

两年一代落叶松毛虫的预测预报技术 及防治指标的研究*

田 丰 毕湘虹 申国涛 周 彪 李文宝

摘要 1993~1995年在牙克石林区研究了两年一代落叶松毛虫的发生期与物候和二十四节气的相关性;发生量与5月份温雨系数和幼虫越冬后排粪量的相关性;建立了以温雨系数 x_1 、排粪量 x_2 为自变量,发生量为因变量 y 的回归估测模型: $y = 196.2680 - 23.5170x_1, y_{小虫} = 2.4499 + 0.0732x_2, y_{大虫} = 11.9700 + 0.0278x_2$,兴安落叶松的失叶量超过45%,对其高、胸径及材积生长有显著影响。在5月中旬前,当有虫株率超过40%,大虫虫口密度超过50头/株,小虫虫口密度超过101头/株时,必须防治。

关键词 落叶松毛虫 预测预报 防治指标

落叶松毛虫[*Dendrolimus superans* (Butler)]的测报技术及其防治指标的研究报道甚多,但对两年一代落叶松毛虫的测报技术及防治指标的研究至今未见报道。鉴于此,笔者于1993~1995年在牙克石的绰源、绰尔林区对两年一代落叶松毛虫的测报技术及防治指标进行了研究,现整理如下。

1 林地概况与研究方法

1.1 林地概况

本研究的试验设在绰源林业局苏格河林场的111林班14小班(阳坡),92林班9小班(阴坡)的兴安落叶松[*Larix gmelini* (Rupr.) Rupr.]人工林内。海拔高1060~1100 m。林龄24 a,郁闭度0.8左右,每公顷保留株数2000左右。阳坡平均树高8.68 m,胸径10.22 cm;阴坡平均树高8.72 m,胸径10.38 cm。林内人、畜活动频繁,植被稀少,土层薄,土壤肥力低下。

1.2 研究方法

(1)在阴、阳坡的兴安落叶松人工林内各设33 m × 20 m标准地3块,每年4月末在各标准地每隔二行选一行,在所选行内每隔3株设一标准木绑塑料膜,以观察幼虫越冬后上树的始、盛、末期(1~2 d观察一次)等。计设180株标准木。同时还详细观察记录标准地及其周围环境中的动植物变化情况。

(2)据林分受危害的情况,1993年5月初在阴、阳坡每木查枝实测,选失叶35%、45%、55%的标准地各1块(33 m × 20 m),另各设对照1块。每标准地设标准木30株,分别标号,并对各标准木的高、胸径进行测量。由于兴安落叶松生长较慢,每年测定其材积生长不易,所以在

1997—03—24收稿,1997—09—16收修改稿。

田丰研究员,毕湘虹,申国涛,周彪(黑龙江省森林保护研究所 哈尔滨 150040);李文宝(内蒙古自治区绰源县林业局)。

* 本文系林业部“八五”攻关课题“利用生物制剂防治落叶松毛虫技术研究”的内容之一。

1995年5月初,在不同失叶率及对照的标准地中,选有代表性的标准木各伐5株,以2m区分段方法,求各失叶木及对照木1993~1994年的定期平均生长量。

(3)为较准确计算不同时期每木的针叶重量,以拟定切合实际的防治指标,于1993年5月初,在兴安落叶松针叶初露芽苞时起,每隔5d随机采针叶500~1500束,及时在天平上称重以测不同时期每束针叶重。到5月末共测10178束针叶,不同时期针叶重及其增长率见表1。5月末又实查39株树的针叶重量。

表1 兴安落叶松针叶不同发育期每木针叶重量 (1993年)

发育期	出现时间(月—日)	针叶重(g/束)	增长率(%)	针叶重(g/株)
针叶初露芽	05-10前后	0.0094		835.0042
放叶始期	05-15前后	0.0190	110.6383	1758.8348
放叶盛期	05—20~25	0.0265	33.8384	2353.9947
高生长始期	5月末	0.0330	24.5283	2929.6130

