

繁殖季节和非繁殖季节布氏田鼠种群参数 和生理特点的差异

王大伟¹, 丛林², 王宇², 刘晓辉^{1,*}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 中国农业科学院杂草鼠害生物学与治理重点开放实验室, 北京 100193;

2. 黑龙江省农业科学院植物保护研究所, 哈尔滨 150086)

摘要:在繁殖季节(6月份)和非繁殖季节(10月份),采集了内蒙古自治区阿尔善宝力格地区的布氏田鼠样本,比较其种群参数与生理指标,探讨了布氏田鼠社群结构和生理特征的季节性差异,并分析了原因。结果表明,布氏田鼠的年龄组成和性比存在明显的季节差异:繁殖季节洞口系数小,种群性比接近1,主要由当年新生鼠和越冬鼠组成;非繁殖季节洞口系数大,种群性比偏雄,主要由当年新生鼠组成。繁殖器官在繁殖季节显著大于非繁殖季节,保持了更高活性。非繁殖季节个体的胴重比更高,且雄鼠高于雌鼠,表明非繁殖季节个体和雄鼠具有更好的营养状态;同时,非繁殖季节个体具有更小的肾上腺和更大的脾脏,说明非繁殖季节中的布氏田鼠表现出更低的应激状态和更强的免疫能力。这些研究结果表明,布氏田鼠的种群参数和生理特点具有明显的季节性特点,这与不同季节中布氏田鼠采取的生存策略有着紧密联系。

关键词:布氏田鼠;种群参数;生理指标;季节差异

Population parameters and physiological characteristics of Brandt's vole (*Lasiopodomys brandtii*) in breeding and non-breeding seasons

WANG Dawei¹, CONG Lin², WANG Yu², LIU Xiaohui^{1,*}

1 Key Laboratory of Weed and Rodent Biology and Management, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China

2 Institute of Plant Protection, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China

Abstract: We studied population parameters and physiological characteristics in Brandt's vole (*Lasiopodomys brandtii*) across periods of breeding and non-breeding near Aershanbaolige Town, Inner Mongolia. Here, we show that the breeding population built more burrows, had a non-biased sex ratio, and was composed of overwintering and newborn voles. During non-breeding periods the population occupied relatively fewer burrows, had a male-biased sex ratio, and was comprised of newborn voles only. Cleaned carcass index was higher in non-breeding populations and in males, and indicated that these animals had better nutritional status. Low adrenal gland and high spleen indices in non-breeding populations revealed lower stress and stronger immunity during that season. Our results suggest that there are significant differences in population parameters and physiological characteristics in Brandt's vole, which is related to variation in life strategies during breeding and non-breeding seasons.

Key Words: Brandt's vole; population parameter; physiological characteristic; seasonal variation

自然环境往往随着光周期的年度变化而呈现出有规律的改变。对大多数动物而言,有限的生存资源也呈现出丰富和匮乏的周期性交替,因此必须将高耗能的繁殖行为限制在每年的特定时段,从而产生了季节性繁

基金项目:国家重点基础研究发展计划“973”资助项目(2007CB109104)

收稿日期:2009-06-13; **修订日期:**2009-09-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lxiaohui2000@163.com

殖的现象^[1]。光周期是各种环境因子中周期性变化最稳定的,因此成为动物预测环境改变的主要标准^[2]。动物通过对外界明暗交替长短来感知季节交替,从而周期性的调节自身生理状态以适应环境改变,包括免疫、生殖和应激等等各个方面^[2-7]。

生理状态与动物的社会行为表现之间是双向的,行为表现和社群结构也会随着动物繁殖状态的季节性的改变而改变^[8]。例如,许多田鼠类动物在繁殖季节(春夏季)表现出高攻击性和独居的社群结构类型,但在非繁殖季节(秋冬季)却减少攻击性并集群越冬^[9]。同时,动物在繁殖季节内经过繁殖、死亡和扩散,也会导致其社群组成和种群参数出现季节性改变^[10]。因此,种群结构的季节性差异可以反映出动物对环境变化响应、及种群特点和变化趋势,这对种群数量的预报预测具有重要意义。

