

局部环境增温对根田鼠冬季种群的影响

孙平^{1,4} 魏万红^{1,2} 赵亚军³ 徐世晓¹ 赵同标¹ 赵新全^{1*}

(1 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁, 810001)

(2 扬州大学生物科学与技术学院, 扬州, 225009)

(3 中国农业大学设施农业生物环境工程农业部重点开放实验室, 北京, 100083)

(4 中国科学院研究生院, 北京, 100039)

摘要: 通过建立开顶式增温小室模拟全球变暖的实验, 对海北高寒草甸地区实验增温样地及其对照样地内根田鼠的冬季种群进行调查, 旨在研究局部增温对根田鼠冬季种群的可能影响。结果表明, 在冬季, 实验增温草甸样地和灌丛样地内根田鼠的种群密度均显著高于其对照 ($P < 0.05$); 实验增温灌丛样地与对照间性比的差异不显著 ($P > 0.05$); 增温样地和对照之间、不同植被类型的增温样地之间、对照样地之间, 根田鼠留存率、平均体重及年龄结构的差异均不显著 ($P > 0.05$); 有从对照样地向增温样地单方向迁移的记录。总之, 局部环境增温导致实验样地内根田鼠的冬季种群密度明显上升, 而其性比、存活率、种群平均体重以及年龄结构无明显变化; 在冬季, 根田鼠有从对照样地向增温样地扩散或迁移的趋势。

关键词: 根田鼠; 冬季; 种群特征; 开顶式增温小室; 局部环境增温; 全球变暖

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000 - 1050 (2005) 03 - 0261 - 08

Effects of Locally Environmental Warming on Root Vole Population in Winter

SUN Ping^{1,4} WEI Wanhong^{1,2} ZHAO Yajun³ XU Shixiao¹ ZHAO Tongbiao¹ ZHAO Xinquan^{1*}

(1 Northwest Plateau Institute of Biology, the Chinese Academy of Sciences, Xining, 810001, China)

(2 College of Biosciences and Biotechnology, Yangzhou University, Yangzhou, 225009, China)

(3 Ministry of Agriculture Key Laboratory for Agror-Biological Environmental Engineering, China Agricultural University, Beijing, 100083, China)

(4 The Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039, China)

Abstract: To study possible effects of local warming on root vole (*Microtus oeconomus*) populations during winter, we compared populations of root voles in experimentally-warmed sites (using open top chambers, TOCs) and control sites. Experimental sites included experimentally-warmed meadow (EWM), control meadow (CM), experimentally-warmed shrub (EWS), and control shrub (CS). Population densities on EWM and EWS were significantly higher than their respective controls (CK and CS). We found no significant difference in the sex ratio between EWS and CS ($P > 0.05$). We found no significant differences ($P > 0.05$) for any experimental pairwise comparisons of apparent subsistence rate, mean body mass, or population age structure. We documented individual root voles that had dispersed or migrated from controls to locally-warmed sites. Our results suggest that although local environmental warming produced a significant increase of winter root vole population densities, it had little effect on sex ratio, survival rate, average body mass or population age structure. We suspect that root voles dispersed or migrated from control areas to locally-warmed sites.

Key words: Global warming; Local environmental warming; Root vole (*Microtus oeconomus*); Open-top chamber; Population characteristics; Winter

在过去的 100 年里, 地球气候变暖大约 0.6 , 主要集中在 1910 ~ 1945 年以及自 1975 年以来两个时间段, 并且后者的增温速度大约是前者的两倍

(IPCC, 2001)。同时, 气候变化模型预测在本世纪内温度和降水将增加, 最明显的变化将在北纬和冬季发生 (Pst and Stenseth, 1998)。然而, 在许多地区,

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30100016); 中科院海北高寒草甸生态系统定位站基金资助项目

作者简介: 孙平 (1975 -), 男, 博士研究生, 主要从事动物种群生态学和行为生态学方面的研究。E-mail: sun.ping@tom.com

收稿日期: 2004 - 10 - 13; 修回日期: 2005 - 03 - 28

* 通讯作者, correspondence author, E-mail: xqzhao@nwipb.ac.cn

温度的升高是不均匀的,这无疑将影响到整个生态系统动态的异质性 (Walther *et al.*, 2002)。因此,全球变暖对世界范围内的动植物产生何种影响以及其响应模式如何,是吸引众多生态学家的热点问题之一。

