

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

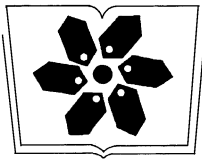
Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 10 期 Vol.33 No.10 **2013**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 10 期 2013 年 5 月 (半月刊)

目次

福建长汀水土保持专题

- 福建省长汀县水土流失区的时空变化研究——“福建长汀水土保持”专题序言 徐涵秋 (2945)
- 福建省长汀县河田盆地近 35 年来地表裸土变化的遥感时空分析 徐涵秋 (2946)
- 福建省长汀县河田水土流失区植被覆盖度变化及其热环境效应 徐涵秋, 何 慧, 黄绍霖 (2954)
- 红壤侵蚀地马尾松林恢复后土壤有机碳库动态 何圣嘉, 谢锦升, 曾宏达, 等 (2964)
- 基于 RUSLE 的福建省长汀县河田盆地土壤侵蚀定量研究 杨冉冉, 徐涵秋, 林 娜, 等 (2974)
- 南方红壤水土流失区土地利用动态变化——以长汀河田盆地为例 林 娜, 徐涵秋, 何 慧 (2983)
- 亚热带地区马尾松林碳储量的遥感估算——以长汀河田盆地为例 黄绍霖, 徐涵秋, 林 娜, 等 (2992)
- 南方红壤侵蚀区土壤肥力质量的突变——以福建省长汀县为例 陈志强, 陈志彪 (3002)

前沿理论与学科综述

- 土壤有机质转化及 CO₂ 释放的温度效应研究进展 沈征涛, 施 斌, 王宝军, 等 (3011)
- 湖泊蓝藻水华发生机理研究进展 马健荣, 邓建明, 秦伯强, 等 (3020)

个体与基础生态

- 岩溶区不同植被下土壤水溶解无机碳含量及其稳定碳同位素组成特征 梁 轩, 汪智军, 袁道先, 等 (3031)
- 黄脊雷鳉越冬卵的滞育发育特性 朱道弘, 陈艳艳, 赵 琴 (3039)
- 香港巨牡蛎与长牡蛎种间配子兼容性 张跃环, 王昭萍, 闫喜武, 等 (3047)

种群、群落和生态系统

- 西藏珠穆朗玛峰国家级自然保护区鸟类群落结构与多样性 王 斌, 彭波涌, 李晶晶, 等 (3056)
- 采伐对长白山阔叶红松林生态系统碳密度的影响 齐 麟, 于大炮, 周旺明, 等 (3065)
- 胶州湾近岸浅水区鱼类群落结构及多样性 徐宾铎, 曾慧慧, 薛 莹, 等 (3074)
- 黄河口盐地碱蓬湿地土壤-植物系统重金属污染评价 王耀平, 白军红, 肖 蓉, 等 (3083)
- 不同起始状态对草原群落恢复演替的影响 杨 晨, 王 炜, 汪诗平, 等 (3092)
- 施肥梯度对高寒草甸群落结构、功能和土壤质量的影响 王长庭, 王根绪, 刘 伟, 等 (3103)
- 高寒退化草地狼毒种群株丛间格局控制机理 高福元, 赵成章 (3114)
- 藏东南色季拉山西坡土壤有机碳库研究 马和平, 郭其强, 刘合满, 等 (3122)
- 灵石山不同海拔米槠林优势种叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 值与叶属性因子的相关性 王英姿 (3129)
- 西门岛人工秋茄林恢复对大型底栖生物的影响 黄 丽, 陈少波, 仇建标, 等 (3138)
- 喀斯特峰丛洼地土壤剖面微生物特性对植被和坡位的响应 冯书珍, 苏以荣, 秦新民, 等 (3148)
- 青藏高原高寒草甸植被特征与温度、水分因子关系 徐满厚, 薛 娴 (3158)

景观、区域和全球生态

近 60 年挠力河流域生态系统服务价值时空变化..... 赵 亮,刘吉平,田学智 (3169)

基于系统动力学的雏菊世界模型气候控制敏感性分析..... 陈海滨,唐海萍 (3177)

资源与产业生态

主要气候因子对麦棉两熟棉花产量的影响..... 韩迎春,王国平,范正义,等 (3185)

低覆盖度行带式固沙林对土壤及植被的修复效应..... 姜丽娜,杨文斌,卢 琦,等 (3192)

不同土地利用方式土下岩溶溶蚀速率及影响因素..... 蓝家程,傅瓦利,彭景涛,等 (3205)

农地保护的外部效益测算——选择实验法在武汉市的应用 陈 竹,鞠登平,张安录 (3213)

研究简报

温度、投饵频次对白色霞水母无性繁殖与螅状体生长的影响 孙 明,董 婧,柴 雨,等 (3222)

内蒙古达赉湖西岸地区大鸕巢穴特征和巢址选择..... 张洪海,王 明,陈 磊,等 (3233)

红外相机技术在鼠类密度估算中的应用..... 章书声,鲍毅新,王艳妮,等 (3241)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 33 * 2013-05



封面图说: 色季拉山的长苞冷杉和高山杜鹃林——色季拉山高海拔处的植被主要有长苞冷杉、林芝云杉和高山杜鹃等,再高海拔地区则分布有高山灌丛、草甸等。长苞冷杉为我国特有种,属松科常绿乔木,分布于西藏东南部高山地带。树高可达 40m,树皮暗褐色,针叶较短;其球果圆柱形,直立。长苞冷杉的形态独特,与分布区内多种冷杉有密切的亲缘关系,和云杉、杜鹃的分布也彼此交叠。随着色季拉山体海拔的升高,区域气候对于山地土壤从黄壤至棕色森林土、直至高山草甸土的完整发育,以及对森林生态系统类型的形成都产生直接而深刻的影响。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201202290272

章书声, 鲍毅新, 王艳妮, 方平福, 叶彬. 红外相机技术在鼠类密度估算中的应用. 生态学报, 2013, 33(10): 3241-3247.

