产卵选择率要高于其他方位;第1代梨小食心虫在各方位的产卵选择率为东(37.17%)>北(23.66%)>西(22.85%)>南(18.32%),东部显著高于其他3个方位($P<0.05$);第2代梨小食心虫在各方位的产卵选择率为南(30.03%)>东(28.03%)>西(23.23%)>北(18.17%),南方的选择率更高;第3代梨小食心虫在各方位产卵选择率为东(31.65%)>西(25.13%)>南(22.11%)>北(21.11%),东部产卵选择率最高;第4代梨小食心虫在各方位的产卵选择率为东(40.93%)>南(24.50%)>北(22.15%)>西(12.42%),东部产卵率最高,显著高于北部、西部与南部($P<0.05$)。以上结果表明,第1代与第4代梨小食心虫在桃树东方位的产卵量较其他方位显著要高,而越冬代、第2代、第3代梨小食心虫在产卵方位选择上无显著差异($P>0.05$)。

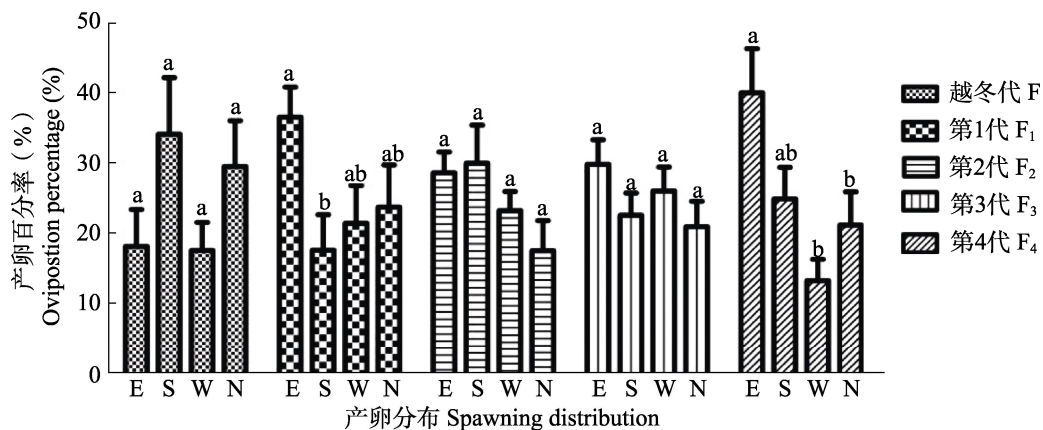


图3 梨小食心虫在不同方位的产卵分布
Fig. 3 The ovipositional distribution of *Grapholitha molesta* on different direction

E: 东; S: 南; W: 西; N: 北。E: East; S: South; W: West; N: North.

2.3 梨小食心虫在桃树上产卵具体位置偏嗜性

2.3.1 梨小食心虫在叶片产卵偏嗜性 为了解梨小食心虫在桃树叶片产卵偏嗜性,对梨小食心虫在桃树叶片正、背面和枝条不同部分的叶片进行调查。如图4所示,越冬代和第1-4代梨小食心虫在桃树叶片产卵偏嗜性相似,多产于叶片背面,占总产卵量的97.37%。越冬代卵多产在展开叶,产卵选择率为93.33%($P<0.05$)(图5)。

第1-4代偏好在枝条的第1-15片叶产卵,产卵选择率达80.00%,其中第1代和第2代梨小食心虫产卵多集中在第1-7片叶,而第3代和第4代梨小食心虫产卵多集中在第1-25片叶,随着叶位改变,梨小食心虫的产卵率也有所不同(图6)。综上所述,梨小食心虫显著偏好在桃树外围叶片的叶背产卵($P<0.05$)。

2.3.2 梨小食心虫在叶片的产卵量 各代梨小

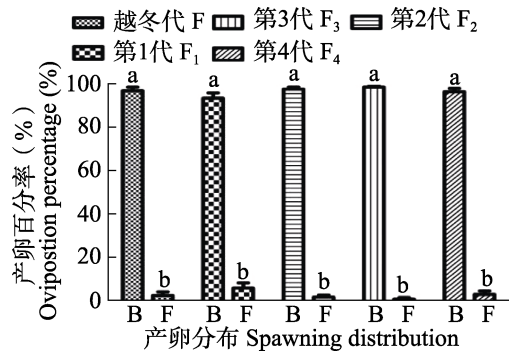


图 4 梨小食心虫在叶片两面的产卵分布

Fig. 4 The oviposition distribution of *Grapholitha molesta* on both sides of leaves

B: 叶背; F: 叶正。B: Back; F: Front.

