

中国梨喀木虱对六种非寄主越冬植物的适应性



赵龙龙¹ 高 欣² 薛 泽² 冀佳悦¹ 魏明峰³ 马瑞燕^{2*}

(1. 山西农业大学果树研究所, 晋中 030815; 2. 山西农业大学植物保护学院, 晋中 030801;

3. 山西农业大学棉花研究所, 运城 044000)

摘要: 为明确中国梨喀木虱 *Cacopsylla chinensis* 越冬代(也称冬型梨木虱)在非寄主越冬植物(苹果树、桃树、樱桃树、李树、杏树、山楂树)上的适应性,于实验室内测定其在选择性条件下对不同植物组合的趋向偏好及产卵特点,并测定非选择性条件下其在不同植物上的存活、产卵以及寄主转换后的死亡情况。结果显示,在选择性条件下,当有寄主植物梨树枝条存在时,冬型梨木虱对其的趋向占比为 24.29%,而对苹果树、桃树、李树、杏树、樱桃树和山楂树枝条的趋向占比分别为 25.76%、20.81%、13.26%、8.25%、4.01% 和 3.62%,在梨树和苹果树枝条上的产卵量为 111.00 粒和 7.67 粒,未在其他果树枝条上产卵;当无寄主植物梨树枝条存在时,冬型梨木虱对苹果树枝条的趋向占比最高,为 35.45%,明显高于对樱桃树、杏树、桃树、山楂树和李树枝条的趋向占比,分别为 15.96%、13.19%、13.05%、12.41% 和 9.95%,且在苹果树、樱桃树、李树、桃树、杏树和山楂树枝条上的产卵量分别为 14.25、9.75、7.25、4.75、2.75 和 1.00 粒,总产卵量下降。在非选择性条件下,梨树枝条上冬型梨木虱的致死中时为 17.11 d,在其他非寄主果树枝条上的致死中时集中在 7.00~9.00 d;其在梨树枝条上的 14 d 累计产卵量最高,为 136.67 粒,而在苹果树、樱桃树、桃树、杏树、山楂树和李树枝条上的 14 d 累计产卵量大幅减少,分别为 41.00、11.30、5.33、1.00、1.00 和 0.67 粒,在梨树枝条上卵的孵化率为 74.26%,在苹果树枝条上卵的孵化率为 24.80%,在其他果树枝条上卵极少孵化。冬型梨木虱从非寄主苹果树转到寄主梨树时对其存活影响较小,第 8 天累计死亡率为 13.33%,相反,从寄主梨树转到非寄主苹果树上后对其存活影响明显,第 8 天累计死亡率达到了 81.67%。表明所测试的非寄主植物均不能满足冬型梨木虱存活和子代发育所需营养,仅可作为临时替代寄主或越冬过渡寄主,非寄主植物苹果树可作为致死性诱集植物用于冬型梨木虱的防治。

关键词: 中国梨喀木虱; 非寄主植物; 梨; 苹果; 越冬; 适应性; 产卵

Adaptability of the winter form of Chinese pear psylla *Cacopsylla chinensis* on six non-host overwintering plants

Zhao Longlong¹ Gao Xin² Xue Fu² Ji Jiayue¹ Wei Mingfeng³ Ma Ruiyan^{2*}

(1. Pomology Institute, Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030815, Shanxi Province, China; 2. College of Plant Protection, Shanxi Agricultural University, Jinzhong 030801, Shanxi Province, China; 3. Cotton Research Institute, Shanxi Agricultural University, Yuncheng 044000, Shanxi Province, China)

Abstract: To clarify the adaptability of Chinese pear psylla *Cacopsylla chinensis* on non-host overwintering plants, dormant twigs of apple, peach, cherry, plum, and hawthorn were selected. The preference and oviposition behavior of the winter form of Chinese pear psylla on different plant combinations were tested under selective conditions. Additionally, the survival rate, oviposition, and mortality of the winter

基金项目: 国家现代农业(梨)产业技术体系(CARS-28-19), 山西省基础研究计划项目(202203021222149), 山西省现代农业产业技术体系建设专项资金(2024CYJSTX07-19)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: mary@sxau.edu.cn

收稿日期: 2023-07-27

form of Chinese pear psylla after plant switching were investigated under laboratory condition. Results under selective conditions showed that, when the host plant was present, the winter form of Chinese pear psylla exhibited a preference for pear twigs (24.29%), followed by apple (25.76%), peach (20.81%), plum (13.26%), apricot (8.25%), cherry (4.01%), and hawthorn (3.62%) twigs. The average number of eggs laid on pear and apple twigs was 111.00 and 7.67, respectively, with no eggs found on other fruit tree twigs. In the absence of a host plant, the preference ratio of winter form of Chinese pear psylla for apple twigs (35.45%) was significantly higher than that for cherry (15.96%), apricot (13.19%), peach (13.05%), hawthorn (12.41%), and plum (9.95%). The average number of eggs laid on apple, cherry, plum, peach, apricot, and hawthorn twigs was 14.25, 9.75, 7.25, 4.75, 2.75, and 1.00, respectively, with a decrease in the total egg numbers. Under non-selective condition, the median lethal time of winter form of Chinese pear psylla on pear tree twig was 17.11 d, while other non-host plants, it ranged from 7.00 d to 9.00 d. The cumulative number of eggs laid by winter form of Chinese pear psylla on pear tree twigs was the highest (136.67) over 14 days, whereas on apple, cherry, peach, apricot, hawthorn, and plum tree twigs, it was significantly reduced (41.00, 11.30, 5.33, 1.00, 1.00, and 0.67, respectively). The egg hatching rate was highest on pear twigs (74.26%), followed by apple tree twigs (24.80%), while eggs laid on other fruit tree twigs rarely hatched. Survival of winter form of Chinese pear psylla was less affected when transferred from non-host apple tree twigs to host pear tree twigs, with a cumulative mortality of 13.33% on the 8th day. On the contrary, survival was significantly affected when transferred from host pear tree twigs to non-host apple tree twigs, with a cumulative mortality of 81.67% on the 8th day. In summary, the tested non-host plants were found inadequate to meet the survival and offspring development needs of the winter form of Chinese pear psylla and could only serve as temporary substitutes or overwintering transition hosts. Apple, a non-host plant, could be used as a lethal trap plant for the control of winter form of Chinese pear psylla.

