

黑龙江省完达山东部林区马鹿冬季环境容纳量估算

张明海¹ 刘群秀^{1,2}

(1 东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040) (2 华东师范大学生命科学学院, 上海 200062)

摘要: 2005 年和 2006 年冬季, 在黑龙江省完达山东部林区采用分层抽样技术, 测定马鹿生境中主要食物的生物量供给量。通过食物营养成分分析, 确定野外生境食物营养供给量。经饲喂实验, 测定圈养马鹿冬季的日营养需求。结合研究地区马鹿生境食物资源类型, 以干物质、代谢能和氮为基础估算了完达山东部林区野生马鹿的营养容纳量。研究表明: 以干物质为估算基础, 完达山东部林区冬季马鹿容纳量为 $11\,115 \pm 1\,419$ 头, 以代谢能为基础估算值为 $5\,845 \pm 1\,077$ 头, 而基于氮的计算结果为 $16\,958 \pm 2\,983$ 头; 显示该地区马鹿主要食物含氮量超出马鹿日平均需求量, 而代谢能供给量则略显不足, 成为种群增长的主要限制因子, 所以本文以代谢能为基础估算的容纳量作为该地区冬季马鹿种群环境容纳量。此外, 由于受雪被厚度、食物生物量、光照等环境因子的影响, 两年估算的容纳量数值存在一定差异。

关键词: 马鹿; 冬季; 营养容纳量

中图分类号: Q958.12

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050 (2008) 01-0056-09

Estimation of winter carrying capacity of wapiti in the Eastern Wandashan Mountains, Heilongjiang Province, China

ZHANG Minghai¹, LIU Qunxiu^{1,2}

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

(2 College of Life Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: We sampled the forage resources of the eastern forests of Wandashan Mountains in Heilongjiang during winters 2005 and 2006 in order to quantify forage available to wapiti (*Cervus elaphus*). Nutrient composition of food items was analyzed to estimate wapiti carrying capacity. Feeding experiments were conducted on 3 captive wapiti (2 ♂, 1 ♀) to estimate daily nutrient requirements in winter. We estimated winter carrying capacity of Wandashan Mountains as $11\,115 \pm 1\,419$ based on mass (dry weight), as $5\,845 \pm 1\,077$ based on metabolizable energy, and as $16\,958 \pm 2\,983$ based on nitrogen. By determining the nutrient composition of principal forages ingested by wapiti, we found that the content density of nitrogen was higher than the amount required by wapiti, whereas metabolizable energy was lower. Therefore we conclude that metabolizable energy limits wapiti during winter. Additionally, we found that yearly variation in snow depth, biomass of food plants, and solar radiation caused detectable differences in yearly carrying capacity.

Key words: Nutrition carrying capacity; Wapiti (*Cervus elaphus*); Winter

生境容纳量 (简称容纳量) 是至关重要的野生动物生境参数, 它强调外部环境因素对种群密度的综合影响, 容纳量的估算对于科学评估和管理生境资源必不可少 (葛振鸣等, 2007)。确定生态系统的容纳量涉及到目标动物种群生态学特性和栖息地特征等多方面知识 (宋延龄等, 2003), 估算起来比较复杂。目前, 容纳量正被越来越广泛地研究

和应用 (陈良和鲍毅新, 2006), 其估算方法是根据目标种群生境提供的营养和食物量, 结合动物本身的能量需求, 推算其营养容纳量 (Mentis and Duke, 1976; Wallmo *et al.*, 1977)。我国有关容纳量的研究起步较晚, 主要集中于大型兽类 (陈良和鲍毅新, 2006)。关于马鹿 (*Cervus elaphus*) 容纳量的研究国内见于马建章 (1984) 和赵泽斌

基金项目: 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); 黑龙江省自然基金重点项目: 森林破碎化对鹿类影响及适应机制研究 (ZJN-0501); 国家林业局项目: 东北地区鹿类栖息地评价 (GLB05-102)

作者简介: 张明海 (1961-), 男, 博士, 教授, 主要从事兽类特别是鹿科动物的生态学和保护生物学方面的研究。Zhangminghai2004@126.com

收稿日期: 2007-01-24; **修回日期:** 2007-11-12

(1987) 对小兴安岭林区马鹿冬季营养容纳量的确定, 李碧波等 (2006) 对吉林珲春自然保护区马鹿容纳量的初步研究, 国外见于 Jeffrey (2003) 对 Nevada 地区 Jarbidge 山系马鹿夏季容纳量的估算等, 其他有关容纳量的研究见于宋延龄等 (2003)、刘政源和徐文彬 (2001)、康发功和孙伟刚 (2006) 等。

完达山地区马鹿由于人类活动 (姜广顺等, 2005)、偷猎 (刘群秀等, 2007) 等原因, 种群数量呈急剧下降趋势, 亟待保护和管理 (刘群秀, 2006)。鉴于野生马鹿种群的濒危现状, 我们基于营养容纳量的确定原理, 初步研究了黑龙江省完达山东部林区冬季马鹿种群的营养容纳量。本研究将有助于我们进一步了解马鹿对生存环境的基本需求, 为评估完达山林区野生马鹿种群状况、未来

