

松沫蝉若虫龄数及龄期划分

邢礼国¹,王建军^{2*},栾庆书²,王 琴²,云丽丽²,梁立明³,高 明⁴,吕琳丽⁵

(1. 辽宁省林业有害生物防治检疫局, 辽宁 沈阳 110001; 2. 辽宁省林业科学研究院, 辽宁 沈阳 110032;
3. 阜新蒙古族自治县 森林病虫害防治检疫站, 辽宁 阜新 123108; 4. 阜新蒙古族自治县 大板林场, 辽宁 阜新 123122;
5. 阜新蒙古族自治县 建设林场, 辽宁 阜新 123112)

摘 要:松沫蝉是同翅目(Homoptera)沫蝉科(Cercopidae)的一种刺吸式害虫,危害多种松树。若虫隐藏在排出的泡沫中,不易直接观察,采用人工饲养观察若虫蜕皮的方法来划分龄期有很大难度。本研究采集松沫蝉若虫 957 头、成虫 116 头,测量若虫的头壳宽度,通过头壳宽度的频次分布划分若虫龄数和龄期。结果表明,松沫蝉若虫可分为 5 龄,1~5 龄头壳宽度均值分别为 0.60±0.00、0.83±0.01、1.12±0.01、1.61±0.01 mm 与 2.20±0.12 mm;不同龄若虫的头壳宽度均值差异显著。Crosby 指数支持 5 龄的划分,生长模型拟合结果表明头壳宽度与不同龄期极相关。1~5 龄若虫龄期值分别为 3.55、13.49、9.12、16.22 d 与 18.93 d,若虫龄期为 61.31 d。松沫蝉若虫龄数和龄期的划分,可以为林间快速判断其发育状态提供依据。

关键词:松沫蝉;若虫;龄期;频次分布;头壳宽度

中图分类号:S763.301 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2017)03-0165-05

Division of Nymph Instars and Stadia of *Aphrophora flavipes* (Homoptera:Cercopidae)

XING Li-guo¹,WANG Jian-jun^{2*},LUAN Qing-shu²,WANG Qin²,YUN Li-li²,LIANG Li-ming³,
GAO Ming⁴,LYU Lin-li⁵

(1. Forest Pest Control and Quarantine Office of Liaoning Province,Shenyang,Liaoning 110036,China;
2. Liaoning Academy of Forestry Science,Shenyang,Liaoning 110032,China; 3. Station for Prediction and Forecasting of Forest Pests and Diseases of Fuxin Mongolia Autonomous County,Fuxin,Liaoning 123107,China; 4. State Forest Farm of Daban of Fuxin Mongolia Autonomous County Fuxin,Liaoning 123122,China; 5. State Forest Farm of Jianshe of Fuxin Mongolia Autonomous County,Fuxin,Liaoning 123112,China)

Abstract:*Aphrophora flavipes* (Homoptera: Cercopidae) is a sucking mouthparts pest,is harmful to many pine species. The nymph of *A. flavipes* is not easily found because it hides in the excreted froth by itself. So it is very difficult to determine its instars using the method of observing its ecdysis by artificial feeding the nymph. In this study,957 nymphs and 116 adult were collected,the head carapace widths of nymph were measured to divide instars by frequency distribution of its head carapace widths. The results showed that the nymph of *A. flavipes* was divided into 5 instars,the mean values of the head carapace widths of 5 instars were 0.60±0.00 mm,0.83±0.01 mm,1.12±0.01 mm,1.61±0.01 mm,and 2.20±0.12 mm,respectively with significant differences. The Crosby index supported the conclusion of dividing 5 instars and the fitting result of growth model showed that the head carapace widths were very significantly correlated with its instars. The average stadia from 1st to 5th nymph based on the median value of samples were 3.55, 13.49,9.12,16.22,and 18.93 d respectively and the whole stadia of nymph was 61.31 d. The result of dividing the *A. flavipes* nymph into 5 instars was dependably,it could provide a basis for distinguishing its

收稿日期:2016-03-15 修回日期:2017-02-04

基金项目:辽宁省森林保护重点实验室项目(201120);辽宁省科学事业公益研究基金(2015005011,2015002002)。

作者简介:邢礼国,男,高级工程师,研究方向:森林保护与生态。E-mail:694902800@qq.com

* 通信作者:王建军,男,工程师,研究方向:森林保护与生态。E-mail:jjw653723@126.com

instars in forestry quickly.

