

森林生态系统中 5 种啮齿动物秋季时间生态位

杨春文 马建章* 金建丽 刘铸

(东北林业大学野生动物资源学院 哈尔滨 150040; 牡丹江师范学院 牡丹江 157012)

摘要: 为探讨森林啮齿动物共存机制,于 2006 年 9 月,在黑龙江省海林林区,采用标志重捕法和室内饲养观察法研究了松鼠(*Sciurus vulgaris*)、花鼠(*Eutamias sibiricus*)、大林姬鼠(*Apodemus peninsulae*)、棕背䖃(*Myodes rufocanus*)和红背䖃(*M. rutilus*)时间利用生态位以及种间的生态位叠度,分析了在资源利用时间上的分化。结果表明,这 5 种动物分化为白天活动和以夜间活动为主的两种生态类型。白天活动的松鼠、花鼠生态位宽度较窄,分别为 0.679、0.618。以夜间活动为主的棕背䖃、红背䖃、大林姬鼠的生态位宽度较宽,分别为 0.935、0.853、0.844。两种类型间竞争较小,生态位叠度指数在 0.286 以下。同一类型内种间生态位叠度指数较高,在 0.711 以上,为了减少竞争,同一类型内种间错开活动高峰时间或延长活动时间。

关键词: 啮齿动物;时间生态位

中图分类号: Q958.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263(2008)02-64-06

Research on Autumn Time Niche of Five Rodents in Forests Ecosystem

YANG Chun-Wen MA Jian-Zhang* JIN Jian-Li LIU Zhu

(College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin 150040; Mudanjiang Teachers' College, Mudanjiang 157012, China)

Abstract: To research the coexistent mechanism of 5 kinds of rodents in Hailin region of Heilongjiang Province in september, 2006, we investigated the niche widths of time and the niche overlaps of *Sciurus vulgaris*, *Eutamias sibiricus*, *Apodemus peninsulae*, *Myodes rufocanus*, *M. rutilus* with the method of tagging-recapture and indoor observing. Then we analysed the time differentiation of their resources utilization. The results indicated that the phenomena can be divided into two types: the nocturnal ones and the diurnal ones. Niches widths of diurnal ones such as *S. vulgaris* and *E. sibiricus* are relatively narrow. They are separately 0.679 and 0.618. On the contrary, the niche widths of the nocturnal ones such as *M. rufocanus*, *M. rutilus*, *A. peninsulae* are wider. They are separately 0.935, 0.853, 0.844. The competition between the two species is small. And the niche overlap index is under 0.286, however the competition among the same species is great, and the niche overlap index is over 0.711. To reduce ac, we stagger their activity fastigiums or prolong their activity time to reduce the competition between the different species of the same type.

Key words: Rodent; Time niche

生态位理论对于理解群落结构、阐明生物群落内物种对环境资源的利用状况及种间的竞争关系和共存机制起着重要作用,成为生态学最重要的基础理论之一。在这一领域有许多研究报告,有多维生态位方面的研究^[1]和单一资

基金项目 黑龙江省科技攻关项目(No. PC06S03);

* 通讯作者, E-mail: jianzhangma@163.com;

第一作者介绍 杨春文,男,教授,博士;研究方向:啮齿动物生态学; E-mail: yangchunwen@sina.com。

收稿日期:2007-05-14,修回日期:2008-01-17

源生态位的研究^[2~14]等。单一资源方面主要从食物资源谱和资源利用谱出发研究生态位,而且主要针对荒漠和草原啮齿动物。对森林啮齿动物生态位研究报道很少,在昼夜活动节律方面见有报道^[15~18]。森林生态系统是陆地生态系统中最为稳定的生态系统之一,系统内组成群落的物种多样性丰富,群落层次、结构复杂。本文探讨将生态位理论用于森林生态系统中啮齿动物对资源利用时间上的分化与重叠,有助于进一步研究森林啮齿动物的种间关系及共存机制。

