铁杉球蚜的生物学及空间分布*

周建华[1**] 肖银波[1] 肖育贵[1] 卢文华[2]

(1. 四川省林业科学研究院 成都 610066; 2. University of Massachustts, Amherst, USA)

Biology of the hemlock woolly adelgid, *Adelges tsugae*, and its spatial distribution. ZHOU Jian-Hua[1**], XIAO Yin-Bo[1], XIAO Yu-Gui[1], LU Wen-Hua[2] (1. *Sichuan Academy of Forestry*, Chengdu 610066, China; 2. *University of Massachustts*, Amherst, USA)

Abstract Both laboratory observation and field sampings of the hemlock woolly adelgid (HWA), *Adelges tsugae* Annand (Hemiptera: Adelgidae) among three foret types (*Tusga chinensis* Pritz-*Picea retroflexa* Mast; *Tusga chinensis* Pritz-*Pinus armardi* Franch; *Tusga domosa* Eichler-*Acer mono* Maxim-*Betula platyphylla* Suk) showed that there were two parthenogenetic generations overlapping on hemlock in Sichuan Province. The first nymphs of overwinter generation aestivated throughout the summer and the winged adults of first generation appeared on hemlock in June, but did not migrate to spruce. The overwinter generation developed from early April to late April of next year with peak oviposition in late May (average 15.58 eggs per female). The first generation developed from late December to mid Augest with peak oviposition in late March (average 67.37 eggs per female). HWA development was positively correlated with temperature, faster in warmer sites. HWA infestation was also related to forest type, more severe in hemlock forests mixed with broadleaf hardwood. Within a tree, there was no difference in HWA infestation at significant statistical levels among cardinal directions.

Key words *Adeges tsugae*, biology, damage, spatial distribution, Sichuan

摘 要 通过对铁杉(*Tusga chinensis* Pritz)—云杉(*Picea retroflexac* Mast)、铁杉—华山松(*Pinus armardi* Franch)、云南铁杉(*Tusga domosa* Eichler)—槭树(*Acer mono* Maxim)—桦木(*Betula platyphylla* Suk)四川主要铁杉林类型中铁杉球蚜 *Adelges tsugae* Annand 林间定株、种群随机抽样、室内饲养研究表明,铁杉球蚜在四川1年发生2代(越冬代和第1代),世代重叠,成虫营孤雌生殖。越冬代从4月上旬至第2年的4月下旬,产卵盛期在5月下旬,平均产卵量为15.58粒,1龄若虫具有滞育越夏习性;第1代从12月下旬至8月中旬,产卵盛期在3月下旬,平均产卵量为67.37粒,并可产生有翅成虫,但无转主危害现象。种群的发育与温度有相关性,温度高林分种群发育进度快于温度低林分。该虫的危害与生境有一定相关性,铁杉针阔混交林危害重于铁杉针叶林;同一树冠不同层次之间、不同方位之间危害程度差异不显著;当年受害严重的树株第2年受害不严重。

关键词 铁杉球蚜,生物学,危害,空间分布,四川

铁杉主要分布在我国的西南地区[1]。在四川主要分布在川西南、川西及盆地边缘山地,受经纬度、河流切割深度及树种的生态学特征的影响,散生在海拔为1 650~3 800 m,能形成群落的只有云南铁杉(*Tusga domosa* Eichler)和铁杉(*Tusga chinensis* Pritz),并与针、阔叶林组成混交林。代表类型主要为铁杉—云杉、铁杉—华山松、铁杉—桦木—槭树[2]。铁杉球蚜 *Adelges tsugae* Annand 属半翅目 Hemiptera[10] 蚜总科 Aphidoidea 球蚜科 Adelgidae,是危害铁杉的主要害虫,但发生为害不严重[3]。国外,该害虫1920年在美国发现后,很快在美国东部蔓延危害,现已扩展蔓延到美国西部,常常连续4年危害东部铁杉(*Tsuga canadensis*),从而引起树体的死

* 中美合作项目:铁杉球蚜及其天敌研究。

** E-mail: Jianhua-8188@163.com

收稿日期:2006-09-29,修回日期:2006-12-08,

接受日期:2007-07-16

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

亡[4]。据报道铁杉球蚜是从中国等亚洲国家传入的[3,4]。国外对铁杉球蚜生物学研究较多[4~7,9]。国内只有赵定全对宝兴地区铁杉球蚜的形态有简单描述[8]。作者选择代表四川地区铁杉分布区主要类型的地点研究铁杉球蚜的生物学及危害分布现状，其结果具有代表性。