全球变暖对动物种群和群落的影响引起了越来越多科学家的重视 (Barnosky *et al.*, 2003; Sun *et al.*, 2005)。目前的研究结果主要集中在大时空尺度上动物的繁殖、分布和群落结构的变化以及模型、模拟实验 (Pest and Stenseth, 1998; Tracy, 1992; Arft *et al.*, 1999; Brown *et al.*, 1999; Crik and Sparks, 1999; Cronin *et al.*, 2001; IPCC, 2001; Pimm, 2001; Walther *et al.*, 2002) 以及由于全球变暖导致各种动物栖息地的改变 (Cotton, 2003; Parmesan and Yohe, 2003; Root *et al.*, 2003; Williams *et al.*, 2003; Meynecke, 2004; Parmesan and Galbraith, 2004) 等,另外,为了更好地理解全球变化导致的微进化 (Microevolution) 结果,也开展了物种种群的基因结构与全球变暖关系的研究 (Rice and Emery, 2003; Levitan and Eges, 2005)。已有的研究表明,某地区哺乳动物群落对气候变化的响应主要表现在三个方面:其一,物种个体的相对多度;其二,物种的种类组成,如物种的局域化灭绝或全球化消失或迁移 (Colonize);其三,物种的丰富度,如物种毁灭、消失和迁移的速率 (Barnosky *et al.*, 2003)。但是,目前尚未看到有关小型啮齿动物种群尤其是冬季种群对全球变暖响应的报道。仅有的研究发现,局部实验增温对不同处理条件下根田鼠栖息地内斑块的利用有不同程度的影响 (Sun *et al.*, 2005; 孙平等, 2004)。

在海北高寒草甸地区,根田鼠 (*Microtus oeconomus*) 是优势小型啮齿动物之一,有关其自然以及实验状态下种群数量动态的研究相对较多 (姜永进等, 1991; 边疆晖等, 1994; 刘季科等, 1994; 周兴民等, 1996; 刘伟等, 1999)。由于该地区冬季恶劣的自然条件,有关其冬季种群数量动态的研究仅见宗浩 (1986)、孙平等 (2002) 以及 Sun 等 (2005) 的报道。在国外,有学者曾观察到,莫斯科附近 Jaroslav 地区的柳树灌丛中,根田鼠冬季的数量比夏季的多 (Karaseva *et al.*, 1957)。

鉴于目前国内外此类研究的现状,本实验采用开顶式增温小室 (top open chambers, TOCs) 模拟全球变暖的方法 (Sun *et al.*, 2005; 孙平等, 2004), 于 2000 年 12 月至 2001 年 4 月在海北高寒草甸地区对根田鼠的冬季种群进行了野外调查。初步探讨海

北高寒草甸地区根田鼠的冬季种群统计特征及其对局部实验增温的响应,为了解根田鼠的完整生活史和提供冬季种群生态学基础数据,并通过局部实验增温对其冬季种群特征的可能影响,来探讨田鼠类动物种群特征对全球变暖的响应模式。

1 研究样地自然概况

本研究在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站地区 (37°29' ~ 37°49' N, 101°12' ~ 101°33' E) 进行,该地区全年平均气温为 -1.7℃, 冬季 (11 月至翌年 4 月) 严寒、漫长而干燥,平均气温为 -15 ~ -20℃, 最低温度可达 -37.1℃。有关该地区的自然状况、植被和土壤结构已有报道 (Zhao and Zhou, 1999), 不再赘述。

2 研究方法

在海北站地区,根据不同植被类型选取 4 块样地 (30 m × 30 m), 其中,增温样地和对照样地各 2 个,分别为实验增温草甸 (experimentally-warmed meadow, EWM); 对照草甸 (control meadow, CM); 实验增温灌丛 (experimentally-warmed shrub, EWS) 和对照灌丛 (control shrub, CS)。样地外用刺丝围栏。不同植被类型试验样地之间有一条河相隔,增温处理样地与对照样地之间相隔 60 ~ 70 m。按照国际冻原计划的标准,分别在样地 EWM 和 EWS 上建有 8 个 TOCs (图 1), 用以模拟全球变暖,有关温室材料、大小、测定温度的设备以及方法已有介绍 (Sun *et al.*, 2005; 孙平等, 2004), 不再赘述。TOCs 内外温度各选 2 个点 (距离 16 m 左右), 于每个月的中旬测定,且逐月进行。

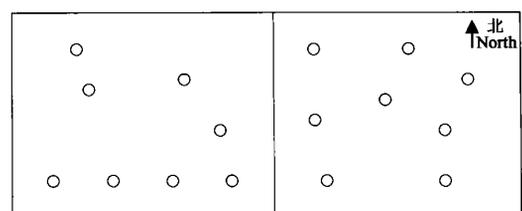


图 1 实验样地内开顶式增温小室分布示意图
(左:草甸样地,右为灌丛样地)

Fig. 1 The map of TOCs distributed in experimental plot (Left: experimentally-warmed meadow plot; Right: experimentally-warmed shrub plot)

采用标志重捕法,以新鲜的胡萝卜作饵料,对 4 个样地内根田鼠的冬季种群特征进行了野外调

查，在4块实验样地内分别按方格布笼，各放笼16个，笼间距为8~10 m。以每月每样地诱捕3天为1诱捕期，鼠笼开放时间：10 30~15 30。诱捕期内，为避免冬季恶劣自然条件造成的根田鼠死亡，每天至少检查3~5次，对首次捕获动物采用耳标法或剪趾法进行标记，称重（ ± 0.1 g）、判断性别、记录捕获地点后，立即在原捕获点释放。若实验期间捕获到其它啮齿动物，一并统计。