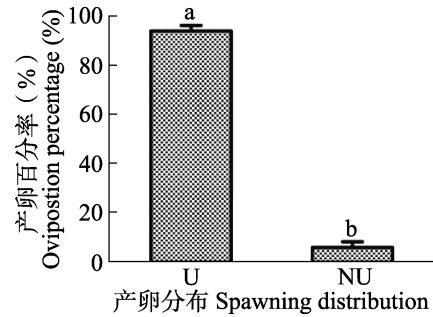


图 5 越冬代梨小食心虫在不同状态的叶片的产卵分布

Fig. 5 The ovipositional distribution of *Grapholitha molesta* on different leaf states in overwintering zone

U: 展开叶; NU: 未展开叶。

U: Unfold the leaves; NU: No Unfold the leaves.

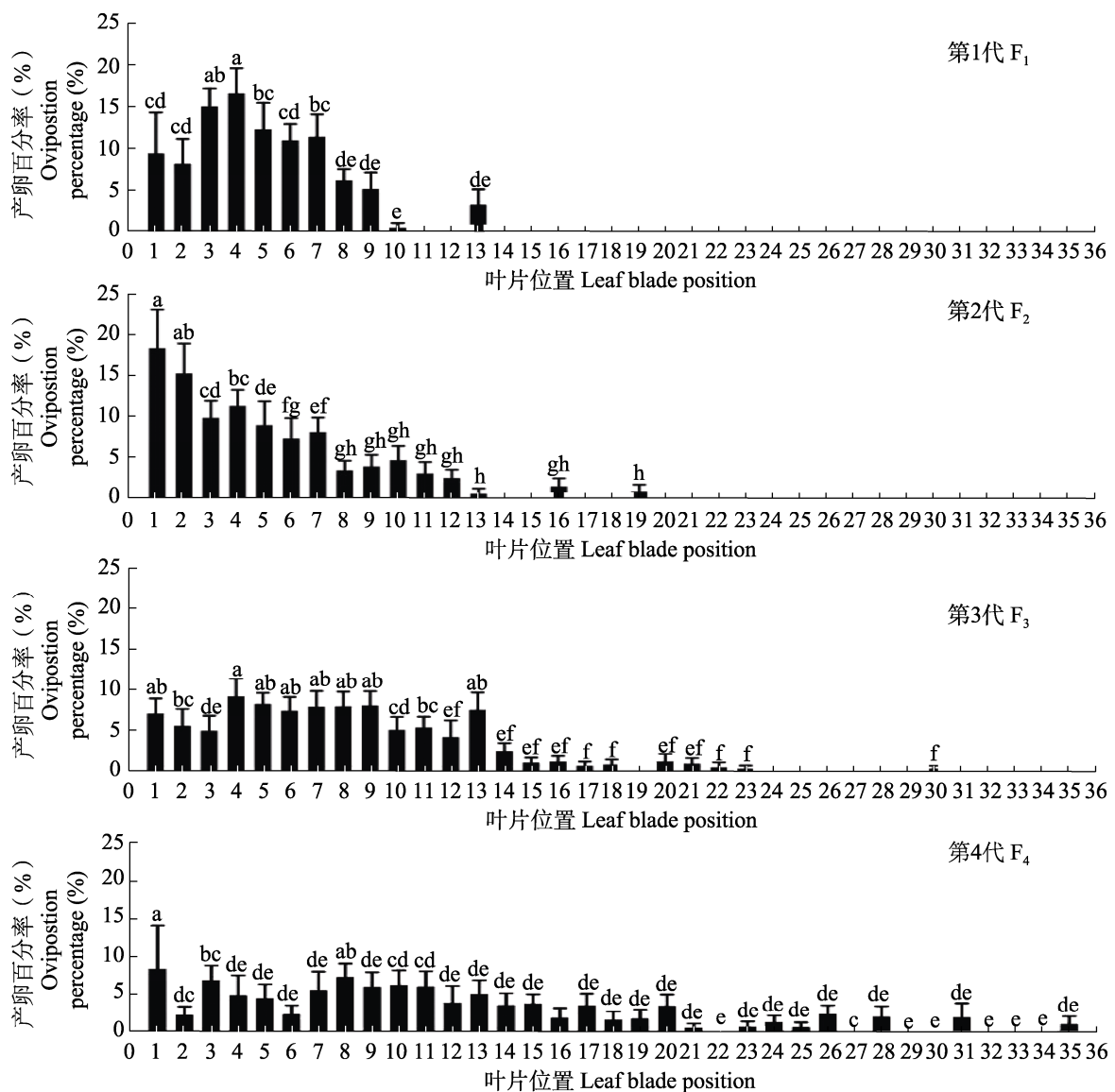


图 6 各代梨小食心虫在不同位置叶片的产卵分布

Fig. 6 The ovipositional distribution of *Grapholitha molesta* in different generation