1　材料和方法

1.1　野外研究地点

四川省雅安市宝兴县泥巴沟，海拔高度为2 720～2 850 m、东经 102°41′～北纬 30°40′，位于坡的下部，坡型为复合坡，坡向东北，坡度为15°～20°，郁闭度 0.8，林分类型为中国铁杉（中幼龄林）、云杉混交次生林分；甘孜州康定驷马桥林场海拔高度为2 790～3 060 m、北纬 29°56′东经 101°56′，位于坡的下部，坡型为复合坡，坡向北偏东，坡度为 20°～25°，郁闭度 0.8，林分类型中国铁杉（中龄林）、华山松混交次生林分；甘孜州康定姑咱羊厂沟，海拔高度为 2 204～2 265 m、东经 102°56′北纬 30°07′，位于坡的中部，坡型为均匀坡，坡向东北，坡度为 31°～40°，郁闭度 1.0，林分类型云南铁杉（中幼林）、桦木和槭树混交次生林分为作为野外调查地点。将自动温度计录器放入林内，自动测定林间温度变化情况。

1.2　生物学研究

1.2.1　野外研究：2005 年 5 月至 2006 年 6 月，在 3 样地中随机分别固定 10 株样株，每株样株选取只有球蚜卵块的枝条 1 枝作为观察的样枝，将枝条上的其他虫态除掉。每月的上、中、下旬，对样枝上的铁杉球蚜发育进行观察记载，同时根据研究地点铁杉分布情况，每次随机选取 1 条样线，该样线贯穿整个铁杉林，在样线中随机选择有铁杉球蚜危害的铁杉样株，每株剪取有球蚜危害（有蜡丝痕迹）的 3 个大枝，将上面的小枝剪下，每个小枝必须保证有 1 年生和 2 年生的枝条。将枝条放入塑料袋中，下山后即放入冰箱中在 4 ℃以下温度条件下保存。室内在 T 式显微镜下对上述枝条的铁杉球蚜虫态、虫龄、数量及虫体所在的枝龄进行检查和统计，计算各个虫态在所有虫态中的百分比。根据野外定枝调查、各虫态所在的枝龄和野外随机抽样调查所统计的各个虫态百分比的时间变化，确定世代数、推算各虫态的历期[9]。

1.2.2　室内饲养观察：每月下旬将林间采集的铁杉球蚜（有球蚜的枝条）放入温度为 10 ℃的培养箱进行饲养。在 T 式显微镜下观察不同虫态、虫龄形态特征。

1.3　发生危害调查

2005 年 6 月、11 月在 3 个研究地点随机选取有铁杉球蚜危害 10 株铁杉样株，每株按照东南西北 4 个方位，分别在树体的下层（1～2 m）和上层（4～5 m）的 2 个高度剪取 90 小枝，对小枝上的铁杉球蚜有无进行记载，计算有球蚜枝条百分率。用 SPSS 对有球蚜枝条百分率的差异进行显著性分析（用 Duncan 新复极差法进行差异性比较）。

在羊肠沟和泥巴沟分别标记 5 株受害严重的幼树，2005 年 5 月、2006 年 5 月观察记载其有球蚜枝条数。

2　结果与分析

2.1　形态特征

铁杉球蚜不同发育阶段的体长身宽和头宽的结果见表 1。

表 1　铁杉球蚜不同发育阶段体态变化值（mm）

	长	宽	头宽
卵	0.32±0.02	0.20±0.01	—
1 龄若虫	0.38±0.03	0.25±0.02	0.015±0.001
2 龄若虫	0.53±0.04	0.31±0.02	0.022±0.001
3 龄若虫	0.61±0.04	0.41±0.02	0.041±0.002
4 龄若虫	0.68±0.04	0.41±0.03	0.052±0.002
成虫	1.36±0.05	1.01±0.03	0.056±0.002