运用 Schnabel 方法对统计的数据进行处理，计算种群密度（孙儒泳，1992；孙平等，2002）；以标记根田鼠中雄性个体的数量与雌性个体的数量之比来表示性比；留存率则以月间留存率来表示：第 N_{i+1} 月捕获根田鼠中已标记个体的数量/第 N_i 月标记根田鼠的数量；年龄组的划分以每月动物的首捕体重（当年鼠一般不参加繁殖）作为定量指标，参照梁杰荣等（1982）的研究标准，并充分考虑野外冬季根田鼠体重下降的实际情况，将捕获动物分为3组：成体（ > 23.5 g）、亚成体（ > 16 g，且 < 23.5 g）和幼体（ < 16 g）。

采用单因素方差分析（One-Way ANOVA）对温室内外温度、种群密度、性比、体重以及年龄结构与留存率等指标进行统计学比较分析，用单变量 t -检验（One-sample t -test）检验了根田鼠冬季体重的月间差异。由于迁移、死亡等原因，在 CM 样地中没有捕到根田鼠，因此比较 CM 与 EWM 的种群密度时以 0 计，而没有进行性比、留存率、体重以及年龄结构的比较分析。

3 研究结果

3.1 TOCs 内外微环境的变化

单因素方差分析结果表明（图2），冬季温室内部温度比外部温度平均升高近 1.3（Sun *et al.*, 2005；孙平等，2004）。对温室内、距离温室 25 cm 处以及对照样地上地温的测定结果显示，温室内的平均地温（ $T_{\text{温室}}$ ）比距离温室 25 cm 处的平均地温（ $T_{\text{距离温室25cm}}$ ）高 1.87（ $P < 0.01$ ），而距离温室 25 cm 处的平均地温又比对照样地的平均地温（ $T_{\text{对照}}$ ）高 0.54 左右（ $P > 0.05$ ），即 $T_{\text{温室}} > T_{\text{距离温室25cm}} > T_{\text{对照}}$ 。

3.2 种群密度

实验期间没有捕获到其它的啮齿动物。运用 Schnabel 方法对统计的数据进行处理（表1），根据4个样地中所捕获根田鼠的统计数量计算根田鼠的

种群密度（图3），在 EWM，EWS 和 CS 样地中，冬季根田鼠种群密度呈现明显的下降趋势。综合考虑增温与对照样地根田鼠的种群密度，结果表明增温处理样地中根田鼠的种群密度明显高于对照样地（ $F = 32.4$ ， $P < 0.001$ ）。在高寒草甸实验样地内，EWM 与 CM 之间的差异极其显著（ $F = 18.98$ ， $P < 0.01$ ）；高寒灌丛样地内，EWS 与 CS 之间的差异也达到显著水平（ $F = 16.67$ ， $P < 0.05$ ）。每个月增温处理样地上根田鼠的种群密度都高于其相应的对照样地。EWM 与 EWS 之间种群密度的差异很小（ $F = 0.92$ ， $P > 0.05$ ），CM 与 CS 之间的差异也未达到显著水平（ $F = 5.91$ ， $P > 0.05$ ）。

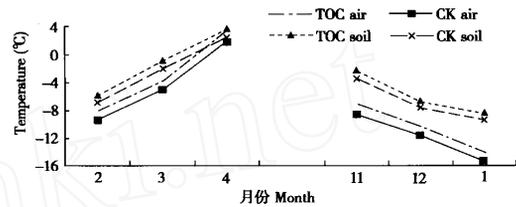


图2 2000和2001年冬季 TOCs 内外的大气和土壤温度

TOC air: TOC 内的大气温度; CK air: 对照样地的大气温度;
TOC soil: TOC 内的土壤温度; CK soil: 对照样地的土壤温度

Fig. 2 The temperature of air and soil inside and outside of open top container TOCs in winter 2000 and 2001.

TOC air: air temperature in TOC; CK air: air temperature in control;
TOC soil: soil temperature in TOC; CK soil: soil temperature in control

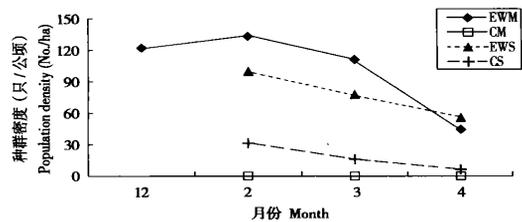


图3 不同处理内根田鼠的冬季种群密度

EWM: 实验增温草甸; CM: 对照草甸; EWS: 实验增温灌丛;
CS: 对照灌丛

Fig. 3 Root vole population densities among different treatments in winter. EWM: Experimentally-warmed meadow; CM: Control meadow;
EWS: Experimentally-warmed shrub; CS: Control shrub

3.3 性比

CM 样地上根田鼠种群完全丧失，因而无法比较 EWM 与 CM 之间性比的差异。而在样地 EWS 及 CS 之间，性比的差异不显著（ $F = 1.83$ ， $P > 0.05$ ），均

呈现变小的趋势 (图 4)。在 EWM 和 EWS 之间性比的差异也很小 ($F = 3.76, P > 0.05$)。

表 1 Schnabel 法计算根田鼠种群密度的相关指标

Table 1 Estimated root vole population densities calculated by the Schnabel method

