

泰安地区松阿扁叶蜂越冬幼虫抗寒性

梁中贵^{1,2}, 许永玉¹, 孙绪良^{1*}, 张同心^{1,3}, 张卫光¹, 徐延熙¹

(1. 山东农业大学植保学院, 泰安 271018; 2. 威海市园林管理处, 威海 264200; 3. 中国科学院动物研究所, 北京 100080)

摘要: 松阿扁叶蜂越是松树的重要食叶害虫之一。其幼虫在松林土壤中越冬, 越冬幼虫的抗寒能力影响翌年的种群密度和危害程度。用NTC-TD 热敏电阻+ 数字电表法研究了越冬幼虫的过冷却能力并调查了越冬场所、龄期、死亡率等。结果表明: 越冬幼虫的过冷却点随外界温度的高低而变化。4、5、6 龄越冬幼虫平均过冷却点依次由越冬初期的- 19.3、- 20.3、- 21.6 降至越冬期的- 22.5、- 24.8、- 23.1, 冰点依次由越冬初期的- 12.8、- 12.9、- 12.1 降至越冬期的- 14.1、- 16.8、- 15.3。从越冬期进入早春出蛰期后, 随着温度的回升, 过冷却点也随之升高。调查林间越冬幼虫龄期表明, 4 龄、5 龄、6 龄皆有, 以 5 龄为最多, 占 53%; 越冬幼虫以山坡中部和顶部土壤瘠薄处虫口密度较小, 分别占 28.6% 和 29.3%, 山坡基部土层较厚处密度较大, 占 42.1%; 越冬幼虫在树冠内的分布, 以南部方位最多 (27.0%), 东部方位 (26.3%) 和西部方位 (25.6%) 略少, 北部方位最少 (21.1%); 调查幼虫死亡因子, 以真菌感染致死最多, 占总死亡数的 42.4%, 细菌和其它因子分别为 28% 和 29.7%。

关键词: 松阿扁叶蜂; 越冬幼虫; 过冷却点; 死亡因子

文章编号: 1000-0933(2005)12-3259-05 中图分类号: Q 965 文献标识码: A

The cold hardiness of overwintering larvae of *Acantholyda posticalis matsuura* (Hymenoptera: Pamphiliidae) in Taian

LIANG Zhong-Gui^{1,2}, XU Yong-Yu¹, SUN Xu-Gen^{1*}, ZHANG Tong-Xin^{1,3}, ZHANG Wei-Guang¹, XU Yan-Xi¹ (1. College Of Plant Protection, Shandong Agriculture University, Taian 271018, China; 2. Department of Landscape and Gardening, Weihai 264200, China; 3. Institute of zoology, Chinese Academy of sciences, Beijing 100080, China). Acta Ecologica Sinica, 2005, 25 (12): 3259- 3263

Abstract The pine saw fly, *Acantholyda posticalis* Matsuura is one of the key insect pests foraging on the pine leaves, and it overwinters as larvae in the soil of pine forest. The cold hardiness of overwintering larvae can make direct effects on its population and damage on the pine trees in the next year. The supercooling capability of the overwintering larvae were determined and the location, the stadium and the mortality of the larvae were surveyed during the winter in the pine forest. The results showed that the supercooling points (SCP) of the overwintering larvae were changeable with the nature temperature during the winter period. The average SCP of the 4th, 5th and 6th instar overwintering larvae decreased from - 19.3, - 20.3 and - 21.6 at the beginning of the winter to - 22.5, - 24.8 and - 23.1 at the overwintering stage, respectively, and the freezing point (FP) from - 12.8, - 12.9, - 12.1 to - 14.1, - 16.8, - 15.3, respectively. The SCP of the overwintering larvae increased at the early spring when the air temperature got warmer. Surveys during the overwintering period showed that 53% of the overwintering larvae were the 5th instar larvae, and others were 4th and 6th instar larvae. The distribution of the overwintering larvae in the soil were mainly at the base of the hillside (42.1%) where the soil was thick, and 28.6% and 29.3% at the middle and top of the hillside where the soil was thin. The number of

基金项目: 山东农业大学科学基金资助项目 (JB22043)

