

DOI: 10.5846/stxb201402050213

康发功, 盛岩, 马冷桃, 孟秀祥. 兴隆山自然保护区驯养马麝的麝香分泌及其种群动态和年龄结构的关系. 生态学报, 2015, 35(15): 4993-4999.
Kang F G, Sheng Y, Ma L T, Meng X X. Musk secretion and its relationship to population dynamics and age-structure in captive Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*) at the Xinglongshan Musk Deer Farm. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(15): 4993-4999.

兴隆山自然保护区驯养马麝的麝香分泌及其种群动态和年龄结构的关系

康发功^{1,2}, 盛岩², 马冷桃¹, 孟秀祥^{2,*}

1 甘肃兴隆山国家级自然保护区管理局, 兰州 730117

2 中国人民大学, 环境学院, 北京 100872

摘要: 马麝 (*Moschus sifanicus*) 分布于我国青藏高原及周边区域, 雄麝可分泌麝香。因历史上的过度利用及生境丧失等原因, 马麝已极度濒危。马麝驯养是保育野生马麝资源及可持续生产麝香的有效方式。我国于 1990 年在甘肃兴隆山保护区开始马麝驯养, 并于 1996 年实现了可持续的活体取香。分析了兴隆山麝场 1996—2006 年间的麝香生产及与泌香雄麝种群增长和种群结构的关系, 结果表明: 兴隆山麝场 11a 间共取香 430 头次, 麝香总产量达 3846.6 g, 年均麝香产量为 (349.69±84.69) g ($n=11$)。泌香雄麝的种群数与麝香年产量存在极显著的相关 ($R=0.638$, $P<0.01$), 增长模型 $y=e^{(6.4285-3.6578/t)}$ ($R^2=0.735$, $df=9$, $F=24.94$, $P=0.001<0.01$) 和 $y=e^{(4.2049-3.4523/t)}$ ($R^2=0.700$, $df=9$, $F=21.02$, $P=0.001<0.01$) 可分别模拟该麝场的麝香年产量及泌香雄麝种群的增长。泌香雄麝的平均泌香量为 (8.93±0.56) g/头 ($n=68$), 各年度的雄麝平均泌香量与麝香年产量相关极显著 ($R=0.442$, $P<0.01$), 其增长模式呈指数式增长 ($y=7.5126e^{0.0244t}$) ($R^2=0.373$, $df=9$, $F=5.36$, $P=0.046<0.05$)。各年龄组雄麝间的平均泌香量差异显著 (ANOVA, $F_{7,59}=2.522$, $P=0.024<0.05$), 1.5 岁马麝的泌香 (2.00±1.82) g ($n=10$) 显著高于其他各年龄组马麝 ($P<0.05$), 其余年龄组间的平均泌香量无显著差异 ($P>0.05$)。雄麝的年龄组与麝香年产量呈极显著的负相关 ($R=-0.936$, $P=0.001<0.01$), 1.5—6.5 岁雄麝占种群比例 91.16%, 生产麝香 (3560.1g) 占总产量的 92.55%。以麝香生产为主的麝场, 其驯养雄麝种群配置应以 6.5 岁龄以下雄麝为主。

关键词: 马麝 (*M. sifanicus*); 麝香分泌; 种群动态; 年龄结构

Musk secretion and its relationship to population dynamics and age-structure in captive Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*) at the Xinglongshan Musk Deer Farm

KANG Fagong^{1,2}, SHENG Yan², MA Lingtao¹, MENG Xiuxiang^{2,*}

1 Gansu Xinglongshan National Nature Reserve, Lanzhou 730117, China

2 School of Environment and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing 100872, China

Abstract: Alpine musk deer (*Moschus* spp.) is endemic to the Tibetan Plateau and its associated areas. The adult male alpine musk deer secretes musk, which has been used wildly in traditional medicine and perfume industry. The alpine musk deer has been endangered due to the historic overwhelming utilization, poaching, and habitat loss. The musk deer farming initiated in 1990 at the Xinglongshan National Nature Reserve with the aim to conserve wild musk deer populations. Later on, Xinglongshan Musk Deer Farm (XMDF) was established in 1996 for sustainable harvest of musk from the live musk deer. Our study analyzed the musk production pattern from 1996 to 2006 and its relationship with the population dynamics

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31170364); 国家科技支撑计划 (2013BAC09B02-6)