Key words: *Cacopsylla chinensis*; non-host plant; pear; apple; overwintering; adaptability; oviposition

中国梨喀木虱 *Cacopsylla chinensis* 又名中国梨木虱, 属半翅目木虱科喀木虱属 *Cacopsylla* 昆虫, 是为害我国主栽梨品种的重要害虫, 广泛分布于各大梨产区。中国梨喀木虱以成虫、若虫刺吸为害梨树芽、叶以及枝条等, 致使幼叶卷曲、畸形或在果实表面形成果锈, 为害严重时叶片褐变, 引发早期落叶等(张勇等, 2014; 张航等, 2015); 中国梨喀木虱除直接刺吸为害外, 还分泌蜜露, 常淹没若虫虫体, 阻碍天敌捕食(Ge et al., 2018)和药液渗透, 降低了防治效果; 而且蜜露含有糖、氨基酸等营养物质(盖英萍等, 2000), 易染杂菌、灰尘, 进而形成霉污, 影响叶片的光合作用和正常功能等。中国梨喀木虱的表型会随着季节发生明显转化, 分为夏型梨木虱和冬型梨木虱, 前者主要发生于梨树生长期, 有卵、若虫和成虫3种虫态, 后者主要以成虫态存在, 发生于梨树休眠期, 为中国梨喀木虱的越冬代(赵龙龙等, 2019)。与夏型梨木虱相比, 冬型梨木虱除在外观体征上有较大差异外, 其抗逆、耐饥和适应能力等也有明显提高(刘朝红等, 2020; 赵龙龙等, 2022), 增加了防治难度。

与其他越冬昆虫不同的是冬型梨木虱并非静息状态, 而是随着环境温度升高表现出明显的活动特点。当环境温度 ≥ 0 °C时, 冬型梨木虱便可爬行并随温度的升高而活动加剧(王洁雯等, 2015; 张婷等, 2015); 当环境温度 ≥ 5 °C时, 冬型梨木虱日最大飞行距离可达500 m以上(数据未发表)。冬型梨木虱这种较强的活动能力除有利于改变其生存环境外, 还有助于寻找越冬寄主或在不同植物间转移。Ullman & McLean(1988)在田间监测发现 *C. pyricola* 越冬代随梨树物候变化有明显的迁出和迁入特性, 并可在非寄主的其他蔷薇科果树如苹果树、桃树上停落和越冬。笔者在梨树与其他果树混栽区进行调查, 发现秋冬季节也有冬型梨木虱在非寄主植物上停落或越冬, 春季在非寄主植物上可见其产卵。目前有关梨木虱寄主的适应性研究较多, 但多集中于夏型梨木虱对梨属不同品种的适应性研究, 如 *C. pyricola* 和梨喀木虱 *C. pyri* 对巴梨、阿巴特和夏脆梨等西洋梨品种的适生性研究(Bell & Puterka, 2004; Bell, 2013), 中国梨喀木虱对白梨、砂梨等亚洲梨品

种有较高的趋性且在这些品种上发育较好,而在西洋梨品种上的适应能力普遍较低(曹玉芬和谭兴伟,1997;白鹏华等,2020;Wei et al.,2020)。

中国梨喀木虱在我国分布范围广泛,北到黑龙江省,南至广西壮族自治区,受南北气候差异及近年来冬季气温偏高的影响,大部分地区冬型梨木虱呈活跃状态(张航等,2015;赵龙龙等,2021),其发生期正值果树休眠期,可供识别的植物线索和特征普遍较少,冬型梨木虱不能或需要较长时间去辨识寄主梨树,在此过程中其可能在不同果树间转移、停落、取食或越冬。此外,在梨树休眠期普遍喷施石硫合剂等进行病虫害清理,该药剂具有较强的驱避作用,致使冬型梨木虱多离开梨园,被迫转移或往返于不同植物间。在此过程中,冬型梨木虱能否利用其他植物而存活,一方面关系到其对非寄主植物的影响,另一方面与其种群基数密切相关,但关于冬型梨木虱对非寄主越冬植物的趋向和适应能力尚缺乏系统研究。鉴于此,本研究选择与梨树近缘、多有近邻种植的其他6种蔷薇科果树为非寄主植物,通过测定冬型梨木虱对非寄主植物的趋向和适应性,明确该害虫对非寄主植物的适应能力,以期为中国梨喀木虱的防治提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试虫源:冬型梨木虱于2022年11月下旬采自山西农业大学果树研究所玉露香梨园,种植株行距3 m×4 m,树龄大于20年,树形为自由纺锤型,树势中等偏旺。采用振落法收集冬型梨木虱,采集时用塑料锤敲击梨树枝条,在枝条下用1 m×1 m的白布接住振落的冬型梨木虱。将收集的冬型梨木虱装入直径29.06 mm、高11.62 cm的50 mL离心管中,每管装约50头,管盖刺小孔供通气,管中提前放入长10 cm、宽5 cm并从长边折成瓦楞状的滤纸,于(2±1) °C冷藏柜中储存备用。

