

文章编号:1001-1498(2015)04-0588-05

花绒寄甲在甘肃地区越冬情况和耐寒能力调查*

魏可¹, 张翌楠², 杨忠岐^{1**}, 王小艺¹, 韩玉英³, 刘毅³, 瞿明青³

(1. 中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所, 国家林业局森林保护学重点实验室, 北京 100091;

2. 北京农业职业学院, 北京 102442; 3. 嘉峪关市林业管理站, 甘肃 嘉峪关 735100)

关键词: 花绒寄甲; 耐寒能力; 越冬; 光肩星天牛; 生物防治

中图分类号: S763.3

文献标识码: A

Overwintering and Cold Tolerance of a Parasitic Natural Enemy, *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae), in Gansu Province

WEI Ke¹, ZHANG Yi-nan², YANG Zhong-qi¹, WANG Xiao-yi¹, HAN Yu-ying³, LIU Yi³, QU Ming-qing³

(1. Key Laboratory of Forest Protection, State Forestry Administration, Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection,

Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China; 2. Beijing Vocational College of Agriculture, Beijing 102442, China;

3. Jiayuguan Forestry Bureau, Jiayuguan 735100, Gansu, China)

Abstract: The Asian long-horned beetle, *Anoplophora glabripennis* is a polyphagous xylophage native to Asia. This beetle is the most serious pest in the Three-north Areas of China. *Dastarcus helophoroides* plays an important role in biological control of the Asian long-horned beetle. In order to determine the probability of introducing this natural enemy to control *A. glabripennis* in the northwest of China, the overwintering survival of *D. helophoroides* in north China is a most important issue which should be understood. The overwintering place and survival of *D. helophoroides* were investigated respectively. The supercooling points of overwintering and laboratory strains of this parasitic beetle were assayed. The results indicated that most of this parasitic beetle chose the long-horned beetle pupa cell and the gallery as their overwintering place. A small proportion of them completed their overwintering process beneath the bark. Over 50% proportion of this beetle can complete the overwintering process successfully. Furthermore, the cold tolerance of overwintering strain was much stronger than that of the laboratory strain. These findings suggested that *D. helophoroides* can successfully accomplish the overwintering process in northwest of China. This might provide a support for introducing *D. helophoroides* to control the Asian long-horned beetle in these places.

Key words: *Dastarcus helophoroides*; cold tolerance; overwintering; *Anoplophora glabripennis*; biological control

光肩星天牛(*Anoplophora glabripennis*)在我国严重危害杨树(*Populus* spp.)、柳树(*Salix* spp.)和榆树(*Ulmus pumila*)等园林绿化和防护林树种,是一种重大的蛀干害虫^[1],由于其隐蔽的生活方式和较长的生活史使对该害虫的防治受到了很大的限制。近

年,光肩星天牛在甘肃北部地区呈现大爆发的态势,由于受害的寄主树木在农田林网和四旁多为箭杆杨(*P. nigra* var. *thevestina*)和二白杨(*P. gansuensis*),城区街道多为垂柳(*S. babylonica*),这类树木树体高大,市政部门通常采用的在天牛羽化期喷施的化学

收稿日期: 2013-10-17

项目基金: 国家自然科学基金重点项目(31230015)

作者简介: 魏可(1989—),男,在读博士,研究方向为害虫生物防治。E-mail:kewei_entomology@163.com

* 感谢嘉峪关市气象局提供气象资料

** 通讯作者: 杨忠岐,博士,教授,研究方向为害虫生物防治。E-mail:yangzhqi@126.com

农药难以到达树冠部。因此,化学防治一方面达不到较好的防治效果,另一方面化学农药的使用对环境的污染是无法估量的,而以天敌昆虫为主的生物防治手段可以较好的弥补这些不足。

