

# 鹿类动物冬季环境容纳量估算方法评价

刘群秀 张明海 \*

(东北林业大学野生动物资源学院 哈尔滨 150040)

**摘要:** 根据国内外鹿类动物环境容纳量研究现状, 按确定容纳量的研究方法将其归纳为营养容纳量和空间容纳量两大类。这两类研究方法中, 营养容纳量应用较早, 是以目标种群生境所能提供的营养和野生动物本身的能量需求为估算基础, 该方法受较多因素的影响, 需进一步改进; 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研究, 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。

**关键词:** 鹿类; 环境容纳量; 评价

中图分类号: Q95

文献标识码: A

文章编号: 1001-1505 (2005) 05-0127-04

## Evaluation on Methods of Estimating Winter Habitat Carrying Capacity of Cervidae

LIU Qunxiu ZHANG Minghai

(Wildlife Resource College, Northeast Forestry University, Harbin, 150040, China)

**Abstract:** Two primary methods were summarized to estimate habitat carrying capacity, by nutrition and by space, according to the current research status of deer carrying capacity in recent years; also evaluation and comparison were conducted on them. In 2 methods, the former was historically used, but was influenced by many factors and need to be improved for its limitation only based on nutrition in habitat and energy requirements of wildlife individuals. The latter, however, was related to general habitat structure and the minimum survival space requirements of individual. Combined with contemporary study methods and certain spatially models, this method will be the primary technique to estimate deer carrying capacity.

**Key word:** Cervidae; Carrying capacity; Evaluation

\*基金项目: 美国内政部温和野生动物管理署; 世界犀牛和老虎保护基金; 黑龙江省自然保护基金、国家林业局野生动物保护可科研课题。

\* 作者简介: 刘群秀(1980-), 男, 硕士, 主要从事野生动物生态学和保护生物学方面研究

\* 通讯作者: zhangminghai2004@126.com

环境容纳量(简称容纳量)是野生动物种群及其生境管理中至关重要的概念。Leopold (1933) 将其定义为某一给定生境所能维持健康生存野生动物的最大数量<sup>[1]</sup>。

容纳量是一个重要的种群参数,它强调内外因素(气候、植被、土壤及食物的可获得性等)对种群密度的综合影响,确定起来比较复杂。对环境容纳量的估算一般选择在冬季,由于冬季环境恶劣,生境质量下降,所能提供食物和营养是一年中最为贫乏的季节<sup>[2]</sup>,冬季生境往往更能成为种群数量增长的限制因子,因此,冬季估算鹿类动物的容纳量较合理<sup>[3]</sup>。

估算容纳量的方法很多,早期 20 世纪 80 年代应用是利用种群参数及其生存环境的变化状况来反应生境中所能容纳种群的水平<sup>[4]</sup>。如果生境中出现过度啃食或某物种高死亡率的现象,则说明该种群数量已经超出环境容纳量,该生境不足以维持此种群。当这种过度利用生境资源的现象消失后,说明该种群的数量已经在密度或其它限制因子影响下恢复到容纳量附近。但在各种野生动物种群和生境条件中,容纳量取决于不同需求因子的状况,没有任何一类种群和生境状况能够代表所有动物种群的容纳量。环境容纳量的确定是一项较为困难的工作,但它对野生动物种群的有效保护管理及可持续开发利用具有重要意义。

目前较为常用的环境容纳量估算方法主要有营养容纳量和空间容纳量两类。

## 1 营养容纳量

这一研究方法目前为多数学者所应用。该研究方法主要侧重于目标种群生境所能提供的营养和食物量(主要指能量和氮),结合野生动物本身的营养需求,推算有蹄类的容纳量<sup>[5-6]</sup>。具有代表性的是 Hobbs (1982) 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模型<sup>[9]</sup>:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n (B_i \times F_i)}{(Rq \cdot \text{Days}) - En}$$

K: 冬季生境容纳量; n: 主要食物种类; B<sub>i</sub>: 主要食物 i 的可食食物量; F<sub>i</sub>: 主要食物 i 的营养含量; Rq: 动物个体需求, 每天维持生存的代谢需求; D: 动物占据冬季生境的天数; En: 营养物质的内源贮存。

此模型的假定条件为: 主要食物的质量和动物的营养需要量是稳定不变的。此种方法仅以营养为研究依据, 在估算某地区或某时间段内生境所能维持野生动物种群的最大密度较为有效, 但不能将野生动物的数量和个体的营养水平联系起来。通常情况下, 动物个体的营养水平是与种群数量呈负相关的<sup>[10]</sup>。是不是生境中所有个体摄取的营养都能

