

# 不同年龄与不同时期林麝 香腺组织结构观察

洪婷婷 刘晨苗 王淑辉 董响贵 任战军\*

西北农林科技大学动物科技学院 杨凌 712100

**摘要:** 本研究旨在探究林麝 (*Moschus berezovskii*) 在不同年龄和泌香期与非泌香期香腺的组织结构变化, 为深入研究林麝香腺发育和麝香分泌机制提供基础资料。收集 6 只雄性林麝的香腺组织, 包括泌香期 2 岁龄林麝 1 例, 非泌香期 6 月龄、2 岁龄、4 岁龄、6 岁龄和 8 岁龄林麝各 1 例, 采用大体解剖、石蜡切片及常规 H.E 染色技术, 对香腺的形态、组织特征及腺泡直径进行了比较分析。结果显示, 林麝香腺位于腹部阴囊与腹脐之间, 与阴囊的距离约为 4.5 cm。根据功能, 香腺可划分为香囊部和腺体部。负责分泌麝香液的腺体组织为肉眼可见的白色颗粒, 嵌入腺体部肌层深处并环绕香囊颈分布。6 月龄林麝香腺已具有成熟腺体结构, 但腺上皮仍处于休止状态; 成年林麝香腺的腺泡则增大且数量增多。成年林麝泌香期腺泡被挤压成团状分布, 上皮游离面破碎不整, 腺泡腔内含有大量明显的颗粒状分泌物与细胞碎屑混合堆积; 非泌香期腺泡直径显著大于泌香期 ( $P < 0.01$ ), 2 岁林麝腺泡表现为紧密排列的椭球形, 而 4 岁及以上的腺泡则呈不规则团状分布, 腔内可见颗粒物, 且 4 岁、6 岁和 8 岁的腺泡直径无显著差异 ( $P > 0.05$ )。林麝香腺组织结构的变化反映了泌香能力与生长阶段的关系。

**关键词:** 林麝; 香腺; 腺泡; 组织结构

**中图分类号:** Q954 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2023) 05-742-09

## The Histostructures of Musk Gland at Different Ages and Periods in Forest Musk Deer

HONG Ting-Ting LIU Chen-Miao WANG Shu-Hui

DONG Xiang-Gui REN Zhan-Jun\*

College of Animal Science and Technology, Northwest A&F University, Yangling 712100, China

**Abstract: [Objectives]** This study aims to investigate the histological changes in the scent glands of Forest Musk Deer (*Moschus berezovskii*) by comparing gland structures at different ages and secretion periods. **[Methods]** Scent glands from six male Forest Musk Deer were investigated (Table 1), comprising one 2-year-old specimen during the secreting period and one specimen each of 6-month, 2-year, 4-year, 6-year,

**基金项目** 陕西省林科院科技创新计划专项 (No. SXLK2020-0207), 国家林业和草原局野生动植物保护项目 (No. 2020070212);

\* 通讯作者, E-mail: renzhanjun@nwsuaf.edu.cn;

**第一作者简介** 洪婷婷, 女, 硕士研究生; 研究方向: 特种经济动物饲养; E-mail: 690725458@qq.com.

收稿日期: 2022-12-12, 修回日期: 2023-05-12 DOI: 10.13859/j.cjz.202305008

and 8-year-old during the non-secreting period. Morphological observations and histological structure comparisons were conducted using gross dissection, paraffin sectioning techniques, and conventional H.E staining methods. One-way ANOVA was employed to assess the variation in glandular follicle diameter among five non-secreting musk deer at different ages. The differences in glandular follicle diameters between the lactating and non-secreting 2-year-old musk were analyzed by independent samples *t*-test. **[Results]** Our findings showed that the musk gland of Forest Musk Deer is located between the navel and genitals, 4.5 cm away from the scrotum (Fig. 1a). Functionally, it is divided into sac and gland, with the perfume gland tissue being responsible for musk secretion (Fig. 1b). The glandular tissue, responsible for secreting musk fluid, consists of visible white granules embedded deep within the muscular layer of the glandular region, encircling the neck of the musk sac (Fig. 2). Six-month-old Forest Musk Deer possess a mature glandular structure, but the glandular epithelium remains in a resting state (Fig. 3f). In adulthood, the number of acini increases. During the scenting period, acini are compressed into clusters, and the free surfaces of the epithelium become disrupted and disordered. More pronounced granular secretions and cellular debris are mixed in the cavity (Fig. 3a). Non-secreting acini diameters are significantly larger than those during secreting periods ( $P < 0.01$ ), with no significant difference observed among 4-year-old, 6-year-old, and 8-year-old acini ( $P > 0.05$ ) (Table 2). At 2 years old, acini exhibit a tightly arranged elliptical shape (Fig. 3b); at 4 years old or older, acini are compressed into irregular clusters with granules visible in the cavity (Fig. 3c - e). **[Conclusion]** Changes in the glandular structure of Forest Musk Deer reflect the interplay between scent secretion abilities and growth periods.