布氏田鼠(*Lasiopodomys brandtii*)为内蒙典型草原的主要害鼠,其危害主要是争夺牧草、导致草场退化沙化、传播疫病等等^[11-12]。布氏田鼠表现出明显的季节性繁殖,繁殖期为3—9月份,也有个别个体2月份即开始繁殖;入冬前有集群储草行为^[11]。已有研究对布氏田鼠的种群数量、年龄结构、社群结构和等级、繁殖参数、空间分布格局等等进行了报道^[13-18],但是对其种群参数和各生理指标缺乏季节间比较。本文通过对繁殖季节和非繁殖季节内布氏田鼠的洞系结构、年龄结构和性比,以及繁殖器官、营养水平、应激器官和免疫器官的分析比较,探讨布氏田鼠种群季节性变化的特点,从而为深入了解其生态学特点,准确预报种群变动及数量控制积累资料。

1 研究地点与方法

1.1 研究地点

本研究在内蒙古锡林浩特盟阿尔善宝力格镇(N44°40',E115°40')进行。该地区海拔在1000 m左右,属中温带半干旱、干旱大陆性季风气候,冷季达7个月,暖季5个月,年平均气温1—2℃,年降水量150—400 mm,主要集中于7—9月份。优势植物为羊草(*Stipa krylovii*)和猪毛菜(*Salsola collina*)。主要鼠种有布氏田鼠、长爪沙鼠(*Meriones unguiculatus*)、黑线毛足鼠(*Phodopus sungorus*)、黑线仓鼠(*Cricetulus barabensis*)等。

1.2 取样方法

繁殖季节取样时间设于2007年6月,此时种群处于繁殖盛期,数量正在上升;非繁殖季节取样时间设于2007年10月,此时已进入越冬储草阶段,繁殖停止,进入下降期。两次取样均在相同地点约4 hm²的范围内,清点鼠洞个数,记录鼠洞分布情况。采用铗捕法在所有洞口布铗,直到无新个体上铗,并结合堵洞法确认该洞所有个体确已捕尽为止。所有捕获个体登记编号,带回实验室测量解剖。体重用0.1克精度的天平称取(YP6001,上海越平科学仪器有限公司),器官用0.0001g精度的分析天平称取(AL204,上海梅特勒-托利多仪器有限公司)。

1.3 参数测定

1.3.1 种群参数

计算洞口系数(样方内捕鼠数/样方内洞口数)、雄/雌性比;年龄结构参照刘志龙^[19]方法,利用胴体重划定大致年龄范围,并以涂片法检验精子有无以确定个体性成熟与否。

1.3.2 生理指标

比较胴重比(胴体重/体重)、肥满度(体重/体长)、器官(肾上腺、脾脏、睾丸、附睾、储精囊、卵巢、子宫)的相对重量(绝对重量×100/体重)。

1.4 统计方法

统计分析使用SPSS 13.0完成。数据的季节间和性别间显著性分析采用Independent *t*-test, *P* < 0.05 设为差异显著。

2 结果

2.1 种群参数

2.1.1 洞口系数与性比

布氏田鼠的种群参数呈现出明显的季节性差异,主要体现在洞系的组成结构上。在繁殖季节和非繁殖季

节所采集的布氏田鼠总量、鼠密度和调查的洞系数基本相当,但洞口系数差距达到了4倍左右。繁殖季节洞口呈密集分布,平均每个洞系有16个洞口左右,最多可达37个;而在非繁殖季节洞口数量明显减少,平均5个左右,最多不超过8个。性比在两个季节均为偏雄性,但在非繁殖季节偏向性更强(表1)。

表1 繁殖季节和非繁殖季节布氏田鼠的洞口系数与性比

Table 1 Coefficient of burrow and sex ratio of Brandt's vole breeding season and non-breeding season						
	洞系数数量 Number of burrow groups	总洞口数 Total number of burrows	平均洞口数 Mean number of burrows	捕鼠数量 Number of captured voles	洞口系数 Burrow coefficient	性比 Sex ratio
6月 June	20	371	18.6	257	0.693	1.073 133/124
10月 October	14	73	5.2	200	2.740	1.273 112/88

