

通河林区黄鼬背中部与爪部冬季上毛的形态结构

张伟* 孙长虹 马跃 华彦

(东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040)

关键词: 黄鼬; 上毛; 形态结构; 功能

中图分类号: Q954

文献标识码: A

文章编号: 1000–1050 (2008) 04–0440–05

The morphological structure of winter upper-hair from the mid-back and claw of Siberian weasel (*Mustela sibirica*) from Tonghe Forest Farm

ZHANG Wei*, SUN Changhong, MA Yue, HUA Yan

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

Abstract: Thirty Siberian weasels (*Mustela Sibirica*) (15 males and 15 females) were sampled from Longkou Forest Farm of Tonghe in Xiaoxing'an Mountains in winter. For each individual, 5 guard hairs from the mid-back and 5 upper-hairs from the hind-claw were collected and subjected to morphological examination of scale pattern using electron scanning microscopy. All the hairs were measured for indices including hair length, medulla length, hair follicle length, hair diameter, medulla diameter, and hair root diameter using biological microscope system H6303i, and then medulla length index (ratio of medulla length to hair length) and medulla index (ratio of medulla diameter to hair diameter) were calculated. The statistical results showed that the length of guard hairs from the mid-back was 33.50 ± 0.52 mm in males and 28.85 ± 0.28 mm in females, the average of medulla length index was 95.36% in males and 95.16% in females, and the average of medulla index was 79.41% in male and 80.68% in females. All these indices were significantly larger than those of upper-hairs from hind-claw ($P < 0.05$). Such morphological structure characters of guard hairs from mid-back favor heat insulation properties and those of upper-hair from hind-claw enhance the function of protection. The for the upper-hair from the hind-claw, the hair follicle length was 0.91 ± 0.05 mm in male and 0.79 ± 0.10 mm in female, hair root diameter was $86.0 \pm 3.7 \mu\text{m}$ in male and $71.9 \pm 3.1 \mu\text{m}$ in female, the ratio of the length with irregular-wave scales and regular imbricate scales to the hair length is 100% in both male and female. All these indices were significantly larger than those of guard hairs from the mid-back ($P < 0.05$) and such morphological structure characters enhance the function of protection further. The functional differentiation between guard hairs from mid-back and upper-hairs from hind-claw make the weasels more adaptable to a cold environment with complex vegetation form.

Key words: Function; Morphological structure; Siberian weasel; Upper hair

哺乳动物被毛携带着遗传信息, 样本亦容易获取, 而且在通常情况下取样不伤害动物。故长期以来, 被毛的形态结构特征被用于进行物种分类 (Oli, 1993; 张伟, 1994; Sachs, 1997; 崔雨新等, 1998; 孙中武等, 2003)。事实上, 就动物自身而言, 被毛的意义在于发挥其保温、缓冲和隔离功能, 以及这些功能随动物分布地域、所处季节、身体部位不同所发生的形态结构上的适应性变化 (Johnson and Homby, 1980; Moen and Severing-

haus, 1984; Chen and Wang, 1991; 张伟等, 1997; 汪玺, 1998; 徐正强等, 2006)。但是, 以往这些研究多着眼于对生存于不同生境中的动物被毛进行比较, 就同一个体而言, 也多通过比较背部、腹部、臀部等部位被毛形态结构的细微差异来研究被毛的功能分化。而肢体末端, 作为动物与外界环境接触最多的部位, 如果被毛没有强有力的防护作用, 很可能造成肢体损伤, 特别是在冬季。所以, 肢体被毛除了具备一定的保温功能外, 还具有

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30570272)

作者简介: 张伟 (1963–), 男, 教授, 主要从事毛发形态学研究。

收稿日期: 2008–04–06; 修回日期: 2008–08–12

* 通讯作者, corresponding author, E-mail: zwfur@yahoo.com.cn.