收稿日期: 2013-02-05; 网络出版日期: 2014-09-25

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: meng2014@ruc.edu.cn

and age structure of musk deer on the XMDF in China. The results showed that musk extraction was performed 430 times from 149 individuals in the last 11 years, and a total of 3846.6 g of musk was produced (annually (349.69 ± 84.69) g). Significant correlation existed between the annual musk production and the male musk deer population ($R = 0.638$, $P < 0.01$). The S models of $y = e^{(6.4285 - 3.6578/t)}$ ($R^2 = 0.735$, $df = 9$, $F = 24.94$, $P = 0.001 < 0.01$) and $y = e^{(4.2049 - 3.4523/t)}$ ($R^2 = 0.700$, $df = 9$, $F = 21.02$, $P = 0.001 < 0.01$) fitted the increasing pattern of the annual musk production and male musk deer population, respectively. The total average musk production of musk deer was (8.93 ± 0.56) g ($n = 68$), and the yearly average musk production was correlated to the annual musk production ($R = 0.442$, $P < 0.01$). Moreover, the increasing mode of the average musk production was exponential ($y = 7.5126e^{0.0244x}$). Male musk deer, 1.5 years old, secreted significantly more musk ((2.00 ± 1.82) g) than deer of other age ($P < 0.05$); however, our result suggested that farmed males less than 6.5 years old produced more musk than older deer, and after this age musk production gradually decreased. Furthermore, the age of males was significantly negatively correlated to the annual musk production ($R = -0.936$, $P = 0.001 < 0.01$). The males aged from 1.5 to 6.5 years comprised 91.16% of the population and produced 3560.1 g of musk, which accounted for 92.55% of the total musk produced. Therefore, in order to produce more musk, farmed males should be younger than 6.5 years.

Key Words: alpine musk deer (*Moschus sifanicus*); musk secretion; population dynamics; age structure

麝香为成年雄性麝类动物(*Moschus* spp.)的麝香囊所分泌,被广泛用于含我国中医药在内的亚洲传统医药及香水业^[1-2]。传统的麝香获取通过捕杀野生麝进行。历史上的过量利用和滥捕滥猎导致野生麝的数量锐减,加之生境丧失及质量下降等原因,目前,麝类动物已极度濒危,被列为 IUCN 红色名录的濒危物种及 CITES 附录 II 物种,同时被我国列为国家 I 级重点保护动物^[3]。马麝(*M. sifanicus*)主要分布于青藏高原及周边的四川和甘肃等区域,也因诸多原因陷入濒危,急需保护^[4]。

除通过建立自然保护区等措施加强对其野生种群和栖息地的就地保护(*in situ* protection)外,作为有效的迁地保育(*ex situ* protection)方式,驯养成为濒危野生动物保护和可持续利用麝香资源的重要措施^[5]。为保育濒危麝类动物资源及实现麝香的可持续供给,我国于 1958 年在陕西、四川和安徽等地开始了林麝(*M. berezovskii*)驯养,并于 1990 年在甘肃兴隆山自然保护区开始马麝驯养,而且于驯养初期即实现了圈养下繁殖和可持续活体取香。目前我国已有大小麝场 100 余个,存栏驯养林麝和马麝近万头^[6]。

从麝类驯养开始,麝香分泌及麝香生产即成为学者们和麝类驯养业共同关注的重要主题,并开展了诸多的观察、试验和研究,其研究成果极大地促进了麝类保育、驯养和麝香产生。任战军^[7]、王永生等^[8]及 Zhang^[9]等概述了驯养麝的麝香分泌,程建国等^[10]分析了林麝泌香期的划分、持续时间及与其泌香量的关系,尹淑媛和戴卫国^[11]及黄步军等^[12]研究了驯养林麝的体质、内分泌、年龄及疾病等生理特征和饲料营养、饲养管理及气候等环境因素对其麝香分泌的效应。上述研究多基于小样本麝群进行,缺乏大样本的连续监测。此外,相关麝类动物泌香的研究多在林麝开展,圈养马麝的研究较少。蒋应文^[13]和康发功等^[14]曾对马麝的麝香分泌作过描述性报道,孟庆辉等^[15]研究了圈养马麝的有效取香率,李红亮等^[16]探讨了驯养马麝的麝香生产与个体来源、年龄、饲养管理模式、父母来源和取香时间的关系。迄今一直缺乏对雄性马麝的种群动态和年龄结构与其麝香分泌关系的研究。

为此,本研究基于甘肃兴隆山麝场 11a 的麝香生产数据,分析了圈养马麝的麝香生产、平均泌香量及与泌香雄麝种群动态和年龄结构的关系,其结果对于提高驯养麝类动物的麝香产量有重要参考意义。

