



黄志嘉, 苑鹏宇, 谢伟龙, 马涛, 温秀军. 黄野螟群体大小对幼虫个体生存和发育的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (4): 1037-1042.

黄野螟群体大小对幼虫个体生存和发育的影响

黄志嘉¹, 苑鹏宇¹, 谢伟龙², 马涛¹, 温秀军^{1*}

(1. 华南农业大学林学与风景园林学院, 广州 510642; 2. 河源市林业局, 广东河源 517000)

摘要: 幼虫聚集取食是一些鳞翅目昆虫提高幼虫生长和存活的手段。通过对聚集取食的黄野螟 *Heortia vitessoides* Moore 幼虫在室内条件下进行饲养, 探究黄野螟幼虫的群体数量大小 (分别为 30、60、90 头幼虫) 对幼虫体长、发育速度、达末龄 (5 龄) 时的存活率的影响。分析发现在排除天敌捕食和食物缺乏的前提下, 从 3 龄开始, 大群体 (90 头) 的体长显著大于小群体 (30 头), 大群体的幼虫发育速度显著快于小群体, 大群体对幼虫前 4 个龄期时的成活率没有显著提高, 尽管大群体的存活率在均值上高于小群体, 但是幼虫总体存活率在不同群体中差异不显著。黄野螟幼虫的聚集取食对幼虫的生长的促进作用明显, 显著促进了幼虫的生长, 加快了幼虫的发育。

关键词: 黄野螟; 幼虫聚集; 群体数量; 存活率; 幼虫生长

中图分类号: Q968.1; S433

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 04-1037-06

Effect of group size on the survival and growth of *Heortia vitessoides* Moore (Lepidoptera: Pyralidae)

HUANG Zhi-Jia¹, YUAN Peng-Yu¹, XIE Wei-Long², MA Tao¹, WEN Xiu-Jun^{1*} (1. College of Forestry and Landscape Architecture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Bureau of Forestry of Heyuan, Heyuan 517000, Guangdong Province, China)

Abstract: Larval aggregation is a strategy employed by some lepidopteran insect to enhance the growth and survival of caterpillars. The study focused on effect of group size on the body length, developing speed and survival of *Heortia vitessoides* Moore. Caterpillars were reared under laboratory condition divided into 30, 60 and 90. The body length, developing speed and survival rate of caterpillars were measured. The body length of *H. vitessoides* larvae were significantly larger in larger group since 3rd instar. The developing speed was also significantly faster in larger groups. However, the survival rate was not significantly higher in larger group under laboratory conditions. The growth and developing speed were enhanced by caterpillar aggregation.

Key words: *Heortia vitessoides*; larval aggregation; group size; survival rate; caterpillar growth

黄野螟 *Heortia vitessoides* Moore 是一种严重危害土沉香 *Aquilaria sinensis* (Lour.) Spreng 的害虫。幼虫成群取食, 常导致土沉香叶片被吃光, 严重

影响土沉香的生长和沉香产量。黄野螟在国内主要分布于广东、广西、海南和云南等南方各省以及香港特别行政区。不同地区的黄野螟发生世代

基金项目: 国家自然科学基金 (31270692)

作者简介: 黄志嘉, 男, 硕士研究生, 主要从事林业害虫综合治理方向研究, E-mail: carterhuang@163.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 温秀军, 男, 教授, 研究方向为森林昆虫生物生态学、害虫无公害综合治理, E-mail: wenxiujun@scau.edu.cn

收稿日期 Received: 2021-03-16; 接受日期 Accepted: 2021-04-07

存在一定差异,黄野螟在海南省每年发生8代以上,每年1-6月发生最为严重(周亚奎等,2017);在云南西双版纳州每年发生5~7代,发生时间为3月中旬至12月(严珍和岳建军,2019)。