2 结果与分析

2.1 发生期预测

2.1.1 物候预测 落叶松毛虫在1a的生长发育过程中,因受季节温热条件变化的影响,其发育阶段与周围环境中的动植物季节变化有一定的相关性。据观察,落叶松毛虫在牙克石林区翌春上树活动的早晚,不仅与温度、降水有关,还与大、小虫年有关,即大虫年(奇数年)幼虫上树活动早;小虫年(偶数年)晚。如1993年4月下旬柳(*Salix* spp.)花始开时,始见幼虫上树活动,盛开时上树高峰,兴安杜鹃(*Rhododendron dahuricum* Linn.)花始开时上树盛末期;稠李(*Prunus padus* Linn.)花始开时老熟幼虫始见化蛹;蒲公英(*Taraxacum* spp.)盛飞种时始见成虫羽化;兴安老鹤草(*Geranium maximowiczii* Regel et Maack)花始开时始见当年幼虫孵出;兴安落叶松落叶盛期始见幼虫下树越冬。1994年5月初柳花始盛时始见幼虫上树活动,盛末时上树高峰,兴安杜鹃花始盛时上树盛末期;稠李花始盛时始见老熟幼虫化蛹;蒲公英飞种盛末时始见成虫羽化;兴安老鹤草花盛开时始见当年幼虫孵出;兴安落叶松落叶盛期始见幼虫下树越冬。

2.1.2 二十四节气预测 二十四节气中每个节气都反映出该段时间的温度、降水特点及其转折等,这都与农林业生产及其病虫害的发生发展有密切关系。据观察(见图1),该林区松毛虫的发生期与二十四节气的关系为:奇数年谷雨始见越冬后幼虫上树,立夏前后上树高

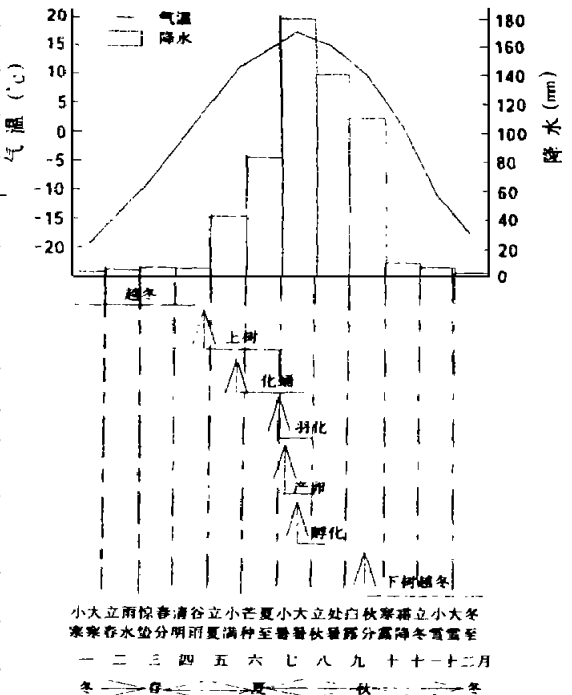


图1 绰源林区松毛虫的活动与二十四节气、温度、降水相关示意(1993年)

峰期,小满后一周老熟幼虫化蛹始期,芒种化蛹盛期,夏至后一周始见成虫羽化,小暑前后羽化盛期,大暑前后当年幼虫孵出高峰期,秋分大、小虫纷纷下树越冬;偶数年在立夏前后才始见越冬后的幼虫上树,立夏一周后为上树高峰期,芒种后始见化蛹,小暑后始见成虫羽化,大暑后始见当年幼虫孵出,立秋前高峰,秋分下树越冬等。

2.2 发生量预测

害虫发生数量的预测是决定防治林区、防治林班的依据,鉴于此,对松毛虫发生量的预测进行了以下研究:

2.2.1 温雨系数预测 为了解温度、降水与落叶松毛虫发生量的关系,以牙克石林管局防火办提供的气象资料及阿尔山防治站提供的虫口密度为依据整理统计了1986~1994年5月份温雨系数($W = \text{雨量}/\text{温度}$)与松毛虫发生量的关系。由表2知,5月份的温雨系数与落叶松毛虫虫口密度存在负相关关系。现以温雨系数为自变量 x_1 ,虫口密度为因变量 y ,以回归分析方法,求越冬后上树虫口密度的回归估计模型为:

$$y = 196.2680 - 23.5170x_1 \quad (1)$$

$$(S_{yx} = \pm 34.17)$$

式中: y 为松毛虫越冬后上树的虫口数, x_1 为5月份的温雨系数。模型(1)的相关系数 $r_{xy} = -0.841$ 。对(1)式进行回归显著性检验表明,线性关系显著, $F = 16.86$ ($F_{0.05} = 5.59$, $F_{0.01} = 12.0$)。说明用5月份的温雨系数可以直接估测松毛虫越冬后的上树虫口密度。

