

小兴安岭林区不同生境梯度中小型哺乳动物生物多样性

李俊生¹, 宋延龄^{*1}, 徐存宝², 曾治高¹, 宋 影²

(1. 中国科学院动物研究所, 北京 100080; 2. 黑龙江省丰林国家级自然保护区, 伊春 153033)

摘要: 利用铗日法和陷阱法, 于 2000 年 7~8 月, 对小兴安岭林区 7 个不同生境梯度中小型哺乳动物群落的多样性变化进行了初步研究。结果表明: (1) 铗日法所捕获的物种数和个体数明显大于陷阱法, 但后者更适合捕获小体型动物; (2) 共捕获小型哺乳动物 9 种, 其中啮齿目(Rodentia)松鼠科(Sciuridae)1 种, 田鼠亚科(Microtine)3 种, 鼠科(Muridae)4 种, 食虫目(Insectivora) 科(Soricidae)1 种, 所捕获的物种中, 棕背(*Clethrionomys rufocanus*)为优势种, 占总数的 48.77%, 与黑线姬鼠(*Apodemus agrarius*)、大林姬鼠(*A. speciosus*)和红背(*C. rutilus*)一起构成本地区的常见种; (3) 物种在不同的生境类型中呈明显的不均匀分布, 以中度干扰的灌丛生境内小型哺乳动物从物种丰富度和多样性指数最高, 次生林 1 和农田生境均有较高的物种丰富度和多样性指数, 无干扰的原生林 1、2 中物种丰富度最低, 而轻微干扰的原生林 3 中物种多样性指数最低, 受严重干扰的农田生境中小型哺乳动物均匀度最高, 其次是次生林 1 和灌丛, 原生林 3 和干扰较重的次生林 2 中小型哺乳动物群落均匀度最小; (4) 从物种多样性与林地郁闭度和地表草本植物覆盖度的相关分析看出, 物种多样性与郁闭度相关性不显著, 而与覆盖度呈显著的正相关关系, 反映了这些物种对草本植物选择倾向; (5) 根据不同生境内群落相似性指数进行系统聚类, 将所有的生境聚类为 3 组, 即原生林组(原生林 1、原生林 2 和原生林 3)、次生林组(次生林 1 和次生林 2)和农田组(灌丛和农田), 表明组内各生境间小型哺乳动物成分的相似性和组间的明显差异。研究表明, 小型哺乳动物多样性受生境内植被演替阶段、食物和隐蔽条件等环境因素影响, 而人类干扰也是主要因素之一。

关键词: 小型哺乳动物; 生境梯度; 生物多样性; 小兴安岭林区

Studies on bio-diversity of small mammals along different habitat gradients in the Xiao Xing'an Ling Forest Region, China

LI Jun-Sheng¹, SONG Yan-Ling¹, XU Cun-Bao², ZENG Zhi-Gao¹, SONG Ying²

(1. Institute of Zoology, Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China; 2. Heilongjiang Province Fenglin State Nature Reserve, Yichun 153033, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(6): 1037~1047.

Abstract: Small mammals are of crucial importance to boreal forest ecosystem because they constitute staple food for many mammalian and avian predators and they consume plants, lichens, fungi and invertebrates. In addition, they also help plants to disperse their seeds. However, small mammals have also been shown to be more susceptible to local extinction in fragmentated habitats. The composition of small mammals in many vegetation types in Northeast Forest Regions of China is incompletely known. We

基金项目: 黑龙江省自然科学基金资助项目

收稿日期: 2002-11-20; **修订日期:** 2003-04-20

作者简介: 李俊生(1968~), 男, 安徽巢湖人, 博士, 副教授, 主要从事野生动物生态和管理学方面研究。

*** 通讯作者** Author for correspondence, E-mail: songyl@panda. ioz. ac. cn.

Foundation item: Natural Science Foundation of Helongjiang Province

Received date 万方数据 **Accepted date:** 2003-04-20

Biography: LI Jun-Sheng, Ph. D., Associate professor, main research field: wildlife ecology and management.

also do not know what effect habitat changes caused by logging and cultivationg have on small mammal communities. We investigated the species distribution and abundance of small mammals and used them as indicators for monitoring environmental changes, and to explore how these changes would affect spatial distribution patterns and local biodiversity in a more general sense.

The study was conducted in Fenglin Nature Reserve and its surrounding regions (E128°59′~129°15′, N48°01′~48°09′), which is located in the middle of Xiao Xing'an Ling forest region, in northeast China. Small mammals were trapped using snap-traps and pitfalls trapping from July to August 2000 at seven sites along different habitat gradients. Two grids were established at each site, with ≥ 100 m between the two grids. Each grid consisted of 50 snap-traps and 20 pitfalls. Snap-traps were set in two parallel lines 20 m apart with 25 snap-traps (5 m apart) along each line. The 20 pitfalls (5 m apart) were set between the two parallel lines of snap-traps. Trapping was carried out for 4 consecutive days at each site.

In total, 326 individuals were captured, comprising 1 species of shrew and 8 species of rodents. Of these, *Clethrionomys rufocanus* (49%) was the most commonly trapped species in this region. *Apodemus agrarius*, *A. speciosus*, *C. rutilus* each accounted for 10%~12% of total individuals. *Rattus norvegicus* only accounted for 2.1% of total individuals and was the rarest species. The captured species were not evenly distributed along the habitat gradients. Analyses of diversity of small mammals in different habitats showed that species richness and diversity index (H') were highest in shrub habitats, where human disturbance has been moderate in recent years. They were also high in two secondary forests and farmland. Species richness in primary forest 1 and primary forest 2, where were not disturbed, were the lowest, and the diversity index (H') was lowest in primary forest 3, which has been disturbed lightly by human. Evenness was highest in farmland, although the human disturbance is most serious there. Evenness in the secondary forest 1 and shrub habitats ranked next, and evenness was lowest in primary forest 3 and secondary forest 2, where were seriously disturbed by mowing. Analysis of correlationof species diversity index (H') and tree canopy density/vegetation coverage demonstrated a significant positive correlationof species diversity index (H') with vegetation coverage but not with tree canopy density. Based on similarity indices, seven habitats can be clustered at the level of 0.0631 with systematic clustering. When a threshold of 0.6 for the similarity index was considered, the seven habitats could be categorized into three groups: (1)primary forests habitats, (2) secondary forest habitats, and (3) shrub and farmland.