达到维持生存的最低需求? 这一点还不能确定。故该模型的假设应该再补充一点: 生境中食物资源依动物的营养需求而分配。该模型在应用时必须考虑以下几个主要因素。

### 1.1 生境中食物质量及其可获得性

食物中营养成分的含量通常是由食物条目的质量和不同食物条目的混合状况决定的。可食食物营养含量可以由测定纤维素、粗能及氮获得, 但此种食物条目的可获得性, 即此食物能被动物摄入的百分比很难测得。即: 环境能够提供多少食物来维持某一动物种群, 使其获得某一特定水平的营养? 该模型中未能考虑到这一点。Hobbs (1985) 依据不同食物类目的营养浓度及其生物量的关系提出了解决此问题的数学方法<sup>[11]</sup>: 将食物的生物量 (y) 定义为其营养浓度 (x) 的函数 (图 1), 通过确定 CONC, X<sub>1</sub> 可以由下面的方程获得:

$$CONC = \frac{\int_{X_1}^{X_{max}} x f(x) dx}{\int_{X_1}^{X_{max}} f(x) dx}$$

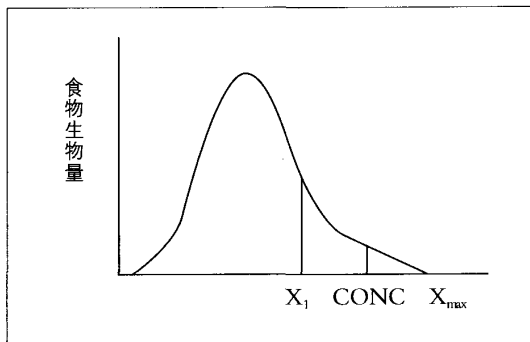


图 1 食物营养浓度和生物量关系曲线

CONC 为食物特定水平的营养浓度;

X<sub>max</sub> 为食物中最大营养浓度;

X<sub>1</sub> 为一未知点, 在这一点右侧生物量所对应的食物营养浓度等于 CONC

由此可以确定能够提供动物所需的特定营养浓度为 CONC 的食物的最大量 (MAX),

$$MAX = \int_{X_1}^{X_{max}} f(x) dx$$

最后结合动物个体对干物质吸收率确定该物种的环境容纳量。此数学方法在一定程度上纠正了食物可获得量与食物营养浓度的问题。

### 1.2 动物个体在维持生存和生产过程中对营养物质的需求

动物个体对营养的需求只能通过消化代谢实验, 并且实验应在处于不同营养水平和生理、身体状况的动物上进行<sup>[12][13]</sup>。对于野生动物, 进行这项工作是及其困难的, 目

前这方面的工作仅限于一些大型的有蹄类动物<sup>[14]</sup>。

多数学者在实际容纳量估算中都假定生境容纳量只与生境的营养供应量有关, 实际上, 不同的环境条件, 如温度、降雨、雪深及食物的可获得性和质量等都会影响动物的热调节及维持生存的代谢需求<sup>[15-18]</sup>, 因此, 确定动物个体的营养需求, 估算环境容纳量是非常困难。

### 1.3 影响营养环境容纳量估算的其他因子

雪深是冬季环境容纳量测定中不可忽略的重要因子, 其影响主要表现在: 雪深会增加动物行走和觅食的能量消耗, 同时增加机体的代谢能, 一般来讲, 动物站立、行走和觅食等行为都消耗能量, 动物消化食物所获取的能量应该和寻找食物的能量消耗及维持机体活动代谢能之间存在一种平衡, 只有这样动物才会主动去获取某种食物或完成某种行为; 积雪会限制动物活动, 由于能量消耗增大, 动物必须衡量能量消耗和获取食物之间的平衡关系。因此, 活动量和范围都会有所减少; 积雪会覆盖地面的食物, 随着严冬雪层的增厚, 地面食物完全被覆盖, 环境容纳量会明显减小。限于以上不足, Francois (1983) 利用线性回归初步确定雪深和食物可获得性之间的关系<sup>[19]</sup>, 改进了传统的容纳量估算模型; Mat-tfeld (1974) 提出鹿类动物行走时消耗能量与雪深关系的方程<sup>[20]</sup>增加了容纳量估算模型的准确性。

鹿类动物的种间竞争是容纳量估算过程中又一不可忽视的重要影响因子。冬季食物最易发生短缺, 导致种间竞争<sup>[21]</sup>。鹿类动物生境利用和采食高度等都呈现一定重叠, 彼此间相互影响, 种间会发生竞争<sup>[22][23]</sup>。因此, 对于不同生境, 应全面考虑与目标物种相竞争并影响其容纳量的因素。