收稿日期: 2004-12-20; 修订日期: 2005-04-21

作者简介: 梁中贵 (1978~), 男, 山东禹城县人, 硕士, 从事园林昆虫生态与防治研究

* 通讯作者 Author for correspondence

Foundation item: The Natural Science Foundation of Shandong Agricultural University (No. JB22043)

Received date: 2004-12-20; Accepted date: 2005-04-21

Biography: LIANG Zhong-Gui, Master, mainly engaged in ecology and management of garden insect pest

the overwintering larvae under the crown of a pine tree was different among the different directions, 27%, 26.3%, 25.6%, and 21.1% of the larvae at the south, east, west and north, respectively. 42% of the dead larvae were infected with fungi, and 28% and 29.7% with bacteria and other factors.

Key words: *Acantholyda posticalis* Matsumura; overwintering larvae; death factors; super cooling point

松阿扁叶蜂 *Acantholyda posticalis* Matsumura 是松树的重要食叶害虫之一。广泛分布于中欧、北欧、意大利、法国、英国、蒙古、日本、朝鲜、西伯利亚等诸多地区。国内分布于山东、山西、陕西、黑龙江、吉林等地^[1]。该虫近年来在山东泰山及其周边(徂徕山、济南、莱芜等地)一直发生较重,严重时 80% 以上的针叶被截食掉,致使一片松林成橘褐色,直接影响了树木的正常生长和泰山的自然景观^[2,3]。该虫以幼虫在松林土壤中越冬,其越冬幼虫的抗寒能力影响翌年的种群密度和危害程度。因此,研究其抗寒性可为准确预测预报,确立防治措施提供理论依据。

昆虫抗寒性研究国内外报道较多^[4~14],但关于松阿扁叶蜂的抗寒性及其机理研究还未见报道。本文研究了松阿扁叶蜂幼虫越冬的基本特性和环境因子对其越冬抗寒性的影响。

1 材料与方法

1.1 越冬幼虫的龄期判定

自徂徕山林场赤松林内采集松阿扁叶蜂带卵枝条,使其在光照培养箱(温度: 24℃、光照 14 h/d)中孵化,用养虫皿单头饲养,观察龄期并测定头壳宽度和体长。并于当年 10 月和翌年 3 月份,从泰山和徂徕山林场松林土层内采回越冬幼虫,测定头壳宽度,与室内饲养的幼虫比较,判定越冬幼虫的龄期。

1.2 越冬场所

在山坡基部、中部、顶部各抽取 3 株松阿扁叶蜂发生较重的赤松,在东、西、南、北四个方位,距树干 1.0 m 处的地面上设置长 50 cm × 宽 50 cm × 深 20 cm 的样方,调查各样方内越冬幼虫的数量和分布特点。

1.3 越冬幼虫死亡率和死亡因子

2001 年 10 月至 2002 年 3 月每月下旬随机采集足够数量(300 头左右)的越冬幼虫,调查死亡个体数,并根据死虫体的症状将死亡个体通过分离培养,鉴定引起死亡病原微生物,判断死亡原因。计算各因子的致死率。

1.4 越冬幼虫过冷却点测定

用 NTC-TD 热敏电阻+数字电表法^[12]于 10、12、翌年 3 月份分别测定 4、5、6 龄越冬幼虫各 30 头的过冷却点和冰点。并根据泰安市气象局提供的气象数据资料整理相关的温度值,分析 10 月至翌年 3 月份的地温与松阿扁叶蜂越冬幼虫过冷却点变化的关系。

