



魏明峰, 姚众, 刘珍, 范巧兰, 吕贝贝, 张丽萍. 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 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (4): 991–997.

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

魏明峰, 姚众, 刘珍, 范巧兰, 吕贝贝, 张丽萍*

(山西农业大学棉花研究所, 山西运城 044000)

摘要: 为探索可替代化学药剂防治中国梨喀木虱的措施, 开展了高岭土颗粒涂布对其寄主选择、产卵影响及应用效果的研究。分别采用 3.5% 高岭土水溶液、清水对梨休眠枝和当年生枝叶进行喷雾涂布处理, 于 24、48、72、96 h 监测选择条件下成虫分布情况, 于 96 h 记录选择和非选择条件下各枝条上的卵量。采用高岭土水溶液对梨苗均匀喷雾涂布, 通过被害率、单叶若虫量、虫龄指数、为害指数对应用效果进行评价。研究结果显示, 在选择条件下, 经高岭土涂布的枝条上成虫数量明显少于对照, 高岭土涂布的枝条上冬型成虫数量在 96 h 时最低 (0.5 头/枝), 96 h 时着卵量 (1.83 头/枝) 显著低于对照 (30.83 头/枝); 高岭土涂布的枝叶上夏型成虫在 72 h 时最低 (1.17 头/枝), 96 h 时着卵量 (12.33 头/枝) 显著低于对照 (242.5 头/枝); 在非选择条件下, 冬型和夏型成虫在高岭土涂布的枝条上着卵量 (2.83 和 15.17 头/枝) 分别显著低于对照 (25.17 和 170.42 头/枝); 供试植株在接虫 45 d 后为害最严重, 高岭土涂布的植株被害率 (54.17%)、单叶若虫量 (2.29 头/叶)、虫龄指数 (3.79)、为害指数 (0.41) 分别显著低于为对照植株 (98.61%、11.72 头/叶、4.13、0.95)。上述结果表明, 高岭土涂布对中国梨喀木虱成虫的寄主选择具有驱避效果, 对雌成虫的产卵具有抑制作用; 高岭土涂布可限制中国梨喀木虱种群增长, 降低危害水平。研究结果为中国梨喀木虱的综合治理提供了现实依据。

关键词: 高岭土; 颗粒涂布; 中国梨喀木虱; 寄主选择; 产卵

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 04-0991-07

Effect of kaolin particle coating on host selection, oviposition of pear psylla *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae) and its application efficacy

WEI Ming-Feng, YAO Zhong, LIU Zhen, FAN Qiao-Lan, LV Bei-Bei, ZHANG Li-Ping*
(Cotton Research Institute, Shanxi Agricultural University, Yuncheng 044000, Shanxi Province, China)

Abstract: *Cacopsylla chinensis* is an important specialized pest on pear. In order to find the alternative measure against *C. chinensis*, the repellent effect and control potential of kaolin particle coating were investigated. Dormant branches and new branches were sprayed with 3.5% kaolin solution in mid-March and late April, and water as control. The distribution of adults under selection conditions was monitored 4 times every 24 h, and the number of eggs on each branch under the selective and the non-selective conditions was recorded at the 96th h. The application effect was investigated in early May under semi-natural conditions. And then the damaged leaf rate, the number of nymphs per leaf, the population age

基金项目: 山西省农业科学院特色攻关项目 (YGG17049); 山西省重点研发计划项目 (201903D211001-1)

作者简介: 魏明峰, 男, 1980 年生, 硕士, 副研究员, 研究方向为昆虫生态及害虫综合治理, E-mail: weimingfeng2004@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 张丽萍, 女, 博士, 研究员, 主要从事有害生物综合防治研究工作, E-mail: lipingzh2006@126.com