供试植物:于2023年1月上旬果树休眠期在山西农业大学果树研究所果树种植园区剪取同株果树上直径为8~10 mm的一年生枝条,包括梨树(品种为玉露香梨,树龄大于20年)、苹果树(品种为富士,树龄8年)、樱桃树(品种为红玛瑙,树龄大于15年)、桃树(品种为大久保,树龄10年)、山楂树(属大果山楂,树龄大于10年)、李树(品种为大红李,树龄大于10年)以及杏树(品种为红太阳,树龄大于10年),将枝条带回室内放置于(2±1) °C冷藏柜中存储备

用,试验时取出枝条插入纯净水中,于温度(25±1) °C、光周期16 L:8 D条件下培养供试。

仪器:SC-228DS冷藏柜,青岛海尔特种电冰柜有限公司;ZRG-250C人工气候箱,上海丙林电子科技有限公司。

1.2 方法

1.2.1 不同条件下冬型梨木虱对果树枝条的趋向性测定

从冷藏柜中取出装有冬型梨木虱的离心管置于温度为(25±1) °C、光周期为16 L:8 D的人工气候箱中恢复至少24 h,清除死亡或不活跃的虫体后供试。冬型梨木虱对休眠期不同果树枝条的选择趋向性试验设2组处理,一组为有寄主植物梨树存在时,测试其对非寄主植物苹果树、樱桃树、桃树、山楂树、李树和杏树枝条的选择趋向性;另一组为无寄主植物存在时,测试其对上述6种非寄主植物枝条的选择趋向性,处理温度(20±2) °C、光周期16 L:8 D。测试时,每种果树枝条各取3枝插入1个装有纯净水的三角瓶中,瓶口用纳米棉填塞,确保不留缝隙。按照上述处理,将装有不同果树枝条的三角瓶置于自制的60 cm×60 cm×60 cm养虫笼中的周边位置,随机等距排列,每笼中心位置接入冬型梨木虱雌雄成虫各50头进行测试,24 h后检查冬型梨木虱在不同果树枝条上停落的数量,计算趋向占比,趋向占比=选择某种果树枝条的梨木虱数量/作出选择行为的梨木虱总数。每养虫笼为1个重复,每组处理重复6次。

1.2.2 冬型梨木虱在不同果树枝条上的存活率测定

测定冬型梨木虱在不同果树枝条上存活情况时,梨树、苹果树、樱桃树、桃树、山楂树、李树、杏树枝条前期处理方法同1.2.1。试验时,将插有3枝果树枝条的三角瓶放入自制的20 cm×20 cm×45 cm养虫笼中,每个养虫笼放入一种果树的枝条,对照为无果树枝条的三角瓶,其他试验条件同1.2.1。每笼接入20头(雌雄成虫各10头)冬型梨木虱,每种供试果树枝条重复3次,每日检查1次冬型梨木虱存活情况,计算每日存活率,直至笼中冬型梨木虱全部死亡为止。在此期间每隔1周就将停在果树枝条上的冬型梨木虱抖落,并移出三角瓶,更换新的果树枝条和纯净水。利用SPSS 21.0软件的Probit函数计算冬型梨木虱在不同果树枝条上的致死中时 LT_{50} ,同时对其存活率和时间变化进行曲线拟合。

1.2.3 冬型梨木虱在寄主更换条件下的死亡率测定

根据预试验及1.2.1测试结果,冬型梨木虱对苹果树枝条表现出较高的趋性,因此选择苹果树枝条作为交替更换的非寄主植物。试验共设4组处理:A

组,第1~4天用苹果树枝条饲喂,第5~8天更换梨树枝条饲喂,第9~12天用苹果树枝条饲喂;B组,第1~4天用梨树枝条饲喂,第5~8天用苹果树枝条饲喂,第9~12天用梨树枝条饲喂;C组,试验期间一直用梨树枝条饲喂;D组,试验期间一直用苹果树枝条饲喂。枝条处理方法和试验条件同1.2.1,在养虫笼中放置方法及虫口数量同1.2.2,每组处理重复3次,共观测12 d。每隔4 d抖落1次测试枝条上的冬型梨木虱,检查其存活情况,并计算不同果树枝条上冬型梨木虱的死亡率。

1.2.4 冬型梨木虱在不同条件下的产卵量及孵化率测定

冬型梨木虱在不同果树枝条上的产卵量测定分为选择性试验和非选择性试验,选择性试验中含有多种果树枝条供其产卵选择,其中一组含有寄主植物梨树和非寄主植物苹果树、樱桃树、桃树、李树、杏树和山楂树枝条供其产卵选择;另一组无寄主梨树枝条,只有上述6种非寄主植物枝条供其产卵选择。不同果树枝条设置方法和试验条件同1.2.1,每个养虫笼为1个重复,每笼接入200头(雌雄成虫各半),每组处理重复3次,4 d后取出枝条用电子放大镜检查不同果树枝条上的卵量,统计产卵量。非选择性条件下冬型梨木虱在不同果树枝条上的产卵量在1.2.2试验基础上进行测定,即取试验1.2.2中每次移出的果树枝条,用电子放大镜检查不同果树枝条上的卵量,并计算冬型梨木虱在不同果树枝条上14 d累计产卵量。统计完产卵量后,将带卵的果树枝条末端剪去1 cm,露出新茬,重新插入装有纯净水的三角瓶中,进行不同果树枝条上冬型梨木虱卵的孵化及若虫发育情况测定。每瓶插3枝带卵的枝条作为1个重复,每种果树枝条重复3次,于温度(25 ± 1)℃、光周期16 L:8 D条件下培养,第8天取出枝条在电子放大镜下检查并记录卵的孵化情况,计算卵孵化率;检查后再将各处理枝条放回人工气候箱中,于第16天再取出枝条,在电子放大镜下检查不同果树枝条上冬型梨木虱若虫是否发育至2龄及以上龄期,如若虫死亡或仍为1龄则为不能正常发育。

