

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 1 期
Vol.31 No.1
2011



中国生态学学会
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 31 卷 第 1 期 2011 年 1 月 (半月刊)

目 次

青藏高原东缘林线杜鹃-岷江冷杉原始林的空间格局	缪 宁, 刘世荣, 史作民, 等 (1)
季风常绿阔叶林不同恢复阶段藤本植物的物种多样性比较	李帅锋, 苏建荣, 刘万德, 等 (10)
越冬和复苏时期太湖水体蓝藻群落结构的时空变化	顾婷婷, 孔繁翔, 谭 啸, 等 (21)
海南新村湾海草床主要鱼类及大型无脊椎动物的食源	樊敏玲, 黄小平, 张大文, 等 (31)
广西涠洲岛造礁珊瑚种群结构的空间分布	梁 文, 张春华, 叶祖超, 等 (39)
宽窄行栽植模式下三倍体毛白杨根系分布特征及其与根系吸水的关系	席本野, 王 烨, 贾黎明, 等 (47)
干旱河谷-山地森林交错带土壤水分与养分特征	刘 彬, 罗承德, 张 健, 等 (58)
信号分子水杨酸减缓干旱胁迫对紫御谷光合和膜脂过氧化的副效应	易小林, 杨丙贤, 宗学凤, 等 (67)
UV-B 辐射对南方红豆杉生活史型和紫杉烷类含量的影响	于景华, 李德文, 庞海河, 等 (75)
模拟氮沉降对石栎和苦槠幼苗土壤呼吸的影响	李 凯, 江 洪, 由美娜, 等 (82)
环渤海湾地区连作苹果园土壤中酚酸类物质变化	孙海兵, 毛志泉, 朱树华 (90)
不同施肥方法对马来沉香和土沉香苗期根系生长的影响	王 冉, 李吉跃, 张方秋, 等 (98)
秋华柳和枫杨幼苗对镉的积累和耐受性	贾中民, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (107)
祁连山北坡退化林地植被群落的自然恢复过程及土壤特征变化	赵成章, 石福习, 董小刚, 等 (115)
中国北方农牧交错带 C3 草本植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与温度的关系及其对水分利用效率的指示	刘贤赵, 王国安, 李嘉竹, 等 (123)
不同退耕模式细根(草根)分解过程中 C 动态及土壤活性有机碳的变化	荣 丽, 李守剑, 李贤伟, 等 (137)
黑龙江省完达山东部林区东北虎猎物生物量	周绍春, 张明海, 孙海义 (145)
生态保护项目对大熊猫栖息地的影响	张玉波, 王梦君, 李俊清 (154)
石灰和 EM 处理条件下土壤动物群落在落叶分解中的变化	高梅香, 张雪萍 (164)
基于 EPG 的麦长管蚜、麦二叉蚜和禾谷缢管蚜取食行为比较	苗 进, 武予清, 郁振兴, 等 (175)
对映-贝壳杉烷型二萜类化合物对土壤纤毛虫群落的毒性效应	宁应之, 杜海峰, 王红军 (183)
红脂大小蠹种群空间格局地统计学分析及抽样技术	潘 杰, 王 涛, 宗世祥, 等 (195)
山西不同生态型大豆种质资源蛋白亚基的变异	王燕平, 李贵全, 郭数进, 等 (203)
施肥和覆膜垄沟种植对旱地小麦产量及水氮利用的影响	李廷亮, 谢英荷, 任苗苗, 等 (212)
近 40a 甘肃省气候生产潜力时空变化特征	罗永忠, 成自勇, 郭小芹 (221)
基于 GIS 的农村住区生态重要性空间评价及其分区管制——以兴国县长冈乡为例	谢花林, 李秀彬 (230)
农户收入差异对生活用能及生态环境的影响——以江汉平原为例	杨 振 (239)
河北省耕地生态经济系统能值指标空间分布差异及其动因	王 千, 金晓斌, 周寅康, 等 (247)
土地利用对石漠化地区土壤团聚体有机碳分布及保护的影响	罗友进, 魏朝富, 李 渝, 等 (257)
专论与综述	
景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的意义解释及局限性	刘 宇, 吕一河, 傅伯杰 (267)
美国煤矿废弃地的生态修复	张成梁, B. Larry Li (276)
农田土壤食物网管理的原理与方法	陈云峰, 胡 诚, 李双来, 等 (286)
学术信息与动态	
旱地、荒漠和荒漠化: 探寻恢复之路 —— 第三届国际荒漠化会议述评	吕一河, 傅伯杰 (293)

黑龙江省完达山东部林区东北虎猎物生物量

周绍春^{1,2}, 张明海^{1,*}, 孙海义², 尹远新²

(1. 东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040; 2. 黑龙江省野生动物研究所, 哈尔滨 150081)

摘要: 研究一个地区猎物种群生物量能否满足捕食动物种群数量的需求, 这对于了解濒危大型食肉动物是否受到来自于食物缺乏的威胁和制定相应的保护措施极其重要。为了掌握黑龙江省完达山东部林区东北虎食物需求与猎物生物量之间的关系, 于2008年冬至2009早春积雪覆盖期采用随机布设样线, 通过收集有蹄类动物在雪地上留下的足迹等活动的方法, 在东方红林业局和迎春林业局管辖境内3 692.06 km²的区域布设大样方48个, 并在大样方里共布设样线240条开展有蹄类动物种群数量调查, 确定东北虎猎物生物量。调查结果表明: 研究地区野猪(成体502—606只, 亚成体209—210只)、马鹿(成体331—357只, 亚成体67—72只)和孢子(成体810—815只, 亚成体202—203只)的生物量分别为74 767.50—87 825.00 kg、79 744.50—85 984.50 kg和31 337.00—31 525.50 kg, 3种有蹄类动物生物量共计1 85 849.00—205 335.00 kg。研究地区猎物总生物量为209 619.89—231 598.24 kg。如果按8%的生物提供给东北虎, 3种主要猎物生物量可满足5.22—6.92只东北虎个体的食物需求, 研究地区猎物总生物量则可满足5.89—7.81只东北虎个体的食物需求。此外, 对足迹遇见率与抽样强度、抽样强度与足迹遇见率的均值标准误差之间关系的分析表明, 在完达山东部林区布设120条样线(抽样距离600 km)、150条样线(抽样距离750 km)和115条样线(抽样距离675 km)能满足野猪、马鹿、孢子种群数量调查准确性的最低需求。

关键词: 野猪; 马鹿; 孢子; 有蹄类猎物生物量; 总猎物生物量; 东北虎种群数量

Prey biomass of the Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) in the eastern Wanda Mountains of Heilongjiang Province, China

