

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第34卷 第5期 Vol.34 No.5 **2014**

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 34 卷 第 5 期      2014 年 3 月    (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 干旱指标研究进展..... 李柏贞,周广胜 (1043)
- 气候变化对作物矿质元素利用率影响研究进展..... 李堃清,吴正云,张 强,等 (1053)
- 森林生态系统中植食性昆虫与寄主的互作机制、假说与证据 ..... 曾凡勇,孙志强 (1061)
- 线虫区系分析指示土壤食物网结构和功能研究进展..... 陈云峰,韩雪梅,李钰飞,等 (1072)
- 中国省际水足迹强度收敛的空间计量分析 ..... 赵良仕,孙才志,郑德凤 (1085)
- 高原河谷城市植被时空变化及其影响因素——以青海省西宁市为例..... 高 云,谢苗苗,付梅臣,等 (1094)
- 土地利用和环境因子对表层土壤有机碳影响的尺度效应——以陕北黄土丘陵沟壑区为例.....  
..... 赵明月,赵文武,钟莉娜 (1105)
- 赤子爱胜蚓和毛利远盲蚓对添加造纸污泥土壤的化学和生物学特征的影响.....  
..... 陈旭飞,张 池,戴 军,等 (1114)

### 个体与基础生态

- 钾与信号抑制剂对外生菌根真菌分泌乙酸的调控作用..... 杨红军,李 勇,袁 玲,等 (1126)
- 砷诱导蚕豆气孔保卫细胞死亡的毒性效应..... 薛美昭,仪慧兰 (1134)
- 石油污染土壤中苯酚降解菌 ad049 的鉴定及降解特性..... 胡 婷,谷 洁,甄丽莎,等 (1140)
- 紫花苜蓿对铜胁迫生理响应的傅里叶变换红外光谱法研究..... 付 川,余顺慧,黄怡民,等 (1149)
- 播种期对晚季稻香气 2-乙酰-1-吡咯啉含量和产量的影响 ..... 杨晓娟,唐湘如,闻祥成,等 (1156)
- 外源钙(Ca)对毛葱耐镉(Cd)胁迫能力的影响 ..... 王巧玲,邹金华,刘东华,等 (1165)
- 基于植被指数的北京军都山荆条灌丛生物量反演研究..... 高明亮,官兆宁,赵文吉,等 (1178)
- 三种暖季型草坪草对二氧化硫抗性的比较..... 李 西,王丽华,刘 尉,等 (1189)
- 恩施烟区无翅桃蚜在烤烟田空间动态的地统计学分析..... 夏鹏亮,王 瑞,王昌军,等 (1198)
- 啮齿动物捕食和搬运蒙古栎种子对种群更新的影响..... 张晶虹,刘丙万 (1205)
- 高原鼠兔有效洞穴密度对高寒草甸优势植物叶片和土壤氮磷化学计量特征的影响.....  
..... 李倩倩,赵 旭,郭正刚 (1212)
- 光、温限制后铜绿微囊藻和斜生栅藻的超补偿生长与竞争效应..... 谢晓玲,周 蓉,邓自发 (1224)

### 种群、群落和生态系统

- 人工巢箱繁殖鸟类主要巢捕食者及其影响因素..... 张 雷,李东来,马锐强,等 (1235)
- 泉州湾埭埔潮间带大型底栖动物群落的时空分布..... 卓 异,蔡立哲,郭 涛,等 (1244)

- 不同尺度因子对滦河流域大型底栖无脊椎动物群落的影响…………… 张海萍,武大勇,王赵明,等 (1253)
- 呼兰河湿地夏、秋两季浮游植物功能分组演替及其驱动因子…………… 陆欣鑫,刘 妍,范亚文 (1264)
- 江西桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境适宜性评价…………… 李 佳,李言阔,缪沪君,等 (1274)

### 景观、区域和全球生态

- 中国自然保护综合地理区划…………… 郭子良,崔国发 (1284)
- 近 10 年来蒙古高原植被覆盖变化对气候的响应 …………… 缪丽娟,蒋 冲,何 斌,等 (1295)
- 人类活动与气候变化对洪湖春旱的影响 …………… 刘可群,梁益同,周金莲,等 (1302)
- 2000—2010 年武汉市中心城区湖泊景观变化 …………… 淡永利,王宏志,张 欢,等 (1311)

### 资源与产业生态

- 三江源区冬虫夏草资源适宜性空间分布…………… 李 芬,吴志丰,徐 翠,等 (1318)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 282 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 30 \* 2014-03



**封面图说:** 插秧季节的桂西——2009—2011 年,我国广西、云南、贵州、四川、重庆等西南地区遭受了百年不遇的特大旱灾,其中广西西北部、云南大部、贵州西部等石漠化地区最为严重,农作物大面积绝收,千百万人和大牲畜饮水困难,这种危害是巨大的、现实的。从对 2009—2011 年我国西南地区旱灾程度及其对植被净初级生产力影响结果显示:2009—2011 年西南地区年均降水量和湿润指数明显低于 1980—2008 年均值,植被净初级生产力低于 2001—2008 年均值,造成的碳损失约占我国总碳汇的 7.91%。全球气候变暖给大气环流提供了动力,也造成了许多极端灾害天气,因此如何应对气候变化形势显得更加紧迫。

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

DOI: 10.5846/stxb201305171102

李佳, 李言阔, 缪沪君, 谢光勇, 袁芳凯. 江西桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境适宜性评价. 生态学报, 2014, 34(5): 1274-1283.

Li J, Li Y K, Miao L J, Xie G Y, Yuan F K. Habitat assessment of sika deer (*Cervus nippon*) in the Taohongling National Nature Reserve, Jiangxi Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(5): 1274-1283.

## 江西桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境适宜性评价

李 佳, 李言阔\*, 缪沪君, 谢光勇, 袁芳凯

(江西师范大学生命科学院, 南昌 330022)

**摘要:** 华南梅花鹿 (*Cervus nippon*) 被 IUCN 列入濒危物种, 也是我国国家 I 级重点保护动物。目前种群仅分布于江西、浙江、安徽等狭窄的区域内, 形成多个孤立种群, 生境破碎和丧失被认为是限制梅花鹿种群增长的主要原因。于 2011 年 3 月至 2013 年 3 月采用样线法和样方法对桃红岭国家级自然保护区梅花鹿栖息地进行了野外调查, 利用空间模拟方法, 结合地理信息系统 (GIS) 技术的空间分析功能, 以植被类型、坡度、坡向、海拔和人类干扰活动作为评价因子进行了生境适宜性评价。结果表明, 桃红岭地区以森林为主, 各类林地面积约 9 488.15 hm<sup>2</sup>, 占 75.90%, 植被类型分为落叶阔叶林、针叶林、常绿阔叶林、针阔混交林、竹林、灌丛、草丛和芭茅丛, 面积分别为 1664.57、1638.63、3438.21、1247.15、87.85、1143.88、60.92 hm<sup>2</sup> 和 206.94 hm<sup>2</sup>。在不考虑人类活动影响时, 梅花鹿的适宜生境和次适宜生境面积分别是 2233.99 hm<sup>2</sup> 和 2980.24 hm<sup>2</sup>, 分别占保护区总面积的 18.61% 和 24.83%; 而考虑人类活动影响时, 梅花鹿的适宜生境和次适宜生境面积分别是 1224.04 hm<sup>2</sup> 和 2164.70 hm<sup>2</sup>, 分别占保护区总面积的 10.20% 和 18.04%。由于梅花鹿的生境受到居民点、主要道路、农田耕作、森林采伐等人类活动的强烈影响, 导致大量适宜和次适宜生境丧失、隔离, 景观破碎度指数由 0.4345 增加到 0.5898。以潜在可利用生境面积计算, 保护区梅花鹿环境容纳量为 (568±160) 只, 而以实际可利用生境面积计算, 则只能容纳 (368±105) 只。适宜生境的丧失和破碎可能是限制桃红岭梅花鹿国家级自然保护区梅花鹿种群恢复的重要因素, 在此基础上, 通过实际调查提出了管理措施。

