

DOI: 10.5846/stxb201402010212

王永奇, 盛岩, 刘文华, 李斐然, 唐婕, 孟秀祥. 陕西凤县驯养林麝的种群动态、性比和年龄结构. 生态学报, 2015, 35(15): 4986-4992.

Wang Y Q, Sheng Y, Liu W H, Li F R, Tang J, Meng X X. Population dynamics, sex ratio, and age-structure of captive forest musk deer (*Moschus berezovskii*) in Fengxian of Shaanxi Province, China. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(15): 4986-4992.

## 陕西凤县驯养林麝的种群动态、性比和年龄结构

王永奇<sup>1,2</sup>, 盛岩<sup>2</sup>, 刘文华<sup>1</sup>, 李斐然<sup>1</sup>, 唐婕<sup>1</sup>, 孟秀祥<sup>2,\*</sup>

1 陕西省动物研究所, 西安 710032

2 中国人民大学环境学院, 北京 100872

**摘要:** 林麝是濒危资源动物, 林麝驯养是保育濒危林麝资源及可持续利用麝香的有效方式。基于对 2001 至 2012 年间的陕西凤县林麝驯养的监测和调查, 分析了其种群动态、性比和年龄结构。结果表明, 陕西凤县的林麝驯养在近 10 余年获得了快速发展, 全县共有 150 余个麝场, 麝场数呈指数式增长, 增长率达 27.33%, 但其平均驯养规模无明显增长, 平均存栏种群仅为 16.38 头。凤县的驯养麝种群总体增长近似指数式增长, 增长率达 27.22%, 目前存栏种群已达 3712 头。区分性别和年龄, 各亚群的增长均呈指数式增长, 幼年麝的增长率 (30.30%) 高于成年麝 (27.16%), 雄麝的增长率 (28.30%) 高于雌麝 (27.78%)。在 2001 至 2012 年间, 幼麝种群的雌性性比 ( $(102.64 \pm 3.15)\%$ ,  $n=12$ ) 和成年麝种群的雌性性比 ( $(100.85 \pm 2.585)\%$ ,  $n=10$ ) 均显著偏低 ( $P<0.01$ ), 但幼麝、成年麝种群间的性比差异不显著 ( $P>0.05$ )。在 2005 年及 2010—2012 年间, 幼麝 (0.5 岁龄) 占种群的比例为 31.91%, 亚成体麝 (1.5 岁龄) 占种群的比例为 21.11%, 成麝 (2.5—12.5 岁龄) 比例为 42.72%, 老年麝 (13.5 岁龄及以上) 仅占种群的 4.26%。合并年龄分析, 育龄前个体 (幼麝和亚成体麝) 的平均比例为 53.02%, 表明凤县驯养林麝属快速增长种群, 其增长潜力较大。在林麝驯养实践中, 管理部门可制定准入制度或适当重组现有麝场, 促进较大的驯养种群构建, 并建立通畅的麝香交易渠道, 控制林麝种源的过热交易, 以利于林麝驯养种群的性比平衡及可持续的繁育、增长。

**关键词:** 陕西凤县; 林麝驯养; 种群动态; 性比; 年龄结构

## Population dynamics, sex ratio, and age-structure of captive forest musk deer (*Moschus berezovskii*) in Fengxian of Shaanxi Province, China

WANG Yongqi<sup>1,2</sup>, SHENG Yan<sup>2</sup>, LIU Wenhua<sup>1</sup>, LI Feiran<sup>1</sup>, TANG Jie<sup>1</sup>, MENG Xiuxiang<sup>2,\*</sup>

1 Shaanxi Institute of Zoology, Xi'an 710032, China

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

**Abstract:** The forest musk deer (*Moschus berezovskii*) is a valuable wildlife resource, which has an endangered status owing to the significant habitat loss and overwhelming exploitation. Musk deer farming has become an effective measure to conserve wild populations while producing medicinal musk sustainably. Based on the survey of musk deer farming in Fengxian of Shaanxi Province carried out between 2001 and 2012, population dynamics, sex ratio, and age structure of captive musk deer were analyzed. Our results showed that musk deer farming in Fengxian developed rapidly during this decade, with musk deer farms increasing exponentially at a rate of 27.33% per annum. Although there have been more than 150 musk deer farms in Fengxian, the average population size, only 16.38 individuals per farm, has not significantly increased. All gender and age sub-populations also increased exponentially, with higher increase rate of younger deer (30.30%) than that of adult deer (27.16%), and higher rate of male (28.30%) deer than the female (27.78%) deer. Between 2001 and 2012, the sex ratio in younger deer ( $(102.64 \pm 3.15)\%$ ,  $n=12$ ) and adult deer ( $(100.85 \pm 2.585)\%$ ,