花绒寄甲(*Dastarcus helophoroides* (Fairmaire)) 属鞘翅目寄甲科(Coleoptera: Bothrideridae),其作为众多蛀干类天牛的优秀天敌,已经在全国范围内得到了广泛的使用^[2-7]。周嘉熹等^[8]引进花绒寄甲到甘肃天水市进行光肩星天牛生物防治试验,是最早的关于该种天敌应用于光肩星天牛生物防治的记录。近年来,研究人员相继在江苏南京^[9],陕西地区^[3, 10-12],新疆焉耆盆地^[13]开展了利用花绒寄甲防治光肩星天牛试验,取得了一定的防治效果。众多研究中,对花绒寄甲在西北地区越冬情况未做过详细的调查,仅魏建荣和刘艳玲^[3]在西安市区通过释放花绒寄甲成虫后,通过连续3年观察样地内光肩星天牛虫口变化动态,认为花绒寄甲在该地区能够发挥持续控制效果。另外,魏建荣等^[14]通过测定采集自河北秦皇岛市的野外种群和实验室种群的花绒寄甲成虫过冷却点发现,其平均过冷却点分别为 -23.9°C 和 -15.9°C ,对比当地的冬季温度情况,认为其可以在该地区顺利越冬。

天敌昆虫如果能成为生态系统中的一个稳定的因子,就能够发挥持续控制害虫的作用。天敌昆虫在生态系统中种群的建立,能成功越冬是首要因素,特别是在一些气候环境特别恶劣(极度干旱和持续低温)的地区,调查天敌昆虫的越冬成活率和耐寒能力是进行生物防治的前期必要工作。本研究作为在甘肃地区开展光肩星天牛生物防治的前期工作,调查了花绒寄甲在甘肃地区越冬场所的选择,测定了花绒寄甲成虫在该地区越冬成活率和耐寒能力,旨在为合理制定以释放花绒寄甲为主要手段的光肩星天牛生物防治技术提供理论支持。

1 试验地概况

试验地位于甘肃省嘉峪关市东湖公园内($39^{\circ}46'209''\text{N}$, $98^{\circ}18'000''\text{E}$,海拔1 634 m),近5年最低温度为 -23°C 。试验地为垂柳纯林,平均树高约10 m,胸径约15 cm。

2 材料与方法

2.1 供试昆虫

花绒寄甲卵和成虫由中国林业科学研究院森林

生态环境与保护研究所生物防治实验室提供。人工繁殖的花绒寄甲系采自河北秦皇岛市和陕西武功县野外自然寄生光肩星天牛的生物型种群,室内繁殖种群中每年增添从野外采集的越冬代花绒寄甲成虫,以防止种群退化。花绒寄甲卵为该花绒寄甲种群所产新鲜卵块,供试卵卡卵龄不超过10 d。

2.2 花绒寄甲越冬场所调查

该部分内容调查自然条件下,花绒寄甲成虫的越冬地点。2013年8月,于试验地收集受光肩星天牛危害的垂柳木段(长40 cm,直径15 cm左右)置于200目不锈钢网袋中,每个网袋放置共含有新鲜光肩星天牛排粪孔20个的木段2根。按照花绒寄甲卵:排粪孔为50:1的比例,释放天敌卵。网袋并排置于林间,重复3次。另外,再标记调查3株受害木整株排粪孔数量,按照相同比例释放花绒寄甲卵。2014年3月,待天气回暖后,解剖网袋内供试木段,记录存活和死亡的花绒寄甲成虫数量和越冬位置。同期,伐倒样木,同上述方法一致解剖和记录相应结果,解剖前先调查树基部枯落物和土壤(半径30 cm,土层厚度3 cm)内有无花绒寄甲越冬。

2.3 花绒寄甲越冬成活率试验

2013年10月于试验地将室内繁殖的虫龄为5 d的花绒寄甲成虫置于室外,其间只供给少量水分,20 d后供试。选择胸径15 cm以上的垂柳,树基部往上20 cm处剥去一块5 cm×5 cm树皮至木质部,在木质部凿取一3 cm×3 cm×10 cm的树孔,随机选取30头花绒寄甲成虫放置于树孔中,用剥离的树皮封住洞口(处理1)。在树孔相邻位置同样剥去一块5 cm×5 cm树皮至木质部,在木质部凿取一4 cm×4 cm×1 cm的小槽,随机选取30头花绒寄甲成虫放置于小槽中,用剥离的树皮封口(处理2)。各处理重复3次。2014年3月天气回暖后,调查所释放花绒寄甲的存活数量,计算越冬成活率。同时以2.2中各网袋内调查所得花绒寄甲存活和死亡数量计算自然越冬的花绒寄甲成活率(处理3)。以置于塑料培养皿中,不作任何处理的同期暴露在林间的花绒寄甲成虫做对照组(CK)。

