

张常智 张明海. 黑龙江省东完达山地区东北虎猎物种群现状及动态趋势. 生态学报 2011 31(21):6481-6487.

Zhang C Z, Zhang M H. Population status and dynamic trends of Amur tiger's prey in Eastern Wandashan Mountain, Heilongjiang Province. Acta Ecologica Sinica 2011 31(21):6481-6487.

## 黑龙江省东完达山地区东北虎猎物种群 现状及动态趋势

张常智, 张明海\*

(东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040)

**摘要:** 猎物种群丰度是限制虎分布和数量的关键因子, 因此猎物种群密度监测和估算是虎保护的重要内容之一。应用采用大样方法、地理信息系统技术和多元统计分析, 研究了黑龙江东完达山东部地区东北虎猎物种群(马鹿、狍子和野猪) 现状及动态变化趋势。结果表明: 研究地区马鹿的种群平均密度为(0.2010±0.0270) 只/km<sup>2</sup>、狍子的平均种群密度为(0.4980±0.0436) 只/km<sup>2</sup>、野猪的平均种群密度为(0.3423±0.0275) 只/km<sup>2</sup>。单因素方差分析表明, 在相同生境下, 3种有蹄类密度在阔叶混交林中和杂木林中差异极为显著; 不同的生境, 3种猎物的猎物的密度也存在着显著差异。相关分析表明马鹿密度和野猪密度程正相关, 而马鹿密度和狍子密度、狍子密度和野猪密度则不相关。同1989年该地区东北虎猎物种群相比: 1989—2002年的13a时间内马鹿的年平均递减率为13.48%、狍子的年平均递减率为12.69%、野猪的年平均递减率为1.89%。

**关键词:** 东北虎; 马鹿; 狍子; 野猪; 种群密度

## Population status and dynamic trends of Amur tiger's prey in Eastern Wandashan Mountain, Heilongjiang Province

ZHANG Changzhi, ZHANG Minghai\*

College of Wildlife Resource, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

**Abstract:** Ungulate depletion is a major factor driving the current decline of wild Amur tiger *Panthera tigris altaica*. To conserve this globally threatened species, we should monitor their prey densities timely. It is often desirable to estimate absolute densities of prey population across large areas for effective tiger conservation and management. However, determining absolute density is complex and often controversial. Ungulate are notoriously hard to completely or partially survey using direct counts in Northeast China for rare sightings, poor visibility in dense forests, manpower and budget limit and surveyor must rely on indirect snow signs. For this reason, the line transect methods often are used to census ungulate density in winter. Several indirect sampling methods of them have been proved to be cost-effective, repeatable and objective, but other indirect counting methods are frequently unreliable and usually require independent calibration or confirmation.

On the basis of the stratification sampling principle, from January, 2002 to March 2004, the population density status and dynamic trends of three main Amur tiger's prey species (i. e., wild boar (*Sus scrofa*), red deer (*Cervus elaphus*) and roe deer (*Capreolus pygargus*)) were investigated as a prey baseline data for tiger conservation in eastern Wanda Mountains, one of the main Amur tiger population distribution regions in northeastern China, by using Sample Plot Method recommend by experts from America, Russia and China. This survey method was conducted as followings: During a single

基金项目: 美国内政部鱼和野生动物管理局老虎与犀牛保护基金(98210-G-191)

