应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2021, 58(4): 959–965. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2021.094

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*

仇兰芬[1**] 仲 丽[1] 邵金丽[1] 车少臣[1] 李 广[1] 王建红[1] 魏建荣[2***]

（1. 北京市园林科学研究院，园林绿地生态功能评价与调控技术北京市重点实验室，北京 100102；
2. 河北大学生命科学学院，保定 071002）

摘 要 【**目的**】花绒寄甲 *Dastarcus helophoroides* 是天牛类林木蛀干害虫的主要天敌昆虫，为提升花绒寄甲的人工繁育技术和繁育质量，在不同环境温度下，测试了不同体型大小的花绒寄甲对成虫死亡率和产卵量的影响。【**方法**】按成虫体型大小将花绒寄甲分成较大、较小和中等 3 组，根据前期不同温度下的饲养经验，分别测试成虫在 20、24 和 28 ℃下的存活率和产卵量。【**结果**】体型相同的个体随环境温度升高死亡率增加；20 ℃时体型小的死亡率高，24 ℃和 28 ℃各组死亡率无显著性差异；中等个体组在 24 ℃和 28 ℃下的产卵量大于在 20 ℃下的产卵量；同一温度条件下，体型显著影响雌虫的产卵量，体型大者产卵量高。【**结论**】体型大小对成虫死亡率影响不明显，但对产卵量有较大影响。

关键词 花绒寄甲；死亡率；产卵量；体型；天敌昆虫

Influence of environmental temperature and adult body size on the mortality and fecundity of *Dastarcus helophoroides*

QIU Lan-Fen[1**] ZHONG Li[1] SHAO Jin-Li[1] CHE Shao-Chen[1] LI Guang[1]
WANG Jian-Hong[1] WEI Jian-Rong[2***]

(1. Beijing Institute of Landscape Architecture, Beijing Key Laboratory of Ecological Function Assessment and Regulation Technology of Green Space, Beijing 100102, China; 2. College of Life Science, Hebei University, Baoding 071002, China)

Abstract **[Objectives]** *Dastarcus helophoroides* is an important insect predator of wood borers, especially cerambycids. This paper tests the influence of adult body size on the mortality rate and fecundity of adult *D. helophoroides* in order to improve the mass husbandry of this species. [**Methods**] *D. helophoroides* adults were divided into three groups according to body size; small, medium and large and the survival rates and fecundities of these groups were recorded at 20, 24 and 28 ℃, respectively. **[Results]** Mortality increased with temperature for adults in the same body size group. Mortality rates did not differ significantly among the three groups at 24 ℃ and 28 ℃, but did at 20 ℃, at which temperature mortality was significantly higher in the small group. Temperature had a significant effect on fecundity in the medium group; fecundity was higher at 24 ℃ and 28 ℃ than that at 20 ℃. Fecundity varied significantly with body size; at the same temperature, the large group had the highest fecundity. **[Conclusion]** Body size did not significantly affect the mortality of *D. helophoroides* adults but did affect fecundity.

Key words *Dastarcus helophoroides*; mortality rate; fecundity; body size; natural enemy insect

体型大小是昆虫最基本也是最重要的表型之一，与昆虫的生长、发育、生殖和存活密切相关（黄韵姗等，2017）。近年来，有关昆虫体型大小对种群生物学影响的报道较多，如对生殖、

*资助项目 Supported projects：北京市公园管理中心科技项目(2017026)
**第一作者 First author，E-mail：280548712@qq.com
***通讯作者 Corresponding author，E-mail：weijr@hbu.edu.cn
收稿日期 Received：2020-03-19；接受日期 Accepted：2020-08-14