ZHOU Shaochun^{1,2}, ZHANG Minghai^{1,*}, SUN Haiyi², YIN Yuanxin²

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

2 Wildlife Research Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150081, China

Abstract: Predicting how many individuals of a predatory species can survive within a given area, based on prey biomass, is important in understanding whether or not significant threats are related to prey availability. The study of ungulate populations and, particularly, reliable estimates of ungulate biomass are necessary for effective conservation and management of the wild Amur tiger. Dense forests, mountainous landscape and low detection probabilities preclude the use of direct count techniques in estimating ungulate populations, while direct methods are expensive and time-consuming. Indirect sampling, by counting footprints or snow tracking, is a widely use, reliable and inexpensive way of estimating ungulate populations and calculating biomass. Amur tiger-prey relationships are so close that data on prey (ungulate) availability may be used to reliably predict the tiger population and determine any threats or risks to the endangered Amur tiger. Little is known about the relationship between the Amur tiger population and ungulate biomass in the easte Wanda Mountains of Heilongjaing Province, China. Therefore, we collected data on the population size of three ungulate species (wild boar *Sus scrofa*, red deer *Cervus elaphus* and roe deer *Capreolus capreolus*) by establishing 240 line transects within 48 random sampling sites during late winter 2008 to early spring 2009. The results show that prey biomass, represented by the three ungulate species, was 1 85 849.00—205 335.00 kg, including 74 767.50—87 825.00 kg from wild boar

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30870309); 美国老虎和犀牛基金资助项目(98210-2-G191); 国家林业局野生动植物保护司资助项目; 黑龙江省野生东北虎野外种群监测; 完达山地区东北虎生境评价与保护对策研究; 林业公益性科研专项(201104063)

收稿日期: 2010-08-23; **修订日期:** 2010-11-29

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

(502—606 adults and 209—210 sub-adults), 79 744.50—85 984.50 kg from red deer (331—357 adults and 67—72 sub-adults) and 31 337.00—31 525.50 kg from roe deer (810—815 adults and 202—203 sub-adults). In the study area, the estimated total biomass of all prey species was 209 619.89—231 598.24 kg. The prey biomass, represented by three ungulate species, could support 5.22—6.92 Amur tiger individuals and the estimated total biomass of all prey species could support 5.89—7.81 tigers, assuming 8% biomass as the food demand of Amur tigers in the eastern Wanda Mountains. Finally, to evaluate the accuracy and precision of the line transect surveys, we analyzed the relationship between footprint frequency and sampling effort by bootstrap analysis. The differences in the coefficients of variation for footprint frequency were as follows: wild boar: 37.98% for 1—120 line transects and 2.74% for 121—240 line transects; red deer: 17.41% for 1—150 line transects and 2.86% for 151—240 line transects; roe deer: 39.72% for 1—115 line transects and 3.84% for 116—240. Trend analysis indicated that population sizes could reasonably be established from 120 line transects for wild boar (sampling distance: 600 m), 150 line transects for red deer (sampling distance: 750 m) and 115 line transects for roe deer (sampling distance: 675 m). Sampling effort, both in terms of the number of footprints and intensity of sampling, had a marked effect on the accuracy and precision of the survey results. These findings will provide scientific guidelines for the estimation of prey (ungulate) population size and conservation of the Amur tiger.

Key Words: Amur tiger; population size; wild boar; red deer; roe deer; ungulate biomass; total prey biomass

虎因为种群数量稀少已被列为濒危等级野生动物保护名录^[1-2]。猎物种群数量下降、生境丧失和盗猎是导致虎濒危的3个主要因素^[3-7]。在虎保护和种群恢复过程中,通过有蹄类种群数量调查掌握其种群数量动态变化趋势,并分析虎分布区有蹄类动物与虎之间关系的研究已经成为野生动物管理部门关注的焦点^[8-11]。

1948年Kaplanov首次通过跟踪虎足迹收集被捕食猎物资料的方法对东北虎的食物组成进行了研究^[12]。此后,Dale等提出猎物作为食物资源是虎生存的基本条件之一,并将其作为虎保护和研究的重点^[13]。目前,利用猎物的密度和生物量去估计捕食者种群数量已经成为生态学研究的重要方向之一^[14-15]。

利用样线调查技术调查有蹄类种群数量去估算有蹄类生物量已成为研究虎与猎物之间关系的重要手段^[16]。在浓密的林区直接计数动物实体的方法受到可视度低的限制,因此在寒冷地区通过记录样线上动物在雪被上留下的活动痕迹去间接估计动物种群数量的方法便得到广泛运用^[17],但很多利用样线调查去估算动物种群数量的研究并没有考虑布设的样线数与调查费用、调查结果准确性之间关系。Stander分析了有蹄类足迹遇见率与抽样强度和实际密度之间的关系,强调在野生动物调查设计中,科学合理布设样线条数(抽样强度)可以节省开支和获得理想的调查结果^[18]。Nicolas等比较了不同的调查方法,提出了调查方法、样线布设与花费和调查结果准确性之间的关系,并认为科学地布设样线数可以提高野生动物调查的效率^[19]。因此,通过调查样线数量与动物足迹遇见率之间关系的分析确定满足某一特定地区野生动物种群数量调查的样线数量非常重要。

东北虎作为现存的5个濒危虎亚种之一,在中国分布于吉林珲春自然保护区^[20]、黑龙江省完达山东部林区、老爷岭和张广才岭部分林区^[21-22]。完达山东部林区是东北虎在中国的主要分布区,黑龙江省森林工业总局和黑龙江省林业厅已经把该区域列为东北虎保护的关键区域。本研究针对完达山东部林区东北虎分布区开展猎物种群数量调查,以实现:1)估算出在完达山东部林区需要多少条样线才能满足东北虎猎物(野猪、马鹿和狍子)种群数量调查的需要,为今后在该地区开展野生动物种群数量调查的样线设计提供参考;2)通过调查掌握完达山东部林区东北虎猎物种群数量,为有蹄类的保护和恢复提供科学的基础数据;3)通过计算猎物生物量与东北虎食物需求量之间关系确定完达山东部林区猎物生物量能满足的东北虎个体数量,为东北虎种群的保护和恢复提供指导。

1 研究地区概况

研究地区隶属东方红林业局和迎春林业局管辖境内(132°48′52″—132°56′55″E; 46°07′55″—47°04′41″

N),总面积 3 692.06 km²,海拔为 300—831m,区域气候属于典型的寒温带气候,年平均气温为 1.4—2.2℃,冬季最低气温 -34.8℃。冬季降雪可覆盖全区,一般积雪厚度 30—50 cm。完达山东部林区森林类型主要有针叶林、针阔混交林、阔叶混交林、林间湿地和灌丛。这里栖息的大型猫科动物主要有东北虎、豹(*Panthera pardus*)、猞猁(*Lynx lynx*)等,有蹄类动物有野猪、马鹿、狍等,丰富的自然资源为东北虎的生存提供了必要条件。