收稿日期 Received: 2019-09-03; 接受日期 Accepted: 2020-01-02

structure index, and the damage index were recorded every 10 days since the 15th day. The results showed that under the selective conditions, the number of adults on the branches coated with kaolin was significantly fewer than that of the control every times, the number of adults winter form was the lowest (0.5 adults/branch) on the branches coated at the 96th h, and the number of eggs (1.83 eggs/branch) was significantly lower than that of the control (30.83 eggs/branch), while the number of adults summer form was the lowest (1.17 adults/branch) on the branches coated with kaolin at the 72th h, and the number of eggs (12.33 eggs/branch) was significantly lower than that of the control (242.5 eggs/branch) at the 96th h. Under the non-selective conditions, the number of eggs of the adults winter form (2.83 eggs/branch) and adults summer form (15.17 eggs/branch) on the branches coated with kaolin was significantly lower than that of the control (25.17 and 170.42 eggs/branch), respectively. The damage of plants was the most serious at the 45th days after being infected. The damaged leaf rate (54.17%), the number of nymphs per leaf (2.29 nymphs/leaf), the population age structure index (3.79), and the damage index (0.41) on the plants which coated with kaolin were significantly lower than those of the control plants (98.61%, 11.72 nymphs/leaf, 4.13 and 0.95). Consequently, kaolin particle coating has repellent effects on *C. chinensis*, which not only affects the host selection of adults, but also reduces the number of female adults oviposition on the hosts. It may limit the population growth of *C. chinensis* and reduce the harm level. The results provide a scientific basis for the management of *C. chinensis* in the future.

Key words: Kaolin; particle coating; *Cacopsylla chinensis*; host selection; oviposition

中国梨喀木虱 *Cacopsylla chinensis* (Yang & Li) 是梨属植物的一种专食性刺吸式害虫, 属半翅目 Hemiptera 木虱科 Psyllidae 喀木虱属 *Cacopsylla*, 是我国已记述的 26 种梨木虱中的优势种群 (张翠瞳等, 2003; 李法圣, 2011)。梨木虱主要以若虫吸食幼嫩组织汁液, 分泌的大量黏液引起煤污发生, 造成直接和间接双重危害, 严重时可导致早期落叶、落果, 影响树势和产量 (杨集昆和李法圣, 1981; FotirićAkić *et al.*, 2015)。*Cacopsylla pyricola* 和 *Cacopsylla pyri* 不仅能引起梨削弱病发生 (Seemüller and Schneider, 2004), 而且还是梨火疫病 (*Erwinia amylovora*) 传播的重要媒介 (Hildebrand *et al.*, 2000), 对我国梨产业安全性存在着潜在风险。梨木虱个体小、隐蔽性强、繁殖力高、世代重叠严重等特性增加了对它的防治难度 (李庆和蔡如希, 1995; Nin *et al.*, 2012)。一直以来, 防治梨木虱主要依赖化学农药, 长期过度的使用导致其对几类常规药剂已产生不同程度抗药性 (van de Baan *et al.*, 1990; 孟昭礼等, 1994; Civolani *et al.*, 2007; 宫亚军等, 2012), 而且大量非选择性杀虫剂的应用还会影响天敌的自然调控潜力, 然而有效的生物、物理措施和区域性联防仍受到不同程度的限制 (Shaltiel and Coll, 2004)。同时, 人类对食品和健康问题的日

益关注迫切要求有机种植模式的健全和发展, 而仅依靠传统防治措施已不能满足当前形势需求, 故生产上亟需化学防治的替代措施及方法。

微颗粒膜技术是利用微小固体颗粒的水悬浮液在作物表面涂布后形成物理阻隔, 影响昆虫对寄主植物的定位, 并且降低或抑制其产卵, 从而达到控制种群增长、降低危害水平的目的 (Glenn *et al.*, 1999; Li *et al.*, 2011)。高岭土是一种经济、环保、资源丰富且质地纯净的惰性黏土。利用微颗粒膜技术将高岭土颗粒涂布在植物表面可有效控制病虫害的发生 (Sharma *et al.*, 2015)。Amalin 等和 Saour 分别在实验室和自然条件下进行了相关研究, 结果表明高岭土颗粒涂布对 *Helopeltis collaris* 和 *Agonoscena targionii* 表现出理想的驱避效果 (Saour, 2005; Amalin *et al.*, 2015)。梨木虱繁殖力强, *C. pyri* 单雌产卵量在 300 ~ 400 粒 (Nin *et al.*, 2012), 控制虫源基数是有效控制梨木虱种群数量及缓解防治压力的关键。中国梨喀木虱是我国梨产区的重要害虫, 有关高岭土颗粒涂布对其的应用及控制效果少有报道。为此, 本研究开展了高岭土颗粒涂布对中国梨喀木虱成虫的寄主选择、产卵影响以及在半自然条件下的应用效果研究。