2 结果与分析

2.1 越冬幼虫的龄期

据有关文献^[1,3,15]松阿扁叶蜂以 5 龄幼虫在土中越冬。但在调查中发现,越冬幼虫虫体大小不一,并非完全 5 龄。为进一步确定越冬幼虫的龄期,于室内单头饲养 354 头,其中 182 头发育到老熟,整理其头壳宽度和体长的数据,结果如表 1 所示,各龄间的头壳宽度增长级数在 1.1~1.28 之间,随龄期增大龄间增长级数渐小;与头宽值增长级数相比,各龄间平均体长增长级数差异较大,在 1.1~1.96 之间,但仍呈现随龄期增大而增长级数渐小的趋势。平均头宽与平均体长呈线性回归关系(图 1),方程依次为: $y = 0.3746x + 0.7307$ 和 $y = 3.04x + 3.4267$, R^2 分别为 0.9965 和 0.9926,相关性显著。测定越冬幼虫(200 头)的头壳宽度,与室内饲养幼虫的头壳宽度比较,结果(表 2)表明:室内饲养与林间采回的幼虫头宽值基本一致;体长则室内饲养个体略大于林间自然越冬个体。林间越冬幼虫龄期不一,4、5、6 龄的个体比例,依次为: 22%、53%、25%。以 5 龄为最多,4 龄和 6 龄差别不大。

表 1 不同龄期幼虫头壳宽度与体长

Table 1 Head width and body length of different instar larvae

项目 Item	龄期 Stadium					
	1 龄 1 st instar	2 龄 2 nd instar	3 龄 3 rd instar	4 龄 4 th instar	5 龄 5 th instar	6 龄 6 th instar
头数 Number of larvae	190	186	182	182	182	182
头宽 Width of lava head (mm)	1.14 ± 0.06	1.46 ± 0.06	1.85 ± 0.07	2.24 ± 0.14	2.58 ± 0.19	2.80 ± 0.20
增长级数 Radix of increase		1.28	1.27	1.21	1.15	1.10
体长 Length of larva body (mm)	2.4 ± 0.11	4.7 ± 1.10	8.3 ± 1.81	11.3 ± 2.10	14.0 ± 2.21	16.0 ± 2.56
增长级数 Radix of increase		1.96	1.77	1.36	1.24	1.14

2.2 幼虫的越冬场所

调查林间松阿扁叶蜂越冬幼虫的分布状况(表 3)表明: 越冬幼虫虫口分布密度与松林的坡向、冠向、土壤结构、地背物多少、林分状况等有关, 向阳面, 土质疏松, 腐殖质厚, 坡面较缓, 郁闭度小的林分虫口密度大, 林分受害重; 而土壤结构致密、地面覆盖物少、郁闭度大的林分受害较轻。山坡中部和顶部土壤瘠薄处虫口密度较小, 分别占 28.6% 和 29.3%, 山坡基部土层较厚处虫口密度较大, 占 42.1%。在树冠内的分布, 以南部方位最多(27.0%), 东部方位(26.3%)和西部方位(25.6%)略少, 北部方位最少(21.1%)。

2.3 越冬幼虫死亡率

自 10~ 翌年 3 月份, 每月随机调查 1 次山坡下部松林内土中的越冬幼虫数量, 检查其中的死亡个体数, 并分析死亡原因, 结果如表 4 所示: 不同月份幼虫死亡率不一, 以 12 月份最高, 为 14.2%, 1 月份为 10.2%, 11 月份为 9.2%, 10 月、翌年 2、3 月份差异不大。分析死亡因子, 以真菌感染致死最多, 占总死亡数的 42.4%, 细菌和其它因子分别为 28% 和 29.7%。其它致死因子包括土壤理化性状、土壤温、湿度和发育不良等。根据 10 月、11 月份死亡虫体的腐烂症状认为可能由发育不良和湿度所致; 12 月份及其之后的死亡虫体多较硬而僵直, 12~ 翌年 2 月份间又是全年温度最低时期, 据此认为该期间的死亡主要由低温所致。

表 2 不同龄期越冬幼虫的比率

Table 2 The ratio of overwintering larvae at different stadium			
龄期 Stadium	4 th instar	5 th instar	6 th instar
头数 Number of larvae	44	106	50
头宽 Width of lava head(mm)	2.2 ± 0.12	2.56 ± 0.18	2.82 ± 0.2
体长 Length of larva body(cm)	9.8 ± 0.22	11.2 ± 0.6	13.5 ± 0.52
比率(%)Ratio	22.0	53.0	25.0