1.3 数据分析

利用Excel 2016软件处理试验数据并制图,通过SPSS 21.0软件对试验数据进行单因素方差分析,应用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 选择性条件下冬型梨木虱对不同植物的趋向性

在选择性条件下,当寄主植物梨树枝条与其他

非寄主植物果树枝条同时存在时,冬型梨木虱对苹果树、梨树和桃树枝条有显著的选择趋向,趋向占比分别为25.76%、24.29%和20.81%,显著高于冬型梨木虱对李树、杏树、樱桃树和山楂树枝条的趋向占比,这四者分别为13.26%、8.25%、4.01%和3.62%(图1)。

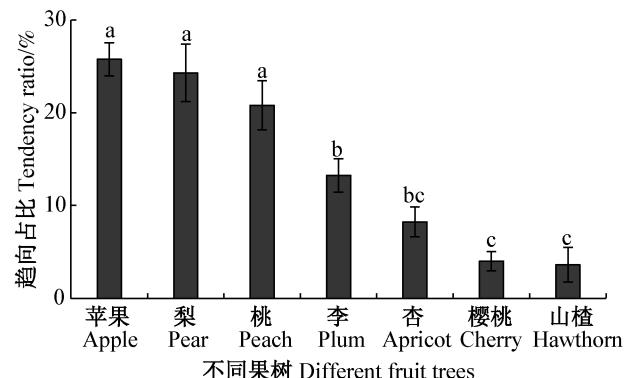


图1 选择性条件下冬型梨木虱对不同植物的趋向占比

Fig. 1 Tendency ratio of winter form of Chinese pear psylla on different plants under selective conditions

图中数据为平均数±标准误。不同小写字母表示经Duncan氏新复极差法检验差异显著($P<0.05$)。Data are mean±SE. Different lowercase letters on the bars indicate significant difference by Duncan's new multiple range test ($P<0.05$)。

2.2 选择性条件下冬型梨木虱对非寄主植物的趋向性

在6种非寄主植物中,冬型梨木虱主要选择苹果树枝条,趋向占比为35.45%,显著高于对樱桃树、杏树、桃树、山楂树和李树枝条的趋向占比,分别为15.96%、13.19%、13.05%、12.41%和9.95%,且这五者之间均无显著差异(图2)。

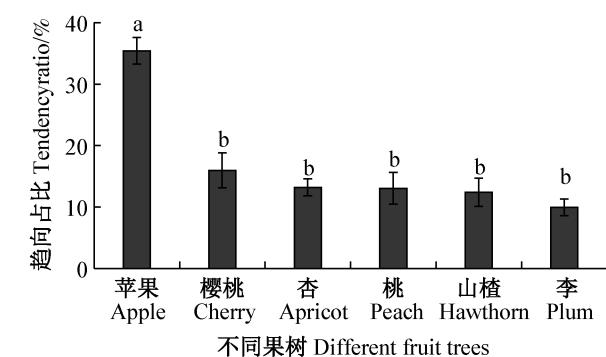


图2 选择性条件下冬型梨木虱对非寄主植物的趋向占比

Fig. 2 Tendency ratio of winter form of Chinese pear psylla on different non-host plants under non-selective conditions

图中数据为平均数±标准误。不同小写字母表示经Duncan氏新复极差法检验差异显著($P<0.05$)。Data are mean±SE. Different lowercase letters on the bars indicate significant difference by Duncan's new multiple range test ($P<0.05$)。

2.3 非选择性条件下冬型梨木虱在不同植物上的存活率

随着时间变化,冬型梨木虱在不同植物枝条上的存活率均呈下降趋势,无植物对照组冬型梨木虱的存活率下降尤为明显,最高仅能存活3 d;在有植物条件下,当存在寄主植物梨树枝条时,冬型梨木虱

的致死中时为17.11 d,最高可存活26.00 d;当无寄主梨树枝条存在时,李树、樱桃树、桃树、苹果树和杏树枝条处理组冬型梨木虱的存活变化特点相似,其致死中时集中在7.00~9.00 d,最高存活时长介于10.00~17.00 d之间(图3、表1)。

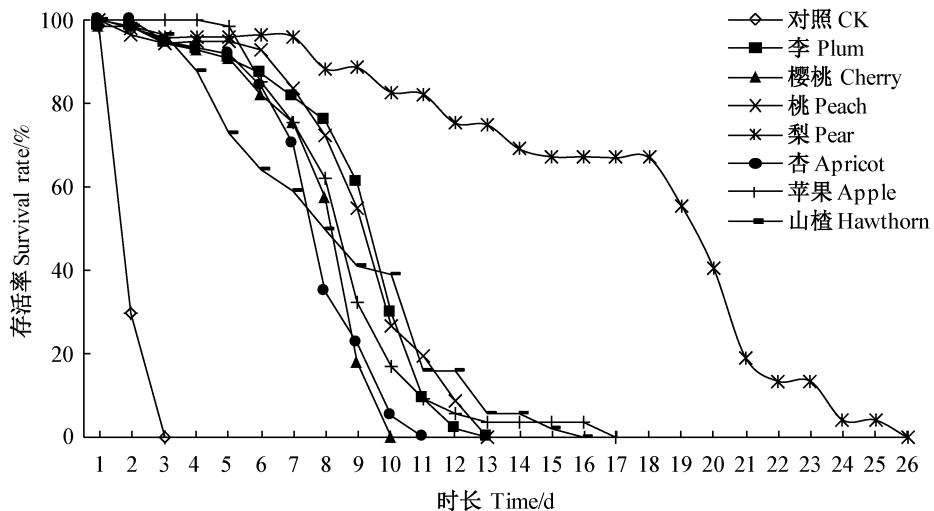


图3 非选择性条件下冬型梨木虱在不同植物上的存活率

Fig. 3 The survival rate of winter form of Chinese pear psylla on different plants under non-selective conditions