（1）卵：初产卵为长椭圆形，淡黄色，孵化前变成褐色。（2）若虫：若虫分 4 龄，虫体呈椭圆形。1 龄若虫体表光滑无蜡粉蜡丝，初孵为褐色，后慢慢变变成黑色。1 周后，虫体慢慢变黑，虫体背部中间出现 1 条隆起的脊，虫体四周出现白色的蜡片。2 龄若虫长刚脱皮时呈鲜棕红色，渐至棕褐色，最后呈黑色，体表分泌出少

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n

量的蜡粉，虫体四周出现白色的蜡片，但数量较1龄虫少。3龄若虫深褐色至黑褐色，体被短蜡丝。4龄若虫黑褐色，全身覆盖白色蜡丝。(3)成虫：成虫有无翅型和有翅型2种。有翅成虫刚脱皮时，翅卷裹，翅基翠绿色，其余部分翠兰色，翅刚展开时翠黄色，渐为乳黄色，最后无色透明。无翅成虫体形、大小、颜色与4龄若虫相似。

2.2 生物学特性

2.2.1 生活史：在3个地点，铁杉球蚜1年发生2代(可分为越冬代和第1代)。羊场沟越冬代从4月上旬至第2年的4月上旬，第1代持续时间为12月下旬至7月中旬(图1)。驷马桥越冬代从5月上旬初至第2年的4月下旬，第1代持续时间为12月下旬至8月下旬，世代重叠。泥巴沟越冬代从5月上旬至第2年的4月下旬，第1代持续时间为12月下旬至8月中旬。

从图1中可见，3个地点铁杉球蚜生活史基本一致，世代重叠。但低海拔、针阔混交林的羊场沟铁杉球蚜种群发育进度快于高海拔、针叶林的驷马桥和泥巴沟。

图1 羊场沟铁杉球蚜生活史

● 卵 一1龄若虫 二2龄若虫 三3龄若虫 四4龄若虫 ▲无翅成虫 △有翅成虫

2.2.2 生活习性：越冬代从4月开始产卵，盛期在5月下旬，平均产卵量为15.58粒。1龄若虫孵化后活跃，在枝条上四处爬行，常常在1年生枝条的针叶基部固定下来，将口针插入并固定下来进行吸食为害。1龄若虫6月开始越夏滞育，9月脱皮进入2龄。2龄虫主要分散选择1年枝条的针叶基部之间的枝条部位固定进行危害，并进一部发育成3、4龄。3、4龄若虫基本在原处危害，不再四处分散。4龄脱皮变成成虫，成虫营孤雌生殖。越冬代成虫无有翅蚜产生，越冬代历期长达1年。而第1代的历期较越冬代短，第1代产卵盛期在3月下旬，平均产卵量为67.37粒，若虫在3龄时后期已分化(显现)出有翅型和无翅型，在6月出现有翅成虫，但没有转主到云杉、冷杉和华山松的现象。

2.3 发生为害

抽样调查结果表明：铁杉球蚜在3种类型铁杉林林中铁杉球蚜均有为害分布，但分布为害程度有差异(表1)。

表中可见，羊厂沟6月、11月林间树冠有虫枝条率为6.34%、23.97%，泥巴沟为2.65%、2.94%和驷马桥的2.55%、1.62%。Duncan法差异显著分析表明，羊厂沟6、11月树冠有虫枝率显著高于泥巴沟、驷马桥($F_{0.05}=24.7340$、$P_{0.05}=0.0001$)，泥巴沟和驷马桥差异不显著($LSR_{0.05}=0.6473<6.09$)。可见低海拔的铁杉和阔叶混交林铁杉球蚜发生为害程度显著高于高海拔铁杉、云杉和铁杉、华山松针叶混交林。6月、11月相同地点树冠的上下之间，东西南北之间有虫枝率差异不显著(6月泥巴沟上下：

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.n

$F_{0.05}=1.4240$, $P_{0.05}=0.2643$、东南西北 $F_{0.05}=3.883$, $P_{0.05}=0.0198$; 驷马桥上下: $F_{0.05}=0.2150$, $P_{0.05}=0.6536$、东南西北 $F_{0.05}=0.717$, $P_{0.05}=0.5504$; 羊厂沟上下: $F_{0.05}=2.766$, $P_{0.05}=0.1307$、东南西北 $F_{0.05}=0.581$, $P_{0.05}=0.6328$)。分析可见, 铁杉球蚜在树冠中均有分布为害, 无明显的聚集危害分布特征。

