

文章编号: 1000-5692(2002)03-0277-05

德昌松毛虫生物生态学特性

柴守权¹, 许国莲², 谢开立², 赵培仙³, 冯永刚³, 李品军³

(1. 国家林业局 森林病虫害防治总站, 辽宁 沈阳 110034; 2. 西南林学院 保护生物学学院, 云南 昆明 650224;
3. 云南省元谋县森林病虫害防治站, 云南 元谋 651300)

摘要: 研究了德昌松毛虫的生物学特性及其发生与林分因子的相关性。结果表明: 德昌松毛虫在元谋县1 a 发生2代, 以3龄和4龄幼虫越冬。幼虫和蛹的空间分布为聚集分布, 当 $\lambda > 2$ 时, 聚集是由昆虫的自身行为引起的, 当 $\lambda < 2$ 时, 聚集是由环境条件引起的。通过逐步回归分析, 筛选出了影响德昌松毛虫发生的4个关键因子: 坡向、林分结构、主层林郁闭度和林木生长势。总结出了虫源地林分和有虫不成灾林分的特征。表5 参13

关键词: 德昌松毛虫; 生物学特性; 空间分布型; 林分因子; 回归分析; 元谋县
中图分类号: S763.301 **文献标识码:** A

云南省共有7种松毛虫, 分布广泛并发生危害的有4种, 年均发生面积8万 hm^2 , 发生最多的年份超过26.67万 hm^2 。德昌松毛虫 *Dendrolimus punctatus tchchangensis* 是危害较为严重的虫种之一。分布于云南(永仁、禄丰、南华、迪庆、维西、沧源、临沧、丽江、保山和元谋)和四川(西昌、凉山和金沙江沿岸)。危害云南松 *Pinus yunnanensis*、华山松 *P. armandi*、马尾松 *P. massoniana* 和思茅松 *P. langhianensis*^[1]。在云南, 仅对德昌松毛虫有效积温和病毒增殖进行过较细致的研究^[2,3], 而对其生物生态学特性的研究不够深入, 现将相关研究结果报道如下。

1 试验地概况

元谋县位于云南省北部, $25^{\circ}25' \sim 26^{\circ}06' \text{N}$, $101^{\circ}35' \sim 102^{\circ}06' \text{E}$, 具有中山、低山、丘陵和平坝等多种地形景观。最高海拔为2 835.9 m, 最低海拔为898.06 m, 相对高差1 937.9 m。该区域属典型的金沙江干热河谷气候, 少雨, 干旱, 炎热, 水土流失严重。光热资源十分丰富, 热坝区全年无霜, 有“天然温室”之称, 全年日照率为60%, 年平均气温 21.9°C , 最热月5月均温 27.1°C , 最冷月12月均温 14.9°C , 极端最高气温 42.0°C , 最低气温 -0.8°C 。大于等于 10°C 的活动积温 $8\ 003^{\circ}\text{C}$ 。年均降水量621 mm, 集中在6~10月, 雨期130 d, 雨日只有91.4 d, 旱季长达6~7个月。相对湿度低(53%), 蒸发量大(3 311.2 mm)。土壤以紫色土、红壤土和燥红壤土为主。森林覆盖率5.6%。

2 材料与方法

2.1 生物学特性的观察

在室内条件下分个体和群体2种方式系统饲养, 详细记载成虫、卵、幼虫和蛹期发育进程, 并在

收稿日期: 2001-11-23; 修回日期: 2002-03-18

基金项目: 云南省应用基础研究重点基金项目(98C007Z)

作者简介: 柴守权(1974-), 男, 甘肃通渭人, 从事森林有害生物综合管理研究。

林内条件下选择具有一定德昌松毛虫数量的云南松作为固定观察株进行定期观察。在德昌松毛虫不同虫态的发生期内,进行林内不定期调查,最后对调查数据进行汇总整理和分析^[4]。

2.2 空间分布型的调查

选择不同坡向、坡位和海拔等产地条件不同的林分样地 10 块,每样地 20 m×20 m,逐株调查样地内的幼虫和蛹。采用聚集度指标法,即通过对平均拥挤度 (m^*)、扩散系数 (C)、聚集度指标 (I)、负二项分布的 K 值、扩散型系数 (I_{δ})、丁岩钦指数 L 和 $L/1+\bar{x}$ 、 m^*/\bar{x} 指数、Iwao 法中 α 和 β 及 Taylor 中 $\lg a$ 和 b 的计算,测定空间分布型。聚集成因将用聚集均数 (λ) 测定。以平均拥挤度 m^* 与平均虫口密度 \bar{x} 间的回归方程 ($m^* = \alpha + \beta \bar{x}$) 中的参数来决定取样的最适数量^[5]。