**关键词:** 梅花鹿; 生境适宜性评价; 桃红岭国家级自然保护区

## Habitat assessment of sika deer (*Cervus nippon*) in the Taohongling National Nature Reserve, Jiangxi Province, China

LI Jia, LI Yankuo\*, MIAO Lujun, XIE Guangyong, YUAN Fangkai

College of Life Sciences, Jiangxi Normal University, Nanchang 330022, China

**Abstract:** The South China subspecies of sika deer (*Cervus nippon*) has been listed as an endangered species in the IUCN Red Data List, and is also assigned to Protection Class I in the List of Wildlife under Special State Protection as designated by the Chinese State Council. In recent years, sika deer have formed several relatively isolated populations and are distributed in parts of Jiangxi, Zhejiang and Anhui provinces. Taohongling National Nature Reserve is located in Pengze County, Jiangxi Province of China, which has been designated for the protection of wild southern sika deer. The reserve is 12 500 hm<sup>2</sup> in area, of which the Core Protected Zone is 2 670 hm<sup>2</sup>, the Buffer Zone is 1 830 hm<sup>2</sup> and the Experimental Zone is 8 000 hm<sup>2</sup>. In the Experimental Zone, there is a considerable area of agricultural land with a high human population density. Highways surround the eastern, northern, and western boundaries of the nature reserve, while the southern border of the reserve is marked by valleys and creeks. The last estimated population of sika deer in the nature reserve was 365, which was thought to be the largest population of this sika deer subspecies. However, after strict protection for 30 years, the vegetation in the nature reserve has changed into evergreen broadleaf forests which is the local climax vegetation.

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (31000196); 环保重大专项 (STSN-7)

**收稿日期:** 2013-05-17; **修订日期:** 2013-10-16

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

Meanwhile, human activities have led to further habitat fragmentation and habitat loss. Therefore, it is necessary to carry out further studies on the population of sika deer in Taolongling National Nature Reserve for proper population conservation.

Based on the data on habitat used by sika deer in the Taohongling National Nature Reserve between March 2011 and March 2013, we used the habitat evaluation model and a Geographic Information System (GIS) to assess the suitability of the habitat for sika deer. Vegetation type, slope, aspect, elevation and human activities were selected as factors for habitat suitability assessment. The results showed that forests, including deciduous forests, coniferous forests, mixed broadleaf-coniferous forests, broad-leaved evergreen forests and bush fallow were the dominant land cover in the Taohongling area. The area of forest was 9 488.15  $\text{hm}^2$ , accounting for 75.90% of the total area. In the absence of human disturbance, the areas of suitable and marginally suitable habitat were 2 233.99  $\text{hm}^2$  and 2 980.24  $\text{hm}^2$ , respectively, accounting for 18.61% and 24.83% of the total area. In the presence of human activity, suitable and marginally suitable habitats decreased to about 1 224.04  $\text{hm}^2$  and 2 164.70  $\text{hm}^2$ , respectively, representing 10.20% and 18.04% of the total area. Because residential areas, main roads, farming activity and timber harvesting have a strong impact on the habitat of sika deer, suitable and marginally suitable habitats have been intensively lost and isolated with the landscape fragmentation index increasing from 0.4345 to 0.5898. Using the potential available habitat area, the carrying capacity of sika deer is calculated as  $568 \pm 160$  individuals, but using the actual available habitat area, the carrying capacity is only  $368 \pm 105$ . Habitat loss and fragmentation have been the main limiting factors for population recovery of sika deer in the Taohongling National Nature Reserve. We suggest that it is very important to take reasonable measures to manage forest harvesting, eliminate poaching, control the number of wild boar, and to establish habitat corridors.

**Key Words:** Sika deer; habitat suitability assessment; Taohongling National Nature Reserve

栖息地是野生动物赖以生存的环境。生境分析与评价的目的是通过分析生物的生境需求及其与当地自然条件之间的匹配关系,明确其生境的分布范围与特征<sup>[1]</sup>。近年来,地理信息系统(GIS)逐渐被广泛应用到动物的生境选择和生境评价研究中,成为分析动物生境适宜性及制定合理保护对策的重要工具。研究人员利用GIS技术结合生态学理论对濒危物种栖息地适宜性评价开展了一系列研究,涉及驯鹿(*Rangifer tarandus*)、阿尔卑斯野山羊(*Capra pyrenaica*)、孟加拉虎(*Panthera tigris*)、棕熊(*Ursus arctos*)、大熊猫(*Ailuropoda melanopeuca*)、普氏原羚(*Procapra przewalskii*)、鹅喉羚(*Gazella subgutturosa*)、黑麂(*Muntiacus crinifrons*)等濒危物种<sup>[2-9]</sup>。

梅花鹿(*Cervus nippon*)属偶蹄目(Artiodactyla)鹿科(Cervidae)鹿属(*Cervus*),是东亚季风区特有鹿类,被世界自然保护联盟(IUCN)列为濒危物种,也是我国国家I级重点保护动物<sup>[10]</sup>。自20世纪90年代以来,研究人员对梅花鹿基础生态学开展了一系列的研究工作,涉及种群结构<sup>[11-12]</sup>、种群增长率<sup>[13]</sup>、食性<sup>[14-15]</sup>、种群遗传<sup>[16-17]</sup>、生境选择<sup>[18-19]</sup>等领域。江西省桃红岭梅花鹿自然保护区内分布有全球最大

的华南梅花鹿种群,数量约365只<sup>[20]</sup>。由于实行严格的封山育林政策,植被逐渐向当地的顶级群落演替,可能在很大程度上制约了梅花鹿的种群发展<sup>[21]</sup>。桃红岭保护区内的梅花鹿种群在1998年以前的年增长率达17.1%,而1998年至今,年增长率为0.9%<sup>[22]</sup>。近年来,保护区周边社区经济发展迅速,交通建设与资源开发进一步改变了梅花鹿的栖息地格局。在此背景下,本研究分析了桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境适宜性和破碎化现状,以探究保护区封山育林政策和社区人类活动是否造成梅花鹿栖息地恶化,并进而影响到该种群的增长,以期为该种群的有效保护和科学管理提供科学依据。

## 1 研究地点

江西省桃红岭梅花鹿国家级自然保护区(29°42'—29°53' N, 116°32'—116°43' E)位于长江中下游南岸,江西省最北沿彭泽县的中部,其范围涉及3乡2镇3场(圃),共10个行政村,96个村民小组,近2.24万人口,以棉、水稻等农作物耕作为主。保护区东、北、西三面以公路为区界,各村小组均通有村级道路。保护区总面积12500  $\text{hm}^2$ ,其中核心区

