

· 中药农业 ·

枸杞木虱成虫及若虫生物学特性研究[△]李建领^{1,2}, 刘赛², 魏民¹, 许雷¹, 池莲锋¹, 徐常青^{2*}, 陈君^{2*}

1. 华润三九医药股份有限公司, 广东 深圳 518110;

2. 中国医学科学院北京协和医学院药用植物研究所, 北京 100193

[摘要] 目的: 明确枸杞木虱成虫取食和产卵位置偏好、若虫虫龄鉴别方法及其取食摆腹行为, 为其基础生物学研究及科学防控提供参考。方法: 将宁夏枸杞幼苗正置或倒置, 观察记录叶片正面、背面枸杞木虱成虫数量及朝向并统计卵的数量; 体视镜下测量各龄若虫体长、体宽, 观察并记录若虫摆腹习性。结果: 枸杞木虱成虫常聚集叶背、朝向叶柄为害; 各龄若虫体形差异明显, 虫龄每增长1次, 体长增加0.52倍、体宽增加0.62倍; 若虫通过摆动腹部排泄蜜露。结论: 枸杞木虱成虫具聚集叶背取食、产卵的习性, 药剂防治时应增加叶背施药量; 若虫体长与虫龄密切相关, 田间可根据若虫体形大小快速区分虫龄及时防治。

[关键词] 宁夏枸杞; 枸杞木虱; 习性; 防治

[中图分类号] R282.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1673-4890(2021)01-0094-05

doi:10.13313/j.issn.1673-4890.20200305004

Research on Biological Characteristics of *Bactericera gobica* Adults and NymphsLI Jian-ling^{1,2}, LIU Sai², WEI Min¹, XU Lei¹, CHI Lian-feng¹, XU Chang-qing^{2*}, CHEN Jun^{2*}

1. China Resources Sanjiu Medicinal & Pharmaceutical Co., Ltd., Shenzhen 518110, China;

2. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100193, China

[Abstract] **Objective:** The feeding and oviposition selection of adult *Bactericera gobica* Loginova on foliage, the age identification of psyllid nymphs and the biological significance of psyllid nymph swinging their abdomen were studied to provide reference for the basic biological research and scientific control of the pest. **Methods:** When *Lycium barbarum* berry seedlings were placed upward and downward, the number and orientation of psyllid adults and their eggs on the adaxial and abaxial surface of foliage were observed and recorded. The body length and width of psyllid nymphs at different ages were measured, and the habit of psyllid nymph swinging abdomen was observed and recorded under microscope. **Results:** Psyllid adults tended to feed and lay eggs on the abaxial surface of foliage with their heads toward petioles. The body length and width of psyllid nymphs increased by 0.52, 0.62 times with the increase of ages. Psyllid nymphs excreted honeydew by swinging their abdomens. **Conclusion:** Because psyllid adults had the habit of feeding and oviposition on the abaxial surface of foliage, chemical pesticide application on the abaxial surface of foliage should be increased. The development stage of psyllid nymphs could be distinguished by their body size.

[Keywords] *Lycium barbarum* L.; *Bactericera gobica* Loginova; habit; prevention

宁夏枸杞 *Lycium barbarum* L. 的干燥成熟果实枸杞子具滋补肝肾、益精明目之功效, 是我国大宗常用、药食同源中药材^[1]。随着枸杞子需求量增加, 宁夏枸杞栽培面积快速增长。目前, 宁夏枸杞已成

为我国栽培面积最大的中药材之一^[2-3]。宁夏枸杞营养生长与生殖生长同时进行, 害虫为害严重。枸杞木虱 *Bactericera gobica* Loginova 是枸杞的主要害虫之一, 可随苗木调运进行远距离传播, 在我国枸杞主

[△] [基金项目] 国家自然科学基金项目(81673699); 中国医学科学院医学与健康科技创新工程项目(CIFMS 2016-I2M-3-017)

* [通信作者] 徐常青, 研究员, 研究方向: 中药材病虫害绿色防控; Tel: (010)57833179, E-mail: cqxu@implad.ac.cn
陈君, 研究员, 研究方向: 中药材病虫害绿色防控及规范化生产; Tel: (010)57833352, E-mail: jchen@implad.ac.cn

