

不同寄主对梨小食心虫产卵选择的影响*

孔维娜^{1**} 王 怡² 刘中芳¹ 郭永福² 赵 飞¹ 范仁俊^{1***}

(1. 山西省农业科学院植物保护研究所, 农业有害生物综合治理山西省重点实验室, 太原 030031;

2. 山西农业大学农学院, 太谷 030801)

摘 要 【目的】为了明确不同世代的梨小食心虫 *Grapholita molesta* (Busck) 如何应对不同寄主进行产卵地点的选择。【方法】本文以受孕雌虫为研究对象, 在室内进行受孕雌虫产卵对不同种类(桃、梨和苹果)的寄主嫩梢和果实的选择性试验。【结果】结果表明:(1)不同世代的受孕雌虫的产卵地点受到不同寄主种类的显著影响。越冬代、第2代和第3代受孕雌虫偏爱在梨果、桃梢上产卵, 而第1代受孕雌虫偏爱在桃果和梨果上产卵。苹果梢和果实的引诱率最低。(2)卵的孵化率的变化趋势与受孕雌虫的落卵率一致。除了不同世代受孕雌虫在梨果上产的卵的孵化率存在差异以外, 卵孵化率在同一世代的不同寄主果实、不同寄主嫩梢以及同一寄主的不同世代间差异不显著。【结论】因此, 桃梢稳定吸引梨小食心虫产更多的可育卵, 而桃果仅吸引第1代成虫产较多的可育卵, 梨果吸引其余3代成虫产较多的可育卵。可见, 梨小食心虫的产卵选择行为具有试探性, 为后代占据优势生态位提供保障。

关键词 梨小食心虫, 受孕雌虫, 不同世代, 寄主种类, 产卵地

The effect of different hosts on the oviposition preferences of *Grapholita molesta* (Busck) (Lepidoptera: Tortricidae)

KONG Wei-Na^{1**} WANG Yi² LIU Zhong-Fang¹ GUO Yong-Fu²
ZHAO Fei¹ FAN Ren-Jun^{1***}

(1. Shanxi Key Laboratory of Integrated Pest Management in Agriculture, Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030031, China; 2. College of Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract [Objectives] In order to clarify how four generations of *Grapholita molesta* select oviposition sites on different host plants. [Methods] The oviposition preferences of gravid females for the tender shoots and fruits of different hosts, including peach, pear and apple, were determined under laboratory conditions. [Results] Different generations of gravid females had significantly different oviposition site preferences. Overwintering, second, and third, generation females preferred pear fruit and peach shoots, whereas the first generation females preferred peach and pear fruits. Apple shoots and fruits were the least preferred oviposition sites. Egg hatching and laying rates were consistent with female oviposition preferences. Although the egg hatching rates of different generations on pear fruits differed significantly, there were no significant differences in the egg hatching rates of different generations on other host fruits or host shoots. [Conclusion] Peach shoots only attract first generation females whereas pear fruits attract the other three generations of female moths and consequently contain more fertile eggs. Different generations of female *Grapholita molesta* differ in their oviposition preferences in order to ensure a superior econiche for their offspring.

Key words *Grapholita molesta*, pregnant females, different generations, species of host plants, oviposition sites

*资助项目 Supported projects: 山西省自然科学基金 (No. 201701D22111283); 山西省农业科学院博士研究基金 (YBSJJ1510) 和山西省重点研发计划 (201603D21110-2, 2015-TN-03-09)

**第一作者 First author, E-mail: kwnlll@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: rjfan@163.com 13303400368

收稿日期 Received: 2017-06-07, 接受日期 Accepted: 2017-07-31

梨小食心虫 *Grapholitha molesta* (Busck), 属鳞翅目 (Lepidoptera)、卷蛾科 (Tortricidae), 是一种世界性的经济害虫 (Baker and Cardé, 1979; Bailey, 1980), 主要以幼虫钻蛀多种蔷薇科果树的嫩梢和果实进行转移为害 (Rothschild and Vickers, 1991; Cardé and Minks, 1995; Il'ichev *et al.*, 2004; Kovanci *et al.*, 2005; Myers *et al.*, 2006b), 给果农造成巨大的经济损失 (Cory, 1925; 呼丽萍和高俊商, 2007; 周润清等, 2007; 胡增丽和李海芳, 2010)。梨小食心虫世代重叠, 在我国华北地区发生期长达 6 个月 (赵志国, 2012)。桃 *Amygdalus persica*、梨 *Pyrus* spp. 和苹果 *Malus domestica* 均是其主要寄主植物 (Allen and Brunson, 1943; Allen and Plasket, 1958; Myers *et al.*, 2006a), 它们的物候期也先后出现在这个时期。在我国, 该虫的第 1 代和第 2 代有害桃树和苹果树的嫩梢, 第 2 代和第 3 代有害桃树果实, 第 3 至 5 代有害苹果和桃树果实 (赵忠仁等, 1989; 陆鹏飞等, 2010; 赵志国, 2012)。