**Key words:** Forest Musk Deer, *Moschus berezovskii*; Scent gland; Acinus; Organizational structure

林麝 (*Moschus berezovskii*) 属于哺乳纲偶蹄目反刍亚目麝科麝属, 是亚洲特有物种。林麝是麝属中体型最小的动物。雄性林麝具有香腺组织, 能够分泌麝香。麝香一直是亚洲传统医药和国际香水行业广泛应用的重要原料之一, 我国每年麝香需求量在 1 500 kg 以上 (龚晓丽等 2023)。然而现时人工养殖生产的麝香数量不到麝香市场需求量的 6% (文焰瑾 2018)。由于林麝的经济价值以及麝香供需之间的尖锐矛盾, 野生林麝曾被大规模偷盗捕杀, 其种群数量急剧减少, 近 90% 野生林麝资源已消失 (吴民耀等 2011)。目前, 林麝已被《中国生物多样性红色名录》列为极危级动物、国家一级重点保护野生动物 (蒋志刚等 2021)。因此, 推进林麝人工驯养, 深入探索麝香分泌机制, 对保护和发展林麝物种资源有重要意义。

自 20 世纪 50 年代起, 我国就开始积极探索林麝的人工驯养 (盛和林 1996), 并在林麝

的生活习性 (白彦等 2009, 查穆哈等 2019, 肖晨瑶等 2020)、生殖生理与繁殖技术 (Lei et al. 2022, Li et al. 2022)、泌香机制 (Xu et al. 2017, Yang et al. 2021, Liu et al. 2023)、遗传分化 (Qi et al. 2020, Liu et al. 2022) 等诸多领域开展了大量研究。然而, 受林麝驯化程度低、生性胆小机警容易应激、养殖技术不够成熟及种质良莠不济等多重因素影响, 人工养殖规模仍相对较小 (李林海等 2012, 曹新芳等 2022, 刘丛盛 2022)。同时, 关于林麝香腺组织的显微与超微结构研究多集中在 20 世纪 80 年代 (盛佩蒂等 1982, 沈琰等 1984, 毕书增等 1987), 受限于当时试验技术及资料保存方式, 相关结果缺乏清晰呈现。近年来, 郑程莉等 (2021) 对比了林麝不同发育阶段香腺腺泡直径与大小, 但研究更侧重于数据量化, 而非详细的组织学描述。鉴于林麝生活习性, 驯养场所往往位于偏远、封闭环境 (王永奇等 2014, Cai et al. 2020), 研究人员难以便捷、直观地了解香腺

组织结构形态,对麝香分泌机制的研究亦受到干扰。

林麝的泌香活动呈现年周期性,健康雄麝于每年5~7月间发生4~10 d旺盛的麝香分泌活动,麝香腺囊中分泌并蓄积大量乳黄色“初香”,随后分泌活动停止,进入7~9月的麝香成熟期(王永奇等 2019,冯达勇等 2020)。同时,林麝的麝香分泌能力与年龄有关,雄麝1岁龄达到性成熟并可启动初次泌香,但此阶段泌香量较少;至2.5岁龄时达到体成熟,麝香分泌逐渐进入盛期;3至8岁为雄麝泌香高峰期,泌香量较高;13岁后,雄麝泌香能力逐年减弱,至15岁时基本停止泌香(程建国等 2002,郭妍妍等 2018)。

因此,本研究选取不同年龄及不同泌香时期的林麝,对香腺进行外部形态观察和腺体组织结构对比,旨在为完善林麝香腺发育的组织形态学理论提供依据,并为林麝泌香机制的进一步深入探究提供基础资料。

## 1 材料与方 法

样本来自陕西省宝鸡市凤县盛林源林麝养殖场意外伤亡的6只雄性林麝,于伤亡后4 h内完成采样。样本具体信息见表1。

### 1.1 样本的采集与处理

将林麝下腹部香囊周围的被毛用剪刀粗剪一遍,蘸取肥皂水润湿该区域,再用电动剃刀逆被毛生长方向进行剃毛,充分暴露皮肤表面。将整个香腺剥离取出,进行形态学观察。随后,

迅速去除香腺周围的皮肤、肌肉等多余组织,用刀片将腺组织沿单一方向切割成多个约0.5 cm<sup>3</sup>大小的组织块,将其浸泡于多聚甲醛组织固定液(赛维尔,中国)中固定24 h。

### 1.2 石蜡切片组织样本的制备及观察

将固定好的组织块修整平整,置于Donatello脱水机(DIAPATH,意大利)中脱水,而后用二甲苯使组织透明,并进行浸蜡和包埋,制成组织蜡块。用Leica RM2016切片机(Leica,德国)以4 μm的厚度对冷却后蜡块进行连续切片,并将切片漂浮于KD-P摊片机(科迪,中国)内40℃温水上。组织展平后,使用载玻片捞起组织,并在60℃的GFL-230烘箱(莱玻瑞,中国)内烤片。将得到的切片脱蜡至水,用苏木精和伊红(H.E)染色套装(赛维尔,中国)进行染色,经脱水和透明后用中性树脂封片(无水乙醇、二甲苯和中性树脂均为国药集团化学试剂公司产品)。最后,将切片置于Ni-U光学显微镜(Nikon,日本)下观察基本组织结构(Ding et al. 2020)。