产区均有分布^[4]。由于其产卵量大且世代重叠,防治难度大,对枸杞生产造成了严重影响^[5-6]。

了解并掌握枸杞木虱基础生物学对减少农药使用、提高防控效果具有重要意义。本研究针对以下问题开展研究:1)枸杞木虱成虫活泼,其在枸杞叶片上取食和产卵有何趋性?2)枸杞木虱为不完全变态昆虫,各龄若虫形态相似,如何快速鉴别虫龄进行防治?3)枸杞木虱若虫具摆动腹部的习性,这种习性有何生物学意义?

1 材料与方法

1.1 材料

PRX-450D型智能生化培养箱(宁波赛福实验仪器有限公司);M205C型体视镜(徕卡显微系统有限公司)。

枸杞幼苗:将宁夏枸杞(宁杞1号)成熟种子播入育苗基质,在温度为 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $(60 \pm 5)\%$ 、光照时间为16 h、光照强度为18 000 Lx的生化培养箱中培养,幼苗长至约10片叶时移栽,至15~20片叶时备用。

枸杞木虱:采自宁夏回族自治区中宁县(N $37^\circ 29'$, E $105^\circ 42'$),在上述生化培养箱中枸杞幼苗上繁育。

1.2 方法

1.2.1 成虫取食及产卵偏好 取室内培育枸杞幼苗10株置托盘中,株间距8 cm。使用吸虫管取100头木虱成虫于托盘中央释放,任其自由活动。在1.1项下生化培养箱条件中培养,24 h后统计叶片正反两面雌性和雄性成虫数量和朝向(叶柄或叶尖)及卵的数量。

为研究木虱成虫取食及产卵习性与重力的相关性,取10株枸杞幼苗,将其悬挂在培养箱置物架上,按照上述方法释放木虱成虫约100头,24 h后观察。

1.2.2 若虫体型大小 在枸杞苗上随机选取带有枸杞木虱卵和若虫的叶片,参照《中国木虱志》定义,体长指木虱头部顶端至腹部末端间距,不包括蜡腺毛;体宽是指中胸最宽间距^[7],在体视镜下对木虱若虫进行拍照,使用图像分析软件Digimizer V4.2.6测量木虱体长、体宽,每个虫态测量25头。

1.2.3 若虫摆腹习性 取带有木虱若虫的叶片,体视镜下观察若虫摆尾习性并录像,每个虫龄观察8头。

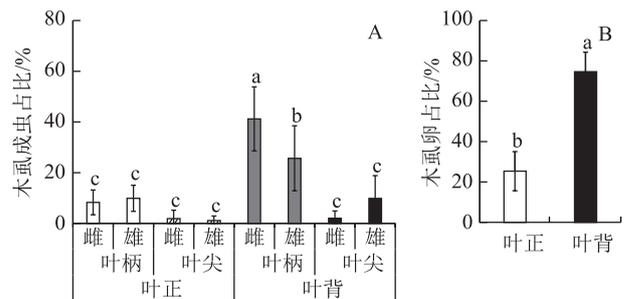
1.3 数据分析

采用SPSS v21对实验数据进行统计学分析。叶片不同位置木虱成虫所占百分比采用单因素方差分析进行显著性分析;叶片不同位置卵所占百分比采用独立样本 t 检验进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 枸杞木虱成虫取食及产卵趋性

当枸杞幼苗正置叶片正面朝上时,木虱成虫主要集中在叶片背面,头部朝向叶柄方向取食和产卵(图1)。其中78.8%(雌虫43.23%、雄虫35.53%)的枸杞木虱成虫聚集在植物叶片背面,显著多于叶片正面(雌虫: $t_{18} = 7.582$, $P < 0.001$;雄虫: $t_{18} = 4.662$, $P < 0.001$)(图1A)。叶片背面84.9%(雌虫52.30%、雄虫32.61%)成虫头部朝向叶柄方向,显著多于叶尖方向(雌虫: $t_{18} = 9.560$, $P < 0.001$;雄虫: $t_{18} = 3.194$, $P = 0.005$)(图1A)。枸杞木虱雌虫多将卵产于叶片背面,74.6%的木虱卵分布于枸杞叶片背面,显著多于叶片正面($t_{18} = 11.093$, $P < 0.001$)(图1B)。