收稿日期: 2010-08-26; 修订日期: 2011-05-10

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangminghai2004@126.com

day, 5 teams of fieldworkers simultaneously walked 5 parallel transects, the length of each transects is at least 5 km and the interval transects is about 500 m, within one plot to provide complete coverage. Together, we surveyed 53 pots with the total sampling areas was 557.7 km<sup>2</sup> which occupied 10.34% of the total study area (5392.65 km<sup>2</sup>) and 265 transect with total survey effort about 1325 km. Our results suggested that the highest mean population density of the three preys of Amur tiger is that of roe deer ((0.4980 ± 0.0436) individuals /km<sup>2</sup>); Second is that of wild boar ((0.3423 ± 0.0275) individuals/km<sup>2</sup>); The lowest is that of red deer ((0.2010 ± 0.0270) individuals /km<sup>2</sup>). Using one-way ANOVA, we demonstrated that the density of each ungulate species is significant different in the mixed broadleaf stand, shrubs and shaw stands. There were also significant differences in the density of three ungulate species in different habitats. Spearman Rank correlation showed that the positive correlation between the population density of red deer and wild boar existed. The mean annual decreasing ratio of red deer, rod deer and wild boar was 13.48%, 12.69% and 1.89%, respectively in this region from 1989 to 2002. Prey scarcity affects Amur tiger by decreasing the proportion of productive females, delaying the age of first reproduction, reducing litter size, increasing offspring and adult mortalities, expanding home ranges, intensifying movements and increasing the numbers of transients and dispersing individuals. Thus, recovery and effective management of ungulate populations is a prerequisite to tiger conservation in eastern Wanda Mountains. The larger decline of main prey of Amur tiger can most likely be attributed to intensive poaching that occurred and still occurred throughout the eastern Wanda Mountains. Future conservation measures should stop this.

**Key Words:** Amur tiger (*Panthera tigris altaica*); Red deer (*Cervus elaphus*); Roe deer (*Capreolus pygargus*); Wild boar (*Sus scrofa*); population density

东北虎 (*Panther tigris altaica*) 是世界上最濒危的野生物种之一。目前在俄罗斯境内有 431—529 头野生东北虎<sup>[1]</sup>, 而在中国境内的野生东北虎则不足 20 头<sup>[2-3]</sup>, 且多是穿越于中俄边境地区的游荡个体, 濒临灭亡<sup>[4]</sup>。

在自然界中, 捕食者种群和被食者种群的相互关系很复杂, 很难用一个简单的数学模型加以概括。从营养等级的角度看, 上行控制理论认为所有营养级都受其食物资源的多少所限制, 下级营养级能够决定上一营养级的种群分布和数量<sup>[5]</sup>。早期的研究<sup>[6-8]</sup> 定量的描绘了老虎及其猎物密度的正相关关系, Karanth 等<sup>[9]</sup> 定量的证明了这种正相关关系, 不同体型等级猎物相对密度是决定老虎等大型捕食者相对密度的关键决定因子<sup>[9-11]</sup>。通过对印度 Mudanthurial 和 Mudumalai 这两个老虎保护区虎、豹粪便学比较研究, Uma 等<sup>[12]</sup> 认为 Mudanthurial 保护区中低密度的有蹄类可能是此保护区老虎种群减少的原因。大量研究表明, 猎物种群的丰度是限制虎分布和数量的关键因子, 是界定东北虎生境的关键参数<sup>[13]</sup>, 有蹄类贫乏是虎生存的主要威胁之一。因此, 有蹄类种群数量的恢复及对其有效的管理是保护虎的前提条件<sup>[1, 2, 14-15]</sup>。

弄清野生有蹄类的数量是了解其种群结构和动态的基础, 也是科学管理和合理利用的前提。由于有蹄类行动隐秘, 分布范围宽阔, 环境复杂。国内对野外有蹄类数量研究较少<sup>[16-19]</sup>。东完达山是黑龙江省东北虎最具增长潜力的地区, 1999 年黑龙江省野生东北虎数量调查该地区东北虎数量为 2—4 只<sup>[3]</sup>, 其保护迫在眉睫。基于此, 于 2002—2004 年冬季开展了黑龙江省完达山地区东北虎主要猎物种群密度调查, 旨在获取了中国完达山地区东部林区东北虎猎物种群的数量和密度分布信息资料, 并对其进行了动态趋势的研究和预测分析, 以为保护东北虎的栖息生境和猎物种群提恢复供了科学依据。

## 1 研究地区概况

研究地区位于黑龙江省完达山地区东部的东方红和迎春林业两个林区, 基本包括整个完达山东部林区。地理坐标范围: 东经 132°22′—134°05′, 北纬 45°50′—47°15′, 全区总面积 6905.01 km<sup>2</sup> (图 1)。完达山主脉略呈东北至西南走向, 贯穿整个研究地区。平均坡度在 10—15°, 海拔高度一般在 300—500 m。该地区属寒温带, 受季风影响强烈, 冬季漫长, 无霜期仅 120 d 左右, 年平均 1.4—2.2°C, 夏季最高气温可达 34.6°C, 冬季最

