环境昆虫学报 2025，47（5）：1587-1593
Journal of Environmental Entomology
http://hjkcxb.alljournals.net
doi：10.3969/j. issn. 1674 - 0858. 2025. 05. 23

王丽娜，陈燕，唐艳龙，钱正敏，魏可，张彦龙．利用松褐天牛蛹繁育花绒寄甲［J］. 环境昆虫学报，2025，47（5）：1587-1593. WANG Li-Na, CHEN Yan, TANG Yan-Long, QIAN Zheng-Min, WEI Ke, ZHANG Yan-Long. Efficiency of rearing *Dastarcus helophoroides* using *Monochamus alternatus* pupae ［J］. *Journal of Environmental Entomology*，2025，47（5）：1587-1593.

利用松褐天牛蛹繁育花绒寄甲

王丽娜[1]，陈 燕[1]，唐艳龙[1]，钱正敏[1]，魏 可[2]，张彦龙[2*]
（1. 遵义师范学院生物与农业科技学院，贵州遵义 563002；
2. 中国林业科学研究院森林生态环境与自然保护研究所，国家林业和草原局森林保护学重点实验室，北京 100091）

摘要： 花绒寄甲 *Dastarcus helophoroides* 是松材线虫 *Bursaphelenchus xylophilus* 传播媒介松褐天牛 *Monochamus alternatus* 的重要寄生性天敌。本试验通过在松褐天牛蛹上接种不同数量的花绒寄甲幼虫，观察其发育情况及其结茧数、羽化数、子代质量等指标，为花绒寄甲的繁育利用提供参考。结果表明：室内接种花绒寄甲1龄幼虫于松褐天牛蛹体上，5种不同接种量下寄生率均高于80%，花绒寄甲幼虫历期和蛹历期差异显著，每个松褐天牛蛹接种4头花绒寄甲幼虫时，幼虫历期和蛹历期最长，平均为11.0 d和30.1 d，接种量为6、8、10、12头/个时，幼虫历期缩短为8~9 d，蛹历期随接种数量增加逐渐缩短，最短仅22.1 d，比4头/个时缩短8 d左右。花绒寄甲结茧数、羽化数、结茧率、羽化率、繁殖成功率均呈先升后降趋势，8头/个时，结茧数和羽化数均最多，平均为7.3个和7.2个，结茧率、羽化率和繁殖成功率均最高，平均为91.4%、99.1%和90.6%；12头/个时，结茧率最低仅56.6%；4头/个时，羽化率和繁殖成功率最低，平均为81.3%和50.0%。5种接种量下，羽化的花绒寄甲成虫总质量差异极显著，6头/个时和8头/个时，总质量较大，平均为0.108 g/管和0.102 g/管，12头/个时最小，平均为0.050 g/管，比最大值下降了50%。随接种数量增加，花绒寄甲单头质量呈下降趋势，4头/个时，单头质量最大，平均为0.031 g/头，8头/个时，下降至平均0.014 g/头，最低仅0.007 g/头（12头/个时），不到最大个体的1/4。若要利用松褐天牛蛹繁育花绒寄甲种虫，以花绒寄甲单头质量为评价指标，接种数量4头/个时最佳，若繁育花绒寄甲投放于林间防治害虫，以羽化数和繁殖成功率为评价指标，以8头/个时收益最高。

关键词： 花绒寄甲；松褐天牛；子代数量；子代质量
中图分类号： Q968.1 **文献标识码：** A **文章编号：** 1674-0858（2025）05-1587-07

Efficiency of rearing Dastarcus helophoroides using *Monochamus alternatus* pupae

WANG Li-Na[1], CHEN Yan[1], TANG Yan-Long[1], QIAN Zheng-Min[1], WEI Ke[2], ZHANG Yan-Long[2*]
(1. College of Biology and Agriculture, Zunyi Normal University, Zunyi 563002, Guizhou Province, China; 2. Key Laboratory of Forest Protection of National Forestry and Grassland Administration, Ecology and Nature Conservation Institute, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae) is a significant parasitic natural enemy of *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) that carry the *Bursaphelenchus xylophilus*. This study aims to investigate the rearing effect of *D. helophoroides* by inoculating different numbers of its larvae onto *M. alternatus* pupae and observing developmental parameters such as cocoon count, eclosion number, and offspring quality. The results showed that under laboratory conditions, the parasitism rates of *D.*

