

梨小食心虫幼虫寄主选择性和主要感器*

庾 琴** 杜恩强 封云涛 郭晓君 郝 赤*** 张润祥***

(山西农业大学植物保护学院, 太谷 030801)

摘 要 【目的】明确梨小食心虫 *Grapholitha molesta* (Busck) 幼虫的寄主选择能力和主要感器。

【方法】在室内条件下, 测定梨小食心虫幼虫在 7 种寄主果实、不同发育阶段果实及受损伤果实上的数量, 并测定 3 种感器单独、两两组合处理及 3 种感器全部处理后的幼虫在不同寄主果实上的数量。

【结果】1 龄时, 选择丰白毛桃、红富士苹果和霞光油桃的幼虫数分别为 12.00、8.67 和 9.00 头, 选择早酥梨、嘎啦苹果和皇冠梨的幼虫数为 2.00、1.00、1.00 头; 5 龄时, 选择上述 6 种果实的幼虫数依次为 8.67、7.00、6.00、5.33、4.00 和 3.67 头。选择丰白毛桃、红富士苹果和霞光油桃成熟期果实的幼虫数均显著高于选择同种未成熟和成熟早期果实。选择受损伤丰白毛桃、红富士苹果和霞光油桃的幼虫数显著高于选择同种未受损伤果实。分别单独处理触角、下颚须+下唇须和胸足的幼虫, 未选择寄主果实的幼虫数为 7.33–10.00 头; 两两感器组合处理后, 未选择的幼虫数与单独处理触角无显著差异; 3 种感器全部处理的幼虫无选择能力, 未选择的幼虫数为 17.67 头。【结论】梨小食心虫幼虫可选择寄主, 且对寄主的选择性随幼虫龄期增加而变化。梨小食心虫幼虫触角是其选择寄主果实的主要感器。

关键词 梨小食心虫幼虫; 寄主选择; 感器

Fruit preferences of *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae) larvae and the primary sensory organ involved in fruit selection

YU Qin** DU En-Qiang FENG Yun-Tao GUO Xiao-Jun HAO Chi*** ZHANG Rui-Xiang***

(College of Plant Protection, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract 【Objectives】Fruit preferences and the primary sensory organ used by *Grapholitha molesta* larvae to select fruit were identified. 【Methods】The number of *G. molesta* larvae of different instars found on different fruits, and the number of different developmental stages found on the same fruit, and on cut fruits, were recorded and compared. We also compared the numbers of larvae that had had one, two, or all three, sensory organs, experimentally inactivated, on different fruits under laboratory conditions. 【Results】Numbers of first instar larvae on Fengbai peach, Fuji apple, Xianguang nectarine were 12.00, 8.67 and 9.00, respectively, and numbers on Zaosu pear, Gala apple and Huangguan pear were 2.00, 1.00 and 1.00, respectively. The number of fifth instar larvae on Fengbai peach, Fuji apple, Xianguang nectarine, Zaosu pear, Gala apple and Huangguan pear was 8.67, 7.00, 6.00, 5.33, 4.00 and 3.67, respectively. The number of larvae found on mature Fengbai peach, Xianguang nectarine, Fuji apple was significantly higher than that found on immature or early mature fruit. The number of larvae on cut Fengbai peach, Xianguang nectarine and Fuji apple was significantly higher than that on uncut fruit. 7.33–10.00 larvae that had a single antennae, labial palpus+ maxillary palp or thoracic legs experimentally inactivated, no longer displayed any preference for specific fruits. There was no difference in the number of unselective larvae that had had two kinds of sensory organs inactivated and those that had had only their antennae inactivated. 17.67 larvae that had had all three sensory organs inactivated could not select host fruits. 【Conclusion】*G. molesta* larvae have the ability to select host fruits, and this ability changes with larval development. The antennae are the most important sensory organ used in host fruit selection.