低气温 $-34.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。该区的植被以红松(*Pinus koraiensis*)、落叶松(*Larix olgensis*)、云杉(*Picea asperata*)、山杨(*Populus davidiana*)、白桦(*Betula platyphylla*)、黄蘗(*Phellodendron amurense*)等树种为主。区内栖息着猞猁(*Lynx lynx*)、棕熊(*Ursus arctos*)、黑熊(*Selenarctos thibetanus*)、紫貂(*Martes zibellina*)、东北虎(*Panthera tigris*)及其主要猎物马鹿(*Cervus elaphus*)、野猪(*Sus scrofa*)、狍(*Capreolus capreolus*)等大型哺乳动物。

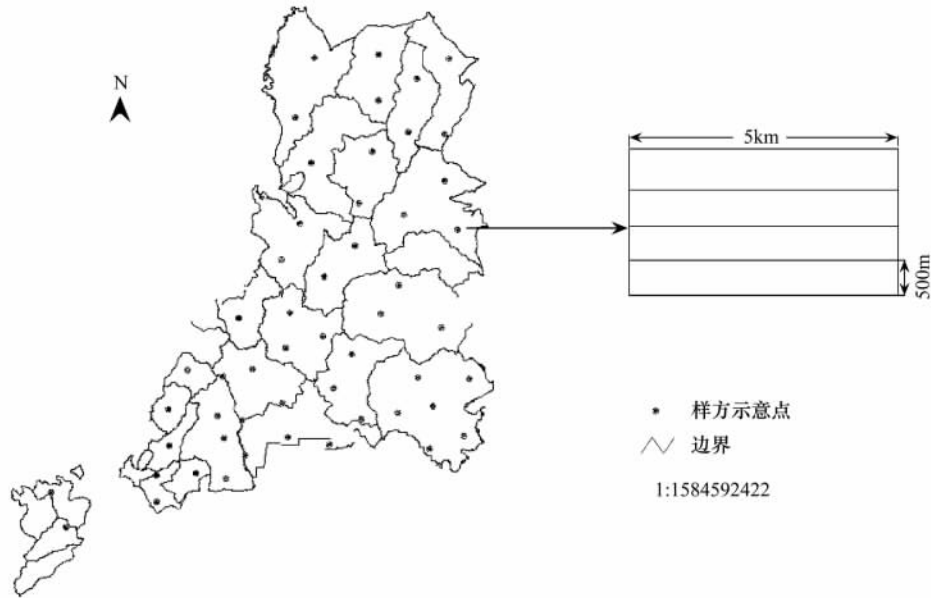


图1 研究地区及调查样方 样线设计示意图

Fig.1 Map of Eastern Wandashan Mountains and location of field sample

## 2 研究方法

在东方红林业局与迎春林业局的林区根据东北虎活动的相关信息,划定一个面积约为 $5000\text{ km}^2$ 的区域,并确定明确的调查边界。应用中、美、俄3国专家通过探讨而达成一致意见的东亚地区有蹄类(东北虎主要猎物种群)大样方分层抽样法进行有蹄类密度调查。

### 2.1 样方和样线布设

在划定的区域现有林相图基础上,根据完达山地区的林分组成,结合东北虎主要猎物生境类型,把调查区划分为针阔混交林(包括针叶林)、阔叶混交林(杨桦林、水曲柳林、柞树林、椴树林等)、杂木林(皆伐迹地、火烧迹地、草甸、灌丛等)3层。并于2002年1月到2004年3月,在研究地区,据按比例分配法分层抽样<sup>[20]</sup>,在各层随机布设样方,结合可操作性、典型性、代表性的原则,共调查53个样方(包括1个实验样方,2个补充样方),抽样面积占调查总面积到达10%以上。每个调查样方由5条相距约500m,长约5km的样线组成(图1)。