1 材料和方法

1.1 材料

试虫: 采用中国梨喀木虱冬型和夏型两种成虫(李法圣, 2011)。于3月中旬和4月下旬从山西省盐湖区泓芝驿镇的酥梨 *P. bretschneideri* 上分别采集冬型和夏型试虫, 期间不使用任何杀虫剂。采集的试虫分别置于有酥梨休眠枝和带叶枝条的养虫笼内备用, 养虫笼放置在人工气候室内。冬型成虫的试验条件: $T = 10 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $\text{RH} = 70.0\% \pm 5.0\%$, $L:D = 12:12$; 夏型成虫的试验条件: $T = 20 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $\text{RH} = 70.0\% \pm 5.0\%$, $L:D = 14:10$ 。

高岭土: 采用经过改性的细粒高岭土(由苏州美美瑞化工有限公司提供), 高岭土颗粒的97%粒度直径小于 $1.404 \mu\text{m}$ 。主要成分及含量: Al_2O_3 ($> 37\%$), SiO_2 ($< 46\%$), H_2O ($< 3\%$), Fe_2O_3 ($< 0.8\%$)。根据前期的附着性试验确定使用清水稀释浓度为3.5%, 稀释后溶液 $\text{PH} = 6.47 \pm 0.04$ 。

1.2 方法

1.2.1 选择性试验

为比较高岭土微颗粒涂布对中国梨喀木虱冬型成虫寄主选择和产卵的影响, 选择四枝一年生25 cm长待萌芽的枝条, 其中两枝用3.5%高岭土水溶液均匀喷雾, 确保整个枝条及芽痕处全部均匀附着高岭土颗粒, 另两枝以清水为对照。枝条浸在装有营养液的容量瓶中, 用保鲜膜封口, 呈对角置于养笼内 ($40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$), 将20对冬型成虫放入笼中, 重复4次。分别于24、48、72、96 h统计成虫分布情况, 于96 h记录各枝条上的着卵量。

为比较夏型成虫在高岭土颗粒涂布下对寄主选择和产卵的影响, 选择4枝当年生25 cm长枝条, 去除顶端未展嫩叶, 自上部保留3片完全展叶, 顶部用保鲜膜包裹。其中2枝用3.5%高岭土水溶液均匀喷雾, 确保枝条及叶片正背面全部均匀附着高岭土颗粒, 另2枝用清水作对照, 枝条浸在装有营养液的容量瓶中, 用保鲜膜封口, 呈对角置于养笼内 ($40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$), 将20对夏型成虫放入笼中, 重复四次。分别于24、48、72、96 h统计成虫分布情况, 于96 h记录各枝条上的着卵量。

1.2.2 非选择性试验

为明确高岭土颗粒涂布对中国梨喀木虱雌成虫产卵的抑制效果, 进行了非选择性试验。方法同选择性试验, 不同之处在于养虫笼内的4个枝条同为高岭土涂布处理或清水对照, 其它与选择性试验相同。

1.2.3 半自然条件下应用效果试验

采用两年生盆栽梨苗4株, 去除顶端未展嫩叶, 其中2株用3.5%高岭土水溶液均匀喷雾, 确保枝条及叶片正背面全部均匀附着高岭土颗粒, 另2株以清水为对照。植株呈对角置于养笼内 ($150 \text{ cm} \times 150 \text{ cm} \times 150 \text{ cm}$), 将40对夏型成虫放入笼中, 重复4次。调查时每株选取3个枝条, 每枝条选择顶端3片完全展叶, 分别于15、25、35、45、55 d统计叶片上若虫数量及发育情况, 计算被害叶率和单叶若虫量; 并根据 Rober and Raimbault 定义的虫龄指数 *PASI* (population age structure index), 计算 $PASI = \sum (\text{各虫龄若虫百分比} \times \text{该龄期}) / 100$ (Robert and Raimbault, 2005); 同时参照张翠瞳等(2001)根据叶片上若虫分泌物的多少定级叶片被害情况, 计算每次调查时叶片的为害指数 *DI* (damaged index), $DI = \sum (\text{危害级别} \times \text{各级叶数}) / 3 \times \text{调查总叶数}$ 。