Key words: *Aphrophora flavipes*; nymph; instar; frequency distribution; head carapace width

松沫蝉(*Aphrophora flavipes*)与*A. impressa*为同物异名^[1-2],隶属同翅目(Homoptera)沫蝉科(Cercopidae),国内分布于辽宁、吉林、河北、山东及浙江,国外分布于朝鲜半岛和日本,危害樟子松(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*)、赤松(*Pinus densiflora*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、红松(*Pinus koraiensis*)、黑松(*Pinus thunbergii*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、落叶松(*Larix gmelinii*)1~3 a嫩梢^[3-9]。成虫产卵量28~66粒,平均产卵48.6粒,卵多产于当年生的松针鞘内,单粒者较多^[10]。若虫喜群居,多3~5头在一起,多者达30多头^[3]。成虫和若虫均危害枝梢,以口器刺入枝梢组织内吸吮汁液,由腹部排出白色泡沫,俗名“吹泡虫”。被刺吸过的嫩梢缢缩变细,颜色呈灰黑色,影响树液正常流动,如种群过密,会造成树液过度损失、松针枯黄^[4]。

国外学者研究过松沫蝉的发生区域^[9],若虫在林间的危害部位、垂直分布状况、发生密度等^[11],成虫期扩散规律及密度效应^[12-13]等,基础研究较为系统和全面。国内对松沫蝉的研究较早,赵方桂^[10]通过在山东1960—1963年的观察,描述了松沫蝉的形态特征、生活史、生活习性、发生环境等特性。武海卫^[8,14]等在浙江舟山的调查发现,松沫蝉是马尾松、黑松冠层的优势种类,可严重影响松树的生长。还有学者研究了侵染松沫蝉的白僵菌(*Beauveria*)^[15],松沫蝉若虫的药剂防治方法^[4-6],若虫的林间分布规律^[16-18],松沫蝉与樟子松枯梢病(*Diplodia pinea*)病菌(*Sphaeropsis sapinea*)发生的关系^[19-20]等,缺乏系统性和深度,对松沫蝉龄期划分的研究也缺乏足够的技术支持^[10-11]。Dyar法则表明,昆虫幼虫相邻2龄期某一部位的长、宽度存在一定的几何级数关系,据此可以推断幼虫的龄数^[21-22]。昆虫学工作者依据Dyar定律常以昆虫幼虫某骨化部位的长、宽度作为划分幼虫龄期的依据,其中最常用的是幼虫的头壳宽度,是由于头壳骨化强而形态较为稳定的缘故^[23]。松沫蝉为刺吸式口器害虫,由于若虫隐藏在排出的泡沫中,不易直接观察,因此,采用人工饲养观察若虫蜕皮的方法来划分龄期有很大难度。本研究采集松沫蝉若虫样本,通过头壳宽度的频次分布划分若虫龄期,以期达到快速分辨龄期的目的,为科学研究和防治工作提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

松沫蝉若虫在辽宁省彰武县章古台机械林场人

工樟子松林(122.45°E,42.73°N)通过打药收集,樟子松树龄40 a左右。松沫蝉若虫期,使用小型担架式汽油打药机喷洒受害樟子松,药剂使用2.5%溴氰菊酯(南京红太阳股份有限公司)200倍液,3~4 d打药1次。收集受药后落到地上的松沫蝉若虫,置75%乙醇溶液中,带回室内测量头壳宽度(两复眼间的宽度)和体长。2015年5—7月,共喷药、收集若虫21次,测量不同龄期松沫蝉若虫957头,不同日期收集虫量分别为5月22日30头,5月24日37头,5月26日50头,5月28日50头,5月20日68头,6月1日65头,6月5日53头,6月8日50头,6月12日50头,6月15日50头,6月17日50头,6月19日50头,6月23日34头,6月26日92头,6月30日51头,7月4日48头,7月9日40头,7月10日13头,7月12日19头,7月13日44头,7月15日13头。