### 2.2 野外数据的获取

调查期间每天07:00出发,15:30结束,调查过程中,样方中的5条样线同时同向直行。每条样线由2—3人负责,由当地向导和野外调查专业人员组成。每条样线调查过程中需记录的主要内容有:1)用GPS定位调查样线并标在1:10万的地形图上,以确定每条样线的长度。2)记录穿过样线的有蹄类(马鹿、狍、野猪)足迹链数量,确定对应的物种,记录每条足迹链穿越样线的方向,用GPS记录坐标,同时在地图上做好相应记录。本次有蹄类种群数量计算主要依据足迹链,其他的信息如粪便、卧迹等只作为参考。3)记录观察到的每条穿过样线足迹链的时间。4)确定足迹链的新鲜程度(最近的24h或更短时间内,陈旧的)。

### 2.3 内业数据处理

假定调查前24h内有蹄类种群的大小不变,基于被调查动物24h内的新鲜足迹链的数量与方向,应用

以下评估标准可以根据调查线路确定每个多边形样方内的动物数量: 1) 足迹大小和足迹间距(前足迹到后足迹的距离) 是否存在差异; 2) 一个物种中多个个体横穿线路的足迹链间相隔彼此在 30 m 以内, 应被认为是一群动物。如果遇到一动物群留下的足迹链时, 则根据动物群个体分开时的足迹链条数计算该群的个体数量; 3) 为了避免重复记录同一个体, 应根据地形图上样方中样线上足迹链的方向结合上述的个体识别综合判定, 譬如发现某一足迹链同向横向穿过多条样线时, 将视为同一个体留下的足迹。

每个生境类型动物密度由该生境类型所有样方内的动物数量和实际调查面积(外层的线路形成多边形外部边界) 确定, 然后将各层的数据合并处理, 计算得出得到整个研究区域内东北虎主要猎物密度。

1) 由样方内某种有蹄类数量评估结果与样方面积, 可得到样方内某种有蹄类密度, 并进一步推算出各层密度均值。计算公式如下:

$$\text{样方某种有蹄类密度: } d_i = \frac{f_i}{s_i}$$

式中,  $d_i$  为第  $i$  个样方某种有蹄类密度;  $f_i$  为第  $i$  个样方某种有蹄类评估数量;  $s_i$  为第  $i$  个样方面积。

$$\text{第 } j \text{ 层样方有蹄类的平均密度: } D_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m d_i$$

式中,  $D_j$  为第  $j$  层样方平均密度;  $m$  为第  $j$  层样方数量。

$$\text{第 } j \text{ 层有蹄类分布密度的置信区间: } \bar{D}_j = D_j \pm t\sigma_j / \sqrt{m-1}$$

式中,  $\bar{D}_j$ : 有蹄类分布密度的置信区间(置信概率  $P$  为 80%, 自由度  $f=n-1$ ,  $\sigma_j$  为标准差  $t$  为 Student's 分布表的值);  $\sigma_j^2 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (d_i - D_j)^2$ 。

$$2) \text{ 计算出每层某种有蹄类数量与估计区间: } K_j = (D_j \pm t\sigma_j / \sqrt{m-1}) S_j$$

式中,  $K_j$  为第  $j$  层有蹄类数量;  $S_j$  为第  $j$  层面积。

3) 计算出调查区域某种有蹄类总体数量与估计区间

$$X = \frac{\sum_{j=1}^k D_j n_j}{n}$$

式中,  $X$  为总体均值;  $n_j$  为第  $j$  层的样本数;  $n$  为调查样方总数量;  $k$  为分层数。

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{j=1}^k \sigma_j^2 N_j}{N}$$

式中,  $\sigma$  为总体标准差,  $N$  为总体容量。

$$\mu_X = \sqrt{\left(1 - \frac{n}{N}\right) \sigma^2 / n}$$

$$\Delta_X = Z_{\frac{\alpha}{2}} \mu_X$$

式中, 总体密度置信区间  $\bar{X} = X \pm \Delta_X$ 。

同理计算出调查区域某种有蹄类总体数量与估计区间  $K = \bar{X} S$ 。

$S$  为有蹄类可获得的生境面积

4) 调查估计精度

$$P = \left(1 - \frac{t_a \sigma}{\sqrt{n-1}} / X\right) \times 100\%$$

式中  $n$  为调查样方总数量;  $X$  为调查样方中有蹄类的平均密度;