2 研究方法

2.1 野外调查

调查时间为 2008 年冬季至 2009 年早春积雪覆盖期。根据东北虎和猎物种群的分布情况^[23],在东方红林业局和迎春林业局管辖境内(迎春林业局:五泡林场、永丰林场、向阳林场、尖山林场;东方红林业局:青山林场、五林洞林场、奇源林场、东林林场、河口林场、大牙克林场、石场林场、永幸林场、大岱林场、独木河林场、西南岔林场、大塔山林场、海音山林场)划定面积为 3 692.06 km²的研究区域,覆盖针叶林、针阔混交林、阔叶混交林、林间湿地和灌丛 5 类主要林型。利用随机布设样方的方法在林相图上布设 48 个包括 5 条相距约 500 m,长约 5 km,宽 400 m 样线的大样方,每条样线由 4 个调查人员负责(图 1),

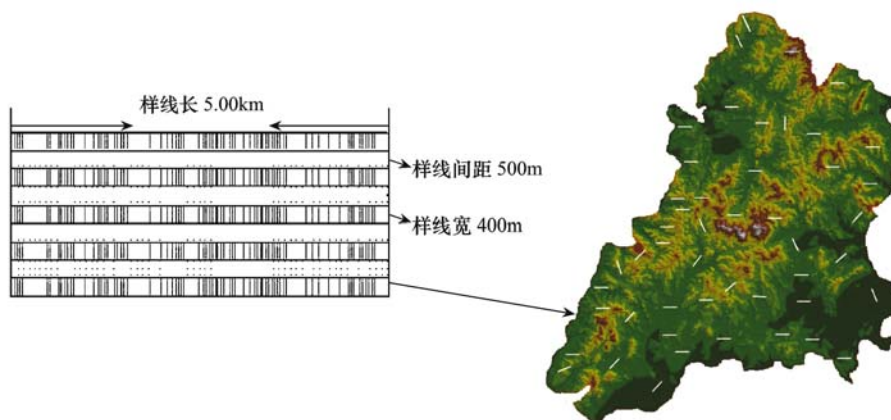


图 1 完达山东部林区野猪、马鹿和狍子野外调查样线布设

Fig. 1 Map of line transect surveys of wild boar, red deer and roe deer in the eastern Wanda Mountains

行进中调查人员间隔 100 m,同向直行。抽样总面积达 480 km²以上,保证抽样面积占调查总面积的 10% 以上^[24]。本次参加调查的科研人员均来自黑龙江省野生动物研究所,且多年从事大型有蹄类动物调查工作,具有丰富的野外调查经验,能根据有蹄类在雪被上留下的足迹长短、足迹大小、足迹深浅、足迹链数量、足迹链新鲜度、足迹链前进方向,粪便的形状、大小、新鲜度,卧迹的形状、大小等进行物种识别,并判断个体的大小。在野外调查中,对物种足迹的具体判断,我们将野外经验与马世来提出的判断标准相结合作为依据,具体如下:马鹿和狍子足迹蹄印紧靠,前部窄而略尖,在雪地上两蹄印间高凸一条狭窄的雪棱脊,狍子足迹比马鹿小;野猪足迹大而钝。狍子、马鹿粪便为干性的圆形颗粒或软性的棱块叠堆,野猪粪便呈不规则的丸、渣堆集。野猪、马鹿和狍子种内个体间识别主要利用足迹链信息,其判断标准包括 3 个方面:1)同一物种多个个体横穿样线的足迹链间彼此相隔在 30m 以内,应被认为是一个群体;2)为了避免多个调查队员重复记录同一个体留下的足迹,调查人员之间横向平行前进,随时保持联系,若发现某一足迹链横向穿过多条样线时,调查队员分别记录发现足迹点的地理坐标、时间、动物前行的方向,在进行内业处理时,如果时间、动物前进的方向相同,地理坐标为该个体穿越的多条样线上留下的足迹活动点的坐标,则视为同一个体留下的足迹;3)如果遇到一个物种的动物群留下的足迹链时,则根据该群个体分开时的足迹链条数计算该物种种群的个体数量^[24-25]。

2.2 数据处理

2.2.1 种群密度和数量

参照 2002 年在完达山东部林区利用相同的方法开展东北虎猎物种群数量调查时的猎物足迹密度与实体

密度为 1:1 的换算比例计算出样方内野猪、马鹿、孢子的密度和种群数量,计算公式如下^[24,26]:

样方中猎物种群的平均密度

$$\bar{D} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n D_i \quad (1)$$

式中, $\bar{D}$ 为所有调查样方中猎物的平均密度; n 为调查样方的数量; D_i 为第 i 个样方中猎物的分布密度;分布密度的置信区间

$$\bar{\bar{D}} = \bar{D} \pm tSD/\sqrt{n} \quad (2)$$

式中, $\bar{\bar{D}}$ 为猎物分布密度的置信区间; t 值为自由度 $f = n - 1$,置信概率 $P = 80\%$ 时的值; SD 为标准差;猎物种群数量的评估

$$N = \bar{\bar{D}} \times A \quad (3)$$

式中, A 为调查区域的林地面积。

2.2.2 抽样调查的有效性分析

在进行抽样调查的有效性分析时,根据收集到的有蹄类动物足迹数(单位:条),利用自展分析(Bootstrap analysis)方法,即通过随机抽取 2 条样线和不断增加抽样过程(2, 4, 6, 8, ..., x) 计算每次获得新的足迹遇见率(条/km),均值标准误差与抽样距离(抽样强度)的关系,置信区间为 95%。均值标准误差与抽样距离之间的关系可以通过图展示,并判断均值标准误差达到不再有明显改变时的抽样距离为可以获得科学合理的调查结果时的抽样距离^[12, 18]

2.2.3 东北虎猎物生物量分析

已有的虎猎物选择研究表明,虎偏好捕食体重较大的猎物^[9]。因此,在研究中重点分析了完达山东部林区栖息的体重较大的野猪、马鹿和孢子的生物量。其中野猪种群数量由东方红林业局境内的 563 头^[24],和迎春林业局境内所调查林场的野猪种群数量组成,马鹿和孢子种群数量均为本次分析的种群数量。根据野外足迹、卧迹大小等信息判断 3 种有蹄类物种成体和亚成体比例为野猪(74%:26%)、马鹿(83%:17%)和孢子(80%:20%)。在猎物个体平均体重计算方面,查阅了相关文献和实地调查了养鹿场,最终确定了野猪、马鹿和孢子的体重参数(表 1)^[27-28]。

