

文章编号: 1001-1498(2010)03-0478-04

红脂大小蠹的捕食性天敌——大唛蜡甲发育和温度的关系研究

魏建荣^{1,2}, 丁保福^{1,3}, 唐艳龙¹, 赵建兴³, 杨忠岐^{1*}

(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. 河北大学生命科学学院, 河北保定 071002; 3. 内蒙古农业大学农学院, 内蒙古呼和浩特 010018)

关键词: 大唛蜡甲; 红脂大小蠹; 生物防治; 捕食性天敌; 小蠹虫; 人工繁殖

中图分类号: S763

文献标识码: A

Study on the Relationship between Growth and Environmental Temperature of *Rhizophagus grandis* (Coleoptera: Rhizophagidae), An Important Predator of *Dendroctonus valens* (Coleoptera: Scolytidae)

WEI Jian-rong^{1,2}, DING Bao-fu^{1,3}, TANG Yan-long¹, ZHAO Jian-xing³, YANG Zhong-qi¹

(1. Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry; Key Laboratory of Forest Protection, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. College of Life Sciences, Hebei University, Baoding 071002, Hebei, China;

3. Agricultural College of Inner Mongolia Agricultural University, Huhahaote 010018, Inner Mongolia, China)

Abstract: *Rhizophagus grandis* (Coleoptera: Rhizophagidae) is an important predator of *Dendroctonus valens* which is an invasive alien pest attacking pine trees in China. It was first introduced into China in 2000 and mass rearing techniques had been developed by the authors since then. This paper dealt with the study on the developmental threshold temperature and the effective accumulated temperature of *R. grandis*. The result showed that the developmental threshold temperatures of egg, larva and pupae were 3.59 ± 2.92 , 1.96 ± 0.73 and 9.27 ± 1.19 respectively, and the effective accumulated temperatures were 98.32 ± 16.26 degree-day, 296.94 ± 12.45 degree-day and 449.67 ± 53.19 degree-day respectively. Therefore, the total effective accumulated temperature from egg to pupa was 844.93 degree-day.

Key words: *Rhizophagus grandis*; red turpentine beetle; biological control; predator; bark beetle; mass rearing

大唛蜡甲 (*Rhizophagus grandis* Gyllenhal) 属鞘翅目唛蜡甲科 (Coleoptera: Rhizophagidae), 是云杉大小蠹 (*Dendroctonus nisans* Kugelann) (鞘翅目: 小蠹科) (Coleoptera: Scolytidae) 的主要捕食性天敌, 其成虫和幼虫均可捕食云杉大小蠹的卵、幼虫和蛹, 在自然调节这种重要害虫的种群数量上发挥着重要作用^[1-2]。云杉大小蠹原分布于前苏联, 我国黑龙江、辽宁、青海、甘肃、四川省也有分布, 从上世纪初逐渐

向西、向南扩散至欧洲的法国、英国, 现分布于欧亚大陆的几乎所有的云杉 (*Picea* spp.) 的针叶林中。其天敌大唛蜡甲随后也跟随云杉大小蠹的扩散而逐步迁移, 但自然传播的速度很慢, 种群数量较低, 在云杉大小蠹新传入区很难达到自然控制的程度。为此, 欧洲一些国家开展了大唛蜡甲的引进、人工繁殖和释放防治云杉大小蠹的研究。如早在 1963 年格鲁吉亚就研究利用其防治云杉大小蠹^[3]。上世纪中

收稿日期: 2009-02-13

基金项目: 国家科技基础条件平台建设子项目“经济昆虫种质资源标准化整理、整合及共享试点”(2005DKA21105)和中央级公益性科研院所科研业务费专项资金(CAFRIF200703)资助

作者简介: 魏建荣(1972—), 男, 山西忻州人, 副研究员, 博士, 研究方向: 化学生态、森林保护。E-mail: jrwei9@126.com

* 通讯作者。

后期,云杉大小蠹在欧洲大发生,严重危害挪威云杉(*Picea abies* (L.) Karst.)。为了防治这种重要的蛀干害虫,比利时从上世纪50年代起就开展了利用大唛蜡甲生物防治云杉大小蠹的研究。1978年,英国和法国等国家先后从比利时引进大唛蜡甲,取得了良好的控制效果^[4-5]。随后美国也引进大唛蜡甲防治黑脂大小蠹(*Dendroctonus terebrans* Olivier)^[6]。后来又研究表明,它可以捕食红脂大小蠹(*Dendroctonus valens* LeConte),主要原因是其生活习性和危害方式与云杉大小蠹很相似^[7]。