Zhang S S, Bao Y X, Wang Y N, Fang P F, Ye B. Estimating rodent density using infrared-triggered camera technology. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(10): 3241-3247.

红外相机技术在鼠类密度估算中的应用

章书声, 鲍毅新*, 王艳妮, 方平福, 叶彬

(浙江师范大学生态研究所, 金华 321004)

摘要: 2009 年 5 月至 2011 年 7 月, 在古田山国家自然保护区 24 hm² (600 m×400 m) 样地中用分层随机抽样法布置 20 台红外相机, 监测样地内的鼠类密度。利用红外相机技术, 引用物理学中气体分子碰撞率原理, 在不对鼠类进行个体识别的情况下, 估算样地内鼠类密度。结果表明, 以此估算的样地内鼠类密度 D_3 与标志重捕法估算的鼠类密度 D 之间不存在显著差异 ($P>0.05$), 两者契合程度高, 说明此模型具有相当高的精确性。而在较高的相机分布密度 (0.83 台/hm²) 下得出的鼠类密度季节消长状况也验证了该模型的可靠程度。

关键词: 气体分子碰撞率; 标志重捕法; 古田山国家自然保护区

Estimating rodent density using infrared-triggered camera technology

ZHANG Shusheng, BAO Yixin*, WANG Yanni, FANG Pingfu, YE Bin

Institute of Ecology, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China

Abstract: Conventional methods for investigation on densities of small mammals unavoidably produce environmental disturbance. By using infrared-triggered camera technology (ITCT), animal densities could be obtained with minimal disturbance to animal's habitat. For large mammals, individually unique natural markings, such as spotted and striped fields can be used for recognition, but for small mammals, it is difficult to distinguish individuals, especially for nocturnal species. In this study, we used cameras triggered by infrared sensors to obtain images of passing animals to estimate the rodent density. Three biological indexes, that is, rodent's day range (or called speed of day movement), distance and angle with which the camera detects animals are required for the modeling. Camera detection distance (0.01 km) and angle (50°) were provided by the infrared camera manufacturers in this study, whereas the rodent's day range had to be estimated in experimental sites. An experimental site of 600 m×400 m was selected at Gutianshan National Natural Reserve in Kaihua county, Zhejiang province. The site was divided into 18 areas based on the principle of stratified random sampling, and 20 infrared cameras were deployed in these areas. At the same time, the capture-mark-recapture method (CMR) was used to survey speed of rodent movement. The experiment was conducted from May 2009 to July 2011. The results derived from CMR, showed that the day range of rodent movement was approximately 100—300 m. By assuming the speed of day movement as v_1 (0.1 km/day), v_2 (0.2 km/day), v_3 (0.3 km/day), corresponding densities obtained from camera trapping were D_1 , D_2 and D_3 , respectively. When these three densities were compared with the density (D) derived from CMR, the results showed that D_1 was highly significantly different ($P<0.01$) from D . However, there were no significant differences between D_2 and D ($P=0.090$) or between D_3 and D ($P=0.679$). The smallest difference was found between D_3 and D . Therefore, D_3 may represent the closest estimate. Taken D_3 as the density estimate, rodent

基金项目: 国家科技支撑计划专题资助项目 (2008BAC39B02)

收稿日期: 2012-02-29; 修订日期: 2012-10-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sky90@zjnu.cn

densities was calculated for the period from May 2009 to July 2011 by using monthly independent photographs of rodents. Average density was (657 ± 81) individuals/km². The seasonal changes in the rodent density which obtained from camera trapping with the high camera density of 83.3/km², confirm that our results are reliable. In this study, uninterrupted monitoring promoted efficiency of detection. Our results revealed that the density of rodent reached the peak from the beginning of May to the late summer because of abundant food resources and low interspecies competition. While from November to March, predation pressure and food shortage reduced rodent densities. As a consequence, intraspecific and interspecies competition was reduced, leading to a relatively stable community structure. In conclusions, our results demonstrate that ITCT with the aid of the capture-mark-recapture method can be used to reliably estimate rodent density with high accuracy and low costs.