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (31170364); 国家科技支撑计划专题 (2013BAC09B02-6); 陕西省科学院应用基础项目 (2010K-09)

**收稿日期:** 2014-02-01; **网络出版日期:** 2014-09-25

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

$n = 10$ ) was significantly biased toward males ( $P < 0.01$ ); however, no significant difference existed between the adults and the younger deer ( $P > 0.05$ ). In 2005 and from 2010 to 2012, 31.91% of the farmed musk deer were younger deer, 21.11% were sub-adult, 42.72% adult, and 4.26% older individuals. The total combined percentage of younger and sub-adult musk deer classes was 53.02%, which shows that the captive musk deer population has been increasing at a high rate. These results obtained from the forest musk deer farming in Fengxian indicated that the creation of new musk deer farms should be discouraged until the currently established farms are refurbished and/or merged to allow for increased captive population size. Moreover, a formal musk deer trading market should be established, which would limit the trading of female musk deer, resulting in a balanced sex-ratio of captive deer, increasing the breeding success, and therefore, allowing higher farm populations.

**Key Words:** Fengxian of Shaanxi Province; forest musk deer (*Moschus berezovskii*) farming; population dynamics; sex ratio; age structure

麝类动物(*Moschus* spp.)是珍稀濒危资源动物,其雄麝所产麝香被广泛用于中医药业及香水业。传统的麝香获取方式为杀麝取香,在历史上的高强度滥捕滥猎作用下,加之生境质量下降和丧失等原因,麝类动物已极度濒危,被列为 IUCN 红色名录“濒危物种”、濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)附录 II 物种及我国国家 I 级保护动物。

我国是世界上麝类资源最丰富的国家之一。为保护麝类资源,我国建立了大量的自然保护区以加强对野生麝种群和生境的就地保育(*in situ* conservation),同时,麝类驯养也成为濒危麝类迁地保育(*ex situ* conservation)及保障麝香资源安全的重要方式<sup>[1-2]</sup>。我国的麝类驯养始于 1958 年,驯养的最主要麝种为林麝(*M. berezovskii*)和马麝(*M. sifanicus*)。发展至今,我国的麝类驯养规模居世界首位,存栏麝种群近万头<sup>[2-3]</sup>。

在地理分布上,我国的麝类驯养多发生于野生麝的核心分布区,主要在陕西、四川、甘肃、山西、福建及上海等省市。其中,陕西的麝类驯养规模最大,而陕西的麝类驯养以凤县的麝场数最多,存栏种群也最大。关于陕西凤县的林麝驯养,诸多学者有过较多报道,如裴俊峰和吴家炎<sup>[4]</sup>研究了凤县林麝驯养的现状及其存在问题,胡忠军等<sup>[5]</sup>报道了凤县的林麝家庭养殖格局,并根据特定年度的谱系调查总结了驯养林麝种群的繁殖特性,李林海等<sup>[3]</sup>的研究也涉及了凤县林麝驯养业的现状及发展分析,刘文华等<sup>[6]</sup>报道了对林麝进行围网驯养的探索。

上述研究成果极大地促进了凤县和陕西的林麝驯养,但迄今缺乏基于驯养林麝种群长时间监测的研究,也缺乏对其驯养格局、发展趋势及种群特征的量化分析。本研究通过对凤县林麝驯养的长期调查和监测,系统分析了凤县林麝驯养的麝场分布、存栏种群大小及发展趋势等,并进行了性比和年龄结构分析,旨在确定影响凤县林麝驯养发展的关键因素,其结果可为我国的濒危麝类迁地保育及麝类驯养提供参考。

## 1 研究地区概况

凤县地处陕西西南的秦岭西麓,位于四川、陕西和甘肃交界区域( $33^{\circ}34' - 34^{\circ}18' \text{ N}$ ,  $106^{\circ}24' - 107^{\circ}07' \text{ E}$ ),其地势东北高西南低,最高海拔 2738.7 m,最低海拔 915 m,面积 3187 km<sup>2</sup>,辖 10 镇 2 乡 150 个村,人口 10.67 万人。凤县全县以针阔混交林和落叶阔叶林带为主,多为林麝的宜居生境,历史上一直是林麝的重要分布区。凤县动植物资源丰富,除林麝外,境内还有羚牛(*Budorcas taxicolor*)、大鲵(*Andrias davidianus*)、云豹(*Neofelis nebulosa*)、金钱豹(*Panthera pardus*)和黑熊(*Ursus americanus*)等濒危动物分布<sup>[7]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 数据收集及整理

