



赵龙龙, 刘朝红, 张未仲, 胡增丽. 越冬代梨木虱、梨二叉蚜产卵选择对子代种间竞争的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (4): 903–909.

越冬代梨木虱、梨二叉蚜产卵选择对子代种间竞争的影响

赵龙龙^{*}, 刘朝红, 张未仲, 胡增丽

(山西农业大学果树研究所, 晋中 030815)

摘要: 梨树萌芽期, 越冬代梨木虱 *Cacopsylla chinensis* 和梨二叉蚜 *Schizaphis piricola* 子代共用同一食物资源, 为了解其母代如何避免子代发生种间竞争, 通过研究其产卵特点表明, 梨二叉蚜和梨木虱在梨树枝条上的产卵位点不同。梨木虱主要在花芽枝上进行产卵, 偏好于花芽芽鳞和枝条基部刻痕处产卵, 以枝条基部产卵量最多, 其次为顶花芽, 产卵量随芽位次序依次下降, 梨木虱还可在叶芽部位产卵, 但数量较少; 梨二叉蚜主要于叶芽枝上进行产卵, 偏好在叶芽枝的第2、3芽位产卵, 顶芽和枝条基部无产卵, 未见梨二叉蚜在花芽部位产卵; 在花芽枝上, 梨木虱卵的空间生态位大于梨二叉蚜, 叶芽枝上却相反, 两者在梨树枝条上的产卵空间生态位呈分离状态; 梨木虱和梨二叉蚜孵化的若虫数量及空间分布特点与卵一致; 对梨木虱和梨二叉蚜产卵位点分析表明, 其产卵位点的物理性状明显不同。本研究明确了梨木虱和梨二叉蚜母代通过不同产卵位点的选择, 降低了子代种间的同位竞争。

关键词: 产卵选择; 梨木虱; 梨二叉蚜; 种间竞争

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 04-903-07

Effects of oviposition selection of maternal generation on the interspecific competition in the same position between pear psylla and pear aphid offspring

ZHAO Long-Long^{*}, LIU Zhao-Hong, ZHANG Wei-Zhong, HU Zeng-Li (Pomology Institute of Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030815, Shanxi Province, China)

Abstract: The offspring of overwintering generation pear psylla *Cacopsylla chinensis* and pear aphid *Schizaphis piricola* share the same food resource during pear sprouting time. In order to understand how to alleviate this competition, we researched the oviposition choice characteristics of overwintering pear psylla and pear aphid maternal generation, results showed that the oviposition sites of pear psylla and pear aphid on the pear branches were differently. Pear psylla preferred flower bud branch as oviposition sites, pear psylla mainly oviposit on the flower bud scales and the base nicks of pear branch. The branch base had the largest number of eggs, followed by the top flower bud and the number of eggs declined with the order of flower buds. In addition, pear psylla can lay few eggs on the leaf buds. Pear aphid mainly oviposit on the leaf bud branches, preferred to lay eggs on the 2nd and 3rd leaf buds and no egg was found at the base of the branch and flower buds; The spatial niche width of pear psylla's eggs on the flower bud branch was larger

基金项目: 山西省重点研发计划项目 (201903D211001-1)

^{*} 作者简介: 赵龙龙, 男, 博士, 副研究员, 主要从事果树病虫害的综合治理研究及昆虫生态学研究, E-mail: xiaoxiaolong007@outlook.com

收稿日期 Received: 2021-03-25; 接受日期 Accepted: 2021-07-12

than pear aphid, but turn on opposite on the leaf bud branch, both the overlap spatial niches index between pear psylla and pear aphid in flower bud branch and leaf bud branch were lower; The number and spatial distribution characteristics of pear psylla and pear aphid nymphs were consistent with the their eggs distribution; To analysis the egg laying sites of pear psylla and pear aphid which displayed the different physical characteristics. This study clarified that the maternal generation of pear psylla and pear aphid could reduce the interspecific competition among the offspring on the same feeding position through the selection of different oviposition sites.

