

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

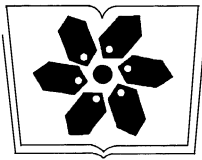
Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 19 期 Vol.32 No.19 **2012**

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 32 卷 第 19 期 2012 年 10 月 (半月刊)

目 次

中国野生东北虎数量监测方法有效性评估	张常智, 张明海, 姜广顺 (5943)
城市居民食物氮消费变化及其环境负荷——以厦门市为例	于 洋, 崔胜辉, 赵胜男, 等 (5953)
珠江口水域夏季小型底栖生物群落结构	袁俏君, 苗素英, 李恒翔, 等 (5962)
2010 年夏季雷州半岛海岸带浮游植物群落结构特征及其与主要环境因子的关系	 (5972)
阿根廷滑柔鱼两个群体间耳石和角质颞的形态差异	龚玉艳, 张才学, 孙省利, 等 (5972)
黄河三角洲滨海草甸与土壤因子的关系	方 舟, 陈新军, 陆化杰, 等 (5986)
盘锦湿地净初级生产力时空分布特征	谭向峰, 杜 宁, 葛秀丽, 等 (5998)
菜豆根瘤菌对土壤钾的活化作用	王莉雯, 卫亚星 (6006)
花生植株和土壤水浸液自毒作用研究及土壤中自毒物质检测	张 亮, 黄建国, 韩玉竹, 等 (6016)
遮荫对金莲花光合特性和叶片解剖特征的影响	黄玉茜, 韩立思, 杨劲峰, 等 (6023)
火干扰对小兴安岭草丛、灌丛沼泽温室气体短期排放的影响	吕晋慧, 王 玄, 冯雁梦, 等 (6033)
古尔班通古特沙漠南部植物多样性及群落分类	顾 韩, 牟长城, 张博文, 等 (6044)
黄土高原樟子松和落叶松与其他树种枯落叶混合分解对土壤的影响	张 荣, 刘 彤 (6056)
长期集约种植对雷竹林土壤氨氧化古菌群落的影响	李 茜, 刘增文, 米彩红 (6067)
H ₂ O ₂ 参与 AM 真菌与烟草共生过程	秦 华, 刘卜榕, 徐秋芳, 等 (6076)
北京山区防护林优势树种分布与环境的的关系	刘洪庆, 车永梅, 赵方贵, 等 (6085)
旱直播条件下强弱化感潜力水稻根际微生物的群落结构	邵方丽, 余新晓, 郑江坤, 等 (6092)
不同森林类型根系分布与土壤性质的关系	熊 君, 林辉锋, 李振方, 等 (6100)
臭氧胁迫下硅对大豆抗氧化系统、生物量及产量的影响	黄 林, 王 峰, 周立江, 等 (6110)
垃圾填埋场渗滤液灌溉对土壤理化特征和草本花卉生长的影响	战丽杰, 郭立月, 宁堂原, 等 (6120)
稻麦轮作系统冬小麦农田耕作措施对氧化亚氮排放的影响	王树芹, 赖 娟, 赵秀兰 (6128)
不同施氮措施对旱作玉米地土壤酶活性及 CO ₂ 排放量的影响	郑建初, 张岳芳, 陈留根, 等 (6138)
北方农牧交错区农业生态系统生产力对气候波动的响应——以准格尔旗为例	张俊丽, 高明博, 温晚霞, 等 (6147)
.....	孙特生, 李 波, 张新时 (6155)
辽宁省能源消费和碳排放与经济增长的关系	康文星, 姚利辉, 何介南, 等 (6168)
基于 FARSITE 模型的丰林自然保护区潜在林火行为空间分布特征	吴志伟, 贺红士, 梁 宇, 等 (6176)
不同后作生境对玉米地天敌的冬季保育作用	田耀加, 梁广文, 曾 玲, 等 (6187)
云南紫胶虫种群数量对地表蚂蚁多样性的影响	卢志兴, 陈又清, 李 巧, 等 (6195)
阿波罗绢蝶种群数量和垂直分布变化及其对气候变暖的响应	于 非, 王 吟, 王绍坤, 等 (6203)
专论与综述	
海水养殖生态系统健康综合评价: 方法与模式	蒲新明, 傅明珠, 王宗灵, 等 (6210)
海草场生态系统及其修复研究进展	潘金华, 江 鑫, 赛 珊, 等 (6223)
水华蓝藻对鱼类的营养毒理学效应	董桂芳, 解绶启, 朱晓鸣, 等 (6233)
环境胁迫对海草非结构性碳水化合物储存和转移的影响	江志坚, 黄小平, 张景平 (6242)
生态免疫学研究进展	徐德立, 王德华 (6251)
研究简报	
喀斯特峰丛洼地不同森林表层土壤有机质的空间变异及成因	宋 敏, 彭晚霞, 邹冬生, 等 (6259)
准噶尔盆地东南缘梭梭种子雨特征	吕朝燕, 张希明, 刘国军, 等 (6270)



封面图说: 岸边的小白鹭——鹭科白鹭属共有 13 种, 其中有大白鹭、中白鹭、白鹭(小白鹭)、黄嘴白鹭等, 体羽皆是全白, 世通称白鹭。夏季的白鹭成鸟繁殖时枕部着生两条狭长而软的矛状羽, 状若双辫, 肩和胸着生蓑羽, 冬季时蓑羽常全部脱落, 白鹭虹膜黄色, 嘴黑色, 脚部黑色, 趾呈黄绿色。小白鹭常常栖息于稻田、沼泽、池塘水边, 以及海岸浅滩的红树林里。白天觅食, 好食小鱼、蛙、虾及昆虫等。繁殖期 3—7 月。繁殖时成群, 常和其他鹭类在一起, 雌雄均参加营巢, 次年常到旧巢处重新修葺使用。

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

DOI: 10.5846/stxb201109061308

张常智, 张明海, 姜广顺. 中国野生东北虎数量监测方法有效性评估. 生态学报, 2012, 32(19): 5943-5952.

Zhang C Z, Zhang M H, Jiang G S. Assessment of monitoring methods for population abundance of Amur tiger in Northeast China. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(19): 5943-5952.