1 研究地区与实验动物

1.1 自然概况

本研究于 1996—2006 年在甘肃兴隆山国家级自然保护区及所属马麝驯养场(以下简称“麝场”)进行。

麝场位于野生马麝的自然分布区内, 地处祁连山东延余脉地区, 海拔 2000—2100 m, 年均温 2.5—6.4 °C, 麝场所在地最热月(7 月) 极端高温 32.6 °C, 最冷月(1 月) 极端低温 -28 °C, 平均昼夜温差 12—14 °C, 平均季节温差 21.6—25.3 °C。

1.2 样本动物及分组

甘肃兴隆山麝场建于 1990 年, 场区面积 30 hm², 目前马麝存栏数约为 400 余头。每个马麝圈舍面积 80—200 m², 内有凉棚和小室等掩体, 每圈饲养马麝 4—7 只。麝圈间用砖墙相隔, 彼此以木栅门相通。马麝饲料由精饲料和于自然生境采集的树叶组成, 每日饲喂 2 次。每个麝区由固定的一名饲养员负责饲喂及日常管理, 喂料同时进行圈舍清扫工作, 每圈每次耗时约 5 min 左右^[5]。

因马麝分娩多在每年的 5—6 月^[5], 麝香分泌每年 1 次, 多在 5—7 月^[9, 17], 而本文涉及的取香时间仅为每年的 10 月, 为便于计算分析, 麝的年龄划分均以 0.5 岁为基本单位, 即麝的年龄格局为 0.5 岁、1.5 岁、2.5 岁等离散分布, 本文的参与取香雄麝不涉及 0.5 岁龄的幼麝和 9.5 岁龄及以上的老年麝。

2 研究方法

2.1 数据收集

于 1996 年至 2006 年间的年底(一般为 10 月) 进行人工取香。取香时, 人工保定雄麝, 用专用的取香勺从香囊口深入囊内, 取出麝香, 用草纸吸干浮液、电子天平称重后放入专用瓶中密封保存^[14]。记录每头取香雄麝的产香数据。

2.2 数据整理及分析方法

用常见的具有生物学意义的增长模型拟合驯养马麝的麝香年产量和平均泌香量的增长, 选定拟合度最高的增长模型。

应用 Kolmogorov-Smirnov Test 进行年龄组比例数据的正态性检验, 并计算其偏斜度和峰度。应用 ANOVA 检验麝香产量和平均泌香量的年间及年龄组间差异, 若差异显著, 依照数据是否满足方差齐性, 用 LSD (least significant difference) 或 Games-Howell 法进行多重比较。显著性水平设置为 $P=0.05$, 极显著性水平设置为 $P=0.01$ 。所有统计分析均在 SPSS11.0 进行。

3 结果与分析

3.1 麝香生产格局

甘肃兴隆山麝场 1996—2006 的麝香年产量如图 1 所示。1996 年为麝场的取香开始年, 其麝香产量最低, 仅为 16.8 g, 随后逐年攀升, 于 2000 年达最高麝香产量 (776.40 g), 在随后几年中, 麝香产量一直呈振荡式的升降态势, 周期为 2—3a。该麝场 11a 间的麝香总产量达 3846.6g, 年均麝香产量为 (349.69 ± 84.69) g ($n=11$)。

增长模型拟合表明, S 形增长模型 $y = e^{(6.4285 - 3.6578/t)}$ (t 为距起始年 1996 年的年数) 模拟兴隆山麝场麝香产量增长的拟合度最高 ($R^2=0.735$, $df=9$, $F=24.94$, $P=0.001 < 0.01$) (图 2)。该模型预测, 到 2015 年 ($t=20$), 该麝场的麝香产量为 515.74 g; 到 2020 年 ($t=25$), 该麝场的麝香产量为 534.96 g; 当 t 足够大 ($t \rightarrow +\infty$) 时, 麝场的麝香产量为 619.24g。该麝香总产量是模型预测的该麝场的最大麝香产量, 也即为图 2 中模拟曲线的渐近线 $y = e^{6.4285}$ 。