1.2.4 数据分析

两个处理试验数据的差异显著性采用 SPSS 22.0 进行独立样本 T 检验。

2 结果与分析

2.1 高岭土颗粒涂布对中国梨喀木虱成虫寄主选择的影响

高岭土涂布的休眠枝上冬型成虫(图1-A)以及生长期枝叶上的夏型成虫(图1-B)数均少于对照, 且皆存在显著性差异(图1)。接虫24、48、72、96 h时, 经高岭土涂布的枝条上冬型成虫数量分别为0.83、1.33、0.83和0.5头/枝, 而对照枝条上分别为2.0、3.17、3.5和3.33头/枝(图1-A); 夏型成虫分别为2.0、2.0、1.17和1.33头/枝, 而对照上分别为5.83、6.5、7.0和6.67头/枝(图1-B)。结果表明, 高岭土颗粒涂布对冬型和夏型成虫均有驱避效果。调查还发现, 不同调查时间生长期枝叶上的夏型成虫数量(图1-B)均高于休眠期枝条上的冬型成虫数量(图1-A)。

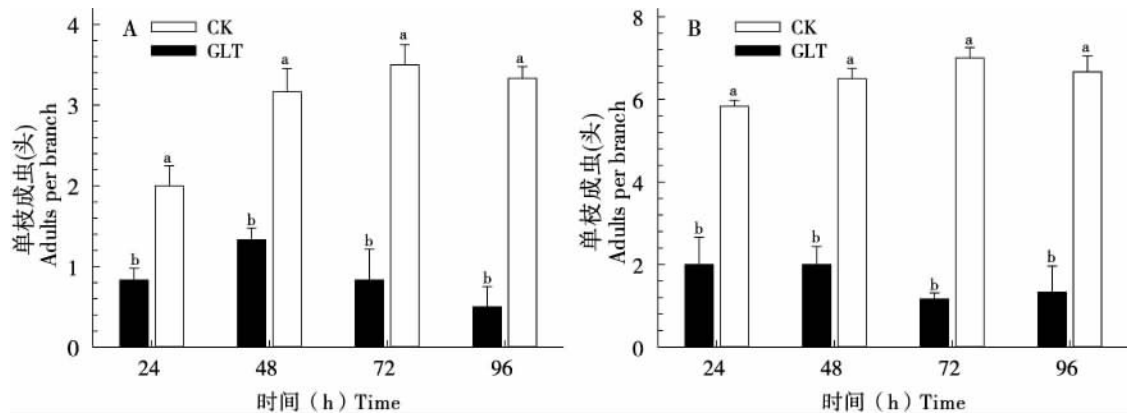


图1 高岭土颗粒涂布对中国梨喀木虱成虫寄主选择的时间变化

Fig. 1 Time variation trend for host selection of *Cacopsylla chinensis* adults with kaolin particle coating

注: 不同小写字母表示处理之间的差异显著 ($P < 0.05$)。下同。Note: Different letters indicate significant difference between treatments at 0.05 level. The same below.

2.2 高岭土颗粒涂布对中国梨喀木虱产卵的影响

高岭土涂布后的休眠枝上冬型成虫 (图 2-A) 和生长期枝叶上夏型成虫 (图 2-B) 的产卵量均少于对照枝条, 并且差异显著 (图 2)。选择条件下, 冬型成虫在高岭土涂布枝条上着卵量为 1.83 头/枝, 对照枝条上为 30.83 头/枝, 夏型成虫在高岭土涂布和对照枝叶上着卵量分别为 12.33 和 242.5 头/枝; 非选择条件下, 冬型成虫在高岭土涂布和对照枝条上着卵量分别为 2.83 和 25.17 头/枝, 夏型成虫

在高岭土涂布和对照枝叶上着卵量分别为 15.17 和 170.42 头/枝。上述结果表明, 高岭土颗粒涂布对冬型和夏型雌成虫的产卵均具有抑制效果。而且发现, 在选择条件时对照枝条上的着卵量高于非选择条件下的着卵量, 而选择条件下高岭土涂布的枝条上的着卵量均低于非选择条件下的着卵量。另外, 还发现生长期枝条上夏型成虫的产卵量远远高于休眠期枝条上冬型成虫的产卵量。