1998年和1999年,红脂大小蠹在山西省暴发成灾,致使当地的主要造林树种油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)大量被害致死,受害株率达到30%以上^[8]。随后蔓延扩散到该省周边的陕西、河南和河北省,2005年也在北京发现。因此,红脂大小蠹对我国北方的松树针叶林造成了重大威胁。

为了不污染环境和保护生物多样性,又能够有效地控制这种重大外来入侵害虫^[8],中国林业科学研究院于2000年从比利时引进了大唛蜡甲,开展了防治红脂大小蠹的研究^[9-10]。近年来,中国林科院在有效吸收国外饲养技术的同时,研究成功了自主创新的天敌饲养方法,至今已成功饲养了10多万头大唛蜡甲成虫,并在山西、陕西、河北、河南省进行了野外释放。调查结果表明,大唛蜡甲对红脂大小蠹有一定的控制作用^[11]。在人工大量繁殖大唛蜡甲过程中,为了按时在一定温度条件下繁殖出生物防治所需数量的大唛蜡甲,作者对大唛蜡甲的生长发育与温度的关系进行了研究,现将结果报道如下。

1 材料与方 法

1.1 供试昆虫

大唛蜡甲及饲料均来源于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。大唛蜡甲原父母代由比利时引进。

1.2 主要设备

MLR光照培养箱(日本三洋公司生产)。

1.3 试验方法

1.3.1 大唛蜡甲卵发育起点温度及有效积温的测定 在室温下,将油松树皮的锯末加蒸馏水拌湿,控制在以手挤不出水。将上述锯末装入聚苯乙烯制成的圆形透明的培养皿(高1.5 cm×内径5.5 cm)中,装入量为其容量的2/3,接着放入替代寄主和交配后的大唛蜡甲成虫,然后在锯末上扣一切成近圆形

的油松树皮,使形成层一面朝下,以模拟自然界的生境^[12]。24 h后,成虫约产卵完毕,将乳白色半透明的卵取出。

取5个光照培养箱,分别设17、19、21、23、25共5个温度梯度。培养箱中相对湿度均保持在60%~80%。将上述大唛蜡甲成虫所产的每30粒卵放进一个装同样锯末的培养皿中,加盖树皮。然后在每个温度梯度的培养箱内放入3盒装有上述大唛蜡甲卵的培养皿。每天观察卵的发育进度并记录。

1.3.2 大唛蜡甲幼虫发育起点温度及有效积温的测定 取聚苯乙烯特制的大唛蜡甲饲养盒(内外2层,老熟幼虫可以从内层爬到外层),将拌湿的油松锯末放入内盒,稍压实,锯末高度低于内盒高的1 cm左右^[12]。取当天孵化出的30头1龄幼虫放入1个盒中,然后在上面加盖油松树皮进行饲养。每天更换饲料,以保证食料充足、新鲜。

设置5个温度梯度:15、17、19、21、23,每3个经过上述处理的饲养盒放进一种温度梯度的培养箱中,培养箱中的相对湿度维持在60%~80%。幼虫老熟后自行从内盒爬入内外盒的夹层中,每天观察幼虫的发育进度并记录。

1.3.3 大唛蜡甲蛹发育起点温度及有效积温的测定 将清洗干净后的沙子,阴干到相对湿度10%左右,放入聚苯乙烯塑料盒的内盒,沙子高度离内盒边缘高1 cm左右^[12],然后取当天成熟的30头大唛蜡甲老熟幼虫放进内盒,盖上外盖,以保持湿度使大唛蜡甲安全化蛹。设15、17、19、21、23共5个温度梯度,每3个经过上述处理的化蛹盒分别放入1个温度梯度的培养箱中。

由于大唛蜡甲的蛹是在沙子中羽化为成虫,还要在沙子中停留一段时间后再爬出,因此在本研究中将蛹的发育历期定义为从老熟幼虫钻入沙子至成虫爬出沙子表面为止。

1.4 数据分析

发育起点温度(C)和有效积温(K)的计算方法很多,常用“回归直线”法进行计算。

有效积温公式:

公式1: $K = N(T - C)$, 令 $V = 1/N$, 则 $T = C + KV$

上述公式1中的系数 C 和 K 可以用“最小二乘法”获得^[13-16]。具体计算方法如下:

公式2: $C = \frac{\sum V^2 T - \sum V \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$

公式3: $K = \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$

其中, K 为有效积温, T 为环境温度, $V=1/N$, C 为发育起点温度, n 为设置的温度级数。

再利用下述公式进一步计算 C 、 K 值的标准差, 其中 S_K 和 S_C 分别表示 K 和 C 值标准误差。

$$\text{公式 4: } S_K = \frac{(T - T)^2}{(n - 2) (V - \frac{1}{n})^2}$$

$$\text{公式 5: } S_C = \frac{(T - T)^2}{(n - 2)} \frac{1}{n} + \frac{\frac{1}{n}}{(V - \frac{1}{n})^2}$$