中国野生东北虎数量监测方法有效性评估

张常智, 张明海*, 姜广顺

(东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 虎数量监测是虎保护的核心内容之一。野生虎现存数量少、领域宽广,加之习性机警,很难对其数量和种群变化趋势做出准确的评估。合适的虎数量监测方法随着监测目标、监测尺度、虎密度、猎物密度、气候及其它环境因素的变化而不同。2002—2011 年,用东北虎信息收集网络法、样线调查法、猎物生物量和捕食者关系法,对东北虎数量进行监测。(1)用老虎信息收集网络法研究 2006 年完达山东部地区东北虎的种群现状,结果显示东完达山地区 2006 年东北虎数量为 6—9 只,由 1 只成年雄虎,2—3 只成年雌虎,2—4 只亚成体虎和 1 只小于 1 岁的幼体虎组成;(2)用猎物生物量和捕食者关系法得到东完达山地区 2002 年东北虎的密度为 0.356 只/100 km²,能容纳 22—27 只东北虎;(3)用样线法在黑龙江的老爷岭南部和吉林省大龙岭北部面积 1735.99 km² 的区域设置样线 64 条,总长 609 km,没有发现东北虎足迹链。样线调查的结果表明,在 2011 年 2—3 月该调查区域东北虎的数量为 0 只。监测结果表明,用猎物生物量和捕食者关系得到东北虎数量远远超过现实数量,人们对有蹄类的盗猎和猎套对老虎的伤害可能是其主要原因;样线法调查得出的结果低于现实种群,主要原因是老虎数量极低和调查者对野生虎行为学了解甚少,较难在野外有效的发现虎信息;且样线法监测仅应用于当东北虎以一定的密度(即有定居虎)存在的情况下(多数监测样线能发现虎信息)。虽然和样线法一样存在着诸如专家估计密度和真实密度之间的关系,老虎足迹数量和老虎真实密度间关系不确定,保守估计等内在缺点,在目前中国东北地区野生东北虎种群密度极低,且多是穿越于中俄边境地区的游荡个体的现状下,信息收集网络法是一种高效、可行东北虎监测方法。因此,建议建立更广泛的监测信息收集网络,培训监测人员,严格执行信息收集程序,减少专家估计误差以完善此监测方法。此外,其他监测方法,如占有法、基于标志重捕远红外照相法、粪便 DNA 法、足迹数码信息法、警犬法等,应根据各种方法的理论前提、误差来源、适用范围和老虎是否定居及密度等具体情况有选择地加以应用,且有些方法可能成为未来中国野生东北虎种群的有效监测工具。

关键词: 虎; 种群数量; 监测; 信息收集网络法; 样线调查法; 猎物生物量和食肉类密度关系法

Assessment of monitoring methods for population abundance of Amur tiger in Northeast China

ZHANG Changzhi, ZHANG Minghai*, JIANG Guangshun

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

Abstract: Information on abundance and variation in abundance are bases for the effective wildlife management. Accurate survey methods are necessary to monitor the status and dynamics of endangered population of Amur tiger. The tigers are notoriously hard to monitor because they are secretive, occur at low density, wander widely, and are very rarely observed. Suitable monitoring methods vary in their reliability depending on the monitoring objectives, the spatial and temporal scale, tiger population density, prey density, climate, terrain and other environmental parameters.

The accuracy and feasibility of three methods (Information collecting networks, traditional transect survey and tiger-

基金项目: 世界自然基金会 Fuller 老虎博士基金 (RY08); 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); FANEDD-201069; WWF-中国虎豹保护项目

收稿日期: 2011-09-06; 修订日期: 2011-12-06

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

prey biomass relationships) for monitoring Amur tiger population abundance were assessed in the eastern Wanda Mountains, Heilongjiang Province and 8 bordering forest area between the southern Laoye Mountains in Heilongjiang Province and the northern Dalong Mountains in Jilin province during 2002—2011. The results showed that: 1) there were at least 6—9 wild Amur tiger in the eastern Wanda Mountains (1 male, 2—3 adult females, 2—4 sub-adults and 1 cub), in 2006 by using an information network for tigers; 2) there were 22—27 wild tigers in the eastern Wanda Mountains in 2002—2004 based on the prey biomass relationship method, which obviously exaggerated the tiger population size; and 3) 0 tigers in 8 bordering forestry areas between the southern Laoye mountains in Heilongjiang Province and the northern Dalong Mountains in Jilin province, in 2011 by using traditional transect method, which underestimated the true tiger population size.

The reasons for exaggeration of the tiger population using the biomass method could be previous losses of tigers from the area due to snares and competition with another carnivore, especially with people for ungulates. The transect method may have underestimated tiger densities in the survey areas because it was based on little prior knowledge of tiger behavior. It could only be usefully applied when tigers exist in at least moderate densities (i. e., when there is a high probability of encountering tiger tracks along a suite of routes). Although there is inherent potential error and bias, such as the unclear relationships of “expert estimates” and the true density, and between tiger track densities and actual tiger densities, same as the transect method, the monitoring of tiger populations using information networks provides a record of minimum tiger presence, and may be an appropriate approach when tiger presence is extremely rare, transitory and unstable, such as in northeast China. This approach is economically efficient and should be further improved by established a wider network across the landscape to encompass all potential tiger habitat using better trained monitoring staff.

An occupancy survey would be an ideal method to monitor tigers at the landscape scale when tigers are determined to be permanently present in some areas of northeastern China. Camera traps, DNA identification, dog identification, track identification, monitoring methodology based on capture-recapture systems may only work when tiger densities are high enough to provide ample capture-recapture data. They may be appropriate for future use in China. The density overestimates as determined by the large ungulate biomass method indicated that tiger numbers might be stabilized if strict measures were taken to alleviate the factors threatening both the tigers and their prey. We should also monitor populations of large ungulates and threat factors to those ungulates while at the same time make efforts to monitor abundance trends in the tiger population itself.

Key Words: *panthera tigris*; population size; monitoring; information network method; tradition transect method; predator and prey biomass ratios method

监测野生动物种群数量(或大小),了解其变动趋势,是野生动物种群生态学、濒危野生动物管理和保护生物学的核心任务之一。野生虎现存数量稀少、领域广阔,加之习性机警,对其数量及种群变动很难做出准确的评估。但获取野生虎的活动位点(出现频次)信息,以此作为基础,来确定它们种群数量的变动趋势,是十分重要的。它不仅能为虎种群恢复计划的制定提供科学、可靠的基础数据,同时也能检测和评价保护项目的实施效果^[1]。

老虎的监测方法主要有以下几种:

(1)信息收集网络法 根据虎的分布现状,建立监测站,组织专门的监测人员收集虎活动信息^[2];

(2)传统的样线法 一定时间内,组织人力,物力通过对虎的分布区进行样线调查,获取虎数量的调查方法^[3-4];

(3)基于标志重捕原理取样调查法 其前提假设有闭合种群,个体都能正确辨别和取样单元相互独立。对老虎个体识别方法有:红外线相机,通过老虎条纹识别老虎个体^[5];DNA基因分析,从粪便、毛发、组织等提取DNA进行基因分析识别老虎个体^[6];足迹,通过对老虎足迹的形状统计分析辨别个体^[7];警犬法,训练