对机体的保护功能；在动物的躯干部位，冬季被毛良好的保温功能能够极大地降低体表的热损耗，从而维持体温。背部距离肢体末端最远，两者间被毛的功能分化最明显（张伟等，1997），比较其被毛的形态结构差异可以反映毛的功能适应性分化。故本文选取黑龙江省通河龙口林场冬季黄鼬（*Mustela sibirica manchurica*）雌雄个体各 15 只，以背中部、后爪部两个典型部位的上毛为材料，研究了黄鼬东北亚种的冬毛特性及功能分化，并为今后广泛开展毛的功能适应性研究奠定基础。

1 研究方法

1.1 研究地概况

通河龙口林场的地理坐标为东经 $128^{\circ}45'14'' \sim 129^{\circ}09'7''$ ，北纬 $46^{\circ}02'19'' \sim 46^{\circ}12'46''$ ，全年平均气温 1.9°C ，1 月极端最低气温为 -46.2°C ，10 月下旬至翌年 5 月下旬为结冻期，长达 7 个月，冻土平均深度 $1.6 \sim 1.9 \text{ m}$ ，最深 1.93 m 。主要的森林类型为以阔叶红松林为主的针阔混交林和以桦树林、杨树林、栎树林组成的阔叶林，其次为榛子灌丛和胡枝子灌丛。

1.2 材料

2005 年 12 月至 2006 年 2 月在黑龙江省通河龙口林场采集黄鼬东北亚种雌性和雄性成体各 15 只。分别在每个个体的背中部（mid-back）采集完整的直针毛各 5 根、完整的后爪部（hind-claw）上毛各 5 根。因同部位的同类型的单根毛即可进行形态学的物种鉴定（张伟等，2002），5 根毛的统计数据可以有效避免测量误差。

1.3 方法

1.3.1 光镜样本制备

将整根毛样品置于培养皿中，用乙醚和 95% 的乙醇按 1:1（v/v）组成的脱脂液脱脂 20 min；将脱脂后的毛置于 10% 的过氧化氢溶液中脱色 30 min，最后用无水乙醇清洗 10 min。将处理后的毛放到 $2 \sim 3 \text{ mm}$ 厚的无色有机载片上，在其上下覆以无机玻璃载片，并用铁夹固定。放到 120°C 的 DGG-9053A 型电热恒温干燥箱中加热 2 h；待玻璃冷却后卸下铁夹及无机载片，此时毛附着于有机载片上；用窄透明胶带将整根毛粘起并平行贴于距毛鳞片印痕 $1 \sim 2 \text{ mm}$ 处，即制成可同时观察鳞片和髓质的装片（张伟等，2002）。

1.3.2 扫描电镜样本制备

选取完整的背中部直针毛及后爪部上毛各 1

根，用无水乙醇及 XW-80A 漩涡混合器对毛表面进行清洗，制样、喷金后放入美国 FEI 公司生产的型号为 QUANTA200 的扫描电镜样本仓中，用于进行扫描电镜的鳞片观察。

应用 H6303i 生物显微镜及配套的图片处理、测量软件系统（重光数码显系统）对毛度、髓质度、毛囊长、毛细度、髓细度、毛根度等指标进行测量，其中毛细度和髓质细度为毛最粗处的数据，毛根细度为毛囊上部的毛纤维的数据。

髓质长度比例 = 髓质长度 / 毛长度

髓质指数 = 髓质细度 / 毛细度

1.3.3 统计分析

应用 SPSS11.0 软件中的单因素方差分析对所测指标进行统计分析，黄鼬上毛毛长度、髓质长度比例、毛囊长度、毛细度、髓质指数等指标是否由于身体部位的不同而表现为显著差异，采用单因素方差分析中的最小显著差数法（LSD）进行差异显著性检验（李春喜等，2000）。

2 结果

2.1 毛外部形态

背中部直针毛从毛尖向毛根呈现由细到粗再到细的变化；后爪部上毛形态为从毛尖开始逐渐变粗，之后毛干细度较均匀。

2.2 毛表面鳞片

背中部直针毛自毛尖到毛根的鳞片类型多样，除毛尖端的少许冠状型鳞片（受到磨损且比例极小，列入杂波型）外，主要有杂波型、规则扁平型、扁平型向瓣状型的过渡型（过渡型 1）、长瓣型、瓣状型向扁平型的过渡型（过渡型 2）和毛根处的扁平型；后爪部上毛自毛尖到毛根的鳞片类型单一，除毛尖端的少许冠状型鳞片（受到磨损且比例极小，列入杂波型）外，仅有扁平型，包括杂波型和规则扁平型，缺乏瓣状型，见图 1 和图 2。背中部直针毛的杂波型鳞片和规则扁平型鳞片占毛全长的比例远远小于后爪部上毛（表 1）。