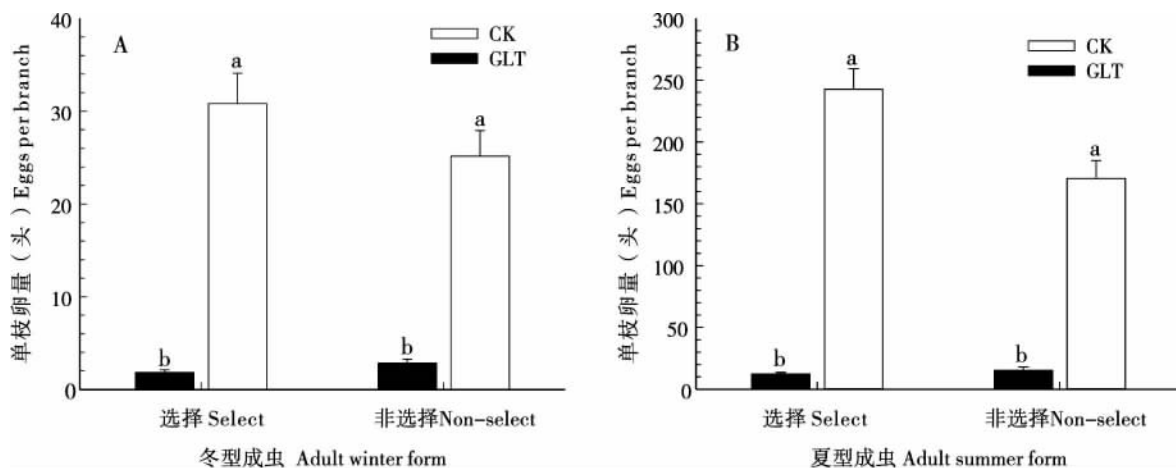


图2 高岭土颗粒涂布对中国梨喀木虱产卵的影响

Fig. 2 Effect of kaolin particle coating on oviposition of *Cacopsylla chinensis*

2.3 高岭土颗粒涂布对中国梨喀木虱的应用效果

供试植株均在接虫 45 d 后为害最严重, 调查期间高岭土涂布的植株上被害叶率、单叶若虫量、虫龄指数、为害指数均低于对照植株 (图 3)。高岭土涂布后被害叶率在 45 d 前呈上升趋势, 最高

为 54.17%, 对照植株在 35 d 时达到最高为 98.61% (图 3-A), 且显著高于同期高岭土涂布的植株。对照植株上单叶若虫量在 25 d 至 35 d 期间骤然上升, 35 d 时单叶若虫量达到 13.17 头/叶, 与高岭土涂布植株上的若虫量差异显著, 高岭土

涂布处理植株上单叶若虫量在 45 d 时最大, 仅为 2.29 头/叶 (图 3-B)。植株用高岭土涂布后 15 d 时虫龄指数为 0, 说明此时仍没有孵化的若虫出现, 而对照植株上此时已达 1.64, 显著大于高岭土涂布的植株, 可见高岭土涂布可延缓中国梨喀

木虱生长发育 (图 3-C)。供试植株的为害指数均在 45 d 时达到最高, 高岭土涂布后为害指数为 0.41, 显著低于对照植株 0.95 (图 3-D)。研究结果表明, 高岭土涂布可限制中国梨喀木虱种群增长, 降低危害水平。