考虑到梨小食心虫寄主植物的多样性以及物候期重叠, 该虫对寄主的选择和转移是重要的生态策略。雄成虫主要在栖息地内活动, 交配策略采取就近原则 (Yetter and Steiner, 1932; Steiner and Yetter, 1933; Sziraki, 1979; Atanov *et al.*, 1991)。雌成虫在交配点和扩散点存在繁殖成功重叠, 采取混合迁移策略 (Southwood, 1977), 即小比例的雌成虫通过长距离飞行或者飞行之前先产 1/3 的卵以降低扩散风险 (Hughes and Dorn, 2002), 那么扩散到一个新的栖息地且定居下来主要取决于两性成虫, 尤其是受孕雌成虫的迁入 (Hughes and Dorn, 2002)。

雌成虫的选择产卵阶段主要受到可用食物资源的潜在影响 (Beck, 1972)。雌成虫通过对外界环境的感知进行判断, 从而选定产卵场所和位置 (王琛柱和黄玲巧, 2010)。众多研究表明, 与苹果梢相比, 雌成虫更喜在桃梢上产卵; 当桃收获后, 苹果接近成熟时, 雌成虫才会将更多的卵产在苹果果实上 (Myers *et al.*, 2006a)。雌成虫喜欢将卵产在苹果的萼洼和果柄处, 少量产

于果实表面。雌成虫更喜欢将卵产于被取食过的果实表面 (Myers *et al.*, 2006b)。可见, 从复杂的环境中有效识别出质量较好的寄主, 是梨小食心虫种群繁荣的关键。

寄主物候期, 形成以季节为基础的生态优势, 是梨小食心虫生态适应性的主要影响因子之一。世代重叠的梨小食心虫对桃、梨和苹果为害期却不尽相同。梨小食心虫通常为害桃和苹果的嫩梢和果实, 而仅为害梨的果实。研究表明, 在未结果期和早期果实发育期, 梨小食心虫偏爱寄主的嫩梢, 而在晚期果实发育期, 果实显著吸引梨小食心虫, 但是嫩梢的效果较差 (Piñero and Dorn, 2009; Najar-Rodriguez *et al.*, 2013)。所以, 我们假设随着不同寄主植物生长发育的变化, 受孕雌虫面对变动着的寄主植物状态, 也会相应的改变自身行为。为了弄清成虫对不同物候期的不同寄主材料的偏爱与歧视情况, 我们开展了梨小食心虫对不同寄主植物材料的选择产卵试验, 通过在梨小食心虫每个发生世代下, 测量受孕雌虫在不同寄主植物材料上的落卵量以及孵化量, 以明确不同世代梨小食心虫受孕雌虫对落卵寄主的季节选择, 进而为进一步阐明寡食性昆虫与寄主之间的关系提供理论证据。

1 材料与方法

根据梨小食心虫对嫩梢和果实的选择特点, 本试验对嫩梢的选择产卵试验进行一代, 对于果实的选择产卵试验进行 4 代。

1.1 寄主材料的获得

试验所需不同种类的寄主植物均采集自山西省农业科学院果树研究所 (位于山西省晋中市太谷县, 37°23'N, 112°32'E, 海拔 830 m), 苹果产业国家技术系统晋中太谷试验站、梨产业国家技术系统晋中太谷试验站以及桃种植资源圃。梨选择“雪花”梨, 桃选择“大久保”毛桃, 苹果选择“丹霞”苹果。果树每年进行常规修剪, 定期喷施杀菌剂预防果树病害。这 3 种果实的坐果期到落果期为 4 月至 11 月 (表 1)。

不同成熟状态的果实以及嫩梢的采集时间

表 1 寄主植物物候期
Table 1 Phenological periods of host plants in Shanxi province

种类 Species	物候期 Phenological periods			
	萌芽期 Germination	开花期 Florescence	成熟期 Maturation	落叶期 Defoliation
梨 Pear	4 月上旬 Early April	4 月下旬 Late April	9 月上旬 Early September	11 月下旬 Late November
桃 Peach	4 月上旬 Early April	4 月中下旬 Middle and late April	7 月下旬 Late July	10 月下旬至 11 月上旬 Late October to early November
苹果 Apple	4 月上旬 Early April	4 月中旬 Middle April	10 月上中旬 Middle October	11 月下旬 Late November

数据来源于汪祖华和庄恩及（2001）；田建保等（2002）；柴仲平等（2013）。
The data are from Wang and Zhuang (2001), Tian *et al.* (2002) and Chai *et al.* (2013).