2.4 越冬花绒寄甲耐寒能力的测定

随机选择2.3中3个处理中存活的花绒寄甲各20头,测定其过冷却点,以实验室繁殖且保存于 20°C 的种群(已经做饥饿处理2月,只供给水分)作对照(CK)。过冷却点测定使用德国Heraeus公司生产的过冷却点测定仪V/M04/100,配置TC-40热电

偶霜箱温度采集系统。设置最低温为 -35°C ,经10 min 降到 0°C ,后以 $0.5^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$ 降到 -35°C 。每个热敏电阻测温微探头用胶带连接1头供试花绒寄甲成虫,系统每隔5 s 采集1次数据并记录。

2.5 数据分析

Spss17.0 做单因素方差分析和 LSD 多重比较,比较各处理越冬成活率和越冬成虫的耐寒能力之间的差异,越冬成活率数据经反正弦转换后作多重比较。作图以 Origin 8.0 完成。

3 结果与分析

3.1 花绒寄甲越冬场所

网袋内木段和标记样木解剖分别发现存活花绒寄甲 25 头和 20 头,其中绝大多数都是在光肩星天牛虫道或蛹室内越冬,少数个体在树皮裂缝内越冬,未发现在枯落物和土壤内越冬的个体(图1)。木段解剖过程中发现,花绒寄甲成虫有聚集越冬的行为,通常2~3头在一个蛹室内,最多发现9头成虫聚集在一个光肩星天牛的蛹室内。但在树皮下的个体均只发现单头越冬,未发现聚集现象。

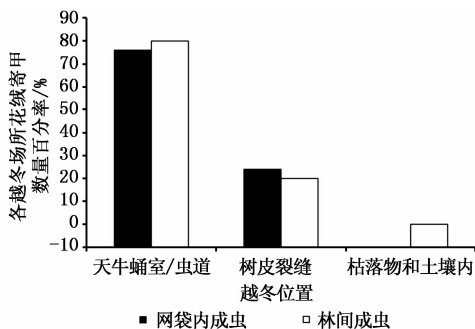


图1 存活花绒寄甲在各越冬位置所占比例

3.2 花绒寄甲越冬成活率

网袋内共解剖得到存活花绒寄甲 25 头,死亡数量 24 头。4 种处理间花绒寄甲越冬存活率差异显著 ($F = 257.8, df = 3, 8, p < 0.05$),自然越冬成活率显著高于在人为模拟场所内越冬成活率,达 51.3%,暴露于林间的成虫个体全部死亡(图2)。

3.3 越冬花绒寄甲耐寒能力

花绒寄甲成虫在林间越冬后,其耐寒能力较实验室种群有显著的增强 ($F = 18.8, df = 3, 76, p < 0.05$)。而以不同方式越冬的花绒寄甲成虫,其耐寒能力也呈现不同的强弱程度(表1)。自然越冬后的花绒寄甲耐低温能力显著高于在人为模拟树皮越冬后的成虫 ($p < 0.05$)。实验室种群的耐低温能力