黄野螟幼虫聚集取食(Liang *et al.*, 2019),其幼虫聚集行为属于鳞翅目昆虫社会性行为的一种,鳞翅目昆虫社会性行为主要体现在2个方面:幼虫的聚集行为和成虫的共栖及产卵聚集行为(Myers *et al.*, 1981; Costa & Pierce, 1997)。幼虫聚集行为是其防御和提高觅食效率的手段(Costa & Pierce, 1997),鳞翅目幼虫聚集行为不同于蜜蜂、白蚁、蚂蚁 *Pheidole megacephala* Fabricius 的聚集行为,不存在繁殖分工,没有成虫照顾后代(Batra, 1966; Costa & Pierce, 1997)。

鳞翅目幼虫聚集取食行为的生物学意义主要有三点,一是聚集取食可以帮助定位食物并提高幼虫的取食效率(Masaki, 1977; Weyh & Maschwitz, 1978; Fitzgerald & Peterson, 1983; Peterson, 1987)和降低植物化感物质的伤害,从而提高幼虫的发育速度及生存率,蛱蝶科的巢蛱蝶 *Chlosyne janais* Drury 在活植物寄主上大群体中的个体大小显著高于小群体,但是这种优势在取食离体叶片时消失(Denno & Benrey, 1997)。田间试验发现刺蛾科的鞍背刺蛾 *Acharia stimulea* Clemens 在聚集下能稍快地度过第1龄期(Fiorentino *et al.*, 2014)。二是聚集有利于恫吓天敌的捕食,幼虫通过聚集形成群体的警戒色以驱逐脊椎动物捕食者(Costa & Pierce, 1997),多项研究发现鸟类会避免取食带群体保护色的鳞翅目幼虫(Brower, 1958; Gittleman & Harvey, 1980; Gittleman *et al.*, 1980; Harvey *et al.*, 1982; Roper & Redston, 1987),幼虫的聚集提高了捕食者与猎物之间的接触频率,但也因此加快了捕食者对警戒色的识别(Franck *et al.*, 1967)。三是幼虫聚集中吐丝拉网形成的遮蔽有利于调节幼虫周围的温度从而促进幼虫的发育(Stevenson, 1985; Bryant *et al.*, 2000; Ruf & Fiedler, 2002; Costa & Ross, 2003)。

本研究通过室内饲养黄野螟幼虫,探究在食物充足和没有天敌威胁的情况下,黄野螟幼虫的存活率是否受群体大小的影响,同时探究幼虫个体的发育速度及发育大小是否受所在群体的数量大小影响。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

试验使用的黄野螟卵块从广东省肇庆北岭山林场(112°30'E, 23°90'N)采集,采集时卵块附着于土沉香叶片下表面。采集后放置于圆形塑料盒(24.5 cm × 6.3 cm × 20.5 cm)中,盖子上打4个直径约2 mm的小孔透气,等待孵化。放置于室温25℃,光周期12 L:12 D,相对湿度60%的昆虫培养室中。

在卵块孵化24 h内将黄野螟幼虫按数量分为30头、60头和90头分别装在圆形塑料盒里(24.5 cm × 6.3 cm × 20.5 cm),盖子上打4个直径约2 mm的小孔透气,每种数量处理进行4个重复试验。室内温度25℃,光周期12 L:12 D,相对湿度60%条件下,饲喂新鲜的土沉香叶片。

叶片沿着盒子底部的边缘放置,叶片尖端与基部相接保证了幼虫群体可以在叶片食物耗尽时迅速转移至下一片叶子,保证了1龄和2龄幼虫不会在取食时迷失方向脱离群体而死亡。每24 h检查并清理取食后留下的叶片残骸和虫粪,同时清理死亡的幼虫。在试验期间,依据黄野螟幼虫食量大小,保证每次提供足够的土沉香新鲜叶片作为食物,每次清理时塑料盒中均有未经取食的多余新鲜叶片,因此试验过程中不存在因为叶片更换不及时而导致幼虫生长和生存受影响。

