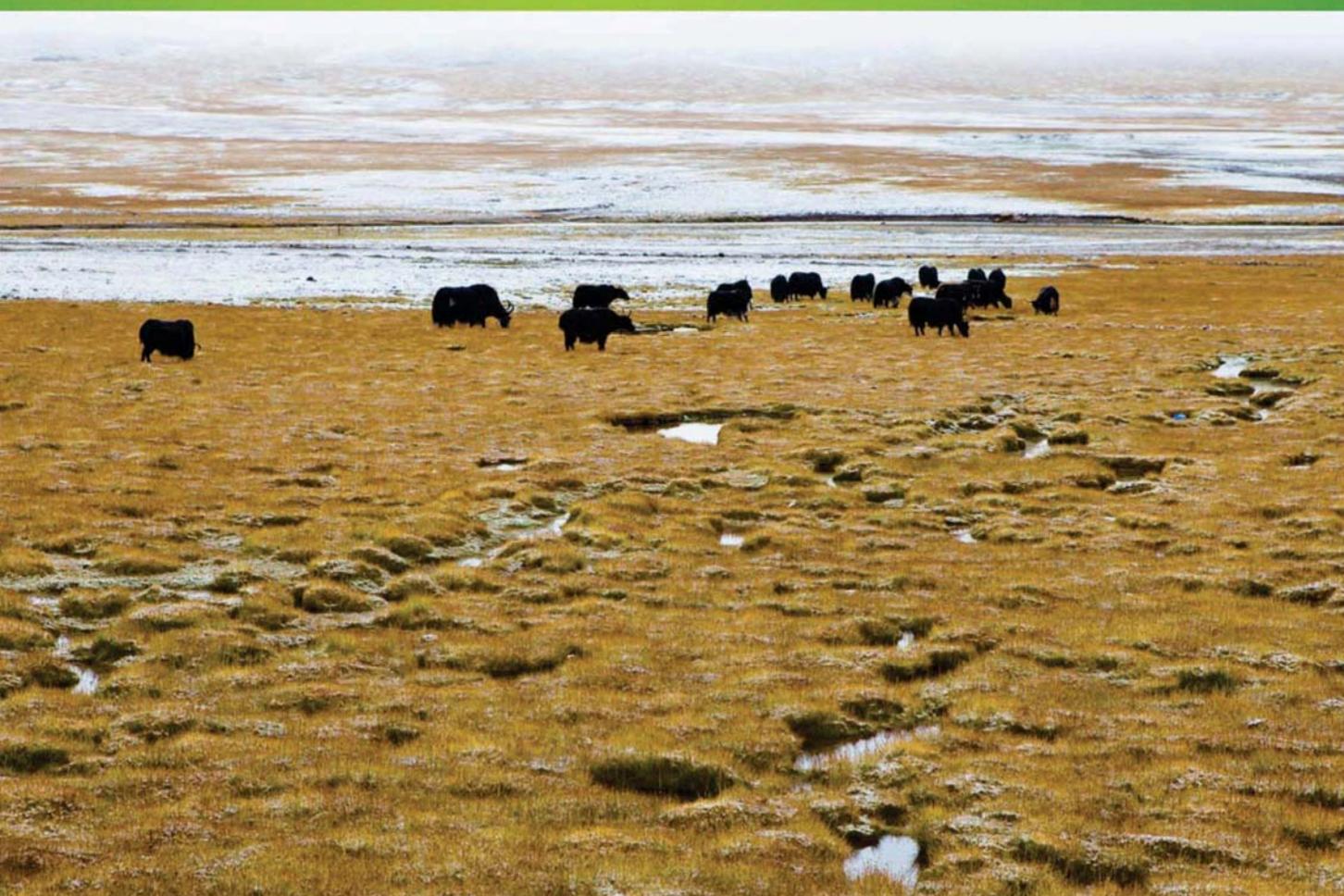


ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第33卷 第16期 Vol.33 No.16 **2013**

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 33 卷 第 16 期 2013 年 8 月 (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 物种分布模型理论研究进展..... 李国庆,刘长成,刘玉国,等 (4827)
- 稀土元素对农田生态系统的影响研究进展..... 金姝兰,黄益宗 (4836)
- 藤壶金星幼虫附着变态机制 ..... 饶小珍,林 岗,许友勤 (4846)
- 群居动物中的共同决策..... 王程亮,王晓卫,齐晓光,等 (4857)

### 个体与基础生态

- 季风进退和转换对中国褐飞虱迁飞的影响..... 包云轩,黄金颖,谢晓金,等 (4864)
- 两种海星对三种双壳贝类的捕食选择性和摄食率..... 齐占会,王 珺,毛玉泽,等 (4878)
- 新疆巴音布鲁克繁殖期大天鹅的生境选择..... 董 超,张国钢,陆 军,等 (4885)
- 我国特有植物青檀遗传结构的 ISSR 分析 ..... 李晓红,张 慧,王德元,等 (4892)
- 栽培菊花与菊属-近缘属属间杂种杂交后代耐盐性的遗传分析 ..... 许莉莉,陈发棣,陈素梅,等 (4902)
- 荒漠区植物光合器官解剖结构对水分利用效率的指示作用..... 张海娜,苏培玺,李善家,等 (4909)
- 水分对番茄不同叶龄叶片光合作用的影响..... 陈凯利,李建明,贺会强,等 (4919)
- 广西猫儿山不同海拔常绿树种和落叶树种光合速率与氮的关系 ..... 白坤栋,蒋得斌,万贤崇 (4930)
- 施肥对板栗林地土壤 N<sub>2</sub>O 通量动态变化的影响 ..... 张蛟蛟,李永夫,姜培坤,等 (4939)
- 施肥对红壤水稻土团聚体分布及其碳氮含量的影响..... 刘希玉,王忠强,张心昱,等 (4949)