表1 非选择性条件下冬型梨木虱在不同果树枝条上的存活特征

Table 1 Survival characteristics of winter form of Chinese pear psylla on different fruit tree twigs under non-selective conditions

果树 Fruit tree	致死中时 LT_{50}/d	95% 置信区间 95% confidence interval/d	存活曲线 Survival curve	相关系数 Correlation coefficient
梨树 Pear tree	17.11	16.28~18.00	$y=0.002x^2-0.009x+0.039$	0.97
桃树 Peach tree	8.84	8.17~8.84	$y=0.009x^2-0.038x+0.044$	0.97
李树 Plum tree	8.63	7.89~9.43	$y=0.010x^2-0.043x+0.063$	0.96
苹果树 Apple tree	8.60	7.73~9.43	$y=-0.002x^2+0.120x-0.310$	0.90
山楂树 Hawthorn tree	8.02	7.63~8.41	$y=-0.001x^2+0.096x-0.180$	0.98
樱桃树 Cherry tree	7.60	6.78~8.67	$y=0.020x^2-0.120x+0.170$	0.97
杏树 Apricot tree	7.42	6.96~7.91	$y=0.001x^2-0.035x+0.012$	0.96

y 为冬型梨木虱在不同果树枝条上的存活率(%), x 为时长(d)。 y is the survival rate (%) of winter form of Chinese pear psylla on different fruit tree twigs, and x is the treatment duration (d).

2.4 冬型梨木虱更换不同寄主植物后的死亡率

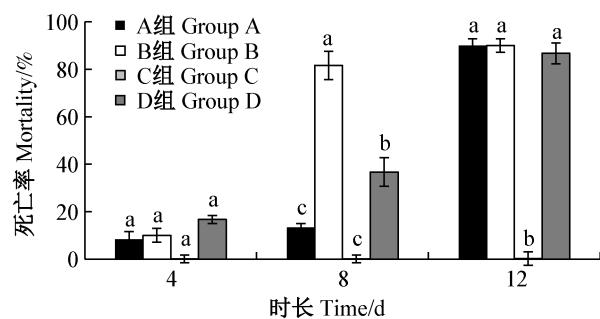
选择苹果树和梨树作为寄主和非寄主植物交替饲喂,第4天,不同处理组冬型梨木虱的死亡率均无显著差异;第8天,B组寄主植物从梨树枝条换为苹果树枝条后,冬型梨木虱的累计死亡率较其他3组处理显著升高,为81.67%,而A组冬型梨木虱从非寄主植物苹果树枝条上转移至寄主梨树枝条上后,其累计死亡率为13.3%,显著低于B组和D组冬型梨木虱($P<0.05$);第12天,A组冬型梨木虱从梨树枝条转换为苹果树枝条后,其累计死亡率明显升高,达到了90.00%,B组冬型梨木虱的累计死亡率为90.00%,一直用苹果树枝条饲喂的D组冬型梨木

虱,其累计死亡率由第4天的36.67%上升至86.67%,A、B、D三组的冬型梨木虱累计死亡率均显著高于一直用梨树枝条饲喂的C组冬型梨木虱,其累计死亡率仅为0.20%(图4)。这表明当冬型梨木虱由寄主植物转移到非寄主植物上后对其存活率有明显影响;相反,从非寄主植物转移至寄主植物上后这种影响则减弱。

2.5 不同条件下冬型梨木虱在不同果树枝条上的产卵量

在选择性条件下,当有寄主植物梨树和其他果树枝条共存时,冬型梨木虱总产卵量为118.67粒,且主要选择在寄主梨树枝条上产卵,产卵量为111.00粒,显著高于在其他果树枝条上的产卵量,冬

型梨木虱在苹果树枝条上的产卵量次之,为7.67粒,在桃树、樱桃树、李树、杏树和山楂树枝条上未见产卵;当无寄主梨树枝条存在时,冬型梨木虱在6种非寄主植物供试枝条上均有产卵,其中在苹果树枝条上的产卵量最高,为14.25粒,而在樱桃树、李树、桃树、杏树和山楂树枝条上的产卵量均较低,分别为9.75、7.25、4.75、2.75和1.00粒,总产卵量为39.75粒,与有寄主植物梨树处理组相比明显下降(表2)。在非选择性条件下,冬型梨木虱在寄主梨树枝条上的14 d累计产卵量最高,为136.67粒;其余依次为在苹果树、樱桃树、桃树、杏树和山楂树枝条上的14 d累计产卵量,分别为41.00、11.33、5.33、1.00和1.00粒;在李树枝条上几乎不产卵,14 d累计产卵量仅为0.67粒(表2)。



A组:第1~4天用苹果树枝条饲喂,第5~8天用梨树枝条饲喂,第9~12天用苹果树枝条饲喂;B组:第1~4天用梨树枝条饲喂,第5~8天用苹果树枝条饲喂,第9~12天用梨树枝条饲喂;C组:第1~12天用梨树枝条饲喂;D组:第1~12天用苹果树枝条饲喂。Group A: The winter form of Chinese pear psylla fed with apple twigs on the 1st–4th day, pear twigs on the 5th–8th day, and apple twigs on the 9th–12th day; Group B: the winter form of Chinese pear psylla fed with pear twigs on the 1st–4th day, apple twigs on the 5th–8th day, and pear twigs on the 9th–12th day; Group C: the winter form of Chinese pear psylla fed with pear twigs from the 1st to the 12th days; Group D: the winter form of Chinese pear psylla fed with apple tree twigs from the 1st to the 12th days.