有素的警犬依据老虎粪便气味辨认老虎个体^[8]等等。

(4) 占有法 主要目的是测量“真实生境占有”,而不是动物数量。但是在适应性管理框架下,经过多年监测,能够了解老虎的多度变化,前提是老虎为定居虎,真实生境占有率和老虎种群存在正比率关系^[9-10]。

(5) 基于猎物多度或生物量估算食肉类种群数量法 老虎的种群密度由大、中型猎物决定,基于猎物多度^[11],猎物生物量^[12]能估算老虎的种群密度和大小。

(6) 无线电, GPS 项圈跟踪法^[13]。

(7) 其他一些方法 如基于已研究地区老虎密度^[14]或者平均家域^[15],比较威胁程度估算研究地区老虎种群数量等。每种方法的理论前提,基本模型,误差来源和适用范围都不一样。合适的监测方法根据虎密度、监测目标、监测尺度(景观尺度或者特定区域尺度)、有蹄类密度,气候,生境及其它环境因子的变化而不同。

迄今为止,有些方法仍然在不断地发展完善,以期将来得到应用。中国境内的野生东北虎不足 20 头^[3-4],且多是穿越于中俄边境地区的游荡个体,濒临灭亡^[16]。虽然存在着上述诸多老虎监测方法,但是绝大多数方法在中国东北虎的监测实践中都会遇到或多或少的困难。基于此,本文用于 2002—2011 年冬季利用虎信息收集网络法,传统的样线调查法和基于有蹄类生物量估算老虎数量法对东北虎数量开展监测调查,旨在通过评估不同监测方法可行性和有效性,寻求适合目前我国东北虎种群的监测方法,并为东北虎保护及其栖息地恢复提供科学依据。

1 研究地区概况

研究地区分为两处:黑龙江东完达山研究地区和黑龙江的老爷岭及吉林省大龙岭交界地区。东完达山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 km²。黑龙江的老爷岭及吉林省大龙岭研究地区包括黑龙江省东宁县朝阳沟林场、黑龙江省绥阳林业局的暖泉河、三岔河、三节砬子、圆山 4 个林场(经营所)和吉林省汪清林业局的大荒沟、杜荒子、西南岔、兰家 4 个林场,总总面积 1735.99 km²,地理坐标范围:东经 130°13′—131°18′,北纬 43°05′—43°52′。研究地区属寒温带,受季风影响强烈,冬季漫长,无霜期仅 120 d 左右,年平均气温-7.4—-7.3℃,1 月份平均气温-18.6—-19.5℃,7 月份平均气温 19.8—21.7℃。极端最高气温 37.6℃,极端最低气温-44.0℃。研究地区的植被以红松(*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。

2 研究方法

2.1 信息收集网络法

根据国内外对野生东北虎调查实践经验,结合黑龙江省东完达山地区野生东北虎种群的分布及其数量情况,在完达山东部东方红林业局和迎春林业局共设 4 个东北虎监测站(五泡,奇源,五林洞和大岱东北虎监测站)。监测人员由科研人员和当地林区熟悉野生动物资源的林业工人组成。当地林场职工或居民发现东北虎的信息报告给监测人员,由监测人员到现场核实并进行现场勘查,记录包括时间、地点、报告人、生境、GPS 点、前(后)足掌垫宽、前(后)足长宽、步幅卧迹、尿斑、爪痕、食物残余物、粪便、生境类型和踪迹的新旧程度等信息,并拍摄相关影像以确保信息的可核查性。同时每年不同季节监测人员按指定样线主动调查和收集相关信息。

2.2 传统样线调查法

由于东北虎分布范围广,野外样线调查前,一般先进行访问调查,从中了解虎近期活动状况,并以此确定野外调查区域。样线一般布设在近两年有虎活动的区域^[2-3]。调查过程中,鉴于中国东北的东北虎密度低于俄罗斯远东地区,抽样强度应强于俄罗斯。Miquelle 等^[17]建议每 100—150 km² 不少于 20—30 km 的调查样

线密度。2011 年调查位于黑龙江省东宁县朝阳沟林场、黑龙江省绥阳林业局暖泉河、三岔河、三节砬子、圆山 4 个林场(经营所)和吉林省汪清林业局的大荒沟、杜荒子、西南岔、兰家 4 个林场。林场面积一般在 100—200 km²,与远东地区调查的单元相似,每个林场代表 1 个调查单元。每个调查单元按 36 km/100 km² 调查强度(即每 100 km² 设置 3 条 12 km 样带或 4 条 9 km 样线)设计。全部调查样线在调查前即被绘制在图上,样线专设在虎有可能留下踪迹的地方,譬如河流或溪流河床、踪迹或脊线。每条调查样线从随机选择点开始,步行穿过调查单元。在步行调查中寻找老虎踪迹,记录每处东北虎踪迹的全部信息,包括:前掌垫宽、吼声、树抓痕、被捕食猎物残骸等踪迹,观测到的踪迹的日期,虎踪迹位点(GPS),并在图的相应位置标注,同时也标注足迹方向。如发现清晰足迹链,至少测量 4 个前掌垫宽(掌垫中部最宽处);东北虎迹位置定位。

信息收集网络法和样线调查法主要以东北虎的前掌垫宽,结合调查所获虎的其他活动踪迹(足迹、粪便、抓痕等),通过虎的生态习性、活动范围和环境因子产生的分布隔离,进行综合分析,除去重复统计,得到虎数量^[3]。

基于来源于动物园,野外自然死亡,Sikhote-Alin Zapovednik 捕抓的 19 只野生东北虎,及俄罗斯东北虎野外调查等数据,Smirnov 和 Miquelle 通过东北虎前掌垫宽准确的把东北虎分成 4 种性别和年龄类别^[18-20]。而不同距离范围内相似大小足迹是否为同一个体的可能性则是通过已知冬季东北虎足迹野外跟踪,东北虎家域大小,和东北虎日行距离综合判定^[21-22]。

2.3 猎物-东北虎关系

相关研究表明,老虎的密度同可猎取的野生和家养有蹄类猎物的数量之间存在密切相关性。基于猎物生物量可获得性能估算有多大捕食者种群能生存于某一地区或某一地区能支持食肉类种群大小^[12]。

在东北虎的分布区东完达山的迎春和东方红两个林区内划定约 5000 km² 调查区域,并确定明确的调查边界。应用中、美、俄三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)调查推荐使用的大样方法”进行有蹄类密度的调查^[23]。本次共调查 53 个包括 5 条相距约 500 m,长约 5 km 的样线的大样方。抽样总面积达 530 km² 以上,保证抽样面积占调查总面积的 10% 以上。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,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,确定对应的物种和数量,记录每条足迹链穿越样线的方向,用 GPS 记录坐标。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)。根据调查单个样方中统计的有蹄类(马鹿、狍、野猪)的新鲜足迹链的数量和行走方向,辅以群体足迹链数量、卧迹数量、粪堆数量以及发现的活体数量等信息,来确定单个样方有蹄类的数量和密度,进而估算所有调查样方和整个调查区域的动物种群数量和密度。