指标 Index	EWM				EWS			CS		
	12月 Dec.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Feb.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Feb.	2月 Feb.	3月 Mar.	4月 Feb.
N	11	12	10	4	9	7	5	10	5	4
种群大小估计值										
95%置信区间	9 - 13	11 - 14	9 - 12	3 - 5	8 - 11	6 - 9	3 - 15	9 - 12	4 - 8	4 - 5
95% confidence interval										
1/N 的标准误	0.00688	0.00531	0.00822	0.02454	0.00956	0.01988	0.06280	0.00825	0.03668	0.02108
SE of 1/N										
自由度	4	6	6	4	8	10	4	6	8	5
df										

EWM: 实验增温草甸; EWS: 实验增温灌丛; CS: 对照灌丛

EWM: Experimentally-warmed Warming meadow; EWS: Experimentally-warming shrub; CS: Control shrub

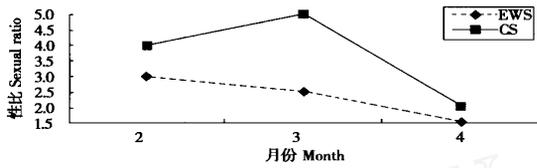


图 4 冬季 EWS 和 CS 样地上根田鼠的性比

EWS: 实验增温灌丛; CS: 对照灌丛

Fig. 4 Sexual ratio among root voles in EWS and CS in winter.

EWS: Experimentally-warmed shrub; CS: Control shrub

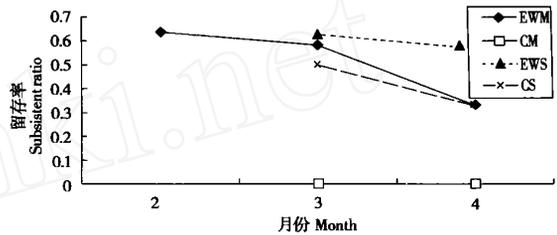


图 5 不同处理内根田鼠的冬季留存率

EWM: 实验增温草甸; CM: 对照草甸; EWS: 实验增温灌丛; CS: 对照灌丛

Fig. 5 Apparent subsistence rate among root voles in different treatments in winter. EWM: Experimentally-warmed meadow; CM: Control meadow; EWS: Experimentally-warmed shrub; CS: Control shrub

3.4 留存率

不同实验样地各月份间根田鼠种群的留存率见图 5。分析结果显示, EWM 与 CM 间的差异未达到显著水平 ($F = 13.4, P > 0.05$), EWS 和 CS 间也无显著差异 ($F = 3.67, P > 0.05$), 综合考虑增温与对照样地间根田鼠的种群留存率发现, 增温样地 (EWM 和 EWS) 和对照样地 (CM 和 CS) 之间的差异也未达到显著水平 ($F = 5.57, P > 0.05$)。不同植被类型的增温处理 EWM 与 EWS 间无显著差异 ($F = 1.2, P > 0.05$); 对照样地 CM 与 CS 间的差异也不显著 ($F = 16, P > 0.05$)。

3.5 体重

实验样地 EWM、EWS 和 CS 上冬季根田鼠种群平均体重的统计结果 (表 2) 表明, EWS 和 CS 样地内, 根田鼠种群平均体重的差异尚未达到显著水平 ($F = 1.25, P > 0.05$)。不同植被类型的增温处理 EWM 和 EWS 之间的差异很小 ($F = 0.12, P > 0.05$)。EWM 和 EWS 上根田鼠种群平均体重的月间差异达到显著水平 ($F = 7.32, P < 0.05$)。

表 2 不同月份不同样地上根田鼠种群的平均体重 (\pm 标准差) (g)

Table 2 Mean body mass of among root voles from different plots and months (\pm SD) (g)

时间 Time	EWM	EWS	CS
2000 年 10 月 Oct. 2000	25.25 \pm 4.48	22.89 \pm 4.43	21.05 \pm 2.92
2000 年 12 月 Dec. 2000	21.10 \pm 4.48	/	/
2001 年 2 月 Feb. 2001	19.50 \pm 2.43	19.19 \pm 2.36	19.00 \pm 2.71
2001 年 3 月 Mar. 2001	21.89 \pm 2.82	20.59 \pm 4.72	20.05 \pm 3.74
2001 年 4 月 Apr. 2001	22.63 \pm 4.50	24.34 \pm 4.10	21.27 \pm 2.51

EWM: 实验增温草甸; EWS: 实验增温灌丛; CS: 对照灌丛

EWM: Experimentally-warmed meadow; EWS: Experimentally-warmed shrub; CS: Control shrub

单变量 t 检验的结果表明, 在 EWM、EWS 和 CS 样地上, 根田鼠冬季体重的月间差异都达到极显著水平 ($t = 23.265$, $P < 0.001$, EWM; $t = 23.265$, $P < 0.001$, EWS; $t = 23.265$, $P < 0.001$, CS)。通过表 2 数据可以看出, 10 月份, 根田鼠种群的平均体重基本达到其当年体重的最大值, 从 12 月份开始, 根田鼠种群的平均体重下降, 尤其是在 2 月份, 根田鼠种群的平均体重达到最小值, 而到了枯黄后期, 随着天气转暖, 植被开始萌芽, 根田鼠的体重也逐渐上升。冬季期间, EWM、

