

景东县云南松毛虫生物生态学特性研究^{*}

许国莲¹, 柴守权¹, 谢开立¹, 罗芳², 刘文红², 冯周明²

(1 西南林学院 保护生物学学院, 云南 昆明 650224; 2 云南省景东县森防站, 云南 景东 676200)

[摘 要] 研究了云南松毛虫 (*Dendrolimus houi* Lajonquière) 的生物学特性及发生与林分因子的相关性。结果表明: 云南松毛虫在景东县 1 年 2 代, 以 2, 3 龄幼虫越冬。幼虫和蛹的空间分布均为聚集分布。采用逐步回归分析法, 筛选出影响云南松毛虫发生的 5 个关键因子: 海拔高度、坡向、开阔度、林分结构、土壤综合肥力。总结了虫源地林分和有虫不成灾林分的特点, 虫源地林分特征为海拔小于 1 550 m, 阳坡或半阴半阳坡、开阔度小、土壤综合肥力差、纯林; 有虫不成灾林分特征为海拔大于 1 550 m, 阴坡、大开阔度、土壤综合肥力良好、混交林。

[关键词] 云南松毛虫; 生物学特性; 空间分布型; 林分因子; 景东县

[中图分类号] S763 42⁺ 1

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387 (2002) 06-0151-05

云南松毛虫又叫柳杉毛虫或大柏毛虫, 是云南松林的重要害虫之一, 年平均发生 3~3 万 hm^2 。云南松毛虫主要分布于云南、浙江、福建、四川、广西、广东、湖南、湖北、贵州等省(区), 及印度、缅甸、斯里兰卡和印度尼西亚, 其中在云南分布于昆明、呈贡、嵩明、元江、曲靖、宜良、昭通、镇雄、个旧、蒙自、红河、屏边、文山、马关、思茅、普洱、镇沅、墨江、景谷、景东、澜沧、江城、景洪、楚雄、大理、丽江、临沧、保山、瑞丽等地^[1]。该虫危害云南松 (*Pinus yunnanensis* Franch)、华山松 (*P. amandii* Franch)、高山松 (*P. densata* Mast)、思茅松 (*P. langbianensis* Chev)、马尾松 (*P. massoniana* Lamb)、海南松 (*P. latteri* Mason)、圆柏 (*Sabina chinensis* (L.) Antitina)、侧柏 (*Biota orientalis* Endl)、柳杉 (*Cryptomeria fortunei* Hooibrenk)、柏木 (*Cupressus funebris* Endl) 和油杉 (*Keteleeria fortunei* (Murr.) Carr)^[2,3]。在景东县 1 年 2 代, 以 2, 3 龄幼虫在松针基部或松枝上越冬, 主要危害思茅松^[4]。何剑中等^[5,6]对云南松毛虫蛹的营养成分与应用价值进行了研究。本文研究了云南松毛虫的生物学特性及发生与林分因子的相关性, 现将结果总结如下。

1 材料与方法

1.1 生物学特性的观察

在室内条件下分个体和群体两种方式系统饲

养, 详细记载成虫、卵、幼虫、蛹期发育进程, 并在林内条件下选择具有一定数量云南松毛虫的思茅松林, 定株定期调查, 最后对调查数据进行汇总整理和分析^[7,8]。

1.2 空间分布型的调查

选择不同坡向、坡位、海拔等立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。采用聚集度指标法确定其分布型^[9,10]。

1.3 云南松毛虫发生与林分因子的相关性

参考文献 [11], 把林分因子归类如下: 海拔高度 (x_1)、坡向 (x_2)、坡位 (x_3)、坡度 (x_4)、开阔度 (x_5)、林分结构 (x_6)、主层林郁闭度 (x_7)、林木生长势 (x_{11})、土壤综合肥力 (x_{12})、植被盖度 (x_{14})、平均胸径、平均冠幅、平均树高、树龄。

根据相关的试验设计^[11,12], 于 1999~2001 年 7~8 月进行野外调查: 样地设置同 1.2; 调查时按上述林分因子分类, 其中植被盖度用目测估计; 对样地内胸径 5 cm 以上的思茅松逐株记载虫口密度、树高、冠幅、胸径、林下植物。根据虫口密度 (y) 与各因子间的相关性分析, 筛选出 10 个相关因子, 除海拔高度 (x_1)、林分结构 (x_6)、主层林郁闭度 (x_7)、植被盖度 (x_{14}) 为实测值外, 其余 6 个因子按与虫口密度的关系分别给予权重值, 见表 1。