动趋势 供理论基 , 为野生马 及其生境 源的有 保护和科 管理提供 学指导。

1 研究地区

研究地区包括黑龙江省东方红和迎春两个毗邻的国有林区 (45°50' ~ 47°15' N, 132°22' ~ 134°05' E), 全区总面积6 905 km², 基本包括整个完达山东部林区 (张明海, 2005)。根据研究地区的数字化地图和主要森林植被类型分布现状, 结合马鹿栖息活动特点, 将该地区生境类型划分为阔叶林、针叶林、针阔混交林、阔叶混交林、灌丛杂木林等。此外, 研究地区还包括农田、草甸等其他生境, 由于其面积小, 鹿类活动少, 因此在研究中归为其他类型之中, 不参与容纳量的估算 (表 1)。

表 1 研究地区主要生境类型及面积
Table 1 Principal habitats types of the study area

生境 Habitat type	林型 Stands	面积 Area (m ²)	百分比 Percentage (%)	布设样方数 Sample set
阔叶林 Broadleaf stands	栎林 <i>Quercus</i> spp.	321.87	6.0	25
	桦木林 <i>Betula</i> spp.	141.02	2.6	25
	杨木林 <i>Populus</i> spp.	413.83	7.7	25
	椴木林 <i>Tilia</i> spp.	83.96	1.6	25
	榆木林 <i>Ulmus</i> spp.	2.31	0.04	25
	柳木林 <i>Salix</i> spp.	24.74	0.5	25
	水曲柳 <i>Fraxinus mandshurica</i>	72.61	1.4	25
	黄檗 <i>Phellodendron amurense</i>	1.34	0.0	25
	胡桃楸 <i>Juglans mandshurica</i>	5.61	0.1	25
针叶林 Coniferous stands	落叶松林 Larch forests	303.27	5.6	—
	云冷杉、红松林 Spruce-fir and pine forests	561.06	10.4	—
针阔混交林 Mixed coniferous and broadleaf stands	阔叶落叶林 Deciduous broadleaf forests	259.85	4.8	29
阔叶混交林 Mixed broadleaf stands	杨桦、栎树阔叶林 Poplar-oak forests	1466.20	27.2	30
灌丛杂木林 Shrub		269.45	5.0	—
其他 Others		1465.53	27.2	—
合计 Total		5392.65	100	284

2 研究方法

2005 年和 2006 年冬季, 我们依据不同生境类型进行抽样调查, 采用随机布设样线法在地图上随机布点, 并随机选择方向, 然后进行实地定位。调查地点为五泡林场和河口林场, 本次研究共布设样线 33 条, 每条样线长 2.5 ~ 3 km, 在样线上每隔 100 m 布设 3 m × 3 m 的大样方, 大样方中央及四角布设 1 m × 1 m 的小样方, 调查中共布设大样方 284 个, 小样方 1 420 个。调查内容为小样方内马鹿主要食物的新生枝条数和被啃食枝条数。

2.1 生境食物供应量的测定

冬季, 地面的草类、苔藓等被积雪覆盖, 马鹿主要啃食木本植物当年的新生枝条的枝尖部分。调查过程中, 计数雪被以上至 2.5 m 所有当年新生枝条的数量 (啃食及未啃食), 用游标卡尺测量被食枝条的啃食直径 (啃径), 随机选取主要食物枝条, 在平均啃径处剪断, 测量剪下枝条的长度, 并称重。每种食物选取 100 条, 做出啃径与取食枝条生物量的线性方程。将马鹿对食物的平均啃径带入当年枝可食量的回归方程, 求出平均啃食枝条的生物量。依据赵泽斌 (1987)、侯森林等 (2001)、Jeffrey (2003) 和 Wallmo 等 (1977) 的计算方法结合整个研究地区和样方的面积, 整个林场冬季可食食物供给量 (Q) 可以表示为: $Q = \text{每枝平均可食食物量} \times \text{样方内全部当年生枝条数 (啃食和未啃食)} \times 10000 \times \text{适宜马鹿采食的生境面积} / (9 \times \text{样方数})$ (侯森林等, 2006)。

2.2 食物营养成分的测定

将采集的食物样本烘干 72 h, 测定其粗蛋白质含量 (凯氏半微量定氮法)、热能值 (WSR-1 微电脑测热仪) 和代谢能 (ME), 植物体外干物质消化率 (In Vitro DM digestibility, IVDDM) 的估算方法见 Van Soest (1963)。代谢能和氮 (N) 的计算方法见 Schwartz 等 (1988), 公式如下:

$ME = Q \times (\text{粗能含量}) \times 0.886 \times IVDDM (0.886 \text{ 表示代谢能约为消化能的 } 88.6\%)$;

$N = Q \times (\text{每种食物的含氮率}) \times 0.869 (0.869 \text{ 表示氮的实际消化率为 } 86.9\%)$ 。

2.3 马鹿日营养需求测定

2006 年 2 月 8 ~ 16 日, 我们在迎春林业局永忠养鹿场对 3 头直接从野外捕获的马鹿东北亚种 (*Cervus elaphus xanthopygus*) (1 雌 2 雄, 成体) 进行喂饲, 3 头鹿身体健康, 母鹿产仔正常。实验

前, 进行 3 d 的预试验, 了解马鹿平均每日摄取食物的量及时间, 预试验后, 将 3 头鹿单独饲养。由于饲养员在整个冬季 (从 11 月至翌年 3 月中旬) 对马鹿进行定量饲养, 根据多年的饲养经验, 定量饲养时马鹿的体重变化不大, 我们的实验时间为 2 月份, 处于定量喂饲期间, 所以认为在实验期间马鹿体重不变。