2670 hm<sup>2</sup>, 实验区 1830 hm<sup>2</sup>, 缓冲区 8 000 hm<sup>2</sup>。地貌为平缓起伏的低山丘陵, 海拔多在 100—500 m, 最高峰猫鹰窝海拔 536.6 m。气候属亚热带季风类型, 日照充足, 雨量充沛, 年平均降水量 1300 mm 左右, 年平均气温为 15.1 ℃, 年均日照时数 2043.6 h。保护区内植被根据群落外貌和结构特征可划分为针叶林、常绿阔叶林、针阔混交林、落叶阔叶林、灌丛、草丛、芭茅丛和竹林。主要乔木树种有乌桕栲 (*Castanopsis jucunda*)、马尾松 (*Pinus massoniana*)、杉树 (*Cunninghamia lanceolata*)、石栎 (*Lithocarpus glaber*)、化香 (*Platycarya strobilacea*)、朴树 (*Celtis sinensis*) 等。主要灌木和草本植物有美丽胡枝子 (*Lespedeza bicolor*)、盐肤木 (*Rhus chinensis*)、映山红 (*Rhododendron simsii*)、白茅 (*Imperata cylindrica*)、葛藤 (*Pueraria lobata*)、悬钩子 (*Rubus palmatus*)、五节芒 (*Miscanthus floridulus*) 等<sup>[23]</sup>。近年来, 为改良梅花鹿栖息地环境, 保护区已开展了国内首次火烧实验, 以及正在实行森林采伐等有效改良措施, 森林采伐后, 为方便运输, 在采伐迹地修设大量运柴道路, 约 36.07 km, 主要分布在建山、邓家山、聂家山、苗圃等地区。

## 2 研究方法

### 2.1 数据收集与处理

根据 1:5 万地形图, 随机布设样线, 所设置样带覆盖了桃红岭保护区主要的植被类型, 在样线上按水平距离每隔 100 m 机械布点的方法设置 5 m×5 m 的样方, 共设置样线 71 条, 样线间距 >1 km, 样线长 >1.5 km, 记录每条样线上观察到的梅花鹿粪便、食痕、足迹和卧迹等新鲜活动痕迹, 共记录梅花鹿活动样方 313 个, 对照样方 769 个。分别记录梅花鹿活动点样方与对照样方的经纬度坐标与样方内各生态因子观测值。将生态因子分为 3 类: 物理环境因素 (A)、生物因素 (B) 和人类活动干扰因素 (C)。利用 Chi-square 检验影响桃红岭梅花鹿生境选择因子的差异性。数据用 SPSS 19.0 进行统计。

### 2.2 影响梅花鹿栖息地的因素

影响梅花鹿生境适宜性的因素可以分为三大类: 物理环境因素、生物因素和人类活动干扰因素。

物理环境因素 (A): 影响梅花鹿生境的物理环境因素包括坡度、坡向、海拔、气候以及隐蔽条件等。本研究主要选取坡度 ( $A_1$ )、坡向 ( $A_2$ ) 和海拔 ( $A_3$ ) 3

个因素作为梅花鹿的生境适宜性评价因子。

生物因素 (B): 包括植被类型、郁闭度、覆盖度、可食植物丰富度、天敌及竞争物种的分布等。植被类型是影响梅花鹿栖息地选择的重要生态因子, 它既可以反映梅花鹿食物资源的分布也可以反映隐蔽条件的特征。因此, 本研究采用植被类型 ( $B_1$ ) 作为梅花鹿的生境适宜性评价因子。

人类活动干扰因素 (C): 本文主要分析了 4 种类型的人类活动对梅花鹿生境的影响, 即主要道路 ( $C_1$ )、居民点 ( $C_2$ )、农田 ( $C_3$ ) 以及森林采伐运柴道路 ( $C_4$ )。人类活动干扰计算方法如下 (以主要道路为例): 对主要道路数字化, 基于收集到的野外梅花鹿活动点数据, 通过 ARCGIS 软件中 Distance 工具计算各痕迹点到主要道路的距离。主要道路带来的干扰将导致梅花鹿在距离主要道路近的区域活动频率低, 在距离道路远的区域活动频率高。然后根据梅花鹿活动频率大小, 利用 ARCGIS 软件中的 Buffer-wizard 工具, 将到主要道路的距离分为 0—500、500—1000、1000—1500、>1500 m 四个区间; 使用同样的方法将到居民点的距离分为 0—500、500—1000、1000—1500、>1500 m; 将到农田的距离分为 0—400、400—800、800—1200、>1200 m; 将到森林采伐运柴道路的距离分为 0—200、200—400、400—600、>600 m。

### 2.3 空间模拟与评价模型

#### 2.3.1 空间模拟方法

使用 ARCGIS 9.3 软件进行梅花鹿栖息地适宜性评价。首先分析单一因素的适宜性特征; 然后, 根据影响因素的性质, 综合分析物理环境因素、生物环境因素的适宜性分布特征, 得到保护区梅花鹿潜在栖息地分布特征, 以及人类活动影响强度的空间分布特征; 最后综合物理环境、生物环境以及人类活动的影响, 得到保护区梅花鹿栖息地适宜性的空间分布特征。

#### 2.3.2 生境评价模型

将各单一因素分为适宜、次适宜、较不适宜、不适宜 4 个等级, 给各单一因素的适宜性特征分别赋值为 4、3、2、1。评价人类活动强度是根据森林采伐运柴道路、居民点、农田以及主要道路的影响强度赋值, 即强烈影响 1、比较强烈影响 2、有影响 3、无影响 4。计算公式为  $PJ_1 = A_1 + A_2 + A_3 + B_1$ ,  $PJ_2 = C_1 + C_2 + C_3 +$

$C_4, PJ_1$ 表示景观适宜度指数(即潜在栖息地评价结果),  $PJ_2$ 表示人为干扰度指数, 然后, 根据  $PJ_3 = PJ_1 + PJ_2$ , 计算得出实际栖息地评价结果<sup>[24]</sup>。

#### 2.4 植被与地理数据

本研究利用 2010 年桃红岭地区遥感影像, 采用无监督分类和野外调查相结合的方法进行植被分类。由 NASS 下载精校 DEM 数据, 利用 ARCGIS 9.3 从数字化地形图中提取出研究地区海拔、坡度、坡向分布栅格图, 确定每个栅格图层的分析栅格大小为 50 m×50 m。对于人类干扰因子, 利用 ARCGIS 软件中 Buffer-wizard 工

具分析产生不同等级的区域。

#### 2.5 生境景观格局指数分析与适宜生境环境容量估算方法

运用 FRAGSTAT 3.3 分析与统计了桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境斑块数、平均斑块面积、斑块密度、斑块边界密度、破碎度指数等反映景观破碎化的指数。

参照 Downs 等方法<sup>[25]</sup>, 应用可利用生境面积来估算环境容量  $K$ , 计算公式:

$$K = \frac{\text{可利用生境面积} \times (1 + \text{梅花鹿非利用生境面积的百分比})}{\text{梅花鹿个体的最小空间需求}}$$

### 3 结果

#### 3.1 影响桃红岭梅花鹿栖息地选择的因子及其评价赋值

##### 3.1.1 影响梅花鹿栖息地选择的自然景观因子及景观适宜性赋值

海拔、坡度、坡向和植被类型对梅花鹿的分布有着极显著的影响(海拔:  $x^2 = 183.96$ ,  $df = 3$ ,  $P = 0.000 < 0.001$ ; 坡度:  $x^2 = 326.14$ ,  $df = 3$ ,  $P = 0.000 < 0.001$ ; 坡