### 种群、群落和生态系统

- 大兴安岭天然沼泽湿地生态系统碳储量..... 牟长城,王 彪,卢慧翠,等 (4956)
- 基于多时相 Landsat TM 影像的汶川地震灾区河岸带植被覆盖动态监测——以岷江河谷映秀-汶川段  
为例 ..... 许积层,唐 斌,卢 涛 (4966)
- 不同强度火干扰下盘古林场天然落叶松林的空间结构..... 倪宝龙,刘兆刚 (4975)
- 长江中下游湖群大型底栖动物群落结构及影响因素..... 蔡永久,姜加虎,张 路,等 (4985)
- 千岛湖岛屿社鼠的种群年龄结构和性比..... 张 旭,鲍毅新,刘 军,等 (5000)
- 性信息素诱捕下害虫 Logistic 增长及经济阈值数学模型 ..... 赵志国,荣二花,赵志红,等 (5008)
- 秋末苏南茶园昆虫的群落组成及其趋色性..... 郑颖姘,钮羽群,崔桂玲,等 (5017)
- 北方常见农业土地利用方式对土壤螨群落结构的影响 ..... 韩雪梅,李丹丹,梁子安,等 (5026)

### 景观、区域和全球生态

- 基于鸟类边缘种行为的景观连接度研究——空间句法的反规划应用..... 杨天翔,张韦倩,樊正球,等 (5035)
- 西南高山地区土壤异养呼吸时空动态..... 张远东,庞 瑞,顾峰雪,等 (5047)

江苏省土壤有机质变异及其主要影响因素..... 赵明松,张甘霖,李德成,等 (5058)

基于林业清查资料的桂西北植被碳空间分布及其变化特征..... 张明阳,罗为检,刘会玉,等 (5067)

### 资源与产业生态

基于能值分析方法的都市代谢过程——案例研究 ..... 刘耕源,杨志峰,陈彬 (5078)

基于 PSR 模型的耕地生态安全物元分析评价 ..... 张锐,郑华伟,刘友兆 (5090)

保水剂对煤矸石基质上高羊茅生长及营养吸收的影响 ..... 赵陟峰,王冬梅,赵廷宁 (5101)

### 城乡与社会生态

生态保护价值的距离衰减性——以三江平原湿地为例 ..... 敖长林,陈瑾婷,焦扬,等 (5109)

### 研究简报

广东山区土壤有机碳空间变异的尺度效应..... 姜春,吴志峰,钱乐祥,等 (5118)

室内养殖雌性松鼠秋季换毛期被毛长度和保温性能变化..... 荆璞,张伟,华彦,等 (5126)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 306 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 32 \* 2013-08



**封面图说:** 高寒草甸牦牛群——三江源区位于青藏高原腹地,平均海拔 4200m,是长江、黄河、澜沧江三条大河的发源地,也是全球气候变化最敏感的地区。三江源区高寒草甸植被状况对该区的生态环境、草地资源合理利用和应对全球气候变化具有十分重要的意义。2005 年以来,国家投资 70 多亿元启动三江源生态保护工程。监测显示,近年来,三江源湖泊湿地面积逐步扩大,植被覆盖度得到提高,三江源区高寒草甸的生态恶化趋势得到遏制。图为冒着风雪在三江源高寒草甸上吃草的牦牛群。

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

DOI: 10.5846/stxb201302050245

荆璞, 张伟, 华彦, 刘微. 室内养殖雌性松鼠秋季换毛期被毛长度和保温性能变化. 生态学报, 2013, 33(16): 5126-5131.

Jing P, Zhang W, Hua Y, Liu W. The changes of hair length and pelage thermal insulation in captive female squirrel, *Sciurus vulgaris manchuricus*, during autumn molting period. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(16): 5126-5131.

## 室内养殖雌性松鼠秋季换毛期被毛长度和保温性能变化

荆 璞, 张 伟\*, 华 彦, 刘 微

(东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040)

**摘要:**为了解松鼠东北亚种(*Sciurus vulgaris manchuricus*)秋季换毛期的被毛性状与保温性能变化的关系,选取 2011 年 9 月 25 日至 12 月 15 日期间采集的在哈尔滨室内人工养殖的 27 张雌性松鼠东北亚种生皮为材料,对背臀部毛皮样本进行传热性能测试,同时对该部位的披针毛、绒毛的长度和毛根出现无髓样本比例进行测量计算。结果表明:1)随着秋季换毛期的时间后移,新生冬毛长度不断增加,毛皮传热系数不断减小。当被毛生长结束时,保温性能达到恒定。2)披针毛长度、绒毛长度、披针毛毛根无髓段比例、绒毛毛根无髓段比例这 4 个被毛性状因子两两呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),且此 4 个性状因子皆与毛皮传热系数呈极显著负相关( $P < 0.01$ )。以上反映了在气温渐冷的秋季换毛期每时间阶段被毛的长度、生长程度、保温性能的具体变化及相互关系。