Key words: Oviposition selection; pear psylla; *Schizaphis piricola*; interspecies competition

具有相似或同一生态位的昆虫个体,在资源有限的条件下难免竞争(成新跃和徐汝梅,2003;王健立等,2011;魏永威等,2016),这种竞争尤其对活动和生存能力弱的初孵幼虫影响最为明显。如群聚产卵取食桉树天牛 *Phoracantha semipunctata* 的幼虫死亡率明显高于散产个体且多发育不良(Hanks *et al.*, 1993); 重复或多次产卵于仙人掌 *Opuntia dillenii* (Ker Gawl.) Haw. 花上的 *Upiga virescens*, 子代因食物资源的竞争,导致死亡率增加(Holland *et al.*, 2004)。因此,昆虫在和植物长期的适应进化过程中,母代为了避免或减少这种竞争的发生,则需对产卵植物、产卵部位的物理特征、营养状况等做出权衡,以筛选适合的产卵位点来最大限度的满足子代生存需求(王琼等,2013;张贺贺等,2015)。有关昆虫产卵的寄主选择及相关影响已见大量报道,相关研究重点多聚焦在单一物种对一个或多个寄主的选择和利用能力(刘金利等,2017;董子舒等,2017),而在自然界中,处于初级营养级的生产者植物,有可能有两个或多个昆虫以其作为产卵寄主及幼虫取食的食物来源,如两个昆虫的子代发生期、取食特征或部位类似,那么它们母代如何调谐或避免这种子代对资源的竞争呢?却少见报道。

梨木虱 *Cacopsylla chinensis* 和梨二叉蚜 *Schizaphis piricola* 同以梨树为寄主植物,在梨树产业规模化发展和化学农药、栽培措施等的干预下,两者渐演替成为梨树上的重要害虫,其发生基数大、为害严重,已成为梨树的重点防控对象(赵龙龙等,2019)。两者以成虫、若虫刺吸为害梨树嫩梢或叶片等,造成叶片卷曲或干枯,分泌蜜露干扰霉污使叶片失去机能。不同的是,在梨树的生长期梨木虱始终以梨树为寄主植物,而梨二叉蚜在5-6月份则开始转移至其它寄主,9月份左

右,再迁回梨树进行产卵,并以卵越冬;梨木虱于9月份左右,转型成越冬态冬型梨木虱进行越冬,于来年2月中下旬气温转暖后,开始出蛰并产卵(赵龙龙等,2019a)。两者相同的是,梨木虱和梨二叉蚜均于梨树枝芽上进行产卵,梨树萌芽期,两者卵开始孵化,所产若虫多聚集于花、幼叶处取食。因梨树萌芽期,所能提供食物资源相对有限加上越冬代产卵基数普遍较高,若虫在取食过程中,难免发生食物资源的竞争,那么其母代如何降低这一竞争风险?鉴于此,本文通过调查越冬母代梨木虱和梨二叉蚜的产卵选择等特点,以期揭示两者的选择或规避策略。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验地点为山西省晋中市太谷区山西农业大学果树研究所梨树试验基地(北纬 $37^{\circ}20'$,东经 $112^{\circ}29'$)进行,梨树品种主要以玉露香梨为主,行株距 $4\text{ m} \times 3\text{ m}$,树龄 ≥ 20 年,树形自由纺锤形,树势中等偏旺。

1.2 试验方法

于梨园采用棋牌式取样方法,每样点选取一棵树,在树的4个方位上随机剪取一根枝条。第一次采集时间为12月中旬,第二次采集时间为3月中旬,每次采集枝条数量约200根。对所采枝条按芽的饱满程度分为花芽枝(花芽为主)和叶芽枝(叶芽为主),在电子放大镜下检查每个芽部处梨木虱和梨二叉蚜的产卵情况,并依次进行统计。12月中旬采集的枝条主要统计分析梨二叉蚜产卵位点及数量特点等,3月中旬主要统计梨木虱卵和梨二叉蚜卵的空间分布及不同位点产卵情况。因梨树花芽枝和叶芽枝多以6个芽位为主,7个以

