

一种赤腹松鼠种群数量的估计方法*

徐玮¹ 冉江洪^{2**} 张家平³ 袁亚夫³ 刘少英² 曾宗永^{1**}

(¹四川大学生命科学院 成都 610064)

(²四川省林业科学研究院 成都 610066)

(³洪雅县洪雅林场 四川洪雅 612300)

摘要 赤腹松鼠剥食树皮的行为对林木危害严重,根据野外长期的观察和研究发现,赤腹松鼠在剥落树皮上遗留下来的上门齿齿印间距具有个体差异,可以用作个体识别的依据.对2003年监测样地内赤腹松鼠在剥落树皮上的齿印间距测量记录,并统计分析以估计赤腹松鼠的个体数量.结果表明:种群数量与危害率的相关系数为0.876, $P=0.01$,表现出很强的正相关关系;显示在较小面积内,该方法可以用来估计赤腹松鼠的个体数量.同时对该方法的基本条件和局限进行了讨论.图2表4参10

关键词 赤腹松鼠;齿印;单因素方差分析;多重比较

CLC Q959.837.08 : S764.5

A NEW METHOD FOR ESTIMATING POPULATION SIZE OF *CALLOSCIUEUS ERYTHRAEUS**

XU Wei¹, RAN Jianghong^{2**}, ZHANG Jiaping³, YUAN Yafu³, LIU Shaoying² & ZENG Zongyong^{1**}

(¹College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610064, China)

(²Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610066, China)

(³Forestry Centre of Hongya, Hongya 612300, Sichuan, China)

Abstract A survey method for *Callosciueus erythraeus* population size was developed. Because different individuals of *C. erythraeus* have different upper tooth dental marks, its dental marks were studied using the peeled tree barks by *C. erythraeus*, and these data were analyzed by one-way ANOVA and multiple comparison to estimate the population size of *C. erythraeus* in 2003. The result indicates that the method can be used to estimate the population size of *C. erythraeus* in relatively small area. Fig 2, Tab 4, Ref 10

Keywords *Callosciueus erythraeus*; dental mark; one-way ANOVA; multiple comparison

CLC Q959.837.08 : S764.5

赤腹松鼠(*Callosciueus erythraeus*)属啮齿目松鼠科,栖息于南方各地热带和亚热带森林,营树栖生活,也能下地觅食;以植物的果实、种子、嫩叶为主要食物来源,还啃食玉米等农作物,且常咬坏树皮,严重危害林业^[1,2].对松鼠种群的数量,常用的估计方法是在样线上直接计数和笼捕^[3~5],也有用标记法的报道^[6].2000~2004年间,我们在四川省洪雅县研究赤腹松鼠对人工林的危害时,为了获取松鼠种群数量与危害率的关系,尝试利用赤腹松鼠啃食树木后在树皮上留下的上门齿齿印宽度的差异来区分赤腹松鼠个体,估计其种群数量;并将依据上门齿齿印宽度计算出的松鼠种群数量与危害率进行相关分析,结果如下.

1 生境概况

研究样地位于四川省洪雅县洪雅林场目禅寺工区.该地属

亚热带湿润型气候,降水量集中,年均降水量1900 mm,年均相对湿度80%.该地区生境破碎化十分严重,所选择的检测样地为树龄25 a的人工柳杉(*Cryptomeria fortunei* Otto et Dieter)林,海拔1000 m,面积为0.33 hm²;林下植物以蕨类(*Pteridophyta*)、水麻(*Debregeasia edulis* (Sieb. et Zucc.) Wedd.)为主.

2 方法

2.1 调查方法

2002年4月,我们对样地内收集到的63个上门齿数据和81个下门齿数据进行单因素方差分析和多重比较,之后的种群数量调查中,选取了上门齿齿印宽度来估计赤腹松鼠种群数量.2003年,每月定时采集在样地内被赤腹松鼠啃食下的新鲜树皮,选取齿印痕迹清晰的树皮,在野外直接测量、记录树皮上留下的上门齿间距,用钢卷尺测量,精确到0.1 mm,测量后将树皮移出样地.同时,采用固定样株法,对样地内赤腹松鼠对林木的危害株率进行调查.调查完后排除林下所有树皮,以免影响下次调查.