2.3 德昌松毛虫发生与林分因子相关性研究

2.3.1 调查因子的选择 参考文献 [6] 把林分因子归类:海拔,坡向,坡位,坡度,开阔度,林分结构,郁闭度,林木生长势,土壤综合肥力,植被盖度,平均胸径,平均冠幅,平均树高和树龄。

2.3.2 以调查方法及材料处理 根据相关的试验设计^[7,8],分别于 1999 年至 2001 年 6 月至 7 月进行野外调查。在林内踏查的基础上,选取有代表性的林分(虫源林分和有虫不成灾林分)设置 20 m×20 m 的样地。调查时按上述因子分类详细记载,其中植被盖度用目测估计;对样地内胸径大于 5 cm 以上的云南松逐株调查虫口密度、树高、冠幅、胸径和林下植物(调查结果略)。

以调查的 14 个因子的各指标为横轴绘德昌松毛虫虫口分布散点图(省略),并进行虫口密度 (y) 与各因子间的简单相关性分析。通过散点图中虫口数量的分布状况及简单相关系数的大小,筛选出 8 个因子参加计算,海拔 x_1 、开阔度 x_5 、平均冠幅 x_8 、平均树高 x_9 、平均胸径 x_{10} 和树龄 x_{14} 等 6 个因子被淘汰。为使定性因子参加计算,按其与虫口密度的关系分别给予代用值(表 1)。郁闭度 x_7 和植被盖度 x_{14} 以实测值参加计算。

3 结果与分析

表 1 调查因子代用值

Table 1 The substituting values of investigation factors

因子	指标	代用值	指标	代用值	指标	代用值
坡向 x_2	阴	1	中	5	阳	6
坡位 x_3	上	1	中	2	下	4
坡度 x_4	斜坡	1	缓坡	3	平坡	4
生长势 x_{14}	好	1	中	3	差	6
土壤综合肥力 x_{12}	好	1	中	3	差	5

3.1 德昌松毛虫生物学特性与年生活史

德昌松毛虫在云南省元谋县 1 a2 代,以 3 龄和 4 龄幼虫在 2 m 以下树干的树皮内越冬,越冬期为当年 11 月上旬至翌年 2 月上旬。由于当地冬季气温较高,越冬幼虫在中午气温较高时,仍可出来活动,但不取食。越冬幼虫寄生蜂和寄生蝇寄生率高达 58%。成虫羽化当天即可交尾产卵,羽化时间大多在晚上。

交尾 1 次。未交尾雌虫产下的卵不能孵化。越冬代成虫始见于 4 月 8 日,4 月 19 日至 20 日为始盛期,4 月 28 日至 4 月 29 日达到高峰期,5 月 5 日至 7 日为盛末期,5 月 18 日为终止期,历时 49 d。第 1 代成虫始见于 8 月 3 日,8 月 15 日至 17 日为始盛期,8 月 19 日至 21 日达到高峰期,8 月 24 日至 25 日为盛末期,9 月 10 日为终止期,历时 32 d。成虫有一定的趋光性(雄虫较强)。第 1 代单雌平均产卵量 323 粒,越冬代平均产卵量 365 粒。遗卵量平均 74.7 粒。成虫寿命 5~14 d,平均 9.5 d。卵多成块状产于云南松的针叶或树皮上。刚产出的卵呈米黄色,最后变成红褐色。卵期不孵化的主要原因为发育不良。孵化率第 1 代为 88%,越冬代为 85%。越冬代卵始见于 4 月 9 日,4 月 21 日至 23 日为始盛期,4 月 28 日至 29 日达到高峰期,5 月 5 日至 7 日为盛末期,5 月 25 日为终止期,历时 46 d。第 1 代卵始见于 8 月 9 日,8 月 18 日至 20 日为始盛期,8 月 22 日至 23 日达到高峰期,8 月 27 日至 29 日为盛末期,9 月 17 日为终止期,历时 39 d。初卵幼虫群集取食卵壳,3~4 h 后取食针叶,喜吃上年生针叶,昼夜取食,气温低时取食量小,且不喜欢活动。1~2 龄幼虫受惊扰后吐丝下垂,老龄幼虫受惊后即昂头竖胸,毒毛耸立,以示警戒。各龄幼虫平均取食量见表 2^[9]。茧多结于针叶丛中。越冬代蛹始见于 3 月 25 日,4 月 7 日至 8 日为始盛期,4 月 12 日至 14 日达到高峰期,4 月 20 日至 21 日为盛末期,5 月 8 日为终止期,历时 41 d。第 1 代蛹始见于 7 月 25 日,8 月 3 日至 4 日为始盛期,8 月 9 日至 10 日达到高峰期,8 月 13 日至 15 日为盛末期,8 月 30 日为终止期,历时 35 d。蛹的羽化率第 1 代为