We conclude that, in Xiao Xing'an Ling forest region, in northeast China, the distribution and abundance of small mammals are influenced to a great extent by structural habitat factors such as stage of vegetation succession, food, and ground cover. In addition, human activity is one of the main factors affecting species diversity of small mammals in the region.

Key words: small mammals; biodiversity; habitat gradients; Xiao Xing'an Ling forest region

文章编号:1000-0933(2003)06-1037-11 中图分类号:Q958 文献标识码:A

森林是许多动物繁衍栖息的重要场所。随着人类活动对森林生态系统的干扰日益加剧,森林景观的破碎化、生境的退化或丧失和由此改变的森林演替已对动物群落结构和种群动态产生直接的影响,甚至威胁到某些脆弱物种的生存^[1~3]。已有研究证实由采伐所引起的森林生境变化是导致动物种类多样性减少和丰富度下降的主要因素之一^[4~7]。不过,有的研究则显示适度的采伐和垦荒可增加森林中动物物种的多样性^[8,9],Andren^[10]认为物种多样性的大小受很多因子的影响,如经度、纬度、海拔、斑块的大小、破碎的程度、边缘特征、植被类型、群落演替阶段以及不同的分类类群等因子,所以森林生境变化和物种多样性的关系是一种非线性的关系,而且随环境因子及群落演替阶段的变化特征具有不同的模式,因此,探讨不同地

域森林生境变化对动物多样性的影响是保护生物学一个重要研究领域^[11]。森林中栖息的小型哺乳动物种类多、数量大、分布广,是森林生态系统不可分割的组成部分,在维系生态系统的食物链或食物网及养分循环中起着重要的作用^[12,13],此外,在林木种子传播和森林的天然更新中也扮演着重要的角色^[14~17]。由于小型哺乳动物活动范围小,对环境变化敏感^[18],其种群数量动态和群落结构的变化可以较好地反映生境变化的质量和人类活动的干扰程度^[19]。因此,研究不同森林生境条件下小型哺乳动物多样性的变化,不仅可以探讨环境变化对物种多样性分布格局的影响,同时对进一步探讨动物与森林更新之间的协同进化关系以及物种多样性保护也具有重要的意义。

小兴安林区曾是我国重要的林业生产基地,森林开发早,人类干扰程度高,形成了不同的森林生境类型^[20,21]。20 世纪中叶夏武平等^[21~23]曾对不同采伐迹地内啮齿动物区系和单个物种种群的数量变化进行过比较研究,并认为采伐干扰改变了鼠类区系的物种组成结构;舒凤梅^[24,25]曾比较了不同郁闭度和不同坡度林地中棕背(*Clethrionomys rufocanus*)的数量变化。这些研究却未涉及不同生境类型内小型哺乳动物群落结构的变化及与栖息环境之间的相互关系。为此,对丰林自然保护区及周边地区不同生境类型梯度中的小型哺乳动物群落进行了调查,以探讨小型哺乳动物的群落组成和数量与其栖息环境之间的相互关系及其演化趋势。

1 自然概况

丰林自然保护区是以保护红松林生态系统为主的国家级森林生态自然保护区,也是我国小兴安岭林区保存较好的最大原始森林之一。该自然保护区位于小兴安岭南段,地理坐标为 E128°59′~129°15′,N48°01′~48°09′,面积 18.165km²。保护区及周边地区地形起伏不大,主要以低山为主,海拔高度一般在 300~450m,山顶浑圆,坡度较缓,在山麓地带常形成小面积的洪积扇或洪积环,生长着各种草类和灌丛,在保护区的外围有的则被开垦为农田。境内流经的大小河流共 9 条,加上季节性溪流,构成一个完整的水系,为动植物的繁衍和生长提供了丰富的水源。本区属温带大陆性气候,年平均降水量为 680~750mm,主要集中在 6~9 月份,年均温为-0.5℃,有效积温(≥10℃)为 1900~2200℃,无霜期短,仅为 100~110d。

由于海拔变幅较小,没有明显的高山,因此研究地区植被垂直分布不明显,原始森林分布基本处于一个垂直亚带——以红松(*Pinus koraiensis*)占优势的山地阔叶红松林带,人工林则以针叶林为主。由于保护区毗邻市区(伊春市五营区),周边人类活动干扰强烈,在短距离内形成了明显的由原始林到农田的不同生态景观梯度。根据植被类型和人为干扰活动的强烈程度,共设置了 7 块样地,各样地的分布见图 1。所选择的 7 块样地处于同一的植被带,各小型哺乳动物组成的垂直分布没有明显差别。

样地 1、2、3 分别位于保护区内的核心区、缓冲区和实验经营区,是植被保存较为完好的林分,其中,样地 1(原生林 1)是具有典型代表性的保持完好的原始阔叶红松林林分,鲜有人光顾,乔木层红松占优势,伴生树种主要有枫桦(*Betula costata*)、紫椴(*Tilia amurensis*)和少量的云杉(*Picea jezoensis*)及冷杉(*Abies nephrolepis*)等,郁闭度为 0.7~0.9,灌木层有毛榛(*Corylus mandshurica*)、东北溲疏(*Deutzia amurensis*)、山梅花(*Philadelphus triquetrus*)等,地面枯枝落叶层较厚,草本层发育不良,以蕨类(*Pteridium* spp.)和苔草类(*Carex* spp.)为主,覆盖度为 0.2~0.4;样地 2(原生林 2)中,红松在乔木层中仍占优势,主要伴生树种为紫椴、色木(*Acer mono*)等,郁闭度 0.8,灌木层较发达,以毛榛为主,草本层以蕨类和丛生性苔草类为主,发育良好,覆盖度 0.5~0.7,极轻度干扰;样地 3(原生林 3)的林分结构简单,乔木层发达,主要树种为红松,有少量的枫桦、紫椴树和云杉等分布,灌木层发育不良,草本层较发达,卫生清理、采松籽对此有轻度干扰。