### 1.3 香腺腺泡直径测量与统计分析

使用CaseViewer 2.4扫描软件选取组织目的区域进行200倍成像,成像时尽量让组织充满整个视野,保证每张照片的背景光一致。成像完成后使用Image-J分析软件,分别测量每张切片中10处腺泡直径并记录。

使用SPSS 26.0进行统计分析,用单因素方差分析检测5只不同年龄非泌香期林麝的腺泡直径变化,用独立样本 $T$ 检验分析泌香期与

表1 样本收集信息

Table 1 Sample collection information

林麝年龄 Age of Forest Musk Deer	泌香时期 Musk secretion period	采样时间(月份) Sample time (months)
6月龄 6-month-old	非泌香期 Non-secreting period	11月 November
2岁龄 2-year-old	泌香期 Secreting period	5月 May
2岁龄 2-year-old	非泌香期 Non-secreting period	11月 November
4岁龄 4-year-old	非泌香期 Non-secreting period	7月 July
6岁龄 6-year-old	非泌香期 Non-secreting period	8月 August
8岁龄 8-year-old	非泌香期 Non-secreting period	7月 July

非泌香期 2 岁龄林麝腺泡直径差异性,  $P < 0.05$  表示差异显著,  $P < 0.01$  表示差异极显著。所有数据均以平均值  $\pm$  标准差 (Mean  $\pm$  SD) 表示。

## 2 结果

### 2.1 林麝香腺位置与形态

林麝香腺位于腹部阴囊与腹脐中间略靠向阴囊处, 距阴囊约 4.5 cm, 呈略微隆起的扁圆形囊状, 外覆细密棕褐色或灰白色毛, 是麝香分泌、成熟和储存的重要部位 (图 1a)。香腺根据功能划分为腺体部和香囊部 (图 1b)。香囊部负责收集经导管输送的初香液, 是初香液熟化和存储成香的位置。香囊位于腹肌外膜之外, 由腹部皮肤和皮肌包裹, 体外可见外形轮廓, 整体为袋状腔体结构, 富有弹性。6 月龄林麝香囊中基本无内容物, 体积小, 囊袋壁厚实, 触感光滑柔韧, 略具活动性。2 岁龄以上林麝香囊内逐渐蓄积分泌物, 触感坚实, 容积增大, 囊壁变薄。此时香腺隆起明显。在香腺隆起的腹面有两个小口, 略微内陷, 呈漏斗状, 分别为头侧的香囊外口和尾侧的阴茎包皮口,

两者间距约 0.5 cm。

腺体部是香腺的主体部分, 具有分泌香液的腺组织。在香腺隆起处, 香腺腺体部包被香囊颈、麝香排泄管分布一圈, 埋于皮肤及肌层的内侧。大部分腺体分布于香囊颈、管的头侧, 两周和尾侧略少, 整体呈“戒指状”。腺组织呈白色颗粒状, 嵌入肌肉中 (图 2)。6 月龄林麝腺组织体积小, 数量少, 形状扁平、光滑, 被肌肉和结缔组织包被, 分布稀疏, 颜色略微透明, 肉眼较难观察。成年林麝的腺组织颗粒增多, 分布密集, 转变为白色大颗粒, 成尖刺状突起。

### 2.2 泌香期与非泌香期林麝香腺组织结构对比

对比泌香期和非泌香期各 1 只 2 岁龄林麝香腺组织 (图 3a, b), 在泌香期 (图 3a), 林麝香腺的腺泡多被挤压至不规则或团块形态, 腺泡腔明显, 腔内多见与胞浆同色的大颗粒或块状的碎屑样分泌物; 腺细胞为紧密排列的单层柱状细胞, 但朝向腺泡中空腔的游离部破碎并与分泌物混在一起; 相较于非泌香期, 泌香期腺细胞整体较短, 且细胞间边界模糊杂乱,

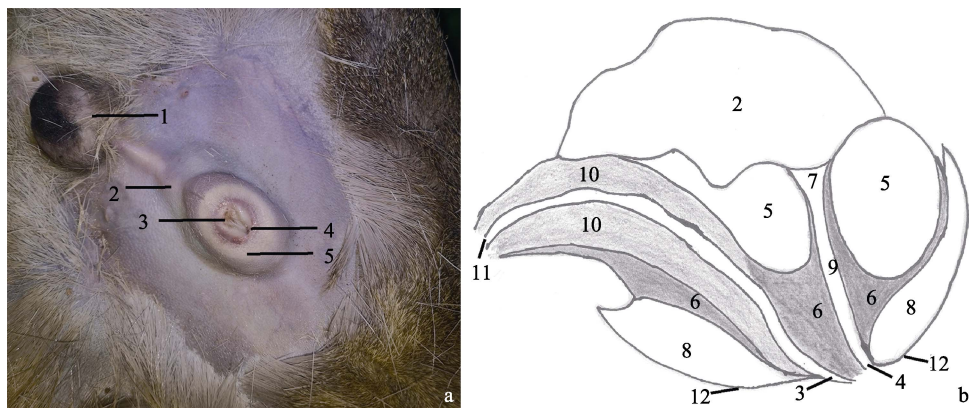


图 1 林麝香腺的位置与结构模式

Fig. 1 Anatomic position and structural pattern of *Moschus berezouskii* musk gland