### 3 结果

#### 3.1 研究地区东北虎主要猎物种群数量和密度

研究地区马鹿种群平均分布密度为  $(0.2010 \pm 0.0270)$  只/ $\text{km}^2$ , 种群数量估计为  $(1084 \pm 146)$  只。其中, 置信概率  $P = 80\%$ ; 估计精度  $P = 86.57\%$ 。狍子种群平均分布密度为  $(0.4980 \pm 0.0436)$  只/ $\text{km}^2$ , 种群数量估计为  $(2686 \pm 235)$  只。其中, 置信概率  $P = 80\%$ ; 估计精度  $P = 91.25\%$ 。野猪种群平均分布密度为  $(0.3423 \pm 0.0275)$  只/ $\text{km}^2$ , 种群数量估计为  $(1846 \pm 148)$  只。其中, 置信概率  $P = 80\%$ ; 估计精度  $P = 91.97\%$ 。

#### 3.2 3种有蹄类分布密度比较

单因素方差分析检验 3 种有蹄类密度在同一生境中的差异, 结果表明 3 种有蹄类密度在在针阔混交林中差异性不显著 ( $F = 2.337, P > 0.05$ ), 在阔叶混交林中差异性极其显著 ( $F = 17.978, P < 0.01$ ), 杂木林中差异也极为显著 ( $F = 14.449, P < 0.01$ ); 用单因素方差分析检验不同生境对 3 种有蹄类密度的差异, 结果表明生境因子对马鹿 ( $F = 41850, P < 0.05$ )、狍子 ( $F = 41191, P < 0.05$ ) 和野猪 ( $F = 51765, P < 0.05$ ) 密度影响显著。在研究地区, 3 种有蹄类的相互联系, 相关分析表明马鹿密度和野猪密度呈正相关 ( $r_s = 0.507, P < 0.01$ ), 而马鹿密度和狍子密度 ( $r_s = 0.251, P > 0.05$ )、狍子密度和野猪密度 ( $r_s = 0.115, P > 0.05$ ) 不相关。

#### 3.3 东北虎猎物种群数量变化动态趋势分析

该地区 1989 年的调查结果马鹿密度为  $1.0516$  只/ $\text{km}^2$ ; 狍密度为  $2.5933$  只/ $\text{km}^2$ ; 野猪的密度为  $0.4005$  只/ $\text{km}^2$  [21], 与本次调查研究地区的结果相比, 按内禀增长率公式  $N_t = N_0 e^r$  计算, 从 1989 年至 2002 年的 13 a 中马鹿密度年平均递减率为  $13.48\%$ ; 狍的年平均递减率为  $12.69\%$ ; 野猪的年平均递减率为  $1.89\%$ 。

### 4 讨论

由于野生有蹄类警惕性强, 对人类活动及其敏感, 导致调查中很少发现动物实体, 通常都是利用间接指标, 诸如足迹、粪便、卧迹等来代替动物实体开展调查 [22]。由于足迹比卧迹、食痕和粪便更易被发现, 对于大多数北方地区而言, 人们利用雪被这一天然条件, 用雪地上的动物足迹作为间接指标, 来间接估算有蹄类密度。

