

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

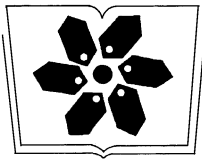
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第17期 Vol.32 No.17 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 17 期

2012 年 9 月 (半月刊)

目 次

基于生物生态因子分析的长序榆保护策略.....	高建国,章 艺,吴玉环,等 (5287)
闽江口芦苇沼泽湿地土壤产甲烷菌群落结构的垂直分布.....	余晨兴,仝 川 (5299)
涡度相关观测的能量闭合状况及其对农田蒸散测定的影响.....	刘 渡,李 俊,于 强,等 (5309)
地下滴灌下土壤水势对毛白杨纸浆林生长及生理特性的影响.....	席本野,王 焯,邸 楠,等 (5318)
绿盲蝽危害对枣树叶片生化指标的影响.....	高 勇,门兴元,于 毅,等 (5330)
湿地资源保护经济学分析——以北京野鸭湖湿地为例.....	王昌海,崔丽娟,马牧源,等 (5337)
湿地保护区周边农户生态补偿意愿比较.....	王昌海,崔丽娟,毛旭峰,等 (5345)
湿地翅碱蓬生物量遥感估算模型.....	傅 新,刘高焕,黄 舸,等 (5355)
增氮对青藏高原东缘典型高寒草甸土壤有机碳组成的影响.....	郑娇娇,方华军,程淑兰,等 (5363)
大兴安岭 2001—2010 年森林火灾碳排放的计量估算.....	胡海清,魏书精,孙 龙 (5373)
基于水分控制的切花百合生长预测模型.....	董永义,李 刚,安东升,等 (5387)
极端干旱区增雨加速泡泡刺群落土壤碳排放.....	刘殿君,吴 波,李永华,等 (5396)
黄土丘陵区土壤有机碳固存对退耕还林草的时空响应.....	许明祥,王 征,张 金,等 (5405)
小兴安岭 5 种林型土壤呼吸时空变异	史宝库,金光泽,汪兆洋 (5416)
疏勒河上游土壤磷和钾的分布及其影响因素.....	刘文杰,陈生云,胡凤祖,等 (5429)
COII 参与茉莉酸调控拟南芥吲哚族芥子油苷生物合成过程	石 璐,李梦莎,王丽华,等 (5438)
Gash 模型在黄土区人工刺槐林冠降雨截留研究中的应用	王艳萍,王 力,卫三平 (5445)
三峡水库消落区不同海拔高度的植物群落多样性差异.....	刘维湄,王 杰,王 勇,等 (5454)
基于 SPEI 的北京低频干旱与气候指数关系	苏宏新,李广起 (5467)
山地枣树茎直径对不同生态因子的响应.....	赵 英,汪有科,韩立新,等 (5476)
幼龄柠条细根的空间分布和季节动态	张 帆,陈建文,王孟本 (5484)
山西五鹿山白皮松群落乔灌木层的种间分离.....	王丽丽,毕润成,闫 明,等 (5494)
长期施肥对玉米生育期土壤微生物量碳氮及酶活性的影响.....	马晓霞,王莲莲,黎青慧,等 (5502)
基于归一化法的小麦干物质积累动态预测模型.....	刘 娟,熊淑萍,杨 阳,等 (5512)
上海环城林带景观美学评价及优化策略	张凯旋,凌焕然,达良俊 (5521)
旅游风景区旅游交通系统碳足迹评估——以南岳衡山为例.....	窦银娣,刘云鹏,李伯华,等 (5532)
一种城市生态系统现状评价方法及其应用.....	石惠春,刘 伟,何 剑,等 (5542)
黄海中南部细纹狮子鱼的生物学特征及资源分布的季节变化.....	周志鹏,金显仕,单秀娟,等 (5550)
蓝藻堆积和螺类牧食对苦草生长的影响.....	何 虎,何宇虹,姬娅婵,等 (5562)
黑龙江省黄鼬冬季毛被分层结构及保温功能.....	柳 宇,张 伟 (5568)
虎纹蛙选择体温和热耐受性在个体发育过程中的变化	樊晓丽,雷焕宗,林植华 (5574)
水丝蚓对太湖沉积物有机磷组成及垂向分布的影响	白秀玲,周云凯,张 雷 (5581)
专论与综述	
城市绿地生态评价研究进展.....	毛齐正,罗上华,马克明,等 (5589)
全球变化背景下生态学热点问题研究——第二届“国际青年生态学者论坛”	万 云,许丽丽,耿其芳,等 (5601)
研究简报	
雅鲁藏布江高寒河谷流动沙地适生植物种筛选和恢复效果.....	沈渭寿,李海东,林乃峰,等 (5609)
学术信息与动态	
生态系统服务时代的来临——第五届生态系统服务伙伴年会述评	吕一河,卫 伟,孙然好 (5619)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 334 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-09	



封面图说: 带雏鸟的白枕鹤一家——白枕鹤是一种体型略小于丹顶鹤的优美的鹤。体羽蓝灰色,腹部较深,背部较浅,脸颊两侧红色,头和颈的后部及上背为白色,雌雄相似。其虹膜暗褐色,嘴黄绿色,脚红色。白枕鹤常常栖息于开阔平原芦苇沼泽和水草沼泽地带,有时亦出现于农田和海湾地区,尤其是迁徙季节。主要以植物种子、草根、嫩叶和鱼、蛙、软体动物、昆虫等为食。繁殖区在我国北方和西伯利亚东南部。我国白枕鹤多在黑龙江、吉林、内蒙古繁殖,与丹顶鹤的繁殖区几乎重叠,为国家一级保护动物。

彩图提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201112302013

柳宇, 张伟. 黑龙江省黄鼬冬季毛被分层结构及保温功能. 生态学报, 2012, 32(17): 5568-5573.