Key words *Grapholitha molesta* larva; host election; sensilla

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划项目 (2016YFD0200505); 山西省重点研发计划 (201803D221015-2); 山西省农业科学院科技创新研究课题 (YCX2018D2YS18); 山西省现代农业 (水果) 产业技术体系建设项目 (2020-07)

**第一作者 First author, E-mail: yuqinninewoone@163.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: 973588211@qq.com; sxauhc@163.com

收稿日期 Received: 2019-04-15; 接受日期 Accepted: 2020-09-15

寄主选择是植食性昆虫完成生命周期的重要环节,多数昆虫通过特异性挥发物质寻找适宜寄主,进行取食、生长发育和繁殖等行为,完成个体发育和种群生存(Bernays, 1995; 胡保文等, 2015)。成虫寄主选择决定了昆虫栖息地和进化过程等,但成虫选择幼虫生存场所的机制尚未完全清楚。在植食性昆虫寄主选择中获得广泛支持的“选择-表现”假说认为,当子代为不善于活动的植食性昆虫会选择使子代发育和存活最优的场所产卵(李广花等, 2016),但研究表明,成虫选择与幼虫存活和种群表现等并不完全一致,成虫选择产卵的寄主并不完全适合幼虫的生长发育和繁殖(Mayhew, 2001; Poore and Hill, 2006)。除成虫外,幼虫也具备选择可利用寄主的能力(吴明峰等, 2016; 蒋婷等, 2017),且幼虫利用寄主的种类大于产卵雌成虫选择的寄主范围(陈静, 2010)。因而,能否从幼虫角度研究寄主选择,对成虫选择中存在的问题加以解释或补充完善,也是昆虫寄主选择需要考虑的问题之一。

梨小食心虫主要通过成虫选择适宜寄主进行产卵(宫庆涛等, 2014; 李逸等, 2016),同一些昆虫一样(Thompson, 1988; Thompson and Pellmyr, 1991),其成虫选择的寄主和幼虫适合性表现也存在差距(Wang *et al.*, 2018)。目前,梨小食心虫寄主选择除成虫产卵选择、幼虫与寄主适合性等的研究外,幼虫的寄主选择能否解释或完善其成虫寄主选择中存在的问题,阐述成虫选择和幼虫适合性的关系等,尚未有相关研究。同时,与梨小食心虫幼虫寄主选择相关的研究,包括幼虫是否有选择能力,其选择规律和相关感器等均无相关报道。本文主要从梨小食心虫幼虫角度研究其寄主选择行为,明确幼虫的寄主选择性和主要感器,为进一步研究梨小食心虫幼虫寄主选择和成虫寄主选择间的关系提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验用梨小食心虫和寄主果实

梨小食心虫采自山西省忻州市原平市未套

袋的酥梨园,在室内条件下使用人工饲料饲养10代、苹果饲养20代以上。

试验使用的寄主果实均为梨小食心虫在田间危害严重的果实种类,包括丰白毛桃、霞光油桃、红富士苹果、金冠苹果、嘎啦苹果、黄冠梨和早酥梨。红富士的成熟果实为上一年低温冷藏、性状良好的套袋果实;其它果实均为现采现用或短期低温冷藏、性状良好的果实。其中,丰白毛桃要轻轻去除表皮绒毛,以利于幼虫爬行。

1.2 主要仪器和及器具制作

数码观测王(爱国者, GE-5); 感器处理器具(自行制作); 智能人工气候箱(宁波赛福仪器有限公司)。

感器处理器制作方法:将直径0.20 mm、8 cm长的TPU水晶线穿入移液枪的黄色枪头中,枪头细口处留0.5 cm长的水晶线,在枪头中塞入一定量的脱脂棉,在脱脂棉上滴入0.5-0.7 mL的37%浓盐酸,枪头粗口处用圆形木条塞住,以防浓盐酸遗漏或挥发。待浓盐酸沿着水晶线缓慢流出时,将浓盐酸涂抹到相应感器上,并在数码观测王下观测。因浓盐酸会腐蚀水晶线,待水晶线软化后及时更换。

1.3 方法

1.3.1 龄期对幼虫选择寄主果实的影响 供试果实为成熟的丰白毛桃、霞光油桃、红富士苹果、金冠苹果、嘎啦苹果、黄冠梨和早酥梨,每种果实各1个。分别挑选发育期一致的1、2、3-4和5龄幼虫各40头。各龄期幼虫单独进行试验。试验方法依据王浩元等(2013)的培养皿叶盘法改进而来。将上述7种果实间隔相同距离放于圆形塑料容器中(直径60 cm)中,容器底部中心放置湿润滤纸。将禁食3 h的幼虫轻放于滤纸上,之后立即用深色遮光材料将塑料容器包住。30 min后,调查幼虫取食选择情况,在果实上或在果实和容器接触处的幼虫均为选择;反之为未选择。每个处理重复3次。