后的芽位多为瘿芽或发育不全的芽点, 极少有梨木虱或梨二叉蚜产卵, 因此在本研究中只统计梨树枝条的 6 个芽位点。梨树萌芽期采用相同的采样方法, 调查已萌发的花芽和叶芽上梨木虱若虫和若蚜数量。梨木虱卵、梨二叉蚜卵的纵横径长及产卵部位的物理特点, 采用电子放大镜连带标尺进行取样拍照, 拍照后在 TPSdig 软件下, 用图片像素值还原产卵位点的芽鳞痕深度等, 用自带的角度尺功能测量梨木虱和梨二叉蚜产卵位点的夹角等。

1.3 数据分析

使用 Microsoft Excel 2016 和 SPSS 16.0 进行整理和统计数据, 采用 T 检验及单因素方差分析 (One-way ANOVA) 进行不同枝条或不同产卵位点卵量及若虫数量的差异性分析。采用 Pearson 相关和生态位重叠法分析梨木虱、梨二叉蚜卵及枝条直径间的相关性, 产卵生态位重叠值等。

Levins (1968) 公式计算生态位宽度:

$$B_i = 1/R \sum_{j=1}^R P_{ij}^2$$

Piankas (1973) 公式计算生态位重叠值:

$$Q_{ik} = \sum_{j=1}^R (P_{ij} P_{kj}) / \sqrt{\sum_{j=1}^R P_{ij}^2 \sum_{j=1}^R P_{kj}^2}$$

其中, B_i 为梨木虱或梨二叉蚜的在梨树枝条上的生态位宽度; R 为资源状态数; P_{ij} 和 P_{kj} 分别表示在 j (产卵位点) 资源状态下梨木虱和梨二叉蚜在 j 产卵位点的个体数占该物种总数的比例, Q_{ik} 表示生态位重叠值, 取值范围为 0 ~ 1, 当 $Q_{ik} > 0.3$ 时, 重叠有意义, 当 $Q_{ik} > 0.6$ 时, 显著重叠 (Krebs, 1999)。

2 结果与分析

2.1 梨木虱和梨二叉蚜在不同类型枝条上的卵量特点

对梨木虱和梨二叉蚜在不同类型梨树枝条上产卵数量统计表明, 梨木虱主要于花芽枝上进行产卵, 其产卵数量显著高于叶芽枝 ($t = 6.55, df = 113, P = 0$); 与梨木虱相反的是, 梨二叉蚜主要于叶芽枝上产卵, 叶芽枝上卵量明显高于花芽枝且差异明显 ($t = 4.27, df = 114, P = 0$) (图1)。

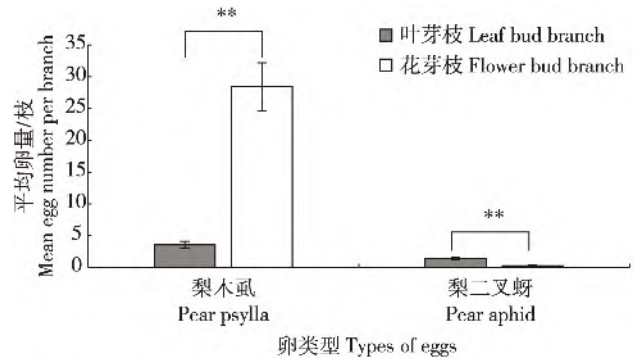


图1 不同类型梨树枝条上梨木虱和梨二叉蚜的卵量特点
Fig. 1 Characteristics of pear psylla and pear aphid egg number on different pear branch

注: ** 表示经 t 法检验在 $P < 0.01$ 水平上差异显著, 以下同。Note: ** Meant significant difference at the 0.01 level by t-test, the same as followings.