根据野猪、马鹿和孢子的种群数量、成体和亚成体比例及相关体重参数计算其生物量,计算公式如下:

$$B_{\text{prey}} = D_{\text{prey}} W_{\text{prey}}$$

式中, W_{prey} 为猎物平均活体体重(kg)^[29]。

已有研究表明,大型有蹄类动物在虎食物中的组成占 88.60%^[30],因此将野猪、马鹿和孢子的生物量作为主要猎物生物量,并依据大型有蹄类动物在虎食物中所占的比例,计算出该地区东北虎总的猎物生物量。

2.2.4 完达山东部林区东北虎猎物生物量与东北虎的关系

本研究分析猎物生物量能维持的东北虎个体数量是依据 Suniquet 对虎的食物需求研究数据为基础,即假设 1 只成年雄虎与成年雌虎的食物需求量相当,每年需求 2 373—2 847kg 的食物。环境中 8% 的猎物生物量提供给东北虎^[31]。此外,为了最低估算完达山东部林区猎物生物量能满足的东北虎个体数量,同样假设幼虎对食物量的需求与成年雌虎相同。

表 1 野猪、马鹿和孢子体重参数

Table 1 The parameter of body weight of wild boar, red deer and roe deer

物种 Species	类别 Items	
	成体体重/kg Adult body weight	亚成体体重/kg Sub adult body weight
野猪 Wild boar	125.00	57.50
马鹿 Red deer	222.50	91.00
孢子 Roe deer	33.16	20.00

3 结果

3.1 野外抽样调查有效性分析

图2表明在野猪种群数量调查中,当抽样样线数达到120条(或抽样距离达到600 km)时,足迹调查结果的准确性显著提高。从121条增加至第240条样线(或抽样距离从605 km增加到1 200 km)时,足迹遇见率的均值标准误差相差为2.74%,而从第1条样线增加至第120条样线,足迹遇见率的均值标准误差相差为37.98%。均值标准误差变化表明当样线数从第1条增加到120条样线时,调查结果的准确性明显改善,在120条样线后,随着样线数量增加至240条,足迹遇见率的均值标准误差变化较小,表明调查结果的准确性并没有太大改善。在最大抽样中,野猪足迹遇见率为 (0.07 ± 0.0009) 条/km。在马鹿种群数量调查中,足迹遇见率与抽样距离、足迹遇见率均值标准误差与抽样样线之间关系见图3。

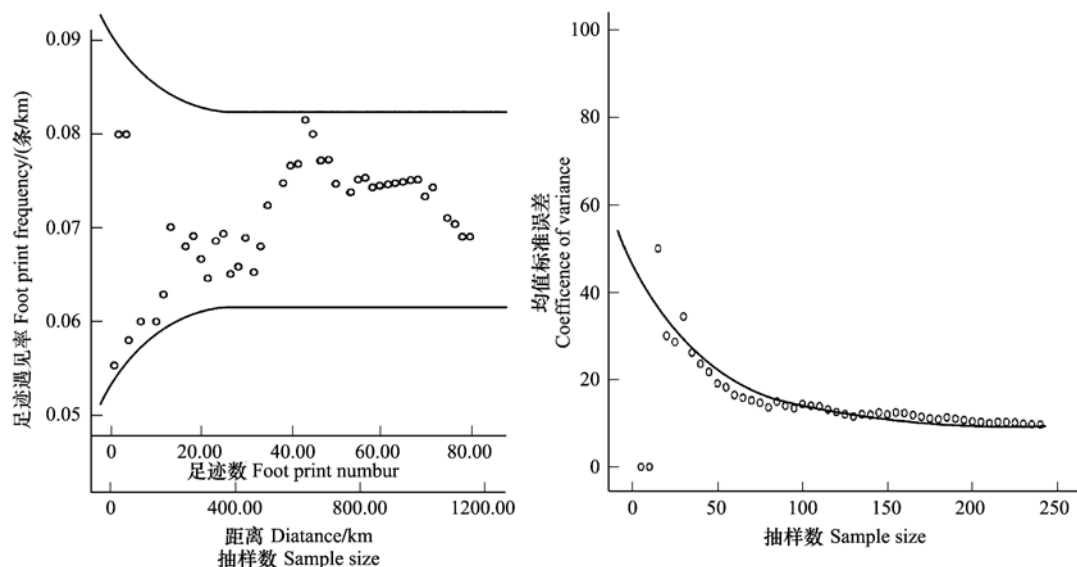


图2 野猪足迹遇见率与抽样强度、足迹遇见率均值标准误差与抽样强度之间关系分析

Fig. 2 The relationship between the increasing sampling effort and foot print frequency of wild boar, and sampling precision measured by coefficient of variance (SE as the percentage of the mean) as increased sample size

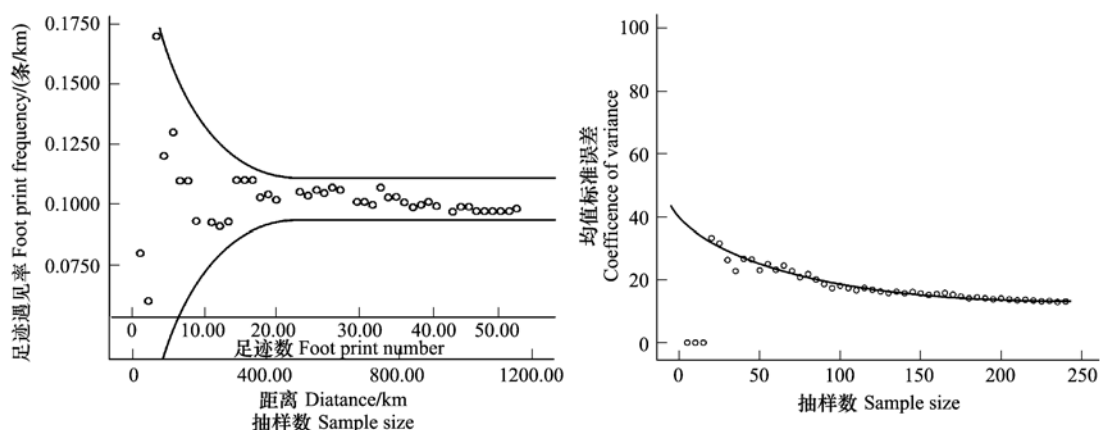


图3 马鹿足迹遇见率与抽样强度、足迹遇见率均值标准误差与抽样强度之间关系分析

Fig. 3 The relationship between the increasing sampling effort and foot print frequency of wild deer, and sampling precision measured by coefficient of variance (SE as the percentage of the mean) as increased sample size