样地 4 和样地 5 位于毗邻保护区的丽林林场境内,均为次生林,根据采伐时间的长短将次生林分成采伐时间较早的次生林 1 和近年人工栽植的次生林 2。次生林 1 靠近保护区边沿,以天然更新为主,乔木以山杨(*Populus davidiana*)、白桦(*Betula platyphylla*)为主,并有块状落叶松(*Larix gmelini*)人工林和零星老龄的红松、云杉、冷杉,多数处于未郁闭的幼林阶段,林地阳光充足,草本植物茂盛,由于靠近保护区边缘,近年来人类干扰数据样地 5(次生林 2)为落叶松人工幼林,人为干扰较重,地表草本植物有明显的人工清理痕迹。

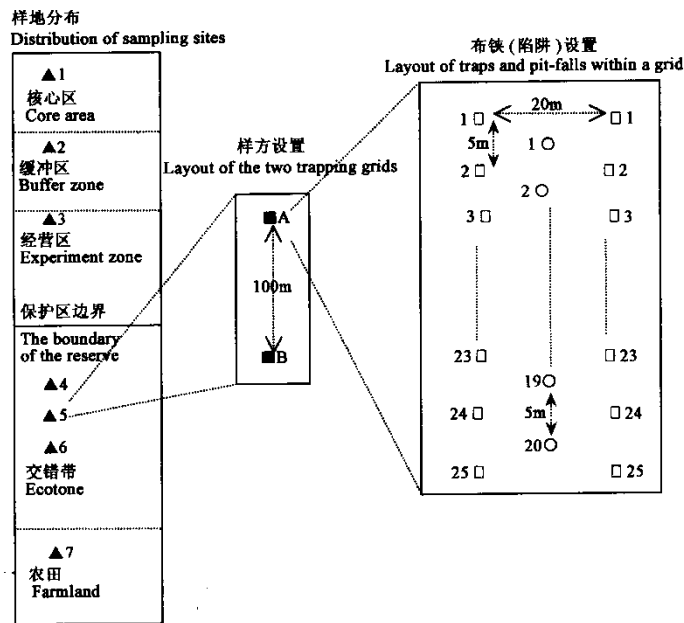


图 1 小型哺乳动物取样示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the sampling design for our study of small mammal community structure in different habitats

“■”示意在每个样地中设置 2 个捕获小型哺乳动物的样方 The solid squares show an approximate layout of the two trapping and pit-fall grids within a sampling site; “□”和“○”分别示意在每个样方中所布置的捕鼠铁和陷阱的位置 The open squares and the open circles represent traps and pit-falls, respectively, who be showed within a grid. This diagram is schematic and not to scale

1;原生林 1 Primary forest 1; 2;原生林 2 Primary forest 2; 3;原生林 3 Primary forest 3; 4;次生林 1 Secondary forest 1;5;次生林 2 Secondary forest 2;6;灌丛 Shrub;7:农田 Farmland

样地 6 为林场边缘与农田交界处的采伐迹地和撂荒地演替而成的灌丛,灌丛内还有部分近几年的弃耕地,草本植物以小叶芹 (*Aegopodium alpestre*)、水金凤 (*Impatiens noli-tangere*)、小叶樟 (*Deyeuxia angustifolia*)和宽叶山蒿 (*Artemisia stolonifera*)等为主,种类丰富。灌丛内木本植物丰富,主要分布有胡枝子 (*Lespedeza bicolor*)、毛榛、东北溲疏、山梅花、绣线菊 (*Spiraea* spp.)、笃斯 (*Vaccinium ulginosum*)、蒙古栎 (*Quercus mongolica*)矮林等。由于近几年封山育林,人为干扰明显减少。

样本 7 为靠近居民点的旱耕农田,人为干扰非常严重,农田中主要种植马铃薯、玉米、麦类和蔬菜类等,靠近水源的为较窄的草甸,草本植物丰富。

2 研究方法

本次野外取样工作于是 2000 年 7~8 月进行,此时正值小型哺乳动物食物比较丰富、活动比较活跃季节,因此取样能基本反应不同生境类型中小型哺乳动物群落的结构特征。

根据保护区自然条件、植被、地形特征及干扰程度,在核心区、缓冲区、经营区、保护边界外地带分别选择不同的生境类型,设置调查样地。每个生境类型中设置 2 块间隔 100m 的调查样方,在每个样方内选 3 条样线,样线间距约 10 m,中间 1 条样线采用陷阱法,两侧 2 条样线布铁。每条样线各置铁(小号铁铁)25 个,各铁间隔 5 m,并放置花生作诱饵,次日早晨或上午检查动物上铁情况,连捕 4d,每个样方各置 200 铁日,这样每个样地各置 400 铁日,共计 2800 铁日;陷阱法主要用于捕获 类,也可捕获一些小型鼠类动

物,样线上每隔 5 m 置 1 个圆锥形陷阱(塑料质地,高度 380mm,上口径 90mm),共布陷阱 20 个。在布陷阱时,尽量选择枯倒木边缘埋陷阱,使陷阱口缘略低于地面,并与地面紧贴,陷阱内滴入 3~5 滴含有芬芳味的洗涤剂(吸引昆虫等低等动物并增加内壁滑润性),加水至 2/3 处,以溺死捕获物,连捕 4d,每个样方各置 80 陷阱日,这样每个样地各置 160 陷阱日,共计 1120 陷阱日。对所捕获的小型哺乳动物的体形特征(体重、体长、尾长、后足长和耳长)进行测量,并记录动物的繁殖情况。然后对各个生境内小型哺乳动物的物种组成和数量进行了以下统计分析(采用了常用的 α 多样性的指数^[26]),以探讨其群落组成和数量及与栖息环境之间的相互关系及其演化趋势:

(1) 丰富度指数(Richness index) R $R = S$

(2) 多样性指数(Diversity index) H' ,采用 Shannon-Wiener 指数 $H' = -\sum P_i \ln P_i$

(3) 均匀度指数(Evenness index) J' ,采用 Pielou 均匀度指数 $J' = H' / \ln S$

(4) 优势度(Dominance index) D ,采用 Simpson 生态优势度指数 $D = \sum (P_i)^2$

以上式中, S 为物种数, $P_i = n_i/N$, n_i 为种 i 的个体数, N 为样本总个体数。

(5) 相似性指数(Similarity index) I ,采用 Whittaker 的相似性指数 $I = 1 - 0.5 (\sum |a_i - b_i|)$