- a. 解剖部位图; b. 香腺结构模式图 (冯文和等 1981)。1. 睾丸; 2. 香囊; 3. 阴茎包皮口; 4. 香囊口; 5. 麝香分泌腺; 6. 横纹肌层; 7. 香囊颈部; 8. 汗腺及皮脂腺; 9. 麝香排泄管; 10. 包皮环; 11. 阴茎; 12. 皮肤
- a. Anatomic region; b. Structural pattern diagram (Feng et al. 1981). 1. Testis; 2. Musk sacs; 3. Foreskin; 4. Musk sac mouth; 5. Musk gland section; 6. Rhabdoid muscle layer; 7. Musk sac neck; 8. Sweat glands and sebaceous glands; 9. Musk excretion tube; 10. Foreskin ring; 11. Penis; 12. Skin

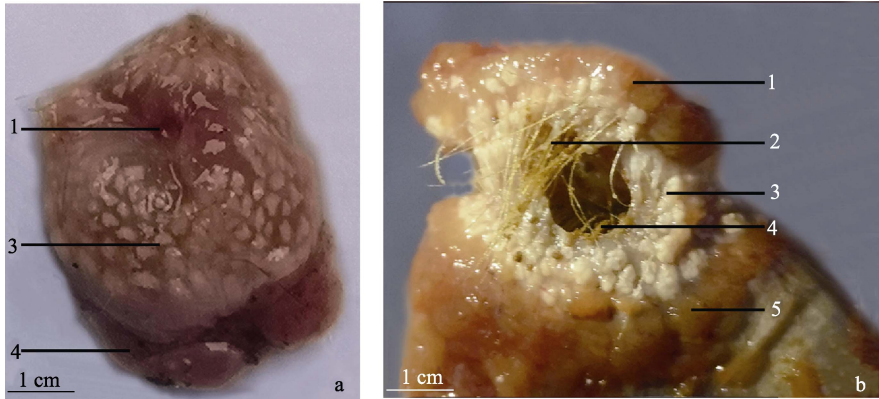


图 2 2 岁龄林麝香腺

Fig. 2 Musk gland of 2-year-old *Moschus berezouskii*

a. 麝香腺体部; b. 香腺。1. 香囊颈部; 2. 刚毛; 3. 麝香分泌腺; 4. 横纹肌层; 5. 香囊体  
 a. Musk gland section; b. Musk gland. 1. Musk sac neck; 2. Bristle; 3. Musk secretory glands; 4. Rhabdoid muscle layer; 5. Musk sacs

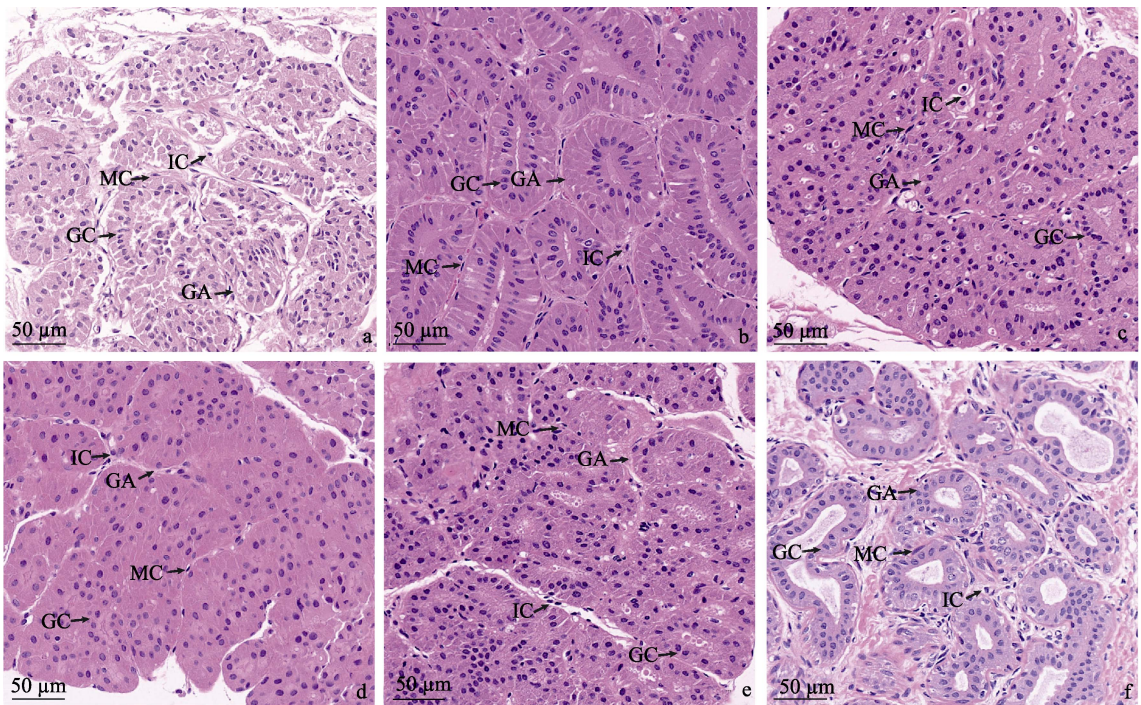


图 3 不同年龄和不同泌香时期林麝腺泡的形态结构 (200 ×)

