

## 野生动物容纳量研究进展

丁钰荷<sup>1</sup>,朱建强<sup>1\*</sup>,杨 涛<sup>2</sup>,张玉铭<sup>2</sup>

(1.长江大学农学院/麋鹿健康与生境研究中心,湖北 荆州 434025; 2.石首麋鹿国家级自然保护区管理处,湖北 石首 434407)

**摘要:**环境容纳量是体现生物生存环境限制的重要指标,是合理调节种群数量的重要依据。该文以“野生动物容纳量”“种群生存力分析”和“wildlife carrying capacity”为检索关键词,从CNKI和WOS中筛选出了59篇相关文献进行了总结分析。结果表明:野生动物容纳量的研究主要集中在营养容纳量和空间容纳量,其中以营养容纳量研究最为常见,在野生动物空间容纳量上还有探索空间;目前对鹿科动物容纳量的研究较多,对其余科属种的动物研究还不足;影响野生动物容纳量的主要因素有环境资源状况(数量、质量、波动)、动物个体在维持生存和生产过程中对营养物质的需求、生物对生境内资源的利用状况(数量、形式、效率和波动等)、生物种内及种间关系。考虑上述因素深入系统的研究还不够,动物栖息地容纳量具有动态性,一般选择冬季评估野生动物栖息地的容纳量,以有效判断环境容纳量的最低限值。为实施野生动物特别是珍稀物种栖息地精准管理,很有必要针对年际和年内水文差异开展野生动物动态容纳量研究。

**关键词:**野生动物;容纳量;营养容纳量;空间容纳量;研究进展

中图分类号:Q958.11

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2021.06.008

## Research advance on carrying capacity of wildlife

Ding Yuhe<sup>1</sup>, Zhu Jianqiang<sup>1\*</sup>, Yang Tao<sup>2</sup>, Zhang Yuming<sup>2</sup>

(1. College of Agriculture/ Research Center of Milu Health and Habitat, Yangtze University, Jingzhou 434025, China;

2. Shishou Milu National Nature Reserve Management Office, Shishou 434407, China)

**Abstract:** Carrying capacity of wildlife is of importance in both reflecting the limit of living environment and regulating reasonably population number. Selected from CNKI and WOS by means of such key words as wildlife carrying capacity, analysis of population viability and wildlife carrying capacity, 59 relevant literatures were summarized and then analyzed. The results showed that: the research of carrying capacity of wild animals mainly focused on both nutrient carrying capacity and space carrying capacity, the former was the most common topic, but the latter still remained to be desired. By now, more researchers were devoted to the carrying capacity of cervidae while less to another animal families. And we found that the main affecting factors included environmental resources (quantity, quality, volatility), nutrient demands of individual animals in the process of living and propagation, the use of habitat resources by animals (quantity, form, efficiency and fluctuation, etc.) and biological intraspecific and interspecific relationship. Considering insufficient systematic study of the above factors, and dynamic habitat carrying capacity, generally, the winter was taken for assessing the habitat carrying capacity so as to effectively judge the lowest limit of environmental carrying capacity. In order to implement an accurate management of habitats, especially those of rare species, it is indispensable to carry on the relevant research on dynamic carrying capacity of wildlife base on the inter-annual and intra-annual hydrological differences.

**Key words:** Wildlife; Carrying capacity; Nutrient capacity; Space capacity; Research advance

收稿日期:2021-10-07;修回日期:2021-10-29

基金项目:湖北省环保科技项目“麋鹿栖息地生态系统保护与修复研究”(2017B10)