2.2 梨木虱和梨二叉蚜卵在梨树花芽枝上的空间分布特征

对梨树花芽枝上不同芽位点梨木虱卵的数量统计表明, 其中以枝条基部产卵数量最多, 其次为顶花芽, 从顶芽向下, 梨木虱卵的数量依次下降 ($F_{(6, 297)} = 19.56, P = 0$); 对花芽枝上梨二叉蚜卵的分布情况统计表明, 仅有少量梨二叉蚜卵产于花芽枝上的第 2、3、4 芽位, 顶芽和枝条基部下未发现 1 例产卵现象, 不同芽部位上的产卵数量无显著差异 ($F_{(6, 260)} = 0.77, P = 0.60$) (图2)。

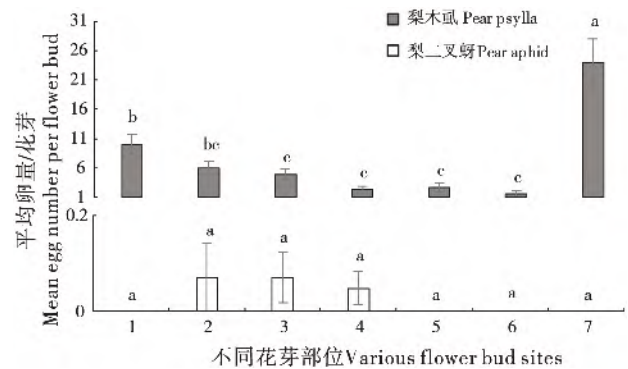


图2 梨木虱和梨二叉蚜卵在梨树花芽枝上的空间分布特征
Fig. 2 Spatial characteristics of pear psylla and pear aphid eggs on pear flower bud branches

注: 从顶部计数, 图中 1 ~ 6 表示芽着生部位, 7 表示枝条基部, 不同小写字母表示 0.05 水平下的差异显著性, 下同。Note: Counting from the top bud, the number 1 ~ 6 in the figure indicated the sequence of the bud positions, 7 indicated the branch base, different lowercase letters indicated significant differences at the level of 0.05, the same as the followings.

2.3 梨木虱和梨二叉蚜卵在叶芽枝上的空间分布特征

在叶芽枝上, 梨木虱卵主要产于梨树枝条基部的刻痕部位, 显著高于其它产卵芽位点 ($F_{(6,405)} = 51.56, P=0$), 其它芽位点的卵量基本一致; 梨二叉蚜主要在梨树叶芽枝的第2、3、4芽位产卵, 极少见在顶叶芽、第6及以下芽位和枝条基部产卵, 不同芽位间产卵量差异显著 ($F_{(6,456)} = 5.93, P=0$) (图3)。

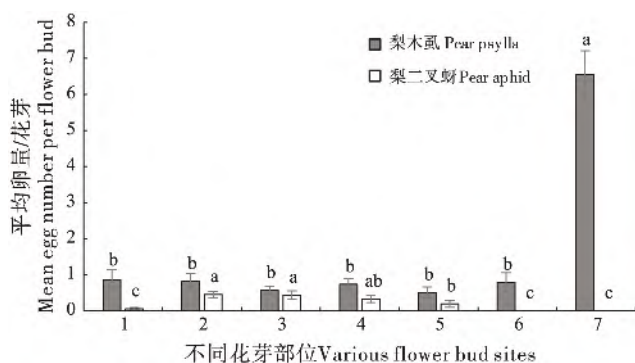


图3 梨木虱和梨二叉蚜卵在梨树叶芽枝上的空间分布特征

Fig. 3 Spatial characteristics of pear psylla and pear aphid eggs on pear leaf bud branches

2.4 梨木虱和梨二叉蚜卵在不同类型枝条上的生态位宽度及重叠值

在梨树的花芽枝上, 梨木虱卵的空间生态位大于梨二叉蚜卵, 在梨树的叶芽枝上, 却呈相反特点, 梨二叉蚜卵的空间生态位大于梨木虱卵。对花芽枝和叶芽枝上梨木虱卵和蚜虫卵的生态位重叠值分析表明, 其生态位重叠值均 $Q_{ik} < 0.3$, 表明梨木虱和梨二叉蚜产卵部位的空间生态位呈分离状态 (表1)。