^{*} [收稿日期] 2001-11-25

[基金项目] 云南省应用基础研究重点基金项目 (98C007Z)

[作者简介] 许国莲 (1975-), 女, 青海乐都人, 在读硕士, 主要从事森林有害生物综合管理研究。

表 1 调查因子权重值

Table 1 The substituting value of investigation factors

因子 Factors	指标 Index	权重值 Substituting value	指标 Index	权重值 Substituting value	指标 Index	权重值 Substituting value
坡向 (x ₂) Direction of slope (x ₂)	阴坡 Northern slope	1	半阴半阳坡 East or west slope	3	阳坡 Southern slope	5
坡位 (x ₃) Position of slope (x ₃)	上 Upper	1	中 M iddle	3	下 Dow n	4
坡度 (x ₄) Degree of slope (x ₄)	缓坡 Slight slope	1	斜坡 Slant slope	2	陡坡 Steep slope	5
开阔度 (x ₅) Open degree (x ₅)	大 Big	1	中 M edium	2	小 Small	5
林木生长势 (x ₁₁) Potential of grow th (x ₁₁)	好 Good	1	中 M edium	3	差 Bad	6
土壤综合肥力 (x ₁₂) Comprehensive fertility of soil (x ₁₂)	好 Good	1	中 M edium	4	差 Bad	5

2 结果与分析

2 1 云南松毛虫生物学特性与年生活史

云南松毛虫在景东县 1 年 2 代, 以 2, 3 龄幼虫在松针基部或松枝上越冬, 越冬期为当年 12 月中旬至翌年 2 月上旬, 其年生活史见表 2。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取食, 但取食量很小。越冬期天敌有蚂蚁、蜘蛛、寄生蜂、寄生蝇、螳螂、鸟类等。成虫羽化当天或第 2 天即可交尾产卵, 交尾时间大多在晚上, 历时 8~ 30 h, 雌虫只交尾 1 次, 雄虫可交尾 1~ 2 次, 趋光性较强。第 1 代雌虫寿命为 10~ 15 d, 雄虫为 4~ 10 d; 越冬代雌虫为 5~ 11 d, 雄虫 2~ 11 d; 第 1 代

单雌产卵 267~ 764 粒, 平均 547 粒, 越冬代 345~ 1 124 粒, 平均 674 粒。卵期 10~ 15 d, 未授精的卵不会孵化; 第 1 代孵化率 85. 6%, 越冬代 89. 8%, 卵期寄生率 10%。初孵幼虫群集取食卵壳, 部分可直接取食针叶, 部分 2 龄后才取食针叶; 越冬代幼虫期约 7 个月、8 龄, 第 1 代幼虫期约 3 个月、7 龄, 各龄幼虫平均取食量(鲜重)见表 3。第 1 代蛹长 41. 68 mm, 宽 13. 65 mm, 重 4. 05 g, 越冬代长 42. 64 mm, 宽 13. 65 mm, 重 5. 646 g; 第 1 代化蛹率 53. 4%, 羽化率 27. 7%, 越冬代化蛹率 67. 7%, 羽化率 50%; 第 1 代蛹历期 24~ 52 d, 平均 34 d, 越冬代蛹历期 27~ 41 d, 平均 32 d。

表 2 云南松毛虫年生活史

Table 2 The life history table of *D. houi*

世代 Generation	1 月 上中下	2 月 上中下	3 月 上中下	4 月 上中下	5 月 上中下	6 月 上中下	7 月 上中下	8 月 上中下	9 月 上中下	10 月 上中下	11 月 上中下	12 月 上中下
越冬代 Hibernating generation	幼虫 L arvae	(—)	(-)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	蛹 Pupae				000	00						
	成虫 A dults				+	+++	+					
	卵 O va					•••	••					
第 1 代 1st generation	幼虫 L arvae					-	-	-	-	-	-	-
	蛹 Pupae								000	00		
	成虫 A dults									+++	++	
	卵 O va									•••	•••	•
越冬代幼虫 Hibernating generation larvae										-	-	-