注: A. 木虱成虫分布; B. 木虱卵的分布; 不同小写字母表示差异有统计学意义($P < 0.05$); 相同小写字母表示差异无统计学意义; 下同。

图1 枸杞幼苗正置时叶片上枸杞木虱成虫活动和产卵习性($\bar{x} \pm s$, $n = 10$)

当枸杞幼苗倒置叶片背面朝上时,木虱成虫仍保持集中在叶背且朝向叶柄方向取食、产卵的习性(图2)。78.1%(雌虫49.37%、雄虫28.71%)的成虫聚集在叶片背面,显著多于叶片正面(雌虫: $t_{18} = 4.719$, $P = 0.001$;雄虫: $t_{18} = 3.743$, $P = 0.002$)(图2A)。叶片背面90.0%(雌虫55.88%、雄虫34.08%)成虫头部朝向叶柄方向,显著多于叶尖方向(雌虫: $t_{18} = 7.976$, $P < 0.001$;雄虫: $t_{18} = 3.774$, $P = 0.006$)(图2A)。产于叶片背面卵的数量占比为

53.9%，与叶片正面卵的数量差异无统计学意义 ($t_{18} = 1.925, P = 0.075$) (图2B)。

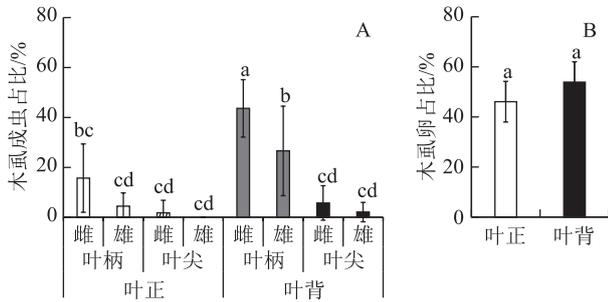


图2 枸杞幼苗倒置时叶片上枸杞木虱成虫活动和产卵习性 ($\bar{x} \pm s, n = 10$)

2.2 枸杞木虱若虫体型变化

枸杞木虱为不完全变态昆虫，各龄若虫形态相似，主要聚集叶背取食为害(图3)。1龄若虫体黄白色、椭圆形，体背具4个黑斑，体长(384.97 ± 17.80) μm，宽(227.75 ± 18.42) μm。2龄若虫体淡黄色、椭圆形，体长(556.08 ± 21.66) μm，宽(366.92 ± 16.69) μm。3龄若虫体黄色、椭圆形，体长(816.02 ± 40.88) μm，宽(563.86 ± 27.60) μm。4龄若虫体黄色、椭圆形，体长(1 316.26 ± 77.34) μm，宽(909.62 ± 49.35) μm。5龄若虫体淡黄色、椭圆形，体长(2 035.05 ± 134.72) μm，宽(1 562.04 ± 76.32) μm。

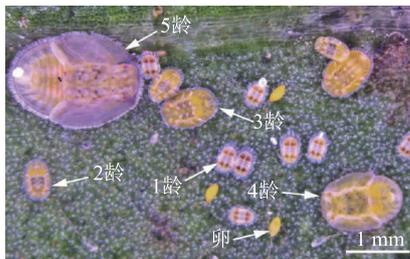


图3 枸杞木虱卵和各龄若虫形态

若虫体长随着虫龄增长而增大，每蜕皮1次，体长增长0.52倍，体宽增加0.62倍(图4)。按照昆虫的幼(若)虫体长平均增长率计算公式^[8]，可得木虱各龄若虫体长计算公式(公式1)和体宽计算公式(公式2)。

$$A_1 = 385 \times 1.52^{n-1} \quad (1)$$

$$A_2 = 228 \times 1.62^{n-1} \quad (2)$$

式中， A_1 表示若虫体长(μm)， A_2 表示若虫体宽(μm)， n 表示若虫虫龄。

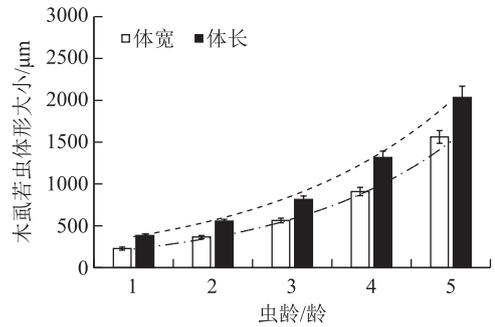


图4 各龄枸杞木虱若虫体形大小 ($\bar{x} \pm s, n = 25$)