2.2 分析方法

2.2.1 单因素方差分析与多重比较 根据赤腹松鼠的啃食

收稿日期:2004-05-24 接受日期:2005-08-17

*四川省森林病虫害防治检疫总站、眉山市林业局、洪雅县林业局提供资助 Supported by the Forestry Diseases and Insect Pests Quarantine Station of Sichuan, Meishan Forestry Bureau and Hongya Forestry Bureau

**通讯作者 Corresponding author (E-mail: q0y@sina.com)

特征、取食行为和长期的野外观察,在同一块脱落树皮上的齿印痕迹可以认为是来源于同一个体,作为原始数据的一个组. 再对每月样地内所有测量的数据采取单因素方差分析和多重比较以分析各组齿印宽度平均数之间的差异. 进行分析前,利用 SPSS11.01 中的 QQ 图和 Levene 检验法分别对数据的正态性和各组数据的方差齐性进行检验,如果数据不符合单因素方差分析和多重比较的要求,则先进行数据类型转换再进行分析. 对各组数据进行单因素方差分析,如果各组之间齿印宽度平均数差异不显著,则认为样地内所有的树皮是同一只松鼠撕扯下来的;反之,如果单因素方差分析所得结果为差异显著,则认为样地内所有的树皮不是同一只松鼠撕扯下来的. 在单因素方差分析差异显著的前提下,再进行多重比较,以区分参与危害的松鼠个体,最后得到样方内危害林木的赤腹松鼠个体数量. 多重比较的方法是 Newman - Keuls 多范围检验. 这种方法在各组数据的均值之间进行成对比较,以决定哪些均值之间差异显著,哪些不显著. 如果差异显著,则认为两组数据来自于不同的松鼠个体;如果差异不显著,则认为两组数据来自于同一松鼠个体. 统计分析中显著性水平 $\alpha = 0.05$. 单因素方差分析与多重比较的原理在相关文献已有详细报导^[7,8],此处不再赘述.

2.2.2 相关分析 Pearson 相关系数可以度量两个变量之间的线性相关程度^[8]. 本文对 2003 年研究样地内赤腹松鼠种群密度和危害率进行相关分析,其公式如下:

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \times \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

式中 x_i, y_i 分别表示种群密度和危害率, $\bar{x}, \bar{y}$ 为其平均值, n 为统计的时间跨度,以月为单位. 数据检验与统计分析均采用 SPSS11.01 for windows 软件包进行计算.

3 结果

3.1 齿印宽度的特征

2003 年 3 月,在样地内共取得 11 块带有多个清晰齿印痕迹的树皮,测量得到 68 个上门齿齿印数据. 每一块树皮上测量得到的齿印宽度数据作为一个组,见表 1.

表 1 上门齿齿印宽度统计数据表
Table 1 Width of upper tooth dental marks

树皮编号 Serial number of barks	上门齿齿印宽度 Width of upper tooth dental marks (b/mm)
1	2.9, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.1
2	2.7, 2.8, 2.8, 2.8, 2.9
3	2.8, 2.8, 2.8, 2.9, 2.9, 2.9
4	2.8, 2.8, 2.9, 2.9, 2.9, 3
5	2.5, 2.5, 2.6, 2.6, 2.6, 2.7, 2.7
6	2.4, 2.4, 2.5, 2.6, 2.6, 2.6
7	2.4, 2.4, 2.5, 2.5, 2.6, 2.6
8	2.4, 2.5, 2.5, 2.6, 2.6, 2.6
9	2.4, 2.4, 2.5, 2.5, 2.6, 2.6
10	2.4, 2.4, 2.5, 2.5, 2.6, 2.6, 2.6
11	2.8, 2.9, 3.0, 3.0, 3.0, 3.1, 3.1

使用 2.2 节中介绍的方法对这 11 组上门齿齿印宽度数据进行分析.