由于根据野外足迹、卧迹大小等信息无法判断 3 种有蹄类物种成体和亚成体比例。因此,用成年雌性个体 3/4 体重代表整个物种种群的平均体重^[25]。在查阅了相关文献和实地调查了养鹿场,最终确定了野猪、马鹿和孢子成年雌性个体平均体重:马鹿为 150 kg,孢子 30 kg,野猪 125 kg^[24-27]。根据野猪、马鹿和孢子的种群数量、用成年雌性个体体重计算猎物生物量。

计算每 100 km² 有蹄类生物量,用转化系数:每 10000 kg 猎物能转化 90 kg 食肉类^[12],成年雌性东北虎的体重约为 200 kg^[24-25]。计算 100 km² 及整个调查地区潜在的老虎数量。

3 结果

3.1 老虎信息收集网络

2006 年,通过对完达山东部监测,共获得东北虎活动信息 45 次(表 1):43 次监测到足迹,其中 35 次测量到清晰的掌垫宽,获得较为可靠的东北虎信息,但是只有 6 次是多次(4 次以上)测量的结果,8 次监测到东北虎捕食猎物,1 次当地居民目击东北虎。在地面覆盖雪被时监测到 33 次东北虎信息,占全年信息的 73.33%,在非雪被条件下监测到 12 次,占全年的 26.67%(表 2);监测结果表明 2006 年完达山东部地区东北虎的种群

数量为 6—9 只,由 1 只成年雄虎,2—3 只成年雌虎,2—4 只亚成体虎和 1 只小于 1 岁的幼体虎组成(表 3)。

3.2 样线调查

2011 年 2—3 月,于黑龙江省东宁县朝阳沟林场、黑龙江省绥阳林业局暖泉河、三岔河、三节砬子和圆山 4 个林场(经营所)、吉林省汪清林业局的大荒沟、杜荒子、西南岔和兰家 4 个林场共 1735.99 km² 的区域内调查样线 64 条,总长 609 km,没有发现东北虎足迹链。

表 1 2006 年完达山东部地区虎活动踪迹类型表

Table 1 Type of tiger information monitored in 2006

类型 Type	足迹 Footprint	掌垫宽 Pad width	五次测量 Five measurement	捕食 Depredation	目击 Direct observation
次数 times	43	35	6	8	1

表 2 2006 年东北虎信息不同时段统计表

Table 2 Tiger information times monitored in snow and now-snow phase in 2006

	雪季 Snow (2006-01—2006-04 and 2006-11—2006-12)	非雪季 Non-snow (2006-04—2006-10)
次数 Times	33	12
比例 percentage/%	73.33	26.67

表 3 2006 年基于足迹分布,大小判定的东完达山老虎种群数量统计表

Table 3 Numbers of tigers in Eastern Wandashan Mountains, based on the distribution, size and age of tracks from 2006 monitoring

年 Year	成年雄虎 Adult male	成年雌虎 Adult female	亚成体 Sub-adult	幼体 <1 year old cub	总计 Total count
2006	1	2—3	2—4	1	6—9

3.3 基于有蹄类生物量调查

2002—2004 年,东完达山地区马鹿的种群平均密度为(0.201±0.027)只/km²、孢子的平均种群密度为(0.498±0.043)只/km²、野猪的平均种群密度为(0.342±0.027)只/km²。

东北虎密度 = ((0.201×150+0.498×30+0.342×125)×100)×90×0.75/(200×0.75×10,000) = 0.356 只/100 km²(0.320 只/100 km²—0.393 只/100 km²)。

全区有林面积约为 6905 km²,于是:

东完达山地区东北虎数量 = 0.356 只/100 km²(0.320 只/100 km²—0.393 只/100 km²)×6905 km² = 24.58(22.13—27.16)只。

结果表明东完达山地区东北虎的密度为 0.356 只/100 km²,能容纳 22—27 只东北虎。

4 讨论

4.1 各种监测方法的优缺点

4.1.1 信息网络收集法

此方法适宜于景观尺度和特定区域的监测,是虎监测的一种原始、简单的方法。当东北老虎数量极低,以短时间或不稳定的形式出现时,这种方法可以在最少的投入下获得最大的监测范围的监测信息,是一种高效的监测方法。由于其属于被动监测方法,当老虎出现时才被记录,因此此方法得出的老虎数量比实际老虎数量稍低。

本研究同李冰的调查结果相比,珲春保护区发现的虎信息多是虎吃牛,季节多为非雪季节,在虎捕食牛现场很难发现虎的清晰足迹,这就导致了珲春保护区中监测的老虎信息中半数没有获得可靠的足迹数据^[28],由此监测信息得到的结果误差较大。建议在这种情况下:假设老虎捕食家畜的个数或者生物量和老虎的数量或者出现频次成正比,因此,仅监测被捕食家畜的次数或者生物量即可监测东北虎的数量。本研究同周绍春的

调查结果相比,其通过 2005—2006 两年的监测显示东完达山有 5—6 只东北虎,周绍春 2005—2006 年监测整个黑龙江东北虎,仅获得 29 次监测信息^[29],而本文仅 2006 年监测东完达山地区就获得 45 次监测信息,详细的监测信息推测出的东北虎种群数量信息应该更为可靠。

信息网络收集法是依据前掌掌垫宽和足迹相间的距离,综合判定监测老虎种群变化。其误差来源主要有以下几个方面:

(1) 要求获得清晰多次掌垫测量,一般是 5 个清晰可测的平均值。但是有很多信息由于时间较长,很难看到清晰的足迹,即使遇见清晰的足迹,很少监测员测量 5 次,取其平均值,以减少误差。本研究中 45 次信息中,仅 6 次为 5 次测量的平均值。

(2) 亚成体的雄虎和成年雌虎掌垫宽重叠,这种情况下需要利用多种信息进行综合判断。导致研究结果成年雌虎和亚成体虎组个体不确定,为估计值。

(3) 估计数量一般较真实的数量少,为保守估计。首先在时间上分离的,家域范围内相似足迹被认为是同一只虎,从理论上说有可能是两只或者更多虎产生。其次可能遗失一些东北虎的足迹。

(4) 监测结果依赖专家估计,误差较大,不同监测员对同一足迹监测数据不一样,不同专家对同一地区,同一调查测量数据,估算结果也不一样^[30],因此,应尝试发展客观的运算法则,输入参数就能自动获得老虎数量的估计值,避免专家们在解释老虎足迹上不一致的难题。