Key Words: molecular collision rate; capture-mark recapture method (CMR); Gutianshan National Natural Reserve

野外调查小型兽类密度时,根据不同种类的生活习性而采用不同的方法,对旱獭、黄鼠等昼行性种类常采用堵洞盗开法、弓形夹法、挖洞法、计洞法等;对跳鼠等夜行性种类常采用夹夜法;鼯鼠等地下生活的种类一般采用土丘系数法和切洞堵洞法;田鼠和绒鼠等地面生活种类可采用夹日法^[1]。

传统的小型兽类密度调查方法对动物的生境会产生一定的干扰。红外线触发自动数码相机陷阱技术(ITCT),简称红外相机技术,已成为现代生物资源调查中的重要方法之一^[2]。采用该方法研究兽类种群密度时,对于一些大型兽类,如孟加拉虎(*Panthera tigris tigris*)^[3-4]、雪豹(*Uncia uncia*)^[5-6]可以根据其斑纹、体型、毛色等“自然标记”进行个体识别,并估算其种群密度。但对于夜行性小型兽类,因“自然标记”不明显,难以通过夜间所摄相片进行个体识别。Rowcliffe等^[7]在采用红外相机技术估算 Whipsnade 野生动物园内中国水鹿(*Cervus unicolor*)、小麂(*Muntiacus reevesi*)等动物的种群密度时,将气体分子碰撞率原理应用于相机与动物之间接触率的计算,该方法无需对动物进行个体识别。本文尝试采用红外相机技术,对地面上活动的啮齿目动物(鼠类)在不对物种进行个体识别的情况下,估算古田山自然保护区样地中的鼠类密度,并将估算结果与标志重捕法获得的结果进行对比,来验证此模型准确度和可靠性。

1 研究方法

1.1 研究地区

古田山位于浙江省开化县境内西北部,与江西省婺源县、德兴市接壤,地理范围为 29°10′19.4″—29°17′41.4″ N, 118°03′49.7″—118°11′12.2″ E,属典型中亚热带季风气候区,四季分明。区内保存着完好的以甜槠(*Castanopsis eyrei*)和木荷(*Schima superba*)等为主要优势种的常绿阔叶林,保护区总面积 81 km²,其中核心区面积为 15.5 km²,为森林的长期生物多样性动态监测和机理研究提供了很好的研究基地^[8]。本项研究所选用的监测样地是参照(CTFS)标准所建设的 1 个 24 hm²常绿阔叶林(东西长 600 m、南北宽 400 m)常绿阔叶林样地^[9]。

1.2 红外相机技术

2009 年 5 月至 2011 年 7 月,将 24 hm²的研究样地分成 18 个栅格利用分层随机抽样法原理均匀布置视保嘉 SG550 红外相机 20 台(图 1,比例尺为 1:20)以监测样地的鼠类密度。相机分布密度为 0.83 台/hm²,与其他类似研究比较,本研究相机分布密度较高(表 1)。

1.2.1 气体分子碰撞率原理

根据物理学的经典理想气体微观模型,每个分子被模型化为具有一定质量、不计体积、无气体间粘滞力的小球。所以,理想气体就是数量巨大的理想弹性小球的无规则运动^[13]。该模型的使用条件包括:(1)气体分子线度远小于与分子间的距离,可忽略不计(鼠类体型远小于鼠类与相机的距离);(2)遵循牛顿运动定律,每个分子的碰撞为完全弹性碰撞(鼠类被相机拍摄本身不存在能量的损耗);(3)分子间的相互作用力、重力可忽略不计(模型所依据的是鼠类与相机的碰撞率,并非鼠类之间的相遇率,满足此要求);(4)模型的统计假设

为:对大量气体分子来说,气体分子处于热动态平衡时,分子可沿各个方向无规则运动(鼠类在样地内可以沿任何方向无规则活动)

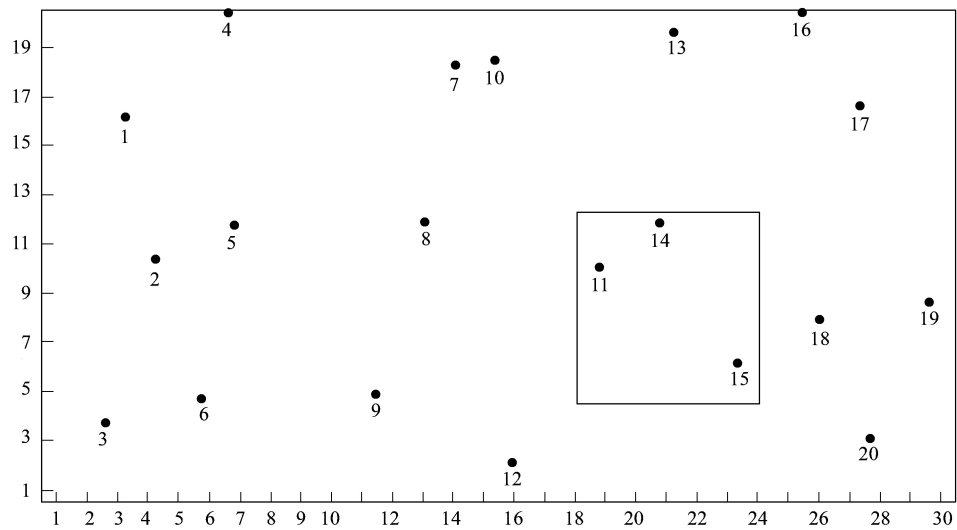


图1 古田山 24 hm² 样地红外相机分布图(黑点即相机位置)

Fig.1 The camera distribution map in the 24 hm² plot of Gutianshan National Natural Reserve (black spots present camera sites)