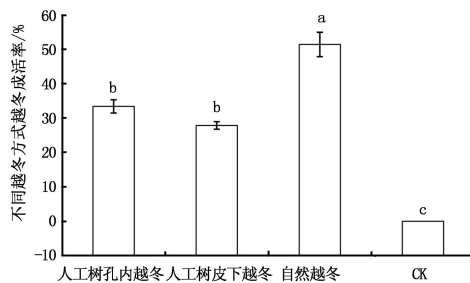


图2 花绒寄甲不同越冬方式的成活率

最弱,表明一定程度的低温训练对于其耐寒能力有增强的效果。

表1 不同处理的花绒寄甲耐寒能力比较

花绒寄甲类别	平均过冷却点/ $^{\circ}\text{C}$	最高值/ $^{\circ}\text{C}$	最低值/ $^{\circ}\text{C}$
人工树孔内越冬	-19.67 ± 0.58 ab	-16.47	-26.15
人工树皮越冬	-18.93 ± 0.57 b	-14.33	-26.04
自然越冬	-20.90 ± 0.85 a	-14.25	-28.04
CK	-14.71 ± 0.44 c	-10.1	-22.93

注:表格中为均值 \pm 标准误差,不同字母表示差异显著 ($p < 0.05$)

4 结论与讨论

我国关于利用花绒寄甲防治多种体型较大的天牛类害虫的研究较多,但是很多情况下缺乏把天敌昆虫建立一个稳定的生态因子方面的考虑,造成了年年需释放的局面。特别是在一些气候比较严峻的地区,天敌昆虫能否正常存活是我们需要弄清的首要问题。本研究通过调查花绒寄甲在甘肃北部地区越冬成活率和耐寒能力发现:花绒寄甲在该地区越冬成活率可达50%以上,并且其平均过冷却点低于该地区近年最低温度,认为其在该地区可以正常越冬,具有应用于防治光肩星天牛的潜力。

昆虫的越冬场所的选择往往不是一成不变的,多数昆虫可以根据自然条件选择有利于自身存活的环境越冬^[15-17]。对于花绒寄甲越冬场所的报道有多种,例如,树洞和枯枝落叶处^[18],树皮、土壤内和柴禾下^[19]。本研究发现,花绒寄甲成虫绝大多数在光肩星天牛虫道或蛹室内越冬,少部分在寄主树木树皮裂缝下越冬,在枯落物和土壤内未发现有越冬成虫。魏建荣等^[14]测定了以新疆杨(*P. alba* var. *pyramidalis*)为对象的树体内部10 cm处和树体外部温度差异,内外温差大约为 2.3°C ,当树体外温度最低时,内外温差达 4°C 。可以推断,因为蛹室内温度较树皮下高,所以当花绒寄甲生存受到低温胁迫时,其较多的选择在蛹室或虫道内越冬。此外,由于蛹

室内有大量的天牛蛀屑,也可以提供一定的保温效果。另外,调查发现,在一些较浅的天牛蛹室内,有天牛被寄生后的虫体表皮和花绒寄甲蛹壳,但并未发现花绒寄甲成虫。而另外一些在树干中心的蛹室内,无花绒寄甲蛹壳,却发现有成虫聚集越冬的现象,说明花绒寄甲羽化后,在选择越冬场所时会根据温度判断合适的越冬地点。树皮裂缝中发现的少量越冬成虫均为单头状,未发现有聚集越冬现象,可能和树皮裂缝相对狭窄有关,在其他一些研究中有对于花绒寄甲在树皮下游集越冬现象的记录^[18,19]。此外,在繁殖花绒寄甲成虫过程中,我们发现其有较强的趋暗性,因此推测天牛蛹室内的黑暗环境也是花绒寄甲较多的选择在该处群集越冬的一个因素。