1.3.2 寄主果实发育状态对幼虫选择的影响 根据上述不同龄期幼虫选择寄主果实的试验结

果,选择幼虫偏好选择取食的3个品种果实,每个品种选取未成熟期、成熟早期和成熟期的果实各1个、幼虫40头,试验方法参考1.3.1。每个品种果实为一个处理,每个处理重复3次。

1.3.3 寄主果实受损伤对幼虫选择的影响 选择幼虫偏好选择取食的3个品种的成熟果实,将果实切开宽1.0 cm、深0.5 cm、长2.0 cm的切口,正常无受损伤果实为对照。选择3个品种的受损伤果实和正常果实各1个、幼虫40头,3个品种果实为一个处理试验方法同1.3.1。设1龄和3龄两个处理,每个处理重复3次。

1.3.4 幼虫寄主选择的主要感器 选择幼虫的触角、下颚须+下唇须和3对前足。选择禁食3 h的3-4龄幼虫50头,先将其放入-20℃冰箱中冷冻3 min,取出后置于冰上,用感器处理器具快速处理,并用数码观测王观察感器上是否有充分附着浓盐酸。幼虫感器的具体处理方法参照庾琴(2019)。处理后的幼虫于常温下放置30 min,选择活动正常的幼虫30头进行试验,试验方法参照1.3.1。供试果实为成熟的丰白毛桃、金冠苹果、嘎啦苹果和早酥梨。对照幼虫仅作冷冻处理。每个处理重复3次。

1.4 数据分析

获得的数据采用Microsoft Excel 2010进行数据分析和图形绘制,采用SPSS 16.0软件的Duncan's 新复极差法比较幼虫对不同寄主果实的选择是否存在显著性差异。

2 结果与分析

2.1 龄期对幼虫选择寄主的影响

同一龄期的梨小食心虫幼虫对不同寄主果实的选择存在差异(表1):1龄时,选择丰白毛桃的幼虫数显著高于其它果实($P<0.05$),选择霞光油桃和红富士苹果的幼虫数显著高于金冠苹果、早酥梨、嘎啦苹果和皇冠梨($P<0.05$)(表1);2龄、3-4龄时,选择丰白毛桃和红富士苹果的幼虫数显著高于其它果实($P<0.05$);5龄时,选择丰白毛桃的幼虫数显著高于除红富士苹果外的其它果实($P<0.05$),选择皇冠梨的幼虫数显著低于其它果实($P<0.05$)。结果说明,梨小食心虫幼虫具有选择寄主的能力。同时,不同龄期的幼虫对同种果实的选择性也存在差异(表1)。选择丰白毛桃的1龄幼虫数显著高于

表1 不同龄期的梨小食心虫幼虫在不同寄主果实上的数量
Table 1 Number of *Grapholitha molesta* different instar larvae on different host fruits

龄期 Instar	果实上的幼虫数(头) Number of larvae on different fruits						
	丰白毛桃 Fengbai peach	霞光油桃 Xiaguang nectarine	红富士苹果 Fuju apple	金冠苹果 Golden delicious apple	早酥梨 Zaosu pear	嘎啦苹果 Gala apple	黄冠梨 Huangguan pear
1龄 1st instar	12.00±2.00Aa	9.00±1.00Ab	8.67±0.58Ab	6.33±1.53Ac	2.00±0.00Bd	1.00±1.00Bd	1.00±1.00Bd
2龄 2nd instar	9.00±1.00Ba	7.67±1.53ABb	8.33±0.58ABa	5.67±1.53Ab	3.67±0.58Ac	2.67±0.58Ad	3.00±1.00Ac
3-4龄 3rd to 4th instar	7.33±0.58Ba	6.67±0.58ABab	7.67±0.58ABa	7.67±0.58Aab	4.33±1.15Ab	4.33±1.15Ab	2.33±0.58ABc
5龄 5th instar	8.67±1.15Ba	6.00±1.53Bb	7.00±1.00Bab	5.33±1.53Abc	5.33±1.00Abc	4.00±1.00Acd	3.67±1.00Ad

表中数据为平均值±标准偏差。数据后标有不同大写字母表示同列、数据后标有不同小写字母表示同行数据经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平上差异显著。下表同。

Data in the table are mean±SD, and followed by different uppercase letters in the same column and followed by different lowercase letters in the same line indicate significant difference at the 0.05 level by Duncan's new multiple range test. The same below.