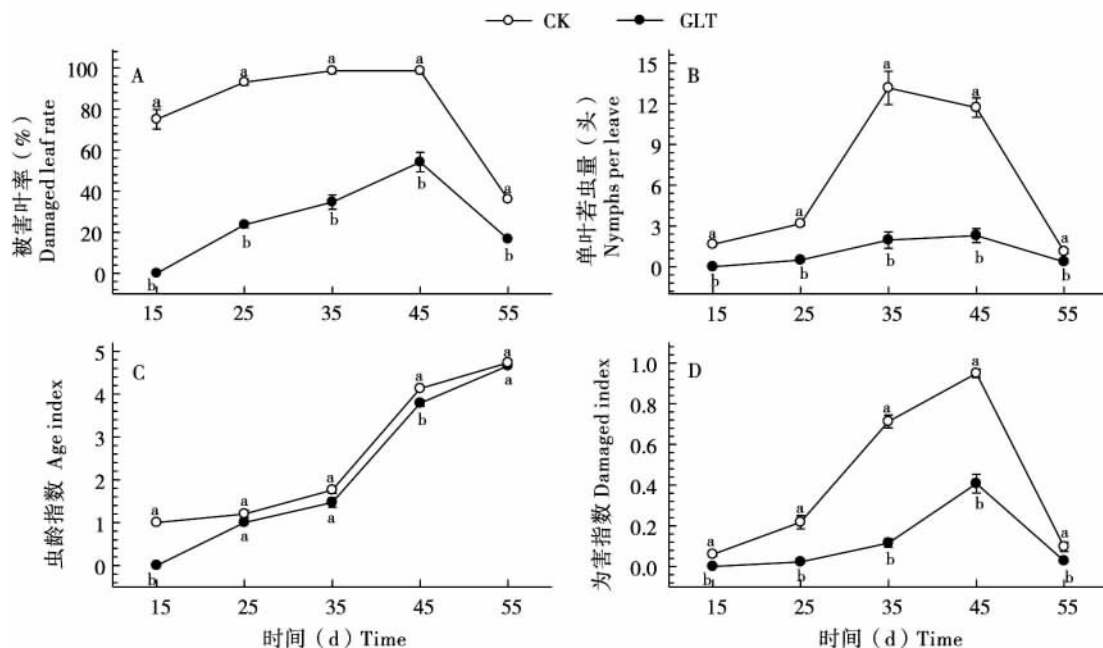


图 3 高岭土颗粒涂布对中国梨喀木虱的应用效果

Fig. 3 Application efficacy of kaolin particle coating against *Cacopsylla chinensis*

3 结论与讨论

随着绿色、可持续发展理念的不断深入, 寻找化学药剂的替代产品、探索辅助性及增效措施已成为农田有害生物治理研究的热点。中国梨喀木虱是梨叶片重要的害虫, 它以成虫越冬, 于次年 2 月下旬梨树萌芽前出蛰并开始产卵, 产卵部位主要集中在芽痕及枝条凹槽等隐蔽处 (张翠瞳等, 2003)。如何能有效控制中国梨喀木虱种群基数是减轻其危害和缓解后期防治压力的关键, 而限制越冬雌虫产卵或降低其产卵量为防治的重中之重。前期的研究证实了在梨萌芽前采用高岭土对树体进行喷雾涂层, 可有效降低中国梨喀木虱第一代卵量及危害水平 (魏明峰等, 2019)。相关研究表明高岭土颗粒涂布对柑橘木虱 *Diaphorina citri* (Hall et al., 2007)、马铃薯木虱 *Bactericera cockerelli* (Li et al., 2011), 叶蝉 (Tubajika et al., 2012) 的寄主选择行为、产卵及种群增长有影响。本研究结果中休眠期枝条上成虫的数量

以及 96 h 时的着卵量显著低于对照, 说明高岭土颗粒在枝条上形成的涂层不仅影响中国梨喀木虱对寄主的选择定位, 而且可以限制雌成虫在其上产卵。

中国梨喀木虱在山西全年发生 4~5 代, 主要以一、二代危害严重 (潘成杰等, 2006; 王洁雯等, 2015), 6 月下旬以后受高温和天敌影响, 种群自然下降, 所以防治中国梨喀木虱应集中在 4 月中下旬至 6 月上旬之前, 在此期间如能通过采用非化学防治措施将其种群控制在经济危害水平以下, 可以大大降低农药的使用量。研究发现, 高岭土涂布对夏型成虫的寄主选择影响与冬型成虫相一致, 涂布高岭土的枝叶对夏型成虫同样具有驱避效果, 不仅影响成虫对寄主的选择, 而且降低了其在叶片上的产卵量 (图 1-B, 图 2-B); 半自然条件下应用效果可以看出对照植株上单叶若虫量在 35 d 时达到最多, 伴随虫龄增长和分泌物的增加, 危害程度在 45 d 时达到最高, 而高岭土涂布显然降低了单叶若虫量和为害指数 (图 3-B, 图 3-D)。由此可见, 在梨生育期可通过