Fig. 3 Morphological structure of acinus of *Moschus berezouskii* in different period (200 ×)

a. 2 岁龄泌香期; b. 2 岁龄非泌香期; c. 4 岁龄非泌香期; d. 6 岁龄非泌香期; e. 8 岁龄非泌香期; f. 6 月龄非泌香期。GA. 腺泡; GC. 腺细胞; IC. 间质细胞; MC. 肌上皮细胞  
 a. 2-year-old in secreting period; b. 2-year-old in non-secreting period; c. 4-year-old in non-secreting period; d. 6-year-old in non-secreting period; e. 8-year-old in non-secreting period; f. 6-month-old in non-secreting period. GA. Gland acinar; GC. Gland cell; IC. Interstitial cell; MC. Myoepithelial cell

胞核多呈卵圆形, 平行或不规则排列分布于细胞中部靠近游离部破碎处。而在非泌香期(图 3b), 林麝香腺腺泡舒展, 呈椭圆形, 腺泡边缘整齐、光滑, 腺泡腔狭窄, 空腔内可见色淡质均的片状染色痕迹, 偶见大颗粒或块状的初香液残留; 腺细胞排列整齐, 形态完整, 细胞核多呈平行排列。2 岁龄林麝香腺腺泡直径非泌香期麝[(80.28 ± 9.77) μm]显著大于泌香期[(57.15 ± 10.32) μm] ( $P < 0.01$ )。

### 2.3 不同年龄非泌香期林麝香腺组织结构对比

对比非泌香期 5 只林麝的香腺组织(图 3b~f), 2 岁龄林麝(图 3b)已处于性成熟阶段, 腺末房内结缔组织较未成年林麝减少, 腺泡排列更紧密。腺泡腔狭窄且长, 多弯曲不规则形态, 空腔内偶见大颗粒或块状物质, 与胞浆同色。单个腺泡的腺细胞数量较幼年期更多。腺细胞为单层柱状上皮细胞, 形态完整且界限明显, 形状细长。胞核呈锥形, 多平行排列于腺细胞中部略靠近空腔部位。

4 岁龄、6 岁龄及 8 岁龄林麝(图 3c~e)已达体成熟, 处于泌香高峰盛期, 腺泡分布较 2 岁龄林麝更为紧密, 多挤压成不规则团状, 腺泡腔小, 边缘模糊。其中, 4 岁龄及 8 岁龄林麝腺组织内大颗粒或块状物质增多。腺细胞呈单层柱状, 染色质较浓。胞核成锥形或卵圆形, 较其他阶段略大, 染色更深, 部分呈平行或不规则的排列, 位于细胞中部或底部。6 岁龄林麝腺泡细胞形态更为完整, 多为矮柱状, 胞核成卵圆形, 位于细胞底部。

未成年的 6 月龄林麝(图 3f)腺泡排列疏松, 周围具明显结缔组织和横纹肌。腺泡为单层腺细胞构成的环形结构, 腔体较大, 为明显空腔, 内见片状、均质且色浅的染色痕迹。腺细胞为上皮细胞, 呈立方形, 排列整齐。胞核呈圆形。

对非泌香期不同年龄林麝的腺泡直径进行了统计分析, 成年麝腺泡直径极显著大于未成年麝( $P < 0.01$ ), 4 岁、6 岁与 8 岁间差异不显著( $P > 0.05$ ) (表 2)。

表 2 不同年龄非泌香期林麝腺泡直径统计结果

Table 2 Statistics of musk acinus diameter at different ages in non-secreting period

年龄 Age	腺泡直径 Acinar diameter (μm)
6 月龄 6-month-old	47.25 ± 4.95 <sup>A</sup>
2 岁龄 2-year-old	80.28 ± 9.77 <sup>B</sup>
4 岁龄 4-year-old	61.84 ± 2.35 <sup>C</sup>
6 岁龄 6-year-old	67.84 ± 8.07 <sup>C</sup>
8 岁龄 8-year-old	62.48 ± 6.87 <sup>C</sup>

不同字母表示差异极显著 ( $P < 0.01$ ), 相同字母表示差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

Different letters indicate very significant differences ( $P < 0.01$ ), and the same letters indicate no significant differences ( $P > 0.05$ ).