食心虫偏嗜叶片上产单粒卵居多,极少在叶片上产 2 粒卵和多粒卵,如图 7 所示,每代产单粒卵占比都超过当代总卵量的 88%,越冬代产单粒卵的选择率相较于其他各代低 (88.06%),第 4 代梨小食心虫在叶片上的产卵选择发现了 3 粒卵以及 4 粒卵,均比 2 粒卵的概率低 ($P < 0.05$)。

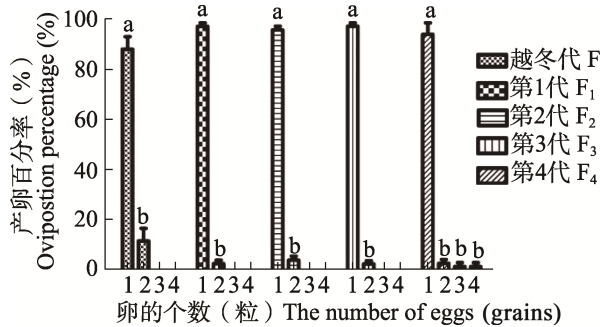


图 7 梨小食心虫在同一叶片上产卵个数
Fig. 7 Number of eggs of *Grapholitha molesta* on the same leaf

2.4 梨小食心虫在桃树果实和叶片的产卵选择

梨小食心虫越冬代发生盛期在 4 月中下旬,第 1 代发生盛期在 5 月中下旬,这两代发生盛期桃树上还未结果;梨小食心虫第 3 代发生盛期在 7 月中旬,第 4 代发生盛期在 8 月中下旬,桃树结果时间大约在 6 月中上旬,结果后果农对果实进行套袋处理,直至 8 月初摘袋。越冬代、第 1 代、第 2 代和第 3 代未对果实进行梨小食心虫产卵情况调查。本研究仅调查了第 4 代梨小食心虫在桃树上的产卵情况,未发现果实上有卵 (表 2)。

3 讨论

通过在深州蜜桃园各代梨小食心虫发生盛期的 5 个月调查结果发现,各代梨小食心虫在上、中、下各层次上的产卵选择明显偏嗜中上部。宫庆涛等 (2018) 在山东省泰安市泰山区圣元官庄村科研基地桃园对 5 年生的韩国有名桃树品种进行梨小食心产卵选择调查,虽然未对整棵桃树进行普查,但在研究中发现,梨小食心虫在不同方位上的产卵选择总体趋势为北 > 东 > 西 > 南,各个方位间无明显差异,这与本研究结果一致。

表 2 梨小食心虫在叶片和果实上的产卵分布
Table 2 The oviposition distribution of *Grapholitha molesta* on leaves and fruits

世代 Generation	叶片上产卵 选择率 (%) Oviposition rate on leaves (%)	果实上产卵 选择率 (%) Oviposition rate on fruits (%)
越冬代 Overwintering generation	100	0 (无果) 0 (fruitless)
第 1 代 First generation	100	0 (无果) 0 (fruitless)
第 2 代 Second generation	100	0 (套袋) 0 (bagged)
第 3 代 Third generation	100	0 (套袋) 0 (bagged)
第 4 代 Fourth generation	100	0

因未到结果期、桃果套袋等原因,没有对梨小食心虫越冬代和前 3 代在桃果上的落卵量进行调查,而后期 (第 4 代) 并没有在果实上调查到卵。桃的绒毛角度、绒毛密度、长短数比和绒毛长度对梨小食心虫的产卵偏嗜性表现为负影响 (Yokoyama and Miller, 1988), 因为梨小食心虫成虫主要用触角识别寄主 (Myers *et al.*, 2006), 郭永福等 (2018) 研究发现梨小食心虫雄蛾腔锥形感受器感觉锥长度明显低于雌蛾,这可能有利于雌蛾对产卵场所进行评估。本研究中没有在果实表面发现卵,猜测可能与桃表面绒毛和触角上的感受器以及套袋导致调查数量少相关,具体原因需要进一步研究。