1 研究地点与研究方法

1.1 野外工作地点 本研究野外工作于 2006 年 9 月选在黑龙江省海林市辖区双峰林场,位于长白山脉张广才岭,东经 128°02′~129°01′,北纬 44°03′~44°41′,海拔 460~1 696 m。年平均气温 2.2℃,年降水量为 500~800 mm。全年无霜期 110 d 左右。

选择的样地海拔 820 m,植被类型为针阔混交林,为原始林经过轻度择伐,森林植被状况基本良好,相对稳定。主要由红松(*Pinus koraiensis*)、红皮云杉(*Picea koraiensis*)、臭冷杉(*Abies nephrolepis*)等针叶树和山杨(*Populus davidiana*)、白桦(*Betula platyphylla*)、黑桦(*B. dahurica*)、紫椴(*Tilia amurensis*)等阔叶树组成,林下有以接骨木(*Sambucus williamsii*)、刺五加(*Acanthopanax senticosus*)为主的灌木,亦有金银忍冬(*Lonicera maackii*),林中枯枝落叶层厚,林冠郁蔽度为 0.7。

1.2 动物饲养条件 2006 年 9 月在黑龙江省海林市林区用捕鼠器捕获鼠类,带回实验室饲养。单鼠饲养,供以鼠用颗粒饲料、松籽、橡子、胡萝卜和鲜平菇等食物,自由饮水。实验室温度为 20~25℃,自然光照。松鼠(*Sciurus vulgaris*)饲养于 80 cm×75 cm×60 cm 的铁丝网笼内。笼底垫以有机玻璃,提供棉花、木屑、碎树枝做巢材。花鼠(*Eutamias sibiricus*)、大林姬鼠(*Apodemus peninsularis*)、棕背䖃(*Myodes rufocanus*)和红背䖃(*M. rutilus*)单鼠饲养于 40

cm×30 cm×20 cm 铁丝笼中,提供棉花做巢材。

1.3 研究方法 栖息地内动物活动时间调查,采用标志重捕法,在样地内设 3 个样方,每个样方规格为 50 m×50 m,按照 5 m×5 m 规格布笼,每个样方布笼 100 个。布笼后 24 h 内将鼠笼开放不捕捉,让动物自由进出,24 h 后开始捕捉,将 1 d 的 24 h 划分为 8 个时间段,即 0:01~3:00、3:01~6:00 直至 22:01~0:00 时。在每个时间段最后 1 h 内检查 1 次鼠笼,将捕捉的鼠用剪趾法标志,原地释放,记录各时间段各种鼠被捕获的数量。连续捕捉 3 d,计算每种鼠同一时间段 3 d 平均捕获的个体数,以此代表某时间段的活动强度。由于地面布笼捕捉松鼠困难,栖息地内松鼠调查采用直接观察法,以 min 为单位记录松鼠的活动时间,按上述 8 个时间段统计活动时间,作为时间资源利用数值。

实验室内昼夜活动时间观察,将鼠放置于 120 cm×120 cm×80 cm 的有机玻璃笼中,供给充足的食物(颗粒饲料、松籽、橡子、核桃、刺五加、胡萝卜和鲜平菇)和水,待其适应 3 d 后进行观察记录。采用直接观察法和录像机监控相结合的方法,通过观察窗,对实验动物进行观察。夜间用 10 W 白炽灯蒙上布作为暗灯间接照明,连续观察 72 h,以 min 为计量单位,1~59 s 上进为 1 min。记录活动时间,将一昼夜 24 h 划分为 0:01~1:00、1:01~2:00 直至 23:01~0:00 时 24 个时间段,整理出各时间段巢外活动时间量、取食时间量和饮水时间量,分析昼夜活动时间分布。同时按野外调查划分的 8 个时间段,以各时间段活动的累计时间作为时间资源等级利用数值计算时间生态位。供试动物,松鼠 4 只(2♂,2♀),分 2 组,每组 2 只(1♂,1♀);花鼠、大林姬鼠、棕背䖃和红背䖃 每种 8 只(4♂,4♀),分 4 组,每组 2 只(1♂,1♀)。