式中, a_i 为物种 i 的个体数在 a 群落中的比例(%), b_i 为物种 i 的个体数在 b 群落中的比例(%)。

在每一样地内,随机设置 10 个 $1\text{m} \times 1\text{m}$ 的观测样方,测定每个样方内草本植物的覆盖度,并统计各生境类型中乔灌木的平均郁闭度(可靠性为 0.95)。

聚类分析是以相似性指数 I 作为聚类统计量,用系统聚类法中最短距离法对不同生境进行聚类;采用 t -检验法检验在同一生境类型条件下不同捕获方法捕获率差异性;以平均捕获率作为理论捕获率,采用 χ^2 检验法检验各物种在不同生境中均匀分布状况;采用 Pearson 相关分析法分析不同生境类型中草本植物覆盖度和郁闭度与小型哺乳动物多样性相关关系。所有数据分析工作均在 SPSS 10.0 软件上进行。

3 结果与分析

3.1 不同捕获方法的比较

共捕获小型哺乳动物 9 种,326 只,其中铗日法共捕获 9 种 285 只小型哺乳动物,捕获率为 10.18%,陷阱法共捕获 3 种 41 只小型哺乳动物,捕获率为 3.66%,在不同的生境中,前者的捕获率明显大于后者($t = 5.61$, $df = 12$, $P < 0.01$),且捕获的物种数也明显大于后者($t = 4.33$, $df = 12$, $P < 0.01$)。不过,由表 1 可以看出,对于体形较小、食虫的鼯鼠类,采用铗日法的捕获率却小于陷阱法。图 2 显示了根据两种方法在不同的捕获时间内所捕获新种的累加数量及平均捕获率,可以看出,原生林 1、2 和次生林 1 中 4d 捕获的物种数为一水平线,原生林 3、次生林 2 和农田生境中 2d 后不再有新种上铗(或陷阱),灌丛生境捕获 3d 后不再有新种出现,而各生境中的平均捕获率则随捕获天数呈明显的下降趋势,从而说明同时使用这两种方法在 4d 的期限中所捕获的物种数量,是能反映不同生境中小型哺乳动物物种组成和数量的变化。

3.2 物种组成及分布

所捕获的 9 种小型哺乳动物中,啮齿目(Rodentia)松鼠科(Sciuridae)1 种,田鼠亚科(Microtinae)3 种,鼠科(Muridae)4 种,食虫目(Insectivora)鼯鼠科(Soricidae)1 种。从捕获的 326 只小型哺乳动物来看,棕背鼯鼠(*Clethrionomys rufocanus*)个体数量最高,占 48.77%,是本地区最常见种,其次是黑线姬鼠(*Apodemus agrarius*) (11.96%)、大林姬鼠(*A. speciosus*) (11.04%) 和红背鼯鼠(*C. rutilus*) (10.74%) 的个体数也分别超过总数的 10%,这 4 个种构成捕获总数的 82.52%,是本地区的常见种,此外,花鼠(*Eutamias sibiricus*)、东方田鼠(*Microtus fortis*)、小家鼠(*Mus musculus*) 和普通鼯鼠(*Sorex araneus*) 各占总个体数的 3%~5%,是本地区的普通种,褐家鼠(*Rattus norvegicus*) 个体数量最小,仅占 2.15%,且仅在居民点附近捕获,是非常见种。

不同生境内小型哺乳动物的种类、数量和捕获率见表 1。由表 1 可以看出,原生林 2 和次生林 2 内捕获的个体数量最高,其次是原生林 3,农田最低,且各物种在不同生境间的捕获数量也不同,经 χ^2 检验发现,9 个所捕获物种在不同生境间呈现出明显的不均匀分布(表 1)。棕背鼯鼠的分布范围虽然最宽,但主要分布于有林地生境中,农田生境中仅偶尔会捕获到少量个体,捕获率仅为 0.50%,而其在有林地中的分布又以人

表 1 不同生境下小型哺乳动物捕获数量和捕获率

Table 1 Number of captured individuals and trapping success of small mammals in different habitats																
种类 Species	原生林 1 Primary forest 1		原生林 2 Primary forest 2		原生林 3 Primary forest 3		次生林 1 Secondary forest 1		次生林 2 Secondary forest 2		灌 丛 Shrub		农 田 Farmland		合计 Total	
	数量 ^①	捕获率 ^⑫ (%)	数量	捕获率 (%)	数量	捕获率 (%)	数量	捕获率 (%)	数量	捕获率 (%)	数量	捕获率 (%)	数量	捕获率 (%)		
棕 背 ①	19+5 ^a	4.75+3.13 ^b	24+4	6.00+2.50	25+6	6.25+3.75	18+5	4.50+3.13	33+3	8.25+1.88	15+0	3.75+0.00	2+0	0.50+0.00	159 * * ^c	
红 背 ②	7+1	1.75+0.63	10+3	2.50+1.88	6+2	1.50+1.25	5+1	1.25+0.63							35 * *	
大林姬鼠 ③	4+0	1.00+0.00	9+0	2.25+0.00	8+0	2.00+0.00	9+0	2.25+0.00	4+0	1.00+0.00	2+0	0.50+0.00			36 *	
黑线姬鼠 ④							5+0	1.25+0.00	7+0	1.75+0.00	11+0	2.75+0.00	16+0	4.00+0.00	39 * *	
花鼠 ⑤					1+0	0.25+0.00	4+0	1.00+0.00	6+0	1.50+0.00	3+0	0.75+0.00			14 *	
东方田鼠 ⑥											7+0	1.75+0.00	4+0	1.00+0.00	11 * *	
褐家鼠 ⑦											1+0	0.25+0.00	6+0	1.50+0.00	7 * *	
小家鼠 ⑧									1+0	0.25+0.00	3+0	0.75+0.00	8+0	2.00+0.00	12 * *	
普 通 ⑨	2+4	0.50+2.50	0+4	0+2.50	0+1	0.00+0.63					0+2	0.00+1.25			13 * *	
合计 ⑩	32+10	8.00+6.26	43+11	10.75+6.88	40+9	10.00+5.63	41+6	10.25+3.76	51+3	12.75+1.88	42+2	10.50+1.25	36+0	9.00+0.00	326	

a: 陷阱捕获的数量 Captured by pit-fall; b: 陷阱捕获率 Trapping success by pit-fall;c: 利用 χ^2 检验检验各物种在不同生境类型里的均匀分布 Evenly distribution of species among different habitats are tested by χ^2 test; * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; *** $P < 0.001$; ①*Clethrionomys rufocanus* ②*C. rutilus* ③*Apodemus speciosus* ④*A. agrarius* ⑤*Eutamias sibiricus* ⑥*Microtus fortis* ⑦*Rattus norvegicus* ⑧*Mus musculus* ⑨*Sorex araneus* ⑩Total ⑪No. ⑫Trapping success