我们每日 7:00 饲喂粗饲料 (玉米秆), 14:00 收集粗饲料剩余物称重, 并饲喂精饲料 (玉米), 第二天 7:00 将前日剩余精饲料收集称重, 再饲喂粗饲料, 通过多日试验, 测定每只马鹿每日摄取粗饲料和精饲料的平均质量, 根据粗、精饲料中不同营养物质的含量 [参照《中国饲料成分及营养价值表》(2004)], 初步确定了圈养马鹿冬季的最低代谢和营养需求量。

在营养需求测定中, 由于圈养马鹿和野生马鹿生存环境及本身生理代谢需求存在一定差异, 我们根据 Boertje (1985) 的报道, 认为野生动物在自然状态下能量支出比圈养动物高 20%。另外, 结合完达山地区马鹿种群的性比 (1.66:1) 和年龄结构 (幼体为 26.5%, 成体 73.6%) (陈化鹏等, 1997), 计算出野生马鹿维持生存的最低营养需求平均值。

2.4 马鹿能量内源储存

直接测定马鹿内源储存很难实现, 我们采用 Hobbs 等 (1982)、Moore 和 Christie (1984) 的研究结果, 马鹿有大约其体重 15% 的脂肪储存, 而 1 g 脂肪燃烧提供的能量相当于摄入 6 kcal 代谢能 (ME) (Mautz, 1978)。我们计算马鹿冬季内源代谢能储存为: 马鹿平均体重 (kg) × 900 kcal/kg。另依据 Swick 和 Benevenga (1977) 报道, 马鹿在冬季可以分解其瘦肉的 10% 来满足氮的需要; 根据朴仁珠 (1993) 的报道结果, 一只成年马鹿瘦肉率为 60%。而 1 g 瘦肉组织产生 4.8 kcal 的 ME, 又 2 kcal 的能量相当于 1 mg 氮的燃烧 (赵泽斌, 1987)。因此马鹿冬季内源氮储存为: 马鹿平均体重 (kg) × 0.144 g/kg。

2.5 环境容纳量估算

本研究主要侧重于野生马鹿种群生境所能提供的营养和食物量 (主要指能量和氮), 结合马鹿本身的营养和代谢需求, 推算其营养容纳量。依据 Mautz (1978) 的营养容纳量估算模型, 公式如下:

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

K : 冬季生境容纳量;

n : 主要食物种类;

B_i : 主要食物 i 的可食食物量;

F_i : 主要食物 i 的营养含量;

Rq : 马鹿个体需求, 每天维持生存的代谢需求;

$Days$: 马鹿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。完达山地区每年大约 11 月初开始降雪, 次年 4 月初融化, 我们将马鹿冬季在研究地区的活动时间确定为 145 d。

3 结果

3.1 生境食物供给量

通过野外食性调查, 参考李言阔和张明海 (2005)、陈化鹏和萧前柱 (1989) 对完达山林区和带岭林区马鹿冬季食性的研究结果, 我们将估算其容纳量的主要食物类别定为: 杨 (*Populus* spp.)、柳 (*Salix* spp.)、桦 (*Betula* spp.)、榆 (*Ulmus* spp.)、椴 (*Tilia* spp.)、榛 (*Corylus* spp.)、核桃楸 (*Juglans mandshurica*)、水曲柳

(*Fraxinus mandshurica*) 和黄檗 (*Phellodendron amurense*) (表 2)。

在样方调查过程中, 马鹿食物主要是杨、桦、榆和榛。前两种优势乔木大面积存在, 单位面积内提供的生物量大。榆在研究地区很少成林, 但该物种广泛分布于各种林型间, 而且是马鹿的喜好食物, 对于维持冬季马鹿种群起重要作用。另外, 榛子在研究地区有大面积分布, 易于摄取, 枝条繁多, 成为马鹿的最主要食物。

3.2 食物营养成分测定

营养成分分析表明: 各种食物含水量相近; 蛋白质含量杨、榆两树种较高, 分别为 7.6% 和 7.7%、其次是柳 (7.5%)、椴 (7.2%) 和桦 (7.1%), 相比之下, 榛作为广泛分布, 并构成维持马鹿生存的主要食物物种, 其含氮量很低 (6.5%); 半纤维素含量杨 (13.8%) 和柳 (14.3%) 相对较低, 而榆 (16.0%)、水曲柳 (17.5%) 和黄檗 (16.6%) 较高 (表 3)。食物热能分析结果表明, 杨 (4 935.1 kcal/g)、桦 (4 965.2 kcal/g) 所含热能值比较高, 其次是柳 (4 824 kcal/g) 和榛 (4 804 kcal/g)。这些均为马鹿喜食物种 (表 3)。

表 2 完达山林区马鹿主要食物供给量

Table 2 Estimation of principal forages supply for wapiti in Eastern Wandashan Mountains

	平均每枝可食食物量 Mean weight of food/twig	阔叶林 Broadleaf Forest			混交林 Mixed-broadleaf Forest		
		新生枝条数 (个)			新生枝条数 (个)		
		Fresh twigs	A (g)	Q (kg)	Fresh twigs	A (g)	Q (kg)
杨 <i>Populus</i> spp.	2. 59	252	652	1199250	94	242. 17	658683. 2
榆 <i>Ulmus</i> spp.	2. 73	219	597	6133. 82	78	213. 21	577689. 8
柳 <i>Salix</i> spp.	3. 64	112	407	44718. 92	43	172. 17	466391. 8
椴 <i>Tilia</i> spp.	2. 38	220	525	195776. 1	80	209. 44	568313. 1
桦 <i>Betula</i> spp.	1. 57	372	585	366338. 6	144	248. 69	676640. 7
榛 <i>Corylus</i> spp.	2. 21 *	686	1517	4817000	267	649. 08	1759064
水曲柳 <i>F. mandshurica</i>	4. 88	66	323	104138. 9	31	166. 41	454743. 5
黄檗 <i>P. amurense</i>	3. 61	74	268	1594. 6	14	55. 59	147174. 3
胡桃楸 <i>J. mandshurica</i>	4. 15	58	239	5960. 31	21	95. 87	257812. 3

A (g) 为样方内新生枝条可食食物量; Q (kg) 为新生枝条总食物量

A (g): Mass of fresh twigs within plots; Q (kg): Total mass of fresh twigs

表 3 马鹿啃食植物营养成分分析 (12 月 - 2 月)

Table 3 Nutrient content of principle forages used by Wapiti (Dec. - Feb.)

