

唐家河自然保护区小哺乳动物空间生态位初步研究

王 涓^{1,2,3} 胡锦涛³ 谌利民⁴ 张汉峰² 胡忠军¹ 徐 玲¹ 徐宏发^{1*}

(1 华东师范大学生命科学学院, 上海, 200062) (2 内江师范学院化学与生命科学系, 四川内江, 641112)

(3 西华师范大学生物系, 四川南充, 637002) (4 唐家河自然保护区, 四川青川, 628100)

摘要: 1989年4–11月, 采用去除取样法, 对四川省唐家河自然保护区内小哺乳动物的空间生态位宽度和重叠度进行了研究。共安置11 000诱饵, 捕获小哺乳动物14种846只。根据香农–威纳多样性指数公式以及Cowell和Futuyama公式分别计算了各小哺乳动物种群的空间生态位宽度和空间生态位重叠指数。在14种小哺乳动物中, 社鼠的空间生态位宽度指数最大(1.00), 大足鼠、川西长尾麝、川麝和灰麝鼠的最小, 均为0。14种小哺乳动物空间生态位重叠指数最大为1, 最小为0, 其中大足鼠与川西长尾麝及灰麝鼠、针毛鼠与川麝的空间生态位彼此完全重叠; 藏鼠兔与针毛鼠、大足鼠、洮洲绒鼠、川西长尾麝、川麝以及灰麝鼠的空间生态位完全分离。空间生态位完全重叠的种类, 是通过选择不同的食物以及不同的微生境来避免过度竞争。回归分析显示, 小哺乳动物种群的空间生态位宽度指数与它们利用空间资源的平均值呈显著的正相关($r=0.8285$, $P<0.05$)。空间生态位宽度指数的季节变化表明, 社鼠种群分布没有明显的季节差异, 中华姬鼠和安氏白腹鼠每年可能有一个数量高峰期, 高山姬鼠一年则可能有两个数量高峰。

关键词: 唐家河自然保护区; 小哺乳动物; 空间生态位

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000–1050 (2005) 04–0379–06

Preliminary Study on Spatial Niches of Small Mammals in Tangjiahe Nature Reserve

WANG Yu^{1,2,3} HU Jinchu³ CHEN Limin⁴ ZHANG Hanfeng² HU Zhongjun¹ XU Ling¹ XU Hongfa^{1*}

(1 School of Life Sciences, East China Normal University, Shanghai, 200062, China)

(2 Department of Life Science and Chemistry, Neijiang Teachers College, Neijiang, 641112, China)

(3 Department of Biology, China West Normal University, Nanchong, 641002, China)

(4 Tangjiahe Nature Reserve, Qingchuan, 628100, China)

Abstract: We collected data on small mammal communities in Tangjiahe Nature Reserve, Sichuan, during April–November, 1989. Indices of niche breadth and niche overlap were calculated using both Shannon-Weiner and Cowell and Futuyama Niche Overlap Index formulae. Niche breadth indices of 14 species varied from 0 to 1. *Niviventer niviventer* had the highest index of the niche breadth (1.00) while *Rattus nitidus*, *Soriculus hysibius*, *Blarinella quadricauda* and *Crocodyra attenuata* had the lowest index of the niche breadth (0.00). Niche overlap indices also varied from 0–1. The spatial niche of *R. nitidus* completely overlapped that of *S. hysibius* and *C. attenuata*. The spatial niche of *Niviventer fulvescens* completely overlapped that of *Blarinella quadricauda*. *Ochetona thibetana* was completely separated from *Niviventer fulvescens*, *Rattus nitidus*, *Eothenomys eva*, *Soriculus hysibius*, *Blarinella quadricauda*, and *Crocodyra attenuata*.

Small mammals had two different ways to avoid over-competition: food separation and microhabitat specialization. Regression analysis showed that niche breadth index increased significantly with the average amount of space resource utilization ($r=0.8285$, $P<0.05$). The analysis of seasonal variation of the niche breadth index indicated that there was no significant difference in distribution of *N. niviventer* in different seasons.

During the research period, the pattern of population variation of *Apodemus draco* and *N. Andersoni* showed one peak and two peaks for *A. chevrieri* annually.