当抽样数从第1条增加到150条(或抽样距离达到750 km)时,调查结果的准确性有很大程度的提高。从151条增加至240条样线时,足迹遇见率的均值标准误差相差为2.86%,而第1条样线增加至150样线时,足

迹遇见率的均值标准误差相差为 17.14%, 这表明在抽样样线大于 150 条后, 调查结果的准确性并没有随抽样强度的增加有太大的改善。在最大抽样中, 马鹿足迹遇见率为 (0.045 ± 0.005) 条/km。图 4 表明, 在孢子调查中, 当抽样样线数从第 1 条增加到 115 条(或抽样距离达到 575 km)时, 调查结果的准确性有很大程度的提高。当从第 115 条增加至第 240 条样线时, 足迹遇见率的均值标准误差相差为 3.84%, 而第 1 条样线增加至 115 条样线, 足迹遇见率的均值标准误差相差为 39.72%。足迹遇见率均值标准误差变化表明在抽样数达到 115 条样线后, 随着样线数的增加, 调查结果的准确性改善较小。在最大抽样中, 孢子足迹频率为 (0.099 ± 0.052) 条/km。

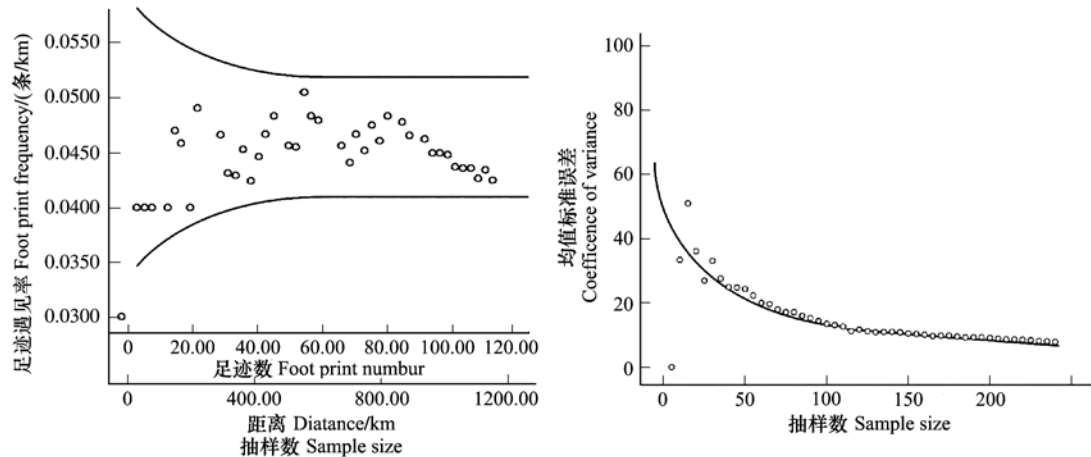


图 4 孢子足迹遇见率与抽样强度、足迹遇见率均值标准误差与抽样强度之间关系分析

Fig. 4 The relationship between the increasing sampling effort and foot print frequency of roe deer, and sampling precision measured by coefficient of variance (SE as the percentage of the mean) as increased sample size

3.2 东北虎猎物种群数量及其生物量

根据调查和查阅的体重参数计算获得的猎物种群数量和生物量见表 2。

表 2 完达山东部林区野猪、马鹿、孢子的种群数量和生物量

Table 2 The population size and biomass of wild boar, red deer and roe deer in the eastern Wanda Mountains

种群结构	马鹿 Red deer		孢子 Roe deer		野猪 Wild boar	
Population structure	成体	亚成体	成体	亚成体	成体	亚成体
种群数量 Population size/只	331—357	67—72	810—815	202—203	502—606	209—210
体重 Body weight/kg	222.50	91.00	33.70	20.00	125.00	57.50
猎物生物量 Prey biomass/kg	73 647.50	6 097.00	27 297.00	4 040.00	62 750.00	12 017.50
	79 432.50	6 552.00	27 465.50	4 060.00	75 750.00	12 075.00
猎物生物量范围	79 744.50—85 984.50		31 337.00—31 525.50		74 767.50—87 825.00	
Scale of prey biomass/kg						
有蹄类总生物量			185 849.00—205 335.00			
Total biomass of ungulate/kg						

根据完达山东部林区东北虎主要的猎物生物量和生境中每年可供的总猎物生物量, 经计算, 在完达山东部林区主要猎物生物量能维持的东北虎种群数量为 5.22—6.92 只。如果按大型有蹄类占东北虎食物量的 88.66% 计算, 完达山东部林区东北虎猎物总生物量为 209 619.89—231 598.24 kg, 按 8.00% 供给东北虎, 则研究地区总的猎物生物量可维持 5.89—7.81 只东北虎。

3.3 完达山东部林区东北虎每年实际生物量需求

从 2002 年至 2009 年的东北虎监测表明, 完达山东部林区东北虎种群数量分别为 4—5 只(2002)、4—6 只(2003—2004 年)、5—6 只(2005—2006 年)、7 只(2006—2009 年)(其中在 2008 年由于非法盗猎分子捕杀

野猪、马鹿和狍子等有蹄类动物导致误杀东北虎 1 只),每年实际生物量需求分别为 9 492.00—14 235.00 kg (2001—2002 年)、9 492.00—17 982.00 kg (2003—2004 年)、11 865.00—17 892.00 kg (2003—2004 年)、16 611.00—19 929.00 kg (2006—2009 年)。那么,每年东北虎捕食的猎物生物量占研究地区总猎物生物量的 7.33%—9.14%。其中,2006—2009 年东北虎实际生物量需求占目前研究地区生物总量的 7.17%—9.50%。

4 讨论

4.1 种群数量调查的有效性分析

哺乳动物是自然生态系统的重要组成部分,在生物多样性组成与生态功能方面扮演着重要的角色^[32]。有蹄类具有随生境差异出现集群分布和潜在的种群数量变化差异,从而导致许多种群数量调查的结果存在较大的区间值^[33]。在许多物种的种群数量调查中,即使在同一地区利用同一方法开展调查得到的结果存在的差异也在 10%—30%^[34]。因为不同的抽样强度可以获得不同的结果^[18]。在野生动物种群数量调查中,抽样总距离应该达到数百公里才能满足调查精度的需求^[34]。本研究通过布设覆盖所有生境类型的样方 48 个(3 个样方位于针叶林、15 个样方位于针阔混交林、19 个样方位于阔叶混交林、4 个样方位于林间湿地、7 个样方位于灌丛),样方覆盖研究地区的谷底和山坡(14 个样方位于谷底,34 位于山坡),调查样线总长度达 1 200 km,且调查样方的布设与冬季有蹄类动物分布的特点相符,即冬季在完达山东部林区,有蹄类动物主要分布在针阔混交林和阔叶混交林,在针叶林、林间湿地和灌丛生境中分布较少,这将保证了本次猎物种群数量调查结果的合理性。