61%, 越冬代为 30%。年生活史如表 3。

表 2 德昌松毛虫各龄幼虫平均取食量

Table 2 The average defoliating capacity of larvae in different stadia of *D. punctatus tehchangensis*

世代	饲养方式	各龄期食量/cm				
		1~3 龄小计	4 龄	5 龄	6 龄	合计
第 1 代	林内	2 497. 7	2 936. 1	2 977. 6	2 932. 4	11 883. 8
	室内	1 006. 5	1 041. 7	1 419. 8	2 144. 7	5 612. 7
越冬代	林内	488. 2	770. 9	2 526. 7	4 368. 3	8 154. 1
	室内	268. 9	424. 6	1 015. 3	3 824. 6	5 533. 4

表 3 德昌松毛虫年生活史表

Table 3 The life history table of *D. punctatus tehchangensis*

世代	虫态	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
		上中下	上中下	上中下									
越冬代	越冬代幼虫	(-)	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
	蛹			○	○○○	○							
	成虫				+++	++							
	卵				●●●	●●●							
第 1 代	第 1 代幼虫				---	---	---	---	---	---	---	---	---
	蛹								○	○○○			
越冬代	成虫								+++	+			
	卵								●●●	●●●			
	越冬代幼虫								---	---	---	(-)	(-)

说明: (-) 越冬幼虫, - 幼虫, ○ 蛹, + 成虫, ● 卵

3.2 幼虫和蛹的空间分布型测定结果

表 4 表明: 德昌松毛虫幼虫呈聚集分布, 当聚集均数 $\lambda > 2$ 时即幼虫种群的聚集由昆虫行为引起, 当 $\lambda < 2$ 时即幼虫种群的聚集是由环境引起的; $m^* = 0.350 + 1.365\bar{x}$, $R = 0.785$; $\lg s^2 = 0.196 + 1.222 \lg \bar{x}$, $R = 0.692$; 取 $\alpha = 0.350$, $\beta = 1.365$, $t = 1$, $D = 0.1$, 则得最适抽样株数: $N = 135/\bar{x} + 36.5$ 。

表 4 德昌松毛虫幼虫的分布型指数

Table 4 The distribution patterns index of larvae of *D. punctatus tehchangensis*

样地号	平均虫口密度 \bar{x}	方差 s^2	平均拥挤度 m^*	扩散系数 C	K 值	I 指数	I_0 指数	L 指数	$L/(1+\bar{x})$	m^*/\bar{x}	聚集均数 λ
1	3.68	9.83	5.35	2.67	2.20	1.67	1.44	6.35	1.36	1.45	2.81
2	5.67	35.75	10.97	6.31	1.07	5.31	0.91	11.97	1.79	1.93	3.67
3	5.50	10.84	6.47	1.97	5.66	0.97	1.17	7.47	1.15	1.18	5.02
4	2.40	2.32	2.37	0.97	-72.00	-0.03	0.99	3.37	0.99	0.99	-0.49
5	3.87	2.81	3.60	0.73	-14.13	-0.27	0.93	4.60	0.94	0.93	-3.74
6	1.71	3.61	2.82	2.11	1.54	1.11	1.64	3.82	1.41	1.65	1.31
7	1.27	1.44	1.40	1.13	9.49	0.13	1.11	2.40	1.06	1.10	1.23
8	1.47	7.09	5.34	4.82	0.38	3.82	3.58	6.34	2.57	3.63	0.88
9	2.43	3.91	3.04	1.61	3.99	0.61	1.24	4.04	1.18	1.25	2.24

说明: 因其中 1 块样地无虫, 故将其剔除

由表 5 可知: 德昌松毛虫蛹呈聚集分布, 聚集均数 $\lambda > 2$ 即蛹的聚集也是由其化蛹行为引起; $m^* = 1.814 + 1.484\bar{x}$, $R = 0.924$; $\lg s^2 = -0.425 + 1.482 \lg \bar{x}$, $R = 0.940$; 取 $\alpha = 1.814$, $\beta = 1.484$, $t = 1$, $D = 0.1$, 则得最适抽样株数为: $N = 281.4/\bar{x} + 48.4$ 。