Liu Y; Zhang W. The structure and thermal insulation capability of *Mustela sibirica manchurica* winter pelage in Heilongjiang Province. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(17): 5568-5573.

黑龙江省黄鼬冬季毛被分层结构及保温功能

柳 宇, 张 伟*

(东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040)

摘要: 为了解黄鼬毛被的保温机制, 选取黑龙江省通河林区黄鼬东北亚种 (*Mustela sibirica manchurica*) 冬季皮张, 通过观测雄性 5 个部位和雌性 4 个部位毛被的分层结构, 并结合热物性测试比对, 发现了毛被的各层结构具有不同的保温隔热功能且存在部位差异。结果表明: 1) 毛被由外及里表现出 4 层结构, 各层毛被厚度分别为: (12.7 ± 3.0) mm、 (6.0 ± 1.8) mm、 (5.5 ± 2.2) mm 和 (1.4 ± 0.5) mm。2) 4 层毛被的颜色、结构及保温机制依次为: 最外层毛被棕黄色或金黄色, 仅由 2 种类型被毛构成, 耐磨损能力较强, 保护下层毛被, 阻挡冷空气侵入并降低毛被的热量散失; 第二层毛被淡黄色, 此层开始均由 4 种类型被毛构成, 毛干细度较小, 被毛间形成细小空隙, 滞留大量静止空气, 增强保温功能; 第三层毛被灰色或灰白色, 4 种类型被毛的毛干更细, 绒毛弯曲程度更大, 使被毛间滞留静止空气的能力更强、更稳定, 保温能力更强; 最内层毛被为白色, 为近毛根处, 4 种类型被毛均较直, 便于热量传递。3) 4 层毛被的对整体的贡献率分别为: 16.11%、27.40%、44.40% 和 12.09%。4) 背面毛被较腹面的颜色深, 厚度大, 保温能力强; 沿吻端至尾基的体轴方向毛被厚度增加, 保温性增强。5) 雄性毛被较雌性的厚度大, 保温能力强。以上, 反映了黄鼬冬季多部位毛被由表及里不同的空间布局及各层毛呈现的不同的形态结构, 从整体上兼顾保护、保温、散热等多种功能, 以适应当地的寒冷环境。

关键词: 黄鼬; 毛被; 分层结构; 保温功能

The structure and thermal insulation capability of *Mustela sibirica manchurica* winter pelage in Heilongjiang Province

LIU Yu, ZHANG Wei*

Northeast Forest University, Harbin 150040, China

Abstract: Our objective was to describe thermal insulation of the Siberian Weasel *Mustela sibirica manchurica* from the Tong River forest of Heilongjiang Province. We collected winter pelages from five male pelages and four female Siberian Weasels and studied the structure of the various layers of fur with respect to thermal insulation capability. The structure and function of each layer differed. From the surface to the inner layer, we identified four layers of thickness (12.7 ± 3.0) mm, (6.0 ± 1.8) mm, (5.5 ± 2.2) mm and (1.4 ± 0.5) mm. The outer layer was palm yellow or golden yellow, consisting of two types of guard hairs of greatest diameter and serving an anti-friction function to protect the lower layers. The second layer was light yellow with four types of hair of small diameter. Two types of lower hair layer were curved, reducing the space between hairs and serving to inhibit air movement. The third layer was gray or grayish white, with four types of hair, all of smaller diameters. The two types of shorter hair in this layer were also curved, further reducing air movement and enhancing thermal capability. The fourth layer was white with short, straight hairs of four types of hair facilitating heat transfer. Thermal insulation indices by layer (outer to inner) were 16.11%, 27.40%, 44.40% and 12.09%. Compared to abdominal fur, the dorsal fur was darker and thicker, with stronger thermal insulation. Fur of male weasels was thicker

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30970347)

收稿日期: 2011-12-30; 修订日期: 2012-06-27

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

than in females, and the thermal insulation capacity in males was greater. We conclude that each layer of Siberian Weasel pelage plays a role distinct from other layers and this is an adaptation to enhance survival in the cold Siberian environment.

Key Words: *Mustela sibirica manchurica*; pelage; layer structure; thermal insulation

黄鼬东北亚种(*Mustela sibirica manchurica*)分布于我国松嫩平原、小兴安岭、张广才岭、长白山区和辽河平原等地。黑龙江省通河林区地处小兴安岭山脉南麓,属温带大陆性季风气候区,春季干旱多风,夏季短促多雨,秋季秋高气爽、气温适宜,冬季漫长寒冷。年积温 2200—2400℃,年温差较大,最大温差可达 83.6℃,全年平均气温 1.9℃,1 月极端最低气温为-46.2℃。生活于此的黄鼬能在寒冷的冬季维持恒定的体温,其毛被必须很好地发挥降低散热的作用。近年来,通过研究其毛被结构的功能适应性发现:温度、湿度差异使山皮、甸皮在毛密度、毛色上产生差异^[1];被毛长度、密度、髓质指数、无髓段比例、鳞片类型等微观形态性状有保温、保护等功能分化,并且存在部位和性别差异,适应当地的生态环境^[2-4];冬季毛被密度和长度增加、静止空气体积大、毛干细度大、髓质发达,毛被保温能力强^[5];夏季毛被的传热系数高于冬季毛被^[6]等。然而,这些研究大多集中在被毛微观性状和单一因子的作用,并未涉及毛被由表及里的空间结构及其保温功能的量化比较。因此,本文以黑龙江省通河林区黄鼬东北亚种不同性别、不同部位的冬季毛被为对象,分析其空间结构,结合动物体被热物性的量化检测,探索毛被适应当地气候的保温隔热机制。