2.5 梨木虱、梨二叉蚜卵量与枝条直径间的相关性

梨木虱和梨二叉蚜产卵的梨树枝条直径分布范围为 3.58 ~ 11.53 mm, 平均直径 6.08 ± 0.25 mm。对花芽和叶芽枝条上的梨木虱卵、梨二叉蚜卵、枝条直径的相关性分析表明, 梨木虱卵的数量与花芽枝直径呈明显正相关, 主要是因为较粗的枝条上, 花芽及刻痕较多, 梨木虱的落卵数量也相对较多。在花芽枝上, 梨二叉蚜卵与梨木虱卵呈负相关, 但不显著。叶芽枝上, 枝条直径与梨木虱和梨二叉蚜卵均呈正相关, 梨木虱卵与梨二叉蚜卵的数量特点呈负相关, 均不显著 (表2)。

表1 不同类型梨树枝条上梨木虱和蚜虫卵的生态位及重叠值

Table 1 Niche breadth, niche overlap index of pear psylla and pear aphid eggs on different pear branch

项目 Item	花芽枝 Flower bud branch		叶芽枝 Leaf bud branch	
	梨木虱卵 Pear psylla egg	梨二叉蚜卵 Pear aphid egg	梨木虱卵 Pear psylla egg	梨二叉蚜卵 Pear aphid egg
生态位宽度 Niche breadth	0.51	0.34	0.36	0.56
生态位重叠值 Niche overlap index	0.29		0.2	

表2 梨木虱、梨二叉蚜卵量与梨树枝条直径的相关性分析

Table 2 Correlation of pear psylla, aphid egg quantity and branch diameter

项目 Item	花芽 Flower bud		叶芽 Leaf bud	
	梨木虱卵 Pear psylla egg	梨二叉蚜卵 Pear aphid egg	梨木虱卵 Pear psylla egg	梨二叉蚜卵 Pear aphid egg
枝条直径 (mm) Branch diameter	0.485**	-0.089	0.144	0.074
梨二叉蚜卵 Pear aphid egg	-0.144		-0.165	

注: ** 表示在 0.01 水平上显著相关。Note: ** Meant correlation was significant at the 0.01 level.

2.6 梨木虱和梨二叉蚜若虫在不同类型枝条上的分布特征

自然条件下, 梨二叉蚜先于梨木虱卵孵化, 孵化后的梨二叉蚜进行无性繁殖, 两者若虫均较

少活动, 多在原位取食。同梨木虱和梨二叉蚜卵在梨树枝条上的分布特点, 梨二叉蚜若虫在叶芽枝上的数量明显高于花芽枝 ($t = 6.10, df = 70, P=0$), 花芽枝上的梨木虱若虫数量显著高于叶芽

枝 ($t = 6.14$, $df = 70$, $P = 0$) (图 4)。

2.7 梨木虱和梨二叉蚜产卵位点的物理性状

梨木虱卵与梨二叉蚜卵均呈椭球形, 但梨木虱一端呈尖状, 梨木虱的卵的纵径长约 0.4 mm, 横径长约 0.13 mm, 梨二叉蚜卵的纵径长约

0.59 mm, 横径长约 0.27 mm (图 5)。梨木虱偏好产卵的枝条基部、芽鳞刻痕沟槽多呈锐角, 约 70° , 沟槽深度约为 0.2 mm; 梨二叉蚜主要于叶芽部位产卵, 对产卵位点的叶芽与枝条夹角分析表明, 其夹角平均约 31° (表 3)。

表 3 梨木虱和梨二叉蚜产卵位点的物理形状特点

Table 3 Physical shape characteristics of oviposition sites of pear psylla and pear aphid

	平均值 \pm 标准误 Mean \pm SE	中值 Median	众数 Mode	分布区间 Distribution range
A	$30.68 \pm 1.37^\circ$	31.17°	18°	10 ~ 63°
B	0.23 ± 0.01 mm	0.23 mm	0.22 mm	0.12 ~ 0.41 mm
C	$68.88 \pm 3.7^\circ$	72.0°	82°	23 ~ 126°

注: A, 梨二叉蚜产卵部位的夹角; B, 梨木虱产卵部位的芽鳞刻痕深度; C, 梨木虱产卵的刻痕夹角。Note: A, Angle of pear aphid oviposition site; B, Bud scale depth of pear psylla oviposition site; C, Angle of pear psylla oviposition site.