向:  $x^2 = 45.41$ ,  $df = 2$ ,  $P = 0.000 < 0.001$ ; 植被类型:  $x^2 = 336.38$ ,  $df = 3$ ,  $P = 0.000 < 0.001$ )。由于不同自然景观因子(包括 A 和 B)各区间发现梅花鹿活动痕迹的频率不同, 由此认为发现梅花鹿活动痕迹频率高的区间为梅花鹿最喜爱的生境, 即适合梅花鹿生存, 频率低的区间为梅花鹿回避的生境, 即不适宜梅花鹿生存。结合各分类等级的累计频次对景观适宜性赋值, 见表 1。

表 1 影响桃红岭梅花鹿生存的自然景观因子的累计频次及适宜性赋值

Table 1 The impact frequency of different natural landscape factors on sika deer and suitable value in Taohongling

生境因子 Ecological factor	类别 Category	累计频次/% Frequency	适宜性赋值 Suitable value
海拔 Elevation/m	0—100	5.59	1
	100—300	16.78	2
	300—400	20.07	3
	>400	57.24	4
$x^2 = 183.96$ , $df = 3$ , $P = 0.000 < 0.001$			
坡度 Slope/(°)	0—20	58.42	4
	20—30	20.39	3
	30—40	8.88	2
	>40	2.30	1
$x^2 = 326.14$ , $df = 3$ , $P = 0.000 < 0.001$			
坡向 Aspect	阳坡 Sunny slope	47.70	4
	半阴半阳坡 Half sunny and half shade slope	35.53	3
	阴坡 Shad slope	16.78	2
$x^2 = 45.41$ , $df = 2$ , $P = 0.000 < 0.001$			
植被类型 Vegetation styles	草丛、灌丛 GF、BFW	68.42	4
	落叶阔叶林 DBLF	22.37	3
	针叶林、常绿阔叶林、针阔混交林 CF、BEF、MBF	7.57	2
	竹林、芭茅丛 BF、BP	1.64	1
$x^2 = 336.38$ , $df = 3$ , $P = 0.000 < 0.001$			

GF: Grass fallow; BFW: Bush fallow; DBLF: Deciduous broad leaved forests; CF: Coniferous forest; BEF: Broad-leaved evergreen forests; MBF: Mixed broadleaf-coniferous forests; BF: Bamboo forest; BP: BaMao plexus

**3.1.2 影响梅花鹿栖息地选择的人为干扰因子及影响强度赋值**

本文从 4 个方面计算人类活动对梅花鹿生境的影响。结果表明,人类活动对梅花鹿生境选择有显著影响,即到森林采伐运柴道路距离 ( $x^2 = 186.18$ ,  $df=3$ ,  $P = 0.000 < 0.001$ )、到主要道路距离 ( $x^2 =$

$266.61$ ,  $df=3$ ,  $P = 0.000 < 0.001$ )、到居民点距离 ( $x^2 = 208.26$ ,  $df=3$ ,  $P = 0.000 < 0.001$ ) 以及到农田距离 ( $x^2 = 206.87$ ,  $df=3$ ,  $P = 0.000 < 0.001$ )。人为干扰将导致梅花鹿在距离人为干扰近的区域活动频次低,距离人为干扰远的区域活动频次高,结合各分类等级累计频次对人为干扰强度赋值,见表 2。

表 2 桃红岭地区人为活动的影响范围及其赋值

Table 2 Scope of influence and influence value of human factors in the Taohongling

人类活动类型 Human factors	影响范围/m Scope of influence	累计频次/% Frequency	影响强度赋值 Influence value
到森林采伐运柴道路距离/m Distance to the deforestation timber roads	≤200	4.28	1
	200—400	9.54	2
	400—600	32.89	3
	>600	53.28	4
$x^2 = 186.18$ , $df=3$ , $P = 0.000 < 0.001$			
到主要道路距离/m Distance to the main roads	≤500	5.26	1
	500—1000	8.88	2
	1000—1500	21.71	3
	>1500	64.14	4
$x^2 = 266.61$ , $df=3$ , $P = 0.000 < 0.001$			
到主居点距离/m Distance to the residential areas	≤500	2.87	1
	500—1000	10.22	2
	1000—1500	30.76	3
	>1500	56.15	4
$x^2 = 208.26$ , $df=3$ , $P = 0.000 < 0.001$			
到农田距离/m Distance to the farmland	≤400	7.23	1
	400—800	12.88	2
	800—1200	24.34	3
	>1200	55.53	4
$x^2 = 206.87$ , $df=3$ , $P = 0.000 < 0.001$			

**3.2 桃红岭梅花鹿栖息地适宜性的总体评价**

**3.2.1 桃红岭地区土地利用与植被覆盖特征**

桃红岭地区植被以森林为主(图 1),各类林地面积达 9 488.15 hm<sup>2</sup>,占保护区总面积的 75.90%。

落叶阔叶林、针叶林、常绿阔叶林、针阔混交林、竹林、灌丛、草丛和芭茅丛面积分别为 1664.57、1638.63、3438.21、1247.15、87.85、1143.88、60.92 hm<sup>2</sup>和 206.94 hm<sup>2</sup>(表 3)。

表 3 桃红岭自然保护区土地利用与森林覆盖特征

Table 3 Land use and forest coverage in Taohongling Nature Reserve

植被与土地利用类型 Vegetation and land cover	面积 Area/hm <sup>2</sup>	%
草丛 Grass fallow	60.92	0.49
灌丛 Bush fallow	1143.88	9.15
落叶阔叶林 Deciduous broad leaf forests	1664.57	13.31
针叶林 Coniferous forest	1638.63	13.11
常绿阔叶林 Broad-leaved evergreen forests	3438.21	27.21
针阔混交林 Mixed broadleaf-coniferous forests	1247.15	9.97

续表

植被与土地利用类型 Vegetation and land cover	面积 Area/hm <sup>2</sup>	%
竹林 Bamboo forest	87.85	0.70
芭茅丛 BaMao plexus	206.94	1.66
农田 Farmland(FD)	1599.32	12.79
居民地 Residential plots(RP)	1166.18	9.33
水库 Reservoir(RR)	246.84	1.97
合计 Total	12500.00	100.00

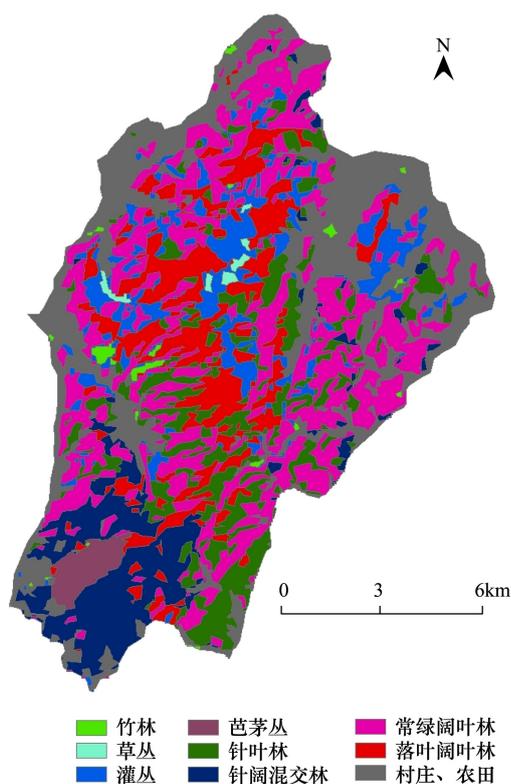


图1 桃红岭自然保护区植被类型分布图

Fig. 1 The vegetation distribution in the Taohongling Nature Reserve

### 3.2.2 梅花鹿潜在的生境适宜性评价

根据表 1 的适宜性赋值,评价结果表明(图 2),不考虑人类活动影响,桃红岭国家级自然保护区梅花鹿潜在适宜生境面积为 2 233.99 hm<sup>2</sup>,占保护区总面积的 18.61%;次适宜生境面积为 2 980.24 hm<sup>2</sup>,占 24.83%;较不适宜生境 4 563.93 hm<sup>2</sup>,占 38.36%;不适宜生境面积为 2 221.84 hm<sup>2</sup>,占 18.51%(表 4)。