1.2 试验方法

1.2.1 生活在不同数量大小群体中的黄野螟幼虫体长

在每次幼虫完成蜕皮进入下一龄期24 h内,测量不同群体数量的幼虫体长,1~3龄幼虫使用Optec SZ66型体视显微镜(搭配Optec CCD TP510型摄像头)测量,4~5龄幼虫通过拍照后使用测量软件Digimizer软件(Medcalc software)完成测量。先单独计算每一重复试验的平均体长,再对不同群体大小的指标进行组间方差分析。

1.2.2 不同数量大小群体中黄野螟幼虫个体发育速度

以4龄幼虫蜕皮结束作为幼虫进入5龄的标志。记录幼虫进入5龄所用的时间(d),从而计算幼虫度过前4个龄期所耗时间并以此作为幼虫发育快慢的指标。先分别计算每个重复试验的平均时间,在此基础上统计不同群体大小间的发育速度差异。

1.2.3 不同数量大小群体中黄野螟幼虫存活率

每次幼虫蜕皮 24 h 内, 检查记录塑料盒内存活的幼虫数量, 计算每个重复试验的幼虫存活率, 以此计算幼虫进入对应龄期时的存活率。

$$\text{存活率}(\%) = \frac{\text{对应龄期开始时活虫数量}}{\text{群体数量}} \times 100$$

1.2.4 数据分析

使用 R 软件对不同群体大小的幼虫进入各龄期时的存活率和进入 5 龄的所用时间 (d) 和幼虫体长进行单因素方差分析和邓肯多重比较 (Duncan multiple range test) 检验不同群体数量间的幼虫体长、发育速度和存活率的差异。采用 Excel 2016 绘制统计图。

2 结果与分析

2.1 不同数量大小群体中黄野螟幼虫体长

从 2~5 龄, 幼虫体长在不同群体之间的大小为 90 > 60 > 30 (图 1), 但是 2 龄幼虫体长在不同群体数量间差异不显著 ($F = 2.08$, $df = 2$, $P > 0.05$), 从 3 龄开始, 随着幼虫取食量增大, 群体差距加大, 90 头和 60 头群体的幼虫体长显著高于 30 头群体 ($F = 10.15$, $df = 2$, $P < 0.01$), 90 头和 60 头群体的 4 龄幼虫体长仍然显著高于 30 头群体 ($F = 4.97$, $df = 2$, $P < 0.05$), 5 龄开始时, 90 头群体的幼虫体长显著高于 30 头和 60 头群体 ($F = 5.40$, $df = 2$, $P < 0.05$)。