1 材料与方法

1.1 材料的选取

2010 年 11 月 20 日—12 月 18 日,在黑龙江省通河林区采集黄鼬皮张,雌雄各 3 张,其体长为雄性 43.1—46.7 cm,雌性 36.9—37.3 cm。完整的雄性黄鼬皮张的开片方式为头颈部腹式开片、躯干部肋式开片,然后以自吻端至尾基的体轴为中心线,分别在颈部(B₁)、背部(C₁)、胸部(C₂)、臀部(D₁)和腹部(D₂)选取 50×100 mm 大小的毛被样本;雌性的开片方式为头颈部和胸部腹式开片、腹部肋式开片,然后以自吻端至尾基的体轴为中心线,分别在颈部(B₁)、背部(C₁)、臀部(D₁)和腹部(D₂)选取 50×100 mm 大小的皮张样本(图 1)。

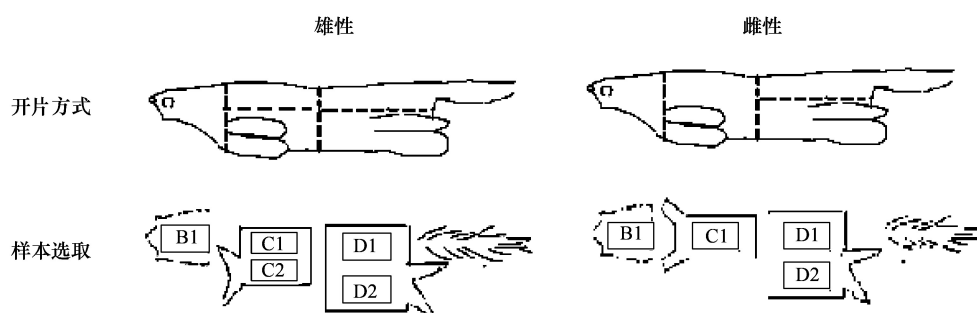


图 1 雌雄各部位毛被样本的选取

Fig.1 Sample selection on each part

A: 开片方式; B: 样本选取(虚线表示开片基准线); B₁: 颈部; C₁: 背部; C₂: 胸部; D₁: 臀部; D₂: 腹部

1.2 检测工具及设备

钢直尺(精度为 mm),动物体被稳态热物性测试平台^[6],电推剪(执行标准:GB/T 1875-93),3 套限位梳(共 15 档,剃毛长度可在 16.5—0.2 mm 间调节)。

1.3 方法

观察雌雄黄鼬各部位毛被纵剖面的空间结构,用钢直尺测量毛被厚度(mm),计算每层占整个毛被厚度的比例。

在自行研制的动物体被稳态热物性测试平台下,测试自然状态下黄鼬毛被的热物性参数,计算平均传热

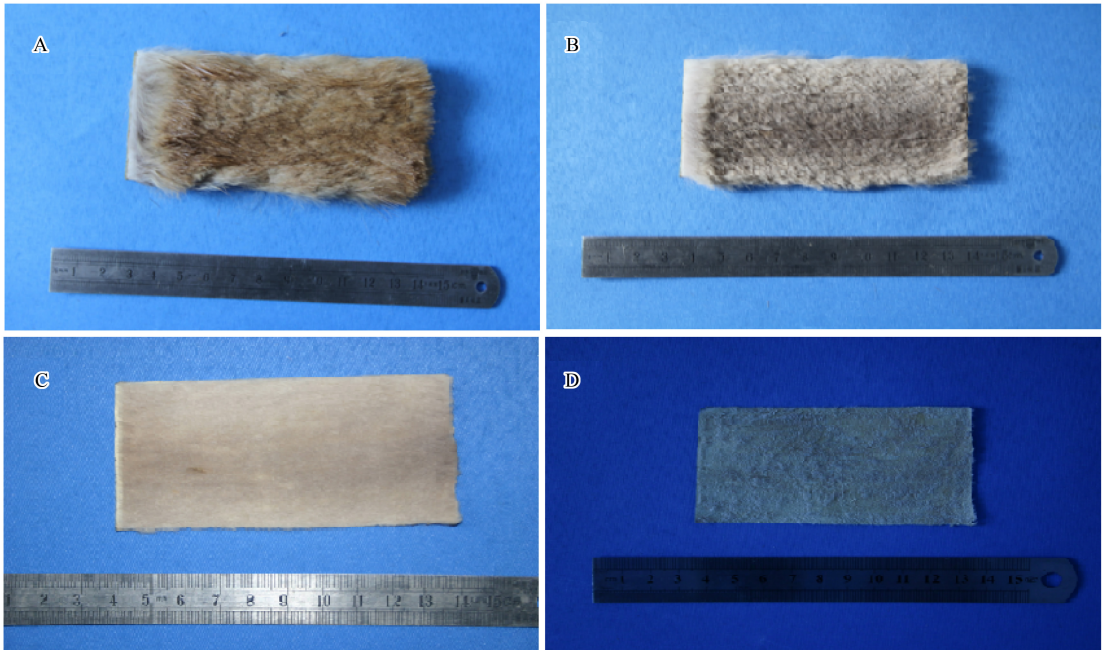


图2 剃除四层毛被的样本

Fig.2 Layers removed

A:剃除第一层毛被;B:剃除第二层毛被; C:剃除第三层毛被;D:剃除第四层毛被

系数,将相应的限位梳安装在电推剪上,自毛尖至皮肤表层分别剃掉四层毛被(图2),测试剩余部分的热物性参数,计算平均传热系数。其中,传热系数的计算公式^[6]:

$$K=1/[(1/23)+Q/(T_1-T_2)]$$

式中, K 为试样表面传热系数($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot^{\circ}\text{C}^{-1}$); Q 为单位时间、单位面积内通过试样的热流密度(W/m^2); T_1 为试样下表面的动物机体模拟温度($^{\circ}\text{C}$); T_2 为试样上表面温度($^{\circ}\text{C}$)

1.4 数据处理

在 Office Excel 2003 软件中计算热物性参数的平均值及传热系数,并用 SPSS17.0 软件配对样本 T 检验分析样本数据层次、部位和性别的差异显著性。

2 结果

实验发现,黄鼬毛被在颜色、空间结构和微观结构性状上存在明显的分层现象(图3、图4),每层毛被的热物性不同。同时,不同部位、不同性别黄鼬毛被的分层现象存在差异。

2.1 层次差异

自表及里分四层,毛被颜色分别为:棕黄色或金黄色、淡黄色、灰色或灰白色和白色。毛被整体厚度为(27.2 ± 5.8)mm,由4种类型的纺锤型被毛构成,即直针毛、披针毛、绒针毛和绒毛,其毛干细度和形态结构在四层毛被的分布各不相同(图3、表1):最外层毛被厚度为(12.7 ± 3.0)mm,主要由直针毛、披针毛的毛尖和毛干细度最大处构成,被毛排列较疏松;第二层毛被厚度为(6.0 ± 1.8)mm,其中直针毛和披针毛细度减小,绒针毛和绒毛略弯曲,被毛排列较致密并形成许多细小空