2 结果

2.1 大唛蜡甲卵的发育起点温度与有效积温

表1列出了在不同温度梯度下大唛蜡甲卵的平均发育历期, 表明在温度 17 ℃、相对湿度为 60%~80% 的范围内, 大唛蜡甲卵均能完成发育, 且随温度升高发育历期缩短。

表1 不同温度下大唛蜡甲卵的发育平均历期

温度 /	17	19	21	23	25
卵期 /d	7.32	6.08	5.95	4.82	4.78

由表1的发育历期及环境温度数据, 利用公式2和公式3, 分别计算出大唛蜡甲卵的发育起点温度和有效积温, 然后再根据公式4和5计算出各自的标准差 (S_C 和 S_K), 计算过程略。

$$C = 3.59 \quad ; K = 98.32 (\text{d} \cdot \text{度});$$

$$S_C = 2.92; S_K = 16.26$$

因此, 大唛蜡甲卵的发育起点温度 () : $C = 3.59 \pm 2.92$; 有效积温 (日·度) : $K = 98.32 \pm 16.26$ 日·度

环境温度与大唛蜡甲卵发育速率的回归关系式为: $T = 3.59 + 98.32V$; 相关系数: $R = 0.963$, 呈极显著相关。

2.2 大唛蜡甲幼虫和蛹的发育起点温度及有效积温

在 15、17、19、21、23 ℃ 的条件下, 大唛蜡甲幼虫及蛹的平均发育历期见表2。应用上述公式1至公式5, 分别计算幼虫及蛹的发育起点温度和有效积温, 计算过程略。

经计算得大唛蜡甲幼虫的发育起点温度 () : $C = 1.96 \pm 0.73$; 有效积温 (日·度) : $K = 296.94 \pm 12.45$ 日·度;

幼虫的发育速率与温度的回归方程: $T = 1.96 + 296.94V$; 相关系数: $R = 0.99$, 呈极显著相关。

同理得, 大唛蜡甲蛹的发育起点温度 () : $C =$

9.27 ± 1.19 ; 有效积温 (日·度) : $K = 449.67 \pm 53.19$ 日·度;

蛹期发率速率与温度的回归方程: $T = 9.27 + 449.67V$; 相关系数: $R = 0.98$, 呈极显著相关。

表2 不同温度下大唛蜡甲幼虫及蛹的平均发育历期

温度 /	15	17	19	21	23
幼虫期 /d	23.11	19.71	17.01	15.59	14.16
蛹期 /d	68.10	57.08	49.52	39.82	32.13

3 结论与讨论

综上所述, 大唛蜡甲不同发育阶段的有效积温分别为卵期 98.32 日·度、幼虫期 296.94 日·度、蛹期 449.67 日·度, 由此可以得出大唛蜡甲从卵发育到成虫的有效积温约为 844.93 日·度。大唛蜡甲不同发育阶段的发育起点温度分别为卵期 3.59 ℃、幼虫期 1.96 ℃、蛹期 9.27 ℃, 显示大唛蜡甲在较低温度下也可启动发育过程。根据加权法^[16]计算, 得到各虫态的有效积温和发育起点温度的值与本文中所用的最小二乘法所计算的值相差不大。根据2.1和2.2中的回归方程(控制发育进度的理论式^[15]), 可以推算出在一定的温度下, 大唛蜡甲发育速率的理论值。生物防治红脂大小蠹时, 主要是释放成虫, 因此可以根据林间监测的红脂大小蠹的发育历期, 预测出释放大唛蜡甲成虫防治红脂大小蠹的准确时期, 然后根据回归方程对大唛蜡甲的饲养温度进行调节, 以指导人工室内大量繁殖出大唛蜡甲成虫。由于成虫羽化后即能够交配产卵, 所以成虫可以立即在林间进行释放。如果较早地饲养出了大唛蜡甲成虫, 也可以在 2 ℃~5 ℃ 条件下进行贮存, 贮存期可达 1 年以上。

大唛蜡甲在林间 1 年发生 1 代, 卵及幼虫阶段在云杉大小蠹或红脂大小蠹的虫道内完成, 幼虫老熟后钻出小蠹虫虫道, 转移钻入林地土壤中, 在越冬期内完成预蛹 - 蛹的阶段, 然后成虫于第 2 年 5、6 月从土壤中爬出。但老熟幼虫进入土壤后何时化蛹及羽化目前还不清楚^[17]。长期室内饲养的实践和预备实验的结果表明, 在 23 ℃ 的条件下, 大唛蜡甲化蛹及羽化率常达不到 1/3; 在 25 ℃ 条件下, 成虫的羽化率不足 5%; 而在 19 ℃ 的条件下, 大唛蜡甲的羽化率常达 90% 以上。当饲养的环境温度较高时, 常常发现钻入沙土的老熟幼虫又从中爬出, 不入沙化蛹。究其原因, 可能是环境温度过高会对幼虫化蛹及蛹的发育造成一定的影响。对于幼虫阶