2.3 枸杞木虱若虫摆腹习性

木虱若虫攀附在叶背为害，而肛门位于腹部的腹面，其分泌的排泄物会堆积在腹部与叶面间隙(图5)。观察发现，枸杞木虱各龄若虫均以中胸为支点，通过摆动腹部使蜡质颗粒状蜜露滚落，摆动角度通常小于20°，摆动频率随着虫龄的增大而增加，平均摆腹时间为(51 ± 12.4) s(图6)。

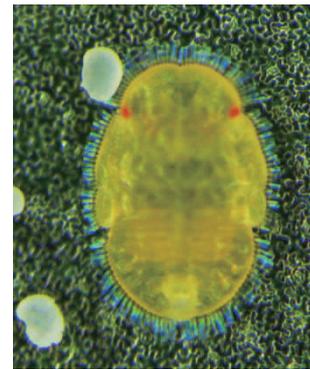


图5 枸杞木虱若虫通过摆动腹部排泄蜜露

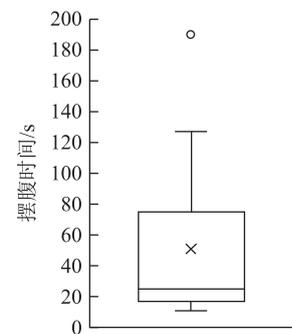


图6 枸杞木虱若虫排泄单粒蜜露摆腹时间 ($n = 40$)

3 讨论

枸杞木虱成虫聚集叶背为害的习性同蚜虫、粉虱等半翅目昆虫相似^[9-11]，而朝向叶柄的习性少有报道。这种聚集叶背、朝向叶柄的习性往往受多种因素影响。首先，叶背表面蜡质较为稀薄，昆虫口

针更易刺入^[12]。其次,枸杞叶为异面叶,靠近上表皮为竖向密集排列的栅栏组织,靠近下表皮为稀疏分布的海绵组织^[13]。木虱从下表皮刺入,口针在细胞间穿梭阻力较小,更易刺探到植物韧皮部获取筛管内营养(图7)^[14]。另外,光合合成的糖类有机物从叶尖向叶柄运输会产生压力差^[15-16]。而植食性刺吸式口器昆虫取食通常为被动取食,筛管内的浓度

压力会将光合有机物主动注入昆虫口腔(图7)^[17-19]。这种聚集叶背、朝向叶柄为害的习性,有利于活泼的枸杞木虱成虫快速建立取食位点(feeding position)补充营养进行繁殖。而枸杞木虱若虫聚集叶片背面取食为害,并无头部朝向叶柄的习性(图3)。推测这与若虫固定为害的习性相关,木虱若虫不活泼,取食位点建立后,往往不再更换。