在对野猪、马鹿和狍子的种群数量调查中,当抽样样线数量分别从第 1 条逐渐增加到 120 条(样线距离为 600 km)、150 条(样线距离为 750 km)和 115 条(样线距离为 575 km)的过程中,随着抽样强度(样线数或抽样距离)的增加,足迹遇见率趋于稳定,足迹遇见率均值标准误差变化减小。因此,认为 120、151 和 115 条样线分别为满足该地区野猪、马鹿和狍子 3 种有蹄类动物种群数量调查的样线数。

4.2 东北虎猎物生物量

粪便分析虽然在虎食性研究中被广泛运用^[35],但该方法要求较多的样本数量^[29-31],由于虎分布数量稀少,粪便难收集的地区利用该分析方法往往受到限制。东北虎在中国黑龙江省完达山东部林区分布种群数量稀少,研究过程中存在很难收集到满足粪便分析方法所要求的样本数量的问题。因此,根据大、中型有蹄类动物是虎食物重要组成部分的研究成果^[36],确定完达山东部林区的东北虎主要猎物为野猪、马鹿和狍子。

利用样线调查收集有蹄类动物活动信息的方法在野生动物种群数量调查中已经被成功运用^[37]。本研究通过样线调查收集东北虎猎物足迹、卧迹信息,通过足迹链信息与实体的转换系数获得有蹄类的种群数量。野外调查通过足迹、卧迹大小综合判断成体和亚成体,这种方法测得的野猪、马鹿亚成体比例分别占种群数量的 29.41% 和 16.67%,这与吴诗宝在大雾岭保护区对野猪的研究,其亚成体比例占种群数量的 26.0% 相近^[38],刘群秀在完达山东部林区对马鹿种群生存力研究的亚成体数据相符^[28]。此外,获得的狍子成体和亚成体比例对今后与狍子相关的研究也具有重要的参考意义。

猎物种群数量调查是东北虎种群保护和恢复管理的第一步^[39-40]。通过调查猎物种群数量计算大型食肉类动物分布的焦点地区猎物生物量能维持的捕食者种群数量便成为动物保护和恢复关注的焦点^[41]。本研究分析表明该地区分布的主要有蹄类动物的生物量能供给 5.22—6.92 只东北虎个体生存;整个研究地区总生物量按 8% 供给东北虎,则研究地区的猎物生物量可维持 5.89—7.81 只东北虎,这与人们对东北虎监测获得的数据 5—7 只(2002—2009 年),以及 2006—2009 年东北虎实际生物量需求占目前研究地区总猎物生物量的 4.10%—9.51% 相近。也有研究表明,如果栖息生境中有蹄类动物分布极其丰富,虎将不会捕食家畜^[42]。然而,在研究地区的调查中访问到有关东北虎捕食马的情况。通过生物量估算能维持的东北虎数量、以及对虎捕食家畜的分析表明东北虎在该地区的食物极度紧缺。

References:

- [1] Sanderson E W, Redford K H, Chetkiewicz C L B, Medellin R A, Rabinowitz A R, Robinson J G, Taber A B. Planning to save a species: the jaguar as a model. *Conservation Biology*, 2002,16:58-72.
- [2] Dinerstein E, Loucks C, Wikramanayake E, Ginsberg J, Sanderson E, Seidensticker J, Forrest J, Bryja G, Heydlauff A, Klenzendorf S, Leimgruber P, Mills J, O'Brien T G, Shrestha M, Simons R, Songer M. The fate of wild tigers. *Bioscience*, 2007,57:508-541.
- [3] Graham K, Beckerman A P, Thirgood S. Human-predator-prey conflicts: ecological correlates, prey losses and patterns of management. *Biological Conservation*, 2005,122:159-171.
- [4] Johnsingh A T, Negi A S. Status of tiger and leopard in Rajaji-Corbett Conservation Unit, northern India. *Biological Conservation*, 2003,111:385-393.
- [5] Ramakrishnan U, Coss R G, Pelkey N W. Tiger decline caused by the reduction of large ungulate prey: evidence from a study of leopard diets in southern India. *Biological Conservation*, 1999, 89:113-120.
- [6] Matthewlinke, Guillaume C, Deborah J M, Jeremy H, Nigel L W. Assessing the viability of tiger subpopulations in a fragmented landscape. *Journal of Applied Ecology*, 2006,43(3):576-586.
- [7] Igor G N, Evgeny N M. Food habits of amur tigers in Sikhote-Ali Zapovednik and Russian Far East, and implication for conservation. *Journal of Wildlife Research*, 1996,1(2):138-147.
- [8] Harsha S, Reddy C, Srinivasulu K T R. Prey selection by the India tiger (*Panthera tigris tigris*) in Nagarjunasagar Srisailem Tiger Reserve, India. *Mammalian Biology*, 2004, 69(6):384-391.
- [9] Bagchi S, Goyal S P, Sankar K. Prey abundance and prey selection by tigers (*Panthera tigris*) in a semi-arid, dry deciduous forest in western India. *Journal of Zoological*, 2003, 260:285-290.
- [10] Andheria A P, Kauanth K U, Kumar N S. Diet and prey profiles of three sympatric large carnivores in Bandipur Tiger Reserve, India. *Journal of Zoology*, 2007,273:169-175.
- [11] Carlos C, Dale G M. Spatial viability analysis of amur tiger *Panthera tigris altaica* in the Russian Far East: the role of protected areas and landscape matrix in population persistence. *Journal of Applied Ecology*, 2006, 43:1056-1068.
- [12] Kaplanov L G. Tiger of the Sikhote-Alin. *Moscow Society of Naturalists, New series*, 1948, 14 (29): 18-45 (in Russian).
- [13] Dale G M, Evgeny N S, Howard G Q, Maurice G H, Igor G N, Evgeny N M. Food habits of amur tigers in Sikhote-Ali Zapovednik and Russian Far East, and implication for conservation. *Journal of Wildlife Research*, 1996,1(2):138-147.
- [14] Tobias R, Darius W. Top predators as indicators for species richness? Prey species are just as useful. *Journal of Applied Ecology*, 2008,45:987-991.
- [15] Fernanda F C M, Stephen T B, David G, Camilla E, David L, Borchers B A M, Andrew J P. Estimating deer abundance from line transect surveys of dung: sika deer in southern Scotland. *Journal of Applied Ecology*, 2001, 38:349-363.
- [16] Stephens P A, Zaumyslova O Y, Miquelle D G, Myslenkov A I, Hayward G D. Estimating population density from indirect sign: track counts and Formozo-Malyshev-Pereleshin formula. *Animal Conservation*, 2006, 9:339-348.
- [17] Robert G D. Using snow-track surveys to determine deer winter distribution and habitat. *Wildlife Society Bulletin*, 2001, 29(3): 879-887.
- [18] Stander P E. Spoor counts as indices of large carnivore populations: the relationship between spoor frequency, sampling effort and true density. *Journal of Applied Ecology*, 1998, 35:378-385.
- [19] Nicolas G D, Herv F, Mathieu B, Pierre-C R, Pierre P, Denys P, S bastien L B. Cost and efficiency of large mammal census techniques: comparison of methods for a participatory approach in a communal area, Zimbabwe. *Biodiversity and Conservation*, 2006, 15:735-745.
- [20] Li B, Zhang E D, Zhang Z H, Liu Y. Preliminary monitoring of Amur tiger conservation and population restoration in Jilin Hunchun National Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica*, 2008, 28 (4):333-341.
- [21] Sun H Y, Lu X D, Tian J L, Cheng S T, Li D F, Dong H Y. The Wild Population Monitor of Amur Tiger in Heilongjiang Province. *Forestry Science and Technology*, 2005, 30(6):33-3.
- [22] Zhou S C, Sun H Y, Zhang M H, Lu X D, Yang J, Li L. Regional distribution and population size fluctuation of wild Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) in Heilongjiang Province. *Acta Theriologica Sinica*, 2008, 28(2):165-173.
- [23] Sun B G, Zhang E D, Yu X C, Sun H Y, Guan G S. A Census and Conservation Plan of Amur Tiger and Leopard in 1999. Harbin: Wildlife Research Institute of Heilongjiang Province, 1999:1-43.
- [24] Zhou S C, Zhang M H, Sun H Y, Yin Y X, Huang H J, Yu H W, Lu X D, Ge D N, Tian J L. Population size and habitat of wild boar (*Sus scrofa*) in the eastern Wanda Mountains. *Acta Theriologica Sinica*, 2010, 30 (1):28-34.