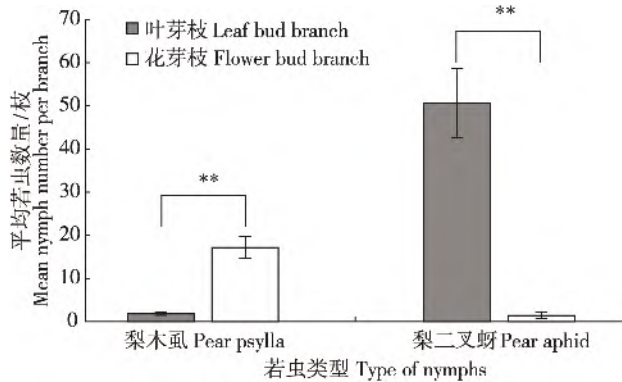


图 4 梨木虱和梨二叉蚜若虫在花芽和叶芽上的数量特征
Fig. 4 Characteristics of pear psylla and pear aphid nymphs on different bud branch



图 5 梨木虱和梨二叉蚜产卵部分的物理性状

Fig. 5 Physical characteristics of oviposition sites of pear psylla and aphid

注: A, 梨木虱产卵位点 (花芽); B, 梨木虱产卵位点 (枝条基部芽鳞痕); C, 梨木虱产卵位点 (叶芽); D, 梨二叉蚜产卵位点 (叶芽)。Note: A, Pear psylla oviposition site (flower bud); B, Pear psylla oviposition site (base of branch); C, Pear psylla oviposition site (leaf bud); D, Pear aphid oviposition site (leaf bud).

3 结论与讨论

昆虫产卵繁殖是其生命活动的一个重要环节,在完成这一过程中,寻找适宜的寄主及产卵位点,对子代的存活等具有重要意义。远距离搜寻过程中,寄主挥发物、形态发挥着关键作用,在近距离产卵位点的选择上,寄主的形态、组织和理化性质具有决定作用(王琼等,2013;张贺贺等,2015)。本研究结果表明,梨木虱和梨二叉蚜在产卵位点的选择上存在明显差异,其中梨木虱偏好于花芽枝上产卵,梨二叉蚜偏好于叶芽枝条上产卵;除此外,梨木虱喜好于梨树枝条基部的刻痕部位产卵,调查过程中,极少见梨二叉蚜在花芽部位和梨树枝条基部刻痕处产卵;在花芽枝上的梨二叉蚜卵也多分布于个别叶芽部位;在花芽枝和叶芽枝的叶芽部位可见少量梨木虱卵。即梨木虱和梨二叉蚜在梨树枝条上产卵位点呈互补状态,其产卵的空间生态位重叠不明显。

研究表明,一些昆虫在产卵后,会留下特定的化学信息物质,避免再次或被同类再产卵,以降低后代的竞争作用(孟国玲等,2000;李胜振等,2014;张贺贺等,2015)。调查发现,梨二叉蚜卵多呈散产状态,一个叶芽部位多产1卵,也有2~4卵共存现象,梨二叉蚜产卵后是否会留下产卵抑制等相关的信息物质尚不可知,但在有梨二叉蚜产卵的叶芽部位却少见梨木虱产卵。梨木虱产卵晚于梨二叉蚜近6个月,梨木虱母代产卵时能否感受到梨二叉蚜卵的存在或感知到某种信息化合物尚属未知。除化学信息物质影响外,寄主表面的物理性状对昆虫产卵也起到重要影响作用(刘中芳等,2017),调查发现,梨木虱预产卵时,先垂直腹部尖端进行刺探,当刺探到如芽鳞痕或有刻痕时才进行产卵,而产卵位点的刻痕深度普遍大于或与卵的横径多吻合,在叶芽部位,刻痕普遍较少或没有,这有可能是梨木虱少或不在叶芽部位产卵的原因之一。此外,叶芽与枝条连接的部位空间狭小,会限制梨木虱实现腹部垂直产卵,而梨二叉蚜无须垂直排卵,受影响较小。如梨二叉蚜选择在枝条的刻痕或表面产卵,因其卵的体积相对较大,在没有屏障的条件下,受不利环境影响和天敌捕食的风险将增加,而叶芽部位物理屏障作用则可减少这种不利因素的影响。除上述原因外,梨二叉蚜和梨木虱产卵时梨树的