2.3 毛长度、毛囊长度、毛细度、毛根细度、毛髓质

通过对背中部直针毛和后爪部上毛的毛长度、毛囊长度、毛细度、毛根细度的测量比较发现，无论雌雄，黄鼬背中部直针毛的毛长度、最粗处的毛细度都显著大于后爪部上毛（ $P < 0.05$ ）；而毛囊长度、毛根细度则显著小于后爪部上毛（ $P < 0.05$ ）。

背中部直针毛的髓质长度占毛全长的比例、髓质指数都显著大于后爪部上毛($P < 0.05$) (表 2)。

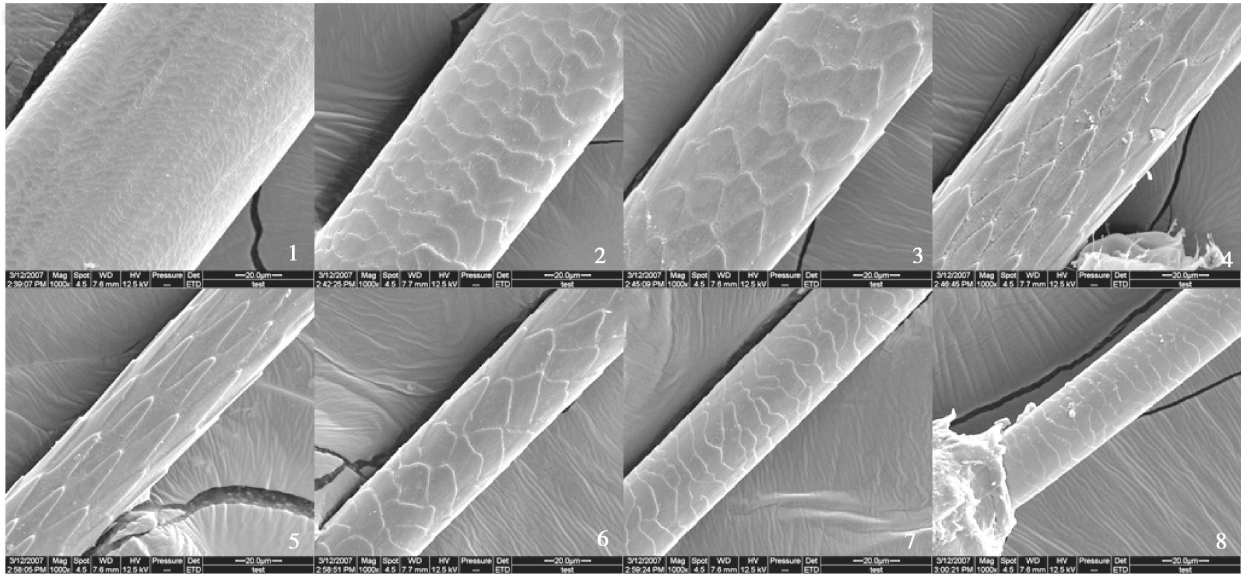


图 1 黄鼬背中部直针毛从毛尖到毛根的各类鳞片 (1000 ×)。1. 毛尖的杂波型鳞片; 2. 边缘磨损的扁平型鳞片; 3. 过渡型鳞片; 4. 尖瓣型鳞片; 5. 长瓣型鳞片; 6. 近毛根的过渡型鳞片; 7. 近毛根的扁平型鳞片; 8. 毛根的扁平型鳞片

Fig. 1 Different types of scales from the tip to the root of guard hair from the mid-back of weasel. (1000 ×). 1. Irregular-wave scales on the top of hair; 2. Imbricate scales with attrited edge; 3. Intergradation scales; 4. Sharp valve scales; 5. Elongate valve scales; 6. Intergradation scales close to the root; 7. Imbricate scales close to the root; 8 Imbricate scales on the root