通过对梨小食心虫在桃叶片上的产卵选择进行调查发现,梨小食心虫更偏向于叶背产卵。根据刘中芳等 (2017) 的研究结果,相较于玻璃和保鲜膜,梨小食心虫更偏好在硫酸纸和蜡纸基质上产卵,说明基质显著影响梨小食心虫对产卵场所的选择。本研究发现梨小食心虫产卵大多位于叶背,说明梨小食心虫更偏向于叶背产卵,这可能与叶片上下表面的物理结构有关。另外,推测与后代的收益比有关,在叶背产卵可能附着度更强,下雨时不易被雨水冲刷,且不易被天敌发现,具体原因还需进一步明确。

经过田间调查发现,越冬代梨小食心虫多在

展开叶产卵。同时, 还发现第 1 代和第 2 代梨小食心虫的产卵选择多集中在第 1-7 片叶, 而第 3 代和第 4 代梨小食心虫的产卵选择集中在第 1-25 片叶, 试验结果表明, 随着叶位的改变, 梨小食心虫的产卵率也有所不同。

总之, 本研究明确了梨小食心虫雌成虫在田间的产卵位置偏嗜性, 全面了解桃园梨小食心虫的产卵影响因子, 研究结果为今后基于卵期的精准、高效、绿色监测和综合防控措施提供科学依据和理论基础, 但关于梨小食心虫产卵偏嗜性的具体成因还需进一步深入研究。

参考文献 (References)

- Chen MX, Luo YQ, Zhao CJ, Tao WQ, Ma WE, Wang H, Liu X, Yu JX, 2009. Research advance on *Grapholita molesta* Busck. *Northern Horticulture*, 33(8): 144–147. [陈梅香, 骆有庆, 赵春江, 陶万强, 马万娥, 王合, 刘曦, 禹菊香, 2009. 梨小食心虫研究进展. 北方园艺, 33(8): 144–147.]
- Chen SZ, Cao CQ, Tong C, Xu DY, Yang MB, Ye C, 2020. Mating and oviposition of *Emeia pseudosauteri* (Coleoptera: Lampyridae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 57(4): 973–979. [陈申芝, 曹成全, 童超, 徐丹阳, 杨梦冰, 叶超, 2020. 三叶虫萤的交配与产卵行为. 应用昆虫学报, 57(4): 973–979.]
- Guo YF, Wang Y, Kong WN, Chai XH, Ma RY, 2018. A study on sexual dimorphism of antennal sensilla ultrastructure on *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Environmental Entomology*, 40(4): 950–957. [郭永福, 王怡, 孔维娜, 柴晓晗, 马瑞燕, 2018. 梨小食心虫触角感受器雌雄二型的超微研究. 环境昆虫学报, 40(4): 950–957.]
- Gong QT, Li SH, Zhang KP, Wu HB, Liu W, Zhang XP, Sun RH, 2014. Ovipositional preference of *Grapholita molesta*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 25(9): 2665–2670. [宫庆涛, 李素红, 张坤鹏, 武海斌, 刘伟, 张学萍, 孙瑞红, 2014. 梨小食心虫的产卵选择性. 应用生态学报, 25(9): 2665–2670.]
- Gong QT, Sun Y, Wu HB, Zhang KP, Zhang XP, Sun RH, 2016. Factors of the oviposition preference of *Grapholita molesta* (Busck). *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 44(7): 1046–1049, 1054. [宫庆涛, 孙杨, 武海斌, 张坤鹏, 张学萍, 孙瑞红, 2016. 梨小食心虫产卵选择影响因素. 山西农业科学, 44(7): 1046–1049, 1054.]
- Gong QT, Wu HB, Li GX, Jiang LL, Li SH, Sun RH, 2018. Effects of azimuth and layer on oviposition preference of *Grapholita molesta* (Busck) in field and laboratory. *Shandong Agricultural Sciences*, 50(4): 98–101. [宫庆涛, 武海斌, 李桂祥, 姜莉莉, 李素红, 孙瑞红, 2018. 方位和层次对梨小食心虫田间及室内产卵选择的影响. 山东农业科学, 50(4): 98–101.]
- Hu X, Li L, 2020. Host location and its influence factors of the oriental fruit moth *Grapholita molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 49(5): 1–14. [胡仙, 李莉, 2020. 梨小食心虫的寄主定位及其影响因素研究进展. 河南农业科学, 49(5): 1–14.]
- Kuang XJ, Liu XP, Xu J, Xiao HJ, Xue FS, 2010. Mating behavior of *Colaphellus bowringi*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 47(4): 704–743. [匡先钜, 刘兴平, 徐婧, 肖海军, 薛芳森, 2010. 大猿叶虫交配行为的观察. 昆虫知识, 47(4): 704–743.]
- Kong WN, Wang Y, Liu ZF, Guo YF, Zhao F, Fan RJ, 2018. The effect of different hosts on the oviposition preferences of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 55(1): 104–111. [孔维娜, 王怡, 刘中芳, 郭永福, 赵飞, 范仁俊, 2018. 不同寄主对梨小食心虫产卵选择的影响. 应用昆虫学报, 55(1): 104–111.]
- Liu ZF, Gao Y, Shi GC, Zhang PJ, Fan JB, Yang J, Lu JJ, Fan RJ, 2017. Oviposition preference of *Grapholita molesta* (Busck) to different kinds of substrates. *Plant Protection*, 43(5): 124–127. [刘中芳, 高越, 史高川, 张鹏九, 樊建斌, 杨静, 陆俊娇, 范仁俊, 2017. 梨小食心虫对不同基质的产卵选择性. 植物保护, 43(5): 124–127.]
- Li Y, Liao B, Wang RX, Sheng LM, Zhong XX, Kong WN, Ma RY, 2016. Research of attractiveness of host-plant volatiles to the pregnant females of *Grapholita molesta* (Busck). *Journal of Environmental Entomology*, 38(1): 132–137. [李逸, 廖波, 王瑞兴, 盛丽梅, 种星星, 孔维娜, 马瑞燕, 2016. 寄主植物挥发物对梨小食心虫受孕雌虫的引诱作用初探. 环境昆虫学报, 38(1): 132–137.]
- Myers CT, Hull LA, Grzegorz K, 2006. Comparative survival rates of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) larvae on shoots and fruit of apple and peach. *Journal of Economic Entomology*, 99(4): 1209–1309.
- Ran HF, Lu ZY, Liu WX, Ma AH, Liu XX, Sun HP, Li JC, Zhang WQ, 2016. Advances in research on the biological control of the oriental fruit moth. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(5): 931–941. [冉红凡, 路子云, 刘文旭, 马爱红, 刘小侠, 孙海鹏, 李建成, 张青文, 2016. 梨小食心虫生物防治研究进展. 应用昆虫学报, 53(5): 931–941.]
- Ran HF, Ma AH, Lu ZY, Liu WX, Li JC, 2019. Dynamics of oriental fruit moth in different pear varieties orchards. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 23(1): 41–43, 53. [冉红凡, 马爱红, 路子