时间生态位宽度以 Shannon-Whina 多样性指数方程^[19]计算:

$$B_i = \frac{\lg N_f - (1/N_f) \sum (N_{if} \times \lg N_{if})}{\lg r} \quad (1)$$

式中, B_i 为 i 种的生态位宽度, f 为资源等级,

即 24 h 划分出的不同时间段, N_{ij} 为 i 种的 f 资源等级利用数值, r 为生态位的资源等级数, 即一昼夜 24 h 被划分的时间段数。

生态位叠度采用下式^[19]计算:

$$C_{ih} = 1 - \frac{1}{2} \left| \frac{N_{if}}{N_i} - 1 \frac{N_{hi}}{N_h} \right| \quad (2)$$

式中, C_{ih} 为 i 种和 h 种之间的生态位重叠指数; N_{ij} 为 i 种在 j 资源等级利用数值; N_i 为 i 种在所有资源利用数值; N_{hj} 为 h 种在 j 资源等级利用数值; N_h 为 h 种在所有资源等级利用数值。

由于利用公式(1)计算物种时间生态位宽度时, 如果用各时间段内被捕获的个体数直接作为资源等级利用数值, 当 N_{ij} 为 1 时, $N_{ij} \times \lg N_{ij}$ 等于 0, 为无效数字, 为此将栖息地内调查得到的每种鼠各时间段捕获的个体数进行标准化后, 作为资源等级利用数值, 标准化公式为:

$$N_{ij} = \frac{L_{ij}}{M_i} \times 100 \quad (3)$$

该式以 i 种在 f 时间段内, 被捕获的数量相对于

i 种被标志总个体数的多少, 表示资源等级利用数值(N_{ij}), 式中 L_{ij} 为 i 种在 f 时间段被捕获的个体数, M_i 为 i 种在捕捉期间被标志的总个体数。例如, 物种 i 在调查期间共标志 100 只个体, 在 f 时间段内捕获 80 只, 代入公式得 80, 则表示物种 i 在 f 资源等级利用数值 N_{ij} 为 80。

2 结 果

2.1 昼夜活动量 实验室条件下 5 种啮齿动物昼夜活动量(表 1), 从表 1 可以看出, 松鼠、花鼠、大林姬鼠昼夜活动量(分别为 231 min、241 min、222 min)接近, 低于棕背䖃(306 min)和红背䖃(307 min)。取食活动量松鼠、花鼠、大林姬鼠(分别为 133 min、125 min、128 min)接近, 明显高于棕背䖃(86 min)和红背䖃(89 min); 饮水活动量松鼠(2 min)、花鼠(2 min)时间短, 大林姬鼠(5 min)居中, 棕背䖃(10 min)和红背䖃(8 min)时间较长。可见 5 种啮齿动物巢外活动主要以取食为主。

表 1 5 种啮齿动物秋季实验室内昼夜活动量 (min)

Table 1 The daily activity in the lab

| 动物 Animal | 巢外活动量 Out-nest activity | 取食活动量 Feeding activity | 饮水活动量 Drinking activity |
|---------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 松鼠 <i>Sciurus vulgaris</i> | 231 ±21.6 | 133 ±36.1 | 2 ±4.8 |
| 花鼠 <i>Eutamias sibiricus</i> | 241 ±22.8 | 125 ±42.1 | 2 ±4.9 |
| 大林姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i> | 222 ±20.8 | 128 ±43.3 | 5 ±3.6 |
| 棕背䖃 <i>Myodes rufocanus</i> | 306 ±36.1 | 86 ±35.7 | 10 ±5.2 |
| 红背䖃 <i>M. rutilus</i> | 307 ±32.5 | 89 ±38.6 | 8 ±3.2 |