此外, 动物种群的年龄结构种群其它参数也会影响环境容纳量, 适当数学方法可以减少估算环境容纳量过程中出现的偏差。

## 2 空间容纳量

空间容纳量主要是依据总体生境格局和野生动物赖以生存、繁衍所需要的最小空间需求来估算环境容纳量, 该方法更为客观和准确。目前, 该项研究刚刚起步, 以后应用将更为广泛。

空间是动物个体生存的必需资源之一<sup>[24]</sup>。野生动物物种对生境的利用表现在不同的时空尺度上<sup>[25]</sup>。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量和动物本身的最小空间需求来推算该生境的容纳量<sup>[26]</sup>。此类以最小空间需求来估算容纳量的方法是以物种个体的某些生物学特性为基础的, 如: 集群、家域大小、迁移距离和生境适宜性等。鹿类动物有同种个体集结在一起, 成群活动的习性, 并且这种集群行为会随季节和生境的变化而变化, 鹿群的大小和稳定性也会在一年四季出现明显的波动性, 其环境容纳量会有所变化。因此, 该研究方法在应用时需要考虑以下因素。

### 2.1 生境破碎化在很大程度上影响生境质量<sup>[27]</sup>

其表现为导致生境的丢失, 引起生境空间格局的变化, 影响生境景观的生态功能<sup>[28]</sup>, 在不同尺度上限制物种的扩散、迁移和建群, 以及生态系统的生态过程和景观结构的完整性<sup>[29][30]</sup>。生境破碎化对鹿类这些大范围活动的物种是极其不利的, 环境容纳量会因其而变小。需要注意的是, 适宜生境的评估同样不可忽视, 野生动物因自身的生境和尺度需求对环境变化会产生不同反应<sup>[31]</sup>。因此, 估算容纳量的必要前提是确定目标种群的适宜生境。一般来讲, 生境破碎化形成的斑块如果很小, 动物很难找到适宜生境<sup>[32]</sup>。

### 2.2 由生境破碎化引起的边缘效应及生境的空间异质性等也会影响到容纳量的估算结果

目前, 边缘效应的研究已成为人们关注的焦点<sup>[33][34]</sup>, 与边缘效应的作用相对应的是生物物种对生境边缘做出的反应。负边缘效应往往通过降低生境质量而引起物种的局部灭绝<sup>[35]</sup>。考虑到以上限制因素, Henrique 在显空间分析模型 (Spatially explicit model) 基础上, 提出基于动物个体, 同时考虑种群年龄结构、散布、理想食物和生境选择<sup>[36]</sup>, 推断家域大小对破碎化景观环境容纳量影响的模型。

目前, 野生动物生境研究由定性向定量发展, 估算生境空间容纳量必将与生境评价相结合, 并应用“3S”技术、多元统计分析技术、集合种群理论及空间分析模型等现代先进技术, 以进一步确定不同尺度中生境破碎化的生态学效应及其对野生动物生境容纳量的影响<sup>[24]</sup>。

## 3 讨论

目前, 基于生境质量监测的估算容纳量的方法存在很大不确定性, 并且受多种因素的影响。但食物作为动物生存和活动的物质基础, 起着决定作用, 故基于营养需求方法估算容纳量较为有效, 但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, 需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。最有发展前景的研究方法是基于动物个体的空间需求估算生境空间容纳量, 该估算方法将成为容纳量研究的热点。它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结合来使环境容纳量的研究更加科学有效, 它将成为容纳量研究的主要研究方法。

## 参考文献

- [1] Leopold. Game management, Chas. Scribner's Sons. New York., 1933.
- [2] Nelson, J.R. Nutritional requirements and food habits. (J.W. Thomas, eds.) in Elk of North America: ecology and management. Stackpole Books, 1982, 323~367.