表 2 梨小食心虫 2010-2016 年发生世代时间（太谷县，山西）
Table 2 Occurrence time of generations for *Grapholitha molesta* from 2010 to 2016 (Taigu, Shanxi)

虫态 Insect stage	越冬代 Over-wintering generation	第 1 代 First generation	第 2 代 Second generation	第 3 代 Third generation
成虫 Adult	4 月下旬 Late April	6 月中旬 Mid June	7 月下旬 Late July	8 月下旬 Late August

依据同一年对梨小食心虫发生动态监测的平行试验，分别在不同世代的梨小食心虫成虫发生高峰期进行寄主材料的采集（表 2）。保证果实的成熟状态与发生时间的对应关系。

1.2 受孕雌虫来源

试验所用梨小食心虫种群来自田间（山西省太谷县桃园），采集幼虫后在室内进行继代饲养。饲养方法为全饲料饲养，饲养代数 30 代以上，保证了试虫状态的一致性。试验所用虫源为受孕雌虫。将蛹放于蛹盒内。随机取当日羽化未交配的雌、雄成虫进行配对，单对放置于交配笼中（直径为 15 cm 和高度为 20 cm 的顶部多处扎有通风孔的透明塑料圆筒，且顶端悬挂棉球每天用以 5% 蜂蜜水饲喂）。每日傍晚观察并记录梨小食心虫交配情况，待交配完成后，取出交配过的雌虫用于次日选择产卵试验。

1.3 试验步骤

将 3 个种类的寄主材料随机均匀放置于长方形纱网罩中（高度为 60 cm，长度为 40 cm，宽度为 40 cm）。果实放置于产卵纸上，嫩梢浸泡于组织培养液中。纱网上部中心悬挂浸有 5% 蜂蜜水的棉球，每日补充，饲喂成虫（图 1）。每个纱网中接入 5 只前一天交尾的雌虫，重复 6 次。从第 3 天开始，每天检查各寄主材料上的落

卵量并更换新鲜的寄主材料。待卵孵化后统计寄主材料上卵的孵化数量。本试验于 2014 年 5-9 月进行。

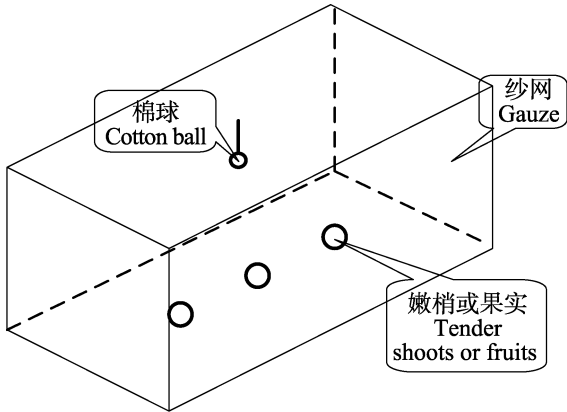


图 1 产卵选择装置示意图
Fig. 1 Schematic representation of selection device for oviposition

1.4 数据处理

将每个重复中各寄主材料上的落卵量和孵化量进行百分比换算得到的落卵率和孵化率。各处理间的显著性采用一般线性模型（GLM）分析，处理间平均值进行多重比较。数据分析软件为 SPSS 16.0 和 SAS V8，作图软件为 Sigmaplot 12.5。

2 结果与分析

在只有果实的选择试验中，不同世代的受孕

雌虫在不同寄主植物果实上的落卵率差异均显著 (越冬代: $\chi^2=24.27$; $df=2$; $P<0.0001$; 第1代: $\chi^2=242.83$; $df=2$; $P<0.0001$; 第2代: $\chi^2=197.55$; $df=2$; $P<0.0001$; 第3代: $\chi^2=546.56$; $df=1$; $P<0.0001$; 图2), 而卵的孵化率差异均不显著 (越冬代: $\chi^2=3.04$; $df=2$; $P=0.219$; 第2代: $\chi^2=4.49$; $df=2$; $P=0.106$; 第2代: $\chi^2=0.53$; $df=2$; $P=0.767$; 第3代: $\chi^2=1.08$; $df=1$; $P=0.300$; 表3)。第3代受孕雌虫在梨果上的产卵率 (83.66 ± 4.77)% 高于第2代受孕雌虫 (59.70 ± 10.49)% 和第1代受孕雌虫 (40.61 ± 7.07)%。越冬代受孕雌虫在苹果上的产卵率 (18.42 ± 6.65)% 高于第3代受孕雌虫 (15.66 ± 4.61)%

和第1代受孕雌虫 (4.12 ± 1.56)%。对于在桃果上的产卵率而言, 第1代受孕雌虫的最高 (54.56 ± 7.23)%, 而越冬代受孕雌虫的产卵率最低 (28.13 ± 7.79)%。越冬代 (77.92 ± 2.47)% 和第3代 (84.70 ± 0.72)% 受孕雌虫在梨上产的卵孵化率最高, 第1代 (88.61 ± 2.92)% 和第2代 (82.04 ± 4.72)% 受孕雌虫在桃上产的卵孵化率最高。

受孕雌虫对同一寄主植物在不同世代上的落卵率差异均显著 (梨: $\chi^2=299.16$; $df=3$; $P<0.0001$; 桃: $\chi^2=29.39$; $df=2$; $P<0.0001$; 苹果: $\chi^2=73.63$; $df=3$; $P<0.0001$; 图3), 而卵的孵化的影响差异不显著 (桃: $\chi^2=1.75$; $df=2$; $P=0.416$; 苹果: $\chi^2=0.47$; $df=3$; $P=0.925$), 除