其它龄期幼虫数 ($P<0.05$) ; 选择霞光油桃和红富士苹果上的 1 龄幼虫数显著高于 5 龄幼虫数 ($P<0.05$) ; 在金冠苹果上各龄期幼虫的选择数无显著差异 ($P<0.05$) ; 1 龄幼虫在早酥梨和嘎啦苹果上的选择数显著低于其它龄期的幼虫数 ($P<0.05$) ; 在皇冠梨上的数 1 龄幼虫数显著低于 2 龄和 5 龄的幼虫数 ($P<0.05$) 。结果说明, 梨小食心虫幼虫选择寄主的能力随幼虫生长发育而发生变化。

2.2 果实发育状态对幼虫选择的影响

选择幼虫偏好取食的膨大期末的未成熟果实、成熟早期果实和充分成熟果实研究果实发育状态对幼虫选择的影响。结果表明, 在 3 种寄主果实上, 幼虫均优先选择充分成熟的果实, 其次为成熟早期果实, 选择未成熟果实的幼虫数最少 (图 1) 。结果说明果实的发育状态影响梨小食心虫幼虫的选择性, 幼虫偏好选择色泽鲜艳、气味浓郁的果实。

2.3 果实受损伤对幼虫选择的影响

为进一步明确幼虫对寄主果实的选择是否与果实气味相关, 本文通过对比梨小食心虫幼虫

对受损伤果实与正常未受损伤果实的选择性, 结果表明 1 龄和 3 龄幼虫选受择损伤的丰白毛桃、霞光油桃、红富士苹果的数分别为 10.16 头和 10.00 头、9.34 头和 8.00 头及 5.50 头和 5.67 头, 均显著高于选择同种正常未受损伤果实 ($P<0.05$) 。这一结果说明梨小食心虫幼虫偏好选择受损伤果实。

2.4 与幼虫寄主果实选择相关的感器

选择了可能与梨小食心虫幼虫寄主选择相关的 3 种嗅觉感器进行研究。结果表明, 触角、下颚须+下唇须和胸足单独被处理后, 幼虫未选择数分别为 10.00 头、7.33 头和 8.00 头; 3 种感器两两组合处理后, 幼虫未选择数为 10.00-11.67 头, 与单独处理触角无显著差异。在感器单独和两两组合处理后, 幼虫仍对寄主果实有识别能力, 其中, 选择丰白毛桃的幼虫数仍显著高于其它寄主果实 ($P<0.05$) , 而选择嘎啦苹果的幼虫数仍显著低于早酥梨和金冠苹果 ($P<0.05$) 。当 3 种感器全部被处理后, 选择各寄主果实的幼虫数显著下降至 2.33-3.33 头 ($P<0.05$) , 且不同果实间无显著差异 ($P<0.05$) , 未选择的幼虫数显著升至 17.67 头 ($P<0.05$) (图 2) 。结果说

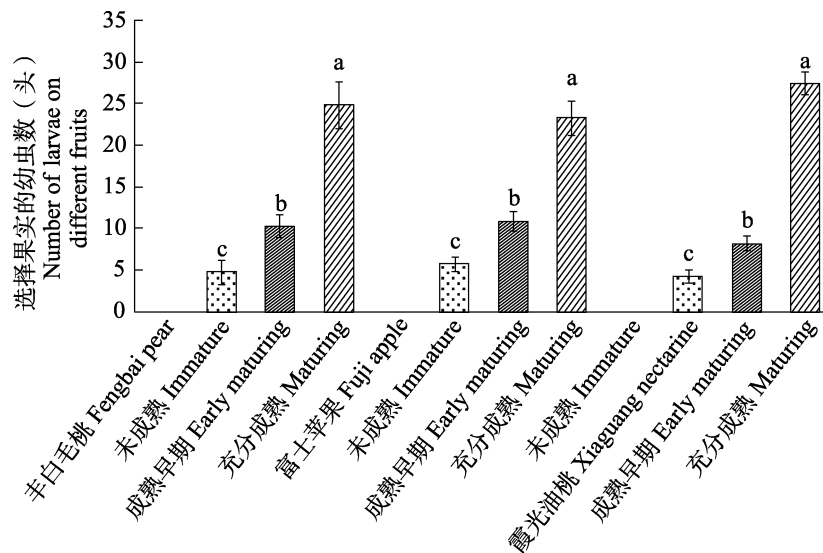


图 1 梨小食心虫幼虫在不同发育状态果实上的数量

Fig. 1 Number of *Grapholita molesta* larvae on different developmental stages host fruits