样带法是我国东北地区常用的有蹄类调查方法之一, 样带调查误差来源主要可以从样带的宽度、换算系数的准确性、对总体抽样是否有代表性等方面。不同的调查对象, 不同的生境条件, 样带宽度不同。实际调查过程中有很多调查队员不知道有宽度这一概念, 宽度常由专家主观规定, 缺乏专家规定宽度适宜性依据, 也缺少在实践中加以检验的材料为辅证。样带调查中, 宽度的确定主要以景观的透视度和被调查动物的辨认程度为准。实际记录足迹链宽度范围内的足迹数量, 而计算时只以透视度 (往往远小于足迹链宽度) 来计算密度, 这就是产生密度偏高的主要原因 [23]。朴仁珠等 [23] 采用足迹链宽度作为样带宽度, 用一条样带调查大型有蹄类足迹链宽度内的有蹄类密度, 在理论上会产生遗漏。实体与间接指标间的换算系数, 即确定在一定时间内动物实体能产生多少间接指标, 两者之比即为换算系数。虽然朴仁珠等 [23] 通过反向跟踪清晰的足迹链, 根据所发现相邻两夜的卧迹来确定这一动物的一昼夜活动轨迹。将其置于坐标轴, 并转动坐标多次。根据交点数或落入调查样线一定宽度范围内的数量, 确定每条足迹链与样线相交的平均次数作为换算系数。但实际上这一系数即便同一动物在不同地区、不同时期, 甚至不同性别, 其个体间均有差异, 操作起来较为麻烦, 有待深入研究。大样方法通过在足迹链宽度范围内 (有蹄类家域内) 布设多条样线, 把在足迹链宽度范围内产生遗漏的几率减低到可以忽略的程度。同时在一个大洋方上的多条样线上根据专业知识与经验直接排除可能是重复的足迹链, 以一条足迹链相对于一头动物 (即换算系数为一) 统计路线样本上出现的动物数, 并根据样本面积, 调查样线长度乘以宽度, 推算动物在整个动物栖息范围内的数量。避免了繁杂的换算系数。然而是否一个样方需要 5 条样线, 更少的样线是否就可以达到以上目的值得商榷。此外, 本次调查采用多层抽样方法, 增加了精确性 (减少变异) 和提高样方设计中单位劳动获得的信息量, 从而更能代表整个调查区域的有蹄类分布和密度。

东北虎的主要捕食对象为野猪、马鹿、狍子、梅花鹿等大型有蹄类动物。成年东北虎每周要捕食相当于一

个大型有蹄类猎物的等值食物量<sup>[24]</sup>。对于哺育幼虎的母虎来说,可能捕食的等值食物量会更高。当有蹄类数量低,老虎就不得不采取游牧性的生活方式生存,并可能会靠捕杀家养牲畜以求生存。在有足够猎物数量的情况下,雌虎才能找到有足够猎物密度的地区来繁殖幼崽,建立永久性的家域,而雄虎也会很快定居下来。因此,增加猎物密度的管理活动将会成为任何一个恢复老虎种群的重要部分。排除调查方法所导致的偏差(1989年用的是样带调查法),调查结果显示东北虎猎物种群数量一直处于急剧下降的趋势:马鹿和狍数量的年递减率都超过10%;野猪的数量也呈下降趋势。虽然,狍和马鹿的繁殖和适应能力比较强,但其数量的巨大波动也将会引起种群管理者的注意,应及时地采取保护措施抑制东北虎的猎物种群数量下降的趋势,满足东北虎的生存活动的猎物需求。

造成有蹄类种群数量下降的原因有很多方面,首先是有蹄类栖息地的丧失、片段化和破碎化以及生境质量的降低。受长期森林采伐活动影响,原始植被类型不断被破坏,东北虎的主要猎物马鹿、狍、野猪的栖息地被不断被侵占或分化隔离,此外采石、挖沙、开矿、采摘山产品等十分频繁社会经济活动进一步干扰有蹄类动物的正常栖息活动,不断导致有蹄类等野生动物适宜生境的丧失和破碎。另外随着森林采伐等经济活动的不断发展,进入林区的人口不断增加,居民点房屋的建筑面积不断扩大,不断侵占野生动物栖息活动的林地。而且,各种类型的交通道路也不断建设起来,修筑的公路导致破坏大面积的野生动物栖息地,同时致使一部分有蹄类动物的原始栖息地破碎和隔离<sup>[25]</sup>。由于居民点和道路的人为活动对有蹄类动物的间接影响,这些基础设施的建设又导致了森林景观生态功能的丧失,从而致使有蹄类动物生境的进一步破碎化。其次为了获得食物、商品和药物,人民大量捕猎东北虎的主要猎物。从20世纪80年代以来,持有枪支成为非法行为。不幸的是,套子和最新出现的投毒成为最普遍且方便的盗猎有蹄类动物的方式<sup>[26]</sup>。套子不仅可以猎杀有蹄类同时也可以对老虎造成致命性伤害。投毒是一种新的正在发展的威胁,当地村民将氢化物喷洒在有蹄类食用的树叶野生植被上以毒杀有蹄类,从而对恢复有蹄类种群数量产生了新的严重威胁,致使有蹄类动物种群密度下降。再次,对森林的采伐和对植被的破坏、山产品采集,特别是对有蹄类食物主要过冬食物譬如红松子、榛子、核桃楸、橡子等坚果的收集,以及一些放牧行为:家畜食草同野生鹿类形成资源竞争造成有蹄类食物短缺,从而导致蹄类密度减少。最后,东北虎的捕食可能是导致东北虎主要猎物种群数量下降的又一因素。