2.2 昼夜活动的时间分布 实验室内饲养观察 5 种啮齿动物巢外活动时间分布见图 1。从图 1 可以看出, 松鼠与花鼠在白天活动, 活动时间在 5:00~19:00 时, 为典型的白天活动的种类, 松鼠活动高峰期有三个, 分别在 6:01~8:00、11:01~12:00、16:01~18:01 时, 花鼠有两个高峰期, 分别在 6:00~9:00 时、12:00~14:00 时; 大林姬鼠、棕背䖃、红背䖃昼夜均活动, 活动高峰时间在夜间, 大林姬鼠两次活动高峰分别在日出前的 2:00~4:00 时和日落后的 19:00~21:00 时, 棕背䖃两次活动高峰分别在 1:00~3:00 时和 20:00~23:00 时, 红背䖃有三次活动

高峰分别在 1:00~4:00 时、18:00~19:00 时和 22:00~23:00 时。

2.3 时间生态位测度结果 利用标志重捕法, 4 种啮齿动物被标志数量及在各时间段捕获的数量见表 2。共标志花鼠 5 只, 大林姬鼠 36 只、棕背䖃 52 只、红背䖃 19 只, 松鼠直接观察记录 5 只(表 3)。将花鼠、大林姬鼠、棕背䖃、红背䖃各时间段捕获的数量利用公式(3)标准化, 计算出动物对时间资源利用数值。松鼠在各时间段活动时间的直接观察数值见表 3。实验室观测 8 个时间段的活动时间见表 4。生态位宽度指数的计算结果见表 5。从表 5 可以看出, 棕背

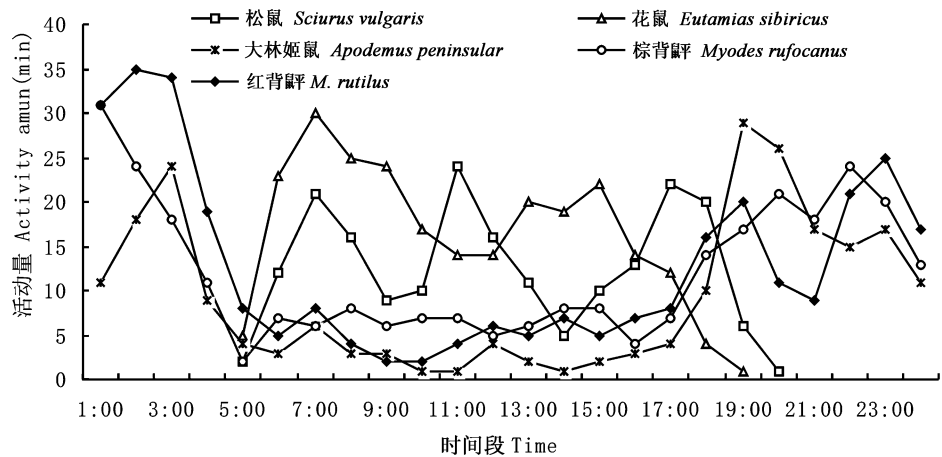


图 1 5 种动物秋季活动时间昼夜分布

Fig.1 The distributing of daily activity in the Autumn

表 2 栖息地内啮齿动物秋季昼夜各时间段被捕获数量(只)

Table 2 The daily quantity of the captured rodents during ever period in the autumn (in the habitat)

| 动物 Animal | 标志总个体数 Marking size | 时间段 Time | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------|----------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | | 0:01 ~ | 3:01 ~ | 6:01 ~ | 9:01 ~ | 12:01 ~ | 15:01 ~ | 18:01 ~ | 21:01 ~ |
| | | 3:00 | 6:00 | 9:00 | 12:00 | 15:00 | 18:00 | 21:00 | 0:00 |
| 花鼠 <i>Eutamias sibiricus</i> | 5 | 0 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 大林姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i> | 36 | 9 | 10 | 3 | 1 | 0 | 4 | 11 | 12 |
| 棕背䟽 <i>Myodes rufocanus</i> | 52 | 15 | 17 | 9 | 6 | 4 | 7 | 18 | 19 |
| 红背䟽 <i>M. rutilus</i> | 19 | 6 | 5 | 2 | 0 | 1 | 2 | 2 | 5 |