图中数字为平均值±标准偏差, 柱上标有不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平上差异显著。

The data in the table are mean±SD. Histograms with different lowercase letters indicate significant difference at 0.05 level by Duncan's new multiple range test.

表 2 梨小食心虫幼虫在受损伤寄主果实上的数量
Table 2 Number of *Grapholitha molesta* larvae on damaged host fruits

寄主果实种类 Kind of host fruits	果实状态 Fruit status	果实上的幼虫数 (头) Number of larvae on different fruits	
		1 龄幼虫 First instar larvae	3 龄幼虫 Third instar larvae
丰白毛桃 Fengbai peach	正常 Normal	6.50±2.00b	6.84±1.53b
	受损伤 Damaged	10.16±1.53a	10.00±2.00a
霞光油桃 Xianguang nectarine	正常 Normal	5.50±2.00b	5.84±1.53c
	受损伤 Damaged	9.34±2.08a	8.00±1.00ab
富士苹果 Fuju apple	正常 Normal	3.00±1.00c	3.67±0.58d
	受损伤 Damaged	5.50±1.00b	5.67±0.58c

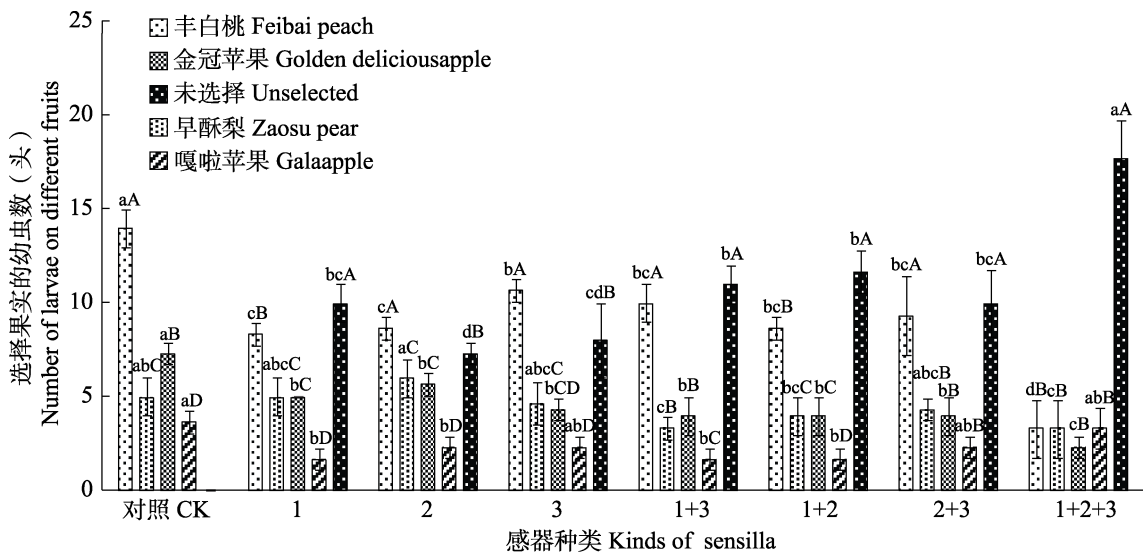


图 2 梨小食心虫幼虫感器处理后在不同寄主果实上的数量
Fig. 2 Number of *Grapholitha molesta* larvae on different host fruits with different treated sensilla

图中 1: 触角; 2: 下颏须+下唇须; 3: 胸足。数据为平均值±标准偏差, 柱上标有不同大写字母表示同种感器处理后在不同寄主果实上的幼虫数、不同小写字母表示不同感器处理后在同一寄主果实上的幼虫数经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平上差异显著。

1: Antennae; 2: Maxillary palpi+ labial palpi; 3: Thoracic legs. The data are mean±SD. Histograms with different uppercase letters indicate the number of larvae in different host fruits with same treated sensilla, and different lowercase letters indicate the number of larvae in same host fruit with different treated sensilla significant difference at 0.05 level by Duncan's multiple range test.