物候期明显不同,梨树枝条的状态是否会影响到两者的产卵选择尚需进一步研究。

昆虫进行产卵选择时,除找到合适的产卵位点外,还需对产卵位点可提供的营养进行评估,以满足子代对食物的需求。梨树萌芽过程中,花芽先于叶芽萌发,顶芽先于其它芽萌发,前期研究表明,梨木虱先于顶花芽部位进行产卵并依次往下,使若虫孵化时间同梨树萌芽时序一致,以满足取食需要(赵龙龙等,2019b),但梨二叉蚜的产卵特点并不符合这一规律,花芽和顶芽极少见梨二叉蚜产卵,孵化后的若蚜多停留在原产卵部位进行吸食。自然条件下,梨二叉蚜卵先于梨木虱卵孵化,并进行孤雌生殖,待梨木虱卵孵化时,梨二叉蚜已产生大量若蚜,对花芽和叶芽上梨木虱若虫和若蚜的数量调查表明,同其产卵分布特征一致,梨木虱若虫主要集中在花芽上,可在叶芽部位见少数梨木虱若虫与若蚜呈混发状态,但在有梨木虱若虫的花芽上却较少见梨二叉蚜的若蚜。

通过本研究表明,梨木虱和梨二叉蚜在梨树枝条上的产卵位点多呈互补状态,产卵位点的空间生态位重叠值较低,其产卵选择降低了两者子代间的同位竞争,枝条上的物理性状或是影响两者产卵选择的因素之一。

参考文献 (References)

- Cheng XY, Xu RM. Perspectives on apparent competition in insects [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2003, 46 (2): 237-243. [成新跃,徐汝梅. 昆虫种间表观竞争研究进展 [J]. 昆虫学报, 2003, 46 (2): 237-243]
- Dong ZS, Zhang YJ, Duan YB, et al. Influencing factors and selection mechanisms of phytophagous insects for oviposition host plants [J]. *Journal of Southern Agriculture*, 2017, 48 (5): 837-843. [董子舒,张玉静,段云博,等. 植食性昆虫产卵寄主选择影响因素及机制的研究进展 [J]. 南方农业学报, 2017, 48 (5): 837-843]
- Hanks LM, Paine TD, Millar JG. Host species preference and larval performance in the wood-boring beetle *Phoracantha semipunctata* F. [J]. *Oecologia*, 1993, 95 (1): 22-29.
- Holland JN, Buchanan AL, Loubeau R. Oviposition choice and larval survival of an obligately pollinating granivorous moth [J]. *Evolutionary Ecology Research*, 2004, 6 (4): 607-618.
- Krebs CJ. *Ecological Methodology* [M]. New York: Harper Collins Publishers, 1999: 53-78.
- Levins R. *Evolution in Changing Environments: Some Theoretical Explorations* [M]. USA: Princeton University Press, 1968: 120-122.