飞行、摄食、竞争、防御、抗逆性、社会分工等方面均有影响（Atkinson，1994；Tseng *et al.*，2018；Cholel *et al.*，2019；Gerken *et al.*，2020；Starr and Mcintyre，2020）。体型是评价昆虫抗逆性的重要指标之一，已有研究结果表明，同种昆虫体型较大个体抗逆性较强（Scharf *et al.*，2014；黄韵姗等，2017）。这可能是由于体型较大者体内储存的能量物质相对较多，耐饥能力较强，且体型大的昆虫相对表面积（身体表面积与体积之比）较小，散热较慢，较能适应寒冷的气候条件，故越冬存活能力更强（Renault *et al.*，2003；Szentgyorgyi *et al.*，2018）。然而，在资源数量有限或存在环境胁迫条件下，同种内较大个体亦可能表现出生存劣势，如熊蜂 *Bombus impatiens* Cresson 群体中，体型较大的工蜂的耐饥能力不如体型较小的工蜂，其原因可能是大个体工蜂维持机体生命活动的能量消耗相对较大（Couvillon and Dornhaus，2010；黄韵姗等，2017）。体型大小还影响到昆虫求偶、交配、生殖潜力等多个方面（Berge *et al.*，2012；庾琴等，2016；Seyahooei *et al.*，2020），而且还可对后代的发育和存活产生影响（黄韵姗等，2017）。研究结果显示体型较大的雌虫生殖力相对较高（Wang and Keller，2020），因此在研究中常将体型大小作为衡量雌虫生殖能力的重要指标之一（黄韵姗等，2017）。此外，体型大小与昆虫抗逆性也有相关性，进而影响到生物防治的效果（张礼生等，2014）。

花绒寄甲 *Dastarcus helophoroides* 主要寄生大中型蛀干害虫的老熟幼虫和蛹，是多种天牛类害虫的优势天敌，已在林业生产中得到广泛应用（秦锡祥和高瑞桐，1988；魏建荣和牛艳玲，2011；杨忠岐等，2011；温小遂等，2017），但花绒寄甲的体型大小与其存活和生殖能力的关系尚未见报道。与野外条件下的花绒寄甲相比，室内繁育的花绒寄甲成虫体型较大。这种差异是否导致成虫存活和繁育能力不同，进一步影响到野外害虫的生物防治效果。因此，本研究以不同体型大小花绒寄甲成虫为研究对象，观测不同温度处理下的死亡率和产卵量，旨在明确体型大小和温度对花绒寄甲成虫死亡率和产卵量的影响，为今后花绒寄甲的人工繁育与野外利用提供数据支持。

1 材料与方法

1.1 试虫来源

供试花绒寄甲的原始种群由中国林业科学研究院森林生态环境与保护研究所提供，在室内人工继代繁育。幼虫的替代寄主为大麦虫 *Zophobas morio*，成虫饲养于温度（25±1）℃、湿度 55%±10%的全暗养虫室内。

1.2 成虫产卵

成虫产卵盒为 30 cm×20 cm×10 cm 的透明塑料盒（聚丙烯，PP），盒内放置 2 块木块（8.5 cm×3.0 cm×3.0 cm），木块内凿有凹槽（5.0 cm×1.8 cm×1.5 cm），上面覆盖与木块同样大小的牛皮纸片 4 张，再压上载玻片，用橡皮筋绑紧放于产卵盒一端，养虫盒的另一端放置成虫需要补充的水分与饲料。花绒寄甲雌虫会将卵粒产在木块上的牛皮纸片上。

1.3 试验方法

收集羽化 3 d 内的花绒寄甲成虫备用。实验采用成虫的体重代表花绒寄甲体型的大小，依据多年的饲养经验，先将花绒寄甲成虫按不同体长分成 3 组，再将 3 组成虫分别称重：A 组体重约为（11.27 ± 0.14） mg（平均值±标准误）；B 组体重约为（22.83 ± 0.16） mg；C 组体重约为（33.76 ± 0.32）mg。将以上 3 组成虫分别置于（20±1）、（24 ± 1）和（28 ± 1）℃的培养箱内（光周期为全暗，湿度为 60%），每 7 d 记录 1 次成虫的死亡数量、产卵量，并补充水分、更换饲料。每个处理重复 3 次，每个重复 60 头成虫。