表1 本研究及相关文献中相机分布密度

Table 1 The distributed density of camera in this study and the literatures

监测对象 Monitoring object	家域面积或种群密度 Home range or population density	相机数量 Camera number	监测面积 Monitoring area /km ²	相机分布密度 Camera density /(台/km ²)
华南虎 ^[10] <i>Panthera tigris amoyensis</i>	70 km ² 以上	7	66.67	0.10
华南虎 ^[11]	70 km ² 以上	6	133	0.05
大熊猫秦岭亚种 ^[2] <i>Ailuropoda melanoleuca qinlingensis</i>	3.9—6.4 km ²	51	47.56	1.07
雪豹 ^[6] <i>Uncia uncia</i>	2.0—3.2 只/ 100 km ²	36	250	0.14
小鹿台湾亚种 ^[12] <i>Muntiacus reevesi micrurus</i>	3—8 只/km ²	25	96	0.26
中国水鹿 ^[7] <i>Hydropotes inermis</i>	4—50 只/km ²	6	2.26	2.66
鼠类(本次监测) Rodents (this study)	2.0×10 ⁻⁴ — 7.2×10 ⁻³ km ²	20	0.24	83.33

1.2.2 估算方法

本次调查对象为地面上活动的啮齿目动物(鼠类),活动区域属于二维空间。根据上述原理,分子在二维封闭空间中移动,在一定时间内移动覆盖的面积是由分子线度(鼠类体型,在原理中已被忽视)和移动距离组成的,而在此时间范围内分子之间的期望碰撞率是指全部分子移动覆盖的面积占总面积的比例值^[14]。应用到生物学当中就是一个相对静止分子(鼠类)与一个圆形的检测区域内(相机的视角)碰撞数 y (鼠类个体独立照片总数),由分子(鼠类)的移动速度 v ,移动时间 t (相机监测日),分子移动的距离 r (相机检测区域的半径),分子数密度 D (鼠类密度)组成,如公式(1)。

$$y=2rtvD \tag{1}$$

然而,相机检测区域并不是圆形的,而是以半径为 r 和角度 θ 组成的扇形面积,故动物所覆盖路径的宽度已经不再是单纯 $2r$,而是应该是所有可能的角度组成的扇形面积。其中, $(\pi-\theta)/2 \leq \gamma \leq \pi/2$,由 Rowcliffe 等^[7] 推导出:

$$y=\frac{2+\theta}{\pi}rtv\theta$$

(2)

对相近地点或时间段连续拍摄的物种照片采用相同侧面、部位的斑纹、体型、毛色等特征进行比对,来判断是否属同一次数,定义为独立照片数(IP)。其次是取样时间,Rowcliffe 等^[7]研究中国水鹿的种群密度时统计 t 值是以累积 6 周相机白天(12h)工作作为有效时数的,而鼠类属于夜行动物且需长年观察,故本文以月为单位计算其相机工作日。以下列公式计算:

$$MCV=\frac{y}{t}$$

(3)

式中,MCV 为月拍摄值, y 为当月鼠类个体独立照片总数, t 为相机布放当月的天数。

$$D=MCV\frac{\pi}{vr(2+\theta)}$$

(4)

所用红外相机的监测角度 θ 为 0.872 rad(50°),相机的监测半径 r 为 0.01 km(10 m)。研究发现样地内鼠类一般日活动距离为 100—300 m(根据样地内号桩标号计算),布笼时间为 24 h,设置鼠类日移动速度 v_1 (0.1 km/d), v_2 (0.2 km/d), v_3 (0.3 km/d)3 个参数。

1.3 标志重捕法

2009—2011 年每年的 5 月和 10 月(其中 2009 年为 7 月),分别在同一样地内采用传统的网格布笼法^[15]对样地内的鼠类进行标志重捕,具体布笼地点如图 1 当中的小实线方框,以 10 m×10 m 方式布笼,共置布笼点 160 个。在每个布笼点放置 1 个鼠笼,以红枣为诱饵进行重捕。傍晚开笼,次日上午检查后关笼。对所捕鼠类进行物种鉴定,首次捕获的个体以切趾法进行个体标记,并记录捕获日期、鼠号和笼号等,每次连续重捕 7d。采用 Jolly-sober 法和最小存活数量法来估算样地内的鼠类密度^[16]。

2 结果

2.1 红外相机技术估算鼠类密度

由 3 个鼠类移动速度(0.1、0.2、0.3 km/d)参数得出的鼠类密度分别为 D_1,D_2,D_3 (表 2),相互之间存在极显著差异($F=17.326,df=2,P<0.01$),用 LSD 法两两比较, D_1 与 D_2 之间不存在显著差异($P>0.05$), D_3 与 D_1,D_3 与 D_2 之间却都存在极显著差异($P<0.01$)。

表 2 运用红外相机技术估算鼠类密度

Table 2 Rodent population density estimated by infrared triggered camera technique

年份 Year	月份 Month	独立照片 IP	相机工作日 Camera days	月拍摄值 MCV	密度 1(只/hm ²) D_1	密度 2(只/hm ²) D_2	密度 3(只/hm ²) D_3
2009	5	93	31	3.00	32.80	16.40	10.93
	6	63	30	2.10	22.96	11.48	7.65
	7	73	31	2.35	18.69	9.35	6.23
	8	66	31	2.13	23.28	11.64	7.76
	9	67	30	2.23	24.42	12.21	8.14
	10	92	31	2.97	30.68	15.34	10.23
	11	17	30	0.57	6.20	3.10	2.07
	12	16	31	0.52	5.64	2.82	1.88
2010	1	12	31	0.39	4.23	2.12	1.41
	2	16	28	0.57	6.25	3.12	2.08
	3	16	31	0.52	5.64	2.82	1.88
	4	21	30	0.70	7.65	3.83	2.55
	5	131	31	4.23	46.20	23.10	15.40
	6	117	30	3.90	42.64	21.32	14.21
	7	103	31	3.32	36.33	18.16	12.11

