

聚群与环境温度对黄毛鼠耗氧量的影响

祝龙彪 王培潮 钱国桢 崔志兴

(华东师范大学动物生态研究室)

黄毛鼠 (*Rattus losea*) 是我国长江以南分布极广的一种农林业重要害兽, 也是南方恙虫病立克次体及钩端螺旋体的主要贮存宿主之一。林浩然等(1961)对黄毛鼠的某些生态研究中发现, 该鼠在广东地区, 秋冬季常有数只成鼠(6—7)同穴群居习性。1979—1980年, 我们在浙江北部对黄毛鼠的生态作四季调查时, 也发现此鼠于冬季有集群现象。但由于对黄毛鼠的生理生态还研究得很少, 例如环境温度对黄毛鼠的影响怎样? 聚群有何生理生态学方面的意义? 因此本文试图着重探讨一下聚群与环境温度对黄毛鼠的能量代谢影响。

在研究啮齿动物的热能代谢中, 人们常用耗氧量作为了解动物代谢强度及产热量的一种间接指标 (Morhart, 1971; Bligh, 1976), 以及利用耗氧量来衡量鼠类对环境温度的适应调节能力 (Hart, 1971), 地理分布, 地理变异 (孙儒泳, 1959, 1963; Ладыгина, 1954), 也常用作鼠类同属的种间差异的鉴别 (孙儒泳等, 1973)。

一、材料和方法

实验动物: 黄毛鼠于 1979 年及 1980 年的不同月份, 捕自浙江平湖县外甫山及上海的大金山海岛。捕获的鼠, 带回实验室经几天饲养后, 随即测定单只及聚群 (2 至 5 只的集合体) 在不同环境温度 (呼吸室温度) 下的耗氧量。测定的雌鼠都是不怀孕, 也非哺乳的个体。

为了进一步观察经较长期人工饲养后的黄毛鼠, 对环境温度变化所引起的热能代谢的调节能力。我们将 1980 年 1 月份捕来的黄毛鼠, 以单体及群体分别饲养于自然环境温度里。单体是指每笼饲养一只动物 (笼体积为 $30 \times 10 \times 20 \text{ cm}^3$, 即等于 0.06 立方米); 群体是指每笼饲养 10 只动物 (笼体积为 $40 \times 25 \times 60 \text{ cm}^3$, 即等于 0.6 立方米)。经 4 个月后, 即到 5 月中旬, 分别测定在不同饲养条件下的黄毛鼠的耗氧量。饲养的鼠以麦粒及颗粒饲料为食, 供应饮水。

耗氧量测定与计算: 在恒温室内 用自制改进的闭路补氧式耗氧测定仪 (王培潮等, 1980), 测定黄毛鼠在 10°C 、 20°C 、 30°C 、 35°C 等不同环境温度下的耗氧量。动物在代谢室内排出的 CO_2 是用固体 NaOH 吸收。每次实验记录前, 先将动物在代谢室内适应 10 分钟。每次耗氧测定计 30 分钟。耗氧量以每小时每克体重消耗氧气的毫升数表示 (即 $\text{mlO}_2/\text{g}\cdot\text{hr}$)。为了排除动物体重因素对耗氧量的影响, 根据 Hart (1971) 建议, 以每小时每只鼠的 0.73 次幂消耗的氧气量计算 (即以 $\text{mlO}_2/\text{w}^{0.73}\cdot\text{hr}$ 表示)。实验分别在 1979 年 10 月, 12 月及 1980 年 1 月, 5 月及 10 月进行, 前后共测定 1,199 鼠次的耗氧量。实验所得结果应用数理统计处理。

二、结果

1. 耗氧量与动物体重的关系

根据 1980 年 1 月份测定的数据分析 (其他月份亦雷同), 黄毛鼠在 10°C 、 20°C 、 30°C 三种环境

温度中, 都显示出耗氧量对数 y 与体重对数 x 呈负的直线相关, 相关的显著性极高 ($p < 0.01$) (图 1)。例如 10℃, 黄毛鼠单位体重上的耗氧量 $M = 340.6 V^{-1.0764}$, 即耗氧量平均以体重的 1.0764 次幂的速率下降。