从 2001 年至 2012 年,于每年 11—12 月,对陕西凤县境内的林麝驯养场开展调查,记录建场时间、初始种

群数量、存栏种群数量等基本数据,同时记录各麋场的饲养管理及圈养设施配置等信息,如圈舍数量和面积、运动场数量和面积及发展规划等。

因驯养麋的繁殖定时和同步化均极强,其分娩多发生于5—6月<sup>[8]</sup>,而本研究中的种群调查在年底进行,因此,麋的年龄划分均以0.5岁为基本单位,即麋的年龄呈0.5岁、1.5岁、2.5岁等离散分布<sup>[9]</sup>,基于此,将动物划分为幼麋组(0.5岁)、亚成体麋(1.5岁)及成体麋组(2.5岁及以上)。进行驯养麋种群总体的增长模拟。此外,因麋类动物在1.5岁龄时即可参与繁殖<sup>[2]</sup>,为探查驯养麋幼年群体和育龄群体(1.5岁龄及以上)的增长格局,将种群区分为幼麋(0.5岁龄)和成麋组(1.5岁龄及以上)并分别进行增长模拟。在进行种群性比计算时,将种群区分为幼麋(0.5岁)、亚成体麋(1.5岁)、成体麋(2.5—12.5岁以上)及老年麋(13.5岁及以上)<sup>[8-10]</sup>。

## 2.2 数据分析方法

种群的年均增长率计算公式<sup>[11]</sup>:

$$m = (\sqrt[n]{N_{t+n}/N_t} - 1) \times 100\%$$

式中, $N_t$ 为 $t$ 年时的种群数量, $N_{t+n}$ 为 $t+n$ 年时的种群数量。

用指数模型( $y = b_0 e^{b_1 x}$ )及多项式模型( $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2 + b_3 x^3$ )等具有生物学意义的模型进行种群增长模拟<sup>[12]</sup>。性比计算公式<sup>[12]</sup>:

$$N_f/N_m \times 100\%$$

式中, $N_f$ 为种群中雌麋数量, $N_m$ 为种群中雄麋数量。

采用单因素 $T$ 检验探查性比差异的显著性。采用SPSS11.0和Excel2003软件包进行统计检验和作图。显著性水平设置为 $P < 0.05$ ,极显著性水平设置为 $P < 0.01$ 。

## 3 结果与分析

### 3.1 凤县的麋场分布及平均存栏种群

在2001年到2011年间(因2012年的准确麋场数缺失,该年未参与此部分分析),凤县林麋驯养场由11个增至150个(图1),每年的平均麋场数为55.45个( $\pm 13.55$ ,  $n = 10$ ),年均增长率达29.86%。指数模型 $y = 7.5815e^{0.2733x}$ 拟合凤县麋场数增长的拟合度最高( $R^2 = 0.967$ ,  $df = 9$ ,  $F = 264.17$ ,  $P < 0.01$ ),麋场增长率为27.33%。按照此指数增长模型预测,如增长趋势和麋场的基础数量恒定,到2015年,凤县的麋场数将为457个,2020年的麋场数将达到1793个。

凤县麋场的平均存栏麋种群大小从2001年的14.36头增长到2011年的17.10头(图1),呈缓慢增长态势,其年均增长率仅1.76%,10a内的平均存栏种群为16.38头( $\pm 1.0438$ ,  $n = 10$ )。模型 $y = 9.9205 + 6.6144x - 1.3784x^2 + 0.0792x^3$ 可近似拟合其增长( $R^2 = 0.363$ ,  $df = 7$ ,  $F = 1.33$ ,  $P = 0.339 > 0.05$ )。该模型预测,如增长趋势和基础存栏种群数量恒定,凤县2015年的平均存栏林麋种群将为66.30头,2020年可达224.45头。

### 3.2 凤县驯养林麋种群动态

2001年到2012年间,凤县的驯养林麋总体种群从158头增长到3712头(图2),种群数量扩大了23倍,年均增长率达33.24%,年均存栏林麋总数为1115.75头( $\pm 315.18$ ,  $n = 11$ )。指数模型 $y = 123.727e^{0.2722x}$ 模拟种群总体增长的拟合度较高( $R^2 = 0.9901$ ,  $df = 10$ ,  $F = 954.42$ ,  $P < 0.01$ ),种群总体的种群增长率为27.22%。模