项目 Item	杨 <i>Populus</i> spp.	榆 <i>Ulmus</i> spp.	柳 <i>Salix</i> spp.	椴 <i>Tilia</i> spp.	桦 <i>Betula</i> spp.	榛 <i>Corylus</i> spp.	水曲柳 <i>F. m.</i>	黄檗 <i>P. a.</i>	胡桃楸 <i>J. m.</i>
水分 (%) Water content	29. 7	30. 5	31. 4	32. 9	31. 6	30. 7	27. 5	35. 5	34. 1
粗蛋白 (%) Crude protein	7. 6	7. 7	7. 5	7. 2	7. 1	6. 5	7. 0	6. 7	6. 3
半纤维素 (%) Hemicellulose	13. 8	16. 0	14. 3	15. 4	14. 8	15. 9	17. 5	16. 6	13. 9
体外干物质消化率 (%) IVDDM	38. 1	35. 3	34. 2	32. 8	36. 1	31. 1	29. 2	35. 3	38. 0
氮 (g / kg) Nitrogen content	12. 2	12. 4	11. 9	11. 6	11. 3	10. 3	11. 2	10. 6	10. 1
总能 (kcal/g) Total energy	4935. 1	4789. 6	4824. 9	4670. 3	4965. 2	4804. 0	4625. 1	4847. 6	4792

表中榛的营养数据引自陈化鹏 (1987)

Data on *Corylus* spp. was from Chen Huapeng (1987); *F. m.*: *F. mandshurica*; *P. a.*: *P. amurense*; *J. m.*: *J. mandshurica*

3.3 食物营养供给量

冬季,食物供给处于一年中最低,在研究地区毛榛的干物质、代谢能和氮的供应量均远远大于其他食物。杨、桦等在马鹿食物中不可或缺,他们的适口性、营养含量均优于榛,是马鹿的喜好食物。受雪被、光合作用等环境因子的影响,两年的统计结果相比较,2006 年完达山林区马鹿食物提供的干物质、代谢能及氮均比 2005 年多(表 4)。

表 4 环境提供主要食物的营养供给量
Table 4 Principal nutrients provided by each species

食物种类 Food item	2005			2006		
	干物质 (kg) Dry matter	代谢能 (kcal) Metabolism energy	氮 (kg) Nitrogen	干物质 (kg) Dry matter	代谢能 (kcal) Metabolism energy	氮 (kg) Nitrogen
杨 <i>Populus</i> spp.	969790.2	1.61×10^9	10239.4	1306127	2.46×10^9	15362
榆 <i>Ulmus</i> spp.	739441.5	1.11×10^9	7935.8	405757.4	6.85×10^8	4850.9
柳 <i>Salix</i> spp.	197027.7	2.88×10^8	2044.3	350621.9	5.79×10^8	4052.5
椴 <i>Tilia</i> spp.	164352.97	2.23×10^8	1653.9	512703.9	7.85×10^8	5747.1
桦 <i>Betula</i> spp.	510564.7	8.11×10^8	5013.6	713397.8	1.28×10^9	7803.4
榛 <i>Corylus</i> spp.	2931276	3.88×10^9	26287.9	4559185	6.81×10^9	45545.2
水曲柳 <i>F. mandshurica</i>	691940.3	8.27×10^8	6758.6	405189.8	5.46×10^8	4408.6
黄檗 <i>P. amurense</i>	98794.92	2.74×10^8	913.5	95955.93	1.64×10^8	988.3
胡桃楸 <i>J. mandshurica</i>	290580.8	4.69×10^8	2550.4	173826.1	3.17×10^8	1699.5
合计 Total	6593769.09	9.37×10^9	63397.4	8522765	1.36×10^{10}	90456.9

3.4 马鹿冬季维持生存的最低营养需求量
试验结果表明,冬季完达山东部林区野生马鹿最低平均营养需求量为干物质 4.69 kg;代谢能 14706.21 kcal;氮 31.47 g(表 5)。

表 5 马鹿冬季维持生存的最低日营养需求
Table 5 Minimum daily nutrient requirement of wapiti in winter

	平均体重 Body weight	干物质 (kg) Dry matter	代谢能 (kcal) Metabolism energy	氮 (g) Nitrogen
雄性 Male	245	6.03	15932.65	40.81
雌性 Female	200	4.41	12078.4	30.76
幼体 Fawns *	100	3.11	11315.2	17.41
平均 Average	186	4.69	14706.21	31.47

每日净氮需要 = 内源氮 + 代谢氮 = $0.146 \text{ BW}^{0.72}$; 代谢氮 = $\text{DM} \times 5.6$ (Mould and Robbins, 1981); * 幼体数据引自赵泽斌(1987)
Daily nitrogen requirement = Inner Nitrogen + Metabolism Nitrogen = $0.146 \text{ BW}^{0.72}$; Metabolism nitrogen = Dry matter $\times 5.6$ (Mould and Robbins, 1981); MN = DM $\times 5.6$ (Mould, 1981); * Data of fawns was from Zhao (1987).