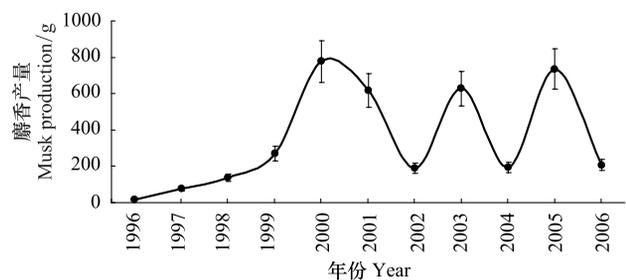


图 1 兴隆山麝场各年度的麝香产量分布

Fig.1 The musk production of captive Alpine musk deer at XMDF from 1999 to 2006

3.2 泌香雄麝种群动态

1996—2006 年间,总体取香 430 头次。每年的泌香雄麝种群数与麝香年产量相关极显著 ($R=0.638, P<0.01$)。S 形增长模型 $y=e^{(4.2049-3.4523/t)}$ (t 为距起始年 1996 年的年数) 模拟兴隆山麝场雄麝种群增长的拟合度最高 ($R^2=0.700, df=9, F=21.02, P=0.001<0.01$) (图 3)。模型预测,到 2015 年 ($t=20$),该麝场的产香雄麝为 53.24 头;到 2020 年 ($t=25$),该麝场的产香雄麝为 58.37 头;当 t 足够大 ($t \rightarrow +\infty$) 时,麝场的产香雄麝种群将为 67.01 头,该雄麝种群数是模型预测的该麝场的最大产香种群数,也即为图 3 中的模拟曲线的渐近线 $y=e^{4.2049}$ 。

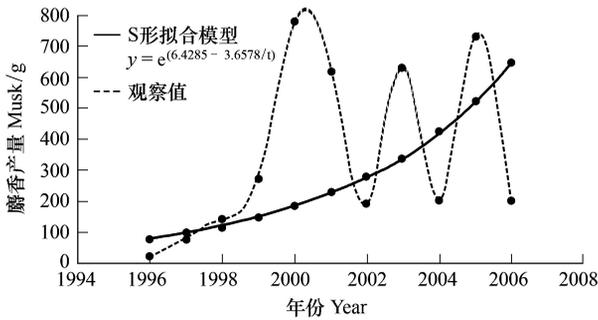


图 2 兴隆山麝场产香量增长曲线

Fig.2 The S curve of increasing of musk production in XMDF
(The real line shows the fitting model $y=e^{(6.4285-3.6578/t)}$, The broken line shows the actual values)

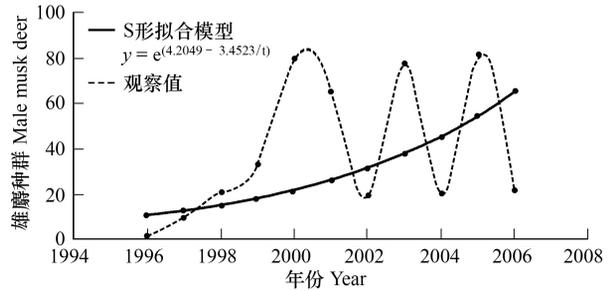


图 3 兴隆山麝场雄麝种群增长曲线

Fig.3 The S curve of increasing of male musk deer in XMDF
(The real line shows the fitting model $y=e^{(4.2049-3.4523/t)}$, The broken line shows the actual values)

3.3 产香雄麝的年龄结构

区分每年取香雄麝的年龄,计算各年龄组的比例,数据呈非正态性分布 ($n=88, Z=1.533, P=0.018<0.05$)。其分布略偏向年龄较大一端 (偏斜度为 $1.157 \pm 0.257, n=88$), 曲线比正态分布陡峭 (峰度为 $0.74 \pm 0.508, n=88$)。年龄组比例于每年的分布格局如图 4 所示。在取香初期,雄麝的年龄组成相对简单,如 1996 年仅 2.5 岁和 4.5 岁 2 个年龄组,1997 年仅 1.5 岁、3.5 岁和 5.5 岁 3 个年龄组,到后期几年,各年龄组相继出现。此外,老年雄麝仅出现在零星的几年,如 8.5 岁雄麝仅于 1999 年、2003 年和 2005 年出现,其余年份缺失。

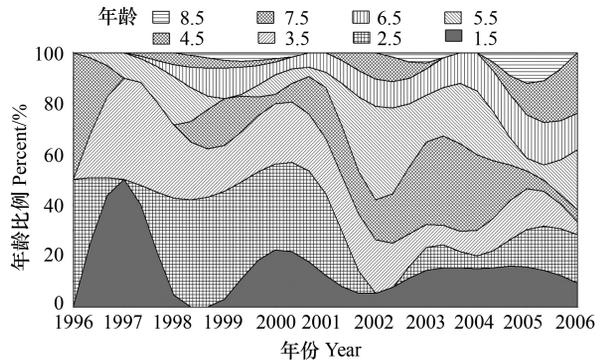


图 4 兴隆山麝场各年度产香雄麝的年龄分布

Fig.4 Distribution of age class of captive male musk deer at XMDF during 1999 and 2006