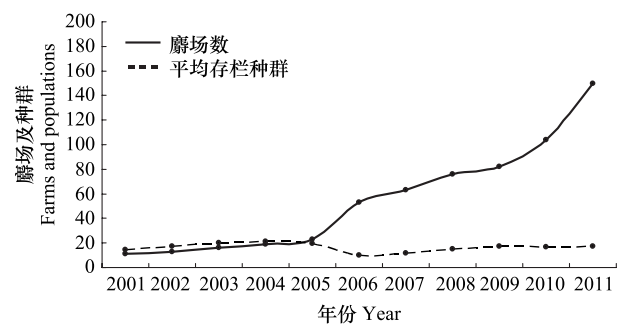


图1 凤县麋场数及平均存栏种群动态(实线示麋场数;点线示平均存栏种群)

Fig.1 Musk deer farms and the average population per farm in Fengxian (Real line shows the farms. Broken-line shows the average musk deer population)

型预测,如现有的增长率和基础种群数维持恒定,2015 年的凤县存栏林麝总数将为 7340 头,2020 年将达到 28626 头。

将种群区分为幼年麝和成年麝,其种群的年度分布如图 3 所示。分别用模型拟合种群增长,指数模型的拟合度高,幼年麝的种群增长模型为  $y = 25.9088e^{0.3030x}$  ( $R^2 = 0.953$ ,  $df = 10$ ,  $F = 200.82$ ,  $P < 0.01$ ),增长率为 30.30%。成年麝的种群增长模型为  $y = 88.4506e^{0.2716x}$  ( $R^2 = 0.993$ ,  $df = 8$ ,  $F = 1064.026$ ,  $P < 0.01$ ),增长率为 27.16%。

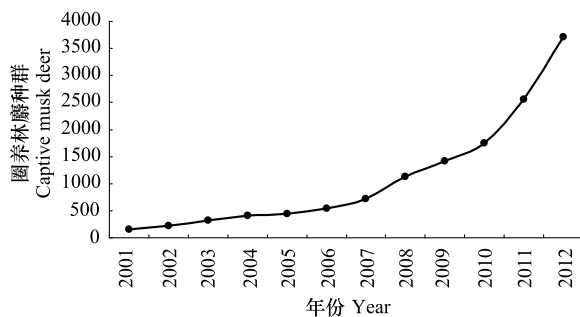


图2 陕西凤县驯养林麝存栏量分布

Fig.2 Growth pattern of captive Forest musk deer in Fengxian of Shaanxi province

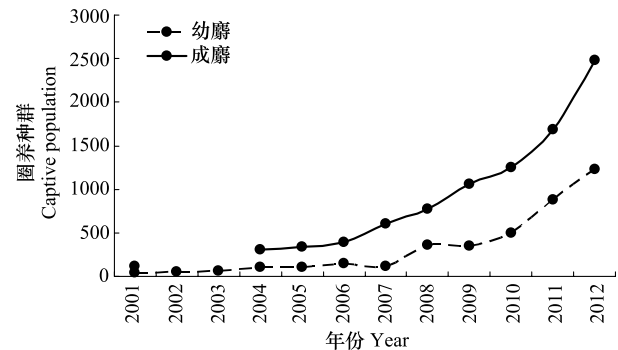


图3 陕西凤县驯养林麝的幼麝和成麝种群分布

Fig.3 Growth pattern of captive adult and sub-adult Forest musk deer in Fengxian of Shaanxi province

考虑性别因素,分别用模型拟合种群增长,雄麝增长模型  $y = 55.59e^{0.2830x}$  ( $R^2 = 0.987$ ,  $df = 8$ ,  $F = 612.57$ ,  $P < 0.01$ ),增长率为 28.30%,雌麝增长模型  $y = 58.81e^{0.2778x}$  ( $R^2 = 0.991$ ,  $df = 8$ ,  $F = 891.87$ ,  $P < 0.01$ ),增长率为 27.78%。

同时考虑林麝种群的年龄组及性别,进一步进行增长模型拟合,结果表明,雄性成体麝的增长模型为  $y = 43.50e^{0.2734x}$  ( $R^2 = 0.986$ ,  $df = 8$ ,  $F = 570.21$ ,  $P < 0.01$ ),增长率为 0.2734,雌性成体麝增长模型为  $y = 44.73e^{0.2703x}$  ( $R^2 = 0.9956$ ,  $df = 8$ ,  $F = 1721.44$ ,  $P < 0.01$ ),增长率为 0.2703,雄性幼体麝增长模型为  $y = 12.954e^{0.3012x}$  ( $R^2 = 0.950$ ,  $df = 10$ ,  $F = 1721.44$ ,  $P < 0.01$ ),增长率为 0.3012,雌性幼体麝增长模型为  $y = 12.88e^{0.3053x}$  ( $R^2 = 0.9506$ ,  $df = 10$ ,  $F = 1921.59$ ,  $P < 0.01$ ),增长率为 0.3053。