图4 冬型梨木虱在转换寄主植物条件下的死亡率

Fig. 4 Mortality of winter form of Chinese pear psylla under switching host plant conditions

图中数据为平均数±标准误。不同小写字母表示相同时下不同处理间经Duncan氏新复极差法检验差异显著($P<0.05$)。Data are mean±SE. Different lowercase letters on the bars indicate significant difference among different treatments at the same time by Duncan's new multiple range test ($P<0.05$)。

在非选择性条件下,在寄主梨树枝条上的卵孵化率最高,为74.26%,孵化的1龄若虫可正常发育至

2龄;在苹果树枝条上的卵孵化率次之,为24.80%,孵化若虫不能正常发育和存活,在其他果树枝条上所产卵则极少孵化。

3 讨论

昆虫需借助植物气味、形态和物理特征等去辨识适宜的植物(文超等,2020;王鹏和张龙,2021),而适应寄主过程则常受多种因素的影响,如昆虫自身特点、环境因素、植物状态和组成等都会影响到其适应性(钦俊德,1996;王政等,2014;刘蓬等,2016)。本研究测定了冬型梨木虱对休眠期不同果树枝条的选择性和适应性,测试的植物均是落叶果树且处于休眠期,无明显的寄主识别特征。在选择性试验中,除寄主梨树枝条外,冬型梨木虱均偏好在非寄主植物苹果树枝条上停落,可能是苹果与梨为近缘种,具有相似的物质成分(王平彦等,2009;Lu et al., 2012;张晓芳等,2017),对梨木虱有较高的吸引力。冬型梨木虱对测试植物的产卵选择与成虫趋性相似,主要在寄主植物梨树枝条和非寄主苹果树枝条上产卵,虽然对苹果树枝条有较高趋性,但在苹果树枝条上的产卵量却显著低于在梨树枝条上的产卵量,造成这种原因可能与苹果树枝条上绒毛较多,形成屏障妨碍产卵,且少有类似梨树的芽鳞痕供其产卵(张贺贺等,2015;赵龙龙等,2019)。在选择和非选择试验过程中发现冬型梨木虱一旦选择了苹果树枝条便很少转移,直至虫体死亡,一方面可能是苹果树枝条含有对冬型梨木虱有较高吸引力的化学物质,但在养分组成等方面不能满足梨木虱存活、繁殖以及子代所需;另一方面可能是梨木虱不能代谢某些物质,如在寄主梨树枝条与非寄主苹果树枝条交换饲喂试验中,发现从非寄主转到寄主植物上后对其存活影响较小,而从寄主转到非寄主植物上后则对其存活影响明显。

冬型梨木虱依靠植物存活,非选择条件下冬型梨木虱在无任何植物供给时其存活时长明显低于有植物组。水分和温度是影响冬型梨木虱存活的关键因子(刘朝红等,2020),虽然冬型梨木虱在非寄主植物上的存活时长不及寄主梨树处理组,但这些非寄主植物可提供水分供其短期存活。前期预试验表明,在相对较低温度10 °C条件下,冬型梨木虱在非寄主植物上的致死中时介于18.00~22.00 d之间,明显高于本研究温度20 °C条件下的致死中时(7.00~9.00 d),如在自然环境中更低的温度条件下,冬型梨木虱代谢水平降低,在非寄主上的存活时间将延长,

即这些非寄主植物可以作为冬型梨木虱的临时寄主或越冬替代寄主。

表2 不同选择条件下冬型梨木虱在不同果树枝条上的产卵量

Table 2 Oviposition numbers of the winter form of Chinese pear psylla on different fruit tree twigs under various selection conditions

果树 Fruit tree	选择性条件下产卵量 Egg number under selective conditions		非选择条件产卵量 Egg number under non-selective conditions
	有梨树枝条时 When there is a pear tree twig	无梨树枝条时 When there is no pear tree twig	
梨树 Pear tree	111.00±19.91 a	-	136.67±19.75 a
苹果树 Apple tree	7.67±3.20 b	14.25±2.06 a	41.00±8.14 b
桃树 Peach tree	0.00±0.00 c	4.75±1.80 bc	5.33±1.45 c
李树 Plum tree	0.00±0.00 c	7.25±2.56 bc	0.67±0.67 c
樱桃树 Cherry tree	0.00±0.00 c	9.75±0.85 ab	11.33±1.76 c
杏树 Apricot tree	0.00±0.00 c	2.75±1.11 cd	1.00±1.00 c
山楂树 Hawthorn tree	0.00±0.00 c	1.00±0.58 d	1.00±0.58 c

表中数据为平均数±标准误。同列数据后不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验差异显著 ($P<0.05$)。-表示无寄主梨树枝条。Data are mean±SE. Different lowercase letters in the same column indicate significant difference by Duncan's new multiple range test ($P<0.05$). - indicates no host plant pear tree twigs.