基金项目：中国林科院基本科研业务费(CAFYBB2021ZG001)；贵州省科技厅科技支撑计划(黔科合支撑[2021]一般194)
作者简介：王丽娜，女，硕士，实验师，研究方向为森林保护学，E-mail：297141583@qq.com
*通讯作者 Author for correspondence：张彦龙，男，博士，副研究员，研究方向为森林保护学，E-mail：zhangyl@caf.ac.cn
收稿日期 Received：2024-05-08；修回日期 Revision received：2024-06-03；接受日期 Accepted：2024-06-05

helophoroides larvae on *M. alternatus* pupae were found to be above 80% across five inoculation densities. The larval and pupal durations of *D. helophoroides* varied significantly. When four larvae were inoculated onto one host, both the larval durations (11.0 days) and pupal durations (30.1 days) were longest compared to other treatments (6, 8, 10, and 12 larvae per host) where the larval duration shortened to 8~9 days, and the pupal duration gradually decreased to a minimum of 22.1 d (8 d shorter than at 4 larvae/host) as the number of inoculated larvae increased. Cocoon count, eclosion number, cocooning rate, eclosion rate and reproductive success rate all exhibited a trend of initially increasing and then decreasing with the addition of inoculated numbers. Specifically, The highest values were observed at 8 larvae/host, with averages of 7.3 cocoons, 7.2 eclosed adults, 91.4% cocooning rate, 99.1% eclosion rate, and 90.6% reproductive success rate. At 12 larvae/host, the cocooning rate dropped to 56.6%, while the lowest eclosion rate (81.3%) and reproductive success rate (50.0%) occurred at 4 larvae/host. Significant differences in the total weight of eclosed adults among the five inoculation densities were also noted; specifically, when six or eight larvae were inoculated, their total adult weights (0.108 g/tube and 0.102 g/tube respectively) exceeded those of other treatments. Conversely, the total adult weight was lowest at an inoculation density of 12 larvae per host (0.050 g/tube, a 50% reduction). The individual adult weight decreased as inoculation density increased, peaking at 0.031 g/adult with an inoculation density of four larvae per host but dropped to 0.014 g/adult with eight larvae per host before reaching its lowest point at 0.007 g/adult with twelve larvae per host, less than one-quarter of the maximum. In general, an optimal inoculation density for breeding high-quality *D. helophoroides* adults using *M. alternatus* is four larvae per host when prioritizing individual weight. For field release aimed at pest control, eight larvae per host is recommended based on eclosion number and reproductive success rate.

Key words: *Dastarcus helophoroides*; *Monochamus alternatus*; offspring number; offspring quality

花绒寄甲 *Dastarcus helophoroides* 属鞘翅目寄甲科，原名花绒坚甲，后归入穴甲科，名花绒穴甲，2004年，中国林业科学研究院杨忠岐先生根据其寄生习性更名为花绒寄甲沿用至今（魏建荣等，2007；Yang *et al.*，2014）。花绒寄甲是迄今为止发现的寄生中大型天牛类害虫最有效的天敌昆虫，在东亚广泛分布（黄大庄等，2008）。周嘉熹等（1985）较早报道利用花绒寄甲防治害虫的实例，1980年将陕西洋县寄生光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis* 的花绒寄甲引入甘肃省清水县等地防治黄斑星天牛 *A. nobilis*，取得不错防治效果。随后，秦锡祥和高瑞桐（1988）报道花绒寄甲对光肩星天牛自然寄生率最高达60%。李广武等（1986）最早报道了寄生松褐天牛 *Monochamus alternatus* 的花绒寄甲，黄焕华等（2003）报道广东省花绒寄甲在单株马尾松枯死木内松褐天牛上的自然寄生率最高达79.1%。高俊崇等（2003）最先报道了寄生栗山天牛 *Massicus raddei* 的花绒寄甲，之后陆续在云斑天牛 *Batocera lineolata*、锈色粒肩天牛 *Apriona swainsoni*、星天牛 *A. chinensis*、云杉花墨天牛 *M. saltuarius* 等害虫体上发现花绒寄甲（杨忠岐等，2018；郑雅楠等，2020）。以上研究表明花绒寄甲是中国多种中大型天牛类的优势天敌，其人工繁育技术已获成功，成为中国林业上天牛类害虫防治实践中应用最广泛的天敌（唐艳龙，2011；杨忠岐等，2018）。

当前，人工繁育花绒寄甲最主要的替代寄主是大麦虫蛹，其容易获取且成本较低（高悦等，2015；姜媛等，2021），利用非原始寄主连续多代饲养天敌昆虫，普遍存在种群退化问题（郭婉琳，2016）。连续利用黄粉虫 *Tenebrio molitor* 蛹饲养川硬皮肿腿蜂20代后，其雌蜂寿命明显缩短，对双条杉天牛 *Semanotus bifasciatus* 的搜索成功率和寄生率仅50%和30%（胡霞，2006）。利用大麦虫 *Zophobas atratus* 作为替代寄主饲养花绒寄甲，其后代雌性比有所下降（姜媛等，2021），连续饲养15代之后，成虫的产卵量、孵化率等均显著降低（郭婉琳，2016）。而采用回接自然寄主的方法能有效解决其种群退化问题，用双条杉天牛回接复壮川硬皮肿腿蜂后，其对该天牛的寄生率提高至