- Li SZ, Zhang WJ, Xiong M, *et al.* Research progress on chemicals that regulate insect oviposition [J]. *Insect Research of Central China*, 2014, 10 (12): 126–132. [李胜振, 张文娟, 熊梅, 等. 调节昆虫产卵行为的化学物质研究进展 [J]. 华中昆虫研究, 2014, 10 (12): 126–132.]
- Liu JL, Yu LC, Cui LX, *et al.* Analysis on the host selectivity of OFM to different pear cultivars [J]. *Zhejiang Agricultural Sciences*, 2017, 58 (2): 267–268, 274. [刘金利, 于丽辰, 崔丽贤, 等. 梨小食心虫对梨不同品种的寄主选择性分析 [J]. 浙江农业科学, 2017, 58 (2): 267–268, 274.]
- Liu ZF, Gao Y, Shi GC, *et al.* Oviposition preference of *Grapholita molesta* (Busck) to different kinds of substrates [J]. *Plant Protection*, 2017, 43 (5): 124–127. [刘中芳, 高越, 史高川, 等. 梨小食心虫对不同基质的产卵选择性 [J]. 植物保护, 2017, 43 (5): 124–127.]
- Meng GL, Xiao C, Gong XW. Progress in the study and application of oviposition deterrents of insects [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2000, 43 (2): 214–224. [孟国玲, 肖春, 龚信文. 昆虫产卵抑制素的研究及应用 [J]. 昆虫学报, 2000, 43 (2): 214–224.]
- Pianka ER. The structure of lizard communities [J]. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 1973, 4 (1): 53–74.
- Wang JL, Li HG, Feng ZG, *et al.* Interspecific competition between *Frankliniella occidentalis* and *Thrips tabaci* on purple cabbage [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44 (24): 5006–5012. [王健立, 李洪刚, 冯志国, 等. 西花蓟马与烟蓟马在紫甘蓝上的种间竞争 [J]. 中国农业科学, 2011, 44 (24): 5006–5012.]
- Wang Q, Li WZ, Li YY, *et al.* Relationship between the oviposition preference of herbivorous insects and the growth performance of offspring [J]. *Insect Research of Central China*, 2013, 9: 8–14. [王琼, 李为争, 李洋洋, 等. 植食性昆虫产卵偏好性与后代生长表现的关系 [J]. 华中昆虫研究, 2013, 9: 8–14.]
- Wei YW, Lv JH, Liu CW. Study on interspecific competition between *Tribolium castaneum* and *Oryzaephilus surinamensis* [J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2016, 37 (6): 18–23. [魏永威, 吕建华, 刘朝伟. 赤拟谷盗与锯谷盗种间竞争研究 [J]. 河南工业大学学报 (自然科学版), 2016, 37 (6): 18–23.]
- Zhang HH, Chen JH, Ji QE, *et al.* Overview in the study and application of the influencing factors on oviposition behavior of insects [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2015, 37 (2): 432–440. [张贺贺, 陈家骅, 季清娥, 等. 影响昆虫产卵行为的因素及其应用研究概述 [J]. 环境昆虫学报, 2015, 37 (2): 432–440.]
- Zhao LL, Wang JH, Hu ZL, *et al.* Analysis on the succession characteristics of pear insect pests based on bibliometrics [J]. *China Fruit*, 2019, 1: 68–72. [赵龙龙, 王劲恒, 胡增丽, 等. 基于文献计量学的梨树害虫演替特点分析 [J]. 中国果树, 2019, 1: 68–72.]
- Zhao LL, Zhang WZ, Hu ZL, *et al.* An investigation on the occurrence regularity of pear psylla in taigu county [J]. *Deciduous Fruits*, 2019a, 51 (6): 46–48. [赵龙龙, 张未仲, 胡增丽, 等. 山西省太谷县梨木虱发生规律的调查 [J]. 落叶果树, 2019a, 51 (6): 46–48.]
- Zhao LL, Zhang WZ, Hu ZL, *et al.* Oviposition characteristics of winter-type pear psylla on different sites of pear tree [J]. *Plant Protection*, 2019b, 45 (4): 201–204. [赵龙龙, 张未仲, 胡增丽, 等. 冬型中国梨木虱在梨树不同部位的产卵特点 [J]. 植物保护, 2019b, 45 (4): 201–204.]