作者简介:丁钰荷(1998-),女,江苏南通人,硕士研究生。从事资源与环境生态研究。E-mail:1025791489@qq.com

\* 通信作者:朱建强(1963-),男,陕西周至人,教授,博士。从事水土环境与生态工程研究。E-mail:zyjb@sina.com

容纳量是指在特定环境条件下所能维持的野生动物的最大种群数量,容纳是指提供给种群的食物资源、生存空间等环境条件<sup>[1]</sup>。特定的栖息环境条件下整年或整个季节所能维持野生动物生存的最大数量定义为栖息地对该种群的环境容纳量。因此,容纳量的研究对于野生动物保护区的管理具有重要意义。野生动物资源是生态系统中重要组成部分,对生态系统的平衡、稳定具有重要的作用。丰富的野生动物资源对人类的生产和生活有着重要作用。比如野生鸟类资源数量的大幅度减少,可导致田间、林间各类虫害暴发,从而影响农民的收成和生活;又如鹿类动物是国家一级珍稀保护物种,如不加以保护则濒临灭绝,破坏了生态系统的生物多样性。由此可见,野生动物资源与人类的生活密切相关。保护野生动物资源,就是保护人们赖以生存的生态环境<sup>[2]</sup>。

## 1 研究方法

### 1.1 数据来源

以“野生动物容纳量”“种群生存力分析”和“wildlife carrying capacity”为检索关键词,利用文献数据库(CNKI和WOS)从1990年至2021年间的文献中检索和筛选出59篇相关文献(见附录)。

### 1.2 数据分析

对所选择的59篇文献,基于文献计量分析方法,从关键词出现频率、文章引用频次和报道的研究对象,了解有关野生动物容纳量研究涉及的主要野生动物及其分布地区、研究的内容与方法、受到关注的问题与研究重点。

## 2 文献调查分析

### 2.1 野生动物容纳量研究相关热词

关键词是作者对论文主要内容的精炼概括,在所选的59篇相关文献中,按照关键词出现的频次,从多到少依次为生境选择、马鹿、冬季、容纳量、种群数量、梅花鹿和驼鹿。这表明生境选择、容纳量和种群数量与野生动物容纳量的研究最为密切。

### 2.2 相关文献所涉及野生动物种类和所在地区

由调查结果(见表1)可知,文献共涉及25种野

生动物,1990年至2021年间关于鹿科动物研究的文献最多,研究对象涉及梅花鹿、马鹿、驯鹿、驼鹿、獐和麋鹿。这表明鹿科动物容纳量的分析和研究已趋于成熟,其余科、属、种的动物研究均较少。文献所涉的野生动物主要分布在亚洲的中国。

### 2.3 野生动物的容纳量及其影响因素

环境容纳量(简称环境容纳量)是指在自然环境不受破坏的情况下,在一定空间中所能容许的某个种群数量的最大值。环境容纳量是环境对生物制约作用的具体体现,只要生物或环境因素发生变化,环境容纳量也就会发生相应的变化,它是环境资源状况(数量、质量、分布和波动等)、生物对资源的利用状况(数量、形式、效率和波动等)以及生态调节机制(种内、种间关系等)等共同作用的结果<sup>[3]</sup>。李佳对江西桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境适宜性进行了评估<sup>[4]</sup>,分别按潜在可利用生境面积和实际可利用生境面积计算了保护区梅花鹿生境容纳量;姜广顺研究了黑龙江省完达山地区生境破碎化对马鹿数量分布的影响<sup>[5]</sup>,结果表明适宜生境的丧失和破碎可能是影响野生动物种群恢复的重要因素。陈军林根据黄河三角洲适宜生境的面积,估算了东方白鹳的空间容纳量,并依据其对不同生境的实际利用状况,对空间容纳量进行了调整<sup>[6]</sup>,因为黄河三角洲生境质量的变化会影响东方白鹳的觅食效率,从而会影响其空间容纳量。综上所述,将影响野生动物环境容纳量的因素可归结为:环境资源状况,包括生境中可利用的资源数量及其质量、潜在可利用和实际可利用的生境面积、生境的破碎化程度与环境波动;生物对生境内资源的利用状况(数量、形式、效率和波动等)和生物种内、种间关系等。Hobbs等从生境营养供应量和动物个体能量需求量的角度提出了估算环境容纳量的模型<sup>[7]</sup>,在应用该模型时必须考虑以下几个主要因素:生境中食物质量及其可获得性、动物个体在维持生存和生产过程中对营养物质的需求、雪深(会增加动物行走和觅食的能量消耗)、种间竞争。通过该模型,模拟证明了当野生动物物种数量变化时可利用生境也会变化,以及当资源量和质量互相不适应时可利用生境和容纳量无关。