1.4 数据处理

采用 SPSS 软件进行双因素方差分析及 LSD 显著性检验，死亡率经过平方根反正弦转换后，使之达到方差齐性要求再进行分析比较，数据以

均值±标准误统计并作图。

2　结果与分析

2.1　体型大小和温度对花绒寄甲成虫死亡率的影响

不同体型大小的花绒寄甲成虫在 28 ℃时死亡率均较高，24 ℃的死亡率次之，20 ℃时的死亡率最低（图 1）。体型较小的 A 组花绒寄甲成虫第一个死亡高峰期在第 16-72 天（图 1：A），体型中等的 B 组成虫第一个死亡高峰期为第 30-100 天（图 1：B），体型较大的 C 组成虫第一个死亡高峰期为第 30-86 天（图 1：C）。

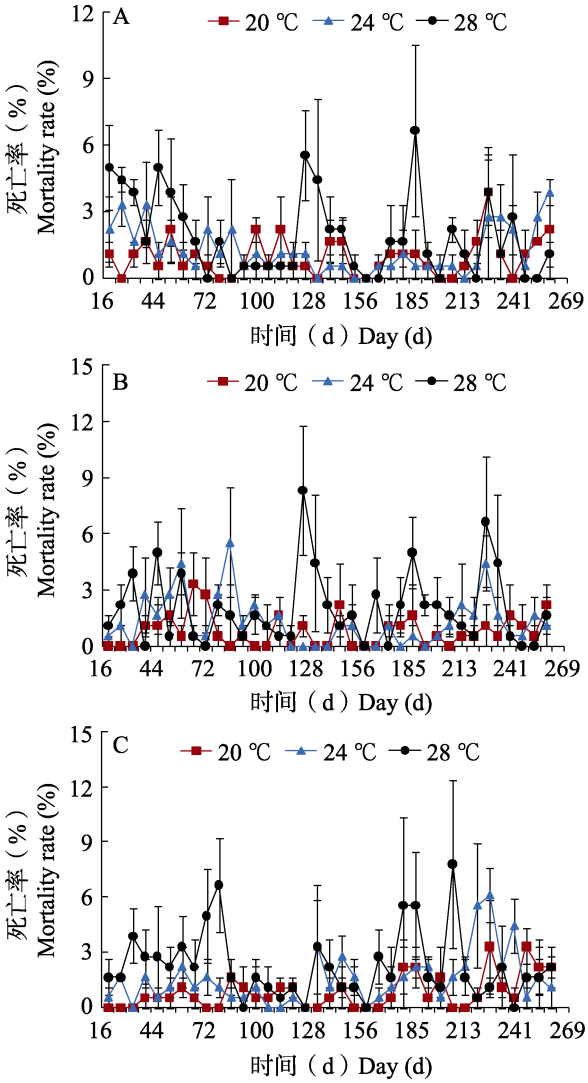

图 1　不同体型的花绒寄甲成虫在不同温度下的死亡率

Fig. 1　Mortality of three groups of *Dastarcus helophoroides* adults at different temperatures

A. 体型较小组；B. 体型中等组；C. 体型较大组。
A. The smaller body-sized adults; B. The middle body-sized adults; C. The larger body-sized adults.

不同温度条件下的成虫累积死亡率见图 2。体型相同的花绒寄甲成虫随着温度的升高累积死亡率升高，20 ℃的累积死亡率最低，24 ℃次之，28 ℃最高。统计分析结果表明 A 组成虫 28 ℃下的累积死亡率与 20 ℃和 24 ℃差异显著（$P<0.05$），但 20 ℃累积死亡率与 24 ℃差异不显著（$P>0.05$）。B 组和 C 组成虫在 3 种温度处理之间的累积死亡率均存在显著差异（$P<0.05$）。