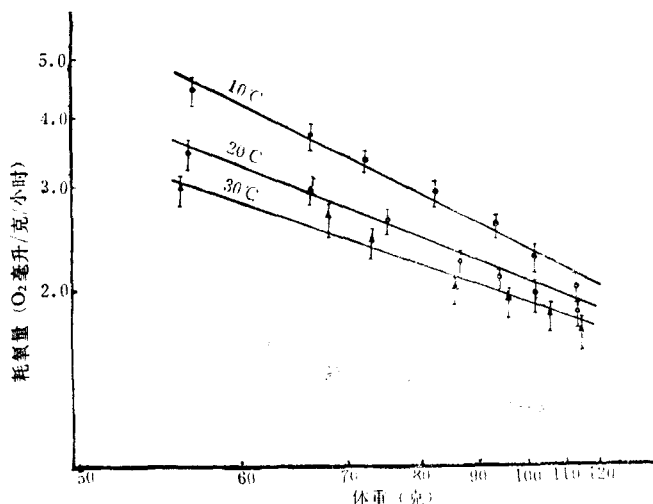


图 1 黄毛鼠在三种环境温度(10℃、20℃、30℃)下耗氧量对数在体重对数上的回归(1980.1)垂直线为两倍标准误($\bar{x} \pm SE$)

$$10^{\circ}\text{C} \quad n=55, \quad r=-0.9933, \quad \hat{y}=2.5322-1.0764X$$

$$20^{\circ}\text{C} \quad n=55, \quad r=-0.9906, \quad \hat{y}=2.2473-0.9701X$$

$$30^{\circ}\text{C} \quad n=55, \quad r=-0.9913, \quad \hat{y}=1.8920-0.8066X$$

2. 耗氧量与环境温度的关系

(1) 在一定的环境温度范围(10—30℃), 黄毛鼠在单位体重上及体重^b(W^b)上的耗氧量, 显示出随环境温度升高而递减, 呈负的线性相关。例如 1 月份测定黄毛鼠在 10—30℃ 的耗氧量, 单位体重上由 3.1635 ± 0.1155 (体重克 84.1543 ± 19.3413) 降到 2.1819 ± 0.1283 (体重克 86.2686 ± 20.2925), $n=55$, $r=-0.9795$ 。相应地 W^b 上由 75.9313 ± 0.7271 降到 56.6531 ± 1.6070 。从 10 到 20℃ 的耗氧量下降较快, 以 10℃ 与 20℃ 的耗氧量值相比, 不论单位体重上 ($t=4.2053$), 还是 W^b 上 ($t=9.7960$), 差异都非常显著 ($p < 0.01$)。10—20℃ 间, 环境温度每上升 1℃, 单位体重上的耗氧量值平均下降 0.0666。从 20—30℃, 随着环境温度上升, 耗氧量虽在递减, 但较缓慢。20℃ 与 30℃ 相比, 仅在 W^b 上的耗氧量值能达到非常显著性差异 ($t=3.5338$, $p < 0.01$)。此时环境温度每上升 1℃, 耗氧量平均下降 0.0316。其它月份, 动物随环境温度的变化, 所测定的一系列耗氧量亦有同样的趋势。

冬季当环境温度从 30℃ 升到 32℃, 未见到耗氧量继续下降。当环境温度上升到 34℃ 及 35℃ 时, 发现单位体重上的耗氧量较 30—32℃ 有所增加 (图 2)。

(2) 耗氧量的季节差别, 在 10 至 30℃ 的环境温度范围内, 黄毛鼠都显示出冬季 (1 月份) 的耗氧量显著低于初夏 (5 月上中旬) 的水平 ($p < 0.05$) (图 3)。

3. 动物聚群和耗氧量关系

(1) 聚群的耗氧量 在 10、20、30℃ 等环境温度的实验中都观察到, 黄毛鼠随着聚群个

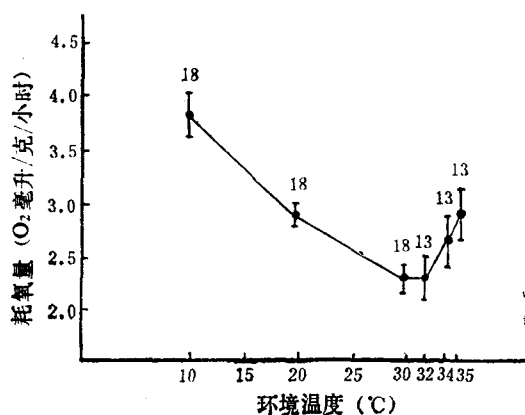


图2 冬季黄毛鼠在不同环境温度(10℃—35℃)下的耗氧量变化(1980.1)
垂直线为两倍标准误($\bar{X} \pm 2SE$)