表 1 文献所涉野生动物种类和所在地区

| 科名   | 种名   | 所在地区                         |
|------|--|------------------------------|
| 鹿科   | 梅花鹿( <i>Cervus nippon</i> )                | 黑龙江仙洞山梅花鹿自然保护区、江西桃红岭国家级自然保护区 |
|      | 马鹿( <i>C. elaphus</i> )                    | 黑龙江省完达山东部林区、完达山东部地区、蒙弗拉格国家公园 |
|      | 驯鹿( <i>Rangifer tarandus</i> )             | 敖鲁古雅、吉林珲春自然保护区青龙台林场、         |
|      | 驼鹿( <i>Alces sp.</i> )                     | 黑河林区、黑河胜山                    |
|      | 獐( <i>Hydropotes inermis</i> )             | 鄱阳湖区                         |
|      | 白尾鹿( <i>Odocoileus virginianus</i> )       | 密歇根州                         |
|      | 麋鹿( <i>Elaphurus davidianus</i> )          | 江苏大丰麋鹿国家级自然保护区               |
| 鹤科   | 白头鹤( <i>Grus monacha</i> )                 | 升金湖                          |
|      | 灰鹤( <i>G. grus</i> )                       | 扎龙保护区                        |
| 熊科   | 大熊猫( <i>Ailuropoda melanoleuca</i> )       | 卧龙大熊猫国家级自然保护区                |
|      | 黑熊( <i>Ursus thibetanus</i> )              | 岷山山系                         |
| 猴科   | 云南黑白仰鼻猴( <i>Rhinopithecus bieti</i> )      | 云南云龙县                        |
| 蝮科   | 蛇岛蝮( <i>Gloydius shedaoensis</i> )         | 蛇岛老铁山国家级自然保护区                |
| 猫科   | 东北虎( <i>Panthera tigris ssp. altaica</i> ) | 完达山东部地区、黑龙江凤凰山国家级自然保护区       |
|      | 华北豹( <i>P. pardus fontanierii</i> )        | 山西铁桥山                        |
|      | 藏羚( <i>Pantholops hodgsonii</i> )          | 青藏高原                         |
| 牛科   | 牦牛( <i>Bos mutus</i> )                     | 青藏高原                         |
|      | 扭角羚( <i>Budorcas taxicolor</i> )           | 唐家河国家级自然保护区                  |
| 猪科   | 野猪( <i>Sus scrofa</i> )                    | 完达山东部林区                      |
| 长臂猿科 | 白眉长臂猿( <i>Hylobates hoolock</i> )          | 高黎贡山赧允                       |
| 犬科   | 藏狐( <i>Vulpes ferrilata</i> )              | 青藏高原                         |
| 雉科   | 黄腹角雉( <i>Tragopan cabot</i> )              | 湖南省森林植物园                     |
| 马科   | 西藏野驴( <i>Equus kiang</i> )                 | 青藏高原                         |
| 鸭科   | 北美林鸳鸯( <i>Aix sponsa</i> )                 | 北美                           |
| 鹳科   | 东方白鹳( <i>Ciconia boyciana</i> )            | 黄河三角洲                        |

2.4 野生动物容纳量的估算方法

可从不同角度对野生动物容纳量进行划分<sup>[8]</sup>：根据生态研究需要的不同,可以把容纳量分为营养容纳量和空间容纳量 2 大类;从野生动物种群管理的角度将容纳量分为生态容纳量和经济容纳量 2 大类。针对不同生态因子对容纳量的影响和影响因素,研究方法存在差异。