高岭土涂布压低中国梨喀木虱种群数量,降低其危害水平。

本研究还发现,选择条件下经高岭土涂布枝条上的着卵量均低于非选择条件下的着卵量,而非选择条件下对照枝条上的着卵量低于选择条件下的着卵量,一方面说明高岭土涂布对雌成虫产卵具有抑制作用,另一方面在受到产卵场所的胁迫时,可能会迫使雌成虫在高岭土涂布的枝条上产卵。尽管植株用高岭土涂布后仍有卵孵化并进行取食危害,但种群增长受到极大限制,危害水平也明显低于对照(图3)。另外,木虱类昆虫卵需通过卵柄从寄主植物吸收营养才能维持其正常发育,而高岭土涂层对产在其上卵的孵化和发育,以及对叶片及果实是否有影响还需进一步研究。由于高岭土颗粒在植株上形成的涂层容易受到雨水冲刷,在内陆地区梨生长期降雨量较萌芽前增多,此方法应作为辅助措施在萌芽前使用,而在常年干旱少雨的新疆等梨产区,则可以作为主要防治措施加以利用。实际应用中还应综合地理环境、虫情动态、果园类型等因素,争取在达到防治指标的同时,最大限度地减少使用化学药剂。

综上所述,高岭土颗粒涂布对中国梨喀木虱具有驱避效应,不仅影响成虫的寄主选择行为,而且降低了雌成虫的产卵量,是一项有效限制其种群数量的绿色防控技术。该技术安全环保、操作简便,成本低廉,在生产中应有广阔的应用前景,也将为其它害虫的综合治理提供指导依据。

参考文献 (References)

- Amalin DM, Averion L, Bihis D, *et al.* Effectiveness of kaolin clay particle film in managing *Helopeltis collaris* (Hemiptera: Miridae), a major pest of Cacao in the Philippines [J]. *Florida Entomologist*, 2015, 98 (1): 354–355.
- Civolani S, Peretto R, Caroli L, *et al.* Preliminary resistance screening on bamectin in pear psylla (Hemiptera: Psyllidae) in northern Italy [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2007, 100 (5): 1637–1641.
- FotirićAkić MM, Dabic DC, Gašić UM, *et al.* Polyphenolic profile of pear leaves with different resistance to Pear Psylla (*Cacopsylla pyri*) [J]. *Journal of Agricultural & Food Chemistry*, 2015, 63 (34): 7476–7486.
- Glenn DM, Puterka GJ, Vanderzwet T, *et al.* Hydrophobic particle films: A new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1999, 92: 759–771.
- Gong YJ, Kang ZJ, Shi BC, *et al.* Control efficacy of a new two-way systemic insecticide, spirotetramat, on *Cacopsylla chinensis* Yang *et*
- Li [J]. *Forest Pest and Disease*, 2012, 31 (6): 22–24. [宫亚军, 康总江, 石宝才, 等. 新型双向传导杀虫剂—螺虫乙酯对梨木虱防治效果研究 [J]. 中国森林病虫, 2012, 31 (6): 22–24]
- Hall DG, Lapointe SL, Wenninger EJ. Effects of a particle film on biology and behavior of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) and its infestations in Citrus [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2007, 100 (3): 847–854.
- Hildebrand M, Dickler E, Geider K. Occurrence of *Erwinia amylovora* on insects in a fire blight orchard [J]. *Journal of Phytopathology*, 2000, 148 (4): 251–256.
- Li NP, Trumble JT, Munyaneza JE, *et al.* Repellency of a kaolin particle film to potato psyllid, *Bactericera cockerelli* (Hemiptera: Psyllidae), on tomato under laboratory and field conditions [J]. *Pest Management Science*, 2011, 67 (7): 815–824.
- Li Q, Cai RX. The development and reproduction of pear leaf *Psylla pyrisuga* Forster in relation to temperature and humidity [J]. *Journal of Sichuan Agricultural University*, 1995, 13 (2): 127–129. [李庆, 蔡如希. 温度和湿度同梨木虱生长发育和繁殖的关系 [J]. 四川农业大学学报, 1995, 13 (2): 127–129]
- Li FS. Psyllidomorpha of China [M]. Beijing: Science Press, 2011. [李法圣. 中国木虱志 [M]. 北京: 科学出版社, 2011]
- Meng ZL, Zhang ZF, Liu B. A study of pesticides resistance to *Psylla* Chinese [J]. *Journal Laiyang Agricultural College*, 1994, 11 (4): 269–272. [孟昭礼, 张振芳, 刘波. 中国梨木虱抗性研究 [J]. 莱阳农学院学报, 1994, 11 (4): 269–272]
- Nin S, Ferri A, Sacchetti P, *et al.* Pear resistance to psylla (*Cacopsylla pyri* L.): A review [J]. *Advances in Horticultural Science*, 2012, 26 (2): 59–74.
- Pan CJ, Du XG. Research on the occurrence regulation and control technology of *Psylla chinensis* in organic pear orchard [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22 (10): 303–305. [潘成杰, 杜相革. 有机梨园中国梨木虱发生规律与综合防治技术的研究 [J]. 中国农学通报, 2006, 22 (10): 303–305]
- Robert P, Raimbault T. Resistance of some *Pyrus communis* cultivars and *Pyrus hybrids* to the psylla *Cacopsylla pyri* (Homoptera, Psyllidae) [J]. *Acta Horticulturae*, 2005, 671: 571–575.
- Saur G. Efficacy of kaolin particle film and selected synthetic insecticides against pistachio psyllid *Agonoscaena targionii* (Homoptera: Psyllidae) infestation [J]. *Crop Protection*, 2005, 24 (8): 711–717.
- Seemüller E, Schneider B. ‘Candidatus *Phytoplasma mali*’, ‘Candidatus *Phytoplasma pyri*’ and ‘Candidatus *Phytoplasma prunorum*’, the causal agents of apple proliferation, pear decline and European stone fruit yellows, respectively [J]. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 2004, 54 (4): 1217–1226.
- Shaltiel L, Coll M. Reduction of pear psylla damage by the predatory bug *Anthocoris nemoralis* (Heteroptera: Anthocoridae): The importance of orchard colonization time and neighboring vegetation [J]. *Biocontrol Science and Technology*, 2004, 14 (8): 811–821.
- Sharma RR, Reddy SVR, Datta SC. Particle films and their applications