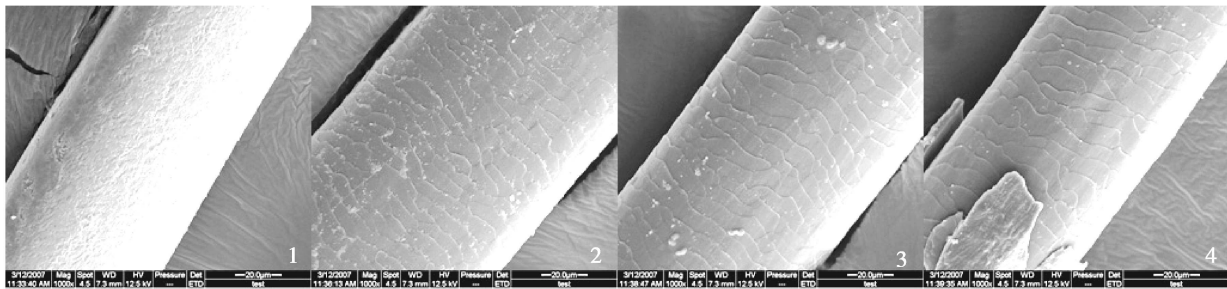


图 2 黄鼬爪部上毛的主要鳞片类型 (1000 ×)。1. 毛中上部磨损严重 (毛尖略); 2. 扁平型鳞片; 3. 近毛根的扁平型鳞片; 4. 毛根的扁平型鳞片

Fig. 2 Main types of scales on the upper-hair from hind-claw of weasel. (1000 ×). 1. Severely attrited scales on the upper part of hair (without the tip); 2. Imbricate scales; 3. Imbricate scales close to the root; 4. Imbricate scales on the root

表 1 通河林区冬季黄鼬背中部直针毛和后爪部上毛各类型鳞片百分比 ($n = 75$)

Table 1 Percent for different scale types of guard hairs from the mid-back and upper hairs from the hind-claw of weasels in winter from the Tonghe forestry area

部位 Part	性别 Sex	杂波型 Irregular wave type	规则扁平型 Regular imbricate type	过渡型 1 Transition type I	长瓣型 Long spinous type	过渡型 2 Transition type II	类扁平型 Imbricate like type
背中部直针毛 Guard hair of mid-back	♂	37.40 ± 2.88	5.10 ± 1.59	0.65 ± 0.49	52.03 ± 2.98	0.32 ± 0.19	4.50 ± 0.46
	♀	40.17 ± 2.55	4.45 ± 1.70	0.74 ± 0.18	49.38 ± 2.27	0.30 ± 0.18	4.96 ± 0.83
后爪部上毛 Upper hair of hind-claw	♂	71.88 ± 7.06	28.12 ± 7.06	—	—	—	—
	♀	73.13 ± 3.59	26.87 ± 3.09	—	—	—	—

3 分析

以往的研究表明, 同种动物被毛的形态结构由于生活环境不同而出现分化, 而且同一动物个体,

身体不同部位被毛的形态结构也存在差异, 这种差异与动物被毛适应不同环境相关 (王茜飞等, 1998; 张伟等, 2002; 周宏力, 2004, 金辛等, 2005)。

表2 通河林区冬季黄鼬背中部直针毛和后爪部上毛各性状指标统计结果 ($n=75$)

Table 2 The characteristics statistical results of guard hairs from the mid-back and upper-hairs from hind-claw of weasels in winter from Tonghe forestry area