1.2 特征观察和测量

对不同时期采集的松沫蝉若虫身体形态变化以及头、腹部的颜色变化仔细观察并详细记录,若虫的头壳宽度(两复眼间的宽度)测量使用LeicaEZ4HD体式解剖镜和物镜测微尺(北京派迪威仪器有限公司)完成。

1.3 数据分析方法

龄数划分:使用SPSS13.0分析头壳宽度,并绘制相应的频数分布图,初步确定若虫的龄数。龄数划分后,再根据测定值计算各龄若虫头壳宽度的变幅、平均值、标准误差、变异系数等。

Crosby龄期检验:依据Crosby生长法则,Crosby指数>10%表明分龄指标的分组不合理^[24]。应用Brooks指数、Crosby指数和线性回归的方法检验分龄的合理性。

$$\text{Brooks 指数} = X_n / X_{n-1} \tag{1}$$

$$\text{Crosby 指数} = (b_n - b_{n-1}) / b_{n-1} \tag{2}$$

式中, X_n 和 X_{n-1} 分别表示 n 龄和 $n-1$ 龄幼虫各个测量指标的平均值; b_n 和 b_{n-1} 分别表示第 n 和 $n-1$ 个Brooks指数。

线性拟合检验:将各龄期若虫头壳宽度、体长测量值与相应龄数进行线性拟合,计算回归方程和相关系数进一步验证分龄的合理性。

众数龄期:若虫种群众数龄期的测定^[25-27],以不同日期各龄若虫的数量计算其相对应的累积百分率(1龄若虫某日累积百分率=1龄若虫当日及以前数量/1龄若虫调查总量),将百分率转换为机率值,拟

合发育时间与机率值之间的数学关系。为避免群体中两端的极端数据影响,通常采用发育进度 16%~85%之间的数。相邻 2 个龄期间若虫累积百分率为 50%(机率值为 5)时的日期差值即为前一虫龄的众数龄期。

2 结果与分析

2.1 若虫龄数划分

松沫蝉低龄若虫头胸部淡褐色或褐色,腹部色泽为鲜明的淡红色或橙色,翅芽不发达;5 龄若虫头部、胸部、腹部变为明显黑色,翅芽发达,比较容易识别。将松沫蝉若虫按头壳宽度大小制作成频次分布(图 1),松沫蝉若虫可分为 5 个龄期。1 龄、2 龄、3 龄若虫头壳宽度分布较为集中,变化幅度小;4 龄、5

龄若虫头壳宽度比较分散,变化幅度较大。
若虫 5 个龄期头壳宽度均值分别为 0.60±0.00、0.83±0.01、1.12±0.01、1.61±0.01 mm 与 2.20±0.12 mm,5 个龄期的头壳宽度均值都差异显著($F=6\,212.186,df=4,P<0.01$)。头壳宽度变幅分别为 0.35~0.70 mm(1 龄)、0.71~0.95 mm(2 龄)、0.96~1.40 mm(3 龄)、1.41~1.95 mm(4 龄)、1.96~2.75 mm(5 龄)。若虫龄期内变幅差异分别为 0.35、0.24、0.44、0.54 mm 与 0.79 mm,变幅差异整体呈现越来越大的趋势,说明随着若虫龄期的增加,个体差异越来越明显。松沫蝉成虫雄虫(58 头)头壳宽度 2.628 4±0.012 37 mm,雌虫(58 头)头壳宽度 2.758 6±0.008 79 mm,两者差异极显著($t=8.578,df=114,P<0.01$,表 1)。

