

油松毛虫 (*Dendrolimus labulaeformis*)

幼虫抽样技术的研究*

夏乃斌 屠泉洪 马占山

(北京林业大学)

摘 要

本文在测定油松毛虫幼虫静态格局和动态格局的条件下,全面而系统地进行了株抽样、轮抽样和“枝”抽样的研究。根据幼虫在各轮垂直分布的特征和喜食二年生针叶的特性,建立回归模型,从轮抽样发展到“枝”抽样,通过检验,预报精度在91—98%之间。轮抽样比株抽样平均提高效率8倍,“枝”抽样比轮抽样又平均提高1.5倍。如费用以每株0.20元计,轮抽样比株抽样每株平均减少0.16元,“枝”抽样每株又减少0.032元。

关键词:油松毛虫,株抽样,轮抽样,“枝”抽样。

随着经济效益和生态效应被纳入害虫管理系统,管理技术与分析方法日趋完善。作为决策技术基础之一的害虫种群估值抽样问题,愈来愈引起人们的重视。本研究依据幼虫在各轮垂直分布的特征和喜食二年生针叶的特性,从以株为单元的抽样技术入手,进行了以轮为单元和枝为单元的抽样技术研究。并通过建立模型对总体的幼虫数量作出估计,可为林业生产部门提供较为方便的野外虫情调查方法。

一、调查与研究方法

1. 调查方法

根据抽样设计,分别于1985—1987年在密云县大城子、乔麦峪和五座楼三林场,各选一块有代表性的油松纯林作为标准地,记为LSA(0)、LSA(I)、LSA(II)、LSA(III)、合计面积为50亩,海拔高度200—250米,树龄为20—25年生,平均树高4米左右,平均幼虫密度为24—84头/株。各标准地再分小区,采用整片抽样,逐株逐轮调查其幼虫数。对LSA(III)分坡向和坡位,每一坡位作为一抽样小区,抽取16株油松,从1987年3月29日起至5月4日止,每隔6天逐株调查一次幼虫数。

2. 研究方法

(1) 以株为单元的抽样技术研究 (i) 六种简单随机抽样方法的比较^[1],在各小区中抽取50株油松为样本,以相对精度和变异系数为指标作为判断抽样方法优劣的依据。(ii) 理论抽样数的确定^[1-3];本文以文献[4]的研究结果为基础^[4],应用Ruesink和Kogan

* 本文系“六五”国家攻关课题,是在张执中教授主持下完成的,并得到符伍儒教授的指导,本校纪杰、陈林清、刑运道同学参加了部分工作,在此一并致谢。

本文于1988年12月18日收到。

(975) 基于Taylor幂法则提出的理论抽样数方程:

$$n = t_a^2 am^{b-2} (100/C)^2 \quad (1)$$

其中: a 和 b 为Taylor幂法则参数; C 为相对误差百分数, 即 $C = d/m \times 100$ 。若以相对误差 D 来表示则 (1) 式变为:

$$n = t_a^2 am^{b-2}/D^2 \quad (2)$$

其中: t_a 为 t 分布值, 当 n 较大时可用 u_a 代替。(iii) 最适样方大小的确定^[2,5]: 设 $u = 1, 2, 4, 8, 16$, 分别代表以一株, 二株, 四株, 八株, 十六株油松为一标准单位, 用上述不同样方大小作系列 m^*-m 回归^[3-7], 分别求出相应的 α_u 和 β_u 值。

若以 $u = 1$ 为标准样方大小, 则 $m_u = u_m$, $q_u = q_1/u$ 。于是:

$$D_1 = t \sqrt{\frac{1}{q_1} \left(\frac{\alpha_1 + 1}{m_1} + \beta_1 - 1 \right)} \quad (3)$$

$$D_u = t \sqrt{\frac{1}{q_u} \left(\frac{\alpha_u + 1}{m_u} + \beta_u - 1 \right)} \quad (4)$$

$$D_u/D_1 = \sqrt{\frac{\alpha_u + 1 + (\beta_u - 1)m_u}{\alpha_1 + 1 + (\beta_1 - 1)m_1}} \quad (5)$$