**关键词:**松鼠东北亚种;秋季换毛;保温性能;毛根无髓段

### The changes of hair length and pelage thermal insulation in captive female squirrel, *Sciurus vulgaris manchuricus*, during autumn molting period

JING Pu, ZHANG Wei\*, HUA Yan, LIU Wei

Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

**Abstract:** Pelage is one of the most important characteristics of mammals. The research about the association between molting and environment is an important aspect in the study of animal ecology. Mammals' autumn molting is completely to taking off their summer hairs and growing rich hairs in winter. But the quantitative studies of thermal insulation of animals' pelage which was changing in the autumn molting process have not been involved. Our objective was to find out the relationship between characteristics and heat insulation of hair in squirrel, *Sciurus vulgaris manchuricus*, that is molting in autumn. In order to study the association between hair length and pelage thermal insulation property, we measured hair length and tested thermal insulation of skins of 27 female squirrels (*Sciurus vulgaris manchuricus*) (twenty-five adults and two subadults) during autumn molting period. The hairs (5 intermediate guard hairs and 5 undercoat hairs) were sampled from the mid back of each skin and thermal insulation was tested at the same site. Results showed that 1) with the progression of autumn molting, the pelage thermal conductivity decreased in association with increment of winter hair length, and reached stable at the end of hair growth. 2) Significant positive associations were detected between pairs of four hair indexes namely the length of intermediate guard hairs, length of under hairs, root of medulla-absent proportion in intermediate guard hairs and under hairs ( $P < 0.01$ ). Meanwhile, these four indexes were also significantly negatively associated with thermal conductivity coefficient ( $P < 0.01$ ). These results suggest pelage thermal conductivity is effected by

基金项目:国家林业局野生动物执法检测鉴定技术研究与应用

收稿日期:2013-02-05; 修订日期:2013-06-03

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zwfur@aliyun.com

the thickness of under fur. In conclusion, the results reflect the specific changes and interrelation of hair length, the extent of growth and thermal insulation in the every time stage during autumn molting period.

**Key Words:** *Sciurus vulgaris manchuricus*; autumn molting; thermal insulation; root of medulla-absent proportion

近年来,有关动物被毛保温保护功能的研究已有了很大进展,揭示了动物被毛的保温、保护机制及身体不同部位的功能分化<sup>[1-11]</sup>。但对于体被这种特殊的生物传热材料而言,其热物性参数在保温、适应、进化机制等方面的基本数据并没有引起相关学者的足够关注。哺乳动物体被的热物性参数测试平台的研制<sup>[12]</sup>,将国内哺乳动物体被传热性能从定性研究转化为定量研究。用热物性参数验证了黄鼬被毛保温性能的季节差异、生境地理差异、风向风速差异、身体部位差异、性别差异及各层被毛厚度对毛被保温性能的影响<sup>[12-14]</sup>。但对于季节性换毛动物在换毛过程中,被毛保温性能变化的定量研究尚未涉及。

哺乳动物的季节性换毛是有一定过程的,由于研究手段的限制,换毛的研究仅限于皮板颜色的变化、毛长度、密度的变化等定性研究<sup>[7,15-18]</sup>。松鼠东北亚种(*Sciurus vulgaris manchuricus*)是典型的季节性换毛动物,朱靖早在 1960 年就对松鼠换毛序进行了研究,但仅有关于换毛的大致时间、脱毛序、生毛序、长毛序及皮板颜色变化的报道<sup>[18-19]</sup>。至今,未见有关松鼠秋季换毛期被毛长度的时间梯度变化、体被保温性能的相应变化及其两者的关系等方面的研究。本文以室内养殖的松鼠东北亚种为研究对象对上述问题进行了初步研究。对新生被毛毛根处是否出现无髓段的观测,旨在研究被毛是否达到最大长度,以确定松鼠被毛保温性能进入稳态的被毛形态结构基础。

## 1 研究地气候概况

哈尔滨市位于东经 125°42′—130°10′、北纬 44°04′—46°40′之间,集中降水期为每年 7 至 8 月,集中降雪期为每年 11 月—翌年 1 月。年平均温度 3.6℃。9—11 月份为秋季,降雨明显减少,昼夜温差变幅较大,9 月份平均气温为 10℃,10 月份北部地区已到 0℃。人工饲养室的环境温度较室外温度高 5—8℃,相对湿度在 30%—40%。室内光照条件下,有效光照时间为 9 月份 6.08h/d,10 月份 5.74h/d,11 月份 4.33h/d,12 月份 3.82h/d。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料的选取

将室内饲养的 25 只成年,2 只未成年的雌性松鼠东北亚种作为研究对象,在 2011 年 9 月 25 日至 12 月 15 日期间,不定期每次采集生皮 3 张,共采集 27 张为实验材料。在平整的整张生皮尾基部上方 30mm 处,以体轴为对称轴,制取宽 50mm、长 100mm 的矩形,即制成面积为 5000 mm<sup>2</sup> 的背臀部体被传热系数待测样本。在已完成测定的传热样本的中心处,采集完整的披针毛(非最长的被毛)和绒毛各 5 根。