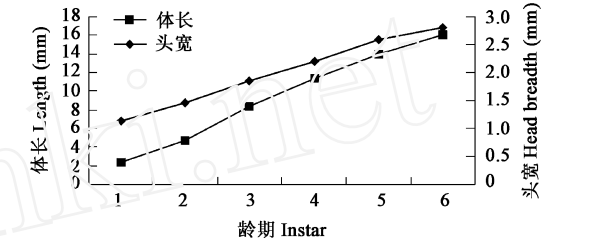


图 1 幼虫龄期与体长、头宽的线性回归关系
Fig 1 Linear regression relation between body length or head breadth and instar of larva

表 3 树冠内不同方位越冬幼虫数量

Table 3 The number of overwintering larvae at different direction under the crown of a pine tree					
调查部位 Directions of survey	树冠东 East 头数 (%)	南 South 头数 (%)	西 West 头数 (%)	北 North 头数 (%)	合计 Total 头数 (%)
	No. of larvae	No. of larvae	No. of larvae	No. of larvae	No. of larvae
山坡基部 Basic level	114(30.4)	90(24.0)	93(24.8)	87(23.2)	375(42.1)
中部 Middle level	56(22.0)	71(27.8)	62(24.3)	66(25.9)	255(28.6)
顶部 Top level	64(24.5)	80(30.7)	73(28.0)	44(16.9)	261(29.3)
合计 Total	234(26.3)	241(27.0)	228(25.6)	188(21.1)	891

表 4 自然条件下的幼虫死亡率

Table 4 The mortality of larvae in field conditions							
项目 Item	月份 Months						合计 Total
	10	11	12	1	2	3	
调查头数 No. of larvae checked	312	305	325	294	316	289	1841
真菌致死 Infected by fungi(%)	4.2(13)	3.6(11)	4.3(14)	5.1(15)	2.5(8)	4.8(14)	4.1(75)
细菌致死 Infected by bacteria(%)	2.6(8)	3.0(9)	2.2(7)	3.4(10)	1.9(6)	3.1(9)	2.7(49)
其它因子致死 Death by other factors(%)	4.5(14)	2.6(8)	7.7(25)	1.7(5)	2.2(7)	5.5(16)	4.1(75)
总死亡率(%) Total mortality	11.2(35)	9.2(28)	14.2(46)	10.2(30)	6.6(21)	13.5(39)	10.8(199)

括号内为死亡个体数 Numbers in the bracket are the No. of dead larvae

2.4 越冬幼虫的过冷却点

如前所述, 松阿扁叶蜂越冬幼虫的龄期不一。为比较不同龄期越冬幼虫的抗寒性差异, 分别测定了 4、5、6 龄不同时期的过冷却点, 结果如表 5 所示, 越冬幼虫过冷却点随外界温度的高低而变化。4、5、6 龄越冬幼虫平均过冷却点依次由越冬初期(10 月)的- 19.3、- 20.3、- 21.6 降至越冬期(12 月)的- 22.5、- 24.8、- 23.1, 冰点依次由越冬初期的- 12.8、- 12.9、- 12.1 降至越冬期的- 14.1、- 16.8、- 15.3, 从越冬期进入早春出蛰期后, 随着温度的回升, 过冷却点也随

之升高。

松阿扁叶蜂越冬幼虫过冷却点进入越冬期后一般都在- 20 以下。根据泰安市气象资料(1995~ 2002 年), 冬季最低地温一般不低于- 20 , 据此分析认为越冬幼虫在最低地温不低于- 20 的地区, 能够安全越冬, 越冬死亡率较低。也是翌年大发生的重要原因。整理泰安地区 2001 年 10 月到 2002 年 3 月 20 cm 深的月均地温, 将其与相应月份 5 龄越冬幼虫的过冷却点比较, 如图 2 所示, 月均地温从 10 月开始下降, 12 月份降到最低值, 低温到来的时间较普通年份早, 月均地温为- 0.26 (最低地温- 4.2), 翌年 1 月的月均地温为- 0.14 , (最低地温: - 2.6), 进入 2 月后, 地温略有回升, 3 月份回升到 10.5 。相应月份的幼虫过冷却点也呈现相似的变化趋势, 10、11、12、翌年 1 月份的过冷却点分别为- 20.3 、- 21.8 、- 24.8 、- 24.6 , 之后随着温度的回升越冬幼虫过冷却点亦随之升高, 但变化幅度较小, 说明越冬幼虫从越冬初期开始就具备了较强的抗寒能力, 而且较为稳定。