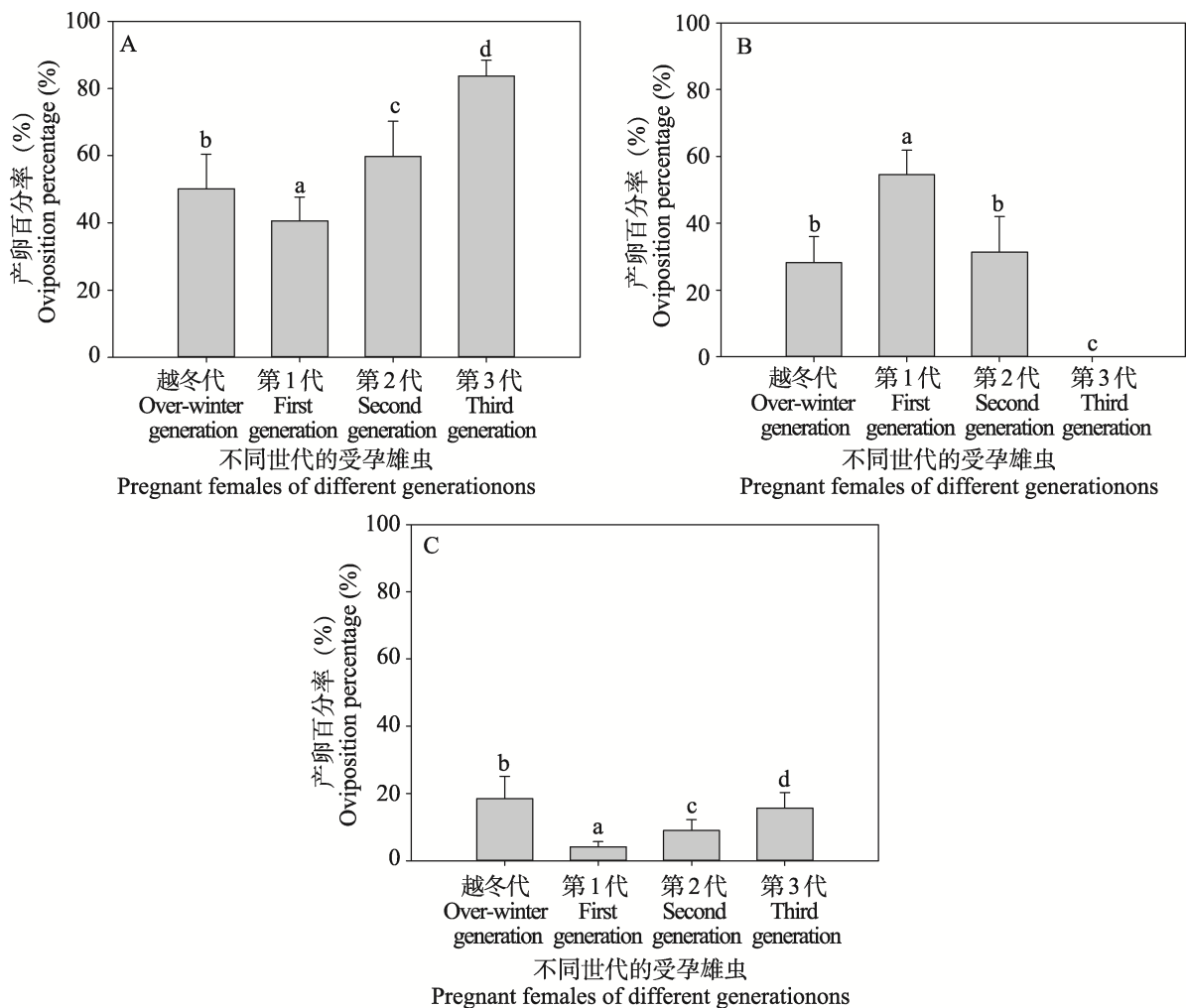


图2 不同世代的受孕雌虫对同一寄主果实的产卵选择

Fig. 2 Oviposition selection of *Grapholitha molesta* pregnant females with different generation on same species of fruits

A. 梨; B. 桃; C. 苹果。柱上标有不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。下图同。

A. Pear; B. Peach; C. Apple. Histograms with different small letters indicate significant difference ($P<0.05$). The same below.