- [25] Ma S L, Ma X F, Shi W Y. A Guide to Mammal Tracking in China. Beijing: China Forestry Publishing House, 2001:290-214.
- [26] Gao Z X, Chen H H, Chen H P, Luo L Y, Liu J Q, Jin K. Experimental and Practical Approach of Wildlife Ecology. Harbin: Northeast Forestry University Press, 1991: 82-84.
- [27] Ma Y Q. Mammals of Heilongjiang Province. Harbin: Science and Technology Press, 1986:390-395.
- [28] Liu Q X. Population Viability Analysis of Red Deer in Wandashan Forestry Area. Harbin: Northeast Forest University, 2006.
- [29] Lannoy L, Gaidet N, Chardonney P, Fanguinoveny M. Abundance estimates of duikers through direct counts in a rain forest, Gabon. African Journal of Ecology, 2003, 41: 108-110.
- [30] Andheria A P, Kauanth K U, Kumar N S. Diet and prey profiles of three sympatric large carnivores in Bandipur Tiger Reserve, India. Journal of Zoology, 2007, 273:169-175.
- [31] Sunquist M E. The Social Organization of Tigers (*Panthera tigers*) in Royal Chitawan National Park, Nepal. Washington: Smithsonian Institution Press. 1981, 336:1-98.
- [32] Jang Z G. Biodiversity in the Laoxiancheng Nature Reserve, Shanxi, China. Beijing: Tsinghua University Press, 2006:67-76.
- [33] Caro T M, Pelkey N, Borner M, Severe E L M, Campbell K L I, Huish S A, Ole K J, Farm B P, Woodworth L. Consequences of different forms of conservation for large mammals in Tanzania: preliminary analyses. African Journal of Ecology, 1998,36:303-320.
- [34] Andrew J P. Monitoring mammal populations with line transect techniques in African forests. Journal of Applied Ecology, 2000, 37:365-368.
- [35] Biswas S, Sankar K. Prey abundance and food habit of tigers(*Panthera tigris tigris*) in Pench National Park, Madhya Pradesh, India. Journal of Zoology(Lond), 2002, 256:411-420.
- [36] Karanth K U, Nichols J D, Kumar N S, Link W A, Hines J E. Tigers and their prey: predicting carnivore densities from prey abundance. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 2004,102:4854-4858.
- [37] Stephens P A, Zaumyslova O J, Hayward G D, Miquelle D G. Analysis of the long-term dynamics of ungulates in Sikhote-Alin Zapovednik, Russian Far East. Report to the USDA Forest Service and Sikhote-Alin Zapovednik. (2010-12-12). http://www.dur.ac.uk/philip.stephens/SAZ_stuff/Report%20to%20SAZ.pdf.
- [38] Wu S B, Chen H, Cai X Q. Preliminary study on the population structures and reproductive habitat in Wild boar (*Sus Scrofa*) in the Dawuling Natural Reserve. Acta Theriologica Sinica, 2000, 20(2):151-156.
- [39] Wegge P, Storaas T. Sampling tiger ungulate prey by the distance method: lessons learned in Bardia National Park, Nepal. Animal Conservation, 2009,12:78-84.
- [40] Ekwa I, Kushwaha S P S, Aditya S. Evalation of suitable tiger habitat in Chandoli National Park, India, using multiple logistic regression. Ecological Modelling, 2009, 220:3 621-3 629.
- [41] Oli M K. Snow leopards and blue sheep in Nepal: densities and predator: prey ratio. Journal of Mammalogy, 1994, 75(4): 998-1004.
- [42] Reddy H S, Srinivasulu C, Rao K T. Prey selection by the India tiger(*Panthera tigris tigris*) in Nagarjunasagar Srisailam Tiger Reserve, India. Mammalian Biology, 2004, 69:384-391.

参考文献:

- [21] 孙海义,卢向东,田家龙,程守涛,李德福,董红雨. 黑龙江省东北虎野外种群监测研究. 林业科技,2005,30(6):33-3.
- [22] 周绍春,孙海义,张明海,卢向东,杨娇,李林. 黑龙江省东北虎分布区域及其数量动态. 兽类学报,2008,28(2):165-173.
- [23] 孙宝钢,张恩迪,于孝臣,孙海义,关国生. 1999年东北虎和豹的调查及其保护对策. 黑龙江省野生动物研究所国际合作研究报告. 哈尔滨,1999:1-43.
- [24] 周绍春,张明海,孙海义,尹远新,黄海娇,于洪伟,卢向东,葛东宁,田家龙. 完达山东部林区野猪种群数量和栖息地特征的初步分析. 兽类学报,2010,30(1):28-34.
- [25] 马世来,马晓峰,石文英. 中国兽类足迹指南. 北京:中国林业出版社,2001:190-214.
- [26] 高中信,陈华豪,陈化鹏,罗理扬,刘景全,金崑. 动物生态学试验与实习方法. 哈尔滨:东北林业大学出版社,1991:82-84.
- [27] 马逸清. 黑龙江省兽类志. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1986:390-395.
- [29] 刘群秀. 黑龙江省完达山马鹿种群生存力分析. 哈尔滨:东北林业大学,2006.
- [30] 蒋志刚(主编). 陕西老县城自然保护区的生物多样性. 北京:清华大学出版社,2006:67.
- [38] 吴诗宝,陈海,蔡显强. 大雾岭保护区野猪种群数量、结构及繁殖习性的初步研究. 兽类学报,2000,20(2):151-156.