### 3.3 凤县驯养林麝种群性比

凤县驯养林麝种群各年度的性比分布如图 4 示。从 2001 至 2012 年间,幼麝种群性比仅 4a(2002, 2003, 2009, 2011)偏雄,其余年份的性比均偏雌,总体性比格局为偏雌((102.64±3.15)%,  $n = 12$ ),差异极显著( $t =$

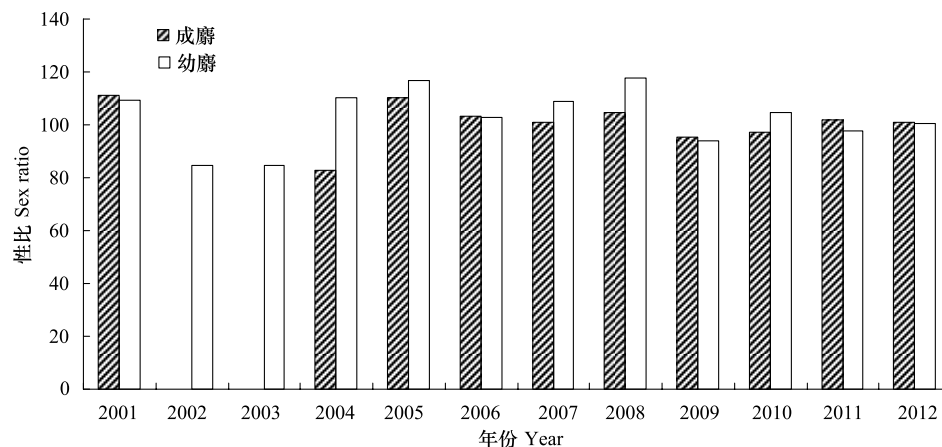


图4 凤县驯养林麝性比变化

Fig.4 The sex ratio of captive Forest musk deer in in Fengxian of Shaanxi province

32.63,  $P < 0.01$ )。在成年麝种群, 性比仅 3a(2004, 2009, 2010) 偏雄, 其余年份的性比均偏雌, 总体性比格局仍为偏雌( $100.85 \pm 2.585$ )%,  $n = 10$ ), 差异极显著( $t = 39.15$ ,  $P < 0.01$ )。成年麝种群和幼年麝种群的性比差异不显著( $t = -1.776$ ,  $P = 0.11 > 0.05$ )。

### 3.4 凤县驯养林麝种群年龄结构

如图 5 所示, 2005 年及 2010—2012 年的 4a 间, 幼麝(0.5 岁龄) 占种群的比例为 31.91%, 亚成体麝(1.5 岁龄) 比例为 21.11%, 成麝(2.5—12.5 岁龄) 比例为 42.72%, 老年麝(13.5 岁龄及以上) 则占群体的 4.26%。进行年龄组合并, 育龄前个体(幼麝和亚成体麝) 的平均比例为 53.02%, 而且呈逐年增加趋势, 而育龄成麝及老年麝的比例趋于下降。

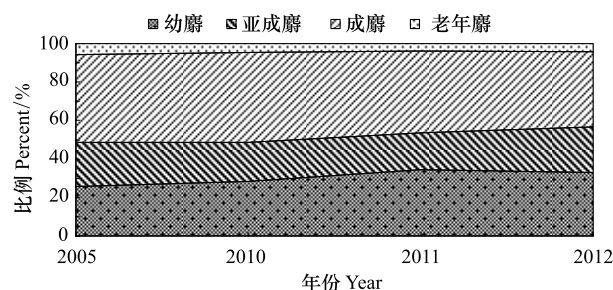


图 5 凤县驯养林麝年龄组分布

Fig.5 Age-class of captive Forest musk deer in in Fengxian of Shaanxi province

## 4 讨论

### 4.1 陕西凤县驯养林麝的种群动态

为保育濒危林麝资源及可持续生产麝香, 陕西于 1958 年在该省的镇坪县开始了林麝驯养<sup>[1-2]</sup>。凤县的林麝驯养出现于 1986 年, 其基础种群源于野外抓捕, 到 1995 年时凤县麝场发展为 5 个。经过 10 余年的发展, 陕西凤县的林麝驯养规模(麝场数和存栏林麝种群数) 已跃居全国首位。迄今, 全国的麝类驯养存栏种群增长主要体现为陕西驯养麝种群的增长, 而后者主要体现为凤县林麝驯养规模的增长。