Key words: Small mammals; Spatial niche; Tangjiahe Nature Reserve

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30370222); 四川省教育厅重点资助项目(2003A163); 上海市生态学重点学科和211工程建设基金资助项目

作者简介: 王涓(1965–), 男, 在读博士, 主要从事动物生态学及保护生物学研究. E-mail: wang_yu02@163.com

收稿日期: 2004–12–15; **修回日期:** 2005–02–01

* 通讯作者, correspondence author, E-mail: hfsu@bio.ecnu.edu.cn

生态位理论在种间关系、群落结构、种的多样性及种群进化研究中已被广泛应用, 20世纪90年代以来, 生态位这一概念又受到关注 (Leibold, 1995), 并出现了不同的解释和计算方法 (Hansson, 1995; Wang, 1995; González-Solis *et al.*, 1997; Naeem, 2003; 张光明和谢寿昌, 1997; 朱春全, 1997; 林开敏和郭玉硕, 2001), 这是继20世纪70年代生态位理论研究热之后的第2个发展高潮, 对生态位的研究与应用已成为现代生态学的核心内容之一 (李喆等, 2003)。Jonathan 和 Mathew (2003) 认为, 世界就是由不同的生态位组成的, 有人甚至提出, 对生态学的研究主要就是对生态位的研究 (尚玉昌, 1988)。生态位理论研究的一个重要方面就是通过对物种的生态位的宽度、重叠度等指标的计算, 以分析物种间的竞争关系; 生态系统中竞争的结果是促使物种选择相适应的生态位。国内外对物种生态位的研究较多, 但多限于对一个或两个物种生态位的研究 (Arlettaz *et al.*, 2000; 李艳红等, 1997; 刘荣堂, 1997; 艾尼瓦尔和吾玛尔, 2002; 周放和房慧伶, 2000), 对于同一区域多物种生态位的研究, 则少有报道 (Kruuk *et al.*, 1994; 冯江等, 2002)。作者于1989年4~11月在四川唐家河自然保护区, 利用去除取样方法对小哺乳动物群落进行了调查, 并对所捕获物种的空间生态位 (Grinnell, 1919) 及优势种空间生态位的季节变化进行了分析。

1 自然概况和研究方法

唐家河自然保护区坐落于四川省青川县境内, 位于东经 $104^{\circ}27' \sim 104^{\circ}53'$, 北纬 $32^{\circ}32' \sim 32^{\circ}41'$, 总面积 $40\ 000\text{ km}^2$ 。在研究区域内, 海拔 $1\ 600\text{ m}$ 以下为山地常绿阔叶林, 以耐湿植物为主, 因该区曾经在上个世纪70年代遭到采伐, 故典型的常绿阔叶林只在小河湾两侧呈片状分布; 海拔 $1\ 600 \sim 2\ 000\text{ m}$ 为常绿与落叶阔叶混交林, 此段也曾经采伐过, 典型的混交林仅出现在一些沟侧的局部; $2\ 000 \sim 2\ 300\text{ m}$ 为针阔混交林; $2\ 300 \sim 2\ 500\text{ m}$ 为亚高山针叶林; $2\ 500\text{ m}$ 以上是高山灌丛与高山草甸 (胡锦矗, 1989)。

1.1 取样方法

根据小哺乳动物的活动特点 (孙儒泳, 2001) 和统计分析的要求, 我们采用方形网格式取样捕捉。这种捕捉方式是从矩形网格法* 变换而来。根据研究区的地形和海拔高度的变化, 确定海拔每

上升 75 m 设置1个样方, 样方之间相隔 300 m 以上, 每个样方按5行 \times 5列安放25个鼠铗, 行距、列距、铗距均为 15 m , 以五香豆干作诱饵, 连续捕捉3 d, 每天下午安放鼠铗, 翌日早上收取。每天安放150个鼠铗。研究区域内共计设置固定样方19个, 其中常绿阔叶林中4个, 落叶阔叶混交林中6个, 针阔混交林中3个, 针叶林中3个, 草甸中3个。所有固定样方每月循环一次, 对捕获的小型兽类记录其体重、体长及胴体重等数据。

1.2 可利用的空间资源等级划分

根据研究区的植被状况, 将小哺乳动物可利用的空间资源划分为5个等级, 每一类植被带作为一个可利用空间资源等级。它们分别是: I. 常绿阔叶林可利用空间资源等级 ($< 1\ 600\text{ m}$); II. 落叶阔叶混交林可利用空间资源等级 ($1\ 600 \sim 1\ 990\text{ m}$); III. 针阔混交林可利用空间资源等级 ($2\ 000 \sim 2\ 290\text{ m}$); IV. 针叶林可利用空间资源等级 ($2\ 300 \sim 2\ 500\text{ m}$); V. 草甸可利用空间资源等级 ($> 2\ 500\text{ m}$)。小型哺乳动物种类在某植被带 (空间资源等级) 内出现的固定样方个数, 视为小哺乳动物物种对该空间资源利用的次数 (利用程度)。