(5) 不同环境下监测结果也不一样。环境因子如雪,影响监测结果,不同的年度同一地方或者同一年不同地方,环境不同,监测结果不一样。

(6) 不知道专家估计和真实密度之间的关系(没有修正值),也不知道老虎足迹数量(这种监测方法得到的结果)和老虎真实密度的关系,虽然我们假设两者是线性关系,但是目前我们还不能证实。

虽然存在误差,假设在监测努力相同,监测误差相似相同的情况下,多年的监测数量能反映东北虎的种群变动趋势。网络建立在大量受过良好训练的监测员的基础上,监测效果的好坏主要依靠不断完善这种网络:监测网络范围需覆盖所有老虎潜在的生境,监测强度适中,训练有素的监测员等。针对可能造成监测误差的因素,建议:

(1) 反向跟踪东北虎,在特定雪深的条件下寻找清晰的足迹,获得至少 5 次以上的雪地足迹测量数据;

(2) 以有无雪被为标准,把全年分成两个时段,只监测有雪被时期。由于老虎信息收集网络法主要是依据东北虎前掌掌垫宽来判别个体,在非雪季节很少能发现或者测量到多个清晰的足迹,即使是在非雪季节泥地能发现东北虎的信息,加上目前,国内大多数东北虎是游荡个体,很难判定年前和年尾,相似足迹的东北虎是否是同一只虎,而在连续时期(11 月到第 2 年的 4 月份)则相对容易判定;在相同的监测努力下无雪得到的结果误差和有雪监测的不一样。如果综合使用起来,可能导致监测老虎数量的能力下降。

(3) 使用其他确定东北虎个体的方法,完善东北虎信息数据库,辅助信息收集网络法。不仅仅以前掌掌垫宽为指标,发展其他如足迹数码影像信息(FIT 技术)(获取足迹多个指标,判定是否有鉴定不同个体老虎的指标),相机,粪便 DNA 个体鉴定等。

4.1.2 样线调查法

样线调查法起源于俄罗斯,是目前中国东北虎常用的调查方法。样线调查法基于足迹丰富度、分布和特点估计东北虎数量,在俄罗斯有着悠久的历史,适用于特定区域及整个景观的调查和监测。此方法仅适用于东北虎以某一密度存在的情况下(定居虎)。这样,沿着路线行走时,遇见老虎足迹的几率才较高。只有这样才能用单位样线长度老虎足迹密度作为东北虎真实密度的指标。Smirnov 和 Miquelle^[20]用此方法监测俄罗斯 Sikhote-Alin 保护区东北虎种群的变化。Barlow 等^[31]用此方法两年 1 次对孟加拉 Sundarbans 地区的孟加拉虎(*Panthera tigris tigris*)进行一次全查,80% 的概率监测到整个地区动物足迹减少 19% 或者增加 17% 的波动。而 Hayward 等^[32]建议每两年监测 10 到 20 条每条长度为 12 到 15 km 的样线,能有 80% 的概率监测到整个地区动物足迹减少 10% 的波动。

误差来源同信息收集网络法。目前把样线法应用到中国东北还是十分困难。这主要是因为东北虎在中国的分布密度极低,或者对其生态学了解的比较少。在调查中,一样线上发现多个老虎足迹概率几乎为零。在绝大多数样线中不能发现东北虎足迹,研究表明当调查中没有发现东北虎的样线时,造成监测结果不准确^[32]。1999 年 1 月份,中,俄,美三国专家在在完达山调查了 31 条样线,共长 319.9 km,没有发现一条东北虎足迹链^[4]。2007 年 2 月,WCS 在珲春保护区联合培训,中,俄,美三国专家,共在珲春保护区设置 29 条样线,样线总长 234.985 km,在样线上没有发现东北虎足迹。2010 年 1 月 17 日到 1 月 30 日,WWF 在珲春保护区,汪清林业局的大荒沟林场,绥阳林业局的暖川河林场及东宁县林业局的朝阳川林场,总面积 1699.02 km² 的区域年内,共布设 57 条样线,样线总长为 639.67 km。仅在珲春保护区发现一条疑为东北虎的足迹链(未发表数据)。及最近的一次 2011 年 2—3 月,对黑龙江省东宁县朝阳沟林场、黑龙江省绥阳林业局的暖泉河、三岔河、三节砬子和圆山 4 个林场(经营所)、吉林省汪清林业局的大荒沟、杜荒子、西南岔和兰家 4 个林场共 1735.99 km² 的区域内调查样线 64 条,总长 609 km,没有发现东北虎足迹链。而对上述各地的信息网络搜集法均获得同一时间或者相邻时间内虎活动信息,多次监测证实了样线监测方法不适用于目前中国东北虎的监测。

目前,我国东北虎的调查方法一般是采用信息收集和样线调查相结合的方法,但是目前在样线调查中很少能发现东北虎的信息,不能准确的反应东北虎的现状。两种方法结合应用的效果不佳。

4.1.3 猎物生物量和东北虎密度关系

用信息网络搜集法 1999 年得到该地区有 4—5 只东北虎,2003 年该地区为 4—5 只东北虎^[29],假设 2002 年该地区的东北虎数量保持不变。本研究基于猎物生物量的老虎估算法估算的虎数量(22—27 只)远远大于接近现实状况下的数量(4—5 只),主要原因有:

(1)有蹄类调查方法,特别是对大型有蹄类动物绝对密度的调查法的确定相当困难。虽然本文用中,俄,美三国专家推荐是用大样方法,克服了国内传统样带法样带的宽度,换算系数的准确性的难题,又避免了传统俄罗斯法(FMP 法)要求对调查动物的每日运动距离的了解^[33],通过统计每个调查样方的有蹄类的新鲜足迹链的数量方向,并结合新鲜卧迹和粪堆数量来确定实体的数量,足迹链密度与动物密度之间的转换系数为 1。获取较为可靠的数据,但是由于初次应用和调查队伍的经验有限等因素在实际样线调查中或者单个样方统计中难免出现误差。

(2)影响这种关系的可能有对老虎的盗猎和疾病。在研究地区,没有发现由于疾病导致东北虎的死亡,但是由于下套导致东北虎死亡确有发生。另一个影响因素可能是其他食肉类对虎竞争,因为假设在调查区域老虎是唯一的取食有蹄类的食肉类,实际上在研究地区还有猓獾,熊和狼等捕食有蹄类的食肉类。而且,值得关注的是老虎和人类对大型有蹄类的竞争。相关研究表明,盗猎是导致有蹄类密度降低的主要原因之一^[26]。这些都可归因于猎物可获得性调查出来的老虎数量高于实际老虎数量。