其中: D_u/D_1 为误差比值, 可作为判断最适样方大小的标准。若 $D_u/D_1 < 1$; 样方大小以 u 为好; 若 $D_u/D_1 \geq 1$, 样方大小以 $u = 1$ 为好。

(2) 以轮为单元的抽样技术的研究 为了探讨油松毛虫幼虫种群的抽样策略, 在以株为单元的抽样技术研究基础上, 进行了以轮为单元的抽样技术的研究。根据油松毛虫越冬幼虫上树后在各轮枝上的垂直分布, 我们研究某一轮或某几轮上栖息的幼虫数与整株幼虫数之间的相关关系, 通过回归建模, 从而对种群的密度作出估计。(i) 通过调查统计, 分析幼虫数量在树内各轮的垂直分布特征。(ii) 将油松由下向上各轮的虫口数记为 X_i , 与整株虫口 Y 建立回归模型:

$$Y = b_0 + \sum_i b_i X_i \quad (6)$$

(iii) 检验模型精度, 将各标准地的标准树划分为两部分, n_1 表示建模样本数, n_2 表示未参与建模的检验样本数。LSA(0), $n_1 = 1833$, $n_2 = 593$; LSA(I), $n_1 = 844$, $n_2 = 157$; LSA(II), $n_1 = 522$, $n_2 = 169$; 又考虑到模型的实用性, 对邻近密度不同标准地进行交叉检验。

(3) 以枝为单元的抽样技术的研究 根据油松毛虫幼虫喜食二年生针叶的特性, 及其在二年生针叶部分幼虫数量分布最多的特点, 本文把各轮主枝顶稍着生二年生针叶部分定义为“枝”, 并作为抽样单元。基于对轮抽样的研究, 在此仅对前三轮进行了“枝”抽样的研究, 有关建模及其检验方法与轮抽样相似, 故从略。

(4) 株抽样、轮抽样和“枝”抽样的比较 为了从经济收益上进行三种抽样技术的比较, 我们曾先后在1986年和1987年进行两次抽样调查, 今以1987年调查144株油松为例, 比较三种抽样在抽样时间, 抽样费用和抽样效率上的不同, 具体分析结果如下。

二、结果与分析

1. 以株为单元的抽样技术的研究

(1) 六种简单随机抽样方法的比较, 结果见表1, 棋盘式抽样为最好, 变异系数最

小, 相对精度最高。(2) 理论抽样数的确定 将拟合Taylor幂法则的参数值代入(2)式, 得理论抽样数为:

$$n = \frac{0.0743t^2 m^{0.5398}}{D^2} \quad \text{在 NEC 微机上模拟出不同条件下的理论抽样数, 打印成表 2}$$

表 1 六种简单随机抽样方法的比较

Table 1 Comparison of six kinds of simple random sampling method

区 号	指 标	抽 样 方 法	Z 字形	平行线	棋盘式	五点块状式	单对角线	双对角线
1	RP		97.9275	83.3954	94.4330	89.5553	98.8274	90.4359
	CV		1.4269	1.4436	0.8233	1.1480	1.2042	1.2800
2	RP		93.0974	89.0176	86.8391	82.1413	86.1513	95.8006
	CV		1.0759	0.8775	1.3211	1.1335	1.0426	1.1493
3	RP		84.4075	90.1922	97.0972	85.7427	84.9229	76.6048
	CV		0.9515	0.8781	0.6892	0.8165	0.8962	0.9003
4	RP		89.8479	91.1282	87.6177	82.1710	76.5901	96.8209
	V		1.0133	0.8253	0.9584	0.9914	1.0196	0.9962
5	RP		92.4332	89.9430	94.7720	85.4037	83.4032	87.9945
	CV		1.0848	1.0103	0.9989	1.1345	1.2003	1.0107
6	RP		89.2354	90.0341	87.4365	85.3529	86.3321	91.2236
	CV		0.9798	0.8940	0.9846	1.1346	1.0258	1.0031
7	RP		89.4563	85.4302	94.2539	89.0329	84.1203	86.0059
	CV		1.0140	0.8932	0.8759	0.9989	1.2356	1.1014
8	RP		86.4037	90.4321	98.3215	92.3319	88.4301	89.3029
	CV		1.0267	0.8745	0.8999	0.8747	1.0234	0.9846
9	RP		92.3504	94.0378	91.0364	89.4523	93.4029	95.2036
	V		0.8746	0.8900	0.8589	1.0458	1.1036	0.9732
平 均	RP		90.2369	89.4012	92.4241	86.9093	85.1068	89.9325
	CV		1.0443	0.9736	0.9342	1.0309	1.0835	1.0443