为干扰相对较大的次生林 2 生境中捕获率最高,其次,是有轻度人为干扰的原生林 3 生境,灌丛生境中的捕获率最低;大林姬鼠的分布范围也较宽,7 种生境类型中,除农田生境外,均有分布,但尤以原生林 2 和次生林 1 内的数量最高,灌丛生境内的数量则最低;其它种类的分布范围相对较窄,红背、普通主要分布于原生林生境内,花鼠主要分布于次生林和灌丛生境内,在保护区边缘的原生林 3 内也有少量分布,黑线姬鼠、东方田鼠、褐家鼠和小家鼠主要分布于农田和与之相邻的灌丛生境内,也有少量的黑线姬鼠和小家鼠分布范围扩大到次生林生境内。这些物种在不同生境中的分布,反映了物种对生境的选择及其特异性。

3.3 小型哺乳动物群落的多样性指数

根据不同生境数据捕获的小型哺乳动物的种类和个体数量,分别计算了群落多样性指数、均匀度指数和

表 2 不同生境下小型哺乳动物的群落多样性特征
Table 2 Characteristic of community diversity of small mammals in different habitats

生境 Habitat	物种数 Num. of species	物种多样性 指数 Species index (H')	均匀度 Evenness (J')	优势度 Dominance (D)
原生林 1 ^①	4	1.1376	0.8206	0.3923
原生林 2 ^②	4	1.1749	0.8475	0.3601
原生林 3 ^③	5	1.0404	0.6464	0.4545
次生林 1 ^④	5	1.3772	0.8557	0.3111
次生林 2 ^⑤	5	1.0459	0.6499	0.4795
灌 丛 ^⑥	8	1.7394	0.8365	0.2180
农 田 ^⑦	5	1.3981	0.8687	0.2901

① Primary forest 1 ② Primary forest 2 ③ Primary forest 3 ④ Secondary forest 1 ⑤ Secondary forest 2 ⑥Shrub ⑦Farmland

优势度指数等,结果见表 2。

由表 2 可知,灌丛的多样性指数最大(1.7394),其次为农田(1.3981)和次生林 1(1.3772),但灌丛生境内物种分布的均匀度(0.8365)却小于农田(0.8687)和次生林 1(0.8557),原生林 3 和次生林 2 的多样性指数和均匀度指数均最低,分别为 1.0404 和 0.6464 及 1.0459 和 0.6499,但其优势度最高(分别为 0.4545 和 0.4795)。由表 2 还可以看出,除次生林 2 外,原生林内的多样性指数和均匀度指数要小于保护区外受人为干扰较大各生境类型,分析不同生境类型中小型哺乳动物物种多样性指数与树木郁闭度和地面草本植物覆盖度的关系还发现,多样性指数与郁闭度的相关关系不显著($r = -0.4690$, $df = 6$, $P = 0.288$),而与覆盖度的相关关系显著($r = 0.8663$, $df = 6$, $P = 0.011$)(图 3,4)。

3.4 小型哺乳动物群落相似性与聚类分析

不同生境下小型哺乳动物的群落相似性指数见表 3。并根据表 3 的数据,对 7 个生境的小型哺乳动物群落进行了系统聚类分析,得到聚类图(见图 5)。由表 3 可以看出,原生林 1 和原生林 2 之间小型哺乳动物种类的相似性较高,为 0.8783,在聚类上首先相聚,并与原生林 3 在 0.8141 处聚为一类;2 个次生林的物种相似性指数为 0.7550,聚在一起,并与原生林在 0.4015 聚为一类;灌丛和农田的相似性指数为 0.6027,聚在一起,并在 0.0631 处与(原生林 1+原生林 2+原生林 3)+(次生林 1+次生林 2)最后聚在一起。至此,7 个不同的生境全部聚合在一起。显然,从图 5 还可以看出,在相似性指数大于 0.6 的水平,将所有的生境被聚类为 3 组,即原生林组(原生林 1、原生林 2 和原生林 3)、次生林组(次生林 1 和次生林 2)和农田组(灌丛和农田),这表明组内各生境间小型哺乳动物成分的相似性和组间的明显差异,因此,可将这 7 个生境的小型哺乳动物群落大致划分成 3 种群落型,即原生林群落、次生林群落和农田群落。

表 3 不同生境下小型哺乳动物群落相似性比较

Table 3 Comparison of similarity index (<i>I</i>) of small mammals communities in different habitats							
生境 Habitat	原生林 1 Primary forest 1	原生林 2 Primary forest 2	原生林 3 Primary forest 3	次生林 1 Secondary forest 1	次生林 2 Secondary forest 2	灌 丛 Shrub	农 田 Farmland
原生林 1 Primary forest 1	—						
原生林 2 Primary forest 2	0.8783	—					
原生林 3 Primary forest 3	0.8503	0.8655	—				
次生林 1 Secondary forest 1	0.7123	0.7838	0.8007	—			
次生林 2 Secondary forest 2	0.6455	0.5926	0.7272	0.7550	—		
灌 丛 Shrub	0.4462	0.4319	0.4271	0.5076	0.5609	—	
农 田 Farmland	0.0556	0.0556	0.0555	0.1620	0.2037	0.6027	—