2.1.2 胴体重分布与年龄分组

胴体重分布表明,繁殖季节个体胴体重分布范围较广,个体间差别很大,从3g到58g;而非繁殖季节则集中分布于20—30g之间。胴体重之间断层明显,结合附睾精子检测,可大致分为3组:①<10g,主要为当年生未性成熟个体;②10—27g,主要为当年生性成熟个体;③>27g,主要为越冬个体。非繁殖季节个体基本全由当年生鼠组成,此时繁殖器官已经萎缩,主要根据胴体重分为3组:①<23g;②23—30g;③>30g(图1)。

2.2 生理指标

2.2.1 繁殖器官

成年布氏田鼠(胴体重>10g)的繁殖器官呈现出了显著的季节性差异(图2)。6月份雌鼠的卵巢和子宫分别达到了10月份的3.7和9.7倍(卵巢: $F=17.691, df=133, t=7.674, P<0.001$;子宫: $F=89.096, df=138, t=5.605, P<0.001$)。6月份雄鼠的睾丸和附睾则分别达到了10月份的17.4倍和5.3倍,储精囊在10月份则完全萎缩(睾丸: $F=306.288, df=202, t=9.348, P<0.001$;附睾: $F=199.005, df=199, t=8.807, P<0.001$;储精囊: $F=293.743, df=184, t=6.025, P<0.001$)(图2)。

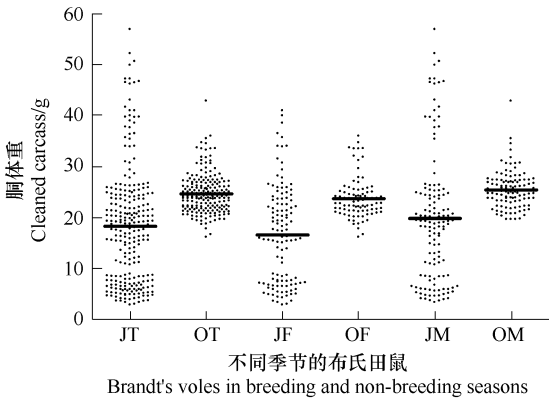


图1 繁殖季节和非繁殖季节布氏田鼠胴体重分布图

Fig 1 Scatter plot of cleaned carcass during breeding and non-breeding seasons

JT:6月总体;OT:10月总体;JF:6月雌鼠;OF:10月雌鼠;JM:6月雄鼠;OM:10月雄鼠

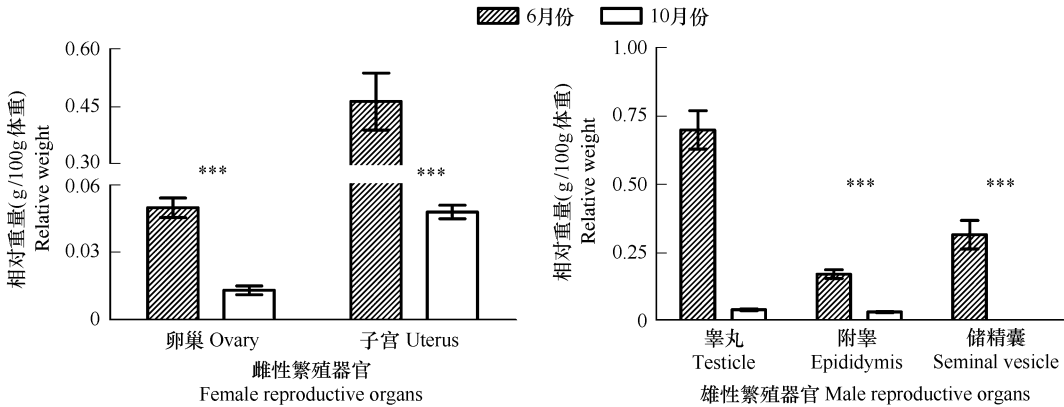


图2 不同季节雌鼠和雄鼠繁殖器官的相对重量

Fig 2 Relative weight of reproductive organs in female and male Brandt's voles during breeding and non-breeding seasons