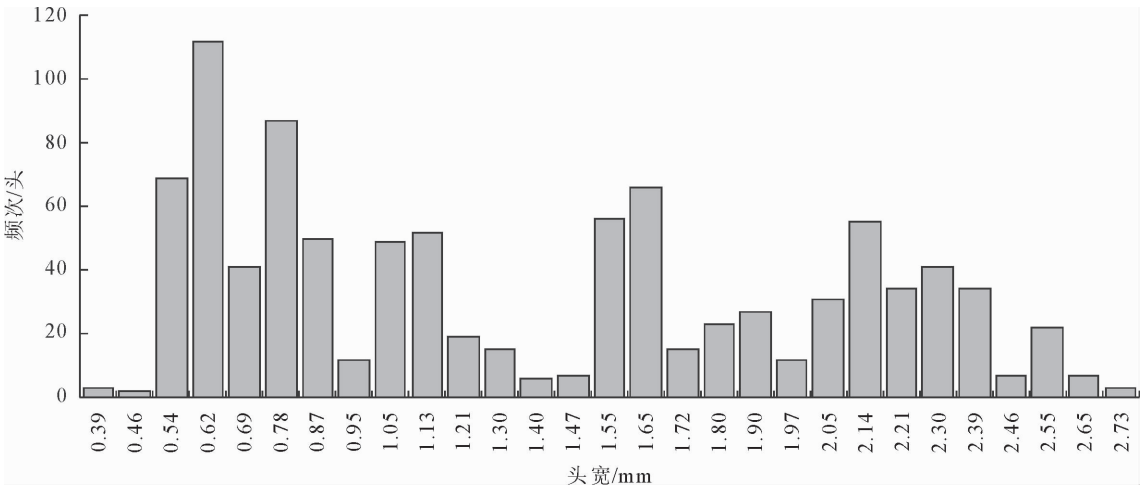


图 1 松沫蝉若虫头壳宽度频次分布

Fig. 1 Frequency histograms of head carapace widths of *A. flavipes* nymph

表 1 松沫蝉若虫分为 5 龄时头壳宽度、变幅和 Crosby 指数

Table 1 Head carapace width,class limits and Crosby' ratio of *A. flavipes* nymph of 5 instars

龄数	变幅/mm	变幅差值/mm	样本数/头	头壳宽度/mm	变异系数	Brooks 指数	Crosby 指数
1	0.35~0.70	0.35	227	0.60±0.00 a	0.092 4	—	—
2	0.71~0.95	0.24	147	0.83±0.01 b	0.073 9	1.388	—
3	0.96~1.40	0.44	143	1.12±0.01 c	0.086 3	1.359	-0.021
4	1.41~1.95	0.54	167	1.61±0.01 d	0.053 9	1.435	0.056
5	1.96~2.75	0.79	273	2.20±0.12 e	0.089 9	1.366	-0.048

注:表中数据为平均值±标准误,同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$,Dunnnett T3 检验)。

2.2 松沫蝉若虫龄期推断检验

松沫蝉若虫分为 5 龄时,若虫头壳宽度的 Crosby 指数都<10%(表 1),表明分龄基本合理。若虫头壳宽度值与龄期的关系(图 2)符合生长模型(growth model),拟合方程为 $Y=e^{(-0.85+0.328x)}$,相关系数为 0.999,相关性极显著($F=5\,636.418,df=3,P<0.01$)。另 5 种模型:指数模型(exponential model)、复合模型(compound model)、logistic 模型(logistic model)、二次模型(quadratic model)、三次

模型(cubic model)对头壳宽度和龄期的拟合结果都达到 0.999 或 1.000,表明若虫头壳宽度与龄期极相关。

2.3 松沫蝉若虫的众数龄期值

确定松沫蝉若虫的龄期后,进一步统计不同日期各龄若虫的数量及其相对应的累积百分率,将百分率转换为机率值(y)后与调查日期(x)作线性回归分析,2 龄若虫与 1 龄若虫发育进度的回归直线机率值中值所对应的调查日期之差即为 1 龄的众数

龄期值,以此类推,可以求出其他各龄若虫的龄期值(表 2)。1~5 龄若虫的龄期分别为 3.55、13.49、9.12、16.22 d 与 18.93 d,若虫的总历期为 61.31 d。

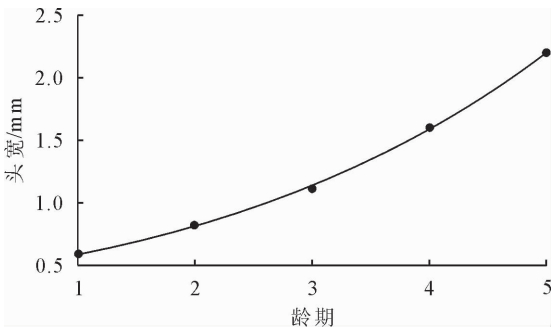


图 2 松沫蝉若虫头壳宽度与龄期的线性拟合
Fig. 2 Regression between head carapace widths and instars of *A. flavipes* nymph