猎物生物量和捕食者数量相关,在东北虎样线调查监测的同时也应监测东北虎的猎物种群丰富度情况。因为老虎样线的布设的一个原则是使遇见老虎痕迹的几率达到最大,一般布设在小径、道路和河谷。所以,应用于调查老虎的样线用于估算有蹄类密度时存在着一定的偏差。假设当有蹄类的密度偏差随着时间的变化是不变的,能用固定的老虎监测样线监测有蹄类猎物密度变化趋势。同理,也可以在虎的分布区内设置固定样线,以单位样线长度有蹄类密度监测多年有蹄类数量变化,但其不适用于有蹄类密度和数量的较精确的估计。

4.1.4 其他方法

占有调查的主要目的是测量“真实生境占有率”,是一种可以实现的景观尺度的虎调查方法。当老虎长期居住某个地方时(定居虎),应用这种方法就比较合适。2008 年 WCS-China 用占有调查于珲春保护区对东北虎进行试点调查,在调查样线中没能发现东北虎足迹。基于标志重捕取样统计法仅当老虎的数量足够大以提供大量重捕数据时才可行。在老虎数量低,而又缺乏对老虎行为学知识的区域,在 7 周内(维持种群封

闭),不可能为可行的标志重捕模型获得足够的捕获率^[34]。捕获-重捕取样法的一个重要其前提是能够辨识虎个体。通过身上的条纹辨识虎个体的技术已经很成熟,Karanth 等在印度首先利用相机开展虎的研究^[6]。相机在低密度动物种群有效性降低,其需要长期的取样时间。虽然冬季可能是北方调查大型食肉类的最佳季节,但是在寒冷的条件下,相机可能会出现故障^[8]。在中国东北,珲春保护区在牛捕食现场及时架设远红外相机,目前拍到 5 张东北虎照片,但是这仅是为了拍照,而非应用于监测东北虎丰富度的估计。通过粪便、毛发、组织等提取 DNA 识别个体,粪便提取 DNA 在东北虎的应用上,由于东北虎种群的低基因变异,在分析东北虎个体上 DNA 分析技术被证实无效^[35],毛发、组织等其他提取 DNA 在野外可能不适用。如果狗能从粪便中准确的分辨出老虎个体,如果每个老虎留下独一无二的足迹,通过足迹识别不同的老虎个体,那么,他们能成为代替标志重捕 DNA 分析,减少样品收集,处理,储存、运送及 DNA 分析等复杂程序^[8]。在中国东北地区,占有法和标志重捕法是将来可以应用的潜在监测方法。此外,在基于标志重捕调查中,可以用固定时间内获得记录某种动物的照片数量作为相对密度,在基于标志重捕 DNA 分析,也可以得出最低虎数量等。

4.2 监测目标,监测尺度与监测方法的关系

理论上,监测方法依据不同的监测目标和监测空间尺度的不同而不同^[36]。在大空间尺度下,如全国范围内、黑龙江省的东完达山,张广才岭,老爷岭和吉林省的大龙岭,哈尔巴岭和张广才岭等景观尺度,没有必要了解老虎确切数量,只需知道老虎种群在哪里出现,经过多年的监测,能监测到老虎种群是否绝灭或者是否有新的种群形成,此时用信息收集网络法或者占有法较为合适。

在单独的老虎保护区的小尺度上,需要对老虎数目是否稳定,是上升还是下降进行年度评估。为了达到管理要求,只需一个能够反映保护区中老虎数量是保持稳定,上升或下降的定量指标。譬如,固定样线长度上老虎足迹密度或者固定样线长度上猎物足迹密度,主要是因为潜在的老虎数量的可靠指标是其猎物的密度。这时样线监测方法此时较为适宜。只有为数不多的关键区域中的关键老虎种群(东完达山的东方红、迎春林业局东部的主要林场和珲春保护区),精准地估算老虎的种群大小和密度才尤为重要。

国内外相关研究表明,在拥有稳定老虎密度的区域,估算老虎数量最经济、实用的科学方法是建立在“标记重捕取样法”基础上远红外线相机调查法,但其他方法,如信息网络搜索法、样线法、粪便 DNA 分析法、警犬气味辨认老虎个体法、老虎足印形状统计分析辨别个体法等方法,可作为该方法的有效补充或校正。

5 保护建议

根据国内东北虎游荡种群和个体的分布现状,在重点区域进行(珲春保护区和东完达山东部的几个重要林场)的虎调查结果表明,目前东北虎虎信息收集网络方法比较可行;随着东北虎恢复进程的发展,当可以判定的定居虎的出现时,在景观上可采用占有监测法调查;如果东北虎密度再升高,一条样线能发现多个老虎足迹时或大多数样线能监测到虎的信息时,在景观尺度和特定区域,应使用样线调查方法;老虎的密度再升高,在了解和掌握东北虎的大量生态学信息下,在特定重点区域,使用基于标志重捕的红外线相机,粪便 DNA 等方法将比较适宜。在虎监测时也应同时开展有蹄类监测和老虎生存威胁因子监测等生境质量的变化。

致谢:本次研究野外工作得到吴景才,韩晓东研究员,崔多英、肖朝庭、刘振生、李言阔、朱世兵、周绍春、郭宝华、孔维桡、孙戈、陈剑、孟根同等的帮助,同时得到黑龙江省东方红林业局、迎春林业局、绥阳林业局、东宁县林业局和吉林省汪清林业局的大力支持,特此致谢。

References:

- [1] Zhang E D, Dale G M, Wang T H, Kang A L. Recovery of the Wild Amur Tiger Population in China: Progress and Prospect. Beijing: China Forestry Publishing House, 2005.
- [2] 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): 33-35.
- [3] 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.
- [4] Yu X C, Sun B G, Sun H Y, Guan G S, Zhou X B. Population and distribution of Amur tiger in Heilongjiang Province. Chinese Wildlife, 2000,