不区分取香年,统计取香雄麝总体的各龄组比例

(图 5),数据呈非正态性分布 ($n=88, Z=2.308, P<0.01$),年龄分布曲线向年龄较大一端偏斜 (偏斜度为 $0.623 \pm 0.257, n=88$),曲线比正态分布平缓 (峰度为 $-0.681 \pm 0.508, n=88$)。年龄组与麝香年产量呈极显著的负相关 ($R=-0.936, P=0.001<0.01$)。1.5 岁和 2.5 岁的雄麝占产香雄麝种群的 36.74%,生产麝香 (1581.7 g) 占总产量的 41.12%,1.5—6.5 岁雄麝占 91.16%,生产麝香 (3560.1 g) 占总产量的 92.55%。

3.4 泌香雄麝的平均泌香量

兴隆山麝场驯养雄麝的平均泌香量数据呈正态性分布 ($n=67, Z=0.786, P=0.567>0.05$),11a 间的平均泌香量 (为 8.93 ± 0.56) g/头, ($n=68$)。各年度的平均泌香量如图 6 所示。雄麝每年的平均泌香量与麝香年产量相关达极显著 ($R=0.442, P<0.01$)。各年度间的平均泌香量差异不显著 (ANOVA, $F_{10,56}=1.073, P=0.398<0.01$)。

指数模型 $y=7.5126e^{0.0244t}$ (t 为距起始年 1996 年的年数) 拟合雄麝平均泌香量增长的拟合度较高 ($R^2 =$

0.373, $df=9$, $F=5.36$, $P=0.046<0.05$)。该模型预测,如维持现行情况,2015 年的兴隆山麝场雄麝的平均泌香量将为 10.83 g/头,2020 年将为 12.24 g/头,要到 2035 年,其平均泌香量方可接近 20 g/头(19.94 g/头)。

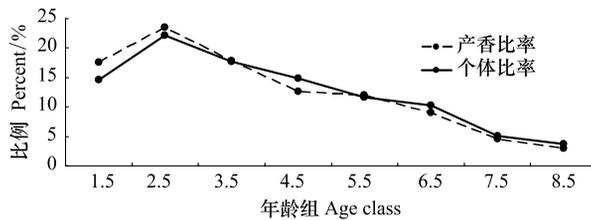


图5 产香雄麝的年龄比例及产香比例

Fig.5 Ratio of age and musk production in captive male musk deer at XMDF during 1999 and 2006

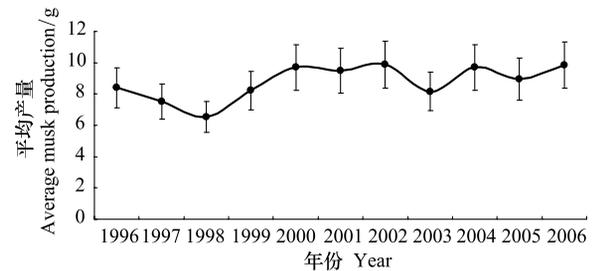


图6 各年度的平均泌香量的分布

Fig.6 The average musk production of male musk deer from 1999 to 2006

区分雄麝的年龄组,其平均泌香量分布如图 7 所示。雄麝平均泌香量同年龄组呈显著负相关($R = -0.865$, $P=0.005<0.01$)。各年龄组间的平均泌香量差异显著(ANOVA, $F_{7,59} = 2.522$, $P=0.024<0.05$)。数据满足方差齐性(Levene, $df_1 = 7$, $df_2 = 59$, $P=0.056$)。LSD 多重比较表明,年龄组间的平均泌香量差异主要源于 1.5 岁马麝与其他各年龄组马麝间的差异,1.5 岁马麝的平均泌香量((12.00 ± 1.82) g/头, $n=10$)最高,极显著地高于 6.5 岁((7.82 ± 1.25) g/头, $n=9$) ($P=0.008<0.01$)、7.5 岁((6.11 ± 1.20) g/头, $n=7$) ($P=0.001<0.01$)和 8.5 岁((6.22 ± 0.67) g/头, $n=4$) ($P=0.005<0.01$)雄麝的泌香,也显著高于 3.5 岁((8.14 ± 0.97) g/头, $n=10$) ($P=0.012<0.05$)和 4.5 岁((8.11 ± 0.46) g/头, $n=9$) ($P=0.013<0.05$)年龄组的泌香,同 2.5 岁((9.00 ± 0.69) g/头, $n=9$) ($P=0.053$)和 5.5 岁((8.96 ± 0.72) g/头, $n=9$) ($P=0.051$)的差异也达到显著性临界值。除 1.5 岁龄马麝外,其余年龄组间马麝的平均泌香量差异均不显著($P>0.05$)。