续表							
年份 Year	月份 Month	独立照片 IP	相机工作日 Camera days	月拍摄值 MCV	密度 1(只/hm ²) <i>D</i> ₁	密度 2(只/hm ²) <i>D</i> ₂	密度 3(只/hm ²) <i>D</i> ₃
2011	8	93	31	3.00	32.80	16.40	10.93
	9	72	30	2.40	26.24	13.12	8.75
	10	87	31	2.81	27.16	13.58	9.05
	11	77	30	2.57	28.06	14.03	9.35
	12	32	31	1.03	11.29	5.64	3.76
	1	19	31	0.61	6.70	3.35	2.23
	2	13	29	0.45	4.90	2.45	1.63
	3	19	31	0.61	6.70	3.35	2.23
	4	18	30	0.60	6.56	3.28	2.19
	5	80	31	2.58	21.16	10.58	7.05
	6	73	30	2.43	26.60	13.30	8.87
	7	58	31	1.87	20.46	10.23	6.82
平均密度±标准误 $\bar{x} \pm SE$					19.71±2.44	9.86±1.22	6.57±0.81

2.2 标志重捕法估算鼠类密度

自 2009 年到 2011 年,对 24 hm² 大样地内利用标志重捕法捕鼠调查结果表明,样地内有社鼠(*Niviventer confucianus*)、刺毛鼠(*N. fulvescens*)和白腹巨鼠(*Leopoldamys edwardsi*),其中社鼠占 90% 以上。由于获取鼠类的样本数量较少,重捕率小于 50%,不满足 J-S 模型的前提条件,故采用最小存活数量法(枚举法)估算样地内的鼠类密度,结果见表 3。

表 3 用标志重捕法估计的鼠类密度
Table 3 Rodent population density estimated by capture mark-recapture method

年份 Year	月份 Month	捕获数量/只 Capture amounts/inds	密度/(只/ hm ²) <i>D</i>
2009	7	6	4.84
	10	8	6.45
2010	5	19	15.32
	10	11	8.87
2011	5	9	7.26
	10	10	8.06

2.3 两种方法比较

由红外相机技术估计得出的鼠类密度 D_1 、 D_2 与 D_3 和标志重捕法在相对应的 5 个月份(2011 年 10 月无相机拍摄除外)所得鼠类密度 D 进行对比, D 与 D_1 存在极显著差异($t = 3.910, df = 8, P < 0.01$), D 与 D_2 ($t = 1.931, df = 8, P = 0.090$)以及 与 D_3 ($t = 0.430, df = 8, P = 0.679$)之间皆无显著差异,其中 D 与 D_3 之间的差异更小,契合程度更好。根据每月所拍鼠类独立照片(IP)获得月拍摄值(MCV),以 D_3 为准,得出 2009 年 5 月至 2011 年 7 月每月样地内的鼠类密度(图 2),平均密度为 (6.57 ± 0.81) 只/hm²,鼠类密度符合正态分布($P > 0.05$)。

3 讨论

鼠类的日活动距离随种类、性别、年龄、体重与巢区面积等而异。在与古田山同纬度的千岛湖对社鼠的调查显示,雄鼠平均活动距离为 (111.47 ± 6.80) m (22.35—275 m),雌鼠为 (84.82 ± 4.69) m (14.14—290.49 m)^[15]。根据本文研究样地中社鼠占绝对优势的情况,我们设置了鼠类日移动速度 v_1 、 v_2 、 v_3 3 个参数。

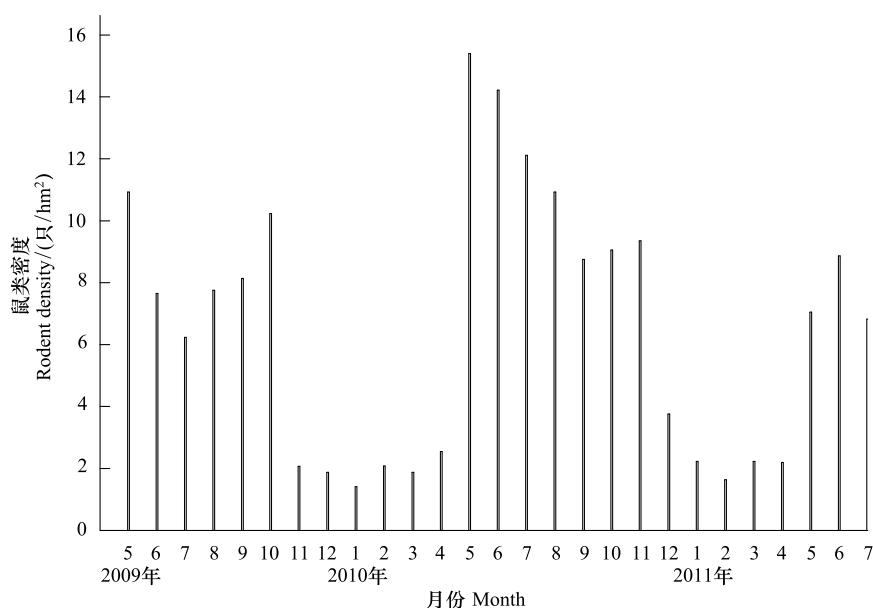


图2 红外相机技术估计的鼠类密度季节消长(以 D_3 为标准)