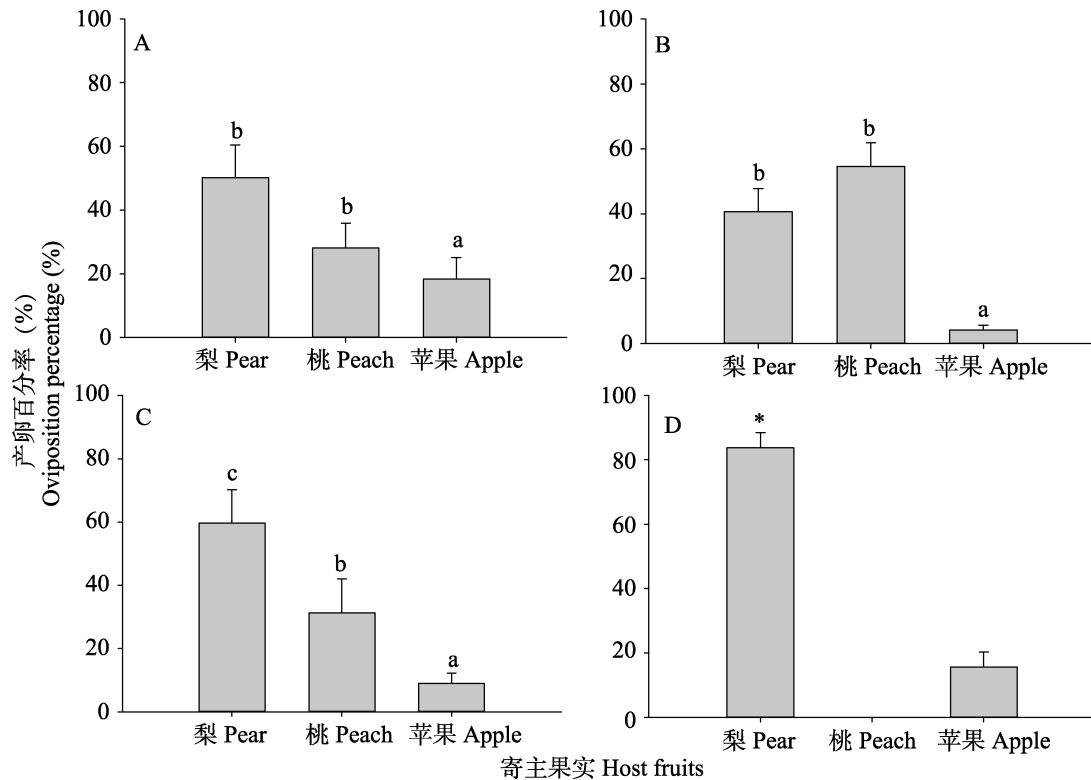


图3 同一世代受孕雌虫对不同寄主植物果实的产卵选择

Fig. 3 Oviposition selections of *Grapholitha molesta* pregnant females with same generations on various species of fruits

A. 越冬代; B. 第1代; C. 第2代; D. 第3代。

A. Over-winter generation; B. 1st generation; C. 2nd generation; D. 3rd generation.

表3 不同寄主植物上卵的孵化率

Table 3 Hatching rate of the eggs laid on different host plants

寄主植物 Host plants	卵孵化率 Egg hatching rate (%)				嫩梢 Tender shoots
	果实 Fruits				
	越冬代 Over-winter generation	第 1 代 First generation	第 2 代 Second generation	第 3 代 Third generation	
梨 Pear	77.92 ± 2.47	81.70 ± 4.07	80.96 ± 1.49	84.70 ± 0.72	70.83 ± 23.94
桃 Peach	68.77 ± 13.92	88.61 ± 2.92	82.04 ± 4.72	——	60.00 ± 30.55
苹果 Apple	71.08 ± 14.54	54.40 ± 17.67	75.58 ± 15.46	80.45 ± 2.64	55.56 ± 29.40

了梨 ($\chi^2=11.01$; $df=3$; $P=0.012$; 表3)。越冬代受孕雌虫在梨果上的落卵率最高 (50.11 ± 10.31)%，在苹果上最低 (18.42 ± 6.65)%。第1代受孕雌虫在桃果上的落卵率最高 (54.56 ± 7.23)%，在苹果上的落卵率最低为 (4.12 ± 1.56)%。第2代受孕雌虫在梨果上的落卵率最高 (59.70 ± 10.49)%，在苹果上最低 (8.99 ± 3.23)%。第3代受孕雌虫在梨果上 (83.66 ± 4.77)%的落卵率和卵的孵化率 (84.70 ± 0.72)%显著高于桃果和苹果。

在只有嫩梢的选择试验中，受孕雌虫在不同

寄主嫩梢上落卵率 ($\chi^2=3.34$; $df=2$; $P=0.1884$; 图4)和卵的孵化率 ($\chi^2=0.03$; $df=1$; $P=0.858$; 表3)差异均不显著，但是在桃梢上落卵率 (40.14 ± 13.44)%和在梨梢上产的卵的孵化率 (70.83 ± 23.94)%最高，而在苹果梢落卵量最低为 (20.65 ± 8.34)%。

对不同世代的受孕雌虫嫩梢和果实的选择进行动态分析 (图5)。在整个生长季节，受孕雌虫偏爱在梨果上产卵，而且卵的孵化率比嫩梢的高；受孕雌虫虽然偏爱在苹果嫩梢上产卵，但