3 讨论

3.1 土壤环境对幼虫的影响

松阿扁叶蜂幼虫自 6 月上旬开始下树潜入树冠表层 6~ 10 cm 深的土中做一土室越冬、越冬^[15]。直至翌年 3 月开始化蛹, 在土壤中度过 9 个月。因此, 土壤环境因子如土壤湿度、土壤生物、土壤化学性状、土壤结构、土层厚度等对其生存与死亡产生重要影响。其中前 3 种因子对幼虫的死亡起着决定性作用。如湿度过大, 土壤水溶液可能对幼虫产生一定的浸蚀作用, 或导致虫体含水量升高而降低对环境的抵抗能力; 土壤生物如微生物的真菌、细菌、线虫及节肢动物的昆虫、螨类等的侵染寄生均能导致幼虫死亡; 土壤化学性状主要指使用化学农药后的残留对幼虫的毒杀作用。在某些情况(大量使用化学农药)下, 可能成为主要的致死因子, 甚至会超过土壤生物因子的作用。本研究仅大略地将真菌和细菌因子予以区别, 并未将其它因子详细分开。尚不能明确死亡的主导因子。因此, 有必要将各类致死因子加以区别, 进一步深入研究。

3.2 关于越冬虫态及龄期

松阿扁叶蜂在我国华东、华北、西北、东北均有发生, 各地记载地越冬虫态不尽一致。在陕西壶关县以预蛹越冬^[11]; 但大多报道以幼虫越冬, 而对越冬幼虫地龄期, 各地报道也不尽一致。在黑龙江为 6 龄, 以老熟幼虫越冬^[11]; 在陕西幼虫有 5~ 7 龄, 以老熟幼虫越冬^[15]; 在山东泰山以 4 龄老熟幼虫越冬^[3]; 本研究结果证明, 在泰山和徂徕山越冬幼虫以 5 龄(53%)最多, 4 龄(22%)和 6 龄(25%)较少。与有关报道有一定差别, 有待进一步探讨。

References

[1] Xiao G R. *Forest insects of china*. Beijing: China Forestry Publishing House, 1992: 1147~ 1149.
[2] Wang X H, Liu H J, Jia C J. Studies on spatial distribution and sequential sampling technique of *A cantholyda p inivora* Enslin. *Journal of Shandong Agricultural University*, 1996, 27(3): 264~ 268.
[3] Liu J, Sun Q W, Pang X W. Studies on biology of *A cantholyda posticalis* and integrative judge of prevention benefit. *Shandong Forestry Science and Technology*, 1990, (2): 38~ 41.
[4] Jing X H, Kang L. Research progress in insect cold hardiness. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(2): 2202~ 2207.
[5] Li Y P, Gong H. Insect hypothermia biology I. Physiological and biochemical mechanism of cold tolerance of insects. *Entomological Knowledge*, 1998, 35(6): 364~ 369.
[6] Sun X G, Guo H L. Study on cold hardiness of overwintering larvae, *Phthonandria atrilineata* Butler. *Silkworm Science*, 2000, 26(1): 129~ 133.
[7] Sun X G, Wang X H, Li S T. The cold tolerance mechanism of insects and its research development. *Journal of Shandong Agricultural University*, 1994~ 2006 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

表 5 不同时期不同龄期幼虫过冷却点和冰点变化

Table 5 SCP and freezing point (FP) of different instar larvae in different month

月份	SCP ()	4 龄	5 龄	6 龄
Month	FZP ()	4 th instar	5 th instar	6 th instar
10	SCP	- 19.3 ± 2.58	- 20.3 ± 3.35	- 21.6 ± 3.02
	FP	- 12.8 ± 3.83	- 12.9 ± 2.36	- 12.1 ± 3.21
12	SCP	- 22.5 ± 1.38	- 24.8 ± 1.27	- 23.1 ± 2.25
	FP	- 14.1 ± 2.57	- 16.8 ± 2.54	- 15.3 ± 2.08
3	SCP	- 18.6 ± 0.69	- 20.4 ± 0.86	- 19.0 ± 0.93
	FP	- 10.7 ± 1.22	- 10.5 ± 2.88	- 10.2 ± 2.53