段,在饲养中也发现,虽然幼虫可以在 25℃ 条件下正常地长大,但几乎不能化蛹,死亡率极高,这也正是作者在研究大唛蜡甲幼虫和蛹的发育起点温度和有效积温时,未设 25℃ 而设 15℃ 这一温度梯度的原因。因此,饲养大唛蜡甲时,将环境温度控制在较低温度的范围内较为适宜。

参考文献:

- [1] Grégoire J C. Note sur deux ennemis naturels de *Dendroctonus micans* Kug [J]. En Belgique Bell Ann Soc R Belge Entomol, 1976, 112: 208 - 212
- [2] Grégoire J C, Baisier M, Merlin J, et al. Interactions between *Rhizophagus grandis* Gyll. (Coleoptera: Rhizophagidae) and *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae) in the field and the laboratory: Their application for the biological control of *D. micans* in France [M] // Kulhavy D, Miller M C. Potential for Biological Control of *Dendroctonus* and *Ips* Bark Beetles. Nacogdoches, Texas; Stephen F. Austin State University, 1989: 95 - 108
- [3] Shavliashvili I A, Zharkov D G. Effects of ecological factors on the interactions between populations of *Dendroctonus micans* and *Ips typographus* (Coleoptera: scolytidae) [C] // L Safranyik. Proc. Meeting of IUFRO Working Parties S2.07 - 05 and 06, Banff, Canada, 1985: 227 - 232
- [4] Fielding N J, Evans H F. Biological control of *Dendroctonus micans* (Scolytidae) in Great Britain [J]. Biocontrol News and Information, 1997, 18: 51 - 60
- [5] Evans H F, King C J. Biological control of *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae) : British experience of rearing and release of *Rhizophagus grandis* Gyll. (Coleoptera: Rhizophagidae) [J]. Z Angew Entomol, 1989, 99: 182 - 190
- [6] Moser J C. Inoculative release of an exotic predator for the biological control of the black turpentine beetle [C] // Kulhavy, Miller. Potential for biological control of *Dendroctonus* and *Ips* bark beetles. School of Forestry, Stephen F. Austin State University, Nacogdoches, Texas, 1989: 189 - 200
- [7] Grégoire J C, Baisier M, Drumont A, et al. Volatile compounds in the larval frass of *Dendroctonus valens* and *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae) in relation to oviposition by the predator, *Rhizophagus grandis* (Coleoptera: Rhizophagidae) [J]. Journal of Chemical Ecology, 1991, 17(10) : 2003 - 2020
- [8] 赵建兴, 杨忠岐, 任晓红, 等. 红脂大小蠹的生物学特性及在我国的发生规律 [J]. 林业科学, 2008, 44(2) : 99 - 105
- [9] 杨忠岐. 利用天敌昆虫控制我国重大林木害虫研究进展 [J]. 中国生物防治, 2004, 20(4) : 221 - 227
- [10] 赵建兴, 杨忠岐, 梁廷杰. 利用捕食性天敌大唛蜡甲防治大小蠹属害虫的研究进展 [J]. 林业科学, 2008, 44(1) : 151 - 156
- [11] 赵建兴, 杨忠岐, 李广武, 等. 大唛蜡甲人工大量饲养的主要影响因素及其控制 [J]. 环境昆虫学报, 2008, 30(4) : 336 - 343
- [12] 杨忠岐, 魏建荣. 大唛蜡甲饲养繁殖技术. (发明专利号: 03156113. 6 [P]. 2007
- [13] 薛贤清. 森林害虫预测预报 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 20 - 25
- [14] 南京农学院. 昆虫生态及预测预报 [M]. 北京: 农业出版社, 1985: 320 - 324
- [15] 杨忠岐. 白蛾周氏啮小蜂的有效积温及发育起点温度研究 [J]. 林业科学, 2000, 36(6) : 119 - 122
- [16] 郑汉业, 夏乃斌. 森林昆虫生态学 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1995: 15 - 23
- [17] King C J, Fielding N J, O Keefe T. Observation on the life cycle and behaviour of the predatory beetle, *Rhizophagus grandis* Gyll. (Coleoptera: Rhizophagidae) in Britain [J]. Journal of Applied Entomology, 1991, 111(3) : 286 - 296