明, 试验选择的 3 种感器均与梨小食心虫幼虫寄主选择相关, 选择能力较高的为触角。

3 讨论

梨小食心虫有多种寄主, 但对不同寄主危害程度差异较大 (范仁俊, 2015)。本试验选择了梨小食心虫危害较重的苹果、梨和桃, 研究发现,

梨小食心虫幼虫偏好毛桃和油桃, 其次为苹果, 对梨果偏好性较低, 这与已有的桃是梨小食心虫第一寄主, 苹果和梨为第二寄主的研究结论一致 (Pinero and Dorn, 2009)。在两类第二寄主中, 梨小食心虫成虫对梨果选择性高于苹果 (孔维娜等, 2018), 与本研究中的梨小食心虫幼虫对 2 种苹果选择性高于 2 种梨果的结果不一致, 这种差异可能与成虫和幼虫的识别感器不同有关。梨

小食心虫成虫主要通过触角识别寄主 (Myers *et al.*, 2006), 本研究中幼虫虽也主要通过触角等感器选择, 但相比成虫触角, 幼虫触角上的感器种类和数量要少得多。能否通过研究幼虫和成虫触角上感器识别规律, 揭示梨小食心虫寄主选择的深入机制需要进一步研究来明确。

昆虫选择寄主受其自身状况影响, 淡脉粘虫低龄幼虫嗜食水稻和玉米, 高龄幼虫的取食选择性不如低龄幼虫明显 (蒋婷等, 2017); 马铃薯块茎蛾高龄幼虫对不同寄主植物选择性趋于弱化 (王浩元等, 2013)。上述结果与本研究中的梨小食心虫选择 6 种寄主果实受幼虫龄期影响的结果一致。但粘虫寄主选择变化与其食量大幅增加有关, 当寄主植物不能满足粘虫大量取食时, 增加了其转移危害的潜能 (蒋婷等, 2017)。梨小食心虫幼虫对寄主选择能力随龄期增加而变化是否也与其食量增加有关; 同时, 梨小食心虫幼虫识别规律是否为春季桃园中的低龄幼虫优先选择桃树嫩梢危害、高龄幼虫转移危害桃果的主要原因均待进一步研究。寄主植物状况也影响昆虫选择 (Hern and Dorn, 2003)。本研究发现, 寄主果实的发育阶段、成熟情况及受损伤与否均显著影响梨小食心虫幼虫选择, 幼虫偏好选择成熟果实或受伤果实, 因此, 梨小食心虫幼虫对寄主果实选择可能与果实气味物质有关, 该结果还需通过研究幼虫嗅觉感器的作用规律进一步明确。

本研究明确了梨小食心虫幼虫有寄主选择能力, 且与幼虫发育阶段、寄主植物状况相关, 研究结果为梨小食心虫科学防控和寄主选择研究提供参考。但关于寄主果实如何引导梨小食心虫幼虫取食选择行为的发生, 幼虫选择与成虫选择间的相关性, 及幼虫选择与其后期生长发育适应性等仍需进一步深入研究。

参考文献 (References)