### 3.2.3 人类活动对栖息地的影响

根据表 1、2 的准则,得到保护区内人类活动影响下梅花鹿生境适宜性特征(图 2)。由于人类活动的影响,梅花鹿生境适宜性发生了很大变化,适宜生境面积为 1 224.04 hm<sup>2</sup>,占保护区总面积的 10.20%;次适宜生境面积为 2 164.70 hm<sup>2</sup>,占 18.04%;较不适宜生境 3 988.21 hm<sup>2</sup>,占 33.24%;不适宜生境面积为 4 623.05 hm<sup>2</sup>,占 38.53%(表 4)。

### 3.2.4 生境斑块特征

在桃红岭地区,梅花鹿潜在可利用生境面积(包括适宜生境与次适宜生境)约占全部面积的 43.45%;由于受到人类活动的影响,现在该地区梅花鹿实际可利用生境面积比例只占 28.23%,生境的平均斑块面积减少到 2.67 hm<sup>2</sup>,斑块密度 0.107 个/hm<sup>2</sup>,边界密度 0.280 m/hm<sup>2</sup>,实际生境景观破碎度指数达到 0.5898(表 5)。

表 4 梅花鹿的潜在栖息地与实际栖息地评价对照

Table 4 The contrast of potential habitat elevation and actual habitat elevation of sika deer

生境质量等级 Class of habitat quality	面积 Area/hm <sup>2</sup>		%		变化 Change
	潜在 Potential	实际 Actual	潜在 Potential	实际 Actual	
适宜 Suitable	2 233.99	1 224.04	18.62	10.20	-8.42
次适宜 Marginally suitable	2 980.24	2 164.70	24.84	18.04	-6.80
较不适宜 Rarely suitable	4 563.93	3 988.21	38.03	33.24	-4.79
不适宜 Unsuitable	2 221.84	4 623.05	18.52	38.53	20.01

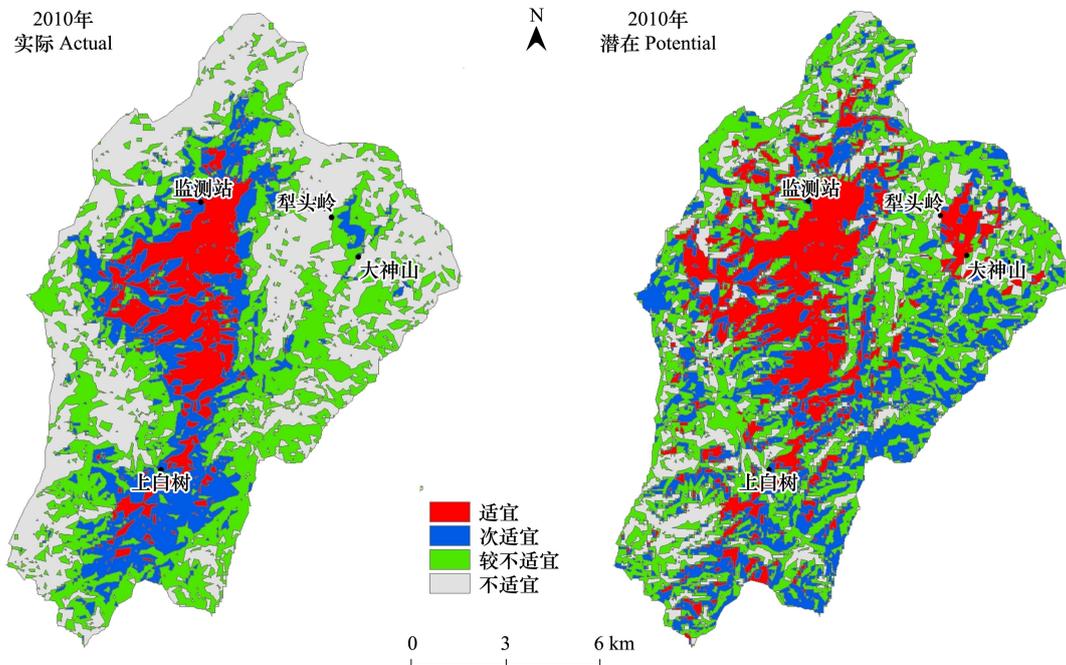


图2 桃红岭梅花鹿的实际栖息地评估和潜在栖息地评估

Fig.2 Actual habitat evaluation and potential habitat evaluation of sika deer in Taohongling Nature Reserve

表5 桃红岭地区梅花鹿生境景观格局特征

Table 5 Landscape pattern characteristics of sika deer habitat in Taohongling

生境 Habitats	面积比例/% Percentage of area	斑块数量 No. of patches	平均斑块 面积/hm <sup>2</sup> Average patch area	斑块密度 /(个/hm <sup>2</sup> ) Patch density	边界密度 /(m/hm <sup>2</sup> ) Edge density	破碎度指数 Fragmentation index
潜在生境 Potential habitat	43.45	1 589	3.42	0.259	0.885	0.4345
实际生境 Actual habitat	28.23	1 331	2.67	0.107	0.280	0.5898

### 3.3 适宜生境环境容纳量估计

目前没有桃红岭梅花鹿巢域面积大小的报道,本研究参考日本丹沢山地区平均每只梅花鹿巢域面积需要 11.2—20.2 hm<sup>2</sup> 栖息地<sup>[26]</sup>,以潜在可利用生境面积 5 214.23 hm<sup>2</sup> 计,保护区梅花鹿环境容纳量为 (568±160) 只。由于人类活动对生境的干扰与破坏,以实际可利用生境面积 3 388.74 hm<sup>2</sup> 计,估计环境容纳量为 (368±105) 只。

## 4 讨论

### 4.1 梅花鹿生境适宜性的综合评价

比较梅花鹿可利用的潜在生境面积与实际生境面积,可以发现,在人类活动影响下,保护区梅花鹿的生境适宜性变化很大。梅花鹿适宜、次适宜以及较不适宜的生境面积分别下降了 8.41%、6.80%、

4.79%。相应的,由于人类活动范围的扩大,不适宜的生境总面积则由 18.52% 上升到 38.53% (表 4)。在实际调查中发现犁头岭、大神山地带有梅花鹿活动的痕迹,且此处潜在的栖息地也适宜梅花鹿的生存(图 2),但是由于村庄、农田、道路等包围,导致其与其它适宜生境斑块分离,给梅花鹿的迁移造成阻碍,使得不同斑块之间的梅花鹿很难进行基因交流,长此以往将降低该地区梅花鹿的遗传多样性。桃红岭地区景观指数也由于人类活动增加了 0.1553,表明该地区生境破碎化程度在增加。由此可见,人类活动是该保护区梅花鹿生境破坏与生境质量下降的一个重要因素。