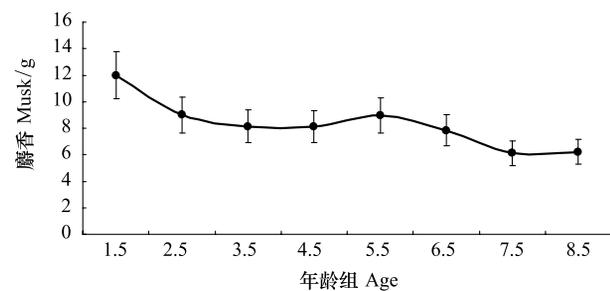


图7 各年龄组雄麝的平均泌香量的分布

Fig.7 The average musk production of male musk deer in age-classes

4 讨论

作为迁地保育及保障麝香可持续供给的有效方式,我国的麝类驯养开始于 1958 年,主要驯养麝种为林麝和马麝。经过近 60 年的发展,我国的麝类驯养已实现了圈养下繁殖和可持续活体取香,目前的驯养麝存栏种群已达万余头,年产麝香为 20—30 kg^[1, 16]。

麝类动物的麝香分泌受种类、体质、疾病、饲料营养、饲养管理、气候及内分泌等多种因素影响^[9, 17-18]。对驯养麝而言,其麝香生产主要受个体来源、年龄等特征及饲养管理模式的影响^[7-8, 11-12]。程建国等^[10]报道四川的驯养林麝平均产香 11.5g,盛和林等^[2]报道安徽和陕西的圈养林麝产香 7.8—10.8g。本研究表明,甘肃驯养马麝的平均泌香量为 8.93g($n=68$)。因麝类动物间的平均泌香量可能存在地域、种间和麝场间差异,而且也因为驯养管理模式及计算规则的不同,尚不能得出马麝平均泌香量低于林麝的结论。此外,本研究结果接近于康发功等^[14]报道的驯养马麝平均泌香 8.8g,略高于李红亮等^[16]报道的 7.90g,这与后者考虑了有效取香率有关,将参与取香但并无麝香分泌的雄麝也纳入了取香马麝总体的计算。

兴隆山麝场的马麝驯养始于 1990 年,并于 1996 年进行了首次活体取香,虽当年的取香量仅为 16.8g,但标志着兴隆山麝场初步实现了驯养马麝的活体取香。在随后的 10 余年时间,麝香产量逐年提高,证明了上述

驯养马麝活体取香是可持续的。圈养麝的麝香生产存在年度差异,如康发功等^[14]和程建国^[10]等报道,圈养马麝和林麝的麝香年产量均有年度差异。本研究表明,兴隆山麝场在取香初期,麝香产量逐年攀升,但在2000年后的几年,麝香产量一直呈振荡式的升降态势,波动周期为2—3a。这需进一步研究以确定麝香生产是否存在周期性。另一方面,上述麝香产量的波动可能也与饲养管理有关,因为驯养麝类的麝香产量极易受饲养管理模式的影响^[9]。兴隆山麝场在2000年至2006年期间,发生了多次的饲料配方、圈舍调整和麝场运营公司的改变,这些是否会影响麝香生产尚需进一步研究确定。

本研究的模型模拟表明,兴隆山麝场的麝香年产量与驯养麝种群存在极显著的相关,而且二者均呈S性增长,均存在一个理论上的“环境容纳量”或增长上限。在本研究中,产香雄麝种群的理论上限为67.01头,而麝香年产量的理论上限为619.24g。虽然这两个增长上限并无绝对的实际意义,但较低的上限值对驯养实践有一定的启示,表明了兴隆山麝场在1996年和2006年间的麝香生产和泌香雄麝种群增长的“缓慢性”和“受限制性”。因此,探寻、确定导致上述缓慢增长态势的限制因素就极为重要,通过减少、消除这些限制因素的影响、改变现行的驯养条件(如圈舍设施、饲喂管理、泌香期管理及取香技术、流程等),麝场的麝香产量和种群增长的格局有望发生良性改变,其种群和麝香产量的理论性增长上限会获得提高,或者其增长类型会转变为指数式增长等高增长类型。