3.3 德昌松毛虫发生与林分因子相关性调查研究

表5 德昌松毛虫蛹的分布型指数

Table 5 The distribution patterns index of pupae of *D. pundatus tchangensis*

样地号	平均虫口密度 \bar{x}	方差 s^2	平均拥挤度 m^*	扩散系数 C	K 值	I 指数	I_0 指数	L 指数	$L/(1+\bar{x})$	m^*/\bar{x}	聚集均数 λ
1	7.92	34.31	11.25	4.33	2.38	3.33	1.41	12.25	1.37	1.42	7.24
2	12.19	162.99	24.50	13.37	0.99	12.37	1.99	25.50	1.93	2.01	8.53
3	10.36	127.13	21.62	12.27	0.92	11.27	2.05	22.62	1.99	2.09	7.80
4	14.27	66.64	17.94	4.67	3.89	3.67	1.25	18.94	1.24	1.26	13.46
5	15.08	151.58	24.11	10.05	1.67	9.05	1.59	25.11	1.56	1.60	10.68
6	3.46	14.66	6.69	4.24	1.07	3.24	1.91	7.69	1.72	1.93	2.24
7	4.53	21.71	8.34	4.79	1.19	3.79	1.80	9.34	1.69	1.84	2.64
8	5.91	20.49	8.37	3.47	2.40	2.47	1.39	9.37	1.36	1.42	5.36
9	3.08	19.51	8.39	6.33	0.58	5.33	2.69	9.39	2.30	2.72	1.21
10	1.50	3.96	3.15	2.46	0.91	1.64	2.07	4.15	1.66	2.10	1.14

3.3.1 多元线性回归模型 对处理后的 20 块样地的 9 个变量 (包括 y 值) 利用统计分析软件 SPSS, 采用逐步回归运算^[10-11]。根据各因子偏相关系数的高低, 确定其对德昌松毛虫发生影响的重要程度, 认为偏相关系数较大的因子对德昌松毛虫发生的影响较显著。结果表明, 林分结构 x_6 、坡向 x_2 、生长势 x_{11} 、主层林郁闭度 x_7 为影响德昌松毛虫发生的关键因子, 其多元线性回归模型为 $y = 17.407 + 5.968x_6 - 1.126x_2 + 0.698x_{11} - 21.006x_4$, 复相关系数 $R = 0.951$, 判定系数 $R^2 = 0.878$; 关键因子偏相关系数: r_6 (林分结构) = 0.286 6, r_2 (坡向) = 0.243 8, r_{11} (生长势) = 0.235 9, r_7 (郁闭度) = -0.222 7。对回归方程进行显著性检验, $F = 35.284 > F_{0.01}(4, 15) = 4.89$ 。回归方程达极显著水平。

3.3.2 关键因子分析 ①林分结构。凡是针阔混交林, 林木生长健壮, 德昌松毛虫不易猖獗, 偶有猖獗的年份, 危害亦较轻。凡是大面积的纯林, 特别是具备发生基地条件的松林, 时常容易猖獗^[2]。②坡向。一般四面环山, 中间低洼, 或三面环山, 马蹄形向阳山谷, 以及坐北向南而开阔的阳坡松林为虫源地。气候温暖而窝风, 德昌松毛虫蛾子易于乘风飞落其中。从生境的温度和光照等小气候来看, 阳坡气候干旱, 一般光照较强, 林地内阳光充足, 温度较高, 有利于德昌松毛虫生长发育, 越冬死亡率亦较低^[3]。③林木生长势。在相同林龄和相似的环境和气候条件下, 林木生长势较好的林分中, 德昌松毛虫的危害明显要轻。这是因为生长势较好的林木不仅其忍耐危害和受害后恢复的能力强, 而且林分环境又不利于松毛虫发生^[8]。④主层林郁闭度。林分郁闭度的大小, 对林内小气候有显著的影响, 最明显的变化是随着郁闭度的增大, 光照强度显著减弱, 林内温度降低, 而湿度增高。松毛虫是一种喜光耐旱性的昆虫, 光照弱湿度大的林分对松毛虫的生长发育有一定的抑制作用^[3]。

因此, 影响元谋县德昌松毛虫发生的 4 个关键因子的顺序是: 林分结构 → 坡向 → 生长势 → 主层林郁闭度。据此虫源地林分的特征为窝风向阳, 郁闭度 0.3 ~ 0.5, 生物群落贫乏, 林分结构简单, 基本为云南松纯林, 或仅有少量的栎类 *Quercus* spp. 和银合欢 *Leucaena leucoccephala*, 林木生长势较差。有虫不成灾林分的特征为高郁闭度 (> 0.6)、阴坡、混交林和生长势良好林分。生物群落组成相对复杂, 云南松与栎类、银合欢形成混交林, 林下植被丰富, 有余甘子 *Phyllanthus reticulatus*、车桑子 *Dodonaea viscosa*、小铁子 *Myrsine africana*、杭子梢 *Camphilotropis hirtella* 以及扭黄茅 *Heteropogon contortus*、野蒿 *Artemisia* spp.、紫茎泽兰 *Eupatorium odoratum* 等大量草本植物。