中国梨喀木虱是我国梨树产区的重要防治对象,长期以来主要采取化学防治措施,不仅污染环境,破坏生态,还容易导致梨木虱抗药性增强,使其防治难度增加(张航等,2015),不得不寻求其他治理措施,其中利用非寄主植物对害虫的吸引作用进行诱杀是当前绿色治理的重要措施之一(梁齐等,2015;卢雪凝等,2021)。结合本研究结果,无论是选择性条件还是非选择性条件,在测试的非寄主植物间,鉴于冬型梨木虱对苹果树枝条的选择趋性和产卵趋向最高、但苹果树枝条并不能供其存活和子代发育的特点,可在梨树落叶期或萌芽前喷施石硫合剂、矿物油和高岭土,恶化其在自然寄主梨树上的越冬和产卵场所(魏明峰等,2020),并用苹果树作为致死性诱集植物以降低冬型梨木虱虫口基数,减轻防治压力。

参考文献 (References)

- Bell RL. 2013. Host resistance to pear psylla of breeding program selections and cultivars. HortScience, 48(2): 143–145
- Bell RL, Puterka GL. 2004. Modes of host plant resistance to pear psylla: a review. Acta Horticulturae, (663): 183–188
- Bai PH, Liu BS, Liu QZ, Gu XS, Hu RR, Yu JP. 2020. Investigation of the occurrence regularity of *Cacopsylla chinensis* on different pear cultivars in multi-cultivar pear orchards in Tianjin. Journal of Plant Protection, 47(6): 1244–1250 (in Chinese) [白鹏华, 刘宝生, 刘奇志, 谷希树, 胡瑞瑞, 于金萍. 2020. 天津市混栽梨园中不同品种梨树上中国梨喀木虱的发生规律. 植物保护学报, 47(6): 1244–1250]
- Cao YF, Tan XW. 1997. Investigation on resistance of different pear varieties to pear psyllid in China. Northern Horticulture, (1): 32–34 (in Chinese) [曹玉芬, 谭兴伟. 1997. 不同种类的梨品种对
- 中国梨木虱抗性调查. 北方园艺, (1): 32–34]
- Gai YP, Ji XL, Sun XG, Liu YS, Liu HL. 2000. Honeydew excretion and amino acids in honeydew of *Psylla chinensis*. Entomological Knowledge, 37(6): 333–335 (in Chinese) [盖英萍, 冀宪领, 孙绪良, 刘玉升, 刘华琳. 2000. 中国梨木虱若虫的排蜜规律及蜜露中氨基酸成分的研究. 昆虫知识, 37(6): 333–335]
- Ge Y, Liu PP, Zhang L, Snyder WE, Smith OM, Shi WP. 2020. A sticky situation: honeydew of the pear psylla disrupts feeding by its predator *Orius sauteri*. Pest Management Science, 76(1): 75–84
- Liang Q, Lu YH, He XC, Zheng XS, Xu HX, Yang YJ, Tian JC, Lü ZX. 2015. Mini review of the significance of trap crop in insect pest management. Journal of Biosafety, 24(3): 184–193 (in Chinese) [梁齐, 鲁艳辉, 何晓婵, 郑许松, 徐红星, 杨亚军, 田俊策, 吕仲贤. 2015. 诱集植物在害虫治理中的最新研究进展. 生物安全学报, 24(3): 184–193]
- Liu P, Ma H, Zhu QS, Chen BC, Gao J, Lin XQ. 2016. Research progress of insect adaptability to their host plants. Biological Disaster Science, 39(4): 250–254 (in Chinese) [刘蓬, 马惠, 朱其松, 陈博聪, 高洁, 林香青. 2016. 昆虫对寄主植物适应性研究进展. 生物灾害科学, 39(4): 250–254]
- Liu ZH, Hu ZL, Zhang WZ, Zhao LL. 2020. Effects of external water and temperature on survival of winter-form pear psylla. Journal of Environmental Entomology, 42(6): 1409–1414 (in Chinese) [刘朝红, 胡增丽, 张未仲, 赵龙龙. 2020. 外源水分和温度对冬型梨木虱存活的影响. 环境昆虫学报, 42(6): 1409–1414]
- Lu PF, Huang LQ, Wang CZ. 2012. Identification and field evaluation of pear fruit volatiles attractive to the oriental fruit moth, *Cydia molesta*. Journal of Chemical Ecology, 38(8): 1003–1016
- Lu XN, Zhang JE, Xiang HM, Wang JX, Lan N, Qin Z. 2021. Review of research and application of trap crops in agriculture. Ecological Science, 40(2): 196–203 (in Chinese) [卢雪凝, 章家恩, 向慧敏, 王家新, 蓝妮, 秦钟. 2021. 诱集植物在农业中的应用研究进展与展望. 生态科学, 40(2): 196–203]
- Qin JD. 1996. Adaptability and coordinated evolution of insects and