EWS 以及 CS 样地上根田鼠种群的平均体重分别为: 21.28 ± 1.34 g, 21.37 ± 2.66 g, 20.11 ± 1.14 g。比 10 月份分别低 3.97 g, 1.52 g, 0.94 g, 减少体重分别占 10 月份平均体重的 15.7%、6.6% 和 4.5%。

根田鼠个体体重的变化也呈现出与其种群平均体重相似的变化趋势。在不同月份间, 尤其是冬季, 有很大变化。表 3 列出 9、10 月份连续记录的部分标记根田鼠个体的体重。

表 3 不同月份根田鼠个体的体重 (g)

Table 3 Body mass of three individuals root voles (g)

标记号 Mark no.	性别 Sex	9 月 Sept.	10 月 Oct.	12 月 Dec.	2 月 Feb.	3 月 Mar.	4 月 Apr.
94 号 No. 94	雄 Male	20.5	23.0	22.0	22.0	22.7	28.8
1 号 No. 1	雌 Female	21.4	19.5	/	17.6	14.7	21.5
5 号 No. 5	雄 Male	/	20.3	/	18.9	23.0	26.4

3.6 年龄结构

根据实验统计的结果, 以各年龄组成占总体数量的百分比, 作增温及对照样地上根田鼠的年龄结构 (表 4)。成体、亚成体所占比重的 One-way ANOVA 结果表明, 在 CS 和 EWS 之间没有显著性差异 ($F = 1.15$, $P > 0.05$), 不同植被类型的增

温处理 EWM、EWS 之间成体、亚成体所占比重的差异也很小 ($F = 1.40$, $P > 0.05$)。在 3 个实验样地上, 成体、亚成体所占的比重均 $> 70\%$ (EWM, 0.979 ± 0.042 ; EWS, 0.852 ± 0.17 ; CS, 0.739 ± 0.067), 但以对照样地 CS 的最低。

表 4 冬季年内不同样地根田鼠种群的年龄结构

Table 4 Age structures of root voles in different sites during winters in 2000 and 2001

时间 Time	EWM			EWS			CS		
	成体 Adult	亚成体 Subadult	幼体 Juvenile	成体 Adult	亚成体 Subadult	幼体 Juvenile	成体 Adult	亚成体 Subadult	幼体 Juvenile
2000 年 12 月 Dec. 2000	0.18	0.82	0	/	/	/	/	/	/
2001 年 2 月 Feb. 2001	0.083	0.833	0.083	0	0.889	0.111	0	0.8	0.2
2001 年 3 月 Mar. 2001	0.333	0.667	0	0.333	0.333	0.333	0	0.8	0.2
2001 年 4 月 Apr. 2001	0.5	0.5	0	0.4	0.6	0	0.5	0.25	0.25

EWM: 实验增温草甸; EWS: 实验增温灌丛; CS: 对照灌丛

EWM: Experimental warming meadow; EWS: Experimental warming shrub; CS: Control shrub

3.7 扩散/迁移

根据 2000 年 10 月、12 月以及 2001 年初的记录发现, 在增温处理样地 EWM 和 EWS 上都曾捕获到对照样地内标记的根田鼠个体。在 EWM 内捕获到 2 只 (83 号, 雄性; 94 号, 雄性), 在 EWS 内仅捕获 1 只 (84 号, 雄性)。而在对照样地 (CK 和 CS) 内, 从未捕获到 EWM 和 EWS 样地内标记的个体。

4 讨论

4.1 种群密度

气候因素是影响啮齿动物数量变动的一个重要因素 (Andersson and Hansson, 1974)。宗浩 (1986)、孙平等 (2002) 的研究发现, 海北高寒草甸地区根田鼠种群密度的大幅度下降可能主要受气候因素的影响。陈安国等 (1981) 对新疆小家鼠 (*Mus musculus* L.), 按冬、春、夏一秋的气候条件对种群密

度的影响进行分析,发现冬季最寒时期的雪被厚度对其越冬存活数量有很大影响,而同初冬的雪势关系不密切。夏武平(1966)对东北带岭林区气候条件对鼠类种群数量影响的研究说明,与春秋季节相比,冬季的气候条件对鼠类数量的影响较大,初冬(11月中、下旬)降雪,决定雪被形成的早晚与大小,直接影响鼠类的越冬条件。

尽管,TOCs的建立导致EWM和EWS样地的地上生物量比CM和CS分别减少 62 g/m^2 (Klein unpublished data),但是,TOCs形成的局部范围增温,为根田鼠提供了较为优越的越冬条件。已有的研究表明,在夏季,局部实验增温对根田鼠的栖息地选择无明显影响,在冬季,这种影响在实验增温组与对照组间达到显著水平(孙平等,2004)。实验增温与对照样地之间根田鼠的种群密度的差异均达到显著水平($P < 0.05$),说明在海北高寒草甸地区,局部环境增温对实验样地内根田鼠冬季种群密度存在显著影响。