83%（胡霞，2006）。松褐天牛是花绒寄甲原始寄主之一（李广武等，1986），因此，利用松褐天牛回接花绒寄甲，应能达到复壮的目的。郭婉琳（2016）报道利用松褐天牛幼虫回接花绒寄甲，其后代产卵量明显增加。花绒寄甲初孵幼虫为闯蚴型，具发达的胸足，有较强的活动能力和寄主搜索能力（李孟楼等，2009），相比具有较强活动能力的松褐天牛幼虫，蛹虫态基本没有反抗能力，因此，理论上更适合用于花绒寄甲的繁育复壮。为验证该假设，本研究以松褐天牛蛹为寄主，在室内评估花绒寄甲不同接种量对蛹的寄生效果和子代产出效率，以期为花绒寄甲的繁育利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料

松褐天牛蛹采集自贵州省遵义市播州区金鼓村（27.5824° N，106.7716° E），花绒寄甲卵由国家林业和草原局贵州省天敌繁育中心提供。选取若干松褐天牛蛹，用电子分析天平逐个称重，记录其质量。选取150头质量在（0.4 ± 0.05） g且健康的蛹，按每管1头分别装至指形管中，并编号。将花绒寄甲卵卡放入黑色塑料盒内，置于温度27℃，RH 60%的人工气候箱中培养，随时观察卵的孵化，待孵化后，选择行动敏捷，活跃健康的初孵幼虫接种。

1.2 试验方法

将上述花绒寄甲幼虫用毛笔逐一转移到松褐天牛蛹体上。参考唐艳龙等（2020a），按照4、6、8、10和12头/个进行接种，每个处理重复30次。完成接种后，用脱脂棉堵口。将塑料盒放置在温度设定为27℃、相对湿度为60%的人工气候箱中进行培养。每天早晚各观察一次，记录其老熟幼虫结茧和成虫羽化的时间，从接种到老熟幼虫结茧的时间，为幼虫历期，从结茧至成虫羽化的时间，为蛹历期。记录每管的结茧数，羽化数，等所有成虫羽化后，称量每管所有成虫的总质量（使用梅特勒电子天平，精确到0.0001），计算结茧率（%）=（结茧数/接种数）×100；羽化率（%）=（羽化数/结茧数）×100；繁殖率（%）=（羽化数/接种数）×100；寄生率（%）=（被寄生蛹个数/重复数）×100和单头重=总重量/子代数量等。

1.3 数据处理

不同接种数量下花绒寄甲对松褐天牛蛹的寄生率用Fisher′s精确检验分析其差异。不同接种数量下花绒寄甲寄生松褐天牛蛹后，其幼虫历期、蛹历期、结茧数、羽化数、总重量和单头重等数据直接用于差异性检验，多重比较采取Tukey HSD法。结茧率、羽化率和繁殖率等百分比数据经反正弦转换后满足正态分布，随后再用于差异性检验。数据统计用SPSS 20完成。

2 结果与分析

2.1 花绒寄甲对松褐天牛蛹的寄生作用

室内接种花绒寄甲1龄幼虫寄生松褐天牛蛹，寄生率均高于80%（表1），不同接种数量下差异不显著（χ^2 = 7.329，df = 4，P > 0.05），其中，接种8头/个时，其寄生率最高达96.7%。

表1 花绒寄甲对松褐天牛蛹的寄生作用

Table 1 Parasitism rate of *Dastarcus helophoroides* on pupae of *Monochamus alternatus*

接种数量（n） Number of parasitoid	重复数（n） Number of host	寄生数（n） Number of parasitized host	寄生率（%） Parasitism rate
4	30	28	93.3 a
6	30	27	90.0 a
8	30	29	96.7 a
10	30	25	83.3 a
12	30	28	93.3 a

2.2 接种数量对花绒寄甲幼虫历期和蛹历期的影响

接种数量为4头/个时，花绒寄甲幼虫历期最长，平均为11.0 d，极显著长于其他处理（F = 20.099，df = 4，136，P = 0.001）（图1–A），6、8、10和12头/个时，幼虫历期缩短为8~9 d，4组之间差异不显著。

随接种数量增加，花绒寄甲蛹历期呈缩短趋势，差异极显著（F = 65.801，df = 4，128，P = 0.001）（图1–B），接种数量为4头/个时，蛹历期最长，平均为30.1 d，6头/个时，缩短约5 d，平均为25.0 d，8头/个时，进一步缩短至平均23.5 d，10头/个时和12头/个时，缩短至22 d左右，比4头/个时缩短8 d左右。