- [3] Klein,D.R.The introduction, increase, and crash of reindeer on St.Matthew Island. J. Wildl. Manage, 1968, 32:350~367.
- [4] Severinghaus,G.W, H.F.Maguire, R.A.Cookingham. Variations by age class in the antler beam diameters of white-tailed deer related to range conditions. Trans. North Am. Wildl. Conf, 1950, 15:551~568.
- [5] Mentis and Duke. Carrying capacity of natural veld in Natal for large herbivores. S. Afr. J.Wildl. Res, 1976,6:65~74.
- [6] Wallmo, O.C., L.H. Carpenter, W.L. Reglin, R.B. Gill, and D. L. Baker. Evaluation of deer habitat on a nutritional basis. J. Range Manage, 1977, 30:122~127.
- [7] 赵泽斌. 带岭地区马鹿冬季容纳量的研究. 东北林业大学硕士学位论文,1987, 2~8.
- [8] 侯森林. 驼鹿冬季营养容纳量的研究. 东北林业大学学位论文, 2001.
- [9] N.T. Hobbs, Energy- and nitrogen-based estimates of elk winter-range carrying capacity. J.Wildl. Manage, 1982,46:12-21.
- [10] Demment and Vansoest, Body size, digestive capacity, and feeding strategy of herbivores. Windrock Int. Livestock Res. Publ, 1983, 66.
- [11] Hobbs. Estimates of habitat carrying capacity incorporating explicit nutritional constraints.J. Wildl. Manage, 1985,49(3): 814~822.
- [12] D.Paton.J.Nunez Trujilio and M.A.Diaz & A.Munoz. Assessment of browsing biomass, nutritive value and carrying capacity of shrublands for red deer (*Cervus elaphus* L.) management in Monfrague Natural Park (SW Spain), 1999:137~147.
- [13] Bronson.K., Strickland. David G. Digestible energy requirements for maintenance of body mass of white-tailed deer in southern Texas. Journal of Mammalogy, 2005,86(1):56~60.
- [14] 陈化鹏, 高中信. 野生动物生态学. 东北林业大学出版社, 1993, 162~170.
- [15] Ullrey,D.E,Youatt.H.E.and Fay.B.L. Digestible energy requirements for winter maintenance of Michigan white-tailed does. Journal of Wildl.Manage, 1969,33:482~490.
- [16] Silver.H.N.F. Colovos J.B. Holter. Fasting metabolism of white-tailed deer, J. Wildl. Manage, 1969,33:490~498.
- [17] Holter,J.B.Urban,J and Hayes. Nutrition of northern white-tailed deer throughout the year. J. Anim. Sci, 1977, 45:365~376.
- [18] N.T.HOBBS, D.L.BAKER. Energy-and nitrogen-based estimates of elk winter-range carrying capacity. Journal of Wildlife Management, 1982, 46(1):12~21.
- [19] Francois potvin, Jean huot. Estimating carrying capacity of a white-tailed deer wintering area in Quebec J. Wildl.Manage, 1983,47(2):463~475.
- [20] Mattfeld,G.F. The energetics of winter foraging by white-tailed deer. A perspective on winter concentration. Ph.D. Thesis, Syracuse Univ. Syracuse, N.Y. 1974, 306.
- [21] 于孝臣,秋岩明,宁波. 原麝和斑羚冬季种间关系的研究. 林业科技, 2000, 25 (2) : 41~44.
- [22] Cliff. Relationship between elk and mule deer in the blue mountains of Oregon. Trans.N.Amer, Wildl.Conf, 1939,4:560~569.
- [23] Nelson J.R. and D.G.Burnell. Elk-cattle competition in Central Washington in Range Multiple use management. Moscow; Univ. Idaho, 1975.172~173.
- [24] 蒋志刚. 动物行为原理与物种保护方法. 北京: 科学出版社, 2004, 43~46.
- [25] B. Verboom and R. van Apeldoorn. Effects of habitat fragmentation on the red squirrel, *Sciurus vulgaris* L., Landscape Ecology, 1990, 4 (2) : 171~176.
- [26] 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. 西华师范大学学报 (自然科学版), 2003, 24 (4) .
- [27] 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. 东北林业大学硕士学位论文,2004.
- [28] 张明海. 基于 3S 技术的马鹿生境破碎化及其生态影响的分析. 东北林业大学博士学位论文, 2005.
- [29] Haila Y. A. . Konceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. Ecological Applications,2002,12:321~334.
- [30] 武正军,李义明. 生境破碎化对动物种群存活的影响. 生态学报, 2003, 23 (11) : 2424~2435.
- [31] Riitters,Neill and Jones. Assessing habitat suitability at multiple scales: a landscape level approach, Biological Conservation, 1997, 81:191~202.
- [32] Paul Opdam. Metapopulation theory and habitat fragmentation: a review of holarctic breeding bird studies. Landscape Ecology, 1991, 5 (2) : 93~106.
- [33] Morrison M L, Marcot B G and Mannan R W. Wildlife-Habitat relationships concepts and applications. Wisconsin, the University of Wisconsin press, 1992.
- [34] 于广志. 不同空间尺度下生境的边缘效应. 中国科学院动物研究所博士学位论文, 2003.
- [35] Mills L.S. Edge effects and isolation: red-backed voles on forest remnants. *Conservations Biology*, 1995, 9: 395~403.
- [36] Henrique, Pereira. Testing the relationship between carrying capacity of a fragmented landscape and home-range size. AICME II abstracts Individual-Based Spatial Simulations of Ecological Systems: 09-Per-a.