(3) 最适样方大小的确定^[2]按(3)——(5)式计算, 分别求得, $D_2/D_1=1.12$, $D_3/D_1=1.27$, $D_4/D_1=1.49$, $D_{10}/D_1=1.54$, 都大于1, 所以抽样 $n=1$ 株时最好。

2. 以轮为单元的抽样技术的研究

(1) 幼虫数量在树冠各轮的垂直分布特征由LSA(Ⅱ)直方图1可见: 垂直分布为一单峰曲线, 以 R_3 达最大值(19—20%)较稳定; 前三轮($R_1+R_2+R_3$)的虫口数的百分比为50—59%, 较稳定, 自 R_4 以后各轮虫口数之和在15%以下。

(2) 以轮为单元的抽样建模以前三轮(R_1, R_2, R_3)中某几轮为抽样单元, 各轮虫口(记为: X_1, X_2, X_3)作自变量与整株虫口数(记为: Y)之间建立回归模型来估计种群密

表 2 油松毛虫理论抽样数表

Table 2 Number of theoretical sampling of chinese-pine caterpillar larvae

理论 抽样 数 n	平均 密度 m	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
允许误差 D																	
0.05		74	103	150	188	218	245	271	294	316	337	357	376	394	411	428	444
0.10		18	26	37	47	54	61	68	74	79	84	89	94	98	103	107	111
0.15		8	11	17	21	24	27	30	33	35	37	40	42	44	46	48	49
0.20		4	6	9	12	14	15	17	18	20	21	22	23	25	26	27	28
0.25		3	4	6	7	9	10	11	12	13	13	14	15	16	16	17	18
0.30		2	3	4	5	6	7	8	8	9	9	10	10	11	11	12	12

表 3 以轮为单元抽样建模结果

Table 3 The result of modeling by sampling within ring unit

回归模型	标准地号	LSA (0)	LSA (I)	LSA (II)
$Y = b_0 + b_1 x_1$	b_0	12.6876	23.6318	26.2155
	b_1	3.06103	2.55529	2.6204
	R	0.6920	0.5757	0.6443
	S	21.0198	24.1549	28.8980
$Y = b_0 + b_1 x_1$	b_0	9.68156	19.2094	22.5546
	b_1	3.22104	2.64734	2.85182
	R	0.7599	0.6401	0.6949
	S	19.0326	22.6963	27.1719
$Y = b_0 + b_1 x_1$	b_0	8.21312	17.5659	18.9849
	b_1	3.49336	2.56373	3.09967
	R	0.8174	0.6808	0.7386
	S	16.3701	21.6383	25.4743
$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$	b_0	8.72545	16.7559	16.6771
	b_1	1.52605	1.4742	1.53312
	b_2	2.25829	1.93064	2.00553
	R	0.7964	0.7000	0.7632
	S	18.2015	21.1092	24.4404
$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$	b_0	5.2791	13.7552	11.5591
	b_1	1.41692	1.53275	1.73433
	b_2	2.5027	1.75811	2.1623
	R	0.8599	0.7451	0.8211
	S	13.0024	19.7171	21.5888
$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2$	b_0	4.73722	12.3415	8.6574
	b_1	1.11234	1.17475	1.10038
	b_2	0.89495	1.07288	1.26074
	b_3	2.2593	1.58359	1.90335
	R	0.8789	0.7776	0.8502
	S	12.2320	18.698	19.9349