营养容纳量是以目标种群所处生境所能提供的营养和野生动物本身的营养需求为基础,通常选择全年环境条件最恶劣的季节进行估算。该方法受较多因素影响,在评估时往往会低估环境的营养容纳量,需要一个弹性系数来修正<sup>[8]</sup>。一般选择冬季计算野生动物营养容纳量,主要是冬季野生动物栖息地环境容纳量相对较低,可作为有效判断环境容纳量最小值的依据。国外学者 Hobbs 等提出模型估算野生动物的营养容纳量<sup>[7]</sup>：

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n (B_i \times F_i)}{(R_q \times D) - E_n}$$

式中  $K$  为野生动物容纳量; $n$  为主要食物种类;

$B_i$  为主要食物  $i$  的可食食物量; $F_i$  为主要食物  $i$  的营养含量; $R_q$  为动物个体需求,即每天维持生存的代谢需求量; $D$  为野生动物占据该季节的天数; $E_n$  为营养物质的内源贮存量。

空间容纳量是以野生动物总体生境格局和最小生存空间需求为依据,结合地理信息系统等现代技术及空间模型的模拟来估算<sup>[8]</sup>。该方法可以更为客观地确定环境容纳量,将成为确定环境容纳量的主要研究手段和方法<sup>[9]</sup>。由于动物的丰富度和生存概率往往取决于其领域内生境空间的可获得性,因此,可以通过不同尺度的生境资源和动物本身的最小空间需求量来推算该生境的容纳量,侯万儒等运用该方法初步分析四川九顶山自然保护区野生黑熊种群生存力<sup>[10]</sup>。陈军林对黄河三角洲的繁殖东方白鹳进行了空间容纳量的分析,并指出空间异质性低的地区测定空间容纳量比较容易<sup>[6]</sup>。李佳在对江西桃红岭自然保护区梅花鹿的适宜生境容纳量的研究中参照了 Downs 等<sup>[11]</sup>方法,应用野生动物的可利用生境来估算环境容纳量,其模型可整理如下：



$K = \text{可利用生境面积} \times (1 + \text{非利用生境面积的百分比}) \div \text{野生动物个体的最小空间需求}$

生态容纳量是指在不受人为影响或者人为狩猎很有限的情况下,野生动物尤其是珍稀物种的环境容纳量仅由有限的生境资源决定,表现为3种形式<sup>[8]</sup>:(1)仅由食物资源限制的非狩猎性种群数量(存在密度),意味着食物是限制种群繁殖率和成活率的基本因素;(2)当生物种内行为或生理机制作为种群调节的主要机制时,生境可能维持的动物种群数量(容忍密度),但是当种群达到一定密度时,空间也是重要的限制因子;(3)当动物所需的因子能够减轻捕食强度时,生境能够维持的动物种群数量,即为安全密度。

经济容纳量是由人为管理目标来确定的最大种群数量,它可分为最大猎取密度和最小影响密度2种形式<sup>[8]</sup>:(1)最大猎取密度是指某种生境能够养活的可以维持最大持续猎取量的动物种群数量,这一密度水平往往只有存在密度的一半,而达到此密度的动物质量和生境状况都比较好;(2)最小影响密度是迫使野生动物种群数量保持在低于最大猎取密度,在种群不致灭绝的条件下把该种群对其他野生动物或植被的有害影响减少到最低水平。

迄今,营养容纳量是国际上最常用的研究野生动物容纳量的方法,基于冬季鹿类主要食物及其营养含量,可采取以下步骤估算鹿类容纳量<sup>[8]</sup>:(1)图示各季节动物主要活动范围;(2)描述各范围区域内不同植被类型,并确定各季节鹿类的主要食物;(3)测定主要食物的营养含量,如粗蛋白含量;(4)以植被型估算食物量,并评价质量;(5)考虑雪深和取食方便度;(6)估算动物的营养需求;(7)利用模型计算容纳量值。