- host plants. *Bulletin of Biology*, 31(1): 1–3 (in Chinese) [钦俊德. 1996. 昆虫与寄主植物的适应性及协调进化. 生物学通报, 31(1): 1–3]
- Ullman DE, McLean DL. 1988. Feeding behavior of the winter-form pear psylla, *Psylla pyricola* (Homoptera: Psyllidae), on reproductive and transitory host plants. *Environmental Entomology*, 17(4): 675–678
- Wang JW, Liu QZ, Guo HP, Zhang XW. 2015. Research on the relation between the occurrence dynamic of *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae) and phenology and temperature. *Northern Horticulture*, (14): 118–121 (in Chinese) [王洁雯, 刘奇志, 郭黄萍, 张晓伟. 2015. 梨园物候及温度与中国梨喀木虱发生期关系研究. 北方园艺, (14): 118–121]
- Wang P, Zhang L. 2021. Olfaction in the process of herbivorous insect food selection. *Journal of Environmental Entomology*, 43(3): 633–641 (in Chinese) [王鹏, 张龙. 2021. 植食性昆虫的嗅觉选择过程及其机制研究进展. 环境昆虫学报, 43(3): 633–641]
- Wang PY, Qi LM, Sun XG, Sun LG, Qu RY. 2009. Selectivity of branches from the various apple varieties by *Eriosoma lanigerum* with volatiles from the branches. *Scientia Silvae Sinicae*, 45(8): 91–95 (in Chinese) [王平彦, 亓玲美, 孙绪良, 孙垒光, 曲若铁. 2009. 苹果绵蚜对不同苹果品种枝条的选择及与挥发物的关系. 林业科学, 45(8): 91–95]
- Wang Z, Meng QQ, Zhong GH. 2014. Study on the feeding behavior process and mechanism of phytophagous insect. *Journal of Environmental Entomology*, 36(4): 612–619 (in Chinese) [王政, 孟倩倩, 钟国华. 2014. 植食性昆虫取食行为过程及机制研究. 环境昆虫学报, 36(4): 612–619]
- Wei MF, Chi H, Guo YF, Li XW, Zhao LL, Ma RY. 2020. Demography of *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae) reared on four cultivars of *Pyrus bretschneideri* (Rosales: Rosaceae) and *P. communis* pears with estimations of confidence intervals of specific life table statistics. *Journal of Economic Entomology*, 113(5): 2343–2353
- Wei MF, Yao Z, Liu Z, Fan QL, Lü BB, Zhang LP. 2020. Effect of Kaolin particle coating on host selection, oviposition of pear psylla *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae) and its application efficacy. *Journal of Environmental Entomology*, 42(4): 991–997 (in Chinese) [魏明峰, 姚众, 刘珍, 范巧兰, 吕贝贝, 张丽萍. 2020. 高岭土颗粒涂布对中国梨喀木虱寄主选择、产卵的影响及应用效果. 环境昆虫学报, 42(4): 991–997]
- Wen C, Ma T, Wang C, Liang SP, Zhu Y, Wen JB, Wen XJ. 2020. The role of visual signals in insect detection of plant hosts. *Journal of Environmental Entomology*, 42(3): 607–614 (in Chinese) [文超, 马涛, 王健, 梁仕萍, 朱映, 温俊宝, 温秀军. 2020. 视觉信号在昆虫检测植物寄主中的作用. 环境昆虫学报, 42(3): 607–614]
- Zhang H, Liu QZ, Luan XB, Zhou C. 2015. Research progress on the occurrence regularity and integrated control of *Cacopsylla chinensis*. *Northern Horticulture*, (24): 180–183 (in Chinese) [张航, 刘奇志, 栾小兵, 周成. 2015. 中国梨喀木虱在我国的发生规律和综合防治研究进展. 北方园艺, (24): 180–183]
- Zhang HH, Chen JH, Ji QE, Luo MJ. 2015. Overview in the study and application of the influencing factors on oviposition behavior of insects. *Journal of Environmental Entomology*, 37(2): 432–440 (in Chinese) [张贺贺, 陈家骅, 季清娥, 骆娟娟. 2015. 影响昆虫产卵行为的因素及其应用研究概述. 环境昆虫学报, 37(2): 432–440]
- Zhang T, Liu QZ, Guo HP, Wang JW, Zhang XW. 2015. Research on the relation between development and post-hibernant of *Cacopsylla chinensis* and phenology temperature. *Northern Horticulture*, (20): 102–104 (in Chinese) [张婷, 刘奇志, 郭黄萍, 王洁雯, 张晓伟. 2015. 物候温度与梨园梨木虱出蛰及发育关系研究. 北方园艺, (20): 102–104]
- Zhang XF, Liu HM, Zhang AH, Fang C, Zhang T. 2017. Pear leaf volatiles and their electroantennogram responses to *Illiberis pruni*. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 45(9): 145–148 (in Chinese) [张晓芳, 刘红敏, 张爱红, 方川, 张涛. 2017. 梨树挥发物成分的鉴定及其对梨叶斑蛾的触角电位反应. 安徽农业科学, 45(9): 145–148]
- Zhang Y, Wang HW, Ran K, Wang SM. 2014. Spatial distribution pattern and sampling technique of the *Psylla chinensis* eggs in first generation. *Journal of Fruit Science*, 31(5): 986–990 (in Chinese) [张勇, 王宏伟, 冉昆, 王少敏. 2014. 梨木虱第一代卵空间分布格局及抽样技术. 果树学报, 31(5): 986–990]
- Zhao LL, Wei J, Liu ZH, Hu ZL, Zhang WZ, Ma RY. 2021. Study on the relation between key occurrence periods of pear psylla and air temperature. *Acta Agriculturae Shanghai*, 37(5): 68–72 (in Chinese) [赵龙龙, 卫洁, 刘朝红, 胡增丽, 张未仲, 马瑞燕. 2021. 中国梨木虱关键发生期与气温关系研究. 上海农业学报, 37(5): 68–72]
- Zhao LL, Zhang WZ, Hu ZL, Liu ZH. 2022. Effects of low temperature and external water on cold tolerance and survival rate of *Cacopsylla chinensis*. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 31(11): 1514–1520 (in Chinese) [赵龙龙, 张未仲, 胡增丽, 刘朝红. 2022. 低温和外源水分对中国梨木虱耐寒性和存活率的影响. 西北农业学报, 31(11): 1514–1520]
- Zhao LL, Zhang WZ, Hu ZL, Liu ZH, Han F, Li J. 2019. Oviposition characteristics of winter-type pear psylla on different sites of pear tree. *Plant Protection*, 45(4): 201–204 (in Chinese) [赵龙龙, 张未仲, 胡增丽, 刘朝红, 韩凤, 李捷. 2019. 冬型中国梨木虱在梨树不同部位的产卵特点. 植物保护, 45(4): 201–204]

(责任编辑:李美娟)