注: (—) 越冬幼虫; —幼虫; 0 蛹; + 成虫; •卵; 上, 中, 下分别为旬。
Note: (—) Hibernating larvae; —Larvae; 0 Pupae; + Adults; •Ova; The first ten days of the month; The second ten days of the month; The last ten days of the month

表 3 云南松毛虫各龄幼虫平均取食量

Table 3		The average defoliating capacity of larvae in different stadia of <i>D. houi</i>														cm
		齡期 Stadia stage														Σ
		1	2	3	4	5	6	7	8							
第一代 1st generation	林内 Exterior	/	34 3	75 9	261 8	796 2	3 745 9	11 661 6	/	16 575 7						
	室内 Interior	/	57 8	152 6	460 1	1 169 7	4 029 7	9 720 6	/	15 590 4						
越冬代 Hibernating generation	林内 Exterior	6 8	24 5	1 310 2	1 499 7	2 553 5	4 539 8	6 046 9	8 263 8	24 245 2						
	室内 Interior	7 1	25 1	1 356 2	1 385 0	1 458 2	1 763 3	3 114 0	5 634 8	14 743 8						

2 2 幼虫和蛹的空间分布型测定结果

表 4 结果表明: 云南松毛虫幼虫呈聚集分布, 聚集均数 λ 值均大于 2, 即幼虫种群的聚集由幼虫行为引起; 平均拥挤度 $m^* = 0.992 + 1.091\bar{x}$, $R = 0.997$, $\lg s^2 = 0.211 + 1.295 \lg \bar{x}$, $R = 0.941$; 取 $\alpha = 0.992$, $\beta = 1.091$, $t = 1$, $D = 0.1$, 得最适抽样株数为 $N = 199.2/\sqrt{\bar{x} + 9.1}$ 。

表 4 云南松毛虫幼虫的分布型指数

Table 4 The distribution pattern index of larvae of <i>D. houi</i>															
样地号 Plots	平均虫口密度 ($\bar{x}$) Average density of insects ($\bar{x}$)	方差 (s^2) Variance (s^2)	平均拥挤度 (m^*) Average crowd- ing degree (m^*)	扩散系数 (C) Dispersing parameter (C)	K 值 K value	I 指数 I index	I δ 指数 I δ index	L 指数 L index	L / (1+ $\bar{x}$)	m^* / $\bar{x}$	聚集均数 (λ) Aggressive average value (λ)				
1	42.00	182.67	45.35	4.35	12.54	3.35	1.05	46.35	1.08	1.08	40.76				
2	48.47	274.85	53.14	5.67	10.38	4.67	1.06	4.14	1.09	1.10	47.49				
3	46.67	348.89	53.14	7.48	7.21	6.48	1.14	54.14	1.13	1.14	43.17				
4	41.67	258.89	46.89	6.21	7.99	5.21	1.13	47.89	1.12	1.12	40.00				
5	33.23	241.25	39.49	7.26	5.31	6.26	1.19	40.49	1.18	1.19	29.51				
6	3.13	9.98	5.32	3.19	1.43	2.19	1.09	6.32	1.53	1.70	2.59				
7	10.27	15.99	10.83	1.57	18.44	0.57	1.12	11.83	1.05	1.05	8.17				
8	15.41	30.36	16.38	1.97	15.86	0.97	1.11	17.38	1.06	1.06	14.25				
9	3.87	15.32	6.82	3.96	1.31	2.96	1.15	7.82	1.61	1.76	2.05				
10	18.83	41.47	20.03	2.20	15.66	1.20	1.10	21.03	1.06	1.06	17.64				

由表 5 可知: 云南松毛虫蛹呈聚集分布, 聚集均数 λ 值均大于 2, 即蛹的聚集也是由其化蛹行为引起; $m^* = -0.213 + 1.229\bar{x}$, $R = 0.997$, $\lg s^2 = -0.205 + 1.726 \lg \bar{x}$, $R = 0.988$; 取 $\alpha = -0.213$, $\beta = 1.229$, $t = 1$, $D = 0.1$, 则得最适抽样株数为 $N = 78.7/\sqrt{\bar{x} + 22.9}$ 。