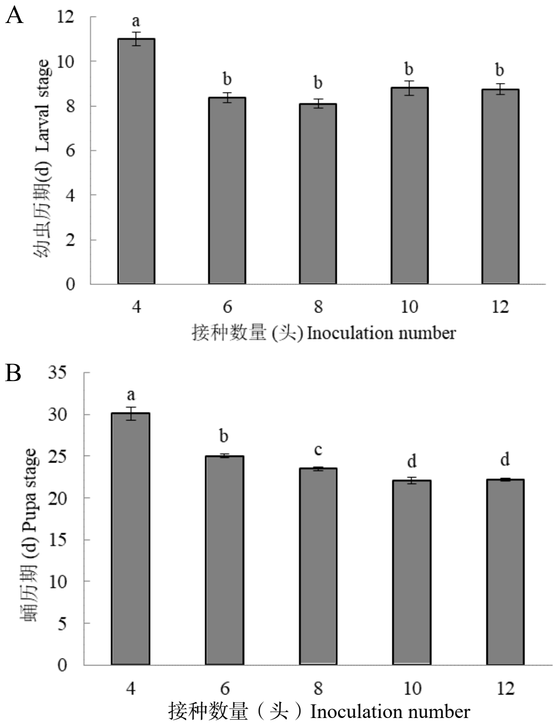

图1 不同接种量下花绒寄甲的幼虫历期（A）和蛹历期（B）

Fig. 1 Larval duration (A) and pupa duration (B) of *Dastarcus helophoroides* at different inoculation densities

注：图中数据为平均值±标准误，不同小写字母表示在5%水平差异显著，下同。Note: Data were mean ± *SE*, Different lowercase letters above the columns indicated significant differences ($P<0.05$). The same convention applies to the figures below.

2.3 接种数量对花绒寄甲结茧数和结茧率的影响

不同接种数量下，花绒寄甲结茧数差异极显著（$F = 27.473$，df = 4，136，$P = 0.001$）（表2），4头/个时，结茧数最少，平均为2.4个，6头/个时，显著增加至平均5.4个，8头/个时，结茧数最多，平均为7.3个。随接种数增加，结茧数不再增加，反而略有减少，当10头/个和12头/个时，分别平均为7.1个和6.9个。

结茧率变化趋势与结茧数相似，呈先升高后下降趋势，各组之间差异极显著（$F = 15.038$，df = 4，136，$P = 0.001$）（表2）。4头/个时，结茧率较低，平均为60.7%，6头/个时，显著增加至平均90.1%，8头/个时，结茧率最高，平均为91.4%，10头/个时，下降至平均70.8%，12头/个时，结茧率最低，平均仅56.6%。

2.4 接种数量对花绒寄甲羽化数和羽化率的影响

不同接种数量下，花绒寄甲羽化数差异极显著（$F = 17.617$，df = 4，136，$P = 0.001$）（表2），4头/个时，羽化数最少，平均为2.0个，6头/个时，显著增加至平均5.0个，8头/个时，羽化数最多，平均为7.2个，随接种数增加，羽化数反而略有减少，10头/个时和12头/个时，分别平均为5.8个和6.1个。

不同接种数量下，花绒寄甲的羽化率均大于80%，差异不显著（$F = 1.510$，df =4，136，$P = 0.203$）（表2）。8头/个时，羽化率最高，达99.1%，6头/个时次之，为91.9%，而在4头/个、10头/个和12头/个时，羽化率均不足90%，其中4头/个时最低，为81.3%。

表2 接种量对花绒寄甲结茧数、结茧率、羽化数、羽化率及繁殖率的影响

Table 2 Effects of inoculation density on cocooning count, cocooning rate, eclosion number, eclosion rate and reproductive success rate of *Dastarcus helophoroides*

接种量(头/个) Inoculation number	样本数(个) Sample size	结茧数(个) Cocooning count	结茧率(%) Cocooning rate	羽化数(个) Eclosion number	羽化率(%) Eclosion rate	繁殖成功率(%) Reproductive success rate
4	28	2.4 ± 0.2 c	60.7 ± 4.4 bc	2.0 ± 0.2 c	81.3 ± 6.4 a	50.0 ± 5.5 b
6	27	5.4 ± 0.2 b	90.1 ± 3.2 a	5.0 ± 0.3 b	91.9 ± 4.0 a	84.0 ± 4.5 a
8	29	7.3 ± 0.2 a	91.4 ± 2.9 a	7.2 ± 0.3 a	99.1 ± 0.9 a	90.6 ± 2.9 a
10	25	7.1 ± 0.5 a	70.8 ± 5.1 b	5.8 ± 0.7 b	81.6 ± 6.2 a	58.4 ± 6.5 b
12	28	6.9 ± 0.6 a	56.6 ± 5.2 c	6.1 ± 0.7 ab	86.4 ± 4.9 a	50.8 ± 5.4 b

注：表中数据为平均值±标准误，同行不同小写字母表示在5%水平差异显著。Note: Data were mean ± SE, Different lowercase letters in the same row indicated significant differences ($P < 0.05$).