## 3 讨论

### 3.1 林麝香腺解剖结构的探究

影响林麝泌香能力的因素有很多, 例如林麝的圈舍环境、营养状况、年龄等(刘晨苗等 2022), 本研究主要从林麝香腺的形态与组织结构方面探讨泌香的生理基础。

从解剖部位来看, 林麝的香腺位于腹部, 为阴囊上方扁圆形、隆起突出的囊状结构, 由腹部皮肤覆盖, 香囊颈与腺体由丰富紧实的结缔组织和肌纤维包裹。香囊口位于阴茎包皮口前方约 0.5 cm 处, 略微内陷, 日常处于收缩紧闭的状态。鉴于林麝善于攀登、跳跃, 圈养林麝也保留有游走与急速奔跑的特性(吴家炎等 2006), 香腺的结构与位置便于在其日常活动中形成保护, 同时, 香囊口的位置也利于其在交配期吸引异性以及标记领地(Li et al. 2016)。

香腺组织的眼观结果有较大差异。6 月龄林麝的腺组织量较少, 呈现肉眼难以分辨的半透明状, 而具备泌香能力的成年林麝的腺组织增大增多, 排列紧密, 进一步发育为突出表面的白色尖刺状颗粒, 嵌于腺体部横纹肌与结缔组织中。这种变化符合此类外分泌腺的发育规律, 如乳腺组织往往在发育成熟前后快速形成大量的乳泡小叶(Wu et al. 2010); 成年期可

分泌散发清香味的香鱼 (*Plecoglossus altivelis*), 其脊背处“香脂腺”在成鱼期发育更加饱满(郭晓飞等 2014)。香腺解剖结构的分析, 为判断林麝是否性成熟、是否具备泌香能力提供形态学依据。

### 3.2 不同时期林麝香腺组织结构变化

林麝香腺组织由内外两层构成, 本研究中发现的腺细胞多为柱状, 腺小叶结构明显, 对比可知均属内层腺组织(孙竹珑等 1988)。由于内外两层腺泡发育不同步(郑程莉等 2021), 推测两者之间的细胞会进行信息传递并相互影响发育, 以确保不同腺组织共同成熟并具备泌香能力。然而, 内外层腺泡在麝香分泌中的具体作用及其交流途径仍需进一步研究。

林麝泌香时间主要集中在 5 ~ 7 月, 呈明显的周期性(李复东等 1980)。与非泌香期相比, 泌香期腺泡排列紧密, 形状多为团状或不规则形状, 腺泡直径小, 腺细胞处于顶浆分泌活动状态, 游离面破碎不整, 碎屑与颗粒状分泌物混合。该组织结构变化符合雄性林麝泌香活动规律(汪建隆等 1981)。在泌香开始前, 腺组织继续发育(芮菊生等 1984), 开始泌香后, 腺小叶间横纹肌收缩, 促使初香液自腺泡经导管排出(毕书增等 1980, Richert et al. 2000), 二者共同作用, 使腺泡互相挤压成团状并完成泌香。内外层腺泡细胞可能在泌香相关通路上进行细胞通讯, 从而启动并维持泌香活动完成。

林麝每年泌香期约持续 4 ~ 10 d(王永奇等 2019)。在前期调研中, 发现 7 月收集的 2 只林麝样本均在当年 5 月初结束泌香, 其组织切片显示处于非泌香期。与其他非泌香期林麝香腺组织对比, 发现 8 月份时腺泡直径略大于 7 月时 ( $P > 0.05$ ), 11 月份时腺泡直径极显著大于 7 月时与 8 月时 ( $P < 0.01$ ), 且 11 月份腺泡与腺细胞饱满、完整。这表明泌香结束后, 麝香腺组织随时间推移不断修复, 内层横纹肌的挤压收缩作用逐渐减弱。与前人观察结果不同(芮菊生等 1984, 郑程莉等 2017), 11 月

份时腺细胞并非为低矮的立方或扁平状, 而是呈明显的高柱状, 且细胞核向细胞顶部集中。这表明 11 月时腺细胞并非完全静止, 但该变化是因为已进入次年泌香活动的准备期, 还是受雄性林麝发情期性激素波动影响, 目前尚无定论。

### 3.3 不同年龄林麝香腺组织结构的变化

研究表明, 麝类动物的麝香分泌能力与其年龄密切相关(戴卫国等 1991)。林麝的香腺从胚胎期便开始逐渐发育, 原麝 (*Moschus moschiferus*) 4 到 5 个月胚胎的香腺横截面已能清晰地辨识腺体和囊体部分(盛佩蒂等 1982); 在 2 日龄仔林麝的香腺组织切片中, 已可观察到腺泡(郑程莉等 2021)。在本研究中, 6 月龄林麝腺泡较为清晰完整, 但直径极显著小于成年林麝的腺泡 ( $P < 0.01$ ), 腺泡分布松散, 腺泡腔大而空, 内无分泌物, 腺细胞多呈立方状整齐排列。这表明林麝在性成熟前就已具备完整腺体结构, 但此时机体尚未发育成熟, 腺体处于静止状态, 腺组织尚未进行过泌香活动, 且无泌香能力。

林麝的生理机能在 2.5 岁左右得到进一步完善, 由性成熟转为体成熟, 在 3 ~ 8 岁处于内分泌机能旺盛阶段, 泌香量较高(Meng et al. 2011)。本研究通过对比非泌香期林麝香腺组织发现, 4 岁、6 岁及 8 岁龄林麝的腺泡形态与 2 岁龄林麝的显著不同。4 岁龄以上林麝的腺泡排列更为紧密, 收到严重挤压并呈现类似泌香期的不规则团状, 内见颗粒状分泌物蓄积, 且 4 岁、6 岁和 8 岁林麝的腺泡直径无显著差异 ( $P > 0.05$ )。说明体成熟后林麝腺体得到进一步发育, 同时随着林麝发育的进行, 腺体逐渐成熟并具备稳定泌香能力, 我们推测成年林麝内外层腺细胞间交流弱于未成年林麝。