2.2.2 排粪量预测 表3是1993~1994年在林内套笼养虫测定的幼虫越冬后的排粪量及危害量。由表3知,虫龄不同,其危害量、排粪量也不同,两者均随虫龄的增加而增加。虫口数、危害量、排粪量三者呈正相关。

现据表3数据,以排粪量为自变量 x_2 ,以虫口数为因变量 y ,应用回归分析方法,求3~4龄幼虫、5~7龄幼虫越冬后上树虫口密度的回归模型为:

$$y_{\text{小虫}} = 2.4499 + 0.0732x_2 \quad (S_{yx} = \pm 2.2478) \quad (2)$$

$$y_{\text{大虫}} = 11.9700 + 0.0278x_2 \quad (S_{yx} = \pm 0.998) \quad (3)$$

(2)、(3)式中: y 为越冬后上树的幼虫数, x_2 为越冬后上树的幼虫排粪粒数。模型(2)、(3)的相关系数分别为: $r_{(2)} = 0.967$, $r_{(3)} = 0.927$ 。

对上述两式进行回归显著性检验,两式的线性关系均显著,(2)式 $F = 42.52$ ($F_{0.01} =$

表2 5月份的温雨系数与发生量关系

年份	5月份气象要素			虫口密度 y (头/株)
	温度 ()	降雨 (mm)	温雨系数 x	
1986	9.0	13.0	1.44	120
1987	7.0	19.0	2.71	180
1988	9.0	57.0	6.33	80
1989	10.0	16.0	1.60	170
1990	11.0	66.0	6.00	40
1991	11.0	12.0	1.09	190
1992	12.2	4.4	0.36	200
1993	10.0	32.9	3.29	90
1994	10.0	36.0	3.60	75

表3 落叶松毛虫幼虫越冬后的危害量及排粪量

组别	虫数 (头)	虫龄 (龄)	危害量 (束/d)	排粪量 (粒/d)
1	20	3~4	180	220
2	25	3~4	288	338
3	10	3~4	110	124
4	30	3~4	330	378
5	25	3~4	250	275
6	30	5~7	645	675
7	30	5~7	600	640
8	30	5~7	595	600
9	27	5~7	567	567
10	25	5~7	465	475

注:5月15日前后每束针叶重0.019g/束。

34. 1, $F_{0.05} = 10.1$), (3) 式 $F = 38.32$ ($F_{0.01} = 34.1, F_{0.05} = 10.1$)。

利用上述两式, 估测幼虫越冬后的上树虫口密度, 比较简便可靠, 同时节省劳力。

2.3 对高、径生长的影响

经 1993 ~ 1995 年调查证明, 兴安落叶松在该林区于 5 月 15 日前后始放叶, 高生长始于 5 月末。由表 4 说明, 兴安落叶松失叶量不同, 对其高、径生长影响也不同, 就失叶后的第 1、2 a 看, 失叶 45% 以下时, 对树高、胸径生长影响不显著, 超过 45% 时, 当年对树高、胸径生长影响显著, 随着时间的推移, 均逐渐恢复正常。

表 4 兴安落叶松不同失叶率对其单株生长的影响

坡 向	林 龄 (a)	项 目	失叶率(%)			
			对照	35	45	55
阳坡	25	胸径生长(cm)	1.012 0	0.954 0	0.890 6	0.637 6
		胸径生长损失率(%)		5.73	12.00	37.00
		高生长(m)	0.976 0	0.910 0	0.842 0	0.524
		高生长损失率(%)		6.76	13.73	46.32
		材积生长(m ³)	0.003 5	0.003 3	0.003 1	0.002 2
		材积生长损失率(%)		5.71	11.43	37.14
阴坡	25	胸径生长(cm)	1.020 0	0.944	0.898 7	0.708 9
		胸径生长损失率(%)		7.45	11.89	30.50
		高生长(m)	0.980 0	0.934	0.808	0.530
		高生长损失率(%)		4.69	17.55	45.92
		材积生长(m ³)	0.003 6	0.003 4	0.003 2	0.002 4
		材积生长损失率(%)		5.56	11.11	33.33