致谢:崔多英博士、姜广顺博士、肖朝庭博士、刘振生博士和李言阔博士给予大力支持,特此致谢。

#### References:

- [1] Matyushkin E N, Pikunov D G, Dunishenko Y M, Miquelle D G, Nikolaev I G, Smirnov E N, Salkina G P, Abramov V K, Bazyl'nikov V I, Yudin V G, Korkishko V G. Numbers, distribution and habitat status of the Amur tiger in the Russian Far East "Express-report". Final report to the USAID Russian Far East Environmental Policy and Technology Project, 1996: 25-25
- [2] Li T, Jiang J S, Wu Z G, Han X D, Wu J C, Yang X J. Survey on Amur tigers in Jilin Province. *Acta Theriologica Sinica*, 2001, 21(1): 1-6
- [3] Yu X C, Sun B G, Sun H Y, Guan G S, Zhou X B. Population distribution and abundance of Amur tiger in Heilongjiang Province. *Chinese Journal of Wildlife*, 2000, (2): 14-16.
- [4] Sun B G, Zhang E D, Miquelle D. Siberian tigers on brink of extinction in China. *Cat News*, 1999, 31: 2.
- [5] Sun R Y. *Ecological Principle of Wildlife*. 3rd ed. Beijing: Beijing Normal University Press, 2001: 456-456.
- [6] Schaller G. *The Deer and the Tiger*. Chicago: University of Chicago Press, 1967.
- [7] Sunquist M E. The social organization of tigers (*Panthera tigris*) in Royal Chitawan National Park, Nepal. *Smithsonian Contribution to Zoology*, 1981, 336: 1-98.
- [8] Seidensticker J, McDougal C. Tiger predatory behaviour, ecology and conservation. *Symposium of the Zoological Society of London*, 1993, 65: 105-125.
- [9] Karanth K U. Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. *Biological Conservation*, 1995, 71(3): 333-338.
- [10] Miquelle D G, Smirnov E N, Quigley H G, Hornocker M G, Nikolaev I G, Matyushkin E N. Food habitat of Amur tiger in Sikhote-Alin Zapovednik and the Russian Far East, and implication for conservation. *Journal of Wildlife research*, 1996, 1(2): 138-147.
- [11] Karanth K U, Nichols J D. Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecology*, 1998, 79(8): 2852-2862.