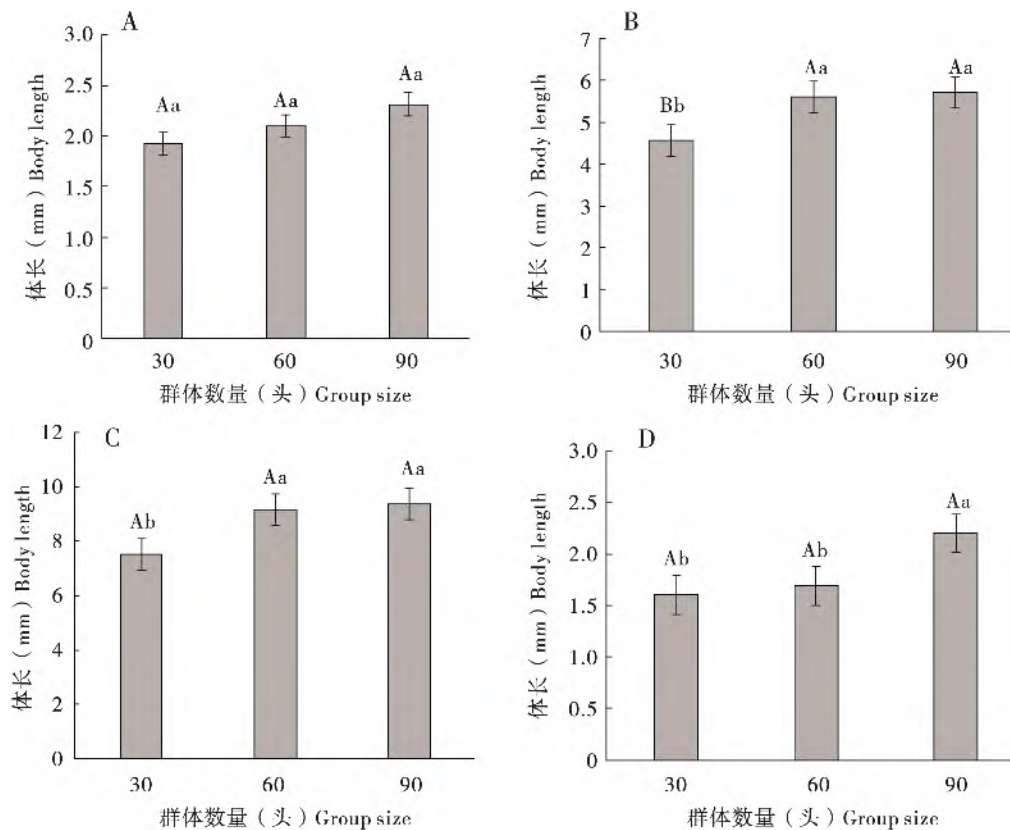


图 1 黄野螟幼虫的体长

Fig. 1 Body length of *Heortia vitessoides* larvae

注: A, 2 龄幼虫; B, 3 龄幼虫; C, 4 龄幼虫; D, 5 龄幼虫。图中数据为 4 次重复平均值 \pm 标准差, 不同大、小写字母分别表示 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ 水平差异显著。Note: A, 2nd instar larvae; B, 3rd instar larvae; C, 4th instar larvae; D, 5th instar larvae. Data was presented in Means \pm SE from 4 replicates. Label with different capital or lower-case letters were significantly different at $P < 0.01$ or $P < 0.05$.

2.2 不同数量大小群体中黄野螟幼虫个体发育速度

不同数量群体饲养处理对幼虫个体发育速度

影响显著 ($F = 5.078$, $df = 2$, $P < 0.05$), 90 头处理到达 5 龄所需时间为 13.09 ± 0.27 d, 60 头处理所需时间为 13.50 ± 0.63 d, 30 头处理所需的时间

为 14.61 ± 0.87 d, 90 头处理的所用时间显著小于 30 头处理 (图 2)。

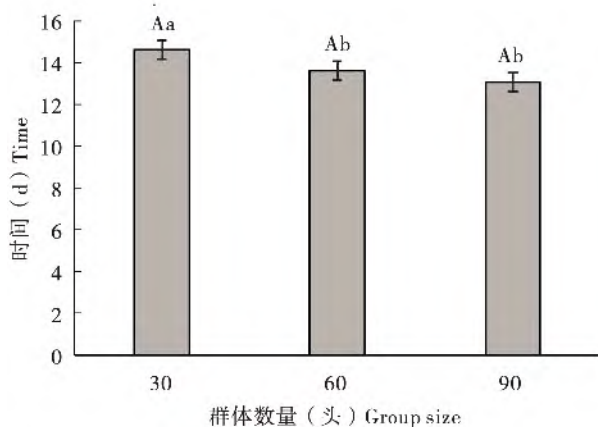


图 2 黄野螟幼虫到达 5 龄发育时间

Fig. 2 Duration of *Heortia vitessoides* larvae took to reach 5th instar

注: 图中数据为 4 次重复平均值 ± 标准差, 不同大、小写字母分别表示 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ 水平差异显著。

Note: Data was presented in Means ± SE from 4 replicates. Label with different capital or lower-case letters were significantly different at $P < 0.01$ or $P < 0.05$.