本研究显示,兴隆山麝场的麝香年产量逐年增加,但雄麝的平均泌香量却无显著差异,即平均泌香量并未逐年升高。此外,麝场的麝香总产量同产香雄麝种群数的相关更显著,表明兴隆山麝场的麝香年产量的提高主要源于泌香雄麝的种群增长,而非仅仅是平均泌香量的增加。但本研究结果表明,平均麝香产量的增长模型为指数式,因此,通过改变驯养条件以提高麝的平均泌香量,是可行的麝香产量增加方式。因此,除增加产香雄麝种群数外,优化现有的麝类驯养和麝香麝场模式,提高平均泌香量以提升麝香总产量,将是增加麝香生产的有效途径。

在本研究中,雄麝平均泌香量同其年龄呈显著负相关,即年龄越小雄麝的泌香量越大,1.5岁龄雄麝平均泌香量最大,这与各年龄组雄麝受到的圈养胁迫强度不同有关。目前,虽我国的麝类驯养已开展了近60年,但麝远远未被驯化,仍为野生动物,其行为模式同野生麝无明显差异^[1]。野生麝偏好异质性较高的生境^[18],排他性地占据15—30 hm²的领域^[19],而且独居性和警觉性均极强^[20-21],野生麝的这些习性在圈养环境仍充分表达^[22]。在现行的麝类驯养体系下,5—7头的同性别麝被圈禁于100—200 m²的集约化圈舍环境,饲料为人工精制,并实行定时限饲。因此,驯养麝面临源于圈养环境、人工饲料和人工喂饲环境及人工社群环境等的胁迫^[23],这必然对麝产生行为内分泌效应,导致其性激素和皮质激素等激素环境发生改变。因此,麝被圈养越久,这种胁迫效应就越强^[22]。而由于麝类动物的麝香分泌与睾丸酮等类固醇激素直接相关^[24],上述圈养胁迫即会影响其麝香分泌,导致泌香减少甚至终止。在本研究,雄麝主要源于自幼抓捕的野生麝,其年龄反映了被圈养的时间及受圈养胁迫的时间长短和强度,也正因如此,本研究中的圈养时间较短的1.5岁龄雄麝受圈养胁迫的影响较小,其麝香产量也就显著高于其他年龄较大的、圈养时间较长的、受胁迫影响较大的雄麝。

此外,虽目前尚不完全清楚麝香的生态功能,但多认为雄麝泌香与其睾丸酮水平显著正相关^[11, 24],可行使异性吸引及气味标记等功能,并与其成功繁殖关联^[9, 20]。此外,目前不能确认雄麝的繁殖活动是否会导致雄麝麝香囊中的熟化麝香减少,但高能耗的发情交配活动会增加雄麝的能量和时间投资,减少摄食^[11, 4],从而相对减少了雄麝对其麝香分泌的能量和资源分配、投资,导致参与交配雄麝的麝香分泌减少,或导致其麝香囊中储备的成熟麝香减少。在本研究中,兴隆山麝场的雄麝从2.5岁开始参与发情交配,而尚未参与繁殖的1.5岁龄雄麝的平均泌香量即显著高于其他年龄组雄麝。

麝的泌香与其生理发育直接相关,其泌香可持续到近20岁,但泌香高峰为8岁前^[9-11],Green^[21]和颜于宏^[25]也报道,喜马拉雅麝(*M. chrysogaster*)和原麝(*M. moschiferus*)于9岁前的麝香分泌较多。随麝的年龄递增,因体质、疾病及激素水平降低的效应,雄麝的泌香功能下降,减少甚至停止泌香。与上述格局类似,本研究中的驯养马麝的泌香峰值年龄段为1.5岁—6.5岁,7.5岁后的雄麝的泌香较少,仅占泌香总量的8.84%。因

此,在驯养实践中,以生产麝香为主的雄麝种群应主要由 6.5 岁以前的个体组成,以保证较多的麝香生产,而应当将大于 6.5 岁的老年雄麝排除于麝香生产,用于建立野外放归的准备种群,以恢复和复壮野外种群,真正实现麝类驯养的迁地保育功能^[26]。

参考文献 (References):