- 云, 刘文旭, 李建成, 2019. 不同品种梨园内梨小食心虫的发生动态. 河北农业科学, 23(1): 41–43, 53.]
- Stelinski LL, Gut LJ, Haas M, McGhee P, Epstein D, 2007. Evaluation of aerosol devices for simultaneous disruption of sex pheromone communication in *Cydia pomonella* and *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Pest Science*, 80(4): 225–233.
- Stelinski LL, Il'ichev AL, Gut LJ, 2006. Antennal and behavioral responses of virgin and mated oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) females to their sex pheromone. *Annals of the Entomological Society of America*, 99(5): 898–904.
- Wang Y, Kong WN, Guo YF, Hu RS, Chai XH, Li J, Ma RY, 2018. Effect of host plants on larval instars of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 46(9): 1515–1521, 1531. [王怡, 孔维娜, 郭永福, 胡荣山, 柴晓晗, 李捷, 马瑞燕, 2018. 不同寄主植物对梨小食心虫幼虫龄数的影响. 山西农业科学, 46(9): 1515–1521, 1531.]
- Xiang HM, Ma RY, Diao HL, Li XW, He XJ, Guo YF, 2017. Peach-specific aldehyde nonanal attracts female Oriental fruit moths, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20(4): 1419–1424.
- Yang XF, Fan F, An LN, Lei LP, Ma R, Wei GS, 2017. Oviposition rhythm of oriental fruit moth *Grapholita molesta* under different light conditions. *Journal of Plant Protection*, 44(5): 873–874. [杨小凡, 范凡, 安立娜, 雷利平, 马冉, 魏国树, 2017. 不同光照环境下梨小食心虫的产卵节律. 植物保护学报, 44(5): 873–874.]
- Yang XF, Ma CS, Fan F, Liu YF, Feng N, Li Q, Wei GS, 2014. Effect of colours on oviposition preference of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* Busck. *Acta Ecologica Sinica*, 34(11): 2971–2977. [杨小凡, 马春森, 范凡, 刘玉峰, 冯娜, 李倩, 魏国树, 2014. 颜色对梨小食心虫产卵选择性的影响. 生态学报, 34(11): 2971–2977.]
- Yokoyama VY, Miller GT, 1988. Laboratory evaluations of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) oviposition and larval survival on five species of stone fruits. *Journal of Economic Entomology*, 81(3): 867–872.