***: $P<0.001$, Independent t -test

2.2.2 胴重比和肥满度

成年布氏田鼠总体胴重比在 10 月份显著高于 6 月份 ($F = 55.630, df = 346, t = -13.643, P < 0.001$), 雌雄鼠季节间比较也表现出相同结果 (雌鼠: $F = 29.510, df = 142, t = -12.342, P < 0.001$; 雄鼠: $F = 14.856, df = 202, t = -10.024, P < 0.001$)。在 6 月份和 10 月份的性别间比较表明, 雄鼠的胴重比均显著高于雌鼠 (6 月份: $F = 4.907, df = 246, t = -6.990, P < 0.001$; 10 月份: $F = 0.148, df = 196, t = -3.732, P < 0.001$)。季节间总体肥满度和雌雄鼠比较均未表现出差异 (总体: $F = 98.624, df = 348, t = -0.054, P = 0.957$; 雌鼠: $F = 40.879, df = 143, t = 0.260, P = 0.795$; 雄鼠: $F = 63.455, df = 203, t = -0.353, P = 0.725$), 性别间比较仅在 10 月份雄鼠肥满度显著大于雌鼠 (6 月份: $F = 1.293, df = 149, t = -0.348, P = 0.729$; 10 月份: $F = 0.084, df = 197, t = -2.273, P = 0.025$) (图 3)。

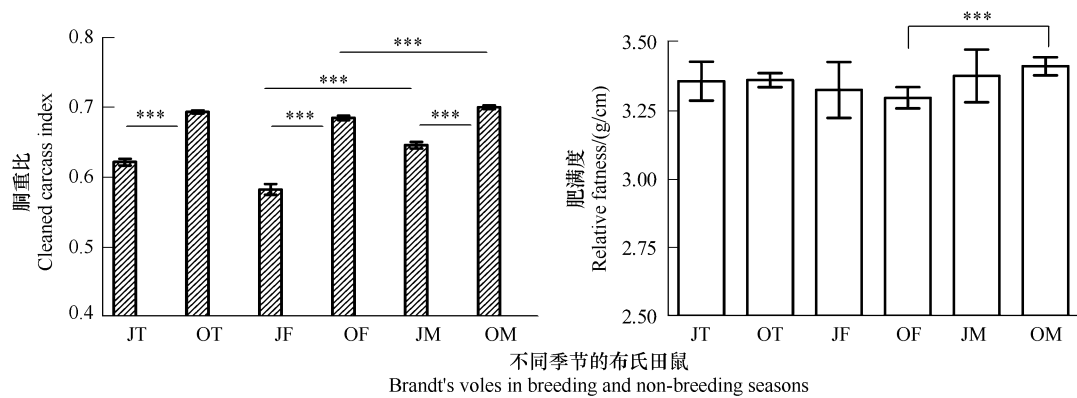


图 3 不同季节雌雄布氏田鼠的胴重比和肥满度

Fig. 3 Cleaned carcass index and relative fatness of male and female Brandt's voles during breeding and non-breeding season

* * * : $P < 0.001$, Independent t -test; JT: 6 月总体; OT: 10 月总体; JF: 6 月雌鼠; OF: 10 月雌鼠; JM: 6 月雄鼠; OM: 10 月雄鼠

2.2.3 肾上腺与脾脏

成年布氏田鼠的总体肾上腺指数在 6 月份显著高于 10 月份 ($F = 3.370, df = 335, t = 4.011, P < 0.001$), 雌鼠也表现出了相同趋势, 而雄鼠季节间无显著差异 (雌鼠: $F = 5.472, df = 137, t = 4.865, P < 0.001$; 雄鼠: $F = 0.940, df = 196, t = 1.187, P = 0.237$)。性别间比较表明, 6 月份雌鼠的肾上腺指数显著高于雄鼠, 而在 10 月份则不明显 (6 月份: $F = 23.167, df = 136, t = 5.639, P < 0.001$; 10 月份: $F = 3.108, df = 197, t = 1.777, P = 0.077$) (图 4)。