2.4 对材积生长的影响

由表 4 知, 因失叶量及坡向不同, 其材积的生长量也不同, 阳坡材积损失大于阴坡。失叶量在 45% 以上时, 对阴、阳坡材积生长均有显著影响(图 2)。

3 防治指标的拟定

3.1 经济阈值

由图 2 知, 兴安落叶松失叶 45% 以下时, 对高、胸径及其材积生长影响不显著, 而失叶 45% 以上时影响显著, 需进行防治。鉴于此, 将落叶松毛虫在该林区的经济阈值定为 45%。

3.2 经济损害水平

害虫的防治, 应允许有一定的损失, 即允许与经济损害水平相对应的虫口密度存在, 这有利于保护天敌, 有利于维护生态平衡, 还不致于得不偿失。

经济损害水平(EIL)计算公式:

$$L(\%) = \frac{C}{V \cdot P \cdot Y} \times 100\%$$

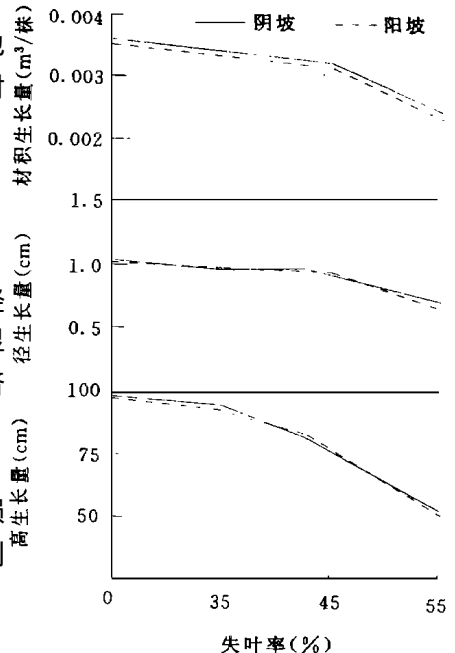


图 2 失叶量与树木生长量相关示意

式中: C ——防治成本, V ——每公顷材积数, P ——每立方米原木价格, Y ——防治效果。

据该林区的生产水平、木材及市场农药价格、现有林地每公顷保留株数, 由表 4 知单株对照木的材积, 推算 1993 ~ 1994 年每公顷材积生长量。对某一林分讲, 经营者对其材积的期望值是一定的, 虽在市场经济条件下, 原木价格在短期内也往往比较稳定, 所以, 经济损害水平的高低往往取决于防治费及防治效果的大小。

还有, 在木材销售过程中, 原木径级、长短不同, 价格也不同; 树高低不同所用农药、施药工具也不同, 所以防治费用也不同; 树冠大小其耐害力、补偿力及天气情况等均影响防治效果, 所以, 常导致经济损害水平的不同(表 5)。

害虫的防治, 应从生态效益及经济收入考虑, 得失相当的防治意义不大, 故所造成损失一般可超出最低损害水平的 2 倍左右。鉴于此, 将落叶松毛虫在该林区的经济损害水平, 暂定超出最低损害水平的 2 倍(表 5)。

表 5 落叶松毛虫越冬后经济损害水平

坡 向	材积生长量 [$\text{m}^3/(\text{株} \cdot \text{a})$]	材积生长量 [$\text{m}^3/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$]	原木价格 (元/ m^3)	防治成本 (元/ hm^2)	防治效果 (%)	经济损害水平 (%)	校正水平 (%)
阳坡	0.001 75	3.50	350	45	85	4.32	8.64
					95	3.87	7.73
				75	85	7.21	14.41
					95	6.45	12.89
				105	85	10.09	20.17
					95	9.02	18.05
阴坡	0.001 80	3.60	350	150	85	14.41	28.81
					95	9.03	18.05
				45	85	4.20	8.40
					95	3.76	7.52
				75	85	7.01	14.01
					95	6.27	12.53
				105	85	9.81	19.61
					95	8.77	17.54
				150	85	14.01	28.01
					95	12.53	25.06