本研究表明, 虽然陕西凤县的麝类驯养已具有一定规模, 其麝场数达 150 余个, 但每个麝场的驯养规模均较小, 其平均存栏林麝种群仅为 16 头左右, 呈典型的“家庭式”麝场模式。胡忠军等<sup>[5]</sup>也报道, 凤县林麝养殖规模普遍较小, 在 2004 年, 最小的麝场的存栏林麝数仅 2 头, 最多的也仅为 42 头。本研究的种群增长模型模拟结果表明, 凤县麝场数的增长为典型指数式增长, 而平均存栏林麝种群数的增长近似三次多项式增长, 麝场数的增长率远高于麝场平均存栏林麝种群数的增长率, 这可能与近十年的麝香价格上涨及该县的促进麝类驯养发展有关<sup>[3, 10]</sup>。在凤县当地政府、主管部门的的提倡、鼓励下, 相关养殖公司以“公式+农户”模式参与、促进了该县的林麝驯养和麝香生产, 使凤县的家庭式林麝驯养发展态势迅猛, 大量麝场涌现, 但因区域内的驯养种源数有限, 而野外抓捕已被禁止, 因此呈现出麝场数大量增加、麝场的存栏林麝种群变化不大甚至下降的现状, 从而导致现存的风县驯养林麝多为典型的“极小种群”, 这将直接影响驯养林麝种群的可持续繁育及遗传多样性。如上述态势继续存在, 照本研究的增长模型预测, 凤县的麝场还将以极高的增长率进行, 而麝场存栏林麝种群数仍无大的改变, 使有限的驯养麝种群在越来越多的麝场间分散、流转, 这极不利于对濒危林麝的驯养和迁地保育。

我国的麝类驯养种群的增长率为 27% 左右<sup>[3]</sup>, 大种群驯养林麝的种群增长率可达 20%—30%<sup>[13]</sup>。本研究结果表明, 凤县驯养林麝种群呈指数式增长, 其总体增长率也较高, 达 27.22%。按照本研究的增长模型预测, 假设目前的增长率和基础种群得以维持, 凤县驯养林麝种群在 2015 年和 2020 年将分别达到 7340 头和 28626 头, 但这是极端理想状态下的增长。众所周知, 动物指数式增长的预设前提是动物种群增长无天敌、空间和食物等胁迫因素的限制<sup>[12]</sup>。目前, 虽然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显著差异<sup>[2, 14-15]</sup>。诸多研究也已经表明, 麝类动物的行为刚性(behavior rigidity) 极强, 其独居性、领域性、争配、高侵犯性及警觉性等行为格局仍然在圈养环境充分表达<sup>[14, 16-17]</sup>, 而且麝类动物属于典型的精食者摄食类型, 对食物的选择性极强, 多以阔叶灌木的幼叶、茎尖及花芽等植物幼嫩部分为食<sup>[18-19]</sup>, 麝的这些食物在驯养环境将难以充足提供, 这意味着适宜饲草的足量供应将是制约驯养麝种群发展的关键因素之一。此外, 驯养环境下麝的行为多样性下降及刻板行为发育等也直接影响麝的存活和成功繁殖<sup>[15]</sup>。因此, 在上述诸多因素的作用下, 陕西凤县的驯养林麝种群难以实现完全意义上的指数式增长。

在本研究中,凤县驯养林麝幼麝的增长率(30.30%)高于成年麝(27.16%),说明随该县驯养林麝的人工繁育技术的提高,幼麝群体获得了相对快速的发展。此外,驯养麝种群的育龄前个体比例(53.02%)高于育龄麝比例(46.98%),而且育龄前个体的比例在逐年增加,说明凤县驯养林麝种群属于快速增长型种群。