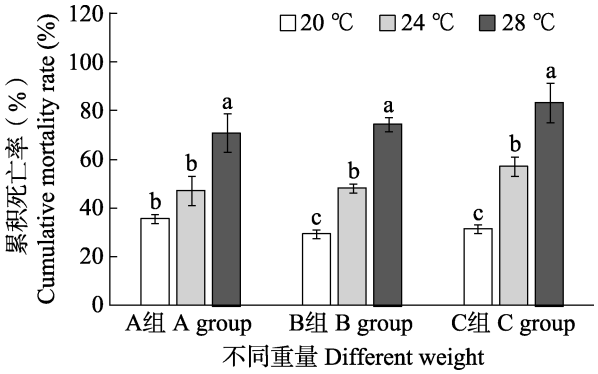

图 2　不同温度相同体型大小花绒寄甲成虫的累积死亡率比较

Fig. 2　Cumulative mortality rates of similar body size of *Dastarcus helophoroides* adults at different temperatures

A 组：体型较小组；B 组：体型中等组；C 组：体型较大组。图中数据为平均值±标准误，柱上标有不同小写字母表示在 5%水平差异显著。下图同。
A group: The smaller body-sized adults; B group: The middle body-sized adults; C group: The larger body-sized adults. Data are mean±SE, and histograms with different lowercase letters indicate significant difference at the 0.05 level by LSD multiple range test. The same below.

相同温度下不同体型的成虫只在 20 ℃时累积死亡率有差异（图 3），体型较小的 A 组成虫累积死亡率显著高于 B 组和 C 组（$P<0.05$），24 ℃和 28 ℃时不同组之间成虫的累积死亡率无显著差异（$P>0.05$）。

双因素方差分析结果表明，温度是影响花绒寄甲成虫死亡率的主要因素（$F=29.19$, $df=17, 1$, $P<0.01$），而体型大小对死亡率的影响不显著（$F=2.09$, $df=17, 2$, $P=0.17>0.05$），二者交互作用

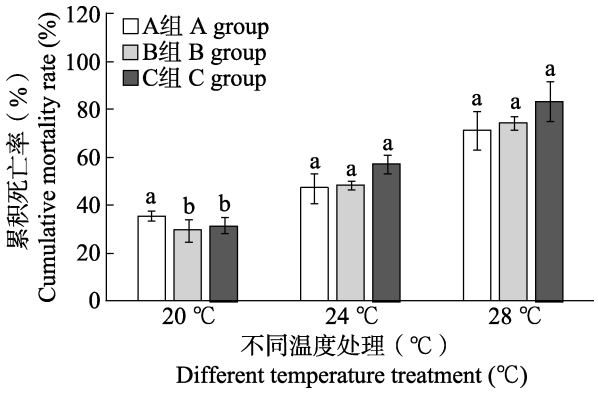

图 3　同一温度不同体型大小花绒寄甲成虫的累积死亡率比较

Fig. 3　Comparison of cumulative mortality rates of different body size of *Dastarcus helophoroides* adults at the same temperature

对花绒寄甲死亡率的影响不显著（F=0.02, df=17, 2, P=0.98>0.05）。

2.2　体型大小和温度对花绒寄甲成虫产卵量的影响

体型大小和温度对花绒寄甲成虫产卵量的影响见图 4。在 20 ℃处理下成虫的产卵期主要集中在第 120-230 天之间，在 24 ℃处理下成虫的产卵时间较 20 ℃处理提前约 60 d（图 4：B），在 28 ℃处理下成虫 20 d 左右就开始产卵（图 4：C）。在产量高峰期间，3 种温度处理下 C 组的平均每雌产卵量最高，B 组次之，A 组最低。

不同体型的花绒寄甲成虫的累积产卵量如图 5 所示。在相同温度条件下，累积产卵量随着成虫体型的增大而增多。统计结果表明在 20 ℃和 24 ℃处理下，C 组的累积产卵量显著高于 A 组和 B 组（P<0.05），在 28 ℃处理下，C 组的累积产卵量显著高于 A 组（P<0.05），而 3 种温度处理下 A 组和 B 组累积产卵量无显著差异（P>0.05）。

对于相同个体大小来说，只有中等个体大小（B 组）的成虫在 24 ℃和 28 ℃处理下累积产卵量显著高于 20 ℃（P<0.05），而 A 组和 C 组的成虫在 3 种温度处理下的累积产卵量无显著差异（P >0.05）（图 6）。