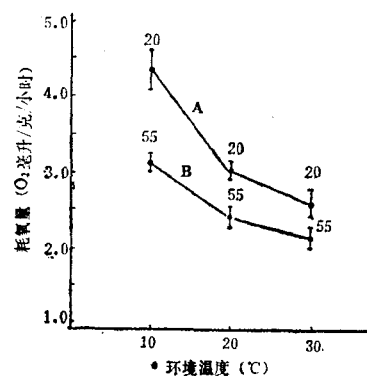


图3 等体重组黄毛鼠5月份(A)与1月份(B)在10℃—30℃环境温度下的耗氧量比较
垂直线为两倍标准误($\bar{X} \pm 2SE$)

单位体重上
10℃: $t=3.8212, P<0.01$
20℃: $t=3.4295, P<0.01$
30℃: $t=2.0657, P<0.05$

体重 W^b 上
 $t=5.5491, P<0.01$
 $t=6.3623, P<0.01$
 $t=3.9928, P<0.01$

体数的增加,耗氧量则相对地下降。如1月份10℃下聚群(2至5只不等)的平均耗氧量,低于单只的水平,差异显著($p<0.05$) (图4)。此时,若以5只聚集在一起的平均耗氧量

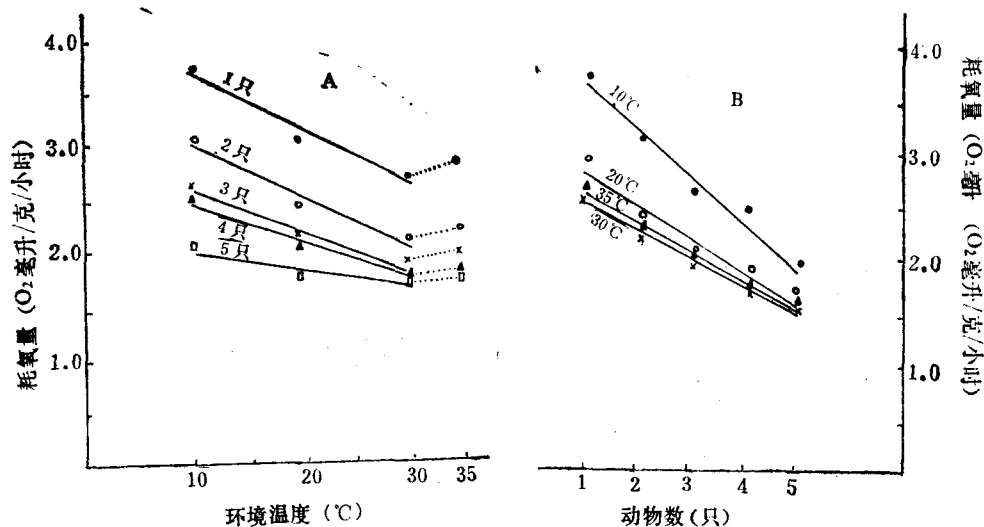


图4 黄毛鼠的耗氧量在温度(10℃—35℃)及聚群(从2只动物增加到5只)上的回归

A. 耗氧量在温度上的回归

B. 耗氧量在动物聚群数上的回归(1980.1)

与单只相比,节省46.17% (耗氧量的绝对差值为1.6853); 20℃及30℃的5只聚群与单只相比,其分别节省耗氧量45.68% (1.3655)及36.25% (0.9539)。

(2) 长期群养及单养的黄毛鼠耗氧量的比较

对从1月份开始用两种不同条件(单养及群养)下饲养的黄毛鼠,到5月份,分别测定它们在不同温度(10—30℃)及聚群体(从2只增加到5只)的耗氧量。发现群养的鼠类,不

仅整个代谢水平降低, 而且对环境温度变化的适应能力亦下降 (图 5、6)。例如单养的鼠类在 10°C , 其 5 只鼠聚群的耗氧比孤独的单只鼠省 52.92% (绝对差值 2.2803); 但此时群养的鼠, 其 5 只鼠聚群的耗氧量比单只的只节省 43.18% (1.6925)。 20°C 及 30°C 亦存在着相似现象。