- 21(2): 2114-16.
- [5] Karanth K U. Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. *Biological conservation*, 1995, 71(3): 333-338.
- [6] Mills L S, Citta J J, Lair K P, Schwartz M K, Tallmon D A. Estimating animal abundance using noninvasive DNA sampling: promise and pitfalls. *Ecological Application*, 2000, 10(1): 283-394.
- [7] Riordan P. Unsupervised recognition of individual tigers and snow leopards from their footprints. *Animal Conservation*, 1998, 1(4): 253-262.
- [8] Kerley L L, Salkina G P. Using scent-matching dogs to identify individual Amur tigers from scats. *Journal of Wildlife Management*, 2007, 71(4): 1349-1356.
- [9] Mackenzie D I, Nickols J D, Lachman G B, Deocge S, Royle A J, Landgtimn C A. Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *Ecology*, 2002, 83(8): 2248-2255.
- [10] Mackenzie D I, Nickols J D, Hines J E, Knutson M G, Franklin A B. Estimating site occupancy, colonization, and local extinction when a species is detected imperfectly. *Ecology*, 2003, 84(8): 2200-2207.
- [11] Karanth K U, Nichol S 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, 101(14): 4854-4858.
- [12] Carbone C, Gittleman J L. A common rule for the scaling of carnivore density. *Science*, 2002, 295(5563): 2273-2276.
- [13] Servin J I, Rau J R, Delibes Y M. Use of radio tracking to improve the estimation by track counts of the relative abundance of red fox. *Acta Theriologica*, 1987, 32(30): 489-492.
- [14] Rabinowitz A. Estimating the Indochinese tiger *Panthera tigris carbeti* population in Thailand. *Biological Conservation*, 1993, 65(3): 213-217.
- [15] Smith J L D, Ahearn S C, McDougal C. Landscape Analysis of Tiger Distribution and Habitat Quality in Nepal. *Conservation Biology*, 1998, 12(6): 1338-1346.
- [16] Sun B G, Zhang E D, Miquelle D. Siberian tigers on brink of extinction in China. *Cat News*, 1999, 31: 2-2.
- [17] Miquelle D G, Pikunov D G, Dunishenko Y M, Aramilev V V, Nikolaev I G, Abramov V K, Smirnov E N, Salkina G P, Seryodkin I V, Gaponov V V, Fomenko P V, Litvinov M N, Kostyria A V, Yudin V G, Korkisko V G, Murzin A A. A survey of Amur (Siberian) tigers in the Russian Far East, 2004—2005. Final Report to Save the Tiger Fund, 2006: 77-77.
- [18] Matyushkin E N, Yudakov A G. Traces of the Amur tiger. *Okhota and Okhot*, 1974, 5: 12-17.
- [19] Matyushkin E N, Pikunov D G, Dunishenko Y M, Miquelle D G, Nikolaev I G, Smirnov E N, Salkina G P, Abramov V K, Bazylnikov 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.
- [20] Smirnov E N, Miquelle D G. Population dynamics of the Amur tiger in Sikhote-AlinState biosphere reserve // Seidensticker J, Christie S, Jackson P, eds. *Riding the Tiger: Tiger Conservation in Human-dominated Landscapes*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999: 61-70.
- [21] Yudakov A G, Nikolae I G. *Ecology of the Amur Tiger. Winter Observations during 1970—1973 in the Western Section of Central Sikhote-Alin*. Moscow: Nauka Press, 1987.
- [22] Goodrich J M, Miquelle D G, Smirnov E N, Kerley L L, Quigley H B, Hornocker M G. Spatial structure of Amur (Siberian) tigers (*Panthera tigris altaica*) on Sikhote-Alin Biosphere Zapovednik, Russia. *Journal of Mammalogy*, 2010, 91(3): 737-748.
- [23] Zhang C Z. *Studies on Current status of Amur Tiger's Prey Population Resources and Habitat use of Amur Tiger in Wandan Mountains of Heilongjiang Province* [D]. Harbin: Northeast Forest University, 2006: 48-48.
- [24] Schaller G B. *The Serengeti Lion*. Chicago: University of Chicago Press, 1972.
- [25] Ma Y Q. *Mammals of Heilongjiang Province*. Harbin: Science and Technology Press, 1986: 390-395.
- [26] Liu Q X. *Population Viability Analysis of Red Deer in Wandashan Forestry Area* [D]. Harbin: Northeast Forest University, 2006.
- [27] Zhou S C, Zhang M H, Sun H Y, Yin Y X. Prey biomass of the Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) in the eastern Wanda Mountains of Heilongjiang Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(1): 145-153.
- [28] Li B, Zhang E D, Zhang Z H, Liu Y. Preliminary monitoring of Amur tiger population in Jilin Hunchun National Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica*, 2008, 28(4): 333-341.
- [29] 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.
- [30] Miquelle D G, Pikunov D G, Dunishenko Y M, Aramilev V V, Nikolaev I G, Abramov V K, Smirnov E N, Salkina G P, Seryodkin I V, Gaponov V V, Fomenko P V, Litvinov M N, Kostyria A V, Yudin V G, Korkisko V G, Murzin A A. A survey of Amur (Siberian) tigers in the Russian Far East, 2004—2005. A final report of the Amur tiger survey in Russian Far East, 2004—2005, 2005: 81-81.
- [31] Barlow A C D, Ahmed M I U, Rahman M M, Howlader A, Smith A C, Smith J L D. Linking monitoring and intervention for improved

- management of tigers in the Sundarbans of Bangladesh. *Biological Conservation*, 2008, 141(8): 2032-2040.
- [32] Hayward G D, Miquelle D G, Smirnov E N, Nations C. Monitoring Amur tiger populations: characteristics of track surveys in snow. *Wildlife Society Bulletin*, 2002, 30(4): 1150-1159.
- [33] Stephens P A, Zaumyslova O Y, Miquelle D G, Myslenkov A I, Hayward G D. Estimating population density from indirect sign: track counts and the Formozov-Malyshev-Pereleshin formula. *Animal Conservation*, 2006, 9(3): 339-348.
- [34] Karanth K U, Kumar N S, Nichols J D. Field survey: estimate absolute densities of Tigers using capture-recapture sampling // Karanth K U, Nichols J D, eds. *Monitoring Tigers and Their Prey*. Bangalore: Centre for Wildlife Studies, 2002: 139-152.
- [35] Luo S J, Kim J H, Johnson W E, van der Walt J, Martenson J, Yuhki N, Miquelle D G, Uphyrkina O, Goodrich J M, Quigley H B, Tilson R, Brady G, Martelli P, Subramaniam V, McDougal C, Hean S, Huang S Q, Pan W S, Karanth U K, Sunquist M, Smith J L D, O'Brien S J. Phylogeography and genetic ancestry of tigers (*Panthera tigris*). *Public Library of Science Biology*, 2004, 2(12): e442-e442.
- [36] Karanth K U. *A View from the Machan-How Science Can Save the Fragile Predator*. Beijing: China Forestry Publishing House, 2007.