双因素方差分析结果显示，体型大小是影响花绒寄甲成虫产卵量的主要因素（F=23.34, df=17, 2, P<0.01），温度对产卵量的影响不显著

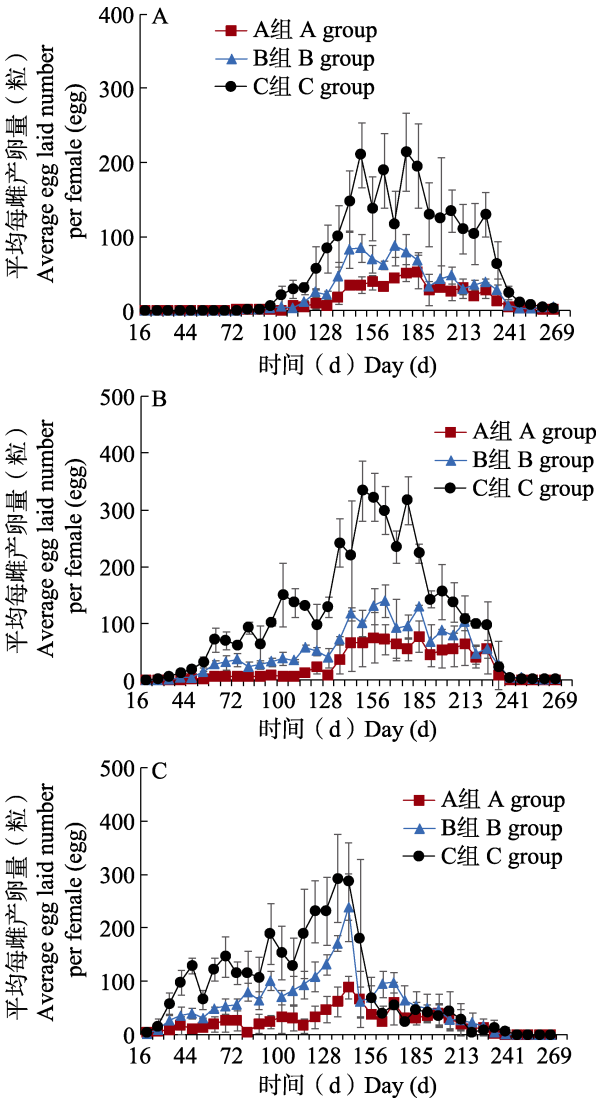

图 4　20 ℃ (A)、24 ℃ (B)和 28 ℃ (C)下不同体型大小花绒寄甲平均产卵量

Fig. 4　Average fecundity of different body size of *Dastarcus helophoroides* adults at 20 ℃ (A), 24 ℃ (B) and 28 ℃ (C)

（F=0.38, df=17, 1, P=0.55）。体型大小与温度的交互作用对花绒寄甲成虫累积产卵量的影响不显著（F=1.06, df=17, 2, P=0.38）。

3　讨论

天敌昆虫的规模化生产对于害虫生物防治具有重要意义（张礼生等，2014）。在本研究中，一头光肩星天牛 *Anoplophora glabripennis* (Motsch.) 或栗山天牛 *Massicus raddei* (Blessig)老熟幼虫可以被几头甚至二十余头花绒寄甲幼虫寄生，且大

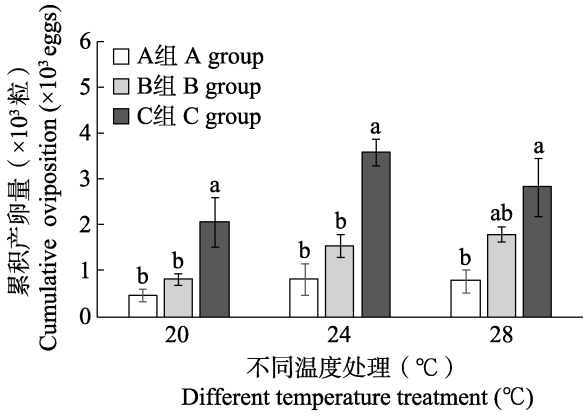

图 5　不同体型大小的花绒寄甲成虫在不同温度下的累积产卵量

Fig. 5　Comparison of total numbers of eggs laid by the different body size of *Dastarcus helophoroides* adults at the same temperature