## 2.5 生境选择与空间容纳量

生境的选择与评价和野生动物的空间容纳量密切相关,丰富而多样的生境可利用资源是维持动物种群的必要条件。当动物对生境资源的利用量与生境中可利用的资源量不成正比时,则认为动物对不同资源的利用具有选择性。孟根同研究了黑龙江完达山林区植被类型、隐蔽级、郁闭度、坡位、坡向、距居民点距离和海拔等对野猪生境选择的影响,并由此计算了栖息地野猪的空间容纳量,发现该林区野猪的空间容纳量明显高于营养容纳量<sup>[12]</sup>。这表明大型野生动物的种群密度及分布主要受限于食物资源的总量和布局,也进一步说明营养容纳

量是研究野生动物容纳量的主要方法。

## 2.6 容纳量研究的趋势

国外早期对容纳量的研究主要集中在有蹄类动物的营养容纳量上,并提出了多种估算公式和模型,如Hobbs模型。国内对容纳量的研究相对较少,也主要集中在有蹄类动物的营养容纳量上,可见对野生动物空间容纳量的研究有限,在这方面还有很多的探索空间。其中,基于动物个体的空间需求进行生境空间容纳量估算,将成为容纳量研究的热点。此外,野生动物容纳量具有动态性,目前的研究多集中在动物冬季容纳量上。事实上,因为年际和不同季节水文差异,生境有效空间和生境质量可能有很大不同,必然影响营养容纳量和空间容纳量。因此,重视动物动态容纳量研究,比如动物容纳量的季节性变化以及不同水文年份容纳量的变化,也是今后需要加强研究的重要方面。从于清娟通过直接与分阶段利用指数增长模型对大丰自然保护区内麋鹿种群动态变化进行的尝试分析<sup>[13]</sup>,以及楚原梦冉等利用旋涡模型(VORTEX 10)对猴群未来100 a内的数量动态进行的模拟分析<sup>[14]</sup>来看,运用数学模型对野生动物容纳量及种群生存力进行研究和分析将成为今后的主流。

## 3 结语

本文运用文献计量学方法,借助Citespace文献可视化软件,以1990—2021年中国学术期刊全文数据库(CNKI)提供的野生动物环境容纳量相关文献为研究对象,从野生动物容纳量的研究方法、主要影响因素等分析入手,得出如下认识:

(1)对鹿科动物容纳量的分析和研究已趋于成熟,对其余科属种的动物研究还比较少。

(2)影响野生动物容纳量的主要因素有潜在利用和实际可利用的生境面积,生境的破碎化程度与环境波动,生境中可利用的资源数量、质量及其可获得性,动物个体在维持生存和生产过程中对营养物质的需求以及天气状况(如冬季强降雪会增加动物行走和觅食过程能量的消耗),动物对生境内资源的利用状况和生物种内、种间关系。

(3)野生动物容纳量具有动态性,这方面研究比较薄弱。因为年际和不同季节水文差异,生境有效空间和生境质量将有很大不同,从现有文献报道来看,仅就某个季节(如冬季或者春夏季)环境容纳量做了一些研究,没有将营养容纳量的季节性变化

和不同水文年的动态呈现出来。今后应重视野生动物容纳量的动态性研究。

(4) 国内外对野生动物空间容纳量的研究较少,在这方面还有很多的探索空间。仅以食物营养作为依据还不能全面准确地估算环境容纳量,还要在此基础上考虑动物个体的营养水平、食物资源在动物个体间的分配状况等。因此,基于动物个体的空间需求进行生境空间容纳量估算,将成为容纳量研究的热点。

(5) 基于生境质量监测进行容纳量估算的方法受多种因素影响,存在很大不确定性。在考虑营养容纳量的基础上,综合考虑野生动物生境中各种生态因子对容纳量的影响,通过空间分析、不同景观尺度分析及数学模型方法,将使环境容纳量的研究更加科学有效,这种综合分析方法将成为研究容纳量的主要方法。