2.3 不同数量大小群体中黄野螟幼虫存活率

在不同龄期中, 不同数量处理之间的幼虫存活率大小为 $90 > 60 > 30$ (表 1), 组间差异不显著 (1~2 龄: $F = 1.33$, $df = 2$, $P > 0.05$; 1~3 龄: $F = 1.45$, $df = 2$, $P > 0.05$; 1~4 龄: $F = 0.81$, $df = 2$, $P > 0.05$; 1~5 龄: $F = 1.66$, $df = 2$, $P > 0.05$)

3 结论与讨论

群体数量的上升在食物充足的情况下依然提高了幼虫的发育速度和体长。可能的原因一是群体取食提高了黄野螟幼虫的取食效率从而提高了单独个体的取食量。野外试验发现巢蛱蝶 *Chlosyne poecile* Felder 通过前两个龄期的聚集取食显著提高了幼虫个体的取食量, 有研究表明圣歌女神裙绢蝶 *Mechanitis isthmia* Linnaeus 在聚集取食时能有效地除去寄主植物叶片的表皮毛而提高了取食效率 (Young & Moffett, 1979; Inouye & Johnson, 2005)。二是通过迅速取食叶片从而压制了植物叶片化感物质的产生, 野外试验发现巢蛱蝶在聚集取食活植株的群体优势在取食离体叶片时会消失, 该试验对幼虫群体的数量处理分别是 1、3、10 和 30 头幼虫, 比巢蛱蝶在自然状态下的种群要小得多 (Denno & Benrey, 1997)。本研究使用了不同的生长指标来验证幼虫的生长速度, 采取的数量处理小于黄野螟幼虫在野外的群体大小 (Liang *et al.*, 2019), 结果表明黄野螟幼虫在较大群体中取食离体叶片也能够提高个体的发育速度, 且个体的大小也明显提高, 说明了群体中幼虫数量对植物离体叶片化感作用的压制可能存在累积效应。与此同时, 黄野螟幼虫取食与土沉香化感作用产生的机理需要更为深入的研究。

表 1 黄野螟幼虫存活率 (%)

Table 1 Survival rate of *Heortia vitessoides* larvae between different instars

数量 (头) Group size	时期 Durations			
	1~2 龄 1 st ~ 2 nd instar	1~3 龄 1 st ~ 3 rd instar	1~4 龄 1 st ~ 4 th instar	1~5 龄 1 st ~ 5 th instar
30	73.33 ± 3.69 Aa	72.5 ± 3.55 Aa	67.5 ± 3.63 Aa	60.83 ± 3.15 Aa
60	75.83 ± 1.70 Aa	73.33 ± 1.74 Aa	73.33 ± 2.88 Aa	72.5 ± 2.75 Aa
90	83.88 ± 3.00 Aa	82.5 ± 3.06 Aa	78.88 ± 3.93 Aa	76.38 ± 4.13 Aa

注: 表中数据为 4 次重复平均值 ± 标准差, 不同大、小写字母分别表示 $P < 0.01$ 和 $P < 0.05$ 水平差异显著。Note: Data was presented in Means ± SE from 4 replicates. Label with different capital or lower-case letters were significantly different at $P < 0.01$ or $P < 0.05$.

不同数量处理大小的存活率差别不显著也说明了在野外黄野螟幼虫聚集取食对个体存活率的影响可能更多是在于高效的食物定位, 减少幼虫在具备单独取食能力前分散从而降低死亡率, 例如孔雀蛱蝶 *Inachis io* Linnaeus 在离开群体时, 室内饲养的死亡率显著上升 (Lauber & Darvas, 2009)。天敌防范被认为是幼虫聚集的一个重要作用。研究发现早期龄期的缩短有助于减少粉蝶盘绒茧蜂 *Cotesia glomerata* Linnaeus 幼虫被天敌寄生的概率 (Benrey & Denno, 1997), 当群体数量较高时, 银杏大蚕蛾 *Dictyoploca japonica* Moore 个体从鸟类捕食中存活概率更高 (Iwakuma & Morimoto, 1984), 圣歌女神裙绢蝶幼虫在 1 龄和 2 龄时脱离群体的个体更容易被黄蜂和蜘蛛捕食 (Young & Moffett, 1979)。因此黄野螟幼虫聚集的另一作用可能是在野外防范天敌从而提高幼虫的生存机率。该假设需要进行进一步的研究证实。