3.3 防治指标的拟定

防治指标因防治目的不同, 可分为经济防治指标、策略防治指标及综合防治指标。对于落叶松毛虫在该林区的防治, 在兼顾生态效益的同时, 主要控制幼虫越冬后对寄主芽苞及幼针叶危害所致的间接木材损失为目标, 当林分中的平均虫口密度超过经济损害水平相对应的虫口密度时, 必须进行防治。由表 4 知, 在阴阳坡不同失叶率材积的生长情况, 再据不同有虫株率, 按表 5 校正后的经济损害水平, 计算出 25 a 左右的兴安落叶松人工林防治指标(表 6)。

由表 5、6 知, 当有虫株率超过 40% 时, 大虫虫口密度超过 50 头/株时或小虫虫口密度超过 101 头/株时必须进行防治。由下式计算防治指标:

$$E = G \cdot L / Y \cdot d$$

式中: E ——防治指标(头/株), G ——每木针叶重(g), L ——经济损害水平(%), Y ——幼虫危害量[$\text{g}/(\text{d} \cdot \text{头})$], d ——失叶 45% 需危害天数(d)。

表 6 落叶松毛虫越冬后防治指标参照

坡 向	有虫株率 (%)	虫口密度(头/株)		每木失叶率 (%)	材 积		
		大虫	小虫		生长损失 (m ³ /hm ²)	生长损失率 (%)	损失价值 (元/hm ²)
阳坡	40	40	79	35	0.08	2.29	28.00
		50	101	45	0.16	4.57	56.00
		60	124	55	0.52	14.86	182.00
	60	40	79	35	0.12	3.43	42.00
		50	101	45	0.24	6.86	84.00
		60	124	55	0.78	22.29	273.00
	80	40	79	35	0.16	4.57	56.00
		50	101	45	0.32	9.14	112.00
		60	124	55	1.04	29.71	364.00
	100	40	79	35	0.20	5.70	70.00
		50	101	45	0.40	11.43	140.00
		60	124	55	1.30	37.14	455.00
阴坡	40	40	79	35	0.08	2.22	28.00
		50	101	45	0.16	4.44	56.00
		60	124	55	0.48	13.33	168.00
	60	40	79	35	0.12	3.33	42.00
		50	101	45	0.24	6.67	84.00
		60	124	55	0.72	20.00	252.00
	80	40	79	35	0.16	4.57	56.00
		50	101	45	0.32	8.88	112.00
		60	124	55	0.96	27.43	336.00
	100	40	79	35	0.20	5.56	70.00
		50	101	45	0.40	11.12	140.00
		60	124	55	1.20	33.33	420.00

在该林区 5 月上、中旬,半个月之内致使松树失叶 45% 时,大、小虫的防治指标为:

$$E_{\text{大虫}} = G \cdot L/Y \cdot d = 335.0042 \times 0.45/0.4972 \times 15 = 50.38 \text{ 头/株}$$

$$E_{\text{小虫}} = G \cdot L/Y \cdot d = 835.0042 \times 0.45/0.2468 \times 15 = 101.5 \text{ 头/株}.$$

另外,考虑到自然界天敌的控制效应,拟定防治指标时,天敌的作用不可忽视。其实施防治指标应由下式计算:实施防治指标=防治指标/(1—自然死亡率)。

3.4 估测兴安落叶松针叶量的逐步回归模型

通过对 39 株伐倒木测定针叶量并对树高、胸径、冠长、冠幅、侧枝数及其长度 6 个因子为自变量,用逐步回归筛选,得到针叶鲜重的方程为:

$$y = 99.1676x_1 + 492.8439x_2 + 245.7964x_3 - 1935.1640 \quad (4)$$

复相关系数 $R = 0.9323$ 。式中: y ——针叶鲜重(g/株), x_1 ——胸径(cm), x_2 ——冠长(m), x_3 ——冠幅(m)。

3.5 幼虫越冬后危害量的测定及估测回归模型

经 1993~1994 年在林内套笼养越冬后 3~4 龄虫 110 头及 5~6 龄虫 142 头,对其危害进行了观察记录,结果为:3~4 龄虫平均危害量 0.2468 g/(d·头),5~7 龄虫平均危害量 0.4972 g/(d·头)(见表 3)。