- [12] Uma R, Richard G C, Neil W P. Tiger decline caused by the reduction of larger ungulate prey: evidence from a study of leopard diets in southern India. *Biological Conservation*, 1999, 89(2): 113-120
- [13] Miquelle D G, Merrill W T, Dunishenko Y M, Smirnov E N, Quigley H B, Pikunov D G, Hornocker M G. A habitat protection plan for the Amur tiger: developing political and ecological criteria for a viable land-use plan // Seidensticker J, Christie S, Jackson P, eds. *Riding the Tiger: Meeting the Needs of People and Wildlife in Asia*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999: 273-295.
- [14] He J F, Yu X C, Shi Y M. Historical change of population distribution region and population dynamic of Amur tiger. *Forestry Science and Technology*, 1997, 22(1): 28-30.
- [15] Karanth U K, Stith B M. Prey depletion as a critical determinant of tiger population viability // Seidensticker J, Christie S, Jackson P, eds. *Riding the Tiger*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999: 100-113.
- [16] Tang J R, Xu H F, Xu Z Q. Comments on the deer population survey methods. *Acta Theriologica Sinica*, 2001, 21(3): 221-230.
- [17] Gao J H, Lu X X, Zhang Y H, Liu J, Huang S H. Snow-land feature of roe deer and the application in population investigation. *Acta Theriologica Sinica*, 1995, 15(2): 155-156.
- [18] Xu Q X, Zhang M H, Lu B X. Study on the Status of red deer population in heilongjiang province. *Journal of Economic Animal*, 2000, 4(1): 57-62.
- [19] Zhang Y L, Li G C, Tian J L. Population status and habitat selection of wild boar in Heilongjiang Province. *Quarterly of Forest By-Product and Speciality in China*, 2003, (1): 19-20.
- [20] Tong J. Sample survey (IV) stratification sample. *Application of Statistics and Management*, 1987, (4): 35-48.
- [21] Feng K M, Zhang M H, Zhao J M. *Wildlife Conservation and Management Scheme of Dongfanghong Forestry Bureau*. Harbin: Heilongjiang Forestry Industry Bureau Press, 1989.
- [22] Eduardo C, Grace W, Alferdo D C. Monitoring mammal populations in Costa Rican Protected Areas under different hunting restrictions. *Conservation Biology*, 2000, 14(6): 1580-1591.
- [23] Piao R Z, Guan G S, Zhang M H. Population size and distribution of Moose in China. *Acta Theriologica Sinica*, 1995, 15(1): 11-16.
- [24] Karanth K U, Nichols J D, Kumar N S, Link W A, Hine S J E. Tigers and their prey: predicting carnivore densities from prey abundance. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 2004, 101(14): 4854-4858.
- [25] Jiang G S, Zhang M H, Ma J Z. The fragmentation and impact factors of red deer habitat in Wandashan region, Heilongjiang Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(7): 1691-1698.
- [26] Liu Q X, Ma J Z, Xie X C, Zhang M H. Impacts of poaching on Wapiti population in Eastern Wanda Mountain, Heilongjiang. *Chinese Journal of Wildlife*, 2007, 28(2): 7-10.

#### 参考文献:

- [2] 李彤, 蒋劲松, 吴志刚, 韩晓东, 吴景才, 杨兴家. 吉林省东北虎的调查. *兽类学报*, 2001, 21(1): 1-6
- [3] 于孝臣, 孙宝刚, 孙海义, 关国生, 周宣滨. 黑龙江省东北虎的分布和种群数量. *野生动物*, 2000, (2): 14-16.
- [5] 孙儒泳. *动物生态学原理* (第3版). 北京: 北京师范大学出版社, 2001: 456-456.
- [14] 郝俊峰, 于孝臣, 史玉明. 东北虎分布区的历史变迁及种群变动. *林业科技*, 1997, 22(1): 28-30.
- [16] 唐继荣, 徐宏发, 徐正强. 鹿类动物数量调查方法探讨. *兽类学报*, 2001, 21(3): 221-230.
- [17] 高继宏, 吕小雪, 张雁辉, 刘健, 黄守华. 狗雪地痕迹特征及在数量调查中的应用. *兽类学报*, 1995, 15(2): 155-156.
- [18] 许庆翔, 张明海, 路秉信. 黑龙江省野生马鹿种群资源现状研究. *经济动物学报*, 2000, 4(1): 57-62.
- [19] 张永录, 李贵臣, 田家龙. 黑龙江省野猪种群现状及其生境选择的研究. *中国林副特产*, 2003, (1): 19-20.
- [20] 彤季. 抽样调查 (IV) 第三讲 分层抽样 (续). *数理统计与管理*, 1987, (4): 35-48.
- [21] 冯科民, 张明海, 赵君明. *东方红林业局野生动物保护和经营方案*. 哈尔滨: 黑龙江省森工总局出版社, 1989.
- [23] 朴仁珠, 关国生, 张明海. 中国驼鹿种群数量及分布现状的研究. *兽类学报*, 1995, 15(1): 11-16.
- [25] 姜广顺, 张明海, 马建章. 黑龙江省完达山地区马鹿生境破碎化及其影响因子. *生态学报*, 2005, 25(7): 1691-1698.
- [26] 刘群秀, 马建章, 谢绪昌, 张明海. 黑龙江完达山东部林区偷猎对野生马鹿种群的影响. *野生动物*, 2007, 28(2): 7-10.