对黄野螟进行的野外调查发现 1 龄幼虫的群体个体均值显著高于卵块的平均卵数 (Liang *et al.*, 2019), 可推断黄野螟幼虫在取食发育过程中存在不同群体相互融合的现象。在野外, 黄野螟幼虫的群体融合可能是在取食转移的过程中完成的。黄野螟幼虫的取食范围不局限于单一植株, 群体通过不同植株之间相互接触的枝叶在不同植株中迁移。土沉香的叶片质量会影响成虫产卵的选择, 黄野螟雌成虫产卵过程中更倾向于选择嫩叶产卵 (Qiao *et al.*, 2012), 但是幼虫取食所有类型的叶片 (茅裕婷等, 2017)。因此在种植过程中加大植株间的距离或及时除枝, 可在黄野螟爆发时减少其跨植株转移, 从而控制群体大小, 弱化幼虫生长发育, 同时保护未被产卵的植株。

参考文献 (References)

- Batra SW. Social behavior and nests of some nomiid bees in India (Hymenoptera, Halictidae) [J]. *The Indian Journal of Entomology*, 1966, 13 (3): 145–153.
- Benrey B, Denno RF. The slow-growth-high-mortality hypothesis: A test using the cabbage butterfly [J]. *Ecology*, 1997, 78 (4): 987–999.
- Brower LP. Bird predation and foodplant specificity in closely related pro-cryptic insects [J]. *The American Naturalist*, 1958, 92 (864): 183–187.
- Bryant SR, Thomas CD, Bale JS. Thermal ecology of gregarious and solitary nettle-feeding nymphalid butterfly larvae [J]. *Oecologia*, 2000, 122 (1): 1–10.
- Costa JT, Pierce NE. Social Evolution in the Lepidoptera: Ecological Context and Communication in Larval Societies [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1997: 407–442.
- Costa JT, Ross KG. Fitness effects of group merging in a social insect [J]. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 2003, 270 (1525): 1697–1702.
- Denno R, Benrey B. Aggregation facilitates larval growth in the neotropical nymphalid butterfly *Chlosyne janais* [J]. *Ecological Entomology*, 1997, 22 (2): 133–141.
- Fiorentino VL, Murphy SM, Stoepler TM, *et al.* Facilitative effects of group feeding on performance of the saddleback caterpillar (Lepidoptera: Limacodidae) [J]. *Environmental Entomology*, 2014, 43 (1): 131–138.
- Fitzgerald TD, Peterson SC. Elective recruitment by the eastern tent caterpillar (*Malacosoma americanum*) [J]. *Animal Behaviour*, 1983, 31 (2): 417–423.
- Franck D, Impeken M, Tinbergen N. An experiment on spacing – out as a defence against predation [J]. *Behaviour*, 1967, 28 (3–4): 307–320.
- Gittleman JL, Harvey PH. Why are distasteful prey not cryptic? [J]. *Nature*, 1980, 286 (5769): 149–150.
- Gittleman JL, Harvey PH, Greenwood PJ. The evolution of conspicuous coloration: Some experiments in bad taste [J]. *Animal Behaviour*, 1980, 28 (3): 897–899.
- Harvey PH, Bull JJ, Pemberton M, *et al.* The evolution of aposematic coloration in distasteful prey: A family model [J]. *The American Naturalist*, 1982, 119 (5): 710–719.
- Inouye BD, Johnson DM. Larval aggregation affects feeding rate in *Chlosyne poecile* (Lepidoptera: Nymphalidae) [J]. *Florida Entomologist*, 2005, 88 (3): 247–252.
- Iwakuma T, Morimoto N. An analysis of larval mortality and development in relation to group size in *Dictyoploca japonica* Butler (Lepidoptera: Saturniidae), with special reference to field populations [J]. *Researches on Population Ecology*, 1984, 26 (1): 51–73.
- Lauber E, Darvas B. Increased mortality of isolated first instar larvae of *Inachis io* (Lepidoptera) [J]. *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 2009, 44 (1): 111–117.
- Liang S, Cai J, Chen X, *et al.* Larval aggregation of *Heortia vitessoides* Moore (Lepidoptera: Crambidae) and evidence of horizontal transfer of avermectin [J]. *Forests*, 2019, 10 (4): 331.
- Mao Y, Zhang M, Jin X, *et al.* Study on resistance of *Aquilaria sinensis* against *Heortia vitessoides* [J]. *Journal of South China Agricultural University*, 2017, 38 (6): 89–96. [茅裕婷, 张蒙, 靳秀芳, 等. 土沉香对黄野螟的抗性研究 [J]. 华南农业大学学报, 2017, 38 (6): 89–96]
- Masaki S. Life cycle programming. In: Hidaka T, ed. *Adaptation and Speciation in the Fall Webworm* [C]. Tokyo: Kodansha, 1977: 31–60.
- Myers JH, Monro J, Murray N. Egg clumping, host plant selection and population regulation in *Cactoblastis cactorum* (Lepidoptera) [J]. *Oecologia*, 1981, 51 (1): 7–13.
- Peterson SC. Communication of leaf suitability by gregarious eastern tent