首先用 QQ 图对齿印数据进行正态性检验,结果如图 1 所示.

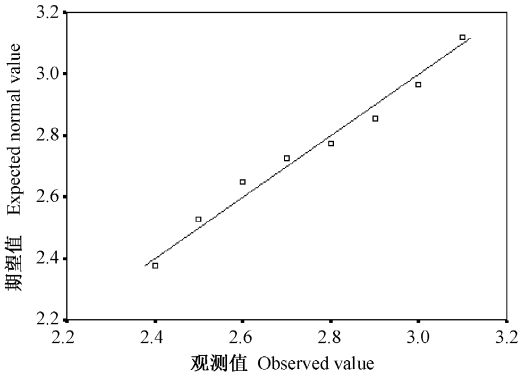


图 1 齿印宽度数据正态分布 QQ 图
Fig. 1 Normal QQ plots of upper tooth dental marks

从 QQ 图上可以看出,上门齿齿印宽度数据是近似符合正态分布的. Levene 检验的结果表明,这 11 组数据具方差齐性.

表 2 上门齿齿印宽度的单因素方差分析结果
Table 2 Result of one-way ANOVA between upper
fore-tooth dental marks

	平方和 SS	自由度 d_f	均方 MS	F	Sig.
组间 Between groups	2.657	10	0.266	37.664	0.000
组内 Within groups	0.402	57	0.007		
总和 Total	3.059	67			

从表 2 可以看出, F 对应的概率等于 0.000, 远小于 1%, 各组齿印宽度平均数之间差异极显著, 因此可认为这些齿印痕迹不是同一只松鼠所留下的.

对各组上门齿齿印宽度的平均数采用 Newman - keuls 多重比较, 结果见表 3.

从表 3 中可以看出, 通过比较各组数据均值两两之间的差异, 11 组数据被分为了 3 个大组: 5 ~ 10 号树皮、2 ~ 4 号树皮、1 和 11 号树皮. 这三个大组中的均值两两大组之间差异显著, 而在大组内则无显著差异, 因此可认为 2003 年 3 月样地内有 3 只松鼠进行危害活动.

3.2 赤腹松鼠危害与种群密度

2003 年 1 ~ 12 月调查得到的赤腹松鼠危害及运用 2.2 节中所示数量分析方法得到的赤腹松鼠种群密度如表 4 所示.

根据表 4 绘制出赤腹松鼠危害动态与种群密度随时间变化的曲线, 如图 2.

比较图 2A 和 B, 可以看出, 2003 年赤腹松鼠危害动态的变化曲线与其种群数量的变化曲线表现出了较好的吻合. 对危害率和种群密度进行 Pearson 相关分析, 双侧显著性检验相关系数达到了 0.876, 显著性水平为 $\alpha = 0.01$, 这表明两者之间具有极显著正相关.

4 讨论

Sutherland WJ^[9]认为, 通过一些间接方法可以估计兽类种群数量, 如足迹法、卧穴法、取食痕迹法等. 上门齿齿印法即是运用取食痕迹法, 利用赤腹松鼠在其食物残留物上留下的特征性记号对其个体进行区分. 赤腹松鼠有 4 个门齿, 上下颌各两

表3 上门齿宽度的 Newman-keuls 多重比较

编号 Number	5	6	7	8	9	10	2	3	4	1	11
平均数 Mean	2.60	2.52	2.50	2.53	2.50	2.51	2.80	2.85	2.88	2.99	3.00
分组 Groups	A	A	A	A	A	A	B	B	B	C	C

表4 样地内赤腹松鼠的危害及种群密度

月份 Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
危害率 Damage rate (r/%)	7.27	10.91	14.55	24.55	26.36	10.00	10.91	10.91	4.55	8.18	0	0
种群密度 Population density	3.03	3.03	9.09	9.09	12.12	9.09	6.06	3.03	3.03	3.03	0	0