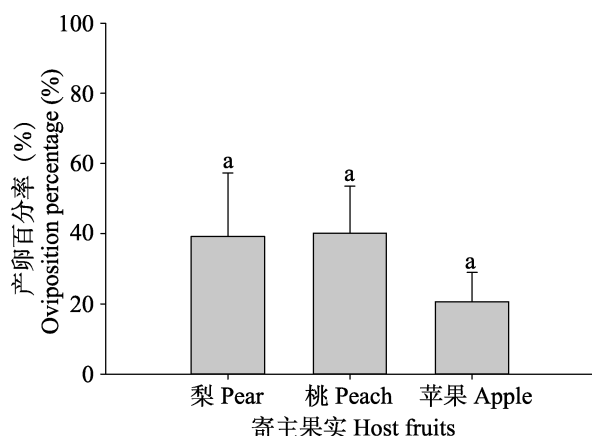


图4 受孕雌虫对不同寄主植物嫩梢的产卵选择
Fig. 4 Oviposition selections of *Grapholitha molesta* pregnant females on various species of tender shoots

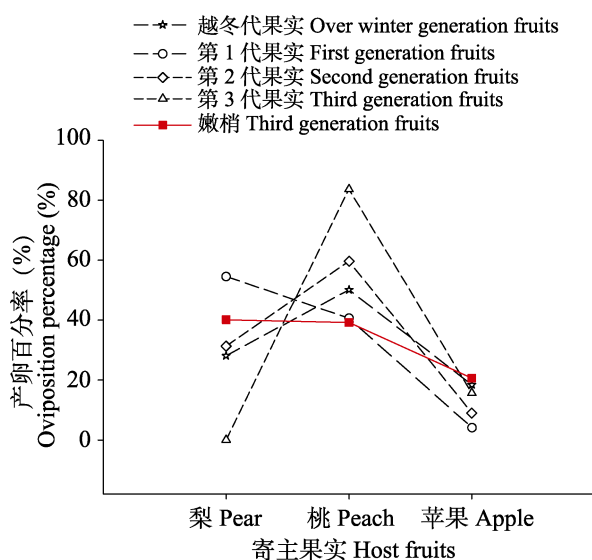


图5 4个世代受孕雌虫对不同寄主植物选择产卵动态图

Fig. 5 Dynamic map of oviposition preference on various host plants in four generations

是卵的孵化率却比果实的低;对于桃树的嫩梢和果实,受孕雌虫均可以产可育卵,但是第3代受孕雌虫不选择在果实产卵。另外,越冬代、第2代和第3代的受孕雌虫偏爱在梨果、桃梢和梨梢上产更多的可育卵,而第1代的受孕雌虫桃果、梨果和桃梢上产更多的可育卵。

3 讨论

梨小食心虫具有发生世代多、发生时间长的特点(赵志国, 2012),而其寄主植物又具有种类多、物候期重叠的特点(Myers, 2005),这样

就为寡食性昆虫梨小食心虫转移为害提供了前提。我们的试验结果表明,不同世代的受孕雌虫选择在不同寄主植物材料上产卵。对于嫩梢而言,受孕雌虫更趋向于桃梢,其次是梨梢,最后是苹果梢。对果实而言,受孕雌虫在越冬代、第2代和第3代更趋向于梨果,在第1代更趋向于桃果,对苹果的产卵趋性始终处于非常低的水平。对比受孕雌虫对嫩梢和果实的选择产卵情况,在梨上,所有受孕雌虫更喜爱在果实上产卵;在桃上,越冬代和第2代更喜爱在嫩梢上产卵,第1代更喜爱在果实上产卵,整体在桃上更喜爱在嫩梢上产卵;在苹果上,所有受孕雌虫均更喜爱在嫩梢上产卵。寄主除了吸引受孕雌虫产卵,还必须有利于卵的孵化。我们的结果表明,在不同世代、不同寄主和不同产卵地点的处理水平,卵的孵化率差异不显著,除了不同世代受孕雌虫产在梨果上的卵,而且卵的孵化率随着受孕雌虫落卵率而变化。总之,越冬代、第2代和第3代受孕雌虫更喜爱在梨上和桃梢上产卵有利于孵化为幼虫,而第1代受孕雌虫更喜爱在桃上和梨果产卵有利于孵化为幼虫。

结合梨小食心虫幼虫均喜欢取食桃果,而只有第3代幼虫喜欢取食梨果的前期研究(王怡, 2016)。受孕雌虫始终偏爱桃梢产卵,而且幼虫始终喜欢取食桃果,有利于幼虫存活,这说明梨小食心虫可以一直生活在桃园;尽管越冬代和第1代受孕雌虫偏爱梨果产卵但是幼虫不喜欢取食梨果,造成出孵幼虫钻蛀率低,不利于梨小食心虫存活,第3代受孕雌虫偏爱梨果产卵,幼虫也喜欢取食梨果,有利于梨小食心虫存活,这说明梨园适合桃小食心虫后期生活;苹果对受孕雌虫和幼虫的适合度都不高,说明梨小食心虫可以在苹果园存活但是不利于种群增加。这进一步解释了桃是第一寄主而梨和苹果是第二寄主。再根据3种寄主的物候期,梨落果比桃晚但是比苹果早,那么梨小食心虫在发生末期从桃园转移到梨园或苹果园进行为害。这进一步解释了混栽园发生严重的原因。另外,受孕雌虫可以有针对性的选择出最有利于后代存活的场所去产卵以达到繁荣种群的目的,但是这却因为卵的孵化率差异不