3 结论与讨论

采用虫口众数虫龄法测定幼虫或若虫的龄数和龄期较为广泛,不同种类的昆虫测量指标也各有差异。常用的测量指标有幼虫头壳宽、前胸背板宽、前胸背板中线长、触角间距、上颚长度、上颚宽度、上唇基宽度、体长、口缘宽、尾叉长、口沟长、头咽骨长、腹足大小、臀足趾钩的排列及数量^[28-32]等。通过形态观察和参考相关文献^[33],选择头壳宽度作为松沫蝉若虫划分龄期依据。根据频次分布图和结果分析,将松沫蝉若虫分为 5 个龄期,此分龄结果与其他学者的研究一致^[10-11]。但是,根据频次分布图推测,雌、雄个体的头壳宽度是有差别的,据此应该可以将松沫蝉的 5 个龄期划分的更为细致。1 龄、2 龄、3

表 2 松沫蝉各龄若虫龄期值

Table 2 The stadia of *A. flavipes* nymph in different instars

发育进度/龄	回归方程 $y=a+bx$	相关系数 r	置信水平 P	发育中值(d)	众数龄期值(d)
1	$y_1=3.868\ 5+0.212\ 599x_1$	0.988	$<0.000\ 1$	5.32	$N_1=3.55$
2	$y_2=3.991\ 44+0.113\ 731x_2$	0.969	0.001 0	8.87	$N_2=13.49$
3	$y_3=2.146\ 875+0.127\ 618x_3$	0.997	$<0.000\ 1$	22.36	$N_3=9.12$
4	$y_4=1.035\ 748+0.125\ 938x_4$	0.984	$<0.000\ 1$	31.48	$N_4=16.22$
5	$y_5=-0.489\ 233+0.115\ 079\ 7x_5$	0.934	0.002 0	47.70	$N_5=18.93$
成虫	$y_6=-1.393\ 1+0.095\ 947x_6$	0.972	$<0.000\ 1$	66.63	$N=61.31$

注:为方便计算,令 x 在 5 月 22 日为 1; $y_1\sim y_5$ 分别为 1~5 龄若虫的发育进度,均转换为机率值。 $N_1\sim N_5$ 分别为 1~5 龄若虫的龄期值, N 为若虫整体龄期值。

龄若虫个体较小,雌雄个体头壳宽度分化不明显;从 4 龄开始,雌雄头壳宽度的差异变得比较明显,4 龄、5 龄若虫各出现了 2 个相应的波峰。4 龄若虫的头壳宽度范围(1.41~1.97 mm),可以分为 2 段,前一个峰值为中心的区域(头壳宽度 1.41~1.72 mm)主要为 4 龄若虫雄虫,后一个峰值为中心的区域(头壳宽度 1.73~1.97 mm)主要为 4 龄若虫雌虫;5 龄若虫的头壳宽度范围(1.98~2.78 mm)也可分为 2 段,前一个峰值为中心的区域(头壳宽度 1.98~2.48 mm)主要为 5 龄雄虫,后一个峰值为中心的区域(头壳宽度 2.49~2.78 mm)主要为 5 龄雌虫。1 龄和 2 龄若虫分界线不明显,可能是因为低龄若虫头壳宽度较小,由于测量误差无法将差异较小的部分完全分开。对松沫蝉成虫的头壳宽度测量数据(雄虫 2.63 mm、雌虫 2.76 mm,2 者差异显著)也支持 4 龄、5 龄若虫雌、雄头壳宽度出现分化的推论。

绝大多数昆虫的幼虫身体是按一定规律增长的,其体长的增长呈连续性^[34],故在野外昆虫实际研究工作中,还可通过观察昆虫幼虫的体长快速判断其龄期。本研究还同时测定了若虫体长,但由于体长有伸缩性,数值变异大,不宜用于分龄。依据幼虫头壳宽度的测定,推算出松沫蝉若虫有 5 龄,结果

可靠,可为林间调查和防治时快速判断松沫蝉若虫的龄期提供依据。

参考文献:

[1] LIANG A P. Lectotype designations and taxonomic notes on P. R. Uhler's Japanese cercopoidea (Homoptera) in the U. S. National Museum of Natural History[J]. Journal of the New York Entomological Society, 2000, 108(3/4): 268-272.