3.5 马鹿能量内源储存

在冬季,马鹿需要有一定的能量储备,以对抗严酷的环境。计算结果见表 6。
量值之间存在一定的不同。其中,基于代谢能的估计值:5 845 \pm 1 077 头最低,干物质的估计值:11 115 \pm 1 419 头次之,氮的估计值:16 958 \pm 2 983 头最高(表 7)。

表 6 马鹿冬季营养的内源储存
Table 6 Endogenous energy reserves of wapiti

马鹿 Wapiti	代谢能 (kcal) ME	氮 (g) N
雄性 Male	220.5×10^3	35.28
雌性 Female	180×10^3	28.8
幼体 Fawn	90×10^3	14.4
平均 Average	167.4×10^3	26.78

3.6 马鹿营养容纳量估计

以干物质、代谢能和氮为基础估算的环境容纳量值。

表 7 完达山地区野生马鹿种群环境容纳量估计

Table 7 Estimation of carrying capacity of wapiti in Wandashan Forestry Area

项目 Items	2005			2006		
	干物质 DM	代谢能 ME	氮 N	干物质 DM	代谢能 ME	氮 N
马鹿日营养需求 Nutrition requirements/d	4.69	14706.21	31.47	4.69	14706.21	31.47
环境提供总能量 Energy supply	6593769.09	9.37×10^9	63397.4	8522765	1.36×10^{10}	90456.9
马鹿营养容纳量 Carrying capacity	9696	4768	13975	12533	6921	19940

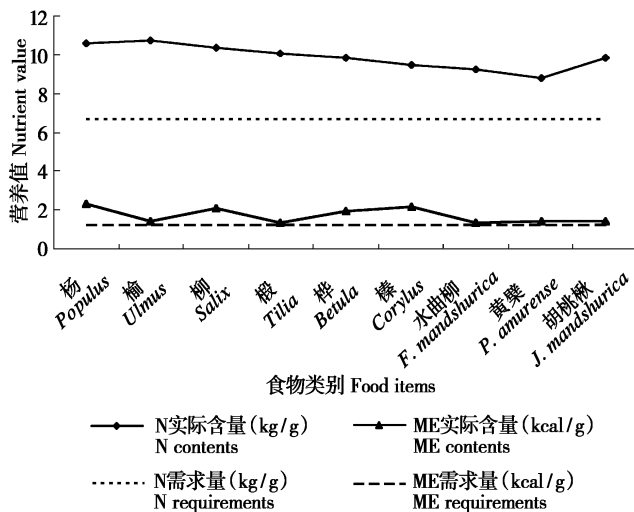


图 1 马鹿食物中营养含量与实际需求量比较

Fig. 1 Comparison between nutrient content and those really needed by wapiti

综上所述,采用以干物质、代谢能和氮为基础所估算出的3种环境容纳量值,应以代谢能作为估算容纳量的标准,即2005~2006年黑龙江完达山东部林区冬季马鹿种群的环境容纳量为 $5\,845 \pm 1\,077$ 头。

4 讨论

野生状态下,马鹿对食物的选择受多种因素的影响,如食物的可获得性、雪被厚度及食物生长的高度及多度等,所以生境中采食频率高的不一定是马鹿的喜好食物。研究地区主要以阔叶混交林为主,该林型组成种类繁多,以杨桦混交林为主,虽然有大面积的柞树林和落叶松林,但马鹿取食及活动频率非常低($<1\%$),结合陈化鹏和萧前柱(1987)、李言阔和张明海(2005)的研究结果,我们将杨、桦和广泛分布的毛榛等作为马鹿主要食物。

由于没有考虑取食率很低的树种如落叶松、柞树及暴马丁香等的供给量,因此本文容纳量的估算值可能会较实际情况偏低。

研究区域内部分食物供给受雪深的影响。2005年和2006年植被生物量供给量比较,乔木供给量(当年新生枝数)差异不明显;但是2005年雪被平均深度为55 cm,2006年为38 cm,2006年灌丛杂木林的新生枝条数量明显多于2005年,究其原因,可能是由于研究地区灌丛主要由毛榛组成,雪被往往会将它们覆盖,而成为其食物供给量的限制因子。Potvin和Hout(1983)根据雪深和食物可获得性建立的回归方程,认为冬季雪被将要覆盖食物总生物量的一半,并且无雪的环境容纳量是有雪覆盖容纳量的3倍。一般来讲,雪被可以阻止鹿类动物对生境的过度利用,而在研究地区,枝条供应量比较充足,食物不会成为限制因素。

在本文调查区域内有部分采伐地和人为频繁活动区域(如居民点),通常情况下,马鹿频繁活动于采伐废弃地,但由于采伐器具声响和气味,马鹿在受到频繁干扰后,会暂时迁移到其它斑块中。生境破碎化将引起适宜生境空间格局的变化,从而影响物种的扩散、迁移和建群(张文广等,2007)。本研究并未能将采伐和生境破碎化的数据融于研究中。