2.5 接种数量对花绒寄甲繁殖成功率的影响

不同接种数量下，花绒寄甲的繁殖成功率呈先升后降趋势，差异极显著（F = 5.175，df = 4，136，P = 0.007）（表2）。4头/个时，繁殖成功率最低，平均为50.0%，6头/个时，显著增加至平均84.0%，8头/个时，繁殖成功率最高，平均为90.6%，而在10头/个和12头/个时，则下降至平均58.4%和50.8%。

2.6 接种数量对花绒寄甲总质量和单头质量的影响

不同接种数量下，羽化的花绒寄甲成虫总质量差异极显著（F = 10.193，df = 4，129，P = 0.001）（图2-A）。6头/个时，总质量最大，平均为0.108 g/管，8头/个时与之差异较小，平均为0.102 g/管，4头/个和10头/个时，即显著下降至0.070 g/管和0.068 g/管，而在12头/个时最小，平均为0.050 g/管，比最大值下降了50%。

随接种数量增加，花绒寄甲单头质量呈下降趋势，差异极显著（F = 63.723，df = 4，129，P = 0.001）（图2-B）。4头/个时，单头质量最大，平均为0.031 g/头，6头/个时即显著下降至平均0.021 g/头，8头/个时，下降至平均0.014 g/头，不到最大个体的一半，10头/个时和12头/个时，下降至不足0.01 g/头，最低仅为0.007 g/头，不到最大个体的1/4。

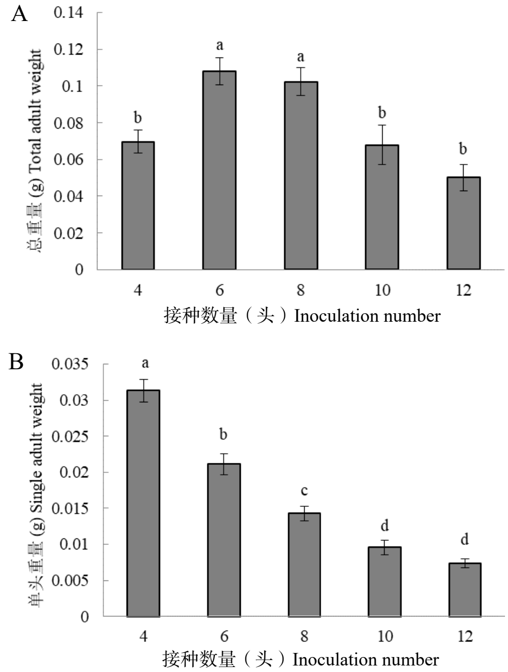

图2 不同接种量下花绒寄甲的总质量（A）和单头质量（B）

Fig. 2 Total adult weight (A) and individual adult weight (B) and of *Dastarcus helophoroides* at different inoculation densities

3 结论与讨论

高效的繁育技术是任何一种天敌昆虫大规模应用的前提。上世纪80年代，周嘉熹等（1985）采集光肩星天牛受害木，室内接种花绒寄甲成虫进行繁育，这种方式比较费时费力，且成本高，未能大量应用，之后，王卫东等（1999）、雷琼（2003）、尚梅等（2009）先后开发了花绒寄甲成虫和幼虫的人工饲料，但繁育成功率较低。直至2006年，中国林业科学研究院杨忠岐研究员课题组和西北农林科技大学李孟楼教授课题组经多年联合攻关解决了花绒寄甲人工繁育过程中的2大核心问题（杨忠岐等，2018），一是找到了易获取且质优价廉的替代寄主（大麦虫蛹），二是解决了花绒寄甲室内大量产卵的问题，使花绒寄甲每雌产卵量由在自然界的130粒/年增加到11 120粒/年，增加了85倍，研发出供雌虫大量集中产卵的装置，实现了在实验室方便快捷搜集花绒寄甲卵，不仅大幅提高了人工繁育效率，也为制作花绒寄甲卵卡防治害虫打下了基础。此外，研制出营养全面而均衡的花绒寄甲人工饲料，为花绒寄甲种虫的营养提供了保障。至此，花绒寄甲的人工繁育和应用走向快车道，截至2015年，全国已建设花绒寄甲繁育基地近20家，每年繁育释放的花绒寄甲成虫近3 000万头，花绒寄甲卵数亿计（Yang *et al.*，2014；杨忠岐等，2018）。松褐天牛是花绒寄甲原始寄主之一，本研究在室内接种花绒寄甲1龄幼虫寄生松褐天牛蛹，寄生率高达80%以上。这表明利用松褐天牛蛹繁育复壮花绒寄甲可行性高。利用松褐天牛蛹育出的花绒寄甲在产卵量、寿命和孵化率等指标上表现如何还需深入研究。