全球变暖可以通过影响动物的栖息地环境、食物分布格局等因素进而影响动物的种群特征及其分布,尤其是生活史短的动物,其对全球变暖的响应就更为明显(Pimm,2001)。野外调查时,我们发现根田鼠个体有从对照样地向实验增温样地逆种群密度迁移的现象。单方向迁移的3只根田鼠全部为雄性。这主要是因为雄性巢区面积较大,且活动范围较广,而雌性根田鼠的巢区面积相对较小(Tast,1966;孙儒泳等,1982)。因此,增温实验样地根田鼠种群密度明显高于对照的可能原因是1)实验增温为根田鼠提供了较好的栖息环境;2)根田鼠从对照样地向实验增温样地的迁移。当然,由于增温样地内的设施是几年前设置的,在本项实验启动时已无法获取与对照样地对比的基础种群资料,而且,样地面积偏小,且缺少同期、同类型的重复样地,也会限制我们对局部环境增温对根田鼠种群密度影响的理解。

4.2 性比和留存率

对于大多数脊椎动物而言,种群的性比虽有变动,但一般变化不大,常围绕着1:1上下波动(Clutton-brock and Iason,1986)。相同处理不同植被类型的EWM和EWS之间性比的差异也很小,这表明,在增温样地上,不同植被类型对根田鼠的性比也没有显著影响。样地EWS及CS间性比的不显著差异表明,局部增温对高寒灌丛样地根田鼠的性比没有明显影响。

不同植被类型的增温处理(EWM与EWS)之间以及对对照样地(CM与CS)之间根田鼠的种群留存率差异不明显,可以说明在该研究区域,食物和栖息地条件以及放牧强度对根田鼠种群留存率的影响并不显著。这一点与本研究调查的种群密度的响应较一致。

不论是增温实验样地间,还是增温实验样地与对照间,其留存率的差异都没有达到显著水平,这表明局部增温对海北高寒草甸地区根田鼠的种群留存率并没有明显影响。

增温样地和对照样地间性比和留存率的比较研究表明,随外界环境的持续低温,二者都呈下降趋势。与雌性相比,雄性根田鼠的攻击行为较强,巢区较大,并且雄性经常在一个较大的范围内移动,其移动范围甚至可达到 $5\ 000\text{ m}^2$,其活动距离即使在冬季也比雌性根田鼠夏季的活动距离大(Tast,1966),因此雄性根田鼠更有可能遭遇捕食者的捕食,也可能是导致整个根田鼠种群性比和留存率发生变化的重要原因。

4.3 体重

许多物种在季节驯化过程中,冬季体重趋于降低,以此来减少能量需求,这被认为是高纬度小哺乳动物适应寒冷以及冬季食物缺乏的策略之一(Fuller,1969;Merritt,1984;Zegers and Merritt,1988)。田鼠等啮齿动物多采取此类对策(Fuller,1969;Merritt,1984;Feist and White,1989;王德华和王祖望,1990),如草原田鼠(*M. pennsylvanicus*)、高山田鼠(*M. montanus*)和根田鼠以及红背鼯鼠(*Clethrionomys rutilus*)等。Gerald等(1999)的研究发现,红背鼯鼠的体重在夏季达到最重而到了冬季则下降至最轻水平,冬季的体重可以比夏季低30%~50%。

Brown和Kurzius(1987)认为啮齿动物是在个体水平对局部环境产生响应的。Smith等(1998)的研究表明,夏季和冬季温度升高,都导致Sevilleta地区成体白喉林鼠(*Neotoma albigula*)平均体重的下降。Koontz等(2001)发现,尽管自1989至1996年间,Sevilleta地区温度升高2~3℃,但成年梅氏更格卢鼠(*Dipodomys merriami*)的平均体重与温度变化没有关系。我们已有的研究发现,局部实验增温对海北地区雌、雄根田鼠的平均体重没有显著影响(Sun *et al.*,2005)。本研究结果表明,局部增温未能影响根田鼠体重下降的趋势(表2,3)。

单变量 t 检验的结果表明，在 EWM 和 EWS 样地上，根田鼠冬季体重的月间差异都达到极显著水平，这说明不同栖息地条件下，局部实验增温并不能改变或减缓根田鼠冬季体重急剧下降的趋势。在 EWM 样地上，根田鼠冬季种群的平均体重下降较快，而在 4 月份上升幅度较小，相反，在 EWS 样地上，根田鼠冬季种群的平均体重下降幅度较小而其增幅较大，这主要是由于 EWM 样地是冬场中的过度放牧样地，食物资源相对匮乏，而 EWS、CS 样地为夏场中的轻度放牧草场，其食物资源较为丰富的缘故。