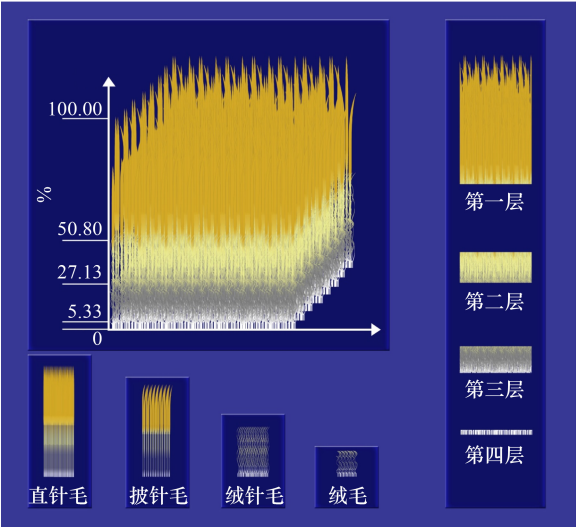


图3 黄鼬4种类型被毛的分层结构示意图

Fig.3 The structure of 4 type hairs

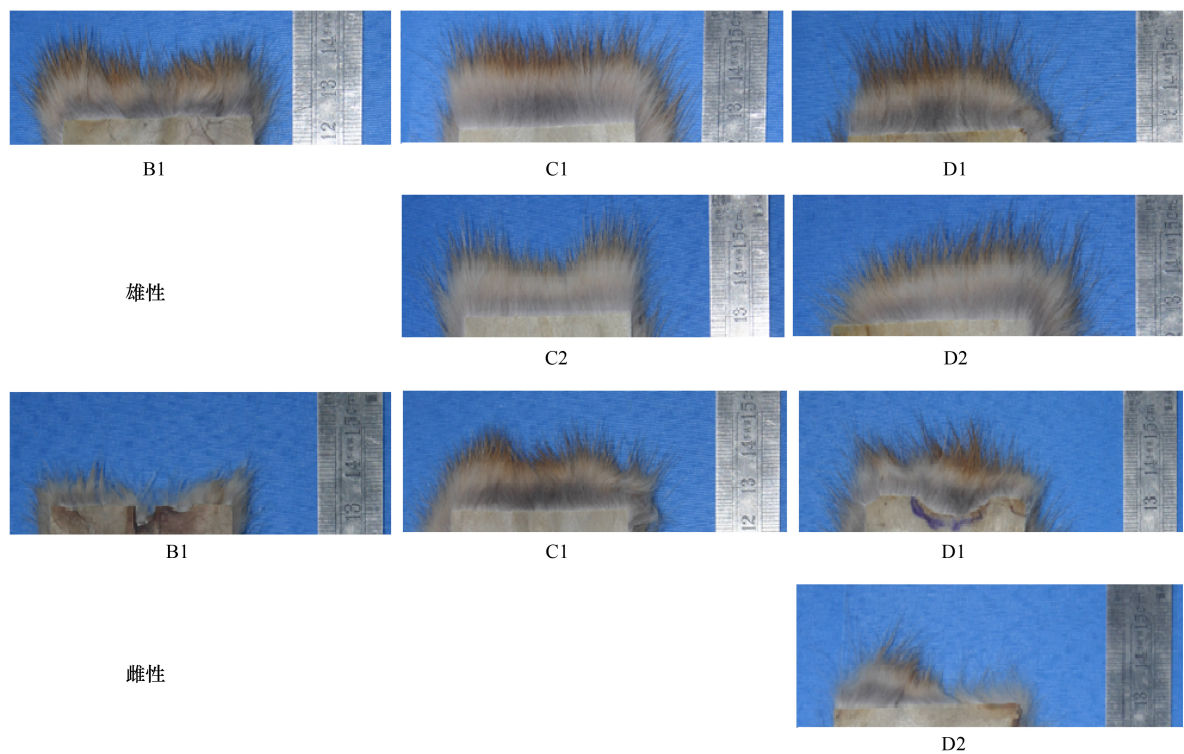


图 4 雌雄各部位毛被的分层结构

Fig. 4 Cover layer structure of each sample

B1: 颈部; C1: 背部; C2: 胸部; D1: 臀部; D2: 腹部

隙;第三层毛被厚度为 (5.5 ± 2.2) mm,直针毛和披针毛更细,绒针毛和绒毛弯曲程度更大,被毛间的空隙更多、更稳定;最内层为近毛根处,厚度一般为 (1.4 ± 0.5) mm,4 种类型被毛均较直,被毛间结构排列较疏松。

表 1 不同部位四层毛被的厚度(mm)及所占比例(%)

Table 1 The thickness (mm) and its proportion (%) of 4 layers on every part

雄性	最外层	第二层	第三层	最内层	总合	雄性	最外层	第二层	第三层	最内层	总合
颈部	10.0	5.0 ± 1.0	4.7 ± 1.5	1.0	20.7 ± 1.5	颈部	49.00 ± 3.61	24.00 ± 4.36	22.67 ± 6.51	5.00	100
背部	13.3 ± 1.2	7.0 ± 2.0	7.3 ± 2.5	1.3 ± 0.6	29.0 ± 2.6	背部	46.00 ± 1.00	24.00 ± 6.24	25.00 ± 7.21	4.67 ± 2.89	100
胸部	13.0 ± 1.7	5.7 ± 2.1	5.0 ± 1.0	2.0	25.7 ± 4	胸部	51.00 ± 3.61	21.67 ± 4.73	19.67 ± 3.79	8.00 ± 1.00	100
臀部	16.7 ± 4.2	8.0 ± 1.7	8.3 ± 1.1	1.7 ± 0.6	34.7 ± 6.1	臀部	47.67 ± 4.04	23.00 ± 3.46	24.33 ± 1.15	5.33 ± 2.08	100
腹部	13.7 ± 1.2	6.7 ± 1.5	4.7 ± 3.1	1.0	26.0 ± 3.6	腹部	53.33 ± 9.07	25.67 ± 5.13	17.33 ± 9.07	3.67 ± 0.58	100
雌性	最外层	第二层	第三层	最内层	总合	雌性	最外层	第二层	第三层	最内层	总合
颈部	9.7 ± 2.1	3.7 ± 0.6	3.0	1.3 ± 0.6	17.7 ± 3.1	颈部	54.33 ± 2.31	21.00 ± 2.65	17.33 ± 3.06	7.67 ± 2.08	100
背部	11.3 ± 0.5	6.7 ± 1.5	6.0 ± 1	1.7 ± 0.6	25.7 ± 2.1	背部	44.33 ± 5.51	26.00 ± 4.36	23.33 ± 2.08	6.33 ± 2.08	100
臀部	15.7 ± 0.6	6.3 ± 1.2	6.0 ± 2.6	1.3 ± 0.6	29.3 ± 4.0	臀部	54.00 ± 8.72	21.33 ± 1.53	19.67 ± 6.66	4.33 ± 1.52	100
腹部	11.3 ± 4	4.7 ± 1.2	4.3 ± 1.5	1.7 ± 0.6	22.0 ± 5.2	腹部	50.67 ± 6.03	21.00 ± 1.00	20.33 ± 8.50	7.67 ± 3.06	100

颈部 Cervical covers; 胸部 Pectoral covers; 背部 Dorsal covers; 腹部 Abdominal covers; 臀部 Coxal covers; 雄性 Male; 雌性 Female; 最外层 The outer layer; 第二层 The second layer; 第三层 The third layer; 最内层 The innerlayer; 总合 Total

热物性上,未经处理的毛被传热系数为 4.21 ± 0.40 ,由表及里分别剃掉四层毛被后平均传热系数分别为 4.41 ± 0.37 、 5.55 ± 0.42 、 7.40 ± 0.42 和 7.90 ± 0.66 ,各层对毛被整体的保温贡献率分别为16.11%、27.40%、44.40%和12.09%,且不同部位的保温效果各不相同(表2)。

对四层毛被厚度、传热系数进行配对样本 *t* 检验,结果为:厚度上,第二层—第三层差异极不显著($P=0.20>0.1$),其余各层毛被均为极显著差异($P=0.00<0.01$);保温贡献率上,最外层-第二层差异极不显著($P=0.23>0.1$),最外层—第三层差异显著($P=0.03<0.05$),最外层-最内层差异不显著($P=0.06>0.05$),第