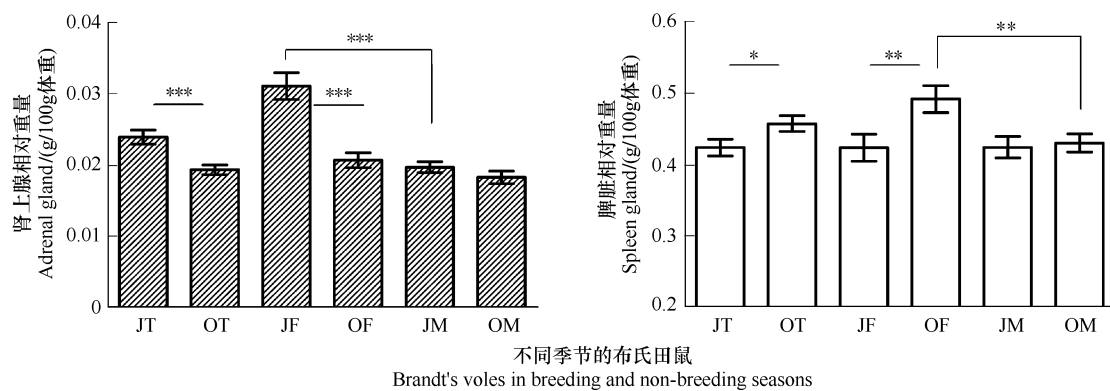


图 4 不同季节雌雄布氏田鼠肾上腺和脾脏的相对重量

Fig. 4 Relative weight of adrenal gland and spleen in male and female Brandt's voles during breeding and non-breeding season

* : $P < 0.05$; * * : $P < 0.01$; * * * : $P < 0.001$, Independent t -test; JT: 6 月总体; OT: 10 月总体; JF: 6 月雌鼠; OF: 10 月雌鼠; JM: 6 月雄鼠; OM: 10 月雄鼠

成年布氏田鼠的总体脾脏指数在 10 月份显著高于 6 月份 ($F = 0.031, df = 346, t = -2.035, P = 0.043$), 雌鼠也表现出相同趋势, 而雄鼠季节间无显著差异 (雌鼠: $F = 0.993, df = 142, t = -2.438, P = 0.016$; 雄鼠: $F = 0.788, df = 202, t = -0.286, P = 0.775$)。性别间比较表明, 6 月份无显著差异, 而 10 月份雌鼠的脾脏指数显著高于雄鼠 (6 月份: $F = 0.089, df = 147, t = -0.035, P = 0.972$; 10 月份: $F = 5.439, df = 197, t = 2.733, P = 0.007$) (图 4)。

3 讨论

本研究结果表明, 在密度相当的情况下, 布氏田鼠的种群组成与洞口空间分布状况存在明显的季节间差异。6 月份是布氏田鼠的繁殖盛期, 整个种群处于上升状态; 种群主要由当年新生鼠和上年越冬鼠所组成, 洞口多, 洞系界限不明显。在 9 月下旬已逐渐进入非繁殖状态, 至 10 月初采样时, 越冬储草已经进行大半; 种群主要由当年新生个体组成, 洞口很少, 洞系分界明显。以前研究表明, 布氏田鼠种群季节数量呈单峰型分布, 6—7 月份最高, 洞口系数在夏季 (6—7 月份) 显著高于秋季 (9 月份)^[11,14]; 种群的空间分布格局在春季至初夏由聚集分布转为随机分布, 在夏季转为以家庭为中心的聚集分布, 而在秋季至冬季则维持聚集分布, 集群越冬^[13]。本研究支持以上研究结果。夏季布氏田鼠的洞口系数显著高于秋季, 空间分布模式的季节变化应与其生存策略相关: 繁殖季节的随机分布和聚集分布模式, 可提高种群总体的繁殖率和幼体的成活率; 而非繁殖季节的集群越冬则可提高越冬鼠的存活率。另外, 性别在秋季更为偏雄, 这一结果似乎不支持布氏田鼠在非繁殖季节存在雄性扩散的现象^[20], 可能其扩散主要发生在繁殖季节的初期^[11]。但是, 以往研究和本研究均未涉及季节间洞系成员间的亲缘关系, 因此无法明晰洞群形成的亲缘机制。本研究组下一步将对这些方面进行深入研究, 这有助于进一步理解布氏田鼠空间分布模式形成的原因和意义。