表 3 栖息地内啮齿动物秋季昼夜各时间段时间利用相对数值

Table 3 The percentage of the utilized time in the autumn of the rodents in the habitat

| 动物 Animal | 总个体数 Marking size | 时间段 Time | | | | | | | |
|---------------------------------|----------------------|----------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | | 0:01 ~ | 3:01 ~ | 6:01 ~ | 9:01 ~ | 12:01 ~ | 15:01 ~ | 18:01 ~ | 21:01 ~ |
| | | 3:00 | 6:00 | 9:00 | 12:00 | 15:00 | 18:00 | 21:00 | 0:00 |
| 松鼠 <i>Sciurus vulgaris</i> | 5 | 0 | 0 | 96** | 152** | 92** | 96** | 14** | 0 |
| 花鼠 <i>Eutamias sibiricus</i> | 5 | 0 | 0 | 37.50 | 12.50 | 25 | 12.50 | 0 | 0 |
| 大林姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i> | 36 | 25.00 | 27.78 | 8.33 | 2.78 | 0 | 11.11 | 30.56 | 33.33 |
| 棕背䟽 <i>Myodes rufocanus</i> | 52 | 28.85 | 32.69 | 17.30 | 11.54 | 7.69 | 13.46 | 34.62 | 36.53 |
| 红背䟽 <i>M. rutilus</i> | 19 | 31.58 | 26.32 | 10.53 | 0 | 5.26 | 10.53 | 10.53 | 26.31 |

** :活动时间 Time of activity (min)

表 4 实验室内 5 种啮齿动物秋季昼夜各时间段的活动时间(min)

Table 4 The active time (min) in the autumn of the 5 kinds of rodents during every period in the lab

| 动物 Animal | 时间段 Time | | | | | | | |
|---------------------------------|----------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | 0:01 ~ | 3:01 ~ | 6:01 ~ | 9:01 ~ | 12:01 ~ | 15:01 ~ | 18:01 ~ | 21:01 ~ |
| | 3:00 | 6:00 | 9:00 | 12:00 | 15:00 | 18:00 | 21:00 | 0:00 |
| 松鼠 <i>Sciurus vulgaris</i> | 0 | 1 | 47 | 42 | 29 | 45 | 26 | 0 |
| 花鼠 <i>Eutamias sibiricus</i> | 0 | 5 | 77 | 58 | 52 | 48 | 5 | 0 |
| 大林姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i> | 40 | 37 | 11 | 7 | 6 | 8 | 65 | 50 |
| 棕背䟽 <i>Myodes rufocanus</i> | 72 | 42 | 21 | 20 | 19 | 18 | 51 | 62 |
| 红背䟽 <i>M. rutilus</i> | 83 | 60 | 17 | 8 | 17 | 19 | 46 | 55 |

表 5 5 种啮齿动物秋季时间生态位宽度

Table 5 The niche widths of time in the autumn

| | 松鼠 <i>Sciurus vulgaris</i> | 花鼠 <i>Eutamias sibiricus</i> | 大林姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i> | 棕背䶏 <i>Myodes rufocanus</i> | 红背䶏 <i>M. rutilus</i> |
|-------------|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------|
| 栖息地 Habitat | 0.679 | 0.618 | 0.844 | 0.935 | 0.853 |
| 实验室内 Lab | 0.759 | 0.765 | 0.827 | 0.921 | 0.881 |

鼠、红背䶏、大林姬鼠的生态位宽度较宽,生态位宽度指数分别为 0.935、0.853、0.844,与实验室内测定的生态位宽度指数分别为 0.921、0.881、0.827 基本一致,松鼠和花鼠时间生态位宽度相对较窄,栖息地内生态位宽度指数分别

为 0.679、0.618,实验室内分别为 0.759、0.765。

2.4 时间生态位重叠指数测度结果 5 种啮齿动物种间生态位重叠指数见表 6、7。从表 6、7 可以看出,棕背䶏、红背䶏和大林姬鼠彼此间的生态位重叠较大,生态位重叠指数栖息地内大于 0.817,实验室内大于 0.813。松鼠和花鼠生态位重叠亦较大,生态位重叠指数栖息地内为 0.711,实验室内为 0.843。松鼠和花鼠分别与棕背䶏、红背䶏和大林姬鼠间的生态位重叠较小,生态位重叠指数栖息地内小于 0.286,实验室内小于 0.398,其重叠主要原于棕背䶏、红背䶏、大林姬鼠在白天也有少量活动。