### 2.2 方法

#### 2.2.1 背臀部毛皮传热系数的测定

将待测的毛皮样本放入动物体被稳态过程热物性参数测试平台<sup>[15]</sup>进行传热系数测试。通过测试平台导出的 EXCEL 表格,计算每采集间隔内所测试冷热面温差与热流密度测试平均值,带入公式  $K(\text{热导率}) = 1 / (\text{冷热面温差} / \text{热流密度}) + 1/23$ ,计算热导率。每个传热样本测试 3 次,取平均值作为最终传热系数。

#### 2.2.2 毛光镜样本制备、毛长度测量及毛根无髓段观测

在背臀部选取一小块带毛的皮板,用沸水煮至变软,用尖镊子将完整的披针毛从皮板中拉出,用乙醚和 95% 的乙醇按体积分数 1:1 组成的脱脂液脱脂 20 min,再用无水乙醇清洗 10 min,将处理后的毛放到 2—3 mm 厚的无色无机载片上,用精度为 mm 的钢直尺测量其伸直长度。待毛自然干燥后用透明胶带将其粘于载玻片上,即制成光镜样本。应用 H6303i 生物显微镜观测毛根是否出现无髓段。

#### 2.2.3 数据处理

对不同采集日期样本的被毛传热系数进行单因素方差分析,通过 Post Hoc Tests 中的 Tukey HSD 进行两

两比较。计算样本中出现毛根无髓段的比例。使用 Pearson 对毛皮传热系数、披针毛长度、绒毛长度、毛根无髓段比例 4 个被毛性状因子进行两两间的相关性分析;经检验数据均符合正态分布。所有数据均用 Mean±SD 表示,以上分析均在 SPSS17.0 中进行。

### 3 结果

#### 3.1 各时间阶段背臀部毛皮传热系数差异性分析

从表 1 可知,9 月 25 日采集样本的传热系数平均值最大 ( $5.72 \pm 0.22$ )  $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$ ,12 月 5 日采集样本的传热系数平均值最小 ( $4.01 \pm 0.13$ )  $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$ ,从 9 月 25 日到 12 月 5 日,样本的传热系数逐渐减小,说明通过单位面积毛皮的热流量越来越小,被毛阻止身体热量散失的能力越来越强,其保温性能不断增强。综上所述,9 月 25 日采集样本的被毛保温性能最低,随着时间后移保温性能增强,直到 12 月 5 日,样本的保温性能达到最高,12 月 15 日采集样本的传热系数没有继续减少,保温性能保持稳定状态。通过各时间阶段背臀部毛皮传热系数单因素差异性比较方差分析得出,相邻的两个采集日期样本间保温性能差异不大 ( $P > 0.05$ ),而相隔时间越长的两个采集日期样本间保温性能差异越显著 ( $P < 0.01$ )。

表 1 各时间阶段背臀部毛皮传热系数的平均值

Table 1 Mean of the heat transfer coefficient (HTC) of the buttock pelage in different time phases

采集日期 Collection date	平均数±标准差 Mean±SD /( $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$ )	采集日期 Collection date	平均数±标准差 Mean±SD /( $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$ )
09-25	$5.72 \pm 0.22$	10-03	$5.54 \pm 0.21$
10-18	$5.06 \pm 0.08$	10-23	$4.86 \pm 0.16$
11-08	$4.34 \pm 0.13$	11-14	$4.32 \pm 0.22$
11-25	$4.24 \pm 0.11$	12-05	$4.01 \pm 0.13$
12-15	$4.03 \pm 0.18$		

图 1 表明,从 9 月 25 日至 11 月 8 日,样本传热系数急剧下降,保温性能明显增强。11 月 8 日至 12 月 15 日,样本传热系数下降缓慢,证明保温性能渐趋稳定。

#### 3.2 新生冬季披针毛与绒毛各时间阶段的长度

从表 2 可知,随着采样日期的后移,披针毛和绒毛的长度整体上逐渐增长。9 月 25 日,新生披针毛和绒毛的平均长度分别为 ( $5.81 \pm 1.20$ ) mm、( $4.46 \pm 0.64$ ) mm。12 月 5 日背臀部被毛已基本结束生长,此时披针毛和绒毛的平均长度分别为 ( $22.02 \pm 3.34$ ) mm、( $15.10 \pm 2.39$ ) mm。从 9 月 25 日到 11 月 8 日的披针毛和绒毛的增长长度分别为 10.93 mm、7.74 mm,而 11 月 8 日至 12 月 5 日期间的披针毛和绒毛的增长长度分别为 5.28 mm、2.90 mm。这说明人工养殖松鼠 10 月份的背臀部披针毛和绒毛生长速度比 11 月份快。

#### 3.3 不同采样时期披针毛和绒毛出现毛根无髓样本的比例

松鼠的毛都是有髓毛,在毛生长接近结束时,首先停止分生的是髓细胞,所以毛根处无髓质。因此可以根据一根毛的毛根是否无髓,判别这根毛是否已经结束生长<sup>[19]</sup>。从表 3 可见,披针毛和绒毛出现毛根无髓段样本的比例整体上是逐渐增长的,其中 10 月 18 日绒毛毛根出现无髓段样本的比例没有呈规律性的变化。绒毛出现毛根无髓样本的比例总体大于披针毛,且 11 月 25 日绒毛毛根无髓比例先到达 100%,说明绒毛结束生长的时期早于披针毛。至 12 月 5 日,披针毛和绒毛都已结束生长。