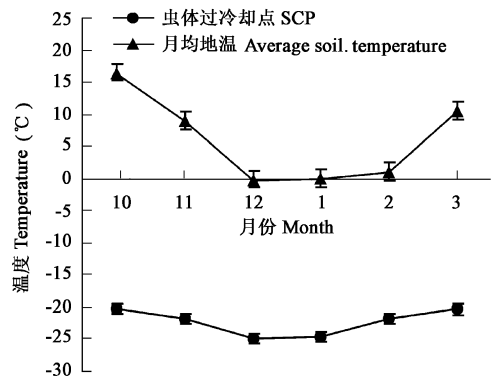


图 2 幼虫过冷却点与月均地温的关系

Fig 2 Relation between SCP and average soil temperature

- University (Natural science)*, 2001, **32**(3): 393~ 396
- [8] Sun X G, Han R D. Studies on cold-resistance of the overwinter larva of *Dendrolimus spectabilis* in Shandong *Journal of Shandong Agricultural University (Natural science)*, 2003, **34**(3): 315~ 320
- [9] Duman J G. Antifreeze agents of terrestrial arthropods *Comp. Biochem. Physiol.*, 1983, **73** (4): 545~ 555
- [10] Nunamaker K A. Rapid cold-hardening in *Culiseta variipennis sonorensis* *J. Med. Entomol.*, 1993, **30**(5): 913~ 917
- [11] Yang D R, Yang Y X, Shen F R. *Acta Entomologica Sinica*, 1991, **34**(1): 32~ 37
- [12] Qin Y C, Yang J C. A new simple method to test insect super-cooling point *Entomological Knowledge*, 2000, **37**(4): 236~ 238
- [13] Tutui Hitoshi, Sakaue S T. The overwinter adaptability of insect in cold region, *Pest Protection*, 1991, **45**(12): 23~ 26
- [14] Horton D R. Reduced cold-hardiness of pear psylla caused by exposure to external water and surfactants *Can. Entomol.*, 1996, **128** (5): 825~ 830
- [15] Sun W J, Tong J X, Li X G. A preliminary report on the occurrence rule of *Acantholyda posticalis* Matsumura *Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalis*, 1997, **25**(6): 105~ 107

参考文献:

- [1] 萧刚柔. 中国森林昆虫. 北京: 中国林业出版社, 1992. 1147~ 1149
- [2] 王新花, 刘和俊, 贾传金. 松扁叶蜂卵的空间分布和抽样技术的研究. 山东农业大学学报, 1996, **27**(3): 264~ 268
- [3] 刘静, 孙启温, 庞献纬. 松扁叶蜂生物学及防治效益综合评判的研究. 山东林业科技, 1990, (2): 38~ 41
- [4] 景晓红, 康乐. 昆虫耐寒性研究. 生态学报, 2002, **22**(12): 2202~ 2207
- [5] 李毅平, 龚和. 昆虫低温生物学. I. 昆虫耐冻的生理生化机制. 昆虫知识, 1998, **35**(6): 364~ 369
- [6] 孙绪良, 郭慧玲. 桑尺蠖越冬幼虫的耐寒性研究. 蚕业科学, 2000, **26**(1): 129~ 133
- [7] 孙绪良, 王兴华, 李恕廷. 昆虫的耐寒机制及其研究进展. 山东农业大学学报(自然科学版), 2001, **32**(3): 393~ 396
- [8] 孙绪良, 韩瑞东. 赤松毛虫越冬幼虫的抗寒性研究. 山东农业大学学报(自然科学版), 2003, **34**(3): 315~ 320
- [11] 杨大荣, 杨跃雄, 沈发荣. 白马蝙蝠幼虫的抗寒性研究. 昆虫学报, 1991, **34**(1): 32~ 37
- [12] 秦玉川, 杨建才. 一种便携式测定昆虫过冷却点的方法. 昆虫知识, 2000, **37**(4): 236~ 238
- [15] 孙文杰, 同金侠, 李新岗. 松阿扁叶蜂发生规律调查初报. 西北农业大学学报, 1997, **25**(6): 105~ 107