二层—第三层差异极显著 ($P=0.01$), 第二层—最内层差异显著 ($P=0.02<0.05$), 第三层—最内层差异极显著 ($P=0.01$)。

表 2 各层的被毛的保温贡献率 (%)

Table 2 The ratio (%) of thermal insulation of each layer

	最外层	第二层	第三层	最内层	合计 Total
颈部 (B_1)	10.23	35.04	51.66	3.07	100
背部 (C_1)	27.29	21.24	32.13	19.34	100
胸部 (C_2)	27.82	26.86	38.85	6.47	100
臀部 (D_1)	17.58	21.70	54.40	6.32	100
腹部 (D_2)	9.60	30.55	49.24	10.61	100

2.2 部位差异

黄鼬毛被的分层结构存在部位差异 (图 4)。颜色上, 颈部、背部和臀部颜色由表及里依次为棕黄色、淡黄色、灰色和白色, 胸部和腹部颜色依次为金黄色、淡黄色、灰白色和白色。构成上, 雄性毛被厚度: 最外层颈部-背部、颈部-腹部、第二层颈部-臀部、颈部-腹部、胸部-臀部、第三层颈部-臀部、胸部-臀部差异显著 ($P>0.05$), 最内层颈部-胸部、颈部-腹部、胸部-臀部差异极显著 ($P>0.01$), 其余差异不显著 ($P>0.05$); 雌性毛被厚度: 最外层颈部-臀部、背部-臀部、第二层颈部-臀部、第三层颈部-背部差异显著 ($P>0.05$), 最内层颈部-臀部、颈部-腹部差异极显著 ($P>0.01$), 其余差异不显著 ($P>0.05$)。热物性上, 雄性的传热系数颈部-臀部、背部-胸部、背部-臀部、胸部-臀部和臀部-腹部的差异显著 ($P\leq 0.05$), 其中背部-胸部和背部-臀部差异极显著 ($P=0.01$); 雌性的背部-腹部和臀部-腹部的差异显著 ($P\leq 0.05$), 其中臀部-腹部的差异极显著 ($P>0.01$)。另外, 各层毛被在不同部位的保温效果分别为: 最外层为胸部>背部>臀部>颈部>腹部; 第二层为颈部>腹部>胸部>臀部>背部; 第三层为臀部>颈部>腹部>胸部>背部; 最内层为背部>腹部>胸部>臀部>颈部 (表 2)。

2.3 性别差异

两性毛被的平均厚度为雄性 (27.2 ± 5.8) mm 和雌性 (23.7 ± 5.3) mm, 且各部位存在性别差异 (表 1)。热物性上, 未经处理黄鼬毛被的传热系数: 雄性 3.99 ± 0.17 , 雌性 4.44 ± 0.44 。在不同部位上, 两性毛被的传热系数分别为颈部: 雄性 4.14 ± 0.11 , 雌性 4.55 ± 0.67 ; 背部: 雄性 4.04 ± 0.07 , 雌性 4.23 ± 0.31 ; 臀部: 雄性 3.76 ± 0.02 , 雌性 4.22 ± 0.18 ; 腹部: 雄性 4.02 ± 0.13 , 雌性 4.77 ± 0.42 。黄鼬雄性与雌性毛被传热系数的配对样本 t 检验结果为差异极显著 ($P>0.01$)。

3 讨论

研究发现, 黄鼬东北亚种为适应漫长且极端寒冷的冬季环境, 毛被进化出较完善的保温隔热结构, 按颜色、空间布局和被毛的形态结构等性状, 各部位毛被均可分 4 层, 且各层的保温机制和保温效果不同: 最外层仅由 2 种类型被毛构成, 直接与环境接触, 耐磨损能力强, 可保护下层毛被, 阻挡冷空气侵入并降低毛被的热量散失; 第二层开始均由 4 种类型被毛构成, 毛干细度较小, 绒针毛和绒毛略弯曲, 被毛间形成的许多细小空隙, 能滞留大量静止空气, 以增强保温能力; 第三层的 4 种类型被毛的毛干更细, 绒针毛、绒毛弯曲程度更大, 可滞留更多的静止空气, 保温能力更强、更稳定, 同时该层积聚了第四层上传的热量, 保温和隔热效果更明显; 最内层的 4 种类型被毛均较直, 保温性虽不强但利于向上传导机体产生的热量^[7]。4 层毛被的保温能力不同, 但彼此协调, 提高了整体的保温隔热效果。

以往毛被微观形态结构的研究已发现, 黄鼬 4 种类型被毛的长度错落有致, 其髓质与鳞片类型呈现自毛尖至毛根规律性变化: 第一, 毛尖髓质缺如^[2], 毛干的弹性和强度增大, 抗磨损能力强; 第二, 呈纺锤形的直针毛和披针毛的毛头部位位于绒针毛和绒毛以上, 具有相对发达的髓质可滞留静止空气, 有一定的保温作用^[4], 其鳞片为多层排列的密集扁平型^[8], 当受到磨损时仅是鳞片的局部脱落, 以避免将毛纤维从皮肤上拉脱^[3], 进而充分发挥保护下层绒针毛和绒毛的作用; 第三, 位于绒针毛和绒毛当中的直针毛和披针毛的毛干