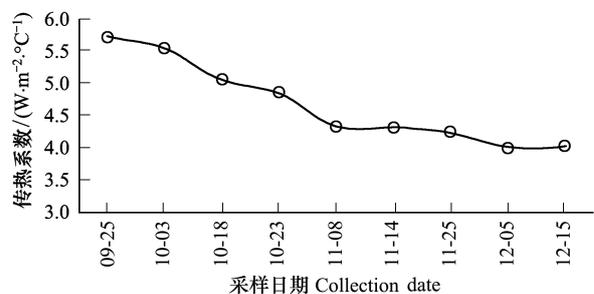


图 1 9 月 25 日—12 月 15 日背臀部被毛传热系数趋势图  
Fig. 1 Trend graph of coat heat transfer coefficient in back hips from September 25th to December 15th

表 2 各时间阶段新生披针毛和绒毛长度的平均值

Table 2 Mean of the length of the newborn intermediate guard hair and undercoat hair in different time phases

采集日期 Collection date	披针毛长度/mm	绒毛长度/mm
	length of intermediate guard hair(LIGH)	length of undercoat hair(LUH)
	平均数±标准差 Mean±SD	平均数±标准差 Mean±SD
09-25	5.81±1.20	4.46±0.64
10-03	7.97±1.29	6.75±1.65
10-18	10.76±1.32	8.75±1.77
10-23	12.63±1.97	11.21±1.93
11-08	16.74±1.71	12.20±1.55
11-14	20.98±3.07	13.55±0.82
11-25	21.38±1.90	14.96±2.45
12-05	22.02±3.34	15.10±2.39
12-15	22.13±2.41	15.00±1.27

表 3 各时间阶段背臀部披针毛绒毛出现毛根无髓段样本比例

Table 3 The proportion of medulla-absent region in intermediate guard hair and undercoat hair root in different time phases

采样日期 Collection date	披针毛毛根出现无髓段比例/%	绒毛毛根出现无髓段比例/%
	Proportion of Medulla-absent region in Intermediate guard hair root(PMRIGHR)	Proportion of Medulla-absent region in undercoat hair root(PMRUHT)
09-25	0.00	0.00
10-03	13.33	13.33
10-18	20.00	33.33
10-23	26.67	46.67
11-08	40.00	60.00
11-14	73.33	86.67
11-25	93.33	100.00
12-05	100.00	100.00
12-15	100.00	100.00

### 3.4 传热系数、披针毛和绒毛的长度、毛根无髓段样本比例之间的相关性

由表 4 可知,对于生长期的被毛,传热系数与披针毛长度、披针毛毛根出现无髓段比例、绒毛长度、绒毛毛根出现无髓段比例四个性状指标呈显著负相关( $r_1 = -0.930$ 、 $r_2 = -0.847$ 、 $r_3 = -0.894$ 、 $r_4 = -0.869$ 、 $P < 0.05$ ),而披针毛长度、披针毛毛根出现无髓段比例、绒毛长度、绒毛毛根出现无髓段比例四个性状指标两两呈显著正相关( $P < 0.05$ )。表明被毛长度和毛根出现无髓样本比例对生长期被毛的传热系数影响较大。许多哺乳动物针毛长度与绒毛长度都呈显著正相关,当针毛长度与绒毛长度显著正相关时,被毛可以产生更好的保温作用<sup>[20]</sup>,松鼠也不例外,这也是秋季换毛期松鼠为了适应逐渐严寒的气候而采取的一种改变被毛性状的对策。

表 4 背臀部被毛性状间的相关性

Table 4 The correlation of the parameter of the pelage in the middle between mid back and hip

相关系数 Pearson correlation coefficient	披针毛长度 LIGH	披针毛毛根 无髓段比例 PMRIGHR	绒毛长度 LUG	绒毛毛根 无髓段比例 PMRUHT
传热系数 HTC	-0.930 **	-0.847 **	-0.894 **	-0.869 **
披针毛长度 LIGH		0.974 **	0.700 **	0.980 **
披针毛毛根无髓段比例 PMRIGHR			0.916 **	0.967 **
绒毛长度 LUG				0.960 **

#### 4 讨论

秋季,由于日照时间的缩短不仅可以使动物脱夏毛长冬毛,还可以促进休眠的毛囊原始体的发育,增加新生冬毛的数量。又由于随着气温降低,不断促进哺乳动物通过机体调节功能来增加毛的长度和密度<sup>[2,21]</sup>。因此,松鼠随着日照时间缩短、气温降低,毛被保温性能不断增强。在哈尔滨室内人工养殖的松鼠,秋季换毛始于9月下旬,结束于11月末,历时2个月。由于室内的松鼠对室外自然光照时数的日渐缩短敏感度低,以及室内的温度比室外温度偏高,室内人工养殖松鼠的秋季换毛较室外存在开始晚,历时长,结束晚的可能。