#### 4.2 陕西凤县驯养林麝的性比分布

动物兼性性分配理论预测,环境胁迫可作用于具有性二型(dimorphic)的动物,使其雌性动物所产后代偏雌或偏雄,一般地,环境胁迫度较大环境的动物,所产后代性比偏雌,通过非平衡性的偏雌性后代的亲代投资,使雌性后代的存活率更高<sup>[20]</sup>,如 Berkeley 和 Linklater<sup>[21]</sup>发现,干旱季节怀孕的雌性黑犀(*Diceros bicornis*)更趋于繁殖产雌性后代,而且对雌性后代的时间和能量投资高于雄性后代。与之类似,处于生境质量下降等胁迫下的野生林麝和马麝的性比也偏雌<sup>[22-23]</sup>,说明野生麝类动物也存在上述种群性比调节机制。本研究结果表明,上述野生麝的性比不平衡现象也发生于驯养林麝,凤县驯养林麝的性比也明显偏雌,这可能与人工驯养环境的高胁迫性有关。因麝类动物并未被驯化,仍属被圈养的野生动物<sup>[2]</sup>,其所处驯养环境同野生环境相比,定时限饲、群居、狭窄空间及频繁的人为干扰等均为高强度胁迫因素。作为综合的响应对策,雌麝的后代性比即发生雌性偏斜。类似现象也明显存在于其他关于驯养马麝(*M. sifanicus*)和林麝的研究<sup>[5, 24-26]</sup>,说明性比偏雌普遍存在于麝类驯养。

雌性动物依据环境胁迫而调整种群性比的效应并非仅发生于对初生性比的调节,在幼仔出生及以后的独立生存阶段仍会持续发生作用<sup>[20-21]</sup>。徐正强等<sup>[24]</sup>曾报道,由于上海崇明岛驯养林麝的雌性仔麝获得的哺乳等母性投资多于雄性仔麝,其存活率更高,而且进入亚成体和成体后,种群的性比也发生持续的雌性偏斜,最高雌雄性比可达 166.7%,这符合上述动物兼性性分配理论<sup>[20]</sup>。与之相反,本研究中的凤县林麝成年种群性比( $100.85 \pm 2.585$ )%,并未上升,反而略低于幼年麝性比( $102.64 \pm 3.15$ )%,即相比于幼年麝,成年麝种群中的雌麝相对减少,这首先与现行的麝类驯养模式有关。雌麝和雄麝相比,经历怀孕、分娩、哺乳等生理阶段,能量和时间投资极大,摄食时间显著较少。在现行的麝类驯养制度下,麝场均力求雌麝连续参与繁殖,因此产仔雌麝用于成功越冬和进入下一个繁殖年度的营养储备及能量恢复往往并不充分,尤其是产仔较迟的雌麝,在分娩和哺乳后即进入严酷冬季及高能量投资的发情交配和怀孕,极易导致其死亡<sup>[8]</sup>,至少使雌麝更易发生营养不良、免疫力相对低下及疾病致死,从而使种群中的雌麝比例下降。此外,凤县麝场多为家庭麝场,多以出售种源获利而非生产麝香<sup>[5]</sup>,麝场对能够生产幼麝的雌麝的需求相对更大,导致参与买卖流通的雌麝多于雄麝,而进入新种群的雌麝存活率往往相对较低。再则,凤县是陕西省内外重要的林麝种源输出地<sup>[4]</sup>,跨区域的雌麝买卖也直接导致了凤县驯养林麝种群的雌麝比例下降,从而导致成年雌麝减少。

胡忠军等<sup>[5]</sup>曾报道,因凤县麝类驯养业对雌麝的驯养、买卖偏好,相对于规模较小的麝场,大麝场存栏种群的雌麝较多,其性比相对偏雌。本研究结果也印证了该现象的存在,这可能会影响驯养麝种群的繁殖。因麝类动物均为一雄多雌动物,驯养实践也采用一雄配群雌的配种制度,过高的雌性比率将影响种群的有效种群大小<sup>[26]</sup>,从而影响种群繁育及种群增长,也可能使雄麝参与过多交配而影响其越冬存活和麝香生产<sup>[10]</sup>,并降低林麝驯养种群的遗传多样性。

## 5 建议

因凤县的麝场数增长过于迅速,而麝场的平均存栏种群呈负增长,现存麝场的存栏林麝几乎均为小种群,再考虑到新建麝场的驯养管理技术的局限性,管理部门可制定林麝驯养的准入制度,或将现有的麝场进行适当重组以构建较大的存栏种群,从而利于林麝的可持续繁育和种群增长。

此外,因驯养林麝种源交易市场的效应,凤县林麝驯养业存在对雌麝的买卖和驯养偏好,导致成年种群的性比发生偏斜。管理部门可疏通麝香交易的政策和渠道,使麝香生产成为麝类驯养的主要盈利环节,而非种源交易和炒种,使凤县、陕西乃至全国的麝类驯养实现可持续发展,真正实现麝类驯养的迁地保育和麝香生产功能。