由于年龄、妊娠、性别、植被、气候等因素都会影响动物的体重, 难以准确反映个体的营养状态, 所以常用肥满度和胴重比代替体重来进行评估^[21-22]。本研究结果表明, 布氏田鼠的胴重比表现出明显的季节间和性别间差异: 布氏田鼠的胴重比在非繁殖季节更高, 雄鼠高于雌鼠。这说明, 在 10 月初刚进入非繁殖季节的布氏田鼠具有比 6 月份更好的营养状态, 而且两个季节中雄鼠的营养状况都要好于雌鼠, 性别差异明显。这一结果说明布氏田鼠可能在不同季节采取的生存策略不同。动物在不同的生活史阶段会对能量进行不同的分配方式, 从而引起个体大小和形态及生理特征的性别差异^[23]。6 月份, 布氏田鼠正处于繁殖高峰期, 个体主要将能量集中于争夺有限的生存资源和孕育后代, 个体的营养状况较差; 10 月份, 繁殖停止, 个体忙于储备冬草和积蓄营养, 主要目的为越冬生存, 因此具有更好的营养状态, 以减少越冬过程中种群的死亡率。另外, 非繁殖季节雄鼠的肥满度高于雌鼠, 可能是由于雌鼠在繁殖期繁殖能耗过高所致。

应激反应有助于动物避免外界有害刺激的伤害, 而肾上腺是响应应激反应, 分泌皮质激素的主要器官^[24]。以前研究表明, 血浆皮质激素的水平与肾上腺的重量相关, 因此肾上腺重量往往作为评估动物所受应激状态的指标^[25-26]。本研究结果表明, 布氏田鼠的肾上腺在繁殖季节显著高于非繁殖季节, 而且主要在雌鼠中尤为突出, 显示出了明显的季节变化。这与先前的研究相符, 应该是在繁殖季节内个体间具有较多的社会接触, 如交配、怀孕、育幼、争斗; 或更高的捕食风险, 如逃避天敌等; 复杂的生存环境给动物带来了较大的生存压力, 可能引起了肾上腺在繁殖季节的肥大增生^[24,27]。脾脏是动物的主要免疫器官, 其重量大小用于指示免疫功能^[28]。本研究结果发现, 非繁殖季节的布氏田鼠具有更大的脾脏。这与一些先前的研究相符^[29-31], 并支持了 Nelson 和 Demas^[32]提出的冬季免疫增强假设。

总之, 布氏田鼠繁殖器官的膨大与萎缩充分证明布氏田鼠季节性繁殖的特点, 而且其营养、应激和免疫状态均存在季节间的差别。非繁殖季节更好的营养状态、更低的应激水平和更高的免疫能力是与其此时以越冬存活的主要目的分不开的, 这些指标的季节间差异反映了布氏田鼠生存策略的季节性特点。

致谢:感谢中国科学院动物研究所的 Benjamin D. Bravery 先生对英文摘要的修改。

References:

- [1] Nelson R J, Badura L L, Goldman B D. Mechanisms of seasonal cycles of behavior. *Annual Review of Psychology*, 1990, 41: 81-108.