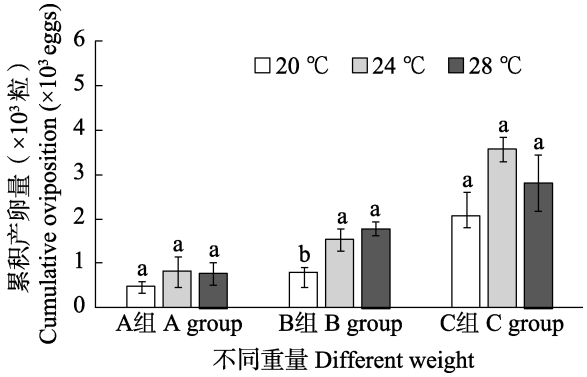

图 6　同体型大小花绒寄甲成虫在不同温度下的产卵量比较

Fig. 6　Comparison of total numbers of eggs laid at different temperatures by the same body size of *Dastarcus helophoroides* adults

部分幼虫能够顺利羽化为成虫，但由于子代数量的差异，使得同一种类寄主上羽化的花绒寄甲成虫体型差异较大。在室内采用大麦虫 *Zophobas morio* Fabricius 繁育花绒寄甲的工作中，由于接种量或寄生成功率的差异也存在此种现象。有鉴于此，本文对不同体型大小花绒寄甲成虫在生殖力和存活方面的情况进行了研究，结果表明，温度是影响花绒寄甲成虫死亡率的重要因素，成虫体型大小相似的情况下，环境温度越高，累积死亡率越高；在同一温度下，除 20 ℃时的体型较小组外，不同体型大小组成虫间的累积死亡率不显著；从不同日龄来说，成虫体型大小对不同日龄的花绒寄甲存活率有一定影响，如体型较小的 A 组花绒寄甲成虫第一个死亡高峰期在第 16-72 天，体型中等的 B 组成虫第一个死亡高峰期为第 30-100 天，而体型较大的 C 组成虫第一个死亡高峰期为第 30-86 天。此外，在定期饲喂成虫的条件下，20 ℃时体型大的成虫死亡率较低，体型小的成虫死亡率较高；在 24 ℃时第 213 天之前，体型大的花绒寄甲成虫死亡率低于体型小的成虫，在此之后，变化趋势相反；28 ℃下在第 100 天之前，体型小的花绒寄甲成虫死亡率高，185 d 之后体型大的花绒寄甲成虫死亡率均高于小体型成虫的死亡率。这与对云杉线小卷蛾 *Zeiraphera canadensis* 的研究结果类似，即在适宜环境温度下，成虫寿命与体型大小呈正相关，但当环境温度较高时，体型较大个体成虫的寿命反而与体型大小呈负相关（Carroll and Quiring，1993）。因此，一般来说同种昆虫中体型较大个体的抗逆性较强，但在资源数量有限或接近极端不利环境条件下，体型较大个体昆虫也可能表现出生存劣势（黄韵姗等，2017）。