研究发现,以自然条件下繁殖得到的花绒寄甲越冬成活率最高,分析有如下两个原因。其一,可能和自然条件下繁殖的天敌活力强于实验室成虫种群,造成了其本身抗性较强。其次,因为在网袋内的花绒寄甲越冬场所多是光肩星天牛的虫道,即是一个完全的自然状态下越冬方式的同等模拟。而人为在树干上凿取的树孔或小凹槽,即使冬季树木休眠,但树干仍然有一定的水分传导,造成了人为创造的越冬场所过于湿润,而使得花绒寄甲的越冬存活率降低。在调查中也发现,人为创造的树孔或树皮下游冬场所内很多花绒寄甲发生了霉变,而在光肩星天牛虫道内花绒寄甲即使死亡,也都是干燥和躯体完整的,这应该和越冬场所湿度关系较大有关。昆虫的耐寒能力对于种群的发展和延续至关重要^[20,21]。耐寒能力是在低温条件下诱导产生的过程^[22],在低温环境下昆虫体内通过一系列的生理生化代谢途径,产生诸如降低体内含水量、排出冰核物质、积累抗寒物质和降低过冷却点等可以增加耐寒性的代谢途径^[21-25]。本研究结果表明,花绒寄甲越冬成虫的抗低温能力显著强于实验室种群,证明了林间低温环境有利于提高花绒寄甲的耐寒能力。花绒寄甲的实验室种群测定过冷却点最低值为 -22.93°C ,平均值为 -14.71°C ,依据近年试验地冬季温度情况,预测花绒寄甲在该地区能够存活。但是,昆虫的过冷却点并不能完全代表昆虫抵御低温的能力。例如,果蝇 *Drosophila melanogaster* 成虫平均过冷却点达 -20°C ,而把它们直接置于 -5°C 环境中,则立即全部死亡^[23],表明即使拥有很低的过冷却点的昆虫,如果温度瞬间降低,机体也很难承受这种极端变化。所以,必须通过调查天敌昆虫实际的

越冬成活率才能准确判断其种群数量的变化规律。此外,众多研究结果表明,低温训练对于昆虫的耐寒能力有显著的增强^[26-29],因此,建议在花绒寄甲的大量繁殖过程中,适当的对实验室种群进行逐级低温驯化,剔除那些抗性较差的个体,对于保持天敌昆虫的实验室种群活力有很大的帮助。

花绒寄甲作为众多体型较大的天牛的优势天敌,目前在很多地方得到有效的利用。寄生光肩星天牛的花绒寄甲对光肩星天牛表现出明显的嗜好性和专化性^[30],可以认为是一种独立的寄主生物型。众多研究证明其是一种控制光肩星天牛的有效天敌。在长江流域以南,由于冬季温度较高,花绒寄甲能够很好地完成越冬。而在诸如甘肃北部,临近戈壁滩地区,由于其昼夜温差大,空气极度干燥和冬季的持续低温,会对使用花绒寄甲防治杨树天牛造成一定影响。本研究结果表明,花绒寄甲成虫在甘肃北部地区通过选择在天牛蛹室内越冬,可以保证50%以上的个体成功越冬。通过对花绒寄甲越冬后种群数量的估计,可以为次年天敌的使用数量提供指导,避免了天敌每年的大规模释放,造成资源浪费。

参考文献:

- [1] Haack R A, Hérard F, Sun J, *et al.* Managing invasive populations of Asian longhorned beetle and citrus longhorned beetle: a worldwide perspective[J]. Annual Review of Entomology, 2010, 55: 521-546.
- [2] 李建庆, 杨忠岐, 张雅林, 等. 利用花绒寄甲防治杨树天牛的研究[J]. 林业科学, 2009, 45(9): 94-100.
- [3] 魏建荣, 牛艳玲. 西安城区环境中释放花绒寄甲成虫对光肩星天牛的生物防治效果评价[J]. 昆虫学报, 2012, 54(12): 1399-1405.
- [4] 卢希平, 杨忠岐, 孙绪良, 等. 利用花绒寄甲防治锈色粒肩天牛[J]. 林业科学, 2012, 47(10): 116-121.
- [5] 杨忠岐, 李建庆, 梅增霞, 等. 释放花绒寄甲防治危害白蜡的云斑天牛[J]. 林业科学, 2012, 47(12): 78-84.
- [6] Yang Z Q, Wang X Y, Zhang Y N. Recent advances in biological control of important native and invasive forest pests in China[J]. Biological Control, 2014, 68: 117-128.
- [7] 张彦龙, 杨忠岐, 张亚楠, 等. 利用花绒寄甲防治越冬后松褐天牛试验[J]. 林业科学, 2014, 50(3): 92-98.
- [8] 周嘉嘉, 鲁新政, 逯玉中. 引进花绒寄甲防治黄斑星天牛试验报告[J]. 昆虫知识, 1985, 22(2): 84-86.
- [9] 高悦, 解春霞, 刘云鹏, 等. 花绒寄甲对柳树光肩星天牛的防治效果及寄生能力[J]. 西南林业大学学报, 2013, 33(5): 104-106.
- [10] 李孟楼, 李有忠, 雷琼, 等. 释放花绒寄甲卵对光肩星天牛