- [2] Bronson F H, Heideman P D. Seasonal regulation of reproduction in mammals//Knobil E. , Neil J. D. eds. The physiology of reproduction. New York; Raven Press, 1994: 541-584.
- [3] Badura L L, Nunez A A. Photoperiodic modulation of sexual and aggressive behavior in female golden hamsters (*Mesocricetus auratus*): role of the pineal gland. Hormone and Behavior, 1989, 23 (1): 27-42.
- [4] Fleming A S, Phillips A, Rydall A, Levesque L. Effects of photoperiod, the pineal gland and the gonads on agonistic behavior in female golden hamsters (*Mesocricetus auratus*). Physiology and Behavior, 1988, 44 (2): 227-234.
- [5] Jasnow A M, Huhman K L, Bartness T J, Demas G E. Short-day increases in aggression are inversely related to circulating testosterone concentrations in male Siberian hamsters (*Phodopus sungorus*). Hormone and Behavior, 2000, 38 (2): 102-110.
- [6] Nelson R J, Demas G E, Klein S L, Kriegsfeld L J. Seasonal patterns of stress, immune function and disease. New York: Cambridge University Press, 2002: 1-5.
- [7] Schultz T F, Kay S A. Circadian clocks in daily and seasonal control of development. Science, 2003, 301 (18): 326-328.
- [8] Albers H E, Huhman, K L, Meisel R L. Hormonal basis of social conflict and communication//Pfaff D. W. , Arnold A. P. , Etgen A. M. , Fahrbach S. E. , Rubin R. T. eds. Hormones, Brain and Behavior, vol. 1. San Diego: Academic Press, 2002: 393-433.
- [9] West S D, Dublin H T. Behavioral strategies of small mammals under winter conditions: solitary or social? //Joseph F. M. ed. Winter ecology of small mammals. Oakland: Carnegie Museum of Natural History, 1984: 293-299.
- [10] Husby A, Saether B, Jensen H, Ringsby T H. Causes and consequences of adaptive seasonal sex ratio variation in house sparrows. Journal of Animal Ecology, 2006, 75 (5): 1128-1139.
- [11] Zhang Z B, Wang Z W. Ecology and management of rodent pests in agriculture. Beijing: Ocean Press, 1998: 209-220.
- [12] Wan X R, Liu W, Wang G, Wang M J, Zhong W Q. Relationship between food-storing- territory of *Microtus brandti* and vegetative biomass in its habitation. Chinese Journal of Ecology, 2002, 21 (6): 63-64.
- [13] Fang J M, Sun R Y. Seasonal dynamics of the spatial patterns of Brandt's voles. Acta Ecologica Sinica, 1991, 11 (2): 111-116.
- [14] Fang J M, Sun R Y. Seasonal Changes of Brandt's voles and their relation to burrows. Acta Theriologica Sinica, 1989, 9 (3): 202-209.
- [15] Wan X R, Zhang X J, Liu W, Wang G H, Wang M J, Zhong W Q. Social hierarchy and its seasonal changes of marked *Lasiopodomys brandtii* population. Chinese Journal of Ecology, 2007, 26 (3): 359-362.
- [16] Wan X R, Wang M J, Wang G H, Liu W, Zhong W Q. The reproductive parameters in the marked populations of Brandt's vole. Acta Theriologica Sinica, 1990, 10 (1): 116-122.
- [17] Wu X D. A study on the population ecology of Brandt's voles. Acta Theriologica Sinica, 1990, 10 (1): 54-59.
- [18] Shi D Z, Hai S Z, Lu D, Liu X L. The structure and order in colony of Brandt's vole. Acta Theriologica Sinica, 1999, 19 (1): 48-55.
- [19] Liu Z L, Sun R Y. Study on physiological age structure of Brandt's voles (*Microtus Brandti*). Acta Theriologica Sinica, 1993, 13 (1): 50-56.
- [20] Nunes S. Dispersal and philopatry//Wolff J. O. and Sherman P. W. eds. Rodent societies: an ecological and Evolutionary perspective. Chicago: The University of Chicago Press, 2006: 150-162.
- [21] Fang J M, Sun R Y, Liu Z L. Analysis of relative fatness of Brandt's voles and a comparison between relative fatness K and Kwl (weight/ length index) in small mammals. Acta Zoologica Sinica, 1995, 41 (2): 141-148.
- [22] Cardoso L A, Stock M J. Effect of clenbuterol on growth and body composition during food restriction in rats. Journal of Animal Science, 1996, 74 (9): 2245-2252.
- [23] Li X C, Wang T Z, Liu J K. Studies on the relative fatness of greater long-tailed hamster. Acta Theriologica Sinica, 1992, 12 (3): 275-279.
- [24] Romero L M. Seasonal changes in plasma glucocorticoid concentrations in free-living vertebrates. General and Comparative Endocrinology, 2002, 128 (1): 1-24.
- [25] Amirat Z, Khammar F, Brudieux R. Seasonal changes in plasma and adrenal concentrations of cortisol, corticosterone, aldosterone, and electrolytes in the adult male sand rat (*Psammomys obesus*). General and Comparative Endocrinology, 1980, 40 (1): 36-43.
- [26] Sheppard D H. Seasonal changes in body and adrenal weights of chipmunks (*Eutamias*). Journal of Mammalogy, 1968, 49 (3): 463-474.
- [27] Wang D W, Zhang J X, Wang Z L, Zhang Z B. Seasonal changes in chronic social interactions and physiological states in female rat-like hamsters (*Tscheskia triton*). Physiology and Behavior, 2006, 89 (3): 420-427.
- [28] Smith K G, Hunt J L. On the use of spleen mass as a measure of avian immune system strength. Oecologia, 2004, 138 (1): 28-31.
- [29] Sealander J A, Bickerstaff K. Seasonal changes in reticulocyte number and in relative weights of the spleen, thymus, and the kidneys in the Northern red-backed mouse. Canadian Journal of Zoology, 1967, 45 (2): 253-260.
- [30] Valentine G L, Kirkpatrick R L. Seasonal changes in reproductive and related organs in the pine vole, *Microtus pinetorum*, in southwestern Virginia. Journal of Mammalogy, 1970, 51 (3): 553-560.
- [31] Lochmiller R L, Vestey M R, McMurtry S T. Temporal variation in humoral and cell-mediated immune response in a *Sigmodon hispidus* population.