利用表 3 的数据,以危害量为因变量 y 、虫口数为自变量 x ,应用回归分析方法,求越冬后 3~4 龄及 5~7 龄幼虫的危害量回归估测模型分别:

$$y_{\text{小虫}} = -14.58 + 11.19x \quad (S_{yx} = \pm 24.82) \quad (5)$$

$$y_{\text{大虫}} = -188.14 + 26.85x \quad (S_{yx} = \pm 30.04) \quad (6)$$

(5)、(6)式的相关系数为: $R_{(5)} = 0.969$, $R_{(6)} = 0.920$,对上述两式进行回归显著性检验,其回归关系均显著,(5)式 $F = 46.75$ ($F_{0.01} = 34.1$, $F_{0.05} = 10.1$), (6)式 $F = 16.35$ ($F_{0.01} = 34.1$, $F_{0.05} = 10.1$),以下两回归估测模型适用于高虫口数。

4 结 论

经 1993~1995 年研究证明,落叶松毛虫在牙克石林区两年一代虫的分化比例占 90% 左右,两年一代虫奇数年上树活动早,偶数年晚,其发生期与物候、二十四节气密切相关;其发生量与 5 月份温雨系数的回归估测模型为: $y = 196.268 - 23.517x_1$ ($S_{yx} = \pm 34.17$),越冬后幼虫排粪量回归估测模型为: $y_{\text{小虫}} = 2.4499 + 0.0732x_2$ ($S_{yx} = \pm 2.2478$), $y_{\text{大虫}} = 11.970 + 0.0278x_2$ ($S_{yx} = \pm 0.998$)。在牙克石林区兴安落叶松失叶量超过 45% 时,对其高、胸径及材积生长影响显著。当有虫株率超过 40%,在 5 月上中旬半个月之内,致使兴安落叶松失叶量 45% 以上时,大、小虫的防治指标为: $E_{\text{大虫}} = 50.38$ 头/株, $E_{\text{小虫}} = 101.50$ 头/株。

参 考 文 献

- 1 张孝羲. 昆虫生态及预测预报. 北京: 农业出版社, 1985, 343~426.
- 2 高瑞桐, 秦锡祥, 李吉震, 等. 食叶害虫的食叶量与树木生长关系. 林业科学, 1985, 21(2): 199~204.
- 3 陈昌洁. 松毛虫综合管理. 北京: 中国林业出版社, 1990. 97~107.
- 4 田丰, 申国涛, 毕湘虹等. 分月扇舟蛾的预测预报及防治指标的研究. 辽宁林业科技, 1993, (6): 40~44.
- 5 田丰, 郭树平, 申国涛, 等. 两年一代落叶松毛虫的生物学特性. 东北林业大学学报, 1997, 25(1): 22~25.

Study on the Forecast Technique and Control Index of Larch Caterpillar of A Cycle in Two Years

Tian Feng Bi Xianghong Shen Gotao Zhou Biao Li Wenbao

Abstract This article deals with the correlation among the occurrence period of *Dendrolimus superans* (Butler), phenology and 24 solar terms as well as its occurrence amount, warm rain coefficient in May and overwintering larva s shit in Yakeshi forest destrict from 1993 to 1995. We set up the regressive estimate model of the volume of occurrence(y): $y = 196.2680 - 23.5170x_1$, $y(\text{larva}) = 2.4499 + 0.0732x_2$, $y(\text{adult}) = 11.9700 + 0.0278x_2$, in which the warm rain coefficient and larva s shit act as dependent variable. The reasearch proves that it makes a great differencce to the height, the chest diameter and the volume of tree when loss amounts of *Larix gmelinii* leaves go beyond 45 percent in the total. Before the middle of May, the numbers of the trees which have insects is over 40 percent of the total trees, and the mature larvae adult insect density in each tree is over 50 heads and the young larvae density is over 101 heads, control measure should be adopted.

Key words larch caterpillar forecast control index

Tian Feng, Professor, Bi Xianghong, Shen Gotao, Zhou Biao (Forest Protecion Research Institue of Heilongjiang Province Harbin 150040); Li Wenbao (Chaoyuan Forestry Bureau of Inner Mongolia).