CONTENTS

Spatial pattern analysis of a <i>Rhododendron-Abies</i> virginal forest near timberline on the eastern edge of Qinghai-Tibetan Plateau, China	MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (1)
Changes of liana species diversity in different restoration stages of monsoonal broad-leaved evergreen forest	LI Shuaifeng, SU Jianrong, LIU Wande, et al (10)
Investigation on spatio-temporal pattern of cyanobacterial community structure by T-RFLP during overwinter and recruitment period in Taihu Lake	GU Tingting, KONG Fanxiang, TAN Xiao, et al (21)
Food sources of fish and macro-invertebrates in a tropical seagrass bed at Xincun Bay, Southern China	FAN Minling, HUANG Xiaoping, ZHANG Dawen, et al (31)
Spatial pattern of Scleractinian coral Population Structure in Weizhou Island, Beihai, Guangxi	LIANG Wen, ZHANG Chunhua, YE Zuchao, et al (39)
Property of root distribution of triploid <i>Populus tomentosa</i> and its relation to root water uptake under the wide-and-narrow row spacing scheme	XI Benye, WANG Ye, JIA Liming, et al (47)
Soil nutritional properties and moisture gradient of the ecotone between dry valley and montane forest of the Minjiang River	LIU Bin, LUO Chengde, ZHANG Jian, et al (58)
Signal chemical salicylic acid mitigates the negative effects of drought on photosynthesis and membrane lipid peroxidation of purple majesty	YI Xiaolin, YANG Bingxian, ZONG Xuefeng, et al (67)
Effects of supplementary UV-B radiation on life cycle forms and the accumulation of taxanes of <i>Taxus chinensis</i> var. <i>mairei</i>	YU Jinghua, LI Dewen, PANG Haihe, et al (75)
Effect of simulated nitrogen deposition on the soil respiration of <i>Lithocarpus glabra</i> and <i>Castanopsis sclerophylla</i>	LI Kai, JIANG Hong, YOU Meina, et al (82)
Changes of phenolic acids in the soil of replanted apple orchards surrounding Bohai Gulf	SUN Haibing, MAO Zhiqian, ZHU Shuhua (90)
Growing dynamic root system of <i>Aquilaria malaccensis</i> and <i>Aquilaria sinensis</i> seedlings in response to different fertilizing methods	WANG Ran, LI Jiyue, ZHANG Fangqiu, et al (98)
Accumulation and tolerance of <i>Salix variegata</i> and <i>Pterocarya stenoptera</i> seedlings to cadmium	JIA Zhongmin, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (107)
Dynamics of vegetation structure and soil properties in the natural restoration process of degraded woodland on the northern slope of Qilian Mountains, northwestern China	ZHAO Chengzhang, SHI Fuxi, DONG Xiaogang, et al (115)
Relationship between temperature and $\delta^{13}\text{C}$ values of C3 herbaceous plants and its implications of WUE in farming-pastoral zone in North China	LIU Xianzhao, WANG Guoan, LI Jiazhu, et al (123)
Carbon dynamics of fine root (grass root) decomposition and active soil organic carbon in various models of land use conversion from agricultural lands into forest lands	RONG Li, LI Shoujian, LI Xianwei, et al (137)
Prey biomass of the Amur tiger (<i>Panthera tigris altaica</i>) in the eastern Wanda Mountains of Heilongjiang Province, China	ZHOU Shaochun, ZHANG Minghai, SUN Haiyi (145)
The impact of conservation projects on giant Panda Habitat	ZHANG Yubo, WANG Mengjun, LI Junqing (154)
Fluctuation of soil fauna community during defoliation decomposition under lime and EM treatment	GAO Meixiang, ZHANG Xueping (164)
Comparative of feeding behaviors of <i>Sitobion avenae</i> , <i>Sitobion graminum</i> and <i>Rhopalosiphum padi</i> (Homoptera: Aphididae) using electrical penetration graph (EPG)	MIAO Jin, WU Yuqing, YU Zhenxing, et al (175)
Toxic effects of <i>ent</i> -kaurane diterpenoids on soil ciliate communities	NING Yingzhi, DU Haifeng, WANG Hongjun (183)
Geostatistical analysis and sampling technique on spatial distribution pattern of <i>Dendroctonus valens</i> population	PAN Jie, WANG Tao, ZONG Shixiang, et al (195)
Variation analysis of protein subunits of soybean germplasms of different eco-types in Shanxi	WANG Yanping, LI Guiquan, GUO Shujin, et al (203)
Effects of fertilization and plastic film mulched ridge-furrow cultivation on yield and water and nitrogen utilization of winter wheat on dryland	LI Tingliang, XIE Yinghe, REN Miaomiao, et al (212)
The changing characteristics of potential climate productivity in Gansu Province during nearly 40 years	LUO Yongzhong, CHENG Ziyong, GUO Xiaoqin (221)
Spatial assessment and zoning regulations of ecological importance based on GIS for rural habitation in Changgang Town, Xinguo county	XIE Hualin, LI Xiubin (230)
Influences of rural households' income differences on living energy consumption and eco-environment: a case study of Jiangnan Plain, China	YANG Zhen (239)
Spatial differences and its driving factors of emergy indices on cultivated land eco-economic system in Hebei Province	WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang, et al (247)
Effects of land use on distribution and protection of organic carbon in soil aggregates in karst rocky desertification area	LUO Youjin, WEI Chaofu, LI Yu, et al (257)
Review and Monograph	
Implication and limitation of landscape metrics in delineating relationship between landscape pattern and soil erosion	LIU Yu, LÜ Yihe, FU Bojie (267)
Ecological reclamation and restoration of abandoned coal mine in the United States	ZHANG Chengliang, B. Larry Li (276)
Managing farmland soil food web: principles and methods	CHEN Yunfeng, HU Cheng, LI Shuanglai, et al (286)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

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 31 卷 第 1 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 1 2011

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	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
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		