根据食物营养含量和野外马鹿啃食频率的高低,我们发现马鹿偏爱性食物为蛋白质含量高,低纤维的种类(陈化鹏和萧前柱,1989),主要食物中杨最符合其选择的条件。但在野外,喜好食物往往很少,不能满足需要,在多种限制因素的阻碍下,马鹿常常同时摄取多种食物以满足其能量和营养的需要。半纤维素含量会对食物IVDDM产生影响,进而影响马鹿对该食物的取食频率。从这一角度考虑,马鹿喜食杨、柳等低纤维植物将有利于消化;而事实上,榆亦是野生马鹿的喜好食物,可见,研究地区马鹿在长期进化过程中已经形成了较为完善的营养适应对策,以确保其生存繁殖。榆作为纤维素含量很高的物种,也受到马鹿的偏爱;榛从营养物质含量角度来讲,并不是马鹿的理想食

物,但在研究地区却是维持生存的主要食物(陈化鹏和萧前柱,1989;李言阔和张明海,2005)。说明马鹿在取食过程中,对食物存在一定的选择性,在摄取某种营养时,如果喜好食物缺乏,可以通过大量采食另外的替代物种作为补充,以满足营养需求。因此,在测定容纳量过程中,要全面考虑马鹿的食性、活动及外界环境因子如雪深等对容纳量的影响。

在野外很难测得马鹿日最低营养需求,所以,我们根据圈养马鹿饲喂实验测得其日营养需求,由于圈养马鹿与野生个体在能量需求、行为节律和体质等方面均存在一定差异,圈养马鹿日营养需求的数值与野生马鹿日营养需求会有差异,因此我们根据前人的研究结果采用换算系数对获得的数据进行校正。

本研究以干物质、代谢能和氮为基础估算的环境容纳量结果与赵泽斌(1987)的研究结果相一致。不难看出,马鹿摄取食物中有过量的氮供应,而代谢能则略显不足。在马鹿食物营养成分测定和容纳量估算过程中,我们发现冬季马鹿食物中氮的供应量过剩,而代谢能相对不足,干物质居中。分析其原因可能是冬季马鹿主要以灌木的当年生长枝的一部分为食,而这些枝条的干物质消化率比较低,所以代谢能值也相对较低,所以马鹿以大量采食来弥补其能量的不足。当代谢能满足需求时,干物质和氮的供应量必然超过需求量而过剩,所以野外调查中发现足迹链的地方,枝条基本被啃食。由于食物营养成分中,氮的含量相对过剩,而提供的代谢能略显不足,对种群的增长起到限制作用,亦是决定环境容纳量的主要因子,所以本研究中将代谢能作为估算容纳量的标准。

根据近年来完达山东部林区野生马鹿种群数量调查结果,1998年为 $6\,367 \pm 1\,617$ 头;2002年为 $1\,084 \pm 146$ 头。而本次研究对该地区冬季马鹿种群估算的平均容纳量值为 $5\,845 \pm 1\,077$ 头。由此可见,目前该地区马鹿种群数量远小于环境容纳量,该种群有很大的增殖潜力。但鉴于该种群正在大幅度下降,急需保护工作的展开和管理计划的实施。

动物对栖息地的利用和选择可以为容纳量估计提供有价值的基础资料(郑祥等,2006),研究地区植被多样性较高,很难明确划分出某种生境类型,在研究过程中,我们根据野外实际调查结合数字地图划分的生境类型与实际情况可能存在差异;研究过程中我们假设马鹿的营养需求量稳定不变,

而研究地区冬季寒冷而漫长,马鹿的生理、体况可能要发生变化,这一点本研究没有考虑在内;容纳量是内外环境共同作用的结果,研究过程中,生境变动对鹿类动物影响很大(张明海和萧前柱,1990),同一生境中与马鹿形成种间竞争的物种是狍(常弘和萧前柱,1988;李玉柱和萧前柱,1992),我们也未考虑。此外,圈养马鹿的营养需求与野生个体间存在一定差异,尽管文中给予修正,仍有待于进一步完善。

致谢:研究过程中,得到了完达山林区迎春林业局五泡林场董红雨师傅的帮助,红旗岭林场永忠鹿厂厂长赵永忠的支持;东北林业大学野生动物资源学院营养实验室邹琦老师及尹君、李伟琪等研究生给予协助,在此表示感谢。

参考文献:

- Boertje R D. 1985. An energy model for adult female caribou of the Denali herd, Alaska. *J Range Manage*, **38** (5): 468-473.
- Chang H P, Xiao Q Z. 1988. Winter habitat selection of red deer in Dailing. *Acta Theriologica Sinica*, **8** (2): 81-88. (in Chinese)
- Chen H P. 1987. Winter food-habits of red deer in Dailing (master dissertation). Harbin: Northeast Forestry University. (in Chinese)
- Chen H P, Xiao Q Z. 1989. Winter food-habitats of red deer in Dailing. *Acta Theriologica Sinica*, **9** (1): 8-15. (in Chinese)
- Chen L, Bao Y X. 2006. Study on the current situation of environment capacity of wild animals. *Journal of Zhejiang Normal University (Natural Science)*, **29** (4): 448-452. (in Chinese)
- Ge Z M, Zhou X, Shi W Y, Wang T H. 2007. Carrying capacity of shorebirds at Jiuduansha Wetland during the migratory seasons, *Acta Ecologica Sinica*, **27** (1): 90-96. (in Chinese)
- Hobbs N T, Baker D L, Ellis J E, Swift S M, Green R A. 1982. Energy-and nitrogen-based estimates of elk winter-range carrying capacity. *J Wildl Manag*, **46** (1): 12-21.
- Hou S L. 2001. A study on the winter nutritional carrying capacity of Moose (*Alces alces*) (master dissertation). Harbin: Northeast Forestry University. (in Chinese)
- Hou S L, Jia J B, Zhang M H, Piao R Z. 2006. A study on the winter nutritional carrying capacity of *Alces alces* in Shengshan Forest Farm in Heihe. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science)*, **30** (5): 79-83. (in Chinese)
- Jeffrey L B. 2003. Elk summer range habitat, nutritional ecology, and carrying capacity in the Jarbidge Mountains, Nevada: Ph. D. Thesis, Idaho Univ., 92-118.
- Jiang G S, Zhang M H, Ma J Z. 2005. The fragmentation and impact factors of red deer habitat in Wandashan region, Heilongjiang Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, **25** (7): 1691-1698. (in Chinese)
- Kang F G, Sun W G. 2006. A preliminary study of food supply for Mos-