- in horticultural crops [J]. *Applied Clay Science*, 2015, 116 – 117: 54 – 68.
- Tubajika KM, Puterka GJ, Toscano NC, *et al.* Effects of Kaolin particle film and imidacloprid on glassy-winged sharpshooter (*Homalodisca vitripennis*) (Hemiptera: Cicadellidae) populations and the prevention of spread of *Xylella fastidiosa* in grape. In: Farzana Perveen (Ed.). *Insecticides – Pest Engineering* [C]. Rijeka: IntechOpen, 2012: 409 – 424.
- van de Baan HE, Croft BA, Burts EC. Resistance to the pyrethroid fenvalerate in pear psylla, *Psylla pyricola* Foerster (Homoptera: Psyllidae), in the northwestern USA [J]. *Crop Protection*, 1990, 9 (3): 185 – 189.
- Wang JW, Liu QZ, Guo HP, *et al.* Research on the relation between the occurrence dynamic of *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae) and phenology and temperature [J]. *Northern Horticulture*, 2015, 14: 118 – 121. [王洁雯, 刘奇志, 郭黄萍, 等. 梨园物候及温度与中国梨喀木虱发生期关系研究 [J]. 北方园艺, 2015, 14: 118 – 121]
- Wei MF, Yao Z, Liu Z, *et al.* Population dynamic and control measures of *Cacopsylla chinensis* (Hemiptera: Psyllidae) in dormant period of pear [J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2019, 48 (1): 72 – 76. [魏明峰, 姚众, 刘珍, 等. 梨休眠期中国梨喀木虱种群动态及防控措施研究 [J]. 河南农业科学, 2019, 48 (1): 72 – 76]
- Yang JK, Li FS. The pear Psylla (Homoptera) of China with descriptions of seven new species [J]. *Entomotaxonomia*, 1981, 3 (1): 35 – 47. [杨集昆, 李法圣. 梨木虱考一记七新种 [J]. 昆虫分类学报, 1981, 3 (1): 35 – 47]
- Zhang CT, Xu GL, Li DL. Studies and summarization of pear main pest-Psylla [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 2003, 18: 127 – 130. [张翠瞳, 徐国良, 李大乱. 梨树主要害虫—梨木虱的研究综述 [J]. 华北农学报, 2003, 18: 127 – 130]
- Zhang CT, Xu GL, Li DL, *et al.* Study on damage and fluctuation of Psylla Chinese and its secretion [J]. *Journal of Hebei Agricultural Sciences*, 2001, 3: 21 – 26. [张翠瞳, 徐国良, 李大乱, 等. 中国梨木虱及其分泌物消长和危害规律研究 [J]. 河北农业科学, 2001, 3: 21 – 26]