- Bernays EA, Chapman RF, 1994. Host-plant selection by phytophagous insects. *Contemporary Topics in Entomology* 2, London: Chapman Hall. 1754–1758.
- Chen J, 2010. Influence of environmental condition and physiological basis on the host plant selection by *Loxostege sticticalis* (Lepidoptera: Pyralidae). Doctor dissertation. Haikou: Hannan University. [陈静, 2010. 环境条件与生理基础对草地螟寄主选择性的影响. 博士学位论文. 海口: 海南大学.]
- Fan RJ, 2015. Occurrence frequency and control of fruit borers in orchards in northern China. Beijing: China Agriculture Press. 115, 137–138. [范仁俊, 2015. 北方果树食心虫发生规律与控制. 北京: 中国农业出版社. 115, 137–138.]
- Gong QT, Li SH, Zhang KP, Wu HB, Liu W, Zhang XP, Sun RH, 2014. Ovipositional preference of *Grapholitha 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.]
- Hern A, Dorn S, 2003. Monitoring seasonal variation in apple fruit emission in situ using solid-phase micro-extraction. *Phytochemical Analysis*, 14(4): 232–240.
- Hu BW, Zhang XG, Liu M, Su ZG, Li X, Li C, Chen QN, Dong WX, 2015. Effect of leaf extracts from three plant species on oviposition and larval orientation of cotton bollworm. *China Plant Protection*, 35(7): 11–17. [胡保文, 张秀歌, 刘魅, 苏振刚, 李祥, 李场, 陈庆宁, 董文霞, 2015. 3 种植物叶片分泌物对棉铃虫产卵及其幼虫定向行为的影响. *中国植保导刊*, 35(7): 11–17.]
- Jiang T, Huang Q, Jiang XB, Ling Y, Chen YC, Fu CQ, Wu BQ, Huang SS, Li C, Huang FK, Long LP, 2017. Feeding preference of larva of three species of armyworm on four host plants. *Journal of Southern Agriculture*, 48(8): 1415–1420. [蒋婷, 黄芊, 蒋显斌, 凌炎, 陈玉冲, 符诚强, 吴碧球, 黄所生, 李成, 黄凤宽, 龙丽萍, 2017. 3 种粘虫幼虫对 4 种寄主植物的取食选择. *南方农业学报*, 48(8): 1415–1420.]
- Kong WN, Wang Y, Liu ZF, Guo YF, Zhao F, Fan RJ, 2018. The effect of different hosts on the oviposition preferences of *Grapholitha 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.]
- Li GH, Li BP, Xu FY, Zheng HY, Xie CX, Meng L, 2016. Parasitization preference and developmental performances in the ectoparasitoid *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrididae). *Acta Ecologica Sinica*, 36(12): 3796–3801. [李广花, 李保平, 徐福元, 郑华英, 解春霞, 孟玲, 2016. 外寄生性花绒寄甲的寄生选择及其发育表现. *生态学报*, 36(12): 3796–3801.]
- Li Y, Liao B, Wang RX, Sheng LM, Chong 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.
- Mayhew PJ, 2001. Herbivore host election and optimal bad motherhood. *Trends in Ecology & Evolution*, 16(4): 165–167.
- 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.
- Poore AGB, Hill NA, 2006. Sources of variation in herbivore preference: Among-individual and past diet effects on amphipod host election. *Marine Biology*, 149(6): 1403–1410.
- Thompson JN, 1988. Evolutionary ecology of the relationship between oviposition preference and performance of offspring in phytophagous insects. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 47(1): 3–14.
- Thompson JN, Pellmyr O, 1991. Evolutionary oviposition behavior and host preference in Lepidoptera. *Annual Review of Entomology*, 36(1): 65–89.
- Wang HY, Zhang LM, Chen B, Li ZY, 2013. Feeding selectivity of *Phthorimaes operculella* (Zeller) on different host plants. *Journal of Chinese Potato*, 27(4): 226–231. [王浩元, 张立敏, 陈斌, 李正跃, 2013. 马铃薯块茎蛾幼虫对不同寄主植物的取食选择性. *中国马铃薯*, 27(4): 226–231.]
- Wang Y, Kong WN, Zhao LL, Xiang HM, Zhang LJ, Li J, Smith RJ, Ma RY, 2018. Methods to measure performance of *Grapholita molesta* on apples of five varieties. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 166 (3): 162–170.
- Wu MF, Gao S, Yang Y, Gu SH, Wang M, Li XC, 2016. Differences in neonates host plant preference between *Helicoverpa armigera* and *Helicoverpa assulta*. *Journal of Plant Protection*, 42(3): 63–69. [吴明峰, 高尚, 杨耀, 谷少华, 王沫, 李显春, 2016. 棉铃虫和烟青虫初孵幼虫对植物顶尖嫩叶的偏好性差异. *植物保护*, 42(3): 63–69.]
- Yu Q, 2019. Studies on main factors of outbreak damage of *Grapholita molesta* (Busck) and host selection. Doctor dissertation. Taigu: Shanxi Agricultural University. [庾琴, 2019. 影响梨小食心虫暴发为害的主要因子及其寄主选择研究. 博士学位论文. 太谷: 山西农业大学.]