陈玉山等(2007)对麝鼠 (*Ondatra zibethicus*) 香腺进行观察, 发现在每个泌香周期末期麝鼠香腺腺泡会被结缔组织取代。然而在本研究中, 林麝在非泌香期腺泡仍清晰存在且排列密集, 说明林麝香腺组织活动规律与麝鼠明显不同, 随着年龄增长与泌香时期改变, 林麝的腺泡不

会消亡, 这为体成熟后林麝泌香量的提升提供了生理支持。以上解释了林麝自 1 岁龄开始泌香后, 在 3 ~ 8 岁随着年龄的增长泌香能力增强(郭妍妍等 2018), 且分泌麝香质地亦明显不同的现象(郑生武等 1984)。然而, 腺细胞增殖与程序性死亡过程是否同步进行, 相关过程中是否存在类似乳腺的重构再生现象(Capuco et al. 1997, Lamote et al. 2004), 仍需进一步研究。

林麝香腺的解剖结构为林麝泌香活动提供了结构基础, 香腺外部形态与内部组织结构的变化反映了林麝泌香能力与生长阶段的关系。通过对林麝香腺组织的研究, 有助于揭示其泌香机制, 并为保护和利用这一珍稀资源提供科学依据。

## 参 考 文 献

- Cai Y H, Yang J D, Wang J, et al. 2020. Changes in the population genetic structure of captive Forest Musk Deer (*Moschus Berezovskii*) with the increasing number of generation under closed breeding conditions. *Animals*, 10(2): 255.
- Capuco A V, Akers R M, Smith J J. 1997. Mammary growth in holstein cows during the dry period: Quantification of nucleic acids and histology. *Journal of Dairy Science*, 80(3): 477-487.
- Ding H S, Cheng G L, Leng J J, et al. 2020. Analysis of histological and microrna profiles changes in rabbit skin development. *Scientific Reports*, 10(1): 454.
- Lamote I, Meyer E, Massart-Leen A M, et al. 2004. Sex steroids and growth factors in the regulation of mammary gland proliferation, differentiation, and involution. *Steroids*, 69(3): 145-159.
- Lei D, Chen S Y, Meng W Y, et al. 2022. Changes in gut microbiota composition associated with the presence of enteric protist blastocystis in captive Forest Musk Deer (*Moschus Berezovskii*). *Microbiology Spectrum*, 10(4): e226921.
- Li D Y, Chen B L, Zhang L, et al. 2016. The musk chemical composition and microbiota of Chinese Forest Musk Deer males. *Scientific Reports*, 6(1): 18975.
- Li Y, Shi M, Zhang B, et al. 2022. Effects of different weaning times on the stress response and the intestinal microbiota composition of female Forest Musk Deer (*Moschus Berezovskii*) and their fawns. *PLoS ONE*, 17(10): e276542.
- Liu C M, Hong T T, Yu L, et al. 2023. Single-nucleus RNA and ATAC sequencing uncovers the molecular and cellular characteristics in the musk gland of Chinese Forest Musk Deer (*Moschus Berezovskii*). *FASEB Journal*, 37(2): e22742.
- Liu G, Zhang B F, Jiang C, et al. 2022. Population genomics reveals moderate genetic differentiation between populations of endangered Forest Musk Deer located in Shaanxi and Sichuan. *BMC Genomics*, 23(1): 668.
- Meng X X, Gong B C, Ma G, et al. 2011. Quantified analyses of musk deer farming in china: A tool for sustainable musk production and ex situ conservation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(10): 1473-1482.
- Qi W H, Lu T, Zheng C L, et al. 2020. Distribution patterns of microsatellites and development of its marker in different genomic regions of Forest Musk Deer genome based on high throughput sequencing. *Aging (Albany NY)*, 12(5): 4445-4462.
- Richert M M, Schwertfeger K L, Ryder J W, et al. 2000. An atlas of mouse mammary gland development. *Journal of Mammary Gland Biology and Neoplasia*, 5(2): 227-241.
- Wu W Z, Wang X Q, Wu G Y, et al. 2010. Differential composition of proteomes in sow colostrum and milk from anterior and posterior mammary glands. *Journal of Animal Science*, 88(8): 2657-2664.
- Xu Z X, Jie H, Chen B L, et al. 2017. Illumina-based de novo transcriptome sequencing and analysis of Chinese Forest Musk Deer. *Journal of Genetics*, 96(6): 1033-1040.
- Yang J M, Peng G F, Shu F, et al. 2021. Characteristics of steroidogenesis-related factors in the musk gland of Chinese Forest Musk Deer (*Moschus Berezovskii*). *The Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 212: 105916.
- 白彦, 任战军, 刘文华, 等. 2009. 林麝饲用植物叶常规营养成分分析. *家畜生态学报*, 30(5): 94-96.
- 毕书增, 颜于宏, 秦在贤, 等. 1980. 原麝麝香腺囊解剖和组织学的初步研究. *野生动物保护用*, 1980(1): 14-18.
- 毕书增, 张治国, 贾林征, 等. 1987. 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*, 7(2): 96-99.
- 曹新芳, 郑雪莉, 王洪永, 等. 2022. 陕西圈养林麝遗传多样性评