在人工繁育非单寄生的天敌昆虫时，普遍存在一个最佳接种量的问题（Gao *et al.*，2016；唐艳龙等，2020a，2020b），这与寄主营养密切相关，接种量较少时，寄主营养未能充分利用，这不仅造成资源浪费，也有可能因未被充分利用的部分霉变，增加了幼虫或蛹染病的风险。本试验中，在1头松褐天牛蛹体上仅接种4头花绒寄甲幼虫时，其未能完全利用寄主营养，导致其羽化率和繁殖成功率最低，平均为81.25%和50.00%。不过

当接种量较少时，其幼虫营养充足，因此能充分发育，最后形成的个体最大。本试验中，接种数量较少时，获得的子代个体更大，4头/个时，其子代单头质量最大，平均为0.031 g/头，而12头/个时，最低仅0.007 g/头，不到最大个体的1/4。已有研究表明，大多数天敌昆虫的繁殖力随体型增加而增大。孙海燕等（2010）报道白蛾周氏啮小蜂雌蜂繁殖力与个体大小正相关，白蜡吉丁肿腿蜂 *Sclerodermus pupariae* 子代蜂数量与雌蜂大小亦正相关（Wei *et al.*，2017），花绒寄甲亦不例外，王亚红等（2011）报道花绒寄甲寄生松褐天牛幼虫，大个体成虫平均产卵135.9粒/头，中个体平均产卵70.5粒/头，小个体平均产卵33.7粒/头，仇兰芬等（2021）报道同一温度条件下，花绒寄甲体型显著影响雌虫的产卵量，体型大者产卵量高，郭舟等（2024）报道，花绒寄甲产卵量随自身体质量的减轻下降了41.2%。因此，在利用松褐天牛蛹繁育花绒寄甲种虫时，应选择接种较少数量。以上结果还表明，即使是较小的个体，亦具有产卵的能力，因此，在大规模应用时，较小的个体仍然可以释放到林间防治害虫。

接种量过大对天敌昆虫的繁育亦有不利影响。寄主营养是寄生性天敌昆虫幼期获取营养的唯一来源，姊妹间对寄主营养存在明显的种间竞争，有研究表明白蜡吉丁肿腿蜂（Gao *et al.*，2016）和松褐天牛肿腿蜂（唐艳龙等，2020b）的幼虫历期和蛹历期随产卵蜂数的增加而缩短。本研究结果表明，花绒寄甲的幼虫历期和蛹历期均随接种数量而缩短，4头/个时，幼虫历期最长达11 d，之后缩短至8~9 d，蛹历期4头/个时最长，平均为30.1 d，12头/个时，比4头/个时缩短8 d左右。种间竞争不仅影响发育历期，对幼虫期存活率亦有显著影响，本试验中，接种6头/个和8头/个时，其结茧率超过90%，超过10头/个后，花绒寄甲幼虫种间竞争加剧，其结茧率仅70%，12头/个时，下降至55%左右，即有45%左右的幼虫因营养不足而死亡。即使是发育至成虫，其成虫个体亦更小。另外，接种数量对花绒寄甲羽化率影响较小，表明花绒寄甲蛹期死亡率较低，特别是8头/个时，其羽化率高达99%。因此，为了提高寄主利用效率，在利用松褐天牛蛹繁育花绒寄甲时，接种8头/个收益最高。

释放时间是利用花绒寄甲防治天牛类蛀干害虫能否取得成功的关键因素（温小遂等，2017），利用花绒寄甲防治松褐天牛、栗山天牛（唐艳龙，2011）和光肩星天牛（李孟楼等，2009）的实践表明，在天牛成虫羽化前1个月左右释放花绒寄甲，能取得最好的防治效果。温小遂等（2017）在江西省3–4月份释放花绒寄甲防治松褐天牛，虫口减退率最高达85.6%，而8月和10月份释放，虫口减退率仅10%左右。推测3–4月，江西省的松褐天牛基本处于蛹期，8–10月多以幼虫为主。同时，本研究结果也表明，花绒寄甲对松褐天牛蛹有很强的寄生能力，即使少数未能成功育出子代，松褐天牛也被致死。因此，林间在松褐天牛大部分处于蛹期状态投放花绒寄甲，可取得良好的防治效果。

参考文献（References）

Gao JC, Shan GM, Zhao HB, *et al.* First discovery the natural enemy of *Massicus raddei* in Jilin province, a Cerambycid beetle (*Dastarcus helophoroides*) [J]. *Jilin Forestry Science and Technology*, 2003, 32 (1): 45. [高峻崇, 山广茂, 赵海彬, 等. 吉林省首次发现捕食栗山天牛的天敌——花绒坚甲 [J]. 吉林林业科技, 2003, 32 (1): 45]

Gao SK, Wei K, Tang YL, *et al.* Effect of parasitoid density on the timing of parasitism and development duration of progeny in *Sclerodermus pupariae* (Hymenoptera: Bethylidae) [J]. *Biological Control*, 2016, 97: 57–62.