Ecology, 1994, 75 (1): 236-245.

- [32] Nelson R J, Demas G E. Seasonal changes in immune functions. The Quarterly Review of Biology, 1996, 71 (4): 511-549.

参考文献:

- [11] 张知彬,王祖望. 农业重要害鼠的生态学及控制对策. 北京:海洋出版社,1998: 209-220.
- [12] 宛新荣,刘伟,王广和,王梦军,钟文勤. 布氏田鼠洞群贮草面积与栖息地植被条件的关系. 生态学杂志,2002,21(6):63-64.
- [13] 房继明,孙儒泳. 布氏田鼠空间分布格局的季节动态. 生态学报,1991,11(2):111-116.
- [14] 房继明,孙儒泳. 布氏田鼠种群数量的季节动态与鼠洞的关系. 兽类学报,1989,9(3):202-209.
- [15] 宛新荣,张新阶,刘伟,王广和,王梦军,钟文勤. 布氏田鼠标志种群的社群等级及其季节变化. 生态学杂志. 2007,26(3):359-362.
- [16] 宛新荣,王梦军,王广和,刘伟,钟文勤. 布氏田鼠标志种群的繁殖参数. 兽类学报,2002,22(2):116-122.
- [17] 武晓东. 布氏田鼠种群生态研究. 兽类学报,1990,10(1):54-59.
- [18] 施大钊,海淑贞,吕东,刘雪龙. 布氏田鼠洞群内社群结构变动与序位的研究. 兽类学报,1999,19(1):48-55.
- [19] 刘志龙,孙儒泳. 布氏田鼠种群生理年龄结构的研究. 兽类学报,1993,13(1):50-56.
- [20] 房继明,孙儒泳,刘志龙. 布氏田鼠肥满度分析和小型兽类肥满度指标 K 与 Kwl(重长指标)的比较. 动物学报,1995,41(2):141-148.
- [23] 李晓晨,王廷正,刘加坤. 大仓鼠肥满度的研究. 兽类学报, 1992,12(3):275-279.