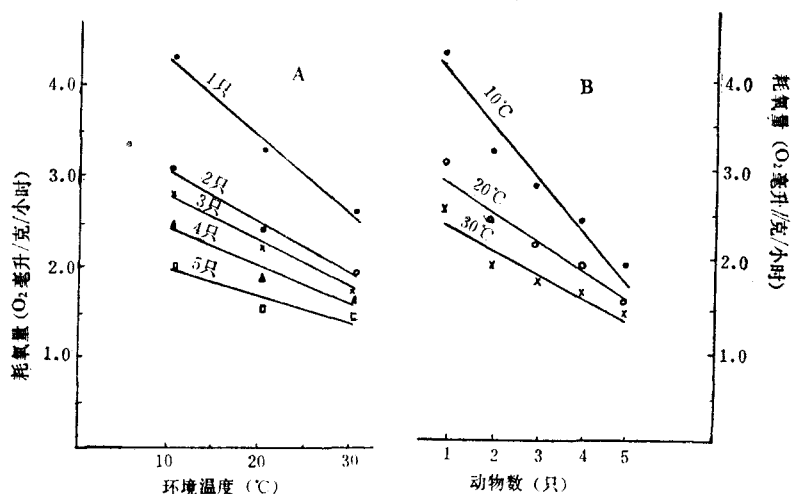


图 5 长期单体饲养的黄毛鼠耗氧量在温度 (10°C — 30°C) 和聚群 (从 2 只动物增加到 5 只) 上的回归

A. 耗氧量在温度上的回归

B. 耗氧量在聚群上的回归

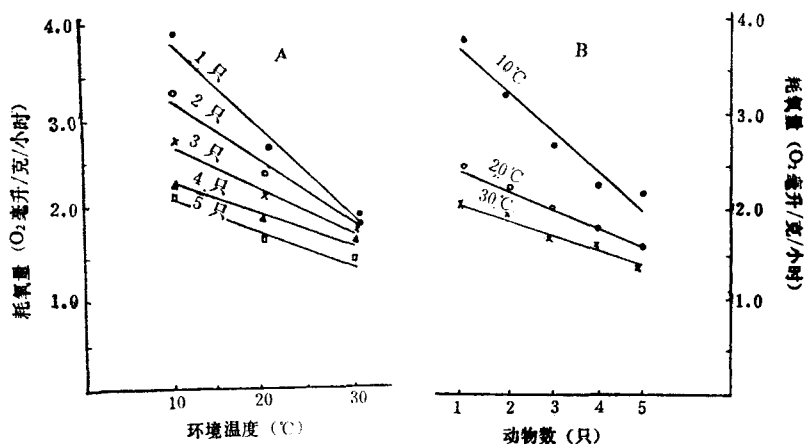


图 6 长期群体饲养的黄毛鼠耗氧量在温度 (10°C — 30°C) 和聚群 (从 2 只动物增加到 5 只) 上的回归

A. 耗氧量在温度上的回归

B. 耗氧量在聚群上的回归

三、讨 论

1. 耗氧量与体重及环境温度的相关性

恒温动物代谢率与个体大小呈负相关的事实, 早已被很多比较生理学家所确认。Hart (1971) 认为在热中性区温度下, 最低代谢率(或基础代谢率)与体重呈负相关。我们研究的黄毛鼠亦证明此点。孙儒泳(1959、1963)研究普通田鼠及棕背鼯耗氧量的地理差异时, 采用对比同体重组方法, 认为能避免应用单位体表面积耗氧量研究方法的缺陷。Bligh (1976) 指出: “动物每日基础代谢率是随着其体积增大而增加, 但不是与其个体大小直接成比例的, 而是与每只动物体重 $^{0.734}$ ($W^{0.734}$) 的函数相关。即当动物体重增加100%, 其基础代谢率大约只增加73%。”为了矫正体重因素对耗氧量的影响, Hart (1971) 曾推荐以 M/W^b 来表示耗氧量。 b 值是耗氧量(毫升/时/每只鼠)在体重回归线上的斜率。可用 $W^b = W^{0.73}$ 代替, 实际上这也是对比同体重组耗氧量的一种换算方法。孙儒泳等(1973)应用协方差分析, 对比耗氧量的调整平均数, 曾研究褐家鼠和社鼠的种间差异, 认为优越于其它方法。我们在本文的研究中, 以 W^b 上的耗氧量与单位体重上的耗氧量作了比较, 也发现以 M/W^b 来运算黄毛鼠的耗氧量较单位体重法好。