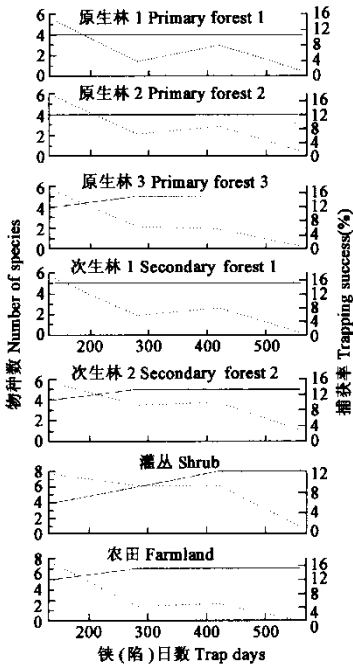


图 2 不同生境下小型哺乳动物日累计捕获种类数量(实线)和日捕获率(虚线)
Fig. 2 Cumulative number of new species captured (line graph with solid) and trapping success of each day (line graph with dot) in small mammals in different habitat

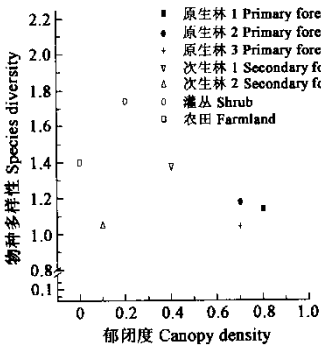


图 3 不同生境类型中生物多样性与郁闭度的关系
Fig. 3 The relationship between species diversity and canopy density in different habitats

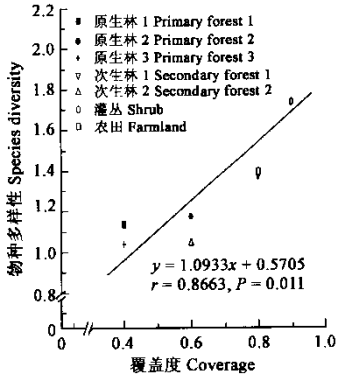


图 4 不同生境类型中生物多样性与覆盖度的关系
Fig. 4 The correlative relationship between species diversity and coverage in different habitats

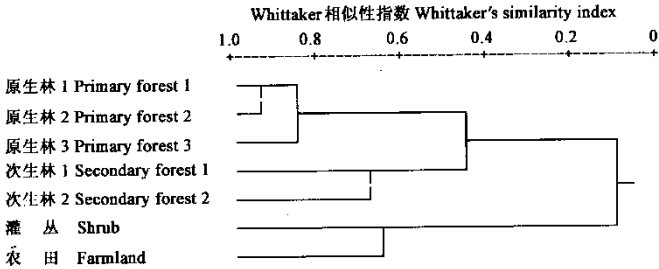


图 5 不同生境下小型哺乳动物群落的 Whittaker 相似性指数聚类图

Fig. 5 The cluster dendrogram of Whittaker's similarity index of communities of small mammals in different habitats

4 讨论

此次调查看出,研究地区小型哺乳动物中常见种主要是棕背、大林姬鼠、红背和黑线姬鼠,其中棕背的优势地位更为突出,分布范围也最广泛。这几种物种中,黑线姬鼠主要分布于农田生境,但也有些扩散到受人为干扰较大的次生林生境内,其它种类主要分布于森林生境中,而红背则仅分布于原生林或接近原生林边缘的次生林内,这与夏武平等^[21]和夏武平^[22,23]的研究结果相似,但大林姬鼠的优势种地位则明显次于上次的研究结论,这可能与两次研究调查样地上的植物群落演替、调查季节及人为干扰程度不同相关。不同的物种因为对栖息环境的适应性的差异,作出的反应也不相同。大林姬鼠主要是喜食种子的鼠类,本次调查的次生林内成龄的针叶林很少,种子产量较低,即使是原生林也由于人为偷摘红松种子现象十分严重,致使地面洒落的种子很少,从而减少了大林姬鼠食物资源,而夏季不同生境类型中喜食的草本植物相对丰富,加之棕背适应性较强,因此种群数量较大,成为主要的优势种。

生境类型及其结构是小型哺乳动物赖以生存和成功繁殖的基础。在不同的生境梯度中,由于微气候、风、光照等物理因素及人为干扰的影响,植物组成和植被结构也将发生相应变化,从而直接或间接引起隐蔽度、食物丰盛度等生物因子的差异,而这些因素的单个或综合作用将直接影响到小型哺乳动物对不同生境内微环境的选择性,从而产生不同生境梯度内动物物种组成和多样性的差异。如 Sullivan, Lautenschlager^[27]和 Sullivan & Sullivan^[28]在研究北美寒温带不同林龄梯度的针叶林内小型哺乳动物群落结构特征时发现其物种多样性随植被演替类型而变化,幼龄林内小型哺乳动物物种的多样性

指数明显大于老龄林, Frauke, Ola & Dieke^[29]在北欧寒温带针叶林内研究小型哺乳动物种群动态与植物群落演替的关系时,也得出到类似的结果,在我国东北林区,不同采伐迹地上小型哺乳动物的物种组成和数量也随采伐时间和植物演替阶段而变化^[21~23]。不过,这种变化趋势又随研究地区和不同的研究对象而异,如 Saitoh & Nakatsu^[30]认为栖息于日本北部老龄林的或自然更新的植物群落中的小型啮齿动物对比幼龄林或人工更新的森林却拥有较高的物种多样性,而 August^[31]在研究湿季热带雨林至稀树草原不同生境梯度类型中哺乳动物群落结构与生境异质性关系时,认为生境植被类型的变化对小型哺乳动物物种组成的影响并不明显,但 Williams, Marsh & Winter^[32]认为, August 之所以得出相反的结论是由于他没有考虑湿季充沛的雨水减小了热带雨林至稀树草原生境之间草本植物群落之间的差异性,因为,对于大多数小型哺乳动物来说,夏季草本植物是植食性动物的主要食物资源,也是食虫类动物的间接食物资源,因此,对于地面活动的小型哺乳动物来说,地面草本植物的覆盖度和丰富度对其物种组成和群落结构影响较大,不同生境类型中小型哺乳动物物种多样性指数与地面草本植物覆盖度呈显著的相关性关系。本次研究也得出了相同的结论。此外, Williams, Marsh & Winter^[32]还认为 August 的结论还可能与他的调查面积空间尺度较大和单一的捕获方法相关。