Fig. 2 The seasonal changes in the rodent density (inds/ hm^2) which obtained from infrared triggered cameras technology

当鼠类日活动距离为 0.1 km (v_1) 时,得出的密度 D_1 过大,与标志重捕法获得的鼠类密度 D 存在着显著差异。 D_2 与 D_3 则均与 D 值不存在显著差异,说明红外相机技术是可以估计样地内鼠类密度的,且假设鼠类日移动距离为 $0.2\text{--}0.3 \text{ km}$ 是合理的。但 D 与 D_2 的差异 ($P=0.090$) 比与 D_3 ($P=0.679$) 的差异更大,说明 D_3 与传统的标志重捕法获得的鼠类密度契合程度较高,故可以认为样地内鼠类日移动平均距离准确值为 0.3 km 。

相机分布的密度往往与动物的家域或种群密度成反比例关系(表1),如大型猫科动物华南虎、雪豹家域面积约达到 100 km^2 ,相机分布的密度约为 $0.1 \text{ 台}/\text{km}^2$ [5-6,10-11];对家域面积相对较小的小鹿台湾亚种将相机分布密度增高至 $0.3 \text{ 台}/\text{km}^2$ [12];而本模型样地内鼠科动物的家域范围更小,故将相机密度增加至 $0.83 \text{ 台}/\text{hm}^2$,虽不及样地内布笼密度 $1.29 \text{ 只}/\text{hm}^2$,但鼠类在样地内一般日平均活动距离不超过 300 m ,近乎 $1 \text{ 台}/\text{hm}^2$ 已经属于高密度的布置,具有较高的准确性和精确度。

相机监测时间也可影响密度估算的精确度。在常用的标志重捕法中,要提高重捕率则须增加野外调查取样的强度和难度,在捕捉努力保持不变的情况下单方面提高重捕率必然导致取样面积的减少,这样就有可能陷入调查动物样本量不足的困境,而单纯地延长重捕时间也可能增加对种群的干扰而影响标记个体的重捕率 [17]。红外相机捕捉技术在调查样本时间方面具有更大的优越性,如本文求得 2009 年 5 月至 2011 年 7 月鼠类月平均密度(图2),即假设忽略动物的迁入、迁出、出生、死亡等参数,将 1 个月内鼠类种群默认为是一个闭合的种群。通过监测此闭合的种群,发现 2009、2010 和 2011 年都反映出 5 月份伊始持续到夏季末属于鼠类密度的高峰期。其结果与杨春文 [18] 对东北主要林区森林 5 种啮齿动物共存机制的研究结论相似,夏季食物资源丰富,种间竞争较小;而 11 月到初春时分由于冬季的严寒、捕食压力(红外拍摄同时发现黄腹鼬 *Mudtela kathiah*、鼬獾 *Melogale moschata* 和豹猫 *Prionailurus bengalensis*) 及食物匮乏导致鼠类数量降低,通过减少种内及种间食物竞争压力,使群落结构保持相对稳定。

因此,采用红外相机技术无需个体识别即可估计出鼠类密度,对比传统鼠类密度调查法,该技术具有可昼夜连续工作,劳动力成本低、无创伤、环境干扰小等优点。在开展小型兽类数量监测中,可采用红外相机技术为主,抽样捕捉调查为辅的方法,以提高调查的可靠性和精确度。

致谢:浙江大学丁平教授为本文提供了红外相机数据及启迪理想模型的构建方法,特此致谢。

References:

- [1] Zhao T B, Tao B E, Dong X C, Tang M C. Rodent population survey methodology and its evaluation. Chinese Journal of Vector Biology and Control, 2007, 18(4): 332-334.
- [2] He B S, Yuan Z H, Zhang X M, Li X Z, Li J. Infrared triggered camera trap survey technique and monitoring. Science Journal of Northwest University Online, 2009, 7(2): 1-5.
- [3] Karanth K U, Nichols J D, Kumar N S, Hines J E. Assessing tiger population dynamics using photographic capture-recapture sampling. The Ecological Society of America, 2006, 87(11): 2925-2937.
- [4] Karanth K U. Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. Biological Conservation, 1995, 71(3): 333-338.
- [5] Ma M, Xu F, Chundawat R S, Kubanych J, Wu Y Q, Aizezi, Zhu M H. Camera trapping of snow leopards for the photo capture rate and population size in the Muzat Valley of Tianshan Mountains. Journal of Animal, 2006, 52(4): 788-793.
- [6] Ma M, Xu F, Bariushaa M, Wu Y Q, Tomas M, Kyle M. Monitoring of population density of snow leopard in Xinjiang. Journal of Ecology and Rural Environment, 2011, 27(1): 79-83.
- [7] Rowcliffe J, Field J, Turvey S, and Carbone C. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition, Journal of Applied Ecology, 2008, 45(4): 1228-1236.
- [8] Li L, Chen J H, Ren H B, Mi X C, Yu M J, Yang B. Spatial patterns of *Castanopsis eyrei* and *Schima superba* in mid-subtropical broad-leaved evergreen forest in Gutianshan National Reserve, China. Chinese Journal of Plant Ecology, 2010, 34(3): 241-252.
- [9] Zhu Y, Zhao G F, Zhang L W, Shen G C, Mi X C, Ren H B, Yu M J, Chen J H, Chen S W, Fang T, Ma K P. Community composition and structure of Gu TianShan Forest dynamic plot in a mid-subtropical evergreen broad-leaved forest, east china. Chinese Journal of Plant Ecology, 2008, 32(2): 262-273.
- [10] Huang X Y, Hu D F, Liu W S, Jeff M. Field survey on South China tigers and their habitat evaluation in Yihuang Provincial Reserve in Jiangxi Province. Journal of Beijing Forestry University, 2003, 25(4): 54-58.
- [11] Huang X Y, Hu D F, Liu W S, Wang Z C, Liu W S. Field survey of south China tigers and their habitat evaluation in Hupingshan National Reserve. Journal of Zhejiang Forestry College, 2004, 21(2): 180-184.
- [12] Huang M X, Jian Y X. Monitoring larger mammals in the Nanzihshian logging road area, Yushan National Park, Taiwan. Taiwan Forestry Science, 2007, 22(2): 135-147.
- [13] Wang D M, Zeng D L, Zhang X M, Liu J F. Comparison of microscopic behavior of molecules for real gas and its ideal gas model. Journal of Thermal Science and Technology, 2003, 2(4): 288-291.
- [14] Hutchinson, J M C & Waser, P M. Use, misuse and extensions of "ideal gas" models of animal encounter. Biological Reviews, 2007, 82, 335-359.
- [15] Shen L L. The research on home range and field of *Niviventer confucianus* on islands at Thousand Island Lake. Zhejiang Normal University Master Dissertation, 2011.
- [16] Liu W, Zhong W Q, Wan X R. Advance in the research of home range in rodent. Chinese Journal of Ecology, 2002, 21(4): 36-40.
- [17] Wan X R, Zhong W Q. Discussion on the survivorship estimation for the Jolly-Seber model. Chinese Journal of Zoology, 2001, 36(5): 36-39.
- [18] Yang C W. Institute on northeast forest five rodent coexistence mechanism. Northeast Forestry University Doctoral Dissertation, 2007.