为了避免小哺乳动物在不同季节对栖息地存在不均等偏好的影响, 将工作期间 (4~11月) 的数据进行合并处理, 样方的总数以19个固定样方计算。小哺乳动物物种在某个固定样方有捕获的, 记录为一个样方 (利用某空间资源等级一次), 若同一物种不同月份在同一固定样方均有捕获的, 也只记一个样方 (利用某空间资源等级一次), 不重复记数。样方的计数只考虑是否有捕获, 不考虑捕获率和捕获数。

1.3 生态位宽度和重叠指数计算方法

如果不同类型资源的取样数不均等, 则需对数据进行标准化处理 (Manly *et al.*, 1993; McLoughlin *et al.*, 2002):

首先求出各类型资源取样数的最小公倍数 (A), 然后根据以下公式求出标准化后各类型资源的已利用空间资源数 (US):

$$W_j = U_j / A_j = US_j / A$$

(W_j : 对 j 类空间资源的标准化系数; U_j : 已利用 j 空间资源数; A_j : 可利用 j 空间资源数; US_j : 标

* 张国修, 1988, 平武王朗自然保护区小型兽类群落结构的研究, 四川师范学院硕士研究生毕业论文。

准化后的已利用 j 空间资源数； A ：各类型资源取样数的最小公倍数）。

采用香农－威纳多样性指数公式以及 Cowell 和 Futuyama (1971) 公式分别计算各小型哺乳动物的空间生态位宽度和空间生态位重叠指数，计算公式为：

空间生态位宽度指数（孙儒泳，2001）：

$$B_i = \frac{\log \sum_{j=1}^r N_{ij} - (1 / \sum_{j=1}^r N_{ij}) (\sum_{j=1}^r N_{ij} \log N_{ij})}{\log r}$$

其中 B_i = i 种的空间生态位宽度指数；
 N_{ij} = i 种利用 j 空间资源等级的数值；
 r = 利用空间资源的等级数（ $r = 5$ ）。

空间生态位重叠指数（Cowell and Futuyama, 1971）：

$$C_{ih} = 1 - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^r \left| \frac{N_{ij}}{N_i} - \frac{N_{hj}}{N_h} \right|$$

其中： C_{ih} = i 种和 h 种之间空间生态位重叠指数；
 N_{ij} = i 种在 j 空间资源等级中出现的数值；
 N_i = i 种在所有空间资源等级中的数值；
 N_{hj} = h 种在 j 空间资源等级中出现的数值；

N_h = h 种在所有空间资源等级中的数值。

用 KS（Kolmogorov-Smirnov）方法（Massey, 1951）检验空间生态位宽度指数和小哺乳动物对各等级资源平均利用的正态分布性，如果 $P > 0.05$ ，则样本呈正态分布。

2 结果

2.1 空间生态位宽度指数和空间生态位重叠指数

4~11 月，共放置鼠夹 11 000 个，捕获小型兽类 846 只，计 14 种，工作期间，各小哺乳动物物种分别在各植被带（可利用资源等级）内出现的固定样方数（利用情况）见表 1 的 BS 项。由于本次调查所涉及的不同类型植被带内固定样方（空间资源）不均等，需进行标准化处理，标准化后的数据见表 1 的 AS 项。采用香农－威纳多样性指数公式和 Cowell 和 Futuyama (1971) 公式分别计算出唐家河自然保护区各小型哺乳动物的空间生态位宽度和空间生态位重叠指数（表 1、表 2）。

表 1 唐家河自然保护区 14 种小哺乳动物对空间资源的利用情况及空间生态位宽度指数
Table 1 Spatial resource utilization and the niche breadth index of 14 small mammal species in Tangjiahe Nature Reserve