### 4.2 栖息地的适宜性及空间分布

本研究发现,在桃红岭自然保护区,梅花鹿的许多适宜生境斑块被较不适宜生境和不适宜生境隔

离,形成孤立状态,且空间分布上十分零散(图 2)。桃红岭地区梅花鹿潜在可利用生境面积为 5 214.23  $\text{hm}^2$ ,由于森林砍伐、道路交通、农田耕作、居民点等活动影响导致可利用生境面积丧失了 1 825.49  $\text{hm}^2$ 。目前尚存可利用生境面积 3 388.74  $\text{hm}^2$ ,也由于栖息地在空间上的破碎状态不利于梅花鹿的迁移和扩散,有些小斑块可能无法为梅花鹿所利用,而成为不适宜的栖息地。可见,从栖息地的空间分布格局考虑,桃红岭自然保护区梅花鹿的栖息地破碎化状况不容乐观。人类活动的干扰对梅花鹿栖息地适宜性造成长远而深刻的负面影响引起人们的高度关注。

目前,在桃红岭自然保护区梅花鹿主要分布在海拔 300 m 以上、人为干扰较小的狭窄区域,且主要选择草丛和灌丛两种植被类型,美丽胡枝子(*Lespedeza formosa*)、葛藤(*Pueraria lobata*)、何首乌(*Crotalaria ferruginea*)、狼尾草(*Pennisetum alopecuroides*)以及一些嫩茎叶及枝条类等(主要以灌丛类为主)是其喜食植物。随着植被的演替,可食性植物资源越来越少,而且还面临着与其它物种的资源竞争,如野猪(*Sus scrofa*)、小鹿(*Muntiacus reevesi*)等对空间和食物资源的争夺。

#### 4.3 环境容纳量的影响

环境容纳量的增加有利于野生动物种群维持一定水平的遗传多样性,并适应环境的随机变化,是保证种群长期存活的积极因素。处于初级阶段的草本灌丛生境是梅花鹿适宜的栖息地,然而,由于实行严格的封山育林政策,植被逐渐向顶级群落—阔叶林演替,已成为限制该区梅花鹿种群发展的原因之一。因此,对栖息地采取有计划的火烧或植被矮化,扩大梅花鹿的适宜生境,增加梅花鹿食物资源,有利于增加保护区内的环境容纳量。环境容纳量的增加会引起种群数量增加,如果种群数量达到一定程度,其基因突变率和损失率相等,那么种群就可以在进化中适应环境的变化,长期存活下去。

## 5 建议

保护区成立 30a 以来,梅花鹿得到了有效的保护,虽然种群数量呈逐年上升趋势,但梅花鹿的种群自然增长率呈现下降趋势<sup>[22]</sup>,离“长期保存有效种群大小应为 500 只”的标准还有一定的差距<sup>[27]</sup>。研

究结果表明,人类活动是影响梅花鹿生境质量的关键因子。本研究对加强梅花鹿及其生境的保护有如下建议:

#### (1) 改善采伐方式

调查期间,经常发现在保护区的缓冲区与核心区相连地带,利用挖机、油锯等干扰极大的现代化工具,对植被进行矮化,不仅噪音很大,而且很容易造成水土流失,对栖息地的破坏极强。因此,不建议采用此等方式来改善梅花鹿的生境,而应利用柴刀等工具砍伐或有计划的火烧核心区芭茅、小山竹、恶性杂草以及杂灌等来改良未被梅花鹿利用的生境。

#### (2) 开辟生境走廊

保护区中南部地带(神仙洞-上白树-蜜蜂尖),存在着大片的适宜生境,但由于通往这一带的植被过度密集,恶性杂草、杂灌以及芭茅连绵,对梅花鹿的迁移产生了很大的困难,如果能够建立连接核心区通往这一带的生境走廊,使得梅花鹿可以利用中南部的生境资源,将大大拓展梅花鹿的生存空间。

#### (3) 打击盗猎行为,控制野猪数量

走访调查中发现,当地百姓经常会在自家庄稼地周围放置夹子、电网等防范野猪的危害,这样会严重地威胁到梅花鹿的安全。野猪已成为保护区内的优势种群,从生态需求来讲,它与梅花鹿有很多重叠,不断扩大的野猪种群,压缩了梅花鹿生存空间,对梅花鹿的种群发展产生了消极影响。基于此,在科学研究的基础上,提出合理的管理方法,制定捕杀的数量要求,使其控制在环境可容纳的范围内,进而维护野猪种群和梅花鹿种群的生态平衡。同时,还应加强保护区周边居民的保护意识。

#### (4) 充分注意人类活动对梅花鹿生境的影响

目前,通往保护区生态监测站的水泥路已修建完成,再加上茶园已开发利用,有大批前来欣赏梅花鹿、采茶、拜庙的游客,给梅花鹿的生存带来了很大的威胁,可能会使梅花鹿的栖息地面积进一步缩小。因此,笔者呼吁,在经济建设与资源开发中必须充分注意人类活动对梅花鹿生境的影响,尽可能避免与减少人类活动的不利影响。

## References:

- [1] Xiao Y, Ouyang Z Y, Zhu C Q, Zhao J Z, He G J, Wang X K. An assessment of giant panda habitat in Minshan, Sichuan, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(7): 1373-1379.