参考文献:

- [1] 赵天颢, 陶波尔, 董希超, 唐蒙昌. 啮齿动物种群数量调查方法及其评价. 中国媒介生物学及控制杂志, 2007, 18(4): 332-334.
- [2] 何佰锁, 袁朝晖, 张希明, 李小枝, 李健. 红外线触发数码相机陷阱技术在大熊猫监测中的应用. 西北大学学报(自然科学网络版), 2009, 7(2): 1-5.
- [5] 马鸣, 徐峰, Chundawat R S, Kubanych J, 吴逸群, 艾则孜, 朱玛洪. 利用自动照相术获得天山雪豹拍摄率与个体数量. 动物学报, 2006, 52(4): 788-793.
- [6] 马鸣, 徐峰, Bariushaa M, 吴逸群, Tomas M, Kyle M. 新疆雪豹种群密度监测方法探讨. 生态与农村环境学报, 2011, 27(1): 79-83.
- [8] 李立, 陈建华, 任海保, 米湘成, 于明坚, 杨波. 古田山常绿阔叶林优势树种甜槠和木荷的空间格局分析. 植物生态学报, 2010, 34(3): 241-252.
- [9] 祝燕, 赵谷风, 张佰文, 沈国春, 米湘成, 任海保, 于明坚, 陈建华, 陈声文, 方腾, 马克平. 古田山中亚热带常绿阔叶林动态监测样地——群落组成与结构. 植物生态学报, 2008, 32(2): 262-273.
- [10] 黄祥云, 胡德夫, 刘伟石, Jeff M. 宜黄自然保护区华南虎野生种群调查及栖息地评价. 北京林业大学学报, 2003, 25(4): 54-58.
- [11] 黄祥云, 胡德夫, 唐小平, 王志臣, 刘伟石. 壶瓶山自然保护区华南虎野外调查及栖息地评价. 浙江林学院学报, 2004, 21(2): 180-184.
- [12] 黄美秀, 简芸云. 玉山国家公园楠溪林道较大哺乳动物之监测. 台湾林业科学, 2007, 22(2): 135-147.
- [13] 王德明, 曾丹苓, 张新铭, 刘娟芳. 实际气体与其对应的理想气体模型微观性质的比较. 热科学与技术, 2003, 2(4): 288-291.
- [15] 沈良良. 千岛湖岛屿社鼠的巢区和领域研究. 浙江师范大学硕士学位论文, 2011.
- [16] 刘伟, 钟文勤, 宛新荣. 啮齿动物巢区研究进展. 生态学杂志, 2002, 21(4): 36-40.
- [17] 宛新荣, 钟文勤. Jolly-Seber 法中种群存活率估算的探讨. 动物学杂志, 2001, 36(5): 36-39.
- [18] 杨春文. 东北主要林区森林五种啮齿动物共存机制研究. 东北林业大学博士学位论文, 2007.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 10 May, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Special Topics in Soil and Water Conservation of County Changting, Fujian Province