- 幼虫的防治效果[J]. 林业科学, 2009, 45(4): 78-82.
- [11] 李孟楼, 王培新, 马 峰, 等. 花绒坚甲对光肩星天牛的寄生效果研究[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(6): 152-156.
- [12] 牛艳玲, 郭 杰, 蒋恒涛, 等. 人工释放花绒寄甲对光肩星天牛的控制效果[J]. 陕西林业科技, 2013, (6): 64-66.
- [13] 岳朝阳, 张新平, 张静文, 等. 焉耆盆地林地释放花绒寄甲防治光肩星天牛效果初探[J]. 新疆农业科学, 2013, 50(11): 2085-2091.
- [14] 魏建荣, 王素英, 牛艳玲, 等. 花绒寄甲耐寒性研究[J]. 中国森林病虫, 2010, 29(5): 19-20.
- [15] 张海剑, 石 洁, 王振营, 等. 二点委夜蛾越冬虫态及其在越冬场所的空间分布调查初报[J]. 植物保护, 2012, 38(3): 146-150.
- [16] 黄维正, 李东成. 枣飞象越冬幼虫空间分布格局的研究[J]. 昆虫知识, 1993, 30(6): 348-350.
- [17] 许佳林, 王建军. 红脂大小蠹越冬场所及成虫出土观察[J]. 山西林业科技, 2002, (4): 26-28.
- [18] 秦锡祥, 高瑞桐. 花绒坚甲生物学特性及其应用研究[J]. 昆虫知识, 1998, 25(2): 109-112.
- [19] 王希蒙, 任国栋, 马 峰. 花绒甲甲的分类地位及应用前景[J]. 西北农业学报, 1996, 5(2): 75-78.
- [20] Danks H V. Extreme individuals in natural populations[J]. Bulletin of the Entomological Society of America, 1983, 29(1): 41-48.
- [21] Leather S R, Walters K F A, Bale J S. The ecology of insect overwintering[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [22] Block W, Baust J G, Franks F, *et al.* Cold tolerance of insects and other arthropods[J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences, 1990, 326(1237): 613-633.
- [23] Lee R E, Chen C, Denlinger D L. A rapid cold-hardening process in insects[J]. Science, 1987, 238(4832): 1415-1417.
- [24] Czajka M C, Lee R E. A rapid cold-hardening response protecting against cold shock injury in *Drosophila melanogaster*[J]. Journal of Experimental Biology, 1990, 148(1): 245-254.
- [25] 陈 豪, 梁革梅, 邹朗云, 等. 昆虫抗寒性的研究进展[J]. 植物保护, 2010, 36(2): 18-24.
- [26] Baust J G, Rojas R R. Review—insect cold hardiness: facts and fancy[J]. Journal of Insect Physiology, 1985, 31(10): 755-759.
- [27] 冯从经, 吕文静, 董秋安, 等. 低温处理对亚洲玉米螟幼虫抗寒性的诱导效应[J]. 昆虫学报, 2007, 50(1): 1-6.
- [28] 赵 静, 陈珍珍, 曲建军, 等. 异色瓢虫成虫冷驯化反应及体内几种酶活力的相关变化[J]. 昆虫学报, 2010, 53(2): 147-153.
- [29] 宋修超, 崔宁宁, 郑方强, 等. 变温贮藏僵蚜对烟蚜茧蜂耐寒能力的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(9): 2515-2520.
- [30] Wei J R, Yang Z Q, Poland T M, *et al.* Parasitism and olfactory responses of *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothriideridae) to different Cerambycid hosts[J]. BioControl, 2009, 54(6): 733-742.