#### 参考文献:

- [1] 孙雪莹.扎龙保护区灰鹤秋迁期农田生境利用及环境容纳量分析[D].哈尔滨:东北林业大学,2020.
- [2] 吕 思.野生动物资源保护的重要意义及对策[J].安徽农学通报,2021,27(14):37-38.
- [3] 环境容纳量\_360 百科[EB/OL]. <https://baike.so.com/doc/6102754-6315865.html>
- [4] 李 佳.江西桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境适宜性评价[D].南昌:江西师范大学,2014.
- [5] 姜广顺.黑龙江省完达山地区生境破碎化对马鹿数量分布的影响[D].哈尔滨:东北林业大学,2004.
- [6] 陈军林.黄河三角洲繁殖东方白鹤生境选择和环境容纳量分析[D].合肥:安徽大学,2011.
- [7] HOBBS N T, HANLEY T A. Habitat evaluation: do use/availability data reflect carrying capacity? [J]. The Journal of Wildlife Management, 1990, 54(4): 515-522.
- [8] 陈 良, 鲍毅新.野生动物环境容纳量的研究现状[J]. 浙江师范大学学报(自然科学版), 2006, 29(4): 448-454.
- [9] 刘群秀, 张明海.鹿类动物冬季环境容纳量估算方法评价[J]. 野生动物杂志, 2005, 26(5): 47-50.
- [10] 侯万儒, 任正隆, 喻晓钢, 等.四川九顶山自然保护区野生黑熊种群生存力初步分析[J]. 西华师范大学学报(自然科学版), 2003, 24(4): 381-384.
- [11] DOWNS J A, GATES R J, MURRAY A T. Estimating carrying capacity for sandhill cranes using habitat suitability and spatial optimization models[J]. Ecological Modelling, 2008, 214(2-4): 284-292.
- [12] 孟根同.完达山东部林区野猪种群容纳量研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2013.
- [13] 于清娟.种群生存力分析及其在麋鹿种群动态中的应用[D].兰州:兰州大学,2009.

- [14] 楚原梦冉, 咎启杰, 杨 琼, 等.广东内伶仃岛猕猴种群动态及种群生存力分析[J]. 野生动物学报, 2019, 40(2): 259-266.

#### 附录 检索和筛选的文献

- (1) BARLOW N D. The ecology of wildlife disease control: simple models revisited [J]. Journal of Applied Ecology, 1996, 33: 303-314.
- (2) ROBINSON J G, BENNETT E L. Carrying capacity limits to sustainable hunting in tropical forests[M]// ROBINSON J G, BENNETT E L. Hunting for sustainability in tropical forests. Columbia University Press. 2000: 13-30.
- (3) BOTHMA J D P, VAN ROOYEN N, VAN ROOYEN M W. Using diet and plant resources to set wildlife stocking densities in African savannas[J]. Wildlife Society Bulletin, 2004, 32(3): 840-851.
- (4) BOWYER M W, STAFFORD J D, YETTER A P, et al. Moist-soil plant seed production for waterfowl at Chautauqua National Wildlife Refuge, Illinois[J]. The American Midland Naturalist, 2005, 154(2): 331-341.
- (5) BRASHER M G, STECKEL J D, GATES R J. Energetic carrying capacity of actively and passively managed wetlands for migrating ducks in Ohio[J]. The Journal of Wildlife Management, 2007, 71(8): 2532-2541.
- (6) CONOVER M R. Effect of hunting and trapping on wildlife damage [J]. Wildlife Society Bulletin, 2001, 29(2): 521-532.
- (7) DOWNS J A, GATES R J, MURRAY A T. Estimating carrying capacity for sandhill cranes using habitat suitability and spatial optimization models[J]. Ecological Modelling, 2008, 214(2-4): 284-292.
- (8) HAYWARD M W, O'BRIEN J, KERLEY G I H. Carrying capacity of large African predators: predictions and tests[J]. Biological Conservation, 2007, 139(1-2): 219-229.
- (9) HELICKSON M W, DEYOUNG C A. Predicting white-tailed deer carrying capacity using grazeable biomass and tame deer [C]//Proceedings of the Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies. 1997, 51: 238-249.
- (10) HOBBS N T, HANLEY T A. Habitat evaluation: do use/availability data reflect carrying capacity? [J]. The Journal of Wildlife Management, 1990, 54(4): 515-522.
- (11) KAMINSKI R M, DAVIS J B, ESSIG H W, et al. True metabolizable energy for wood ducks from acorns compared to other waterfowl foods[J]. The Journal of Wildlife Management, 2003, 67(3): 542-550.
- (12) KILPATRICK A M, GILLIN C M, DASZAK P. Wildlife-livestock conflict: the risk of pathogen transmission from bison to cattle outside Yellowstone National Park[J]. Journal of Applied Ecology, 2009, 46(2): 476-485.
- (13) MCCALL T C, BROWN R D, BENDER L C. Comparison of techniques for determining the nutritional carrying capacity for white-tailed deer [J]. Journal of Range Management, 1997, 50(1): 33-38.
- (14) MCLEOD S R. Is the concept of carrying capacity useful in variable environments? [J]. Oikos, 1997, 79: 529-542.