在毛长度、毛根出现无髓段比例及传热系数的测量中,随时间推移,直至12月初,披针毛长度、绒毛长度及毛根无髓段的比例都表现为逐渐增长,而传热系数逐渐减小。其中有个别松鼠被毛性状变化的时间晚于整体规律性变化时间。产生该现象的原因:①个体年龄差异。本实验的研究对象为27只雌性松鼠(25只成体,2只亚成体),其中10月18日采样的成体与亚成体的被毛传热系数分别为 $5.06 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{C}^{-1}$ 、 $5.63 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{C}^{-1}$ ;11月14日采样的成体与亚成体的被毛传热系数分别为 $4.32 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{C}^{-1}$ 、 $4.51 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{C}^{-1}$ ,以上两组数据表明:同一采样时间,成体的传热系数小于亚成体的,其保温性能强于亚成体。两组数据还显示出成体保温性能变化小于亚成体,虽不足以说明亚成体新生冬毛生长速度快于成体,但存在着这种可能性。②个体营养健康状况的差异。从整体规律上看,10月份的被毛传热系数变化大,其原因为:毛的生长速度在10月份最快,毛长度的变化直接影响样本保温性能的变化;绒毛先于针毛成熟,松鼠绒毛致密丰厚、形态弯曲、内有髓质,松鼠主要依靠发达的绒毛来增加保温功能。

松鼠生长中的被毛与结束生长的被毛之间保温性能的差异主要来源于毛长度和毛密度差异:在长度上,结束生长的被毛已达到其最大长度,同时毛的髓质长度也达到最长,毛纤维内可滞留的静止空气多,保温功能强;在毛密度上,在有限的皮肤面积上,结束生长的被毛是通过降低毛细度,提高毛束密度和单个毛束内的毛数量等方式来增加被毛密度,而生长中的被毛正处于增加毛密度的过程中,部分新毛尚未长出或长成。此外,被毛形态、出现长瓣型鳞片进度的不同也对生长中的被毛和结束生长的被毛二者保温性能的差异略有影响。从被毛形态方面看,结束生长的被毛中披针毛相比直针毛呈略弯曲形态,而绒针毛和绒毛弯曲程度较大,致使被毛间更易形成细小空隙,滞留大量静止空气,以增强保温能力。从毛鳞片方面看,松鼠针毛和绒毛毛干上的鳞片都有游离缘突出的长瓣型鳞片<sup>[22]</sup>,长瓣型鳞片具有便于毛纤维之间固定静止空气的作用。长瓣型鳞片在结束生长的被毛中已完全形成,而在生长中的被毛中尚未形成或未形成完。综上所述,以被毛长度和密度的差异为主要原因,被毛形态和长瓣型鳞片出现进度的差异为参考因素,致使结束生长的被毛的保温性能强于生长中被毛的保温性能,随着被毛在不断生长过程中,其保温性能也在不断地增强。

为了适应炎热夏季和寒冷冬季的两个极端气候环境,松鼠夏季被毛稀短,使身体达到良好的散热状态,而冬季被毛丰厚,是为了增强被毛的保温隔热性能,从而达到对机体的保护保温功能。从夏季至冬季的季节变化过程中,为了适应逐渐寒冷的气候,松鼠的被毛形态也在不断地调整改变,使被毛保温性能逐渐增强。松鼠秋季换毛期换毛序依次为:臀尾部—背部—颈部—头部<sup>[19]</sup>,根据动物机体的异温性原理<sup>[23]</sup>,背中部和背臀部接近体核且直接暴露,故需要具有极强保温功能的被毛来阻止身体热量的流失。因此,随着气候的渐冷,背臀部最先需要受到保护。同理,在春季换毛过程中,臀部被毛却是最后进行脱换的。

#### References:

- [ 1 ] Bulgarella M, de Lamo D. Thermal conductance of guanaco (*Lama guanicoe*) pelage. *Journal of Thermal Biology*, 2005, 30(8): 569-573.
- [ 2 ] Reynolds P S. Effects of body size and fur on heat loss of collared lemmings, *Dicrostonyx groenlandicus*. *Journal of Mammalogy*, 1993, 74(2): 291-303.
- [ 3 ] Šumbera R, Zelová J, Kunc P, Knížková I, Burda H. Patterns of surface temperatures in two mole-rats (Bathergidae) with different social systems as revealed by IR-thermography. *Physiology and Behavior*, 2007, 92(3): 526-532.
- [ 4 ] Underwood L S, Reynolds P. Photoperiod and fur lengths in the arctic fox (*Alopex lagopus* L.). *International Journal of Biometeorology*, 1980, 24(1): 39-48.