显著并没有在梨小食心虫成虫的产卵选择行为上体现出来。结合成虫对寄主植物的选择产卵特点以及幼虫对寄主植物的利用特点,我们认为成虫的产卵选择并不是造成不同寄主植物间种群差异最重要的原因,这也为证明梨小食心虫属于寡食性昆虫提供证据,以及我们推测幼虫取食的作用对于种群繁荣更为重要。

总之,对于世代重叠和多寄主的梨小食心虫来说,受孕雌虫对寄主的选择有可能是一种试探行为,寻找潜在的可以作为后代食物来源的寄主植物。成虫的产卵选择行为具有提前效应,在寄主植物成为适宜后代生存的食物来源之前,受孕雌虫会提前将卵产于这类寄主植物上。这一现象出现的原因可能包括两个方面:一方面,可能是由于梨在成熟过程中特殊的挥发性物质的含量发生了变化,所释放出的物质梨小食心虫成虫更喜爱去接受(Myers *et al.*, 2006a, 2006b; Najjar-Rodriguez *et al.*, 2013)。另一方面,由于寄主植物随物候期的变化造成了梨小食心虫种群上的重新分布,迫使梨小食心虫不得不去寻找新的食物资源(Denno, 1994; Arendt, 2015)。受孕雌虫在寄主上的产卵量也同时增加随着寄主成熟而增加,后代的存活率也随之增加,最终有利于种群繁衍。因此,梨小食心虫在寄主间的转移本质是该虫生态适应性策略作用的具体表现。

参考文献 (References)

- Allen HW, Brunson MH, 1943. The Effect of proximity to apple on the extent of oriental fruit moth injury in peach orchards. *Journal of Economic Entomology*, 9(6): 879–882.
- Allen HW, Plasket EL, 1958. Populations of the oriental fruit moth in peach and apple orchards in the Eastern States. Technical Bulletins, Washington DC.
- Arendt JD, 2015. Effects of dispersal plasticity on population divergence and speciation. *Heredity*, 115(4): 306–311.
- Atanov NM, Zhimerikin VN, Gummel ER, 1991. Migrational activity of the eastern tortrix. *Zashchita Rastenii*, 12(1): 35.
- Bailey P, 1980. Oriental fruit moth in south Australian peach orchards: monitoring moth activity and abundance and estimating first egg hatch. *Journal of Applied Entomology*, 89(1/5): 377–386.
- Baker TC, Cardé RT, 1979. Analysis of pheromone-mediated behaviors in male *Grapholitha molesta*, the oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Environmental Entomology*, 8(5): 956–968.
- Beck SD, 1972. Nutrition, adaptation and environment/Rodriguez JG (ed.). *Insect and Mite Nutrition*. Amsterdam: North-Holland Publishing. 1–6.
- Chai ZP, Wang XM, Chen BL, Jiang PA, Sheng JD, Liu M, 2013. Annual biomass and nutrient accumulation of Korla fragrant pear. *Plant Nutrition and Fertilizing Science*, 19(3): 656–663. [柴仲平, 王雪梅, 陈波浪, 蒋平安, 盛建东, 刘茂, 2013. 库尔勒香梨年生长期生物量及养分积累变化规律. 植物营养与肥料学报, 19(3): 656–663.]
- Cardé RT, Minks AK, 1995. Control of moth pests by mating disruption: Successes and constraints. *Annual Review of Entomology*, 40(1): 559–585.
- Cory EN, 1925. *Laspeyresia Molesta* Busck as a quince pest. *Journal of Economic Entomology*, 18(1): 199–202.
- Denno RF, 1994. The evolution of dispersal polymorphisms in insects: The influence of habitats, host plants and mates. *Population Ecology*, 36(2): 127–135.
- Hu ZL, Li HF, 2010. A preliminary report on the occurrence regularity of oriental fruit moth in peach orchard. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 38(6): 46–47. [胡增丽, 李海芳, 2010. 桃园梨小食心虫发生规律研究初报. 山西农业科学, 38(6): 46–47.]
- Hu LP, Gao JS, 2007. Occurrence and control experiment of *Grapholitha molesta* in Gansu Tianshui peach orchard. *China Fruits*, (5): 32–34. [呼丽萍, 高俊商, 2007. 甘肃天水桃园梨小食心虫发生规律及防治试验. 中国果树, (5): 32–34.]
- Hughes J, Dorn S, 2002. Sexual differences in the flight performance of the oriental fruit moth, *Cydia molesta*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 103(2): 171–182.
- Il'ichev AL, Williams DG, Milner AD, 2004. Mating disruption barriers in pome fruit for improved control of oriental fruit moth *Grapholitha molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae) in stone fruit under mating disruption. *Journal of Applied Entomology*, 128(2): 126–132.
- Kovanci OB, Schal C, Walgenbach JF, Kennedy GG, 2005. Comparison of mating disruption with pesticides for management of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) in North Carolina apple orchards. *Journal of Economic Entomology*, 98(4): 1248–1258.
- Lu PF, Huang QL, Wang CZ, 2010. Semiochemicals used in chemical communication in the oriental fruit moth, *Grapholitha molesta* Busck (Lepidoptera: Tortricidae). *Acta Entomologica Sinica*, 53(12): 1390–1403. [陆鹏飞, 黄玲巧, 王琛柱, 2010.