[2] LIANG A P. Uhler types of aphrophoridae newly found in the Natural History Museum, London (Hemiptera: Cercopoidea) [J]. Entomological News, 2008, 119(1): 61-66.

[3] 萧刚柔. 中国森林昆虫[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992: 173-174.

[4] 徐桂莲, 刘修英, 韩秀霞, 等. 松沫蝉防治试验初报[J]. 吉林林业科技, 1997, (3): 24-27.

[5] 马国林, 洪振环, 刘辉军, 等. 氧化乐果涂干防治松沫蝉试验[J]. 吉林林业科技, 2001, 30 (3): 21-22.

[6] 周江山, 沈延新. 氧化乐果打孔注药防治松沫蝉试验[J]. 吉林林业科技, 2001, 30 (2): 11-12, 15.

[7] MIZOTA K. A check list of insects in Kinkazan Island, Miyagi Pref., northeastern Japan: a bibliographical survey[J]. 宫城教育大学环境教育研究纪要, 2002(5): 69-78.

[8] 武海卫, 骆有庆, 石娟, 等. 不同林龄马尾松冠层节肢动物群落组成和结构[J]. 生态学报, 2009, 29(2): 599-605.

WU H W, LUO Y Q, SHI J, et al. Composition and structure of canopy arthropods in young and old *Pinus massoniana*

stands [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29 (2): 599-605. (in Chinese)

[9] PARK S J, LIM H M, KIM D S. A survey on insect diversity of Baengnyeongdo, Korea [J]. Journal of Asia-Pacific Biodiversity, 2014, 268-280.

[10] 赵方桂. 吹泡虫的初步观察[J]. 昆虫知识, 1965 (1): 44-46.

[11] AKIYAMA M, MATSUMOTO K. Biology of the pine spittlebug, *Aphrophora flavipes* (Homoptera: Cercopidae) in the nymphal stage [J]. Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology, 1986, 30(2): 136-141. (in Japanese)

[12] MATSUMOTO K. Seasonal patterns in the adult population of pine spittlebug, *Aphrophora flavipes* (Homoptera: Cercopidae), with special attention to the dispersal during the reproductive period [J]. Applied Entomology and Zoology, 1988, 23(1): 22-34.

[13] MATSUMOTO K. Effects of density on the survival and development of nymphs in the pine spittlebug, *Aphrophora flavipes* (Homoptera: Cercopidae) experiments in an outdoor cage [J]. Applied Entomology and Zoology, 1990, 25(3): 339-346.

[14] 武海卫, 骆有庆, 石娟, 等. 黑松冠层节肢动物群落的组成与结构 [J]. 浙江林学院学报, 2010, 27(4): 501-506.
WU H W, LUO Y Q, SHI J, *et al.* Composition and structure of canopy arthropods in *Pinus thunbergii* [J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2010, 27(4): 501-506. (in Chinese)

[15] WANG S B, MIAO X X, ZHAO W G, *et al.* Genetic diversity and population structure among strains of the entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana*, as revealed by inter-simple sequence repeats (ISSR) [J]. The British Mycological Society, 2005, 109(12): 1364-1372.

[16] 宋友文. 松沫蝉若虫期空间分布型及其应用研究 [J]. 辽宁林业科技, 1987(6): 23, 30-32.

[17] 寇井琴, 刘恋. 松沫蝉若虫在林间分布规律调查初报 [J]. 河北林业科技, 2003(6): 19.

[18] 张日升, 宋鸽, 刘敏, 等. 章古台地区樟子松人工林松沫蝉分布规律研究 [J]. 防护林科技, 2015 (10): 19-21.

[19] 刘桂荣, 宋晓东, 徐贵军, 等. 松沫蝉与松枯梢病的关系及其防治 [J]. 北华大学学报: 自然科学版, 2000, 1(4): 347-350.
LIU G R, SONG X D, XU G J, *et al.* The association of pine spittle bug with sphaeropsis shoot blight and its control [J]. Journal of Beihua University: Natural Science, 2000, 1 (4): 347-350. (in Chinese)

[20] 原戈. 辽宁省沙地樟子松人工林衰退原因与治理对策 [J]. 辽宁林业科技, 2000 (6): 1-4.