- [ 5 ] Wasserman D, Nash D J. Variation in body size, hair length, and hair density in the deer mouse *Peromyscus maniculatus* along an altitudinal gradient. *Holarctic Ecology*, 1979, 2(2): 115-118.
- [ 6 ] Rymer T L, Kinahan A A, Pillay N. Fur characteristics of the African ice rat *Otomys sloggetti robertsi*: Modifications for an alpine existence. *Thermal Biology*, 2007, 32(7/8): 428-432.
- [ 7 ] Allain D, Rougeot J. Induction of autumn moult in mink (*Mustela vison* Peale and Beauvois) with melatonin. *Reproduction, Nutrition, Development*, 1980, 20: 197-201.
- [ 8 ] Jin X, Zhang W, Jin Y. Seasonal variation of the hair structure in red deer (*Cervus elaphus xanthopygus*). *Acta Theriologica Sinica*, 2005, 25(4): 414-416.
- [ 9 ] Xu Z Q, Xu L, Li B, Xu H F. Coat changes and hair morphology of musk deer (*Moschus berezovskii*) fawn. *Acta Theriologica Sinica*, 2006, 26(1): 101-104.
- [ 10 ] 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.
- [ 11 ] 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, 37(7): 91-92.
- [ 12 ] Zheng L. Design of a Testing Platform Based on Heat Transfer Property of Pelage and Its Implementation [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2011: 12-30.
- [ 13 ] Liu Y. A Study on Thermal Insulation of Siberian Weasel (*Mustela sibirica manchurica*)'s Winter Pelage on Different Body Parts in Tong-River Forestry Region [D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2012: 22-31.
- [ 14 ] Zhang S Y, Zhang W, Zheng L. Comparison of thermal insulation performance of pelage in siberian weasel from different habitats and experimental optimization of heat transfer measurement. *Journal of Northeast Forestry University*, 2012, 40(4): 68-70.
- [ 15 ] Zhang W, Liu L S, Liu E M, Fu Y J, Fei X. The adaptability of hair medulla exponent of roe deer in keeping warm and protection. *Journal of Northeast Forestry University*, 1997, 25(3): 45-47.
- [ 16 ] Yang G Z. The regular pattern of seasonal molt in *Mustela*. *Journal of Economic Animal*, 1980, (2): 6-8.
- [ 17 ] Kuhlmann M T, Clemen G, Schlatt S. Molting in the Djungarian hamster (*Phodopus sungorus* Pallas): seasonal or continuous process? *Journal of Experimental Zoology Part A, Comparative Experimental Biology*, 2003, 295A(2): 160-171.
- [ 18 ] Zhu J, Yang S X, Wang J Y. Coat changes of *Sciurus vulgaris*. *Chinese Journal of Zoology*, 1960, (6): 244-249.
- [ 19 ] Jing S Y, Zhang W, Xu Y C. Fur. Harbin: Northeast Forest University Press, 1993: 75-76.
- [ 20 ] Fish F E, Smelstoy J, Baudinette R V, Reynolds P S. Fur does not fly, it floats: buoyancy of pelage in semi-aquatic mammals. *Aquatic Mammals*, 2002, 28(2): 103-112.
- [ 21 ] Boyles J G, Bakken G S. Seasonal changes and wind dependence of thermal conductance in dorsal fur from two small mammal species (*Peromyscus leucopus* and *Microtus pennsylvanicus*). *Journal of Thermal Biology*, 2007, 32(7/8): 383-387.
- [ 22 ] Teerink B J. Hair of West European Mammals: Atlas and Identification Key. United Kingdom: Cambridge University Press, 2004: 168-169.

#### 参考文献:

- [ 8 ] 金辛, 张伟, 金煜. 马鹿东北亚种被毛形态结构的季节性差异. *兽类学报*, 2005, 25(4): 414-416.
- [ 9 ] 徐正强, 徐玲, 李波, 徐宏发. 林麝幼体的换毛序和胎毛、夏毛、冬毛的形态. *兽类学报*, 2006, 26(1): 101-104.
- [ 10 ] 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.
- [ 11 ] 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, 37(7): 91-92.
- [ 12 ] 郑雷. 体被热物性参数测试平台构建及测试应用研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2011: 12-30.
- [ 13 ] 柳宇. 通河林区黄鼬 (*Mustela sibirica manchurica*) 多部位冬季毛被保温性能的研究 [D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2012: 22-31.
- [ 14 ] 张溯源, 张伟, 郑雷. 不同生境黄鼬毛皮保温性能比较及传热测试实验优化. *东北林业大学学报*, 2012, 40(4): 68-70.
- [ 15 ] 张伟, 刘龙生, 刘二曼, 付永军, 庞璇. 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*, 1997, 25(3): 45-47.
- [ 16 ] 杨圭璋. 黄鼬季节性换毛的规律. *毛皮动物饲养*, 1980, (2): 6-8.
- [ 18 ] 朱靖, 杨树勋, 王家义. 灰鼠 (*Sciurus vulgaris linné*) 换毛序. *动物学杂志*, 1960, (6): 244-249.
- [ 19 ] 景松岩, 张伟, 徐艳春. 毛皮学. 哈尔滨: 东北林业大学出版社, 1993: 51-76.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33 ,No. 16 Aug. ,2013( Semimonthly)**  
**CONTENTS**

**Frontiers and Comprehensive Review**

- Advances in theoretical issues of species distribution models ..... LI Guoqing, LIU Changcheng, LIU Yuguang, et al (4827)
- A review on rare earth elements in farmland ecosystem ..... JIN Shulan, HUANG Yizong (4836)
- A review on the mechanism of attachment and metamorphosis in barnacle cyprids ... RAO Xiaozhen, LIN Gang, XU Youqin (4846)
- Decision making in group living animals ..... WANG Chengliang, WANG Xiaowei, QI Xiaoguang, et al (4857)