黄毛鼠随环境温度由 10°C 上升到 30°C , 耗氧量迅速下降, 呈负相关。但是从 10 到 20°C 间, 温度每上升 1°C , 耗氧量的下降显著大于 20 至 30°C 间的值。说明在较低的环境温度下, 化学体温调节能力较强。

黄毛鼠的耗氧量有明显的季节变化。在不同的环境温度 (10°C 、 20°C 、 30°C) 下, 1 月份的耗氧量明显地低于 5 月份。这与孙儒泳等(1973)研究褐家鼠、社鼠, 及 Шунг као ван, и Смирнов (1970) 研究褐家鼠的结果相一致。Herour (1962) 曾认为褐家鼠冬季耗氧水平低, 是由于冬季毛皮隔热良好, 从而得到补偿的结果。

2. 动物聚群的生物学意义

聚群问题是当今种群生态讨论的主要问题之一。在实验室人们常将动物按不同数量的个体聚集拥挤在一起, 以模拟聚群。研究动物在不同条件下聚群的代谢水平, 有其实践与理论上的意义。

Mount (1960) 提到, 在较低的环境温度下, 动物聚集在一起是一种极普遍的现象。Martin *et al.* (1980) 认为, 自然界中很多小型哺乳动物的聚群, 是维持体温, 抵抗寒冷的一种行为。

动物聚群后, 可以节省耗氧数与产热率, 这已被很多作者所注意到(孙儒泳, 1963; Prychodko, 1958; Pearson, 1960; Gorecki, 1968; Fedyk, 1971; Stanier, 1975; McManus and Singer, 1975; Martin *et al.* 1980)。Prychodko (1958) 曾观察到, 聚群的动物不仅比单只等体重的减少耗氧量, 而且还减少食量, 他发现在低于中性热温度区的情况下, 聚群的一对或三只小家鼠比孤独的单只鼠(体重相等的基础上)吃得少。Pearson (1960) 在一次实验中偶然发现, 在 1°C 用三只小家鼠聚群在一起, 比单只每克体重的代谢率节省28%, 从而他提出所谓聚群热经济(Thermal economy of huddling)的概念。我们在研究黄毛鼠聚群的热能代谢时发现, 冬季的动物不仅在 10°C 、 20°C 、 30°C , 甚至到 35°C 的条件下, 都显示出随

聚群个体的增加(从2只增加到5只),耗氧量相应地下降,不过在较低的环境温度下(如10℃),才特别明显,差异显著($p < 0.05$)。至于动物聚群后,减少热能消耗的机制问题, Martin *et al.* (1980)认为:(1)聚群后由于体表面积的减小;(2)动物对同类个体的直接出现产生舒适的心理-生理学的缘故。

Andrews(1979)指出,动物在长期聚群情况下,生存的模式显著地不同于短期的。我们的工作发现,当黄毛鼠经长期群养后,其代谢水平不仅低于单养的,而且对外界环境温度变化的调节能力亦降低。也就是说,它对环境温度变化的调节幅度变得比单养的狭窄。可能长期群养,特别是当天气转暖,气温上升后,已到了自然界中的黄毛鼠早该分居繁殖(浙江北部3月份开始交尾繁殖)的时候,仍旧强迫它们聚集在一起,以至于导致有机体内分泌生理机能的改变,以适应被迫聚群的那种不良条件,从而反映在热能代谢调节能力上的降低。

四、小 结

1. 黄毛鼠的耗氧量与体重呈负相关,相关显著性极高。耗氧量随着环境温度上升(从10℃到30℃)而逐渐递减。耗氧量有季节性变化,冬季低于初夏。

2. 在一定的季节,动物聚群可节省热能,也减少食物的消耗。特别在冬天,聚群不仅有防卫意义,而且有利于抵御低温寒冷,对种的生存及延续有重要的生物学意义。但长期聚群,特别当气温上升后,能导致降低动物对外界环境温度变化的调节能力。