[21] CHAPMAN R F. The insects: structure and function. 4th ed [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1998: 376-380.

[22] 彩万志, 庞雄飞, 花保祯, 等. 普通昆虫学 [M]. 2 版. 北京: 中国农业大学出版社, 2011: 229-230.

[23] 张建. 豆秆黑潜蝇幼虫龄期划分初探 [J]. 昆虫知识, 1992 (1): 85-86.

[24] LOERCH C R, CAMERON E A. Determination of larval instars of the bronze birch borer, *Agrilus anxius* (Coleoptera: Buprestidae) [J]. Annals of the Entomological Society of America, 1983, 76(6): 948-952.

[25] 戴志一. 昆虫幼虫众数龄期的测定法 [J]. 昆虫知识, 17(4): 185 - 187.

[26] 邵景文, 王永强, 刘世清. 松瘿小卷蛾幼虫众数龄期的测定 [J]. 东北林业大学学报, 2001, 29(5): 45-47.
SHAO J W, WANG Y Q, LIU S Q. Determination of mode stadia of *Laspeyresia zebeana* (Ratzburg) larvae [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2001, 29 (5): 45-47. (in Chinese)

[27] 王小艺, 杨忠岐, 刘桂军, 等. 白蜡窄吉丁幼虫的龄数和龄期测定 [J]. 林业科学, 2005, 41(3): 97-102.
WANG X Y, YANG Z Q, LIU G J, *et al.* Larval instars and stadia of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2005, 41(3): 97-102. (in Chinese)

[28] 潘龙, 李珏闻, 骆有庆. 青杨脊虎天牛幼虫龄期的划分 [J]. 东北林业大学学报, 2015, 43(1): 110-113.
PAN L, LI Q W, LUO Y Q. Determinin larval instars in grey tiger longicorn beetle, *Xylotrechus rusticus* (L.) (Coleoptera: Cerambycidae) [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2015, 43(1): 110-113. (in Chinese)

[29] 黎保清, 嵇保中, 刘曙雯, 等. 桑天牛幼虫龄数与划分特征研究 [J]. 林业科技开发, 2012, 26 (3): 38-41.
LI B Q, JI B Z, LIU S W, *et al.* Study on larvae instar number and division criterion of *Apriona germari* [J]. China Forestry Science and Technology, 2012, 26 (3): 38-41. (in Chinese)

[30] 王智勇, 张彦龙, 杨忠岐, 等. 苹小吉丁(鞘翅目: 吉丁甲科)幼虫龄数的测定 [J]. 林业科学研究, 2013, 26(6): 786-789.
WANG Z Y, ZHANG Y L, YANG Z Q, *et al.* Determnation of larval instars of *Agrilus mali* Matsumura (Coleoptera: Buprestidae) [J]. Forest Research, 2013, 26 (6): 786-789. (in Chinese)

[31] 赵莉, 杨华, 库尔班江, 等. 南美斑潜蝇幼虫龄数的测定 [J]. 新疆农业科学, 2003 (40): 222-223.

[32] 宗世祥, 骆有庆, 许志春, 等. 沙棘木蠹蛾幼虫龄期的初步研究 [J]. 昆虫知识, 2006, 43(5): 626-631.
ZONG S X, LUO Y Q, XU Z C, *et al.* Preliminary study on different larval instars of seabuckthorn carpenter moth *Holcocerus hippophaecolus* [J]. Chinese Bulletin of Entomology, 2006, 43(5): 626-631. (in Chinese)

[33] 康克功, 孙丙寅, 亢菊侠, 等. 雅氏山蝉若虫龄期划分初探 [J]. 西北林学院学报, 2005, 20 (4): 122-123.
KANG K G, SUN B Y, KANG J X, *et al.* Preliminary analysis of nymph ages dirision of *Leptopsalta yamashitai* (Esakiand and Ishhara), comb. nov. [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005, 20 (4): 122-123. (in Chinese)

[34] 陈永年, 潘桐. 也谈昆虫幼虫头宽及摄食量的增长规律 [J]. 昆虫知识, 1988, 25(4): 235-240.