- [1] Meng X X, Zhou C Q, Hu J C, Li C, Meng Z B, Feng J C, Zhou Y J, Zhu Y J. Musk deer farming in China. *Animal Science*, 2006, 82(1): 1-6.
- [2] 盛和林, 刘志霄. 中国麝科动物, 上海: 上海科学技术出版社, 2007.
- [3] Geng S, Ma S. Decline of musk deer in China and prospects for management. *Environmental Conservation*, 2000, 27(4): 323-325.
- [4] Meng X, Yang Q, Feng Z, Xia L, Wang P M, Jiang Y. The temporal estrous patterns of female Alpine musk deer in captivity. *Applied Animal Behavior Science*, 2003, 82: 75-85.
- [5] 蒋志刚, 李春旺, 曾岩. 麋鹿的配偶制度、交配计策与有效种群. *生态学报*, 2006, 26(7): 2255-2260.
- [6] 李林海, 黄祥云, 刘刚, 王文霞, 卫宁, 刘燕, 胡德夫, 梦梦. 我国麝养殖种群现状及其养殖业发展的分析. *四川动物*, 2012, 31(3): 3-4.
- [7] 任战军. 人工养麝与取香技术. 北京: 金盾出版社, 2003.
- [8] 王永生. 麝香生产技术. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [9] Zhang B L. Musk deer: their capture, domestication and care according to Chinese experience and methods. *Unasylva*, 1983, 35(139): 16-18.
- [10] 程建国, 罗燕, 乔美萍, 蔡永华, 王大中. 影响林麝泌香量的因素. *特产研究*, 2002, 24(3): 15-18.
- [11] 尹淑媛, 戴卫国. 野麝家养研究综述. *成都科技大学学报*, 1991, 55(1): 81-90.
- [12] 黄步军, 盛和林, 徐宏发. 饲料营养对林麝麝香产量和品质的影响. *动物学研究*, 1998, 19(4): 296-300.
- [13] 蒋应文. 驯养马麝的繁殖与行为观察. *动物学杂志*, 1998, 33(4): 39-41.
- [14] 康发功, 刘志霄, 陈建国, 汪承华, 梁亮, 徐忠, 邓凯东. 甘肃兴隆山养麝场圈养高山麝的产香量. *兽类学报*, 2008, 28(2): 221-224.
- [15] 孟庆辉, 刘春兰, 潘世成, 施泽梅, 张学炎, 孟秀祥. 濒危马麝的有效取香率分析. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2011, 39(12): 53-59.
- [16] 李红亮, 黎勇, 周密, 张红勇, 施哲梅, 孟秀祥. 驯养马麝麝香产量及其影响因素. *中国农业科学*, 2012, 45(3): 522-528.
- [17] Parry-Jones R, Wu J Y. Musk deer farming as a conservation tool in China. Hong Kong: TRAFFIC, East Asia, 2001.
- [18] 孟秀祥, 潘世秀, 栾晓峰, 冯金朝. 兴隆山自然保护区马麝春季生境选择. *生态学报*, 2010, 30(20): 5509-5517.
- [19] 杨奇森, 冯祚建, 王祖望, 刘务林, 李新春, 斯郎欧珠. 西藏东南部地区马麝家域的研究. *兽类学报*, 1998, 18(2): 87-94.
- [20] Green M J B. The distribution, status and conservation of Himalayan musk deer (*Moschus chrysogaster*). *Biological Conservation*, 1986, 35(4): 347-375.
- [21] Green M J B. Scent-marking in the Himalayan musk deer (*Moschus chrysogaster*). *Journal of Zoology*, 1989, 1(4): 721-737.
- [22] 孟秀祥, 贡保草, 薛达元, 冯金朝, 杨奇森, 冯祚建. 圈养马麝刻板行为表达频次及影响因素分析. *生态学报*, 2011, 31(22): 6896-6901.
- [23] Shrestha M N. Animal welfare in the musk deer. *Applied Animal Behavior Science*, 1998, 59(1): 245-250.
- [24] 毕书增, 张治国, 贾林征, 关强, 宋建民. 麝泌香盛期后麝香腺囊的显微与超微结构和麝香分泌研究. *兽类学报*, 1987, 7(2): 96-99.
- [25] 颜于宏. 原麝泌香因素初步研究. *中药材*, 1985, (2): 11-13.
- [26] Yang Q S, Meng X X, Feng Z J, Xia L. Conservation status and causes of decline on musk deer in China. *Biological Conservation*, 2003, 109(3): 333-342.