参 考 文 献

- 王培潮、赵实、陆厚基、祝龙彪、崔志兴 1980 陆生脊椎动物耗氧量的简易测定法。上海师范大学学报(自然科学版) 2: 126—131.
- 林浩然、辛景禧 1961 中山县大沙田秋、冬两季小拟袋鼠(*Bandicota nemoricava* Hodgson)和黄毛鼠(*Rattus rattoides exiguus* A. B. Howell)生态的初步观察。中山大学学报(自然科学版) 2: 34—40.
- 孙儒泳 1959、1963 棕背鼠和普通田鼠的生态生理特征的地理变异。北京师范大学学报(自然科学版) 6: 61—82. 1959; 1: 51—88, 1963.
- 孙儒泳、黄铁华 1973 褐家鼠和社鼠耗氧量研究中协方差的运用。动物学报 19(3): 283—292.
- Ладыгина Н. М. 1954 Сезонные и географические изменения экологофизиологических особенностей домашних мышей и их связи с условиями существования. Диссертация, харьков.
- Шунг као ван, и П. К. Смирнов 1970 Сезонные изменения теплоизоляции организма крыс. Доклады АН СССР 190(4): 962—965.
- Andrews R. V. 1979 The physiology of Crowding. *Comp. Biochem. physiol.* 63A.1: 1—6.
- Bligh J. 1976 Temperature regulation. In *Environmental physiology of animals*. Edited by Bligh J/J. L. cloudsley-Thopson, A. G. Macdonald. Blackwell Scientific publications. London.
- Fedyk A. 1971 Social thermoregulation in *Apodemus flavicollis* (Melchior, 1834). *Acta theriol.* 16: 221—229.
- Gorioki A. 1968 Metabolic rate and energy budget in the Bank vole. *Acta theriol.* 13: 341—365.
- Hart J. S. 1971 Rodents. In *Comparative physiology of Thermoregulation. Mammals* (Edited by whitrow G. G.). Vol. I. pp. 1—149. Academic press, New york.
- Herour O. 1962 Seasonal adjustments in captured wild Norway rats. I. Survival time. pelt in sulation, shivering, metabolic and pressor responses to noradrenaline. *Can. J. Biochem. physiol.* 40: 537—545.
- Martin R. A., M. Fiorentini, and F. Connors 1980 Social facilitation of reduced oxygen consumption in *Mus musculus* and *Meriones unguiculatus*. *Comp. Biochem. physiol.* 65A. 4: 519—522.
- McManus J. J., and C. M. Singer 1975 Social thermoregulation in the Mongolian gerbil, *Meriones unguiculatus*. *Bull. N. J. Acad. Sci.* 20: 20—25.
- Morhart, J. E, and S. S. Morhart 1971 Correlation between heart rate and oxygen consumption in rodents.

- Amer. J. physiol* 221(6):1580—1586.
- Mount L. E. 1960 The influence of huddling and body size on the metabolic rate of the young pig. *J. Agric. Sci.* 55:101—105.
- Pearson O. P. 1960 The oxygen consumption and Bioenergetics of harvest mice. *Phys. zool.* 33:152—160.
- Prychodko W. 1958 Effect of aggregation of Laboratory mice (*Mus musculus*) on food intake at different temperatures. *Ecology*. 39:500—503.
- Stanier M. W. 1975 Effect of body weight, ambient temperature and huddling on oxygen consumption and body temperature of young mice. *Comp. Biochem. physiol.* 51A:79—82.

THE INFLUENCE OF HUDDLING AND AMBIENT TEMPERATURE ON OXYGEN CONSUMPTION OF *RATTUS LOSEA**

Zhu Longbiao Wang Peichao Qian Guozhen Tsui Chihsin

(Group of animal ecology of Bigology, Department of East-China
Normal University (Late Shanghai Normal University))

1. The metabolism of oxygen consumption of *Rattus losea* has negative correlation with body weight. The dominance of correlation is very significant. The oxygen consumption gradually descends as the ambient temperature ascends (from 10°C to 30°C). The oxygen consumption has seasonal variation. It is lower in winter than in summer.

2. Animal crowding may reduce the loss of heat energy, and also decreases the consumption of food in winter. But *Rattus losea* Crowding long time, especially, when natural ambient temperature ascends after, would certainly lead animals decreasing the adaptive ability to variation of ambient temperature.

* Shang Helin and Lu HOGee took part in field work.