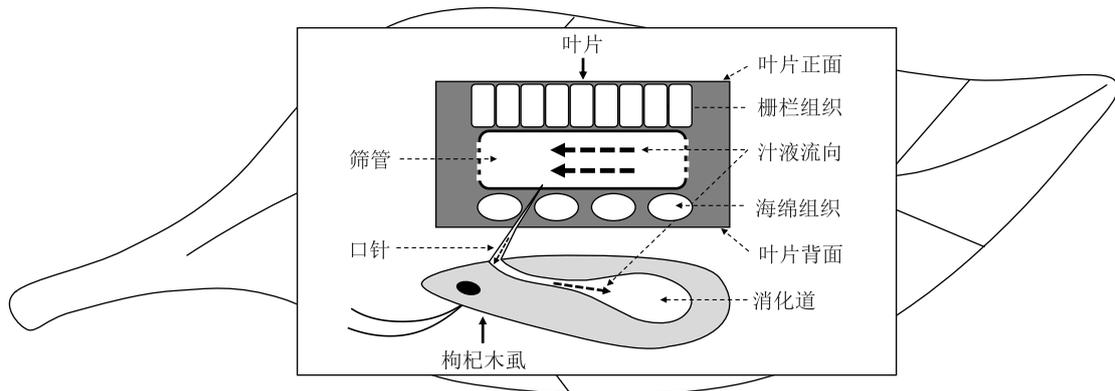


图7 枸杞木虱成虫刺吸取食韧皮部汁液模式图

枸杞木虱多将卵产于叶片背面,这种习性同时受重力影响。枸杞木虱卵具柄,卵柄一端连接卵,一端粘在叶片表面。卵柄不但可传导水分^[20-21],而且可降低天敌捕食风险^[22]。枸杞木虱卵多分布于叶片背面,可减少光照直射和雨水冲刷等对卵发育的影响,同时可降低接触杀虫剂的风险,有利于维持种群的繁衍^[11]。孵化后的若虫同样聚集在叶背为害。叶背取食,昆虫口针更易刺探到韧皮部获取营养^[14]。

枸杞木虱若虫聚集叶背取食,通过摆动腹部排泄蜜露,避免蜜露在叶面上累积,减少煤污病的发生,进而降低对自身生活的影响。同样具有聚集叶背为害习性的同科昆虫如柑橘木虱 *Diaphorina citri* Kuwayama 却并无这种习性的报道^[10,23]。但有些蚜虫在没有蚂蚁取食蜜露的条件下,也会通过摆动腹部排泄蜜露,进而减少对生境的污染^[24]。枸杞木虱这种将卵产于叶片背面,并在叶背取食的习性有利于木虱个体发育,刘赛^[25]研究发现,在叶背取食的枸杞木虱若虫存活率要高于叶片正面。

枸杞木虱以成虫在枯枝落叶层、树皮缝等避风处越冬,而枸杞瘿螨 *Aceria pallida* Keifer 则藏匿在枸杞木虱后足基节空腔及口针节间膜越冬,这是一种复杂的互利而又竞争的携播关系^[6,26]。秋季和早春温度较低,木虱成虫不活泼,防治越冬代木虱可实现同时防治瘿螨的目的,防治越冬代是防治该虫的

关键点^[5,25,27]。生长季,枸杞木虱成虫具翅、善跳,卵有卵壳、卵黄膜、周质等组织结构的保护,成虫和卵防治难度较大。而若虫常固定在叶背为害,抗性较弱,生长季应以防治若虫为主。若虫随着虫龄增长,抗性不断增强,1~2龄若虫期是防治该虫的第2个关键点。枸杞木虱各龄若虫形态相似,不易通过外部形态识别虫龄。本研究发现,相邻虫龄木虱若虫体长相差约0.5倍,体宽相差约0.6倍,田间可通过体形大小区分虫龄,在1~2龄若虫期进行及时防治。木虱若虫体表常分泌疏水的蜡质,叶面喷药防治时,在药液中加入表面活性剂(如有机硅)使药液与若虫充分接触,可提高防控效果。

参考文献

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典:一部[M]. 北京:中国医药科技出版社,2015:249.
- [2] 张俊宁,赵洁. 宁夏枸杞产业的SWOT分析与发展策略[J]. 中阿科技论坛,2018(4):21-25.
- [3] 徐常青,刘赛,徐荣,等. 我国枸杞主产区生产现状调研及建议[J]. 中国中药杂志,2014,39(11):1979-1984.
- [4] 刘赛,徐常青,陈君,等. 仿生胶防治枸杞木虱研究初报[J]. 中国中药杂志,2011,36(23):3222-3226.
- [5] 李建领,刘赛,徐常青,等. 宁夏枸杞主要害虫发生规律与防治策略[J]. 中国现代中药,2017,19(11):1599-1604.
- [6] LI J, LIU S, GUO K, et al. Plant-mediated competition