- [ 2 ] Hins C, Ouellet J P, Dussault C, St-Laurent M H. Habitat selection by forest-dwelling caribou in managed boreal forest of eastern Canada; Evidence of a landscape configuration effect. *Forest and Management*, 2009, 257(2): 636-643.
- [ 3 ] Acevedo P, Cassinello J, Hortal J, Gortázar C. Invasive exotic aoudad (*Ammotragus Iervia*) as a major threat to native Iberian ibex (*Capra pyrenaica*): a habitat suitability model approach. *Diversity and Distribution*, 2007, 13(5): 587-597.
- [ 4 ] Kanagaraj R, Wiegand T, Kramer-Schadt S, Anwar M, Goyal S P. Assessing habitat suitability for tiger in the fragmented Terai Arc Landscape of India and Nepal. *Ecography*, 2011, 34(6): 970-981.
- [ 5 ] Martian J, Revilla E, Quenette P Y, Naves J, Allaine D, Swenson J E. Brown bear habitat suitability in the Pyrenees: transferability across sites and linking scales to make the most of scarce data. *Journal of Applied Ecology*, 2012, 49(3): 621-631.
- [ 6 ] Wang Y, Zhao P X. Habitat assessment of giant panda in Qingmochuan Nature reserve, Shaanxi Province of Northwest China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2012, 23(1): 206-212.
- [ 7 ] Wang X L, Li D Q, Wu B, Yang H X. Habitat suitability assessment of Prezewalski' gazelle in the Hudong-Ketu area, Qinghai China. *Biodiversity Science*, 2005, 13(3): 213-220.
- [ 8 ] Li Y, Xu W X, Yang W K, Qiao J F, Liu W, Xia C J. Habitat suitability assessment of *Gazella subgutturosa* in Kalamaili Mountain Nature Reserve. *Acta Theriologica Sinica*, 2010, 30(1): 11-20.
- [ 9 ] Bao Y X, Zheng X, Ge B M. An assessment and protective strategy of black muntjac (*Muntiacus crinifrons*) habitat in Zhejiang Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(8): 2425-2431.
- [ 10 ] Wang S. *China Red Data Book of Endangered Animals: Mammal*. Beijing: Science Press, 1998: 266-269.
- [ 11 ] Guo Y S, Zheng H Z. On the geological distribution, taxonomic status of species and evolutionary history of sika deer in China. *Acta Theriologica Sinica*, 2000, 20(3): 168-179.
- [ 12 ] Yu J A, Lu Q B, Liu C G, Zhou Q, Zhang S Y. Study on population quantity and distribution of *Cervus Nippon Kopschi* in Qinglingfeng National Natural Reserve. *Journal of Zhejiang Forest Science*, 2006, 26(5): 1-4.
- [ 13 ] Guo Y S, Zheng H Z. Life table and the rate of natural increase in Sichuan sika deer. *Acta Theriologica Sinica*, 2005, 25(2): 150-155.
- [ 14 ] You W Y, Dong L J, Yu J A, Lu Z Q, Zhang S Y, Zhou Q. Characteristics of food resources in Winter for *Cervus Nippon Kopschi* in Qingliangfeng. *Journal of Zhejiang Forest Science*, 2007, 27(4): 13-16.
- [ 15 ] Gou Y S. Study on the food habits of Sichuan Sika deer (*Cervus Nippon Sichuanicus*). *Journal of Sichuan Teachers College: Natural Science*, 2001, 22(2): 112-119.
- [ 16 ] Liu H, Yang G, Wei F W, Li M, Hu J Z. Sequence variability of the mitochondrial DNA control region and population genetic structure of sika deer (*Cervus nippon*) in China. *Acta Zoologica Sinica*, 2003, 49(1): 53-60.
- [ 17 ] Li M, Wang X M, Sheng H L, Tamate H, Masuda R, Nagata J, Otaishi N. Mitochondrial DNA divergence and phylogeny of four species of deer of the *Genus cervus*. *Acta Zoologica Sinica*, 1999, 45(1): 99-105.
- [ 18 ] Fu Y Q, Hu J C, Gou Y S, Zhu H B, Liu W H, Wang Y S. Habitat use of sika deer in Spring at Taohongling Natural Reserve. *Chinese Journal of Zoology*, 2006, 41(4): 60-63.
- [ 19 ] Ma J F, Zhang E D, Zhang S Y, Weng D M. Preliminary analysis on the habitat use by the sika deer in Qinglingfeng national natural reserve in Autumn. *Chinese Journal of Zoology*, 2004, 39(5): 35-39.
- [ 20 ] Jiang Z G, Xu X R, Liu W H, Li C L, Li C W, Lu X L, Xiao J P, Li Y K, Tang S H, Ping X G, Li F, Luo Z H, Fang H X, Xu B, Zhang J H, Chen W J, Gao Y M, Wu J D, Wu W G, Wang L B, Wu Y F, Zhu H B, Wang C, Dai J, Ying X, Wang J Q, Liu Z, Chen J, Li L L, Chen D Q, Zhang X W, Cui S P, Li J, Yuan F K, Zhang B B, Zhu J H, Gao H Z, Li H B, Chen Y L, Chen Y J, Lin Z H, Wang Y, Zhang C, Zhou Q H. Population status of South China Sika Deer in Taohongling national nature reserve. *Chinese Journal of Wildlife*, 2012, 33(6): 305-308.
- [ 21 ] Jiang Z G. *Biodiversity and Sika Deer survey in the Taohongling National Nature Reserve, Jiangxi, China*. Beijing: Tsinghua University Press, 2009.
- [ 22 ] Liu W H, Yu B. The population dynamics and conservation strategies of Sika Deer at Taohongling natural reserve. *Jiangxi Science*, 2010, 28(4): 458-460.
- [ 23 ] Management office of Taohongling Nature Reserve. *Sika Deer in Taohongling Nature Reserve in Jiangxi*. Beijing: China Forestry Press, 2000.
- [ 24 ] Liu X H. *3S Technology and habitat assessment on Chinese Wildlife*. Beijing: China Forestry Press, 2011: 230-233.
- [ 25 ] Downs J A, Gates R J, Murray A T. Estimating carrying capacity for sandhill cranes using habitat suitability and spatial optimization models. *Ecological Modeling*, 2008, 21(2/4): 284-292.
- [ 26 ] Borkowski J, Furubayashi K. Home range size and habitat use in radio-collared female sika deer at high altitudes in the Tanzawa Mountains, Japan. *Annales Zoologici Fennici*, 1998, 35: 181-186.
- [ 27 ] Franklin I. *Evolutionary change in small populations* // Soule M E, Wilcox B A, eds. *Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective*. Sunderland (MA): Sinauer Associates, 1980: 105-150.

## 参考文献:

- [ 1 ] 肖炎, 欧阳志云, 朱春全, 赵景柱, 何国金, 王效科. 岷山地

- 区大熊猫生境评价与保护对策研究. 生态学报, 2004, 24(7): 1372-1379.
- [ 6 ] 王芸, 赵鹏祥. 青木川自然保护区大熊猫生境评价. 应用生态学报, 2012, 23(1): 206-212.
- [ 7 ] 王秀磊, 李迪强, 吴波, 杨洪晓. 青海湖东-克图地区普氏原羚生境适宜性评价. 生物多样性, 2005, 13(3): 213-220.
- [ 8 ] 李莹, 徐文轩, 杨维康, 乔建芳, 刘伟, 夏参军. 卡拉麦里山有蹄类自然保护区鹅喉羚生境适宜性评价. 兽类学报, 2010, 30(1): 11-20.
- [ 9 ] 鲍毅新, 郑祥, 葛宝明. 浙江黑鹿栖息地评价及保护对策. 生态学报, 2006, 26(8): 2425-2431.
- [ 10 ] 汪松. 中国濒危动物红皮书: 兽类. 北京: 科学出版社, 1998: 266-269.
- [ 11 ] 郭延蜀, 郑惠珍. 中国梅花鹿地史分布, 种和亚种的划分及演化历史. 兽类学报, 2000, 20(3): 168-179.
- [ 12 ] 于江傲, 鲁庆彬, 刘长国, 周圻, 章叔岩. 清凉峰自然保护区华南梅花鹿种群数量与分析研究. 浙江林业科技, 2006, 26(5): 1-4.
- [ 13 ] 郭延蜀, 郑惠珍. 四川梅花鹿生命表和种群增长率的研究. 兽类学报, 2005, 25(2): 150-155.
- [ 14 ] 游卫云, 董良矩, 于江傲, 鲁庆彬, 章叔岩, 周圻等. 清凉峰华南梅花鹿冬季食物资源特征研究. 浙江林业科技, 2007, 27(4): 13-16.
- [ 15 ] 郭延蜀. 四川梅花鹿食性的研究. 四川师范学院学报: 自然科学版, 2001, 22(2): 112-119.
- [ 16 ] 刘海, 杨光, 魏辅文, 李明, 胡锦矗. 中国大陆梅花鹿 mtDNA 控制区序列变异及种群遗传结构分析. 动物学报, 2003, 49(1): 53-60.
- [ 17 ] 李明, 王小明, 盛和林, 玉手英利, 增田隆一, 永田纯子, 大泰司纪之等. 四种鹿属动物的线粒体 DNA 差异和系统进化关系研究. 动物学报, 1999, 45(1): 99-105.
- [ 18 ] 付义强, 胡锦矗, 郭延蜀, 朱欢兵, 刘武华, 王业生. 桃红岭自然保护区梅花鹿对春季栖息地的利用. 动物学杂志, 2006, 41(4): 60-63.
- [ 19 ] 马继飞, 张恩迪, 章叔岩, 翁东明. 清凉峰自然保护区梅花鹿秋季对栖息地利用的初级分析. 动物学杂志, 2004, 39(5): 35-39.
- [ 20 ] 蒋志刚, 徐向荣, 刘武华, 李春林, 李春旺, 卢学理, 肖金朋, 李言阔, 汤宋华, 平晓鸽, 李峰, 罗振华, 方红霞, 余斌, 章建华, 陈启俊, 高依敏, 吴建冬, 吴问国, 王淋波, 吴业飞, 朱欢兵, 王超, 代杰, 应霞, 王洁清, 刘钊, 陈静, 李琳琳, 陈代强, 张小伟, 崔绍朋, 李佳, 袁芳凯, 张斌斌, 朱建华, 高红志, 李洪宾, 陈裕禄, 陈永江, 林忠华, 王缘, 张楚, 周倩涵. 桃红岭国家级自然保护区梅花鹿种群现状. 野生动物, 2012, 33(6): 305-308.
- [ 21 ] 蒋志刚. 江西桃红岭梅花鹿自然保护区生物多样性研究. 北京: 清华大学出版社, 2009.
- [ 22 ] 刘武华, 余斌. 江西桃红岭国家级自然保护区梅花鹿种群动态及保护对策. 江西科学, 2010, 28(4): 458-460.
- [ 23 ] 江西桃红岭梅花鹿保护区管理处. 江西桃红岭梅花鹿保护区. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [ 24 ] 刘雪华. 3S 技术与中国野生动物生境评价. 北京: 中国林业出版社, 2011: 230-233.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.5 Mar., 2014 (Semimonthly)**  
**CONTENTS**