表 1　铁杉球蚜在铁杉上为害分布情况

地点	月份	铁杉球蚜在树冠及不同部位平均有虫枝率(%)						
		树冠	上	下	东	南	西	北
羊厂沟	6	6.34	2.06	4.28	4.45	8.65	6.78	6.85
泥巴沟		2.65	0.87	2.31	3.24	1.66	6.37	1.16
驷马桥		2.55	1.02	1.53	4.59	1.75	2.39	2.11
羊厂沟	11	23.97	17.02	19.65	23.92	24.29	27.72	21.13
泥巴沟		2.94	1.72	2.49	2.27	2.33	3.21	3.74
驷马桥		1.62	0.74	0.88	1.49	1.85	1.37	1.83

2005 年 5 月羊肠沟、泥巴沟 5 株固定样株平均有虫枝率分别为 100%、95.56%, 2006 年 5 月为 15.48%、4.65%。结果表明, 铁杉当年受害严重, 但第 2 年受害很轻。

3　讨论

国外研究报道铁杉球蚜 1 年 2 代, 分为滞育代和繁育代, 繁育代产生有翅成虫, 有翅成虫具有转主云杉的习性[6]。本研究表明四川地区铁杉球蚜 1 年也有 2 代, 第 1 代(类同于繁育代)也产生有翅成虫, 但有翅成虫不具有转移到铁杉以外的树种习性。有翅成虫的产生可能是铁杉球蚜种群林间扩散的主要方式。铁杉球蚜是从中国等亚洲国家传入美洲大陆的[4], 研究表明铁杉球蚜各虫态形态特征、龄期等基本生物学特性与北美的铁杉球蚜具有相似性, 但有翅成虫不具有转移到铁杉以外的树种的习性。北美等国家铁杉球蚜具有转主云杉的生物学特性可能是其长期进化以适应新环境的结果。

虽然铁杉球蚜在长期进化中适应了低温, 但林间温度低于 −15 ℃极限温度也会引起铁杉球蚜种群数量的降低[7]。林间自动温度计显示高海拔铁杉、云杉和铁杉、华山松针叶混交林年最低温度低于 −15 ℃的天数达 8 d, 而低海拔的铁杉和阔叶混交林年最低温度低于 −15 ℃的天数为 0。低海拔的铁杉和阔叶混交林铁杉球蚜发生危害程度显著高于高海拔铁杉、云杉和铁杉、华山松针叶混交林, 可能与林间温度有关。铁杉球蚜在树冠中不同层次、不同方位之间均有危害分布, 无明显的聚集危害特征, 这与 1 龄若虫四处爬行, 分散到 1 年生枝条的针叶基部固定吸食为害的习性有关。

研究中对泥巴构和羊厂沟 5 株为害严重的固定样株定期观察研究初步表明, 铁杉球蚜不会连年严重为害同一株铁杉。国外研究表明铁杉球蚜会连续多年严重为害同一株铁杉, 4 年左右造成树体衰弱、死亡[5~7]。这种差异现象是否与铁杉种间的抗虫性和天敌控制力度的差异性有关, 需进一步研究。

参　考　文　献

1　郑万均. 见: 郑万均主编, 中国树木志. 北京: 中国林业出版社, 1982. 203~209.

2　杨玉波, 李承彪. 见: 杨玉波, 李承彪主编, 四川森林. 北京: 中国林业出版社, 1992. 381~38

3　王鸿斌, 姚德富, 张城, 李立. 见: 资源与科技, 北京国际昆虫学大会论文集. 北京: 中国林业出版社, 1997. 41~46.

4　McClure M. S. *Connect. Agric. Exper. Station Bull.*, 1987, **851**: 3~9.

5　McClure M. S. *Am. Nurseryman.*, 1992, **176**: 83~89.

6　McClure M. S. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 1989, **82**(1): 50~54.

7　McClure M. S. *Environ. Entomol.*, 1991, **20**(1): 258~264.

8　赵定全, 郭亨孝, 徐学勤. 四川林业科技, 1999, **20**(3): 36~37.

9　David R. G., Scott M. S. In: Procedings of the First Hemlock Woolly Adelgid Review. U. S. Dept. of Agricul. Forest Service, Forest Health, Morgantown, West Virginia, 1995. 26~35.

10　梁爱萍. 昆虫知识, 2005, **42**(3): 332~337.

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.n