参考文献:

- [1] 张恩迪, 戴尔米奎尔, 王天厚, 康蒿黎. 中国野生东北虎恢复进展和展望. 北京: 中国林业出版社, 2005.
- [2] 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): 33-35.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [23] 张常智. 黑龙江省完达山地区东北虎猎物种群现状及东北虎生境利用研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2007: 48-48.
- [25] 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.
- [26] 刘群秀. 黑龙江省完达山林区马鹿种群生存力分析 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2006.
- [27] 周绍春, 张明海, 孙海义, 尹远新. 黑龙江省完达山东部林区东北虎猎物生物量. *生态学报*, 2011, 31(1): 145-153.
- [28] 李冰, 张恩迪, 张振华, 刘宇. 吉林珲春自然保护区东北虎种群的初步监测. *兽类学报*, 2008, 28(4): 333-341.
- [29] 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.
- [36] 乌勒斯. 涉猎台上的风景. 北京: 中国林业出版社, 2007.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 32, No. 19 October, 2012 (Semimonthly)

CONTENTS

Assessment of monitoring methods for population abundance of Amur tiger in Northeast China	5943
..... ZHANG Changzhi, ZHANG Minghai, JIANG Guangshun (5943)	
Changes of residents nitrogen consumption and its environmental loading from food in Xiamen	5953
..... YU Yang, CUI Shenghui, ZHAO Shengnan, et al (5953)	
Analysis of the meiobenthic community in the Pearl River Estuary in summer	5962
..... YUAN Qiaojun, MIAO Suying, LI Hengxiang, et al (5962)	
Community characteristics of phytoplankton in the coastal area of Leizhou Peninsula and their relationships with primary environmental factors in the summer of 2010	5972
..... GONG Yuyan, ZHANG Caixue, SUN Xingli, et al (5972)	
Morphological differences in statolith and beak between two spawning stocks for <i>Illex argentinus</i>	5986
..... FANG Zhou, CHEN Xinjun, LU Huajie, et al (5986)	
Relationships between coastal meadow distribution and soil characteristics in the Yellow River Delta	5998
..... TAN Xiangfeng, DU Ning, GE Xiuli, et al (5998)	
Variation analysis about net primary productivity of the wetland in Panjin region	6006
..... WANG Liwen, WEI Yaxing (6006)	
Mobilization of potassium from Soils by <i>rhizobium phaseoli</i>	6016
..... ZHANG Liang, HUANG Jianguo, HAN Yuzhu, et al (6016)	
Autotoxicity of aqueous extracts from plant, soil of peanut and identification of autotoxic substances in rhizospheric soil	6023
..... HUANG Yuqian, HAN Lisi, YANG Jinfeng, et al (6023)	
Effects of shading on the photosynthetic characteristics and anatomical structure of <i>Trollius chinensis</i> Bunge	6033
..... LV Jinhui, WANG Xuan, FENG Yanmeng, et al (6033)	
Short-term effects of fire disturbance on greenhouse gases emission from sedge and shrubs forested wetland in Lesser Xing'an Mountains, Northeast China	6044
..... GU Han, MU Changcheng, ZHANG Bowen, et al (6044)	
Plant species diversity and community classification in the southern Gurbantunggut Desert	6056
..... ZHANG Rong, LIU Tong (6056)	
Effects of mixing leaf litter from <i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i> and <i>Larix principis-rupprechtii</i> with that of other trees on soil properties in the Loess Plateau	6067
..... LI Qian, LIU Zengwen, MI Caihong (6067)	
Effects of long-term intensive management on soil ammonia oxidizing archaea community under <i>Phyllostachys praecox</i> stands	6076
..... QIN Hua, LIU Borong, XU Qiufang, et al (6076)	
Hydrogen peroxide participates symbiosis between AM fungi and tobacco plants	6085
..... LIU Hongqing, CHE Yongmei, ZHAO Fanggui, et al (6085)	
Relationships between dominant arbor species distribution and environmental factors of shelter forests in the Beijing mountain area	6092
..... SHAO Fangli, YU Xinxiao, ZHENG Jiangkun, et al (6092)	
Analysis of rhizosphere microbial community structure of weak and strong allelopathic rice varieties under dry paddy field	6100
..... XIONG Jun, LIN Huifeng, LI Zhenfang, et al (6100)	
Root distribution in the different forest types and their relationship to soil properties	6110
..... HUANG Lin, WANG Feng, ZHOU Lijiang, et al (6110)	
Effect of silicon application on antioxidant system, biomass and yield of soybean under ozone pollution	6120
..... ZHAN Lijie, GUO Liye, NING Tangyuan, et al (6120)	
Effect of landfill leachate irrigation on soil physiochemical properties and the growth of two herbaceous flowers	6128
..... WANG Shuqin, LAI Juan, ZHAO Xiulan (6128)	
Nitrous oxide emissions affected by tillage measures in winter wheat under a rice-wheat rotation system	6138
..... ZHENG Jianchu, ZHANG Yuefang, CHEN Liugen, et al (6138)	
Effects of different fertilizers on soil enzyme activities and CO ₂ emission in dry-land of maize	6147
..... ZHANG Junli, GAO Mingbo, WEN Xiaoxia, et al (6147)	
The response of agro-ecosystem productivity to climatic fluctuations in the farming-pastoral ecotone of northern China: a case study in Zhunger County	6155
..... SUN Tesheng, LI Bo, ZHANG Xinshi (6155)	
The relationship between energy consumption and carbon emission with economic growth in Liaoning Province	6168
..... KANG Wenxing, YAO Lihui, HE Jienan, et al (6168)	
Spatial distribution characteristics of potential fire behavior in Fenglin Nature Reserve based on FARSITE Model	6176
..... WU Zhiwei, HE Hongshi, LIANG Yu, et al (6176)	
Chill conservation of natural enemies in maize field with different post-crop habitats	6187
..... TIAN Yaojia, LIANG Guangwen, ZENG Ling, et al (6187)	
Effect of population of <i>Kerria yunnanensis</i> on diversity of ground-dwelling ant	6195
..... LU Zhixing, CHEN Youqing, LI Qiao, et al (6195)	
Response of <i>Parnassius apollo</i> population and vertical distribution to climate warming	6203
..... YU Fei, WANG Han, WANG Shaokun, et al (6203)	
Review and Monograph	
Integrated assessment of marine aquaculture ecosystem health: framework and method	6210
..... PU Xinming, FU Mingzhu, WANG Zongling, et al (6210)	
Seagrass meadow ecosystem and its restoration: a review	6223
..... PAN Jinhua, JIANG Xin, SAI Shan, et al (6223)	
Nutri-toxicological effects of cyanobacteria on fish	6233
..... DONG Guifang, XIE Shouqi, ZHU Xiaoming, et al (6233)	
Effect of environmental stress on non-structural carbohydrates reserves and transfer in seagrasses	6242
..... JIANG Zhijian, HUANG Xiaoping, ZHANG Jingping (6242)	
Advances in ecological immunology	6251
..... XU Deli, WANG Dehua (6251)	
Scientific Note	
The causes of spatial variability of surface soil organic matter in different forests in depressions between karst hills	6259
..... SONG Min, PENG Wanxia, ZOU Dongsheng, et al (6259)	
Characteristics of seed rain of <i>Haloxylon ammodendron</i> in southeastern edge of Junggar Basin	6270
..... LÜ Chaoyan, ZHANG Ximing, LIU Guojun, et al (6270)	

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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

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 32 卷 第 19 期 (2012 年 10 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 19 (October, 2012)

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:1000717	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 70.00 元