- facilitates a phoretic association between a gall mite and a psyllid vector[J]. *Exp Appl Acarol*, 2018, 76(3):325-337.
- [7] 李法圣. 中国木虱志[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 23-26.
- [8] 许业堂, 叶本莹, 陈桃源. 常见森林昆虫幼虫体长与龄期的通式测算[J]. *安徽林业科技*, 1995(1):44-46.
- [9] BOTHA C E J, EVERT R F. Observations of preferential feeding by the aphid, *Rhopalosiphum maidis* on abaxial phloem of *Cucurbita maxima* [J]. *Protoplasma*, 1978, 96(1/2):75-80.
- [10] AMMAR E D, HALL D G, SHATTERS R G. Stylet morphometrics and citrus leaf vein structure in relation to feeding behavior of the Asian citrus psyllid *Diaphorina citri*, vector of citrus Huanglongbing bacterium [J]. *PLoS ONE*, 2013, 8(3):e59914.
- [11] 安新城, 任顺祥, 邱宝利. 烟粉虱对寄主植物叶背的定向行为[J]. *昆虫知识*, 2006, 43(5):631-635.
- [12] SHEPHERD T, ROBERTSON G W, GRIFFITHS D W, et al. Epicuticular wax composition in relation to aphid infestation and resistance in red raspberry (*Rubus idaeus* L.) [J]. *Phytochemistry*, 1999, 52:1239-1254.
- [13] 郑国琦, 张磊, 郑国保, 等. 不同灌水量对干旱区枸杞叶片结构、光合生理参数和产量的影响[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(11):2806-2813.
- [14] COHEN A C, CHU C C, HENNEBERRY T J, et al. Cotton leaf surface features serve as behavioral cues to silverleaf whiteflies [J]. *Southwest Entomol*, 1996, 21(4):377-385.
- [15] JENSEN K H, LIESCHE J, BOHR T, et al. Universality of phloem transport in seed plants [J]. *Plant Cell Environ*, 2012, 35(6):1065-1076.
- [16] MULLENDORE D L, WINDT C W, VAN AS H, et al. Sieve tube geometry in relation to phloem flow [J]. *Plant Cell*, 2010, 22(3):579-593.
- [17] GUERRIERI E, DIGILIO M C. Aphid-plant interactions: A review [J]. *J Plant Interact*, 2008, 3(4):223-232.
- [18] DOUGLAS A E. The nutritional physiology of aphids [J]. *Adv Insect Physiol*, 2003, 31(2):73-140.
- [19] TJALLINGII W F. Salivary secretions by aphids interacting with proteins of phloem wound responses [J]. *J Exp Bot*, 2006, 57(4):739-745.
- [20] BUCKNER J S, FREEMAN T P, RUUD R L, et al. Characterization and functions of the whitefly egg pedicel [J]. *Arch Insect Biochem Physiol*, 2002, 49(1):22-33.
- [21] 邴卫弟, 吕要斌, 林文彩, 等. 烟粉虱卵柄的吸收作用 [J]. *浙江农业学报*, 2009, 21(1):11-15.
- [22] WU P, MA B, YAN S, et al. Protective effects of the egg stalk of *Paratrioza sinica* (Hemiptera: Psyllidae) at various angles and spacings against three predaceous coccinellids, *Harmonia axyridis*, *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) [J]. *Pest Manag Sci*, 2018, 74(2):356-365.
- [23] GRAFTON-CARDWELL E E, STELINSKI L L, STANSLY P A. Biology and management of Asian citrus psyllid, vector of the huanglongbing pathogens [J]. *Annu Rev Entomol*, 2013, 58(1):413-432.
- [24] RESH V H, CARDÉ R T. *Encyclopedia of Insects* [M]. Oxford: Elsevier, 2009.
- [25] 刘赛. 枸杞木虱成虫携带枸杞瘿螨越冬研究 [D]. 北京: 北京协和医学院, 2016.
- [26] LIU S, LI J, GUO K, et al. Seasonal phoresy as an overwintering strategy of a phytophagous mite [J]. *Sci Rep*, 2016, 6:25483.
- [27] 刘赛, 杨孟可, 李建领, 等. 枸杞瘿螨发生及其与枸杞木虱相关性研究 [J]. *中国现代中药*, 2019, 21(5):638-641.

(收稿日期: 2020-03-05 编辑: 戴玮)