本研究结果表明,不同生境梯度内小型哺乳动物的物种组成、丰富度、多样性指数、均匀度和优势度均存在一定的差异,生境类型决定了小型哺乳动物物种的多样性分布。这可能与不同的生境梯度下环境异质性有关。在原生林生境内,植物类型主要是针阔混交林,林木高大,是当地气候条件中及群落演替中最稳定的顶级群落^[20],林内光照少,湿度大,地表覆盖层厚,是具有一定调节能力的环境,适合森林类型鼠类和食虫类生存繁衍,因此,3个原生林生境内的物种组成相似,有较高的相似性系数,在聚类图上也最先聚在一起。不过,相对其它2个原生林生境来说,原生林3由于位于经营区的红松母树林内,受人为干扰较大(主要为卫生清理、旅游等),灌木被人工清理后,虽然地表草本层丰富,动物物种丰富度较大,但林分分层现象相对较差,林内空旷,隐蔽条件较差,小型哺乳动物更易被天敌捕获,因此,物种多样性指数却小于其它二个原生林生境,此外,物种单一化加剧,优势现象(优势度为0.4545)明显(如棕背鼯种群数量占群落物种组成比的63%以上)。次生林1生境中的林木采伐时间较早,植被恢复较好,又是保护区与林场的过渡地带,近年来干扰有所较少,其小型哺乳动物的物种组成除黑线姬鼠侵入和普通鼯鼠消失外,基本上与原生林生境较相似,但食物和隐蔽条件较好,因此物种多样性较大。次生林2为人工幼龄林,受人为干扰较大,一些黑线姬鼠和小家鼠开始侵入,但由于灌丛和许多高大草本植物被人为刈除,使得该生境内的食物和隐蔽条件较差,小型哺乳动物物种多样性比较保护区外其它生境也最小(仅为1.0459),优势度最大(0.4795),这是因为夏季地面萌发的许多幼嫩的当年生草本植物为棕背鼯提供丰富的食物资源,由于棕背鼯具有季节性迁徙的特性^[9, 22, 23],使该生境中棕背鼯成为主要优势种(物种构成为66.67%)。灌丛生境处在退耕区,植被处于恢复阶段,环境变异大,地面杂草丛生,食物资源丰富,并生长着较多的低矮灌丛和萌生丛,隐蔽条件得到改善,加之位于森林和农田的交错地带,边缘效应明显,森林型鼠类和农田型鼠类均在此出没,因此在所有生境类型中,其物种多样性指数最高。在所选择的7种生境类型中,虽然总体上农田受人类的干扰最为严重,但夏季作物处于生长季节,季节性人为干扰相对减少,加之农田生境内夏季农作物生长茂盛,因此,鼠类食物的质量和数量明显高于原生林和次生林生境类型,并且,茂密的农作物也增加了小型哺乳动物的隐蔽度,鼠类的季节性迁徙使得农田生境拥有较高的物种多样性。Caro^[33]和 Jeffrey^[34]在比较森林和农田间小型哺乳动物群落结构关系的研究中,也发现森林被采伐耕作农田后,小型哺乳动物的多样性和生物量都比森林内高,其原因除食物、隐蔽和农田基底比较疏松便于鼠类挖掘洞穴外,农田中食肉动物的减少也是造成这一现象的主要原因之一。

本文结果还表明,小型哺乳动物物种多样性最高的生境不是最稳定的原生林生境,而是正在进行恢复的灌丛生境类型。生境异质假说^[35](Habitat-heterogeneity hypothesis)认为干扰并非只能消减物种多样性,小规模的中等程度频率的干扰将有助于丰富物种多样性。本研究中,灌丛生境类型处于退耕还林和封山育林的生态恢复期,但由于位于边缘地带,一直存在偷伐薪柴和放牧等小规模干扰,物种多样性和均匀度比较高,而无人干扰的原生林生境内由于郁闭度较高,湿度大,地表植被稀疏而不利小型哺乳动物生存,

所以物种丰富度和多样性都很低。Sullivan, Sullivan & Lindgren^[12]在比较花旗松(*Pseudotsuga menziesii*)造林地内小型哺乳动物多样性时也发现在不同更新阶段增加适当的人为干扰将有效地提高林地内动物物种多样性和均匀度。因此,探讨采用适当的人为干扰措施,结合当前天然林保护工程和封山育林政策,改变单一的造林树种和增加异龄林分布格局,将有助于提高东北林区小型哺乳动物生物多样性,抑制单个物种种群爆而对幼苗造成的危害,同时也促进了森林中小型哺乳动物对种子的传布和在森林更新中的作用。

References:

- [1] Happold D C D, Happold M. Small mammals in pine plantations and natural habitats on Zomba Plateau, Malawi. *Journal of Applied Ecology*, 1987, **24**: 353~367.
- [2] Green G M, Sussman R W. Deforestation history of the eastern rainforests of Madagascar. *Science*, 1990, **248**: 212~215.
- [3] Schmid-Holmes S, Drickamer L C. Impact of forest patch characteristic on small mammal communities: a multivariate approach. *Biological Conservation*, 2001, **99**: 293~305.
- [4] Rosenberg D K, Anthony R G. Differences in Townsend's chipmunk populations between second- and old-growth forests in western Oregon. *Journal of Wildlife Management*, 1993, **57**: 365~373.
- [5] Kattan G H, Alvarez-Lopez H and Giraldo M. Forest fragmentation and bird extinctions: San Antonio eighty years later. *Conservation Biology*, 1994, **8**: 138~146.
- [6] Carey A B, Johnson M L. Small mammals in managed, naturally young, and old-growth forests. *Ecological Applications*, 1995, **5**: 336~352.
- [7] Schmiegelow F K A, Machtans C S and Hannon S J. Are boreal birds resilient to forest fragmentation? An experimental study of short-term community responses. *Ecology*, 1997, **78**: 1914~1932.
- [8] Jeffrey S M. Rodent ecology and land use in western Ghana. *Journal of Applied Ecology*, 1977, **14**: 741~755.
- [9] Martell A M. Changes in small mammal communities after logging in north-central Ontario. *Canada Journal of Zoology*, 1983, **61**: 970~980.
- [10] Andren H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*, 1994, **71**: 355~366.
- [11] Saunders D A, Hobbs R J, Margules C R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation Biology*, 1991, **5**: 18~32.
- [12] Sullivan T P, Sullivan D S, Lindgren P M. Small mammals and stand structure in young pine, seed-tree, and old-growth forest, southwest Canada. *Ecological Applications*, 2000, **10**: 1367~1383.
- [13] Zhang Z B. The function of small mammals in ecosystems. In: Qian Y Q and Ma K P ed. Principles and Methodologies of Biodiversity Studies. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1994. 210~216.
- [14] Zhang Z B, Wang F S. Effect of rodent predation on seedling survival and recruitment of wild apricot. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(11): 1761~1768.
- [15] Ban Y, Xu H C. Experimental studies on fate of *Larix gmelini* seeds in the soil in old-growth larch stands. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, **16** (5): 541~547.
- [16] Hutchins H E, Hutchins S A, Liu Bo-wen. The role of birds and mammals in Korean pine (*Pinus koraiensis*) regeneration dynamics. *Oecologia*, 1996, **107**: 120~130.
- [17] Vander Wall S B. Dispersal of singleleaf pinon pine (*Pinus monophylla*) by seed-caching rodents. *Journal of Mammalogy*, 1997, **78**: 181~191.
- [18] Mace G M, Harvey P H. Energetic constraints on home range size. *American Naturalist*, 1983, **121**: 120~132.
- [19] Xiao Z S, Wang Y S, Zhang Z B, et al. Preliminary studies on the relationships between communities of small mammals and habitat types in Duijiangyan region, Sichuan. *Biodiversity Science*, 2002, **10** (2): 163~169.
- [20] Zhou Y L. Vegetation of Xiao Xing'an Ling in China. Beijing: Science Press, 1994. 248~269.
- [21] Xia 万方数据 Preliminary studies on the type of the old cut-over land and the fauna of rodents. *Acta Zoologica Sinica*, 1957, **9** (4): 283~290.

[22] Xia W P. On the changing tendencies of the rodent population in the recent cut-over land at Dailing, northeast China. *Acta Zoologica Sinica*, 1958, **10** (4): 431~437.

[23] Xia W P, Zhu S K. A supplementary study on the changing tendencies of the rodent population in the recent cut-over land at Dailing, northeastern China. *Acta Zoologica Sinica*, 1963, **15** (4): 537~543.

[24] Shu F M. Numbers of *Clethrionomys rufocanus* under different forest canopy densities, and their significance on young forest protection. *Acta Theriologica Sinica*, 1981, **1** (1): 45~50.

[25] Shu F M. On the number of the *Clethrionomys rufocanus* on different slopes and its meaning in rodent pest prevention for young forests. *Acta Theriologica Sinica*, 1985, **5** (4): 263~267.

[26] Ma K P, Huang J H, Yu S L, *et al.* Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing, China Ⅱ. Species richness, evenness and species diversities. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, **15** (3): 268~277.

[27] Sullivan T P, Lautenschlager R A, Wagner R G. Clearcutting and burning of northern spruce-fir forests: implications for small mammal communities. *Journal of Applied Ecology*, 1999, **36**: 327~344.

[28] Sullivan T P, Sullivan D S. Influence of variable retention harvests on forest ecosystems. Ⅱ. Diversity and population dynamics of small mammals. *Journal of Applied Ecology*, 2001, **38**: 1234~1252.

[29] Frauke E, Ola L, Dieke S. Population dynamics of small mammals in relation to forest age and structural habitat factors in northern Sweden. *Journal of Applied Ecology*, 2002, **39**: 781~792.

[30] Saitoh T, Nakatsu A. The impact of forestry on the small rodent community of Hokkaido, Japan. *Mammal Study*, 1997, **22**: 27~38.

[31] August P V. The role of habitat complexity and heterogeneity in structuring tropical mammal communities. *Ecology*, 1983, **64**: 1495~1507.

[32] Williams S E, Marsh H, Winter J. Spatial scale, species diversity, and habitat structure: small mammals in Australian tropical rain forest. *Ecology*, 2002, **83**: 1317~1329.

[33] Caro T M. Species richness and abundance of small mammals in inside and outside an African national park. *Biological Conservation*, 2001, **98**: 251~257.

[34] Jeffrey S M. rodent ecology and land use in western Ghana. *Journal of Applied Ecology*, 1977, **14**: 741~755.

[35] Cramer M J, Willig M R. Habitat heterogeneity, habitat associations, and rodent species diversity in a sand-shinnery-oak landscape. *Journal of Mammalogy*, 2002, **83**: 743~753.

参考文献:

[13] 张知彬. 小型哺乳动物在生态系统中的作用. 见: 钱迎倩, 马克平主编. 生物多样性研究的原理与方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 210~216.

[14] 张知彬, 王福生. 鼠类对山杏种子存活和萌发的影响. 生态学报, 2001, **21**(11): 1761~1768.

[15] 班勇, 徐化成. 原始老龄林内兴安落叶松种子命运的试验研究. 生态学报, 1996, **16**(5): 541~547.

[19] 肖治术, 王玉山, 张知彬, 等. 都江堰地区小型哺乳动物群落与生境类型关系的初步研究. 生物多样性, 2002, **10** (2): 163~169.

[20] 周以良. 中国小兴安岭植被. 北京: 科学出版社, 1994. 248~269.

[21] 夏武平, 李清涛. 东北老采伐迹地的类型及鼠类区系的初步研究. 动物学报, 1957, **9** (4): 283~290.

[22] 夏武平. 带岭林区采伐后短期内鼠类数量变动的趋势. 动物学报, 1958, **10** (4): 431~437.

[23] 夏武平, 朱盛侃. 带岭林区森林采伐后短期内鼠类数量变动趋势的补充研究. 动物学报, 1963, **15** (4): 537~543.

[24] 舒凤梅. 棕背在不同郁闭度林地下的数量及对预防幼林鼠害的意义. 兽类学报, 1981, **1** (1): 45~50.

[25] 舒凤梅. 棕背在不同坡度林地的数量及预防幼林鼠害的意义. 兽类学报, 1985, **5** (4): 263~267.

[26] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 Ⅱ. 丰富度、均匀度和物种多样性指数. 生态学报, 1995, **15** (3): 268~277.