4.4 年龄结构

经历一个漫长而又严寒的冬季，再加上灾害性气候条件（大雪、持续低温等）的严重影响。大多数在 9、10 月份出生的根田鼠都因无法成功越冬而死亡，种群中成体和亚成体占绝对优势。严志堂等（1983）研究新疆地区小家鼠的种群数量时发现，1972 年是新疆地区小家鼠数量的小暴发年，在 12 月的种群中，几乎全为成体和亚成体，差不多各占一半，而 1974 年 11 月的种群年龄组成中，亚成体占优势，占种群组成的 73%，同时，该年也为小暴发年。作者解释为，新疆地区冬季寒冷，成体抵抗冬天恶劣环境的能力比幼体和亚成体强，所以在越冬前种群年龄组成中成体比例的增高，有利于下年种群数量的增长。我们的研究发现，随冬季温度的持续降低，造成当年出生幼体和亚成体的大量死亡，这也是种群密度降低的重要原因。但是，为何在 CS 样地上捕获到相当多的幼体，而在 EWM、EWS 样地内捕获的根田鼠幼体相对较少（表 4），这是一个偶然现象还是 TOCs 的建立导致 EWM、EWS 样地内根田鼠的发育提前，还有待于进一步的研究。

限于目前的研究现状，我们对全球变暖的可能影响知之甚少，因而，有人提出假设，当前的全球变暖将在以下 2 个方面对哺乳动物产生影响（也有可能正在产生影响）：第一，参照生态标准，变暖过程持续的时间跨度非常大（譬如数百年，几千年甚至几百万年）时，该变化的结果是什么，可预测的程度有多少？第二，生态系统是否已经历过如此快的全球变暖？因为继而发生的生物学变化与过去变暖导致的变化根本不同（Barnosky *et al.*, 2003）。另外，种间食物谱的重叠，导致其他物种对局部增温的响应也可能直接或间接地影响到根田鼠种群对局部增温的响应。总之，全球变化是一个长期的过

程，啮齿动物冬季种群生态学的研究也是一项艰巨的工作，需要开展大量深入、细致的研究。

参考文献：

- Andersson M, Hansson L. 1974. Population regulation in small rodents some hypotheses. *Fauna Flora* (Stock, H), **69**: 113 - 126.
- Aft A M, Walker M D, Gurevitch J, *et al.* 1999. Responses of tundra plants to experimental warming: meta-analysis of the International Tundra Experiment. *Ecological Monographs*, **69** (4): 491 - 551.
- Barnosky A D, Hadly E A, Bell C J. 2003. Mammalian response to global warming on varied temporal scales. *J Mamm*, **84** (2): 354 - 368.
- Brown J L, Li S, Bhagabati N. 1999. Long-term trend toward earlier breeding in an American bird: A response to global warming? *Proc Natl Acad Sci USA*, **96**: 5565 - 5569.
- Churchfield S. 1981. Water and fat contents of British shrews and their role in seasonal changes in body weight. *J of Zool* (London), **194**: 165 - 173.
- Clutton-brock T H, Iason G R. 1986. Sex ratio variation in mammals. *Quart Rev Biol*, **61**: 339 - 341.
- Coulson S J, Hodkinson I D, Webb N R, Block W, Bale J S, Strathdee A T, Worland M R, Wooley C. 1996. Effect of experimental temperature elevation on high-arctic soil microarthropod populations. *Polar Biol*, **16**: 147 - 153.
- Cotton P A. 2003. Avian migration phenology and global climate change. *Proc Natl Acad Sci USA*, **100**: 12219 - 12222.
- Crik H P, Sparks T H. 1999. Climate change related to egg-laying trends. *Nature*, **399**: 423.
- Cronin T W, Caldwell R L, Marshall J. 2001. Increasing shrub abundance in the Arctic. *Nature*, **411**: 546 - 547.
- Feist D D, White R G. 1989. Terrestrial mammals in cold. In: Wang L C H ed. *Advances in comparative and environmental physiology*. 327 - 354.
- Fuller W A. 1969. Changes in numbers of three species of small rodents near Great Slave Lake, NWT, Canada, 1964 - 1967, and their significance for general population theory. *Ann Zool Fenn*, **6**: 113 - 144.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2001. *Climate change 2001: Third assessment report of the intergovernmental panel on climate change IPCC (WG &)*. Cambridge, Great Britain: Cambridge University Press.
- Karaseva E V, Narskaja E V, Bernstein A D. 1957. The *Microtus oeconomus* inhabiting the neighbourhood of lake Nero in Yaroslavl Oregon. *Bull Mosk Isp Prir Otd Biol*, **62**: 3, 5 - 8.
- Koontz T L, Shepherd U L, Marshall D. 2001. The effects of climate change on Merriam's kangaroo rat, *Dipodomys merriami*. *Journal of Arid Environments*, **49**: 581 - 591.
- Levitani M, Eiges W J. 2005. Climate change and recent genetic flux in populations of *Drosophila robusta*. *BMC Evol Biol*, **5** (1): 4.
- Merritt J F. 1984. Winter ecology of small mammals. Spec. Publ. Amer. Soci. Mamm.
- Meynecke J O. 2004. Effects of global climate change on geographic distributions of vertebrates in North Queensland. *Ecological Modelling*, **174**:

- 347 - 357.
- Parnesan C, Y6he G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature*, **421**: 37 - 42.
- Parnesan C, Galbraith H. 2004. Observed Impacts of Global Climate Change in the U. S. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, Virginia, 67.
- Pimm S L. 2001. Entrepreneurial insects. *Nature*, **411**: 531 - 532.
- Post E, Stenseth N C. 1998. Climate variability, plant phenology, and northern ungulates. *Ecology*, **80** (4): 1322 - 1339.
- Rice K J, Emery N C. 2003. Managing microevolution: restoration in the face of global change. *Front Ecol Environ*, **1**: 469 - 478.
- Root T L, Price J T, Hall K R, Schneider S H, Rosenzweig C, Pounds J A. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, **421**: 57 - 60.
- Smith F A, Browning H, Shepherd U L. 1998. The influence of climate change on the body mass of woodrats *Neotoma* in an arid region of New Mexico, USA. *Ecography*, **21**: 140 - 148.
- Sun P, Zhao X Q, Klein J A, Wei W H. 2005. Local warming about 1.3 in alpine meadow has no effect on root vole (*Microtus oeconomus*) population during winter. *Polish Journal of Ecology*, **50**: 123 - 127.
- Tast J. 1966. The root vole, *Microtus oeconomus* (Pallas) as an inhabitant of seasonally flooded land. *Ann Zool Fenn*, **3**: 127 - 171.
- Tracy C R. 1992. Ecological responses of animals to climate. In: Peters R L, Lovejoy T E eds. *Global Warming and Biological Diversity*. New Haven: Yale University Press. 171 - 179.
- Walther G R, Post E, Convey P, Menzel A, Parmesan C, Beebee T J C, Fromentin J M, Hoeghr-Guldberg O, Bairlein F. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature*, **416**: 389 - 395.
- Williams S E, Botho E E, Fox S. 2003. Climate change in Australian tropical rainforests: an impending environmental catastrophe. *Proc Roy Soc London, B (Biol Sci)*, **270**: 1887 - 1892.
- Zegers D A, Merritt J F. 1988. Adaptations of *Peromyscus* for winter survival in an Appalachian montane forest. *J Mamm*, **69**: 515 - 523.
- Zhao X Q, Zhou X M. 1999. Ecological basis of alpine meadow ecosystem management in Tibet: Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station. *Ambio*, **28** (8): 642 - 647.
- Zuercher G L, Daniel D. 1999. Roby and Eric A. Rexstad. Seasonal changes in body mass, composition, and organs of northern red-backed voles in Interior Alaska. *J Mamm*, **80** (2): 443 - 459.
- 王德华, 王祖望. 1990. 小哺乳动物在高寒环境中的生存对策. 高原鼠兔和根田鼠非颤抖性产热 (NST) 的季节性变化. 兽类学报, **10** (1): 40 - 53.
- 边疆晖, 樊乃昌, 景增春, 施银柱. 1994. 高寒草甸地区小哺乳动物群落与植物群落演替关系的研究. 兽类学报, **14** (3): 209 - 216.
- 孙平, 赵新全, 徐世晓, 赵同标, 赵伟. 2002. 雪后海北高寒草甸地区根田鼠种群特征的变化. 兽类学报, **22** (4): 318 - 320.
- 孙平, 赵新全, 魏万红, 徐世晓, 赵伟, 赵同标. 2004. 局部实验增温对根田鼠栖息地内斑块利用的影响. 兽类学报, **24** (1): 42 - 47.
- 孙儒泳. 1992. 动物生态学原理. 北京: 北京师范大学出版社.
- 孙儒泳, 郑生武, 崔瑞贤. 1982. 根田鼠巢区的研究. 兽类学报, **2** (2): 219 - 231.
- 刘季科, 苏建平, 刘伟. 1994. 小型啮齿动物种群系统调节复合因子理论的野外实验研究: 食物可利用性和捕食对根田鼠种群动态作用的分析. 兽类学报, **14** (2): 117 - 129.
- 刘伟, 周立, 王溪. 1999. 不同放牧强度对植物及啮齿动物作用的研究. 生态学报, **19** (3): 376 - 382.
- 陈安国, 朱盛侃, 李春秋, 严志堂. 1981. 新疆北部农业区鼠害的研究, (六) 小家鼠种群数量的消长同气候的关系. 灭鼠和鼠类生物学研究报告, **4**: 69 - 93.
- 严志堂, 李春秋, 朱盛侃. 1983. 小家鼠种群年龄研究及其对预测预报的意义. 兽类学报, **3** (1): 50 - 62.
- 宗浩, 夏武平, 孙德兴. 1986. 一次大雪对鼠类数量的影响. 高原生物学集刊, **5**: 85 - 90.
- 周兴民, 樊乃昌, 景增春. 1996. 植被演替与鼠类种群消长的相互关系. 青藏高原形成、演化、环境变迁与生态系统研究. 北京: 科学出版社, 318 - 324.
- 姜永进, 魏善武, 王祖望, 郑生武, 崔瑞贤, 孙儒泳. 1991. 海北高寒草甸金露梅灌丛根田鼠种群生产力的研究. 种群动态. 兽类学报, **11** (4): 270 - 278.
- 夏武平. 1966. 带岭林区小型鼠类数量动态的研究. 气候条件对种群数量的影响. 动物学报, **18** (1): 8 - 20.
- 梁杰荣, 曾缙祥, 王祖望, 韩永才. 1982. 根田鼠生长和发育的研究. 高原生物学集刊, **1**: 195 - 207.