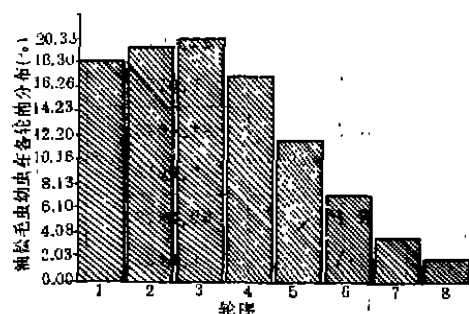


图 1 在LSA (I) 中每轮虫口数占整株虫口数的百分比

Fig.1 The hislogram of percent-age of number of larvae per ring occupying whole-tree in one standard sites

度。首先建立一元回归, 进而再作多元回归, 结果列入表 3。

由表 3 看出: (i) 各回归模型线性相关显著 ($r_{0.01} = 0.3211$, $R = 0.99$)。

(ii) 相关系数排序为 $R_{1.2.3} > R_{2.3} > R_{1.2} > R_3 > R_2 > R_1$, 剩余标准差 S 的排序正好与 R 相反。(iii) 各模型中以 $R_{1.2.3}$ 为最好。

为考察 $R_{1.2.3}$ 为抽样单元模型的性能, 首先对标准地中未参加建模的样株进行预报, 其次对密度相近的标准地进行交叉预报, 结果列于表 4。

从表 4 看出: 所建模型 $R_{1.2.3}$ 对自身的预报精度在 91—96% 之间; 交叉预报精度在 95% 以上, 是令人满意的。

3. 以“枝”为单元的抽样技术的研究

表4 轮为抽样单元模型检验结果

Table 4 The result of testing sampling models within ring unit

建 模 地 号	指 标 模 型	检验标准地号		LTSA (0)		LTSA (I)		LTSA (II)	
		地号	标准	预报样	预报精度	预报样	预报精度	预报样	预报精度
				本数 (n)	(%)	本数 (n)	(%)	本数 (n)	(%)
LSA(0)	$Y = 4.73722 + 1.11234X_1 + 0.09495X_2 + 2.2593X_3$			50	91.39	50	95.51	—	—
LSA(I)	$Y = 12.3415 + 1.17475X_1 + 1.07288X_2 + 1.58359X_3$			—	—	50	96.36	50	97.91
LSA(II)	$Y = 8.6574 + 1.10038X_1 + 1.25074X_2 + 1.90335X_3$			—	—	50	95.17	50	93.58

自1987年3月29日至1987年5月4日共进行六次抽样调查, 各次结果基本一致, 仅列第六次调查结果于表5。

表5 分别以 BL_1 , BL_2 , BL_3 , BL_{1+2} , BL_{1+2+3} , $BL_{1,2}$, $BL_{1,2,3}$ 与TL间建立回归模型*Table 5 Regression models are established between BL_1 , BL_2 , BL_3 , BL_{1+2} , BL_{1+2+3} , $BL_{1,2}$, $BL_{1,2,3}$, and TL respectively

枝序	建模 株数	$\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$				相关系数 (r)	剩余标准 差 (s)	模型检验			
		b_0	b_1	b_2	b_3			预报 株数	实际值	理论值	精度(%)
B_1	114	74.4838	13.5641			0.348367**	53.5368	30	83.5667	88.9520	93.56
B_2	114	69.7571	10.3896			0.405329**	52.2125	30	83.5667	86.3805	96.63
B_3	114	60.2088	11.5478			0.575622**	46.7035	30	83.5667	82.9195	99.23
B_{1+2}	114	61.7857	9.48715			0.484668**	49.9580	30	83.5667	87.0848	95.79
B_{1+2+3}	114	51.9682	6.9589			0.609897**	49.2622	30	83.5667	84.2111	99.23
$B_{1,2}$	114	61.6462	10.6792	8.88722		0.485883**	50.1438	30	83.5667	87.2569	95.58
$B_{1,2,3}$	114	52.2974	2.18586	6.16381	9.3937	0.621737**	45.1385	30	83.5667	83.6808	99.86