4 小结

①对德昌松毛虫生物学习性的研究, 弥补了原生物学报道中的不足, 即各龄幼虫取食量、各虫态的发生期及蛹的羽化率和卵的孵化率等。该虫幼虫和蛹期的分布型均为聚集分布, 并分别建立了最适抽样关系式。②林分结构、坡向、生长势和主层林郁闭度是影响德昌松毛虫发生程度的关键因子, 据此建立的多元线性回归模型, 为今后逐步建立动态预测预报模型和进行林分状况评估奠定了良好的基础。③本研究揭示了虫源地和有虫不成灾林分的生态学特征, 为现有德昌松毛虫发生基地的改造、推

毁虫源地以及今后营造抗松毛虫林分提供了理论依据。在对德昌松毛虫发生基地低产林改造时, 可实施林下造林, 采用丛状或小块状混栽麻栎、银合欢等, 并及时抚育管理, 改善现有纯林的林分组成, 提高林分抗虫性。

参考文献:

- [1] 云南省林业厅, 中国科学院动物研究所. 云南森林昆虫[M]. 昆明: 云南科学技术出版社, 1987.
- [2] 王莉萍, 雷桂林, 段兆尧. 德昌松毛虫文山松毛虫有效积温的初步研究[J]. 西南林学院学报, 2000, 20(3): 169-173.
- [3] 胡光辉, 陈尔厚, 段兆尧, 等. 松毛虫质型多角体病毒围栏增殖技术[J]. 云南林业科技, 1998, (2): 44-47.
- [4] 王立纯. 森林病虫害研究法[M]. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1983.
- [5] 徐汝梅. 昆虫种群生态学[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1987.
- [6] 孙向文, 段君博, 白玉桐, 等. 林地类型与松毛虫发生量相关性调查[J]. 森林病虫害通讯, 1997, 16(4): 21-23.
- [7] 陈华盛, 李镇宇, 丛秀玉, 等. 林分因子与赤(油)松毛虫危害程度的风险评估[J]. 北京林业大学学报, 1999, 21(1): 50-55.
- [8] 许国莲, 柴守权, 谢开立, 等. 禄丰县思茅松毛虫成灾与林分因子相关性调查研究[J]. 西南林学院学报, 2001, 21(3): 160-164.
- [9] 柴守权, 许国莲, 谢开立, 等. 思茅松毛虫幼虫食叶量测定及预测预报虫灾级数表研制[J]. 林业科技通讯, 2001, 21(11): 6-8.
- [10] 贾乃光. 数理统计[M]. 第2版. 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [11] 卢纹岱. SPSS for Windows 统计分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.
- [12] 中国科学院动物研究所. 中国主要害虫综合防治[M]. 北京: 科学出版社, 1979.
- [13] 陈昌洁. 松毛虫综合管理[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.

Bio-ecological characteristics of *Dendrolimus punctatus tehchangensis* in Yunnan Province

CHAI Shou-quan¹, XU Guo-lian², XIE Kai-li², ZHAO Pei-xian³, FENG Yong-gang³, LI Pin-jun³

(1. General Station of Forest Pest Management, the State Forestry Administration, Shenyang 110034, Liaoning, China; 2. Faculty of Conservation Biology, Southwest Forestry College, Kunming 650224, Yunnan, China; 3. Forest Pest and Disease Control and Quarantine Station of Yuanmu County, Yuanmu 651300, Yunnan, China)

Abstract: This article researched preliminarily the biological characteristics and relationship between forest factors and occurrence of *D. punctatus tehchangensis*. The results show that *D. punctatus tehchangensis* has two generation one year in Yuanmu County and spends its winter by the third and fourth stadia larave. The spatial distribution patterns of larvae and pupae are congregating distribution, and $\lambda > 2$, congregation is caused by the intrinsic behavior of insect; $\lambda < 2$, congregation is caused by the environment. By using the stepwise-regression method, direction of slope, forest structure, crown density, potential of growth are selected out as the four key factors which have affected occurrence of *D. punctatus tehchangensis*. The characteristics of the pest-resource stand and the stand with pests but without disaster have been summarized.

Key words: *Dendrolimus punctatus tehchangensis*; biological characteristics; spatial distribution patterns; forest factors; regression analysis; Yuanmu County