性状指标 Characteristic indices	性别 Sex	背中部直针毛 Guard hairs of mid-back			后爪部上毛 Upper-hairs of hind-claw			$P(\alpha=0.05)$
		最大值 Max	最小值 Min	平均值 Mean	最大值 Max	最小值 Min	平均值 Mean	
毛长度 (mm)	♂	36.00	32.00	33.50 ± 0.52	14.28	9.31	11.32 ± 0.42	0.000
Hair length	♀	31.50	25.50	28.85 ± 0.28	11.59	9.10	10.45 ± 0.27	0.000
髓质长度比例 (%)	♂	95.84	94.21	95.36 ± 0.22	65.94	33.51	51.72 ± 2.49	0.000
Medulla length index	♀	96.20	93.79	95.16 ± 0.15	69.51	49.16	58.32 ± 2.32	0.000
毛囊长度 (mm)	♂	0.40	0.23	0.37 ± 0.04	1.33	0.46	0.91 ± 0.05	0.000
Hair follicle length	♀	0.34	0.20	0.27 ± 0.01	1.21	0.11	0.79 ± 0.10	0.000
毛细度 (μm)	♂	152	108.4	126.6 ± 3.5	119.2	91.6	107.7 ± 2.4	0.005
Hair diameter	♀	147.8	98.5	118.6 ± 1.9	108.4	88.7	101.0 ± 2.7	0.001
髓质指数 (%)	♂	84.62	75.00	79.41 ± 0.92	60.00	26.67	44.37 ± 2.20	0.000
Medulla indices	♀	86.96	75.00	80.68 ± 0.79	65.00	40.00	55.70 ± 2.86	0.000
毛根细度 (μm)	♂	39.4	19.7	26.8 ± 1.7	109.3	68.0	86.0 ± 3.7	0.000
Hair root diameter	♀	29.6	19.7	22.5 ± 1.2	88.7	59.1	71.9 ± 3.1	0.000

通河林区植被类型复杂,黄鼬体表与外界接触较多的部位的抗机械损伤功能增强后,对防止动物被植被刮伤显得至关重要,特别是冬季。本文实验观察发现,黄鼬后爪部上毛在形态结构上已经具备了较背中部直针毛更强的抗机械损伤功能:首先,该上毛主要由杂波型鳞片 and 规则扁平型鳞片构成,且杂波型鳞片占毛全长比例的平均值(雄性为71.9%;雌性为73.1%)几乎是背中部直针毛(雄性为37.4%;雌性为40.2%)的两倍。由于杂波型鳞片是规则扁平型鳞片受到外界磨损而形成的(张伟等,1998),而规则扁平型鳞片是多层密集排列的鳞片,外层鳞片零星的破损脱落对于保护毛整体相对完整具有重要作用。所以黄鼬后爪部上毛的鳞片特点具备了一定的抗机械损伤功能;其次,黄鼬后爪部上毛的根部细度大、毛囊长的特点,使后爪部上毛与皮肤结合更牢固,从而在后爪部形成坚固的防护层;第三,无论雌雄,黄鼬后爪部上毛的毛长度、髓质长度占毛长度的比例、毛细度、髓质指数都显著小于背中部直针毛($P<0.05$),较短的后爪部上毛避免了与植被的缠结,髓质指数小则增加了皮质层占据的空间,增强了毛的弹性和强度。由此可见,后爪部上毛的上述特点极大地增强了对机体的保护功能。

而背中部直针毛的毛长度、髓质长度占毛长度的比例、最粗处的毛细度、髓质指数都显著大于后爪部上毛($P<0.05$)的特点,则使背中部直针毛既增加了保温层的厚度,也使髓质容纳更多的静止空气,从而使背中部直针毛具备比后爪部上毛更强的保温功能。

以上分析说明,黄鼬背中部的冬季直针毛在形

态结构上主要倾向于加强保温功能,这对于黄鼬抵御寒冷保持体温具有重要意义;后爪部的冬季上毛在形态结构上则倾向于使毛更结实、与皮肤结合更紧密,更利于增强抗机械损伤功能。通河林区冬季黄鼬身体这两个极端部位上毛出现的显著形态结构差异,是为适应寒冷环境而在实施保温和保护功能上的极端分化。

参考文献:

- Chen M Q, Wang X A. 1991. A study on relationship of hair morphology of white-lipped deer and alpine environment. *Acta Theriologica Sinica*, **11** (4): 253 - 257. (in Chinese)
- Cui Y X, Zhang W, Wang X M. 1998. A comparative study of the hairs of *Ailuropoda melanoleuca*, *Selenarctor thibetanus*, *Ruses arcus*, *Ailurus fulgens* *Pronyon lotor* and with scanning electron microscope. *Chinese Journal of Zoology*, **33** (5): 26 - 29. (in Chinese)
- Johnson E, Homby J. 1980. Age and seasonal coat changes in long haired and normal Fallow deer (*Dama dama*). *Journal of Zoology*, **192**: 501 - 509.
- Jin X, Zhang W, Jin Y. 2005. Seasonal variation of the hair structure in red deer (*Cervus elaphus xanthopygus*). *Journal of Northeast Forestry University*, **25** (4): 414 - 416. (in Chinese)
- Moen A N, Severinghaus C W. 1984. Hair depths of the winter coat of white-tailed deer. *Journal of Mammalogy*, **65** (3): 497 - 499.
- Oli M K. 1993. A key for the identification of the hair of mammals of a snow leopard (*Panthera uncia*) habitat in Nepal. *Journal of Zoology*, **231**: 71 - 93.
- Sachs H. 1997. History of hair analysis. *Forensic Science International*, **84**: 7 - 16.
- Sun Z W, Gao H Y, Bi B, Wang H W. 2003. Analysis of cervidae hairs by scanning electronic microscope and its application. *Journal of Northeast Forestry University*, **31** (4): 29 - 32. (in Chinese)
- Wang X. 1998. Characteristics of hair cover of *Saiga tatarica* and its adaptability to environment. *Acta Pratacultural Science*, **7** (1): 54

- 59. (in Chinese)
- Xu Z Q, Xu L, Li B, Xu H F. 2006. Coat changes and hair morphology of musk deer (*Moschus berezovskii*) fawn. *Acta Theriologica Sinica*, **26** (1): 101 - 104. (in Chinese)
- Zhang W. 1994. Study on scale patterns of hair and the classification of mammals. *Journal of Northeast Forestry University*, **22** (3): 121 - 123. (in Chinese)
- Zhang W, Liu L S, Liu E M, Fu Y J, Fei X. 1997. The adaptability of hair medulla exponent of roe deer in keeping warm and protection. *Journal of Northeast Forestry University*, **25** (3): 45 - 47. (in Chinese)
- Zhang W, Xu Y C, Yang S H, Liu W S, Yuan W B, Zhou X W, Wen S B. 1998. The fractional damage mechanism for irregular wave type of hair scales. *Journal of Northeast Forestry University*, **26** (6): 44 - 48. (in Chinese)
- Zhou H L. 2004. The difference of fur quality between Heilongjiang weasel and Liaoning weasel. *Journal of Northeast Forestry University*, **32** (3): 55 - 58. (in Chinese)
- 王茜飞, 欧阳熙, 王永. 1998. 藏山羊对德格高寒少氧环境的生态适应性研究. *四川畜牧兽医*, **4**: 17 - 18.
- 孙中武, 高海钰, 毕冰, 王宏伟. 2003. 鹿类动物毛的扫描电镜分析. *东北林业大学学报*, **31** (4): 29 - 32.
- 李春喜, 王志和, 王文林. 2000. 生物统计学. 第2版. 北京: 科学出版社, 86 - 89.
- 汪玺. 1998. 赛加羚羊被毛及毛纤维特征对其环境适应性的研究. *草业学报*, **7** (1): 54 - 59.
- 张伟. 1994. 鸟羽毛的鳞片类型与哺乳动物识别的关系. *东北林业大学学报*, **22** (3): 121 - 123.
- 张伟, 刘龙生, 刘二曼, 付永军, 废旋. 1997. 狗被毛髓质指数在保温和保护功能上的适应性变化. *东北林业大学学报*, **25** (3): 45 - 47.
- 张伟, 景松岩, 徐艳春. 2002. 毛皮学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 34 - 48, 82 - 88.
- 张伟, 徐艳春, 杨淑慧, 刘伟石, 袁维葆, 周晓雯, 文思标. 1998. 毛发杂波型鳞片磨损机制研究. *东北林业大学学报*, **26** (6): 44 - 48.
- 周宏力. 2004. 辽宁路、龙江路元皮的质量差异. *东北林业大学学报*, **32** (3): 55 - 58.
- 金辛, 张伟, 金煜. 2005. 马鹿东北亚种被毛形态结构的季节性差异. *兽类学报*, **25** (4): 414 - 416.
- 徐正强, 徐玲, 李波, 徐宏发. 2006. 林麝幼体的换毛序和胎毛、夏毛、冬毛的形态. *兽类学报*, **26** (1): 101 - 104.
- 崔雨新, 张伟, 王小明. 1998. 大熊猫、小熊猫、浣熊等五种动物毛的扫描电镜结构比较研究. *动物学杂志*, **33** (5): 26 - 29.