本研究发现，同一温度条件下，体型较大的成虫产卵量一般大于体型较小的成虫产卵量，这与大多数昆虫种类的繁殖力随体型增加而增大的结论一致（孙海燕等，2010；匡先钜等，2016）。但天敌的生殖力受不同温度的影响较大，如海氏桨角蚜小蜂 *Eretmocerus hayati* 在 30 ℃发育时获得的雌蜂抱卵量显著高于在 26、34 和 38 ℃下雌蜂的抱卵量（段敏等，2016）。同样，花绒寄甲成虫的产卵量也受到环境温度的影响，在食料供给充分条件下，22-26 ℃时成虫产卵量最大（杨忠岐等，2012；陈元生等，2017）。本研究中，在 20 ℃和 24 ℃条件下，体型较小（A 组）和体型中等（B 组）的成虫产卵量明显低于体型较大成虫（C 组）的产卵量，而在 28 ℃时，虽然体型较大组成虫的产卵量明显高于体型较小组成虫的产卵量，但体型中等组成虫的产卵量与体型较小和体型较大组成虫的产卵量均无明显差异。对于体型大小相似的成虫，体型较小组和体型较大组分别在不同温度条件下的累积产卵量没有明显差异，但体型中等组成虫在 20 ℃条件下的累积产卵量低于 24 ℃和 28 ℃条件下的

累积产卵量。

总之，体型中等的花绒寄甲成虫能够最大程度地发挥其生存与生殖潜力，可能更有利于在自然界中发挥其对天牛类蛀干害虫的控制作用。在花绒寄甲的人工繁育中，应结合花绒寄甲的生产成本，尽可能优化繁育条件，繁育出体型中等大小的花绒寄甲成虫。不过，体型大小对花绒寄甲成虫的野外搜索和抗逆等能力的影响还需进一步探究。

参考文献 (References)

Atkinson D, 1994. Temperature and organism size-a biological law for ectotherms? *Advances in Ecological Research*, 25: 1–58.

Berger D, Olofsson M, Friberg M, Karlsson B, Wiklund C, Gotthard K, 2012. Intraspecific variation in body size and the rate of reproduction in female insects-adaptive allometry or biophysical constraint? *Journal of Animal Ecology*, 81(6): 1244–1258.

Carroll AL, Quiring DT, 1993. Interactions between size and temperature influence fecundity and longevity of a Tortricid moth, *Zriraphera Canadensis*. *Oecologia*, 93(2): 233–241.

Cheng YS, Yin CM, Luo ZD, Yu HP, Wang XF, 2017. Effect of rearing conditions on fecundity and life-span of *Monochamus alternatus* biotype *Dastarcus helophoroides* (Fairmaire). *China Plant Protection*, 37(3): 33–38. [陈元生, 尹春明, 罗致迪, 于海萍, 王小峰, 2017. 饲养条件对松褐天牛生物型花绒寄甲成虫产卵和寿命的影响. 中国植保导刊, 37(3): 33–38.]

Cholel H, Woodard SH, Bloch G, 2019. Body size variation in bees: Regulation, mechanisms, and relationship to social organization. *Current Opinion in Insect Science*, 35: 77–87.

Couvillon MJ, Dornhaus A, 2010. Small worker bumble bees (*Bombus impatiens*) are hardier against starvation than their larger sisters. *Insectes Sociaux*, 57(2): 193–197.

Duan M, Yang NW, Wan FH, 2016. Influence of high developmental temperatures on body size and egg load of female adults of *Eretmocerus hayati* (Zolnerowich & Rose) and *Encarsia sophia* (Girault & Dodd). *Chinese Journal of Biological Control*, 32(1): 13–18. [段敏, 杨念婉, 万方浩, 2016. 发育高温对烟粉虱寄生蜂雌蜂个体大小及抱卵量的影响. 中国生物防治学报, 32(1): 13–18.]

Gerken AR, Abts SR, Scully ED, Campbell JF, 2020. Artificial selection to a nonlethal cold stress in Trogoderma variabile shows associations with chronic cold stress and body size. *Environmental Entomology*, 49(2): 1–13.

Huang YS, Zhang JY, Jiang MX, 2017. Effects of body size on the population biology of insect. *Acta Ecologica Sinica*, 37(7): 2158–2168. [黄韵姗, 张静宇, 蒋明星, 2017. 昆虫个体大小对其种群生物学的影响. 生态学报, 37(7): 2158–2168.]

Kuang XJ, Ge F, Xue FS, 2016. Influence of environment factors and individual differences to female fecundity in insect. *Journal of Environmental Entomology*, 38(6): 1275–1281. [匡先钜, 戈峰, 薛芳森, 2016. 环境因素和个体差异对雌虫产卵量的影响. 环境昆虫学报, 38(6): 1275–1281.]