	常绿阔叶林		落叶阔交林		针阔混交林		针叶林		草甸		空间生态位
	Evergreen broadleaf forest		Evergreen and deciduous broadleaf mixed forest		Conifer and broadleaf mixed forest		Coniferous forest		Meadow		宽度指数
	< 1 600 m		1 600 - 1 990 m		2 000 - 2 290 m		2 300 - 2 500 m		> 2 500 m		Niche breadth index
	BS	AS	BS	AS	BS	AS	BS	AS	BS	AS	
1 社鼠 <i>Niviventer niviventer</i>	4	12	6	12	3	12	3	12	3	12	1
2 中华姬鼠 <i>Apodemus draco</i>	4	12	6	12	3	12	0	0	1	4	0.8163
3 安氏白腹鼠 <i>Niviventer andersoni</i>	1	3	4	8	2	8	1	4	1	4	0.9511
4 麝 <i>Uropsilus soricipes</i>	1	3	3	6	0	0	1	4	0	0	0.6573
5 洮洲绒鼠 <i>Eothenomys eoa</i>	1	3	0	0	1	4	0	0	0	0	0.4243
6 高山姬鼠 <i>Apodemus chenieri</i>	4	12	6	12	0	0	0	0	2	8	0.6724
7 大足鼠 <i>Rattus nitidus</i>	2	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 川西长尾麝 <i>Soriculus hyzibius</i>	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 四川短尾麝 <i>Anourosorex squamipes</i>	1	3	4	8	0	0	1	4	0	0	0.6273
10 藏鼠兔 <i>Ochotona thibetana</i>	0	0	0	0	0	0	1	4	2	8	0.3955
11 针毛鼠 <i>Niviventer fulvescens</i>	1	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0.4182
12 川麝 <i>Blarinella quadricauda</i>	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13 灰麝麝 <i>Crociodura attenuata</i>	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 黑腹绒鼠 <i>Eothenomys melanogaster</i>	1	3	0	0	0	0	0	0	1	4	0.4243

表中数据表示每种小哺乳动物在该植被带（空间资源等级）中实际分布的固定样方数（利用次数）。BS：标准化前数据；AS：标准化后数据。

Data in table represent fixed sample numbers of 14 small mammals' distribution in each type of forest. BS: Data before standardization; AS: Data after standardization.

从表 1 中可以看出, 社鼠的空间生态位宽度指数最大, 安氏白腹鼠次之, 大足鼠、川西长尾鼯、川鼯和灰麝鼯最小。

KS 检验表明, 唐家河自然保护区 14 种小哺乳动物利用各等级资源的平均值 ($d = 0.252\ 57$, $P > 0.20$) 和它们的空间生态位宽度指数 B ($d = 0.277\ 1$, $P > 0.05$) 都呈正态分布, 对它们进行线性回归, 得到如下的方程:

$B = 0.174\ 6 + 0.084\ 6 \times \bar{N}$ (B : 空间生态位宽度指数, \bar{N} : 空间资源利用平均值)

方程表明, 小哺乳动物种群的空间生态位宽度和它们利用植被资源的平均值呈显著的正相关 ($r = 0.828\ 5$, $P = 0.000\ 4 < 0.05$)。这说明在唐家河自然保护区, 小哺乳动物对各资源的平均利用程度越高, 则其空间生态位宽度指数也越高。

表 2 唐家河自然保护区 14 种小哺乳动物空间生态位重叠指数

Table 2 Niche overlap index of 14 small mammal species in the Tangjiahe Nature Reserve

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 社鼠 <i>Niviventer niviventer</i>	0.70	0.80	0.60	0.39	0.60	0.19	0.19	0.60	0.39	0.39	0.39	0.19	0.39
2 中华姬鼠 <i>Apodemus draco</i>		0.80	0.53	0.59	0.70	0.30	0.30	0.05	0.10	0.59	0.59	0.30	0.39
3 安氏白腹鼠 <i>Niviventer andersoni</i>			0.55	0.40	0.55	0.11	0.11	0.55	0.29	0.40	0.40	0.11	0.25
4 鼯鼠 <i>Uropsilus soricipes</i>				0.23	0.60	0.23	0.23	0.92	0.30	0.63	0.63	0.23	0.23
5 洮洲绒鼠 <i>Eothenomys eva</i>					0.37	0.42	0.42	0.19	0.00	0.42	0.42	0.42	0.42
6 高山姬鼠 <i>Apodemus chevrieri</i>						0.37	0.37	0.57	0.25	0.75	0.75	0.37	0.62
7 大足鼠 <i>Rattus nitidus</i>							1.00	0.19	0.00	0.60	0.60	1.00	0.42
8 川西长尾鼯 <i>Soriculus hypsilbui</i>								0.19	0.00	0.60	0.60	1.00	0.42
9 四川短尾鼯 <i>Arctomys squamipes</i>									0.26	0.59	0.59	0.19	0.19
10 藏鼠兔 <i>Ochotona thibetana</i>										0.00	0.00	0.00	0.57
11 针毛鼠 <i>Niviventer fulvescens</i>											1.00	0.60	0.42
12 川鼯 <i>Blarinella quadricauda</i>												0.60	0.42
13 灰麝鼯 <i>Crocictura attenuata</i>													0.42
14 黑腹绒鼠 <i>Eothenomys melanogaster</i>													