表 5 云南松毛虫蛹的分布型指数

Table 5 The distribution patterns index of pupae of <i>D. houi</i>																						
样地号 Plots	平均虫口密度 ($\bar{x}$) Average density of insects ($\bar{x}$)		方差 (s^2) Variance (s^2)		平均拥挤度 (m^*) Average crowd- ing degree (m^*)		扩散系数 (C) Dispersing parameter (C)		K 值 K value		I 指数 I index		I δ 指数 I δ index		L 指数 L index		L / ($1 + \bar{x}$)		$m^* / \bar{x}$		聚集均数 (λ) Aggressive average value (λ)	
1	39	96	523	87	52	07	13	11	3	30	12	11	1	29	53	07	1	30	1	30	38	45
2	31	68	259	48	38	86	8	19	4	41	7	19	1	22	39	86	1	22	1	23	31	75
3	34	71	210	48	39	78	6	06	6	85	5	06	1	14	40	78	1	14	1	15	33	80
4	34	35	302	11	42	14	8	80	4	41	7	80	1	22	43	14	1	22	1	23	34	43
5	29	8	177	29	34	75	5	95	6	02	4	95	1	16	35	75	1	16	1	17	28	07
6	4	9	7	68	5	47	1	57	8	64	0	57	1	11	6	47	1	10	1	12	4	63
7	5	5	15	22	7	27	2	77	3	11	1	77	1	31	8	27	1	27	1	32	4	73
8	5	55	14	35	7	14	2	59	3	50	1	59	1	28	8	14	1	24	1	29	5	03
9	5	17	12	88	6	66	2	49	3	47	1	49	1	28	7	66	1	24	1	29	4	73
10	6	93	12	0	7	66	1	73	9	47	0	73	1	10	8	66	1	09	1	11	6	71

2 3 云南松毛虫发生与林分因子的相关性

2 3 1 关键因子及其与云南松毛虫发生概率的回归模型

整理 22 块样地的 11 个变量 (包括 y 值) 后, 利用 SPSS 统计分析软件逐步回归 (Stepwise regression) 分析^[13,14]。根据各因子偏相关系数的高低, 确定其对云南松毛虫发生影响的重要程度, 结

果表明, 海拔高度 (x_1)、坡向 (x_2)、开阔度 (x_5)、林分结构 (x_6) 和土壤综合肥力 (x_{12}) 为关键因子。其回归模型为

$$y = 64.198 - 0.0503x_1 + 1.534x_2 + 1.383x_5 + 16.130x_6 + 2.763x_{12},$$

表 6 回归方差分析结果

Table 6 Variance analysis table of the stepwise regression

误差来源 Origin of variation	平方和 Sum of square	自由度 Degree of freedom	均方 Average square	F 值 F value	F_{α}
回归 Regression	7 447.388	5	1 489.478	83.453**	
残差 Residual	285.570	16	17.848		$F_{0.05}(5, 16) = 2.85$
合计 Total	7 732.959	21			$F_{0.01}(5, 16) = 4.44$

2 3 2 关键因子与云南松毛虫发生程度的关系 海拔高度 (x_1): 主要是海拔高度不同引起了气候条件的变化, 进而影响了寄主植物和害虫的分布, 以及害虫种群数量的变动^[15]。

坡向 (x_2)、开阔度 (x_5): 一般在四面环山、中间低洼或三面环山、马蹄形向阳山谷以及座北向南的阳坡松林为虫源地; 该地形内较温暖, 阳坡气候干旱, 林地内阳光充足, 有利于成虫降落、幼虫的生长发育, 越冬死亡率亦较低^[1]。

林分结构 (x_6): 凡是针阔混交林, 松毛虫不易猖獗, 林木生长健壮, 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^[1]。

土壤综合肥力 (x_{12}): 土壤肥力高, 则松林生长健壮, 抗虫性较强, 受害比较轻; 反之, 受害较重^[3]。

这 5 个关键因子对云南松毛虫的影响顺序是海拔高度 → 土壤综合肥力 → 开阔度 → 坡向 → 林分结构。据此虫源地林分的特征为海拔高度小于 1 550 m, 阳坡或半阴半阳坡, 开阔度小, 土壤综合肥力差, 林分结构基本为思茅松纯林, 或仅有少量的云南松, 林下几乎没有其他植物。有虫不成灾林分的特征为海拔高度大于 1 550 m, 阴坡、大开阔度、土壤综合肥力良好, 林分由思茅松与西南桦 (*Betula*