表 6 栖息地 5 种啮齿动物秋季时间生态位叠度

Table 6 The niche overlaps of time in the autumn (in the habitat)

| 动物 Animal | 松鼠 <i>Sciurus vulgaris</i> | 花鼠 <i>Eutamias sibiricus</i> | 大林姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i> | 棕背䶏 <i>M. rufocanus</i> |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 花鼠 <i>Eutamias sibiricus</i> | 0.711 | | | |
| 大林姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i> | 0.191 | 0.160 | | |
| 棕背䶏 <i>Myodes rufocanus</i> | 0.286 | 0.255 | 0.897 | |
| 红背䶏 <i>M. rutilus</i> | 0.248 | 0.217 | 0.825 | 0.817 |

表 7 实验室内 5 种啮齿动物秋季时间生态位叠度

Table 7 The niche overlaps of time in the autumn (in the lab)

| 动物 Animal | 松鼠 <i>Sciurus vulgaris</i> | 花鼠 <i>Eutamias sibiricus</i> | 大林姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i> | 棕背䶏 <i>M. rufocanus</i> |
|---------------------------------|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 花鼠 <i>Eutamias sibiricus</i> | 0.843 | | | |
| 大林姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i> | 0.285 | 0.188 | | |
| 棕背䶏 <i>Myodes rufocanus</i> | 0.398 | 0.297 | 0.829 | |
| 红背䶏 <i>M. rutilus</i> | 0.344 | 0.242 | 0.813 | 0.902 |

3 讨 论

对啮齿动物在昼夜 24 h 内时间资源利用的生态位测度,采用标志重捕法,分时间段记录捕获的数量,划分出时间段作为时间资源等级。某资源等级利用数值用该时间段动物被捕获的数量与该种动物调查期间被标志的总数之比,再乘以 100 表示,能够反映动物对不同时间段的利用强度,同时不同物种间具有可比较性。用此计算出生态位宽度指数和种间生态位重叠指数与通过实验室内观察记录数据的计算结果基本一致,可以相互补充。本研究结果表明,棕背䶏、红背䶏、大林姬鼠虽然以夜间活动为主,但全天都有活动,其时间生态位较宽,宽度指数

均在 0.82 以上,而松鼠和花鼠只在白天活动,其生态位较窄,宽度指数在 0.75 以下。因此采用此方法获得时间生态位的基础数据是可行的。

松鼠、花鼠、棕背䶏、红背䶏和大林姬鼠是黑龙江省森林生态系统的主要啮齿动物,它们对环境资源利用状况及种间竞争关系和生态位分化,反映了该森林生态系统啮齿动物种间共存机制。同一地理区域生活、生态特征很相象的物种,它们可能通过取食位置、取食方式或栖息地点等的不同来利用不同的资源^[19]。在进化过程中,同域分布的物种为获得最大化的适合度,相互之间产生了两类能够有效回避或降低种间竞争的适应策略,即食性分化和栖息地

选择^[20]。在食性分化方面,5 种啮齿动物分化成取食植物不同部位的两种类型,即松鼠、花鼠和大林姬鼠以食植物种子为主,而棕背䎑以食纤维性成分为主^[15,21,22],红背䎑虽食种子也较多,仍属于以食纤维性成分为主的类型。在资源利用方式上,如时间的分化,松鼠、花鼠为白天活动,而棕背䎑、红背䎑和大林姬鼠以夜间活动为主,白天活动的种类之间及夜间活动为主的种类之间,为减少竞争,尽量错开活动高峰期。取食时间上不同,必将降低物种间因食物大小相似而出现的激烈竞争^[19]。这种分化的结果,可能与取食高度不同而导致天敌捕食风险存在差别有关,松鼠树栖、花鼠半树栖,而大林姬鼠、棕背䎑、红背䎑地面活动,地面活动以夜间活动为主,能大大降低捕食风险。