Gao Y, Xie CX, Liu YP, *et al.* Selectivity and fitness of *Dastarcus helophoroides* Fairmaire on differernt hosts pupae [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2015, 31 (2): 264–267. [高悦, 解春霞, 刘云鹏, 等. 花绒寄甲松褐天牛生物型人工繁育替代寄主的筛选研究 [J]. 中国生物防治学报, 2015, 31 (2): 264–267]

Guo Z, Wang QZ, Peng GD, *et al.* Effects of adult body size on reproductive fitness and offspring development in *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire) [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2024, 40 (1)33–43. [郭舟, 王欽召, 彭观地, 等. 成虫体型大小对花绒寄甲生殖及后代发育的影响 [J]. 中国生物防治学报, 2024, 40 (1): 33–43]

Hu X. Study on Rejuvenescence of *Scleroderma sichuanensisi* Xiao [D]. Yaan: Sichuan Agriculture University Master Thesis, 2006. [胡霞. 川硬皮肿腿蜂复壮技术研究 [D]. 雅安: 四川农业大学硕士论文, 2006]

Huang DZ, Yang ZQ, Bei B, *et al.* Geographical distribution of *Dastarcus helophoroides* in China [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2008, 44 (6): 171–175. [黄大庄, 杨忠岐, 贝蓓, 等. 花绒寄甲在中国的地理分布区 [J]. 林业科学, 2008, 44 (6): 171–175]

Huang HH, Xu ZF, Yang ZQ, *et al.* The important natural enemy of *Monochamus alternatus*, a Cerambycid beetle (*Dastarcus *helophoroides*) [J]. *Guangdong Forestry Science and Technology*, 2003, 19 (4): 76-77. [黄焕华, 许再福, 杨忠岐, 等 . 松褐天牛的重要天敌花绒坚甲 [J]. 广东林业科技, 2003, 19 (4): 76-77]

Jiang Y, Zhang YN, Li ZQ. The effects of *Zophobas atratus* (Coleoptera: Tenebrionidae) as a substitute host and an artificial diet on mass rearing of the wood-borer parasitoid *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae) [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2021, 37 (2): 315-318. [姜 媛, 张翌楠, 李志强 . 大麦虫作为替代寄主和人工饲料繁育花绒寄甲对其繁殖生物学的影响 [J]. 中国生物防治学报, 2021, 37 (2): 315-318]

Lei Q. Study on Artificial Raising Technology of *Dastarcus helophorides* [D]. Xian: Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry Master Thesis, 2003. [雷琼, 花绒坚甲的人工饲养技术研究 [D]. 西安: 西北农林科技大学硕士论文, 2003]

Li GW, Shao GY, Yu BN. Preliminary observation of *Monochamus alternatus* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 1986, 33 (4): 27-28. [李广武, 邵桂英, 俞伯能 . 松墨天牛的初步观察 [J]. 应用昆虫学报, 1986, 33 (4): 27-28]

Li ML, Li YZ, Lei Q, *et al.* Biocontrol of Asian longhorned bettle larva by releasing eggs of *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae) [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2009, 45 (4): 78-82. [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]

Qin XX, Gao RT. The research of biological characteristics and application of *Dastarcus helophoroides* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 1988, 25 (2): 109-112. [秦锡祥, 高瑞桐 . 花绒坚甲生物学特性及应用研究 [J]. 昆虫知识, 1988, 25 (2): 109-112]

Qiu LF, Zhong L, Shao JL, *et al.* Influence of environmental temperature and adult body size on the mortality and fecundity of *Dastarcus helophoroides* [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2021, 58 (4): 959-965. [仇兰芬, 仲丽, 邵金丽, 等 . 环境温度和体型大小对花绒寄甲成虫死亡率及产卵量的影响 [J]. 应用昆虫学报, 2021, 58 (4): 959-965]

Shang M, Shu BF, Li ML. Fodder development for *Dastarcus helophoroides* larvae (Coleoptera: Colydlidae) [J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2009, 24 (1): 136-169. [尚梅, 苏宝峰, 李孟楼 . 花绒寄甲幼虫人工饲料的研究 [J]. 西北林学院学报, 2009, 24 (1): 136-169]