**Autecology & Fundamentals**

- Influence of monsoon's advancing, retreating and conversion on migrations of *Nilaparvata lugens* (Stål) in China .....  
..... BAO Yunxuan, HUANG Jinying, XIE Xiaojin, et al (4864)
- Prey selection and feeding rate of sea stars *Asterias amurensis* and *Asterina pectinifera* on three bivalves .....  
..... QI Zhanhui, WANG Jun, MAO Yuze, et al (4878)
- Habitat selection of Whooper Swan at Bayanbulak in Xinjiang of China ..... DONG Chao, ZHANG Guogang, LU Jun, et al (4885)
- The genetic structure of endemic plant *Pteroceltis tatarinowii* by ISSR markers .....  
..... LI Xiaohong, ZHANG Hui, WANG Deyuan, et al (4892)
- Genetic analysis of salt tolerance of F<sub>1</sub> progenies between chrysanthemum and the intergeneric hybrid of chrysanthemum and  
crossostephium ..... XU Lili, CHEN Fadi, CHEN Sumei, et al (4902)
- Indicative effect of the anatomical structure of plant photosynthetic organ on WUE in desert region .....  
..... ZHANG Haina, SU Peixi, LI Shanxia, et al (4909)
- Effects of water on photosynthesis in different age of tomato leaves ..... CHEN Kaili, LI Jianming, HE Huiqiang, et al (4919)
- Photosynthesis-nitrogen relationship in evergreen and deciduous tree species at different altitudes on Mao'er Mountain, Guangxi .....  
..... BAI Kundong, JIANG Debing, WAN Xianchong (4930)
- Effect of fertilization on the dynamic of soil N<sub>2</sub>O fluxes in Chinese chestnut stands .....  
..... ZHANG Jiaojiao, LI Yongfu, JIANG Peikun, et al (4939)
- Effects of long-term fertilization on aggregate dynamics and organic carbon and total nitrogen contents in a reddish paddy soil .....  
..... LIU Xiyu, WANG Zhongqiang, ZHANG Xinyu, et al (4949)

**Population, Community and Ecosystem**

- Carbon storage of natural wetland ecosystem in Daxing'anling of China ..... MU Changcheng, WANG Biao, LU Huicui, et al (4956)
- Monitoring the riparian vegetation cover after the Wenchuan earthquake along the Minjiang River valley based on multi-temporal  
Landsat TM images; a case study of the Yingxiu-Wenchuan section ..... XU Jiceng, TANG Bin, LU Tao (4966)
- A dynamic analysis of spatial distribution pattern of *Larix gmelinii* natural forest in Pangu farm under varying intensity of fire  
disturbance ..... NI Baolong, LIU Zhaogang (4975)
- Structure of macrozoobenthos in lakes along the Yangtze River and relationships with environmental characteristics .....  
..... CAI Yongjiu, JIANG Jiahu, ZHANG Lu, et al (4985)
- The research on the age structure and sex ratio of *Niviventer confucianus* in Thousand Island Lake .....  
..... ZHANG Xu, BAO Yixin, LIU Jun, et al (5000)
- Mathematical model of insect Logistic increasing and economic threshold based on sex pheromone trap .....  
..... ZHAO Zhiguo, RONG Erhua, ZHAO Zhihong, et al (5008)
- Community composition and phototaxis of insects in tea plantations in Southern Jiangshu Province during late fall .....  
..... ZHENG Yingcha, NIU Yuqun, CUI Guiling, et al (5017)
- Effect of agricultural land use types on soil mite communities in north China .....  
..... HAN Xuemei, LI Dandan, LIANG Zian, et al (5026)

**Landscape, Regional and Global Ecology**

- Exploring the space syntax under negative planning; a case study of landscape connectivity based on the behaviors of avian edge  
species ..... YANG Tianxiang, ZHANG Weiqian, FAN Zhengqiu, et al (5035)
- Temporal-spatial variation of heterotrophic respiration in alpine area of southwestern China .....  
..... ZHANG Yuandong, PANG Rui, GU Fengxue, et al (5047)

- Variability of soil organic matter and its main factors in Jiangsu Province ..... ZHAO Mingsong, ZHANG Ganlin, LI Decheng, et al (5058)
- Spatial distribution and change of vegetation carbon in Northwest Guangxi, China on the basis of vegetation inventory data ..... ZHANG Mingyang, LUO Weijian, LIU Huiyu, et al (5067)
- Resource and Industrial Ecology**
- Urban metabolism process based on emergy synthesis; a case study of Beijing ..... LIU Gengyuan, YANG Zhifeng, CHEN Bin (5078)
- Evaluation on cultivated land ecological security based on the PSR model and matter element analysis ..... ZHANG Rui, ZHENG Huawei, LIU Youzhao (5090)
- The effect of super absorbent polymer on the growth and nutrition absorption of *Festuca arundinacea* L. on an improved gangue matrix ..... ZHAO Zhifeng, WANG Dongmei, ZHAO Tingning (5101)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- The effect of distance on the ecological conservation value; a case study of Sanjiang Plain Wetland ..... AO Changlin, CHEN Jinting, JIAO Yang, et al (5109)
- Research Notes**
- Scaling effect on spatial variation of soil organic carbon in mountainous areas of Guangdong Province ..... JIANG Chun, WU Zhifeng, QIAN Lexiang, et al (5118)
- The changes of hair length and pelage thermal insulation in captive female squirrel, *Sciurus vulgarize manchuricus*, during autumn molting period ..... JING Pu, ZHANG Wei, HUA Yan, et al (5126)

# 《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于1981年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的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;新书评价和学术、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

本期责任副主编 王克林 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33卷 第16期 (2013年8月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 16 (August, 2013)

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

主编 王如松  
主管 中国科学技术协会  
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

出版 科学出版社  
地址:北京东黄城根北街16号  
邮政编码:100717

印刷 北京北林印刷厂  
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@espg.net

订购 全国各地邮局  
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

广告经营 京海工商广字第8013号  
许可证

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

Editor-in-chief WANG Rusong  
Supervised by China Association for Science and Technology  
Sponsored by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel: (010)64034563  
E-mail: journal@espg.net

Domestic All Local Post Offices in China  
Foreign China International Book Trading  
Corporation  
Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China



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 90.00 元