## 参考文献 (References):

- [1] Yang Q S, Meng X X, Xia L, Feng Z J. Conservation status and causes of decline of musk deer (*Moschus spp.*) in China. *Biological Conservation*, 2003, 109(3): 333-342.
- [2] 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.
- [3] 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): 492-496.
- [4] 裴俊峰, 吴家炎. 陕西秦岭西部林麝养殖现状及存在问题. *四川动物*, 2007, 26(4): 952-955.
- [5] 胡忠军, 王清, 薛文杰, 姜海瑞, 徐宏发. 陕西凤县林麝家庭养殖: 历史、现状与繁殖特性. *四川动物*, 2007, 26(4): 948-951.
- [6] 刘文华, 王永奇, 李斐然, 唐婕, 杨哲. 秦岭山地围网养麝试验初探. *经济动物学报*, 2010, 14(2): 63-66.
- [7] 薛文杰, 姜海瑞, 胡忠军, 徐宏发. 近 50 年陕西凤县林麝分布区的变迁. *生态学杂志*, 2007, 26(6): 797-801.
- [8] Meng X X, Yang Q S, Xia L, Feng Z J, Jiang Y W, Wang P M. The temporal estrous patterns of female alpine musk deer in captivity. *Applied Animal Behavior Science*, 2003, 82(1): 75-85.
- [9] Meng X X, Cody N, Gong B C, Xiang L L. Stable fighting strategies to maintain social ranks in captive male Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*). *Animal Science Journal*, 2012, 83(8): 617-622.
- [10] Meng X X, Gong B C, Ma G, Xiang L L. Quantified analyses of musk deer farming in China: A tool for sustainable musk production and ex situ conservation. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 2011, 24(10): 1473-1482.
- [11] 卢学理, 袁喜才, 彭建军, 李善元, 张海. 海南坡鹿种群发展动态与保护建议. *四川动物*, 2008, 27(1): 138-141.
- [12] 孙儒泳. 动物生态学原理 (第三版). 北京: 北京师范大学出版社, 2001.
- [13] 王海燕, 刘文华, 钟凌, 王伟峰. 人工养麝现状及发展前景. *陕西师范大学学报: 自然科学版*, 2006, 34(Z1): 203-206.
- [14] 孟秀祥, 冯金朝, 周宜君, 杨奇森, 冯祚建, 夏霖, 孟智斌, 华星. 野捕和圈养繁殖雄性马麝行为格局的比较. *应用生态学报*, 2006, 17(11): 2084-2087.
- [15] 孟秀祥, 杨奇森, 冯祚建, 夏霖, 冯金朝, 周宜君, 徐宏发. 兴隆山圈养马麝的行为多样性格局. *动物学报*, 2006, 52(6): 1026-1033.
- [16] Meng X X, Yang Q S, Feng Z J, Xu H F, Perkins G C, Feng J C, Zhang D J. Seasonal behavioral patterns of captive alpine musk deer (*Moschus sifanicus*): Rut and pre-rut comparisons. *Biologia*, 2008, 63(4): 594-598.
- [17] Meng X X, Sih A, Li H T, Cody N. Quantified analyses of aggression pattern in a captive population of musk deer (*Moschus sifanicus*). *Annals of Animal Science*, 2012, 12(3): 413-421.
- [18] Green M J B. Ecological separation in Himalayan ungulates. *Journal of Zoology*, 1987, 1(4): 693-719.
- [19] 张履冰, 徐宏发, 薛文杰, 姜海瑞, 孟秀祥. 陕西凤县林麝的冬、春季食性的初步研究. *四川动物*, 2008, 27(1): 110-114.
- [20] Delean S, De'ath G, Marsh H. Climate and maternal effects modify sex ratios in a weakly dimorphic marsupial. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 2009, 64(2): 265-277.
- [21] Berkeley E V, Linklater W L. Annual and seasonal variation in rainfall may influence progeny sex ratio in the black rhinoceros. *South African Journal of Wildlife Research*, 2010, 40(1): 53-57.
- [22] 杨奇森, 胡锦矗, 彭基泰. 横断山脉北部林麝的种群生态研究. *兽类学报*, 1990, 10(4): 255-262.
- [23] 盛和林, 刘志霄. 中国麝科动物. 上海: 上海科学技术出版社, 2007.
- [24] 徐正强, 徐宏发. 饲养林麝的种群特征和幼麝的存活研究. *兽类学报*, 2003, 23(1): 17-20.
- [25] 康发功, 刘志霄, 张学炎, 汪承华, 邓凯东. 甘肃兴隆山养麝场高山麝死亡原因初步分析. *兽类学报*, 2008, 28(4): 430-433.
- [26] 蒋志刚, 李春旺, 曾岩. 麝鹿的配偶制度、交配计策与有效种群. *生态学报*. 2006, 26(7): 2255-2260.