- 估及核心种质构建. 东北林业大学学报, 50(9): 114–119.
- 查穆哈, 谌利民, 杨双, 等. 2019. 唐家河国家级自然保护区林麝排便点偏好. 动物学杂志, 54(4): 484–492.
- 陈玉山, 赵伟刚, 赵蒙, 等. 2007. 麝鼠香腺泌香的组织学观察. 动物学杂志, 42(2): 91–95.
- 程建国, 罗燕, 乔美萍, 等. 2002. 影响林麝泌香量的因素. 特产研究, 24(3): 15–18.
- 戴卫国, 尹淑媛. 1991. 雄麝年龄与其泌香量的关系. 动物学杂志, 26(6): 45–48.
- 冯达勇, 戴晓阳, 杨营, 等. 2020. 圈养雄麝泌香期的部分行为表现. 农业与技术, 40(9): 126–130.
- 冯文和, 游育信, 雍慧仪, 等. 1981. 林麝香腺的组织学观察. 动物学杂志, 16(2): 33–35.
- 龚晓丽, 王剑波, 罗霜, 等. 2023. 含有麝香中成药的质量研究现状. 中国现代中药, 25(5): 1155–1162.
- 郭晓飞, 苗亮, 李星云, 等. 2014. 香鱼背部脂肪腔的形态特征、显微结构及内容物成分分析. 水产学报, 38(9): 1345–1350.
- 郭妍妍, 周杨, 蔡永华, 等. 2018. 川西高原圈养林麝 (*Moschus Berezovskii*) 的麝香分泌及影响因素研究. 四川农业大学学报, 36(2): 273–278.
- 蒋志刚, 吴毅, 刘少英, 等. 2021. 中国生物多样性红色名录: 脊椎动物. 北京: 科学出版社, 22.
- 李复东, 洪沂生, 邓文明, 等. 1980. 麝的泌香规律. 中药材科技, 3(4): 14–20.
- 李林海, 黄祥云, 刘刚, 等. 2012. 我国麝养殖种群现状及其养殖业发展的分析. 四川动物, 31(3): 492–496.
- 刘晨苗, 洪婷婷, 王淑辉, 等. 2022. 林麝泌香的分子机制研究进展. 动物学杂志, 57(1): 152–158.
- 刘丛盛. 2022. 人工养殖林麝主要疾病防治技术——助推我国林麝产业高质量发展. 动物医学进展, 43(10): 121–125.
- 芮菊生, 陈海明, 李次兰, 等. 1984. 麝香腺分泌周期中组织学及组织化学的初步研究. 动物学杂志, 19(1): 13–15.
- 沈琰, 毕书增, 朱定轩, 等. 1984. 林麝 (*Moschus Berezovskii*) 泌香盛期前麝香腺囊电镜结构的初步研究. 动物学杂志, 19(3): 11–14.
- 盛和林. 1996. 我国麝资源现状及救护措施. 野生动物, 17(3): 10–12.
- 盛佩蒂, 毕书增, 沈琰, 等. 1982. 麝香分泌机理和提高麝香产量的研究——麝香腺囊的生长发育和麝香分泌、形成的研究. 中药材科技, 5(4): 12–17.
- 孙竹珑, 胡佐芳. 1988. 林麝香腺解剖及组织结构之探讨. 西南民族学院学报: 畜牧兽医版, 14(1): 29–32.
- 汪建隆, 黄新民. 1981. 麝泌香规律的初步观察. 野生动物, 2(1): 25–30.
- 王永奇, 李斐然, 刘文华. 2019. 林麝泌香生理反应启动时间及不同生理阶段的时间分配. 草业科学, 36(1): 226–233.
- 王永奇, 孟秀祥. 2014. 陕西省林麝驯养分布、种群动态及疾病发生. 生态学杂志, 33(10): 2720–2726.
- 文焰瑾. 2018. 陕西麝类养殖产业现状和前景分析. 农村经济与科技, 29(20): 35–36.
- 吴家炎, 王伟. 2006. 中国麝类. 北京: 中国林业出版社, 66–68.
- 吴民耀, 王念, 惠董娜, 等. 2011. 林麝保护的现状及研究进展. 重庆理工大学学报: 自然科学版, 25(1): 34–39.
- 肖晨瑶, 赵玉娇, 蔡永华, 等. 2020. 迁地保育林麝的侵犯性、等级序位及相互关系. 动物学杂志, 55(2): 134–140.
- 郑程莉, 竭航, 周磊, 等. 2021. 林麝香囊组织结构及其发育特点分析. 黑龙江畜牧兽医, 2021(16): 126–129, 154–156.
- 郑程莉, 王承旭, 冯达勇, 等. 2017. 林麝繁殖技术研究进展. 安徽农业科学, 45(14): 109–110.
- 郑生武, 皮南林. 1984. 马麝的麝香腺囊、麝香、数量与狩猎. 兽类学报, 4(1): 35–42.