- (15) PATON D, NUNEZ-TRUJILLO J, DIAZ M A, et al. Assessment of browsing biomass, nutritive value and carrying capacity of shrublands for red deer (*Cervus elaphus* L.) management in Monfragüe Natural Park (SW Spain) [J]. Journal of Arid Environments, 1999, 42(2): 137-147.
- (16) RILEY S J, DECKER D J, CARPENTER L H, et al. The essence of wildlife management [J]. Wildlife Society Bulletin, 2002, 30(2): 585-593.
- (17) SAYAN M S, ATIK M. Recreation carrying capacity estimates for protected areas: a study of Termessos National Park [J]. Ekoloji, 2011, 20(78): 66-74.
- (18) SAYRE N F. The genesis, history, and limits of carrying capacity [J]. Annals of the Association of American Geographers, 2008, 98(1): 120-134.
- (19) STRICKLAND B K, HEWITT D G, DEYOUNG C A, et al. Digestible energy requirements for maintenance of body mass of white-tailed deer in southern Texas [J]. Journal of Mammalogy, 2005, 86(1): 56-60.
- (20) ZHANG Y, ZHAO R, LIU Y, et al. Sustainable wildlife protection on the Qingzang Plateau [J]. Geography and Sustainability, 2021, 2(1): 40-47.
- (21) 陈军林.黄河三角洲繁殖东方白鹤生境选择和环境容纳量分析[D].合肥:安徽大学,2011.
- (22) 陈良, 鲍毅新.野生动物环境容纳量的研究现状[J].浙江师范大学学报(自然科学版), 2006, 29(4): 448-454.
- (23) 程远峰.野猪种群动态影响模拟预警系统的构建与研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2011.
- (24) 楚原梦冉, 咎启杰, 杨琼, 等.广东内伶仃岛猕猴种群动态及种群生存力分析[J].野生动物学报, 2019, 40(2): 259-266.
- (25) 冯斌.湖北石首野生麋鹿生态学研究及社区共管初探[D].长沙:中南林业科技大学,2005.
- (26) 高梅香.景观破碎化对东北虎主要猎物种群影响模拟[D].哈尔滨:东北林业大学,2009.
- (27) 高智晟.野生动物价值评估与定价研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2005.
- (28) 官天培, 湛利民, 符建荣, 等.唐家河国家级自然保护区扭角羚环境容纳量[J].四川林业科技, 2015, 36(3): 69-74.
- (29) 桂小杰.黄腹角雉保护生物学研究遗传多样性和种群生存力分析[D].长沙:中南林业科技大学,2007.
- (30) 侯森林, 贾竞波, 张明海, 等.黑河林区驼鹿冬季营养容纳量的研究[J].南京林业大学学报(自然科学版), 2006, 30(5): 79-82.
- (31) 侯万儒, 任正隆, 喻晓钢, 等.四川九顶山自然保护区野生黑熊种群生存力初步分析[J].西华师范大学学报(自然科学版), 2003, 24(4): 381-384.