- chus chrysogasters* in Xinglong Mountains, Gansu, *Journal of Gansu Science*, **18** (2): 25–28. (in Chinese)
- Li B B, Wu Y, Zhang E D. 2006. Estimating carrying capacity of red deer (*Cervus elaphus*) at Qinglongtai Forestry in Hunchun Nature Reserve, Jilin. *Sichuan Journal of Zoology*, **25** (3): 519–523. (in Chinese)
- Li Y K, Zhang M H. 2005. Food-habits of red deer in winter in Wanda Mountain Forest Region. *Journal of Northeast Forestry University*, **33** (3): 104–105. (in Chinese)
- Li Y Z, Xiao Q Z. 1992. Inter-specific relationships among the moose, red deer and roe deer in winter. *Acta Theriologica Sinica*, **12** (2): 110–116. (in Chinese)
- Liu Q X. 2005. Population Viability Analysis of Red Deer in Wandashan Forestry Area (master dissertation). Harbin: Northeast Forestry University. (in Chinese)
- Liu Q X, Ma J Z, Xie X C, Zhang M H. 2007. Impacts of poaching on wapiti population in Eastern Wanda Mountain, Heilongjiang. *Chinese Journal of Wildlife*, **28** (2): 7–10. (in Chinese)
- Liu Z Y, Xu W B. 2001. Environmental carrying capacity for over-wintering Hooded Cranes in Shengjin Lake. *Resources and Environment in the Yangtze-Basin*, **10** (5): 454–459. (in Chinese)
- Mautz W W. 1978. Nutrition and carrying capacity. In: Schmidt J L, Gilbert D L eds. Big game of North America. Stackpole, Harrisburg. Pa. 321–348.
- Mentis M T, Duke R R. 1976. Carrying capacity of natural veld in natal for large herbivores. *S Afr J Wildl Res*, **6**: 65–74.
- Moore J H, Christie W W. 1984. Digestion, absorption and transport of fats in ruminant animals. In: Wiseman J ed. Fats in Animal Nutrition. Butterworths, London, Engl. 123–149.
- Mould E D, Robbins C T. 1981. Nitrogen metabolism in elk. *J Wildl Manage*, **45**: 323–334.
- Piao R Z. 1993. Moose status and research of the world. *Chinese Journal of Wildlife*, **71** (1): 6–11. (in Chinese)
- Potvin F, Huot J. 1983. Estimating carrying capacity of a white-tailed deer wintering area in Quebec. *J Wildl Manage*, **47** (2): 463–475.
- Schwartz C C, Hubbert M E, Franzmann A W. 1988. Energy requirements of adult moose for winter maintenance. *J Wildl Manage*, **52** (1): 26–33.
- Song Y L, Dang G D, Li J S, Wang X J, Zeng Z G, Wang T J, Zhao L G. 2003. Estimating the carrying capacity of the golden takin at Foping National Nature Reserve, Shaanxi, China, *Acta Zoologica Sinica*, **49** (4): 445–450. (in Chinese)
- Swick R W, Benevenga N J. 1977. Labile protein reserves and protein turnover. *J Dairy Sci*, **60** (4): 505–515.
- Van Soest P J. 1963. Use of determents in the analysis of fibrous feeds. *Agr Chem Jour*, **46**: 829–835.
- Wallmo O C, Carpenter L H, Reglin W L, Gill R B, Baker D L. 1977. Evaluation of deer habitat on a nutritional basis. *J Range Manage*, **30**: 122–127.
- Zhang M H. 2005. Habitat Fragmentation and Its Influence on Red Deer Population Distribution Based on Geomatics Technique (doctor dissertation). Harbin: Northeast Forestry University, 11–13. (in Chinese)
- Zhang M H, Xiao Q Z. 1990. A study on feeding and bedding habitat selection by red deer in winter. *Acta Theriologica Sinica*, **10** (3): 175–183. (in Chinese)
- Zhang W G, Tang Z H, Qi D W, Hu Y M, Hu J C. 2007. Habitat assessment for giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*) on the northern slope of the Daxiangling Mountains. *Acta Theriologica Sinica*, **27** (2): 146–152. (in Chinese)
- Zheng X, Bao Y X, Ge B M, Zheng R Q. 2006. Seasonal changes in habitat use of black muntjac (*Muntiacus crinifrons*). *Acta Theriologica Sinica*, **26** (2): 201–205. (in Chinese)
- Zhao Z B. 1987. Winter Carrying Capacity of Red Deer in Dailing Mountains (master dissertation). Harbin: Northeast Forestry University. (in Chinese)
- 马建章. 1984. 马鹿冬季容纳量的初步研究. 东北林学院学报 (增刊), **5**: 121–127.
- 朴仁珠. 1993. 世界驼鹿现状及其研究. 野生动物, **71** (1): 6–11.
- 李玉柱, 萧前柱. 1992. 黑龙江省胜山林场冬季驼鹿、马鹿和狍的种间关系. 兽类学报, **12** (2): 110–116.
- 李言阔, 张明海. 2005. 完达山林区马鹿的冬季食性. 东北林业大学学报, **33** (3): 104–105.
- 李碧波, 吴玥, 张恩迪. 2006. 吉林珲春自然保护区青龙台林场马鹿容纳量的初步研究. 四川动物, **25** (3): 519–523.
- 刘政源, 徐文彬. 2001. 白头鹤在升金湖上湖越冬期环境容纳量的研究. 长江流域资源与环境, **10** (5): 454–459.
- 刘群秀. 2006. 黑龙江完达山东部林区马鹿种群生存力分析 (硕士学位论文). 哈尔滨: 东北林业大学.
- 刘群秀, 马建章, 谢绪昌, 张明海. 2007. 黑龙江完达山东部林区偷猎对野生马鹿种群的影响. 野生动物, **28** (2): 7–10.
- 宋延龄, 党高弟, 李俊生, 王学杰, 曾治高, 汪铁军, 赵雷刚. 2003. 陕西佛坪国家级自然保护区羚牛的容纳量. 动物学报, **49** (4): 445–450.
- 张文广, 唐中海, 齐敦武, 胡远满, 胡锦矗. 2007. 大相岭北坡大熊猫生境适宜性评价. 兽类学报, **27** (2): 146–152.
- 张明海. 2005. 基于3S技术的马鹿冬季生境破碎化及其生态影响的分析 (博士学位论文). 哈尔滨: 东北林业大学.
- 张明海, 萧前柱. 1990. 冬季马鹿采食生境和卧息生境选择的研究. 兽类学报, **10** (3): 175–183.
- 陈良, 鲍毅新. 2006. 野生动物环境容纳量的研究现状. 浙江师范大学学报 (自然科学版), **29** (4): 448–452.
- 陈化鹏. 1987. 带岭林区马鹿冬季食性研究 (硕士学位论文). 哈尔滨: 东北林业大学, 11–14.
- 陈化鹏, 萧前柱. 1989. 带岭林区马鹿冬季食性研究. 兽类学报, **9** (1): 8–15.
- 陈化鹏, 吴建平, 张明海. 1997. 黑龙江省马鹿. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 44–120.
- 姜广顺, 张明海, 马建章. 2005. 黑龙江省完达山地区马鹿生境破碎化及其影响因素. 生态学报, **25** (7): 1691–1698.
- 郑祥, 鲍毅新, 葛宝明, 郑荣泉. 2006. 黑鹿栖息地利用的季节变化. 兽类学报, **26** (2): 201–205.