上的鳞片为游离缘突出的瓣状型,特别是长瓣型,绒针毛和绒毛的大部也为长瓣型鳞片^[3,8],具有便于毛纤维之间固定静止空气的作用;第四,所有4种类型被毛在近毛根部位髓质缺如^[2],弹性和韧性强,使得整根被毛不易折断,而且该部位无须再具有固定静止空气的作用,鳞片呈单层排列的类扁平型。以上表明,黄鼬被毛的微观结构和空间布局在功能的分化上具有一致性。

黄鼬毛被的分层结构及其保温能力的差异,即:颈部、背部和臀部毛被厚度大,保温能力强,胸部和腹部毛被厚度小,保温能力弱,说明较小体型的黄鼬更需要靠身体的背面毛被来加强保温功能;沿体轴方向的毛被厚度逐渐增加,保温性也逐渐增强,表明身体后部被毛的保温功能更重要。同时,与雌性黄鼬毛被相比,雄性黄鼬的厚度大、保温性强,而差异原因有待进一步研究。

关于黄鼬毛被分层颜色和背腹面颜色深浅差异的保温机制,或许可以“反映其对热辐射的吸收和释放能力^[8]”的不同,但还需要光物理学实验的支持。另外,白色毛被需要机体提供的能量较少^[9],而最内层保温和保护功能不强的白色毛被正是动物体节省能量的一种表现。

References:

- [1] Jin Y. The analysis of difference of mountain pelages and suburb pelages of *Mustela sibirica*. Chinese Journal of Wildlife. 1996,91(3):15-17.
- [2] Zhang W, Ying Q, Ge L. Characteristics of medulla absent part of guard hair for male Siberian weasel. Journal of Northeast Forestry University. 2007. 7,35(7):57-58.
- [3] Zhang W, Sun C H, Ma Y, Hua Y. The morphological structure of winter upper-hair from the mid-back and claw of Siberian weasel (*Mustela sibirica*) from Tonghe forest farm. Acta Theriologica Sinica, 2008, 28(4):440-444.
- [4] Li M, Zhang W. Differences in morphology and function of straight guard hair of Yellow Weasel from Mohe and Tonghe. Journal of Northeast Forestry University. 2009. 7,37(7):91-92.
- [5] Hua Y, Zhang W, Xu Y C. Seasonal variation of pelage characteristics in Siberian weasel (*Mustela sibirica*) of Xiaoxing'anling area, Heilongjiang, China. Acta Theriologica Sinica, 2010, 30(1):110-114.
- [6] Zheng L, Zhang W, Zhang B. Construction on Test-Board of thermophysical parameters for animal integument during steady process. Journal of Northeast Forest University, 2011. 2,39(2):117-119.
- [7] Yang S M, Tan W Q. Heat Transfer Theory (the 4th Edition). Beijing: High Education Press, 2006. 8:4-214.
- [8] Zhang W, Xu Y C, Yang S H. The fractional damage mechanism for irregular wave type of hair scales. 1998. 11, 26(6):44-45.
- [9] Robyn S H, Brenda A D, Linda G F. Body temperature, thermoregulatory behavior and pelt characteristics of three color morphs of springbok. Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular & Integrative Physiology, 2009, 152(3):379-388.
- [10] Sun R Y. Principles of Animal Ecology (3rd edition). Beijing: Beijing Normal University Press, 2001.

参考文献:

- [1] 金煜. 黄鼬东北亚种山皮甸皮差异原因分析. 野生动物. 1996, 91(3):15-17.
- [2] 张伟, 应钦, 葛亮. 雄性黄鼬直针毛无髓段的特点. 东北林业大学学报. 2007. 7, 35(7):57-58.
- [3] 张伟, 孙长虹, 马跃, 华彦. 通河林区黄鼬背中部与爪部冬季上毛的形态结构. 兽类学报, 2008, 28(4):440-444.
- [4] 李明, 张伟. 漠河黄鼬与通河黄鼬冬季直针毛形态与功能的差异. 东北林业大学学报. 2009. 7, 37(7):91-92.
- [5] 华彦, 张伟, 徐艳春. 黑龙江小兴安岭地区黄鼬夏冬季毛皮性状比较. 兽类学报. 2010, 30(1):110-114.
- [6] 郑雷, 张伟, 张斌. 动物体被稳态过程热物性参数测试平台的构建. 东北林业大学学报, 2011. 2, 39(2):117-119.
- [7] 杨世铭, 陶文铨. 传热学(第四版). 北京:高等教育出版社, 2006. 8:4-214.
- [8] 张伟, 徐艳春, 杨淑惠等. 毛发杂波型鳞片磨损机制的研究. 东北林业大学学报, 1998. 11, 26(6):44-45.
- [10] 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.