**Frontiers and Comprehensive Review**

- Advance in the study on drought index ..... LI Bozhen, ZHOU Guangsheng (1043)
- State-of-the-art review of the impact of climatic change on bioavailability of mineral elements in crops .....  
..... LI Longqing, WU Zhengyun, ZHANG Qiang, et al (1053)
- Mechanism, hypothesis and evidence of herbivorous insect-host interactions in forest ecosystem .....  
..... ZENG Fanyong, SUN Zhiqiang (1061)
- Approach of nematode fauna analysis indicate the structure and function of soil food web .....  
..... CHEN Yunfeng, HAN Xuemei, LI Yufei, et al (1072)
- A spatial econometric analysis of water footprint intensity convergence on a provincial scale in China .....  
..... ZHAO Liangshi, SUN Caizhi, ZHENG Defeng (1085)
- Pattern dynamics of vegetation coverage of Plateau Valley-City in the Western China; a case study in Xining .....  
..... GAO Yun, XIE Miaomiao, FU Meichen, et al (1094)
- Scale effect analysis of the influence of land use and environmental factors on surface soil organic carbon; a case study in the  
hilly and gully area of Northern Shaanxi Province ..... ZHAO Mingyue, ZHAO Wenwu, ZHONG Lina (1105)
- Effects of *Eisenia foetida* and *Amyntas morrisi* on the chemical and biological properties of soil amended with the paper mill  
sludge ..... CHEN Xufei, ZHANG Chi, DAI Jun, et al (1114)

**Autecology & Fundamentals**

- Regulation of potassium supply and signal inhibitors on acetate effluxes by ectomycorrhizal fungi .....  
..... YANG Hongjun, LI Yong, YUAN Ling, et al (1126)
- Arsenic induces guard cell death in leaf epidermis of *Vicia faba* ..... XUE Meizhao, YI Huilan (1134)
- Identification and characteristics of phenol degrading bacteria ad049 screened from oil contaminated soil .....  
..... HU Ting, GU Jie, ZHEN Lisha, YANG Jiu, et al (1140)
- Physiological response of *Medicago sativa* L. to copper stress by FTIR spectroscopy .....  
..... FU Chuan, YU Shunhui, HUANG Yimin, et al (1149)
- Effects of sowing date on 2-acetyl-1-pyrroline content and yield of late season aromatic rice .....  
..... YANG Xiaojuan, TANG Xiangru, WEN Xiangcheng, et al (1156)
- Effects of exogenous calcium (Ca) on tolerance of *Allium cepa* var. *agrogarum* L. to cadmium (Cd) stress .....  
..... WANG Qiaoling, ZOU Jinhua, LIU Donghua, et al (1165)
- The study of *Vitex negundo* shrubs canopy biomass inversion in Beijing Jundu mountainous area based on vegetation indices .....  
..... GAO Mingliang, GONG Zhaoning, ZHAO Wenji, et al (1178)
- Comparison study of sulfur dioxide resistance of three warm-season turf grasses ..... LI Xi, WANG Lihua, LIU Wei, et al (1189)
- Geostatistical analysis on spatial dynamics of the apterous *Myzus persicae* in flue-cured tobacco fields of Enshi tobacco area, China ...  
..... XIA Pengliang, WANG Rui, WANG Changjun, et al (1198)
- Patterns of seed predation and removal of Mongolian oak (*Quercus mongolica*) by rodents .....  
..... ZHANG Jinghong, LIU Bingwan (1205)
- Effect of available burrow densities of plateau pika (*Ochotona curzoniae*) on leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry of dominant  
plants and soil in alpine meadow ..... LI Qianqian, ZHAO Xu, GUO Zhenggang (1212)

Overcompensation and competitive effects of *Microcystis aeruginosa* and *Scenedesmus obliquus* after low temperature and light stresses ..... XIE Xiaoling, ZHOU Rong, DENG Zifa (1224)

### Population, Community and Ecosystem

The main nest predators of birds breeding in artificial nest-boxes and its influencing factors ..... ZHANG Lei, LI Donglai, MA Ruiqiang, et al (1235)

Temporal and spatial variation of macrobenthic communities in the intertidal zone of Xunpu, Quanzhou Bay ..... ZHUO Yi, CAI Lizhe, GUO Tao, et al (1244)

The influence of variables at different scales on stream benthic macroinvertebrates in Luanhe River Basin ..... ZHANG Haiping, WU Dayong, WANG Zhaoming, et al (1253)

Relationships between environmental variables and seasonal succession in phytoplankton functional groups in the Hulan River Wetland ..... LU Xinxin, LIU Yan, FAN Yawen (1264)

Habitat assessment of sika deer (*Cervus nippon*) in the Taohongling National Nature Reserve, Jiangxi Province, China ..... LI Jia, LI Yankuo, MIAO Lujun, et al (1274)

### Landscape, Regional and Global Ecology

The comprehensive geographical regionalization of China supporting natural conservation ..... GUO Ziliang, CUI Guofa (1284)

Response of vegetation coverage to climate change in Mongolian Plateau during recent 10 years ..... MIAO Lijuan, JIANG Chong, HE Bin, et al (1295)

Impact analysis of human activities and climate change on Honghu lake's spring drought ..... LIU Kequn, LIANG Yitong, ZHOU Jinlian, et al (1302)

Lakes evolution of central Wuhan during 2000 to 2010 ..... DAN Yongli, WANG Hongzhi, ZHANG Huan, et al (1311)

### Resource and Industrial Ecology

The spatial distribution of *Ophiocordyceps sinensis* suitability in Sanjiangyuan Region ..... LI Fen, WU Zhifeng, XU Cui, et al (1318)

# 《生态学报》2014 年征订启事

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

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

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

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

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

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

本期责任副主编 象伟宁 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 34 卷 第 5 期 (2014 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 5 (March, 2014)

**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

**主 编** 王如松

**主 管** 中国科学技术协会

**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

**出 版** 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

**印 刷** 北京北林印刷厂

**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

**订 购** 全国各地邮局

**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

**广告经营** 京海工商广字第 8013 号  
**许 可 证**

**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

**Editor-in-chief** WANG Rusong

**Supervised** by China Association for Science and Technology

**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**Published** by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

**Printed** by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

**Distributed** by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel: (010)64034563  
E-mail: journal@cspg.net

**Domestic** All Local Post Offices in China

**Foreign** China International Book Trading  
Corporation  
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元