*调查时间1987年5月4日。

由调查样本所建“枝”模型看出: (1) 在时间序列过程中, 所建各“枝”模型均线性相关显著。(2) 幼虫上树结束后(5月4日)模型的预报精度在93—99%之间, 以 $B_{1,2,3}$ 最好。

表6 “枝”、轮、株抽样的比较

Table 6 Comparison among sbranch sampling ring sampling and whole tree sampling

抽样 方法	指 标	抽样时间 (分)	抽样费用 (元/株或轮或枝)	抽样效率
三枝抽样	$B_{1,2,3}$	1.338	0.012	5
三轮抽样	$R_{1,2,3}$	8.88	0.08	3.29
整株抽样		22	0.20	1

4. 株抽样、轮抽样和枝抽样的比较

乔麦峪林场一般为23年生油松, 平均有九轮, 虫口密度为85头, 以每人每天平均调查13株所需要费用2.50元, 折合每株0.20元, 按每天调查8小时计, 扣除休息路程, 平均每株用时22分钟, 把轮抽样, 枝抽样调查时间统计列入表6。

由表6知:

从抽样时间上看,“枝”抽样比轮抽样缩短5.35分钟,比株抽样缩短20.6分钟;从抽样费用上看,“枝”抽样比轮抽样减少0.048元,比株抽样减少0.188元,从抽样效率上看,“枝”抽样比轮抽样提高1.5倍,比株抽样提高5倍。

三、结 论

1. 以轮为单元的抽样可以代替以株为单元的抽样,提高效率3倍。
2. 以“枝”为单元的抽样比以轮为单元的抽样更省时,更经济,更方便,实际应用中将更受到人们的欢迎。

参 考 文 献

- [1] 丁岩钦, 1980, 抽样理论在昆虫种群生态学中的应用, 《昆生种群数学生态学原理与应用》, 第14—70页, 科学出版社。
- [2] 徐汝梅等, 1981, 温室白粉虱 (*Trialeurodes vaporariorum* Westw) 成虫的抽样技术研究, 北京师范大学学报 4:98—102。
- [3] 许宝騄, 1982, 《抽样论》, 第1—73页, 北京大学出版社。
- [4] 夏乃斌等, 1988, 油松毛虫幼虫种群静态格局的研究, 林业科学24(4):414—421。
- [5] 丁岩钦等, 1985, 棉田棉铃虫估值抽样的研究, 生态学报, 5(2):138—146。
- [6] Iwao, S., 1968, A New regression method for analyzing the aggregation pattern of animal population. *Res. Popul. Ecol.* 10(1):1—20.
- [7] Iwao, S., E.Kuno, 1968, Use of the regression of mean crowding on mean density for estimating Sample Size and the transformation of data for the analysis of variance. *Res. Popul. Ecol.* 10(2):210—214.

A STUDY ON SAMPLING TECHNIQUES FOR DENDROLIMUS TABULAEFORMIS LARVAE

Xia Naibin Tu Quanhong Ma Zhanshan
(Beijing University of Forestry)

Under condition that the statical and dynamical patterns of *Dendrolimus tabulaeformis* larvae were tested, have been studies conducted systematically on the tree sampling, ring sampling and branch sampling. Based on the characteristics of the vertical distribution of the larvae on each ring of Chinese pine, it was found that tree sampling is simplified to ring sampling by cresting ring regression models. According to speciality of the larvae feeding mainly biennial pineneedle, the ring sampling was also further simplified to branch sampling by creating branch regression models. The results are as follows, (1) the forecasting precisions of ring regression models are generally 91—98% and those of branch regression models are mostly more than 91%; (2) the efficiency of ring sampling could be raised to 6 times more than that of tree sampling while the difficiency of branch sampling could be further raised to 1.5 times more than that of ring sampling; (3) the sampling cost is 0.2 RMB Yuan for each tree sampling, 0.16 RMB Yuan for each ring sampling, and 0.032 RMB Yuan for each branch sampling.

Key words: *Dendrolimus tabulaeformis*, tree sampling, ring sampling, branch sampling.