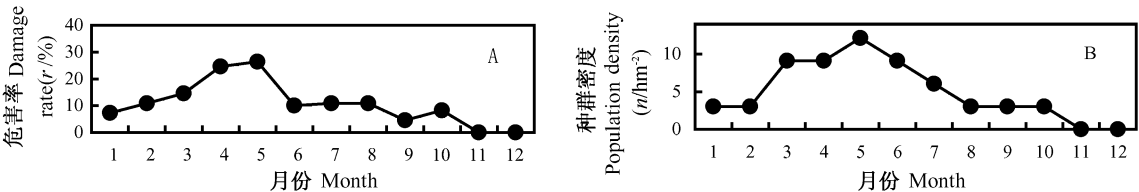


图2 2003 年样地内赤腹松鼠危害动态和种群密度

Fig.2 Damage dynamics and population density of *C. erythraeus* in the plots in 2003

个;其门齿终生生长,随着取食、磨牙等行为,门齿随年龄增长而磨损,年龄越大,磨损越厉害;因此,门齿间距有明显的个体差异,这个差异可以用作区分种群内个体的重要依据;个体的区分,则为种群数量的估计提供了条件.赤腹松鼠磨损后的上门齿变得平坦,它用上门齿切入树皮中啃食或撕扯树皮,常常留下“门”字型的痕迹;下门齿因为磨损较少,仍然非常尖锐,在树皮上的痕迹是两个点.在野外很容易区分两种门齿留下的痕迹.

由于年龄、个体大小、门齿磨损程度的不同,有可能使得赤腹松鼠留在树皮上作为其门齿间距反映的齿印宽度具有个体特征性,即赤腹松鼠个体具有各自特征性的齿印宽度.虽然在个体成长过程中随着门齿的生长、体型的变化、磨损程度的加剧,齿印宽度的特征长度也会发生变化,但在调查前后的较短时间内(不超过1 mo),个体的特征齿印宽度会比较固定.

上门齿齿印法必须在以下所述的5条生物学假设均成立的前提下方可适用.

假设1:赤腹松鼠上门齿齿印宽度随个体不同而有差异,同一个样地中的个体间齿印宽度有显著差异.根据在洪雅林场采集到的133具赤腹松鼠标本来,赤腹松鼠上门齿宽度随个体不同存在差异,即使是相同年龄阶段、相同性别的赤腹松鼠,门齿宽度也存在个体差异,因而作为赤腹松鼠上门齿宽度反映的齿印宽度也随个体不同而有差异.赤腹松鼠是体型较大的啮齿动物,活动能力极强,每只松鼠的活动领域十分宽广,种群密度小于小型啮齿动物,所以在一块不大的样地中的赤腹松鼠数量并不多,因此在样地中存在两个齿印宽度相同的个体的几率很小,这条假设容易满足.

假设2:赤腹松鼠啃食树皮是一种普遍的行为.赤腹松鼠对林木的危害具有明显的季节变化,冬春季危害严重,夏秋季则危害很低.根据解剖资料,在危害严重的季节解剖的个体胃中都有一定数量的树皮,因此可认为绝大部分松鼠都有啃食树皮的行为,所以这条假设也能够满足,且根据危害率最高时测量的齿印宽度数据分析得到的赤腹松鼠种群密度即为研究区域内的松鼠种群密度.但同时,这也意味着采用上门齿齿印法

估计种群数量具有时间局限性^[10].

假设3:同一块树皮上的齿印为同一只松鼠啃食所造成.这一假设无直接的证据,但根据赤腹松鼠的啃食特征、取食行为等,可以得到间接的证据.赤腹松鼠个体较大,活动领域也大,在同一时间、同一棵树上不可能出现一只以上的松鼠啃食同一块树皮.野外直接观察也证实了这一点,我们很多次观察到一只松鼠停留在树干或树枝上啃食树皮,但从未发现两只松鼠啃食同一块树皮.