- Spatiotemporal dynamics of the bare soil cover in the Hetian basinal area of County Changting, China, during the past 35 years XU Hanqiu (2946)
- Analysis of fractional vegetation cover change and its impact on thermal environment in the Hetian basinal area of County Changting, Fujian Province, China XU Hanqiu, HE Hui, HUANG Shaolin (2954)
- Dynamic of soil organic carbon pool after restoration of *Pinus massoniana* in eroded red soil area HE Shengjia, XIE Jinsheng, ZENG Hongda, et al (2964)
- RUSLE-based quantitative study on the soil erosion of the Hetian basin area in County Changting, Fujian Province, China YANG Ranran, XU Hanqiu, LIN Na, et al (2974)
- Land use changes in a reddish soil erosion region of Southern China: Hetian Basin, County Changting LIN Na, XU Hanqiu, HE Hui (2983)
- Remote-sensing estimate of the carbon storage of subtropical *Pinus massoniana* forest in the Hetian Basin of County Changting, China HUANG Shaolin, XU Hanqiu, LIN Na, et al (2992)
- Mutation of soil fertility quality in the red eroded area of southern China: A case study in Changting County, Fujian Province CHEN Zhiqiang, CHEN Zhibiao (3002)

Frontiers and Comprehensive Review

- The temperature dependence of soil organic matter decomposition and CO₂ efflux: a review SHEN Zhengtao, SHI Bin, WANG Baojun, et al (3011)
- Progress and prospects on cyanobacteria bloom-forming mechanism in lakes MA Jianrong, DENG Jianming, QIN Boqiang, et al (3020)

Autecology & Fundamentals

- Characteristics of concentrations and carbon isotope compositions of dissolved inorganic carbon in soil water under varying vegetation in karst watershed LIANG Xuan, WANG Zhijun, YUAN Daoxian, et al (3031)
- The traits of diapause development of overwinter eggs in *Rammeacris kiangsu* Tsai (Orthoptera: Arcypteridae) ZHU Daohong, CHEN Yanyan, ZHAO Qin (3039)
- Analysis of gamete compatibility between *Crassostrea hongkongensis* and *C. gigas* ZHANG Yuehuan, WANG Zhaoping, YAN Xiwu, et al (3047)

Population, Community and Ecosystem

- Avifaunal community structure and species diversity in the Mt. Qomolangma National Nature Reserve, Tibet, China WANG Bin, PENG Boyong, LI Jingjing, et al (3056)
- Impact of logging on carbon density of broadleaved-Korean pine mixed forests on Changbai Mountains QI Lin, YU Dapao, ZHOU Wangming, et al (3065)
- Community structure and species diversity of fish assemblage in the coastal waters of Jiaozhou Bay XU Binduo, ZENG Huihui, XUE Ying, et al (3074)
- Assessment of heavy metal contamination in the soil-plant system of the *Suaeda salsa* wetland in the Yellow River Estuary WANG Yaoping, BAI Junhong, XIAO Rong, et al (3083)
- The effects of different original state on grassland community restoration succession YANG Chen, WANG Wei, WANG Shiping, et al (3092)
- Effects of fertilization gradients on plant community structure and soil characteristics in alpine meadow WANG Changting, WANG Genxu, LIU Wei, et al (3103)
- Pattern-controlling mechanics of different age classes of *Stellera chamaejasme* population in degraded alpine grassland GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang (3114)

- Soil organic carbon pool at the western side of the sygera mountains, southeast Tibet, China MA Heping, GUO Qiqiang, LIU Heman, et al (3122)
- Correlation between foliar $\delta^{13}\text{C}$ and foliar trait factors of dominant species in *Castanopsis carlessii* forests in Lingshishan National Forest Park WANG Yingzi (3129)
- Influences of artificial *Kandelia obovata* mangrove forest rehabilitation on the macrobenthos in Ximen Island HUANG Li, CHEN Shaobo, CHOU Jianbiao, et al (3138)
- Responses of soil microbial properties in soil profile to typical vegetation pattern and slope in karst-cluster depression area FENG Shuzhen, SU Yirong, QIN Xinmin, et al (3148)
- Correlation among vegetation characteristics, temperature and moisture of alpine meadow in the Qinghai-Tibetan Plateau XU Manhou, XUE Xian (3158)
- Landscape, Regional and Global Ecology**
- The temporal and spatial variation of the value of ecosystem services of the Naoli River Basin ecosystem during the last 60 years ZHAO Liang, LIU Jiping, TIAN Xuezhi (3169)
- Sensitivity analysis of climate control in the Daisyworld model based on system dynamics CHEN Haibin, TANG Haiping (3177)
- Resource and Industrial Ecology**
- Analysis of key climatic factors influencing on seed cotton yield in cotton-wheat double cropping HAN Yingchun, WAN Guoping, FAN Zhengyi, et al (3185)
- The effect of low-covered sand-fixing forest belts on restoration of the soil and vegetation JIANG Lina, YANG Wenbin, LU Qi, et al (3192)
- Dissolution rate under soil in karst areas and the influencing factors of different land use patterns LAN Jiacheng, FU Wali, PENG Jingtao, et al (3205)
- Measuring external benefits of agricultural land preservation: an application of choice experiment in Wuhan, China CHEN Zhu, JU Dengping, ZHANG Anlu (3213)
- Research Notes**
- Effect of temperature and feeding frequency on asexual reproduction and polyp growth of the scyphozoan *Cyanea nozakii* Kishinouye SUN Ming, DONG Jing, CHAI Yu, LI Yulong (3222)
- The research on *Buteo hemilasius* nest-site selection on the west bank of Dalai Lake in Dalai Lake Natural Reserve ZHANG Honghai, WANG Ming, CHEN Lei, et al (3233)
- Estimating rodent density using infrared-triggered camera technology ZHANG Shusheng, BAO Yixin, WANG Yanni, et al (3241)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索自然奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 高玉葆

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 10 期 (2013 年 5 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 10 (May, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元