- 梨小食心虫化学通信中的信息物质. 昆虫学报, 53(12): 1390–1403.]
- Myers CT, 2005. Orchard host plant effects on the survival, development, reproduction, and behavior of the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (Busck). PA: Pennsylvania State University, University Park. 1–23.
- Myers CT, Hull LA, Krawczyk G, 2006b. Seasonal and cultivar associated variation in oviposition preference of oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) adults and feeding behavior of neonate larvae in apples. *Journal of Economic Entomology*, 99(2): 349–358.
- Myers CT, Hull LA, Krawczyk G, 2006a. Effects of orchard host plants on the oviposition preference of the oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae). *Journal of Economic Entomology*, 99(4): 1176–1183.
- Najar-Rodriguez A, Orschel B, Dorn S, 2013. Season-long volatile emissions from peach and pear trees in situ, overlapping profiles, and olfactory attraction of an oligophagous fruit moth in the laboratory. *Journal of Chemical Ecology*, 39(3): 418.
- Pinero JC, Dorn S, 2009. Response of female oriental fruit moth to volatiles from apple and peach trees at three phenological stages. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 131: 67–74.
- Rothschild GLH, Vickers RA, 1991. Biology, ecology and control of the oriental fruit moth//Van Der Geest LPS, Even-huis HH (eds.). *Tortricid Pests: Their Biology, Natural Enemies and Control*. New York: Elsevier. 389–412.
- Steiner LF, Yetter WP, 1933. Second report on the efficiency of bait traps for the oriental fruit moth as indicated by the release and capture of marked moths. *Journal of Economic Entomology*, 26(4): 774–788.
- Snedecor GW, Cochran WG, 1967. *Statistical Methods*. Ames: Iowa State University Press. 52–62.
- Sziraki G, 1979. Dispersion and movement activity of the oriental fruit moth (*Grapholita molesta* Busck) in large scale orchards. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 14(1/2): 209–228.
- Southwood TRE, 1977. Habitat, the templet for ecological strategies? *Journal of Animal Ecology*, 46(2): 337–365.
- Tian JB, Cheng EM, Sun JJ, Zhang GP, 2002. High quality and yield cultivation techniques of Danxia apple. *Shanxi Fruits*, 88(2): 10–11. [田建保, 程恩明, 孙俊杰, 张桂平, 2002. 丹霞苹果优质丰产栽培管理技术. 山西果树, 88(2): 10–11.]
- Wang CZ, Huang QL, 2010. Host-plant selection by phytophagous insects//Kong CH, Lou YG (eds.). *Frontiers of Chemical Ecology*. Beijing: Higher Education Press. 143–173. [王琛柱, 黄玲巧, 2010. 植食性昆虫对寄主植物的选择//孔垂华, 娄永根. 化学生态学前沿. 北京: 高等教育出版社. 143–173.]
- Wang ZH, Zhuang EJ, 2001. *China Fruit Tree-Peach*. Beijing: China Forestry Publishing House. 59–60. [汪祖华, 庄恩及, 2001. 中国果树志-桃卷. 北京: 中国林业出版社. 59–60]
- Wang Y, 2016. Behavior response of *Grapholitha molesta* development for phenology of host plant. Master dissertation. Taigu: Shanxi Agricultural University. [王怡, 2016. 梨小食心虫生长发育对寄主物候性的行为响应. 硕士学位论文. 太谷: 山西农业大学.]
- Yetter WP, Steiner LF, 1932. Efficiency of bait traps for the oriental fruit moth as indicated by the release and recapture of marked adults. *Journal of Economic Entomology*, 25(1): 106–116.
- Zhao ZG, 2012. Predicting and evaluation of oriental fruit moth by sex pheromone trapping. Doctoral dissertation. Taigu: Shanxi Agricultural University. [赵志国, 2012. 基于性信息素的梨小食心虫测报及评价研究. 博士学位论文. 太谷: 山西农业大学.]
- Zhao ZR, Wang YG, Yan GY, 1989. A preliminary report on the study of oriental fruit moth in northern Jiangsu. *Journal of Applied Entomology*, 26(1): 17–19. [赵忠仁, 王元珪, 颜桂英, 1989. 苏北地区梨小食心虫研究初报. 应用昆虫学报, 26(1): 17–19.]
- Zhou RQ, Liu L, Liu FZ, Zhang MH, 2007. The occurrence and control of oriental fruit moth. *Deciduous Fruit*, 39(2): 44–44. [周润清, 刘磊, 刘凤章, 张茂华, 2007. 梨小食心虫的发生与防治. 落叶果树, 39(2): 44–44.]