参 考 文 献

- [1] Hutchinson G E. Concluding remarks. Cold spring harbor symposium. *Quant Biol*, 1957, **22**: 415 ~ 427.
- [2] 蒋志刚,夏武平. 高原鼠兔食物资源利用的研究. 兽类学报, 1985, **5**(4): 251 ~ 262.
- [3] 蒋志刚,夏武平. 高寒草甸生态系统中牦牛、藏系绵羊和高原鼠兔的生态龛研究. 见:中国科学院西北高原生物研究所编. 高原生物学集刊. 北京:科学出版社, 1987, **6**: 115 ~ 146.
- [4] 蒋志刚. 生态龛宽度的刀切法研究及在高原鼠兔生态龛研究中的应用. 兽类学报, 1987, **7**(1): 20 ~ 27.
- [5] 樊乃昌,景增春,张道川. 高原鼠兔与达乌尔鼠兔食物资源维生态位的研究. 兽类学报, 1995, **15**(1): 36 ~ 40.
- [6] 刘季科,王溪,刘伟. 植食性小哺乳类营养生态学的研究: 根田鼠和甘肃鼠兔的食物选择及资源利用模式. 见:刘季科,王祖望. 高寒草甸生态系统(3). 北京:科学出版社, 1991, 111 ~ 123.
- [7] 胡德夫,盛和林. 准噶尔盆地沙漠荒漠啮齿动物群落在短命植物存在期的空间-食物资源利用. 兽类学报, 1999, **19**(1): 25 ~ 35.
- [8] 王溪,刘季科,刘伟等. 植食性小哺乳类营养生态学的研究:高原鼠兔的食物选择模式与食物质量. 兽类学报, 1992, **12**(3): 183 ~ 192.
- [9] May R M. Some notes on estimating the competition matrix. *Ecology*, 1975, **56**: 737 ~ 741.
- [10] Menna E J, Leom A. Niche differentiation among sympatric Australian Das Yu Rid Carnivores. *J Mamm*, 2000, **81**(2): 434 ~ 447.
- [11] Howland H C. Optimal strategies for predator avoidance: the relative importance of speed and manoeuvrability. *J Theor Biol*, 1974, **47**: 333 ~ 350.
- [12] Hurlbert S H. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 1978, **59**: 67 ~ 77.
- [13] Feinsiger P, Spears F E, Pbole R W. A simple measure of niche breadth. *Ecology*, 1981, **62**: 27 ~ 32.
- [14] Smith E P. Niche breadth resource availability and inference. *Ecology*, 1982, **63**: 1 675 ~ 1 681.
- [15] 高中信,孙兆峰. 带岭林区三种害鼠生态差异. 东北林业大学学报, 1985, **13**(2): 82 ~ 89.
- [16] 金建丽,杨春文. 棕背䎑昼夜活动节律的研究. 应用生态学报, 2003, **16**(6): 1 019 ~ 1 023.
- [17] 李俊生,马建章. 松鼠秋冬季节日活动节律的研究. 动物学杂志, 2003, **38**(1): 33 ~ 37.
- [18] 金志民,杨春文. 实验室条件下花鼠昼夜活动节律的研究. 中国森林病虫, 2005, (3): 9 ~ 12.
- [19] 孙儒泳编著. 动物生态学原理(第三版). 北京:北京师范大学出版社, 2001, 333 ~ 345.
- [20] Vrba E S. Mammals as a key to evolutionary. *J Mamm*, 1992, **73**(1): 1 ~ 28.
- [21] 罗泽䎑,陈卫,高武等编著. 中国动物志 兽纲 第六卷 啮齿目 仓鼠科. 北京:科学出版社, 2000, 335 ~ 349.
- [22] 马逸清. 黑龙江兽类志. 哈尔滨:黑龙江科技出版社, 1986, 232 ~ 254, 299 ~ 315, 361 ~ 367.