Qin XX, Gao RT, 1988. Studies on bionomics and application of *Dastarcus longulus* Sharp. *Entomological Knowledge*, 25(2): 109–112. [秦锡祥, 高瑞桐, 1988. 花绒寄甲生物学特性及其应用研究. 昆虫知识, 25(2): 109–112.]

Renault D, Hance T, Vannier G, Vernon P, 2003. Is body size an influential parameter in determining the duration of survival at low temperatures in *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae)? *Journal of Zoology*, 259(4): 381–388.

Scharf I, Sbilordo SH, Martin OY, 2014. Cold tolerance in flour beetle species differing in body size and selection temperature. *Physiological Entomology*, 39(1): 80–87.

Seyahooei MA, Kraaijeveld K, Bagheri A, van Alphen JJM, 2020. Adult size and timing of reproduction in five species of Asobara parasitoid wasp. *Insect Science*, doi:10.1111/1744-7917.12728

Starr SM and McIntyre NE, 2020. Effects of water temperature under projected climate change on the development and survival of *Enallagma civile* (Odonata: Coenagrionidae). *Environmental Entomology*, 49(1): 230–237

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

Szentgyorgyi H, Czekonska K, Tofilski A, 2018. Honey bees are larger and live longer after developing at low temperature. *Journal of Thermal Biology*, 78: 219–226

Tseng M, Kaur KM, Pari SS, Sarai K, Chan D, Yao CH,

Porto P, Toor A, Toor HS, Fograscher K, 2018. Decreases in beetle body size linked to climate change and warming temperatures. *Journal of Animal Ecology*, 87(3): 647–659.

Wang T, Keller MA. 2020. Larger is better in the parasitoid *Eretmocerus warrae* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Insect*, 11(1): 39.

Wei JR, Niu YL, 2011. Evaluation of biological control of *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) by releasing adult *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Zopheridae): A case study in Xi'an city, northwestern China. *Acta Entomologica Sinica*, 54(12): 1399–1405. [魏建荣, 牛艳玲, 2011. 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. 昆虫学报, 54(12): 1399–1405.]

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

Yang ZQ, Li JQ, Mei ZX, Wang XY, Jing ZG, Meng XD, 2011. Biocontrol of *Batocera horsfieldi* (Coleoptera: Cerambycidae) attacking ash trees by releasing the parasitoid *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae). *Scientia Silvae Sinicae*, 47(12): 78–84. [杨忠岐, 李建庆, 梅增霞, 王小艺, 景志高, 孟向东, 2011. 释放花绒寄甲防治危害白蜡的云斑天牛. 林业科学, 47(12): 78–84.]

Yang ZQ, Li ML, Lei Q, Wang XY, 2012. Effects of temperature on development and reproduction of *Dastarcus helophoroides* (Coleoptera: Bothrideridae). *Chinese Journal of Biological Control*, 28(1): 9–14. [杨忠岐, 李孟楼, 雷琼, 王小艺, 2012. 温度对花绒寄甲发育和生殖的影响. 中国生物防治, 28(1): 9–14.]

Yu Q, Wang F, Zhang RX, Guo GM, Fan RJ, Hao C, 2016. Effects of pupal weight on the fecundity and longevity of adults and the larva development of the next generation in *Grapholitha molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Acta Entomologica Sinica*, 59(9): 985–990. [庾琴, 王芳, 张润祥, 郭贵明, 范仁俊, 郝赤. 2016. 梨小食心虫蛹重对成虫繁殖力和寿命及下一代幼虫发育的影响. 昆虫学报, 59(9): 985–990.]

Zhang LS, Chen HY, Li BP, 2014. Mass-rearing and Utilization of Insect Natural Enemies. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press. 55, 69–70. [张礼生, 陈红印, 李保平, 2014. 天敌昆虫扩繁与应用. 北京: 中国农业科学技术出版社. 55, 69–70.]