- caterpillars (*Malacosoma americanum*) [J]. *Ecological Entomology*, 1987, 12 (3): 283–289.
- Qiao HL, Lu PF, Chen J, et al. Antennal and behavioural responses of *Heortia vitessoides* females to host plant volatiles of *Aquilaria sinensis* [J]. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 2012, 143 (3): 269–279.
- Roper TJ, Redston S. Conspicuousness of distasteful prey affects the strength and durability of one-trial avoidance learning [J]. *Animal Behaviour*, 1987, 35 (3): 739–747.
- Ruf C, Fiedler K. Tent-based thermoregulation in social caterpillars of *Eriogaster lanestris* (Lepidoptera: Lasiocampidae): Behavioral mechanisms and physical features of the tent [J]. *Journal of Thermal Biology*, 2002, 27 (6): 493–501.
- Stevenson RD. Body size and limits to the daily range of body temperature in terrestrial ectotherms [J]. *The American Naturalist*, 1985, 125 (1): 102–117.
- Weyh R, Maschwitz U. Trail substance in larvae of *Eriogaster lanestris* L. [J]. *Naturwissenschaften*, 1978, 65 (1): 64.
- Yan Z, Yue J. Effects of temperature and supplementary foods on the development and fecundity of *Heortia vitessoides* [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2019, 40 (9): 1789–1795. [严珍, 岳建军. 温度及补充营养对黄野螟生长发育和繁殖的影响 [J]. *热带作物学报*, 2019, 40 (9): 1789–1795]
- Young AM, Moffett MW. Studies on the population biology of the tropical butterfly *Mechanitis isthmia* in Costa Rica [J]. *The American Midland Naturalist*, 1979, 101 (2): 309–319.
- Zhou Y, Qiao H, Zhan Q, et al. Occurrence and control of the disease and pests damage on *Aquilaria sinensis* in Hainan [J]. *Modern Chinese Medicine*. 2017, 19 (8): 1102–1105. [周亚奎, 乔海莉, 战晴晴, 等. 海南白木香主要病虫害发生与防治 [J]. *中国现代中药*, 2017, 19 (8): 1102–1105]