假设4:每次测量的树皮是新鲜的,在实际操作当中也可能因为种种客观原因造成误差.不同时间因温度和湿度不同,树皮的收缩程度也不同,因此导致测量的上门齿宽度不能真实反映松鼠上门齿间距,从而引入误差.如果气温升高,湿度降低,树皮收缩厉害,测量数据的误差就会增大.从实地测量来看,由于该地区降水量大(1 900 mm),湿度高,所以温度对树皮造成的影响是比较小的.

假设5:样地内除了赤腹松鼠外没有其他啃食树皮的动物.树皮被剥食区域均处于高处的树干和树枝,其它啮齿动物难以接近,从我们在洪雅林场所捕获的松鼠标本来,也只有赤腹松鼠一个种,故这条假设也可以满足.

从我们目前的研究来看,这种方法要求研究样地不能太大.大面积的样地使得把两只齿印宽度相近的松鼠个体判定为同一个体的可能性增加,这一点可以通过提高测量精度和增加样本含量来减小错判的可能性.同时,还需进一步研究上门齿印与赤腹松鼠个体发育的关系,了解赤腹松鼠的种群结构和巢域范围,只有这些问题完全研究清楚,才能得出齿印法的准确适用范围.本方法暂时还是一个较粗放的估计方法.

致谢 参加工作的还有蔡红霞、曾涛、林泽红、纪岷等.

References

1 王酋之. 四川资源动物志(第二卷 兽类). 成都:四川科技出版社, 1984
2 Liu SY (刘少英), Ran JH (冉江洪), Lin Q (林强), Zhao DQ (赵定全). The reason analysis of rodent damage in plantation. For Res (林

- 业研究), 2002, **15** (5): 614 ~ 619
- 3 Guo JR (郭建荣). 山西芦芽山自然保护区岩松鼠生态的初步观察. *Sichuan J Zool* (四川动物), 2003, **22** (3): 171 ~ 172
- 4 Hein EW. Demonstration of line transect methodologies to estimate urban gray squirrel density. *Environ Auditing*, 1997, **21** (6): 943 ~ 947
- 5 Huang JL (黄佳亮), Long ZM (龙芝美), Dong QZ (董启中), Liu JH (刘金华), Zhou PS (周培盛), Yu XL (余兴龙). Investigation of murine-like animal and their external parasites in mountain area of southern Hainan province. *Chin J Vector Biol & Control* (中国媒介生物学及控制杂志), 1995, **6** (1): 37 ~ 41
- 6 Zhang YZ (张云智), Gong ZD (龚正达), Feng XG (冯锡光), Duan XD (段兴德), Wu HY (吴厚永), Weng X (翁学), Lu Y (吕元). The community structure and vertical distribution of small smammal in baicaoling Mt. Yunnan Province, China. *Chin J Zool* (四川动物), 2002, **37** (2): 63 ~ 66
- 7 杜荣骞编. 生物统计学. 北京: 高等教育出版社 & 德国: 施普林格出版社, 1999
- 8 Robert GD, James HT. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill Book Co., 1960
- 9 Sutherland WJ (英). 生态学调查方法手册. 北京: 科技文献出版社, 1997
- 10 Cai HY (蔡红霞), Ran JH (冉江洪), Zhang JP (张家平), Zeng ZY (曾宗永), Liu SY (刘少英), Liang JS (梁俊书). 赤腹松鼠危害季节性变化与食性的初步探讨. *J Sichuan For Sci & Technol* (四川林业科技), 2001, **22** (3): 21 ~ 24

何念鹏、黄建忠等获本刊优秀论文奖

根据我部决定(见本刊1999年第2期第159页)和有关专家推选评定,何念鹏、吴 玲、周道玮的论文《松嫩草地羊草克隆构型特征在不同种群密度下的可塑性》[2005, **11**(2): 152 ~ 155]和黄建忠、江贤章的论文《DHA 高产菌 *Schizochytrium* sp. FJU-512 的分离及其 18S rRNA 基因序列比较分析》[2005, **11**(2): 202 ~ 207]获本刊2005年第2期优秀论文奖. 本刊将授予两篇论文奖金各500元人民币,授予两篇论文的每位作者获奖证书.