- 赵泽斌. 1987. 带岭地区马鹿冬季容纳量的研究 (硕士学位论文). 哈尔滨: 东北林业大学.
- 侯森林, 贾竞波, 张明海, 朴仁珠. 2006. 黑河林区驼鹿冬季营养容纳量的研究. 南京林业大学学报 (自然科学版), **30** (5): 79-83.
- 侯森林. 2001. 驼鹿冬季营养容纳量的研究 (硕士学位论文). 哈尔滨: 东北林业大学.
- 康发功, 孙伟刚. 2006. 甘肃兴隆山林区马麝资源食物容纳量研究. 甘肃科学, **18** (2): 25-28.
- 常弘, 萧前柱. 1988. 带岭地区马鹿冬季对生境的选择性. 兽类学报, **8** (2): 81-88.
- 葛振鸣, 周晓, 施文彧, 王天厚. 2007. 九段沙湿地鸨形目鸟类迁徙季节环境容纳量. 生态学报, **27** (1): 90-96.

《中国哺乳动物彩色图鉴》出版

由中国科学院昆明动物研究所潘清华、王应祥教授等编著的《中国哺乳动物彩色图鉴》2007年11月已由中国林业出版社出版。该图鉴是识别中国哺乳动物的一本科学著作。图鉴共列出中国645种哺乳动物中的346种（主要为大中型哺乳类，其中包括中国特有种、国家重点保护种、珍稀濒危种和科、属的代表种）。每种哺乳动物除依照动物实物或标本彩绘的外形图外，尚对每一物种的中名、别名、拉丁学名、英名、系统地位、形态特征、地理分布、部分种的分类注释、栖息环境、习性、资源现状和保护等级等作了扼要介绍并附有彩色头骨特征图和分布图。文前附有哺乳动物外形、头骨和牙齿100多个特征的科学术语和基本侧量方法；为使读者对我国哺乳动物的物种丰富度有个比较全面的了解，文后附有按最新资料修订的、迄止于2007年6月所记录的中国哺乳动物物种（645种）的中名、学名、分布和特有分布（附录-I）以及中国国家重点保护野生动物名录、CITES附录中哺乳动物（153种另2亚种）的种名修订和补充和保护等级（附录-II）。该图鉴是一本图文并茂、雅俗共赏的科学读物，可供科研、教学、野生动物保护、农、林、牧、副、渔、卫生防疫、公安、海关、外贸、动物检疫和旅游等部门和动物爱好者参考。

图鉴为880mm x 1230mm 1/16开本，硬壳全精装。售价：270元/本（含运费）

征订联系：严丽，中国林业出版社（北京西城区刘海胡同7号，邮编：100009）

网址：www.cfph.com.cn, E-Mail: fwlp@163.com, 电话：010-66176317