CONTENTS

Conservation strategies for <i>Ulmus elongata</i> based on the analysis of biological and ecological factors	GAO Jianguo, ZHANG Yi, WU Yuhuan, et al (5287)
Vertical distribution of methanogen community structures in <i>Phragmites australis</i> marsh soil in the Min River estuary	SHE Chenxing, TONG Chuan (5299)
Energy balance closure and its effects on evapotranspiration measurements with the eddy covariance technique in a cropland	LIU Du, LI Jun, YU Qiang, TONG Xiaojuan, et al (5309)
Effects of soil water potential on the growth and physiological characteristics of <i>Populus tomentosa</i> pulpwood plantation under subsurface drip irrigation	XI Benye, WANG Ye, DI Nan, et al (5318)
Physiological indices of leaves of jujube (<i>Zizyphus jujuba</i>) damaged by <i>Apolygus lucorum</i>	GAO Yong, MEN Xingyuan, YU Yi, et al (5330)
Economic analysis of wetland resource protection: a case study of Beijing Wild Duck Lake	WANG Changhai, CUI Lijuan, MA Muyuan, et al (5337)
Comparative studies on the farmers' willingness to accept eco-compensation in wetlands nature reserve	WANG Changhai, CUI Lijuan, MAO Xufeng, et al (5345)
Remote sensing estimation models of <i>Suaeda salsa</i> biomass in the coastal wetland	FU Xin, LIU Gaohuan, HUANG Chong, LIU Qingsheng (5355)
Effects of N addition on soil organic carbon components in an alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibetan Plateau	ZHENG Jiaojiao, FANG Huajun, CHENG Shulan, et al (5363)
Estimating carbon emissions from forest fires during 2001 to 2010 in Daxing'anling Mountain	HU Haiqing, WEI Shujing, SUN Long (5373)
Predicting the effects of soil water potential on the growth of cut lily	DONG Yongyi, LI Gang, AN Dongsheng, et al (5387)
Rain enrichment-accelerated carbon emissions from soil in a <i>Nitraria sphaerocarpa</i> community in hyperarid region	LIU Dianjun, WU Bo, LI Yonghua, et al (5396)
Response of soil organic carbon sequestration to the "Grain for Green Project" in the hilly Loess Plateau region	XU Mingxiang, WANG Zheng, ZHANG Jin, et al (5405)
Temporal and spatial variability in soil respiration in five temperate forests in Xiaoxing'an Mountains, China	SHI Baoku, JIN Guangze, WANG Zhaoyang (5416)
Distributions pattern of phosphorus, potassium and influencing factors in the upstream of Shule river basin	LIU Wenjie, CHEN Shengyun, HU Fengzu, et al (5429)
COI1 is involved in jasmonate-induced indolic glucosinolate biosynthesis in <i>Arabidopsis thaliana</i>	SHI Lu, LI Mengsha, WANG Lihua, et al (5438)
Modeling canopy rainfall interception of a replanted <i>Robinia pseudoacacia</i> forest in the Loess Plateau	WANG Yanping, WANG Li, WEI Sanping (5445)
The differences of plant community diversity among the different altitudes in the Water-Level-Fluctuating Zone of the Three Gorges Reservoir	LIU Weiwei, WANG Jie, WANG Yong, et al (5454)
Low-frequency drought variability based on SPEI in association with climate indices in Beijing	SU Hongxin, LI Guangqi (5467)
Response of upland jujube tree trunk diameter to different ecological factors	ZHAO Ying, WANG Youke, HAN Lixin, et al (5476)
The spatial distribution and seasonal dynamics of fine roots in a young <i>Caragana korshinskii</i> plantation	ZHANG Fan, CHEN Jianwen, WANG Mengben (5484)
Interspecific segregation of species in tree and shrub layers of the <i>Pinus bungeana</i> Zucc. ex Endl. community in the Wulu Mountains, Shanxi Province, China	WANG Lili, BI Runcheng, YAN Ming, et al (5494)
Effects of long-term fertilization on soil microbial biomass carbon and nitrogen and enzyme activities during maize growing season	MA Xiaoxia, WANG Lianlian, LI Qinghui, et al (5502)
A model to predict dry matter accumulation dynamics in wheat based on the normalized method	LIU Juan, XIONG Shuping, YANG Yang, et al (5512)
Optimization strategies and an aesthetic evaluation of typical plant communities in the Shanghai Green Belt	ZHANG Kaixuan, LING Huanran, DA Liangjun (5521)
Carbon footprint evaluation research on the tourism transportation system at tourist attractions; a case study in Hengshan	DOU Yindi, LIU Yunpeng, LI Bohua, et al (5532)
An urban ecosystem assessment method and its application	SHI Huichun, LIU Wei, HE Jian, et al (5542)
Seasonal variations in distribution and biological characteristics of snailfish <i>Liparis tanakae</i> in the central and southern Yellow Sea	ZHOU Zhipeng, JIN Xianshi, SHAN Xiujuan, et al (5550)
Effects of cyanobacterial accumulation and snail grazing on the growth of <i>vallisneria natans</i>	HE Hu, HE Yuhong, JI Yachan, et al (5562)
The structure and thermal insulation capability of <i>Mustela sibirica manchurica</i> winter pelage in Heilongjiang Province	LIU Yu, ZHANG Wei (5568)
Ontogenetic shifts in selected body temperature and thermal tolerance of the tiger frog, <i>Hoplobatrachus chinensis</i>	FAN Xiaoli, LEI Huanzong, LIN Zhihua (5574)
The influence of tubificid worms bioturbation on organic phosphorus components and their vertical distribution in sediment of Lake Taihu	BAI Xiuling, ZHOU Yunkai, ZHANG Lei (5581)
Review and Monograph	
Research advances in ecological assessment of urban greenspace	MAO Qizheng, LUO Shanghua, MA Keming, et al (5589)
Ecological hot topics in global change on the 2 nd International Young Ecologist Forum	WAN Yun, XU Lili, GENG Qifang, et al (5601)
Scientific Note	
Screening trial for the suitable plant species growing on sand dunes in the alpine valley and its recovery status in the Yarlung Zangbo River basin of Tibet, China	SHEN Weishou, LI Haidong, LIN Naifeng, et al (5609)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 17 期 (2012 年 9 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 17 (September, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元