- (32) 李碧波, 吴玥, 张恩迪.吉林珲春自然保护区青龙台林场马鹿容纳量的初步研究[J].四川动物, 2006(3): 519-523.
- (33) 李碧波.吉林珲春自然保护区青龙台林场鹿科动物容纳量的研究[D].上海:华东师范大学,2006.
- (34) 李佳.江西桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境适宜性评价[D].南昌:江西师范大学,2014.
- (35) 李熠.完达山东部地区暴雪前后马鹿和狍营养生态位的比较研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2008.
- (36) 刘鹏.蛇岛蝮种群动态、生境选择及其保护[D].哈尔滨:东北林业大学,2008.
- (37) 刘群秀, 张明海.鹿类动物冬季环境容纳量估算方法评价[J].野生动物, 2005(5): 47-50.
- (38) 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.
- (39) 刘群秀.藏狐的活动规律、家域特征及生境选择的研究[D].上海:华东师范大学,2009.
- (40) 吕思.野生动物资源保护的重要意义及对策[J].安徽农学通报, 2021, 27(14): 37-38.
- (41) 马建章.世界狩猎业管理漫谈[J].大自然, 200(3): 4-7.
- (42) 孟根同.完达山东部林区野猪种群容纳量研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2013.
- (43) 缪沪君.鄱阳湖区獐的种群生存力分析、分布和生境选择[D].南昌:江西师范大学,2015.
- (44) 沈才智.黑河胜山驼鹿种群生存力分析[D].哈尔滨:东北林业大学,2005.
- (45) 孙雪莹.扎龙保护区灰鹤秋迁期农田生境利用及环境容纳量分析[D].哈尔滨:东北林业大学,2020.
- (46) 孙悦, 杨森, 张玮琪, 等.黑龙江仙洞山梅花鹿自然保护区冬季梅花鹿环境容纳量初步估算与分析[J].野生动物学报, 2018, 39(2): 231-236.
- (47) 万文静.升金湖越冬白头鹤(*Grus monacha*)种群环境容纳量研究[D].合肥:安徽大学,2016.
- (48) 王浩瀚.云龙县黑白仰鼻猴(*Rhinopithecus bieti*)历史灭绝动态及基于可用有效生境概念的种群生存力分析[D].西宁:青海师范大学,2015.
- (49) 王化儒.基于个体的空间直观种群模型的构建研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2009.
- (50) 王姣.山西铁桥山华北豹(*Panthera pardus fontanierii*)猎物丰富度及其食物组成的季节差异研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2020.
- (51) 王俊丽, 张忠华, 胡刚, 等.基于文献计量分析的喀斯特植被生态学研究态势[J].生态学报, 2020, 40(3): 1113-1124.
- (52) 吴建普.高黎贡山赧亢白眉长臂猿营养容纳量研究[D].昆明:西南林业大学,2010.
- (53) 杨博辉.西部野生偶蹄目动物遗传资源及Web数据库研究[D].兰州:甘肃农业大学,2006.
- (54) 杨春花.放归大熊猫 *Ailuropoda melanoleuca* 预选栖息地评估[D].上海:华东师范大学,2007.
- (55) 殷亚杰.敖鲁古雅驯鹿(*Rangifer tarandus*)食性及其栖息地容纳量与种群生存力分析[D].哈尔滨:东北林业大学,2016.
- (56) 于清娟.种群生存力分析及其在麋鹿种群动态中的应用[D].兰州:兰州大学,2009.
- (57) 张明海, 刘群秀.黑龙江省完达山东部林区马鹿冬季环境容纳量估算[J].兽类学报, 2008, 28(1): 56-64.
- (58) 郑姚闽.湿地类型自然保护区保护价值评价及保护空缺分析研究[D].北京:北京林业大学,2010.
- (59) 朱井丽.基于生态足迹和繁殖生境需求的扎龙保护区人鹤共存策略[D].哈尔滨:东北林业大学,2019.