Sun HY, Cong B, Zhang HY, *et al.* Relationship between female fecundity, developing time and female body size of *Chouioia cunea* Yang (Hymenoptera: Eulophidae) [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2010, 26 (1): 24-29. [孙海燕, 丛斌, 张海燕, 等 . 白蛾周氏啮小蜂雌蜂繁殖力与发育期及个体大小的关系 [J]. 中国生物防治, 2010, 26 (1): 24-29]

Tang YL, Wang LN, He LQ, *et al.* Effect of inoculation density on reproductive efficiency of *Dastarcus helophoroides* Fairmaire (Coleoptera: Bothrideridae) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2020, 42 (6): 1458-1463. [唐艳龙, 王丽娜, 何浪群, 等 . 接种量对花绒寄甲繁殖的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2020a, 42 (6): 1458-1463]

Tang YL, Wang LN, Zhang YL, *et al.* Effect of different parasitoid colonies on the mass rearing of *Sclerodermus alternatusi* (Hymenoptera: Bethylidae) [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2020b, 56 (9): 97-103. [唐艳龙, 王丽娜, 张彦龙, 等 . 不同建群蜂数对松褐天牛肿腿蜂繁育效果的影响, 林业科学, 2020b, 56 (9): 97-103]

Tang YL. Studies on the Ecology of *Massicus raddei* (Coleoptera: Cerambycidae) and Its Biological Control [D]. Beijing: Chinese Academy of Forestry Doctoral Thesis, 2011. [唐艳龙 . 栗山天牛的生态学特性及其生物防治技术研究 [D]. 北京: 中国林业科学研究院博士论文, 2011]

Wang WD, Zhao J, Ogura NB. Artificial fodder ingredient for *Dastarcus helophorides* larvae [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1999, 21 (4): 48-51. [王卫东, 赵军, 小仓信夫 . 花绒穴甲幼虫人工饲料的开发研究 [J]. 北京林业大学学报, 1999, 21 (4): 48-51]

Wang YH, Lai YX, Qin DH, *et al.* Behavior and numbers of the *Dastarcus helophoroides* beetle's laying eggand its first-instar larvae parasitism on larvae of *Monochamus alternatus* [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2011, 33 (4): 517-522. [王亚红, 来燕学, 岑定浩, 等 . 花绒寄甲产卵行为和产卵量及对松褐天牛幼虫的寄生作用 [J]. 环境昆虫学报, 2011, 33 (4): 517-522]

Wei JR, Yang ZQ, Ma JH, *et al.* Progress on the research of *Dastarcus helophoroides* [J]. *Forest Pest and Disease*, 2007, 26 (3): 23-25. [魏建荣, 杨忠岐, 马建海, 等 . 花绒寄甲研究进展 [J]. 中国森林病虫, 2007, 26 (3): 23-25]

Wei K, Gao SK, Tang YL, *et al.* Determination of the optimal parasitoid-to-host ratio for efficient mass-rearing of the parasitoid, *Sclerodermus pupariae* (Hymenoptera: Bethylidae) [J]. *Journal of Applied Entomology*, 2017, 141 (3): 181-188.

Wen XS, Liao SL, Tang YL, *et al.* Study on the efficacy of releasing *Dastarcus helophoroides* eggs against *Monochamus alternatus* in pine forests [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2017, 53 (10): 133-138. [温小遂, 廖三腊, 唐艳龙, 等 . 释放花绒寄甲卵防治松褐天牛技术 [J]. 林业科学, 2017, 53 (10): 133-138]

Yang ZQ, Wang XY, Zhang YN, *et al.* Research advances of Chinese major forest pests by integrated management based on biological control [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2018, 34 (2): 1-21. [杨忠岐, 王小艺, 张翌楠, 等 . 以生物防治为主的综合控制我国重大林木病虫害研究进展 [J]. 中国生物防治学报, 2018, 34 (2): 1-21]

Yang ZQ, Wang XY, Zhang YN. Recent advances in biological control of important native and invasive forest pests in China [J]. *Biological Control*, 2014, 68 (1): 117-128.

Zheng YN, Jiang SW, Huang FY, *et al. Dastarcus helophoroides*, natural enemy of *Monochamus saltuarius* was found in pine tree infected by *Bursaphelenchus xylophilus* in Liaoning, China [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2020, 36 (2): 315-318. [郑雅楠, 姜生伟, 黄凤玉, 等 . 辽宁省松材线虫病疫木上发现媒介天牛的天敌花绒寄甲 [J]. 中国生物防治学报, 2020, 36 (2): 315-318]

Zhou JX, Lu XZ, Lu YZ. Control *Anoplophora nobilis* by introducing *Dastarcus helophoroides* [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 1985, 22 (2): 84-86. [周嘉熹, 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]