复相关系数 $R = 0.981$, 判定系数 $R^2 = 0.952$; 各因子偏相关系数分别为 $r_1 = -0.4964$, $r_2 = 0.3242$, $r_5 = 0.3398$, $r_6 = 0.2741$, $r_{12} = 0.4961$ 。回归剩余标准差 $S_{y, x_1, x_2, x_5, x_6, x_{12}} = 4.224\%$ 。回归方差分析见表 6。

alnoides)、栎类 (*Quercus* spp.)、红木荷 (*Schinus molle*) 等形成混交林, 林下植被丰富, 有余甘子 (*Phyllanthus reticulatus*)、盐肤木 (*Rhus chinensis*) 等灌木和紫茎泽兰 (*Eupatorium odoratum*) 等大量草本植物。

3 小 结

通过对云南松毛虫生物学习性的研究, 弥补了原生物学报道中的不足, 即各龄幼虫的食量、成虫寿命、产卵量及幼虫期和蛹期等。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数关系式。

本研究结果表明, 海拔高度、坡向、开阔度、林分结构和土壤综合肥力是影响云南松毛虫发生程度的关键因子, 据此建立了多元线性回归模型, 为今后逐步建立动态预测预报模型和进行林分评估提供了依据。

本研究揭示了虫源林与非虫源林的生态学特征, 为今后营造抗松毛虫林分提供了理论依据。在对云南松毛虫发生基地林改造时可实施林下造林, 或采用丛状或小块状混栽麻栎、西南桦、红木荷等, 并及时抚育管理, 改善现有纯林的林分组成, 提高抗虫性。

[参考文献]

- [1] 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.
- [2] 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: 云南科技出版社, 1987.
- [3] 侯陶谦. 中国松毛虫 [M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [4] 萧刚柔. 中国森林昆虫 [M]. 第 2 版. 北京: 中国林业出版社, 1993. 944-945.
- [5] 何剑中, 牛建华, 卢南, 等. 云南松毛虫蛹的营养成分分析与应用价值探讨 [J]. 西北林学院学报, 1999, 14: 76-79.
- [6] 何剑中, 卢南, 牛建华, 等. 云南松毛虫蛹和成虫化学成分及其比较研究 [J]. 林业科学研究, 1998, 11 (2): 130-134.
- [7] 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.
- [8] 西北农学院植保系. 农业昆虫学试验研究方法 [M]. 上海: 上海科技出版社, 1981.
- [9] 徐汝梅. 昆虫种群生态学 [M]. 北京: 北京师范大学出版社, 1987.
- [10] 张孝羲. 昆虫生态与预测预报 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1997.

- [11] 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]. 森林病虫通讯, 1997, 16 (4): 21- 23
- [12] 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
- [13] 贾乃光. 数理统计 [M]. 第2版. 北京: 中国林业出版社, 1993
- [14] 卢纹岱. SPSS for windows 统计分析 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2000
- [15] 陈昌洁. 松毛虫综合管理 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1990

A study on the bio-ecological characteristics of *Dendrolimus houi* in Jingdong County

XU Guo-lian¹, CHAI Shou-quan¹, XIE Kai-li¹, LUO Fang², LIU Wen-hong², FENG Zhou-ming²

(1 College of Biology Protection, Southwest Forestry College, Kunming, Yunnan 650224, China; 2 Forest Pest and Disease Control and

Quarantine Station of Jingdong County, Jingdong, Yunnan 676200, China)

Abstract: This article studied the biological characteristics and relationship between forest factors and occurrence of *D. houi*. The results show that *D. houi* has two generations each year in Jingdong County and spends its winter by the second and third stadium larvae. The spatial distribution patterns of larvae and pupae are congregating distribution. By using the stepwise-regression method, altitude, direction of slope, open degree, forest structure, comprehensive fertility of soil are selected out as the five key factors which have affected occurrence of *D. houi*. The characteristics of the pest-resource stand and the stand with pests but without disaster have been summarized. The characteristics of the pest-resource stand are that altitude is smaller than 1 550 m, southern slope or east or west slope, small open degree, bad comprehensive fertility of soil and pure forest; The characteristics of the stand with pests but without disaster are that altitude is bigger than 1 550 m, northern slope, big open degree, good comprehensive fertility of soil and compound forest.

Key words: *Dendrolimus houi* Lajonquière; biological characteristics; spatial distribution patterns; forest factors; Jingdong County