从表 2 中可以看出, 唐家河自然保护区 14 种小哺乳动物空间生态位重叠指数最大为 1, 最小为 0, 平均空间生态位重叠指数为 0.42。大足鼠与川西长尾鼯及灰麝鼯、针毛鼠与川鼯的空间生态位完全重叠, 藏鼠兔与针毛鼠、大足鼠、洮洲绒鼠、川西长尾鼯、川鼯以及灰麝鼯的空间生态位完全分离, 其余的种间均有不同程度的空间生态位重叠。

2.2 空间生态位宽度指数的季节变化

对优势种社鼠、高山姬鼠、中华姬鼠及安氏白腹鼠(王涪等, 2003)不同季节的空间生态位宽度指数进行了研究(图 1)。

图 1 显示, 社鼠的空间生态位宽度指数在 4~11 月间的变化较小, 社鼠在 8 月有一个高峰, 高山姬鼠在 6 月和 8 月有两个高峰, 中华姬鼠则在 8 月后有一个快速的下降过程, 随后开始上升, 而安氏白腹鼠则在 4~7 月保持在较低的水平, 7 月后

开始上升, 8 月达到最大值, 随后开始波动。

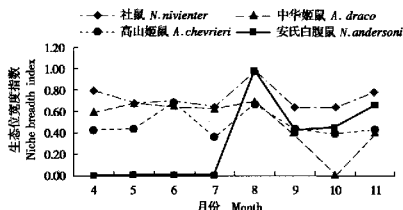


图 1 唐家河自然保护区 4 种小哺乳动物优势种空间生态位宽度指数的季节变化

Fig. 1 The seasonal variation in the niche breadth index of 4 dominant small mammal species in Tangjiahe Nature Reserve

3 讨论

生态位根据其研究的重点不同, 可分为“空间

生态位”、“功能生态位”和“多维超体积生态位”(张光明和谢寿昌, 1997)。本次我们仅对唐家河自然保护区 14 种小哺乳动物的空间生态位进行了研究。结果显示, 在唐家河自然保护区, 各小哺乳动物的空间生态位宽度指数相差极大, 其中社鼠的空间生态位宽度最大 (1.00), 大足鼠、川西长尾麝、川麝和灰麝则最小 (0), 显示出社鼠在唐家河自然保护区是广泛分布的种类, 任何一种生境都有其种群分布, 而大足鼠、川西长尾麝、川麝和灰麝则是分布较为狭窄的类群, 这与我们野外收集的数据一致。在我们设置的 19 个样方中都有社鼠分布, 而大足鼠、川西长尾麝、川麝和灰麝则仅分别分布于常绿阔叶林的 1~2 个样方 (表 1)。社鼠的空间生态位宽度指数的季节变化很小 (0.629 6~0.962 5), 是唐家河自然保护区小哺乳动物群落的优势种, 它决定了群落的外部特征 (王清等, 2003), 并且优势种在群落总生物量稳定中起重要作用 (曾宗永等, 1994), 因此, 我们可以认为: 群落的优势种不仅决定了群落的外部特征和稳定种群总生物量, 而且还占有最大的空间生态位宽度。本文中讨论的空间生态位只涉及到小哺乳动物的空间分布, 而生态位的内涵相当丰富 (朱春全, 1997), 其中种群密度的大小是否对种群空间生态位有影响, 需要进一步的研究。

动物对资源利用的重叠, 在群落结构的分析中是非常重要的, 它显示种间潜在的相互作用水平 (高伟, 1993; 朱曦等, 1998)。在唐家河自然保护区, 14 种小哺乳动物的空间生态位存在着不同程度的重叠 (0~1), 其中最典型的是大足鼠和川西长尾麝及灰麝、针毛鼠和川麝, 它们的空间生态位完全重叠。Pianka (引自李喆等“生态位理论及其测度研究进展”, 2003) 等认为生态位重叠导致竞争, 高斯 (引自尚玉昌“现代生态学中的生态位理论”, 1988) 进一步指出, 两个相似的物种不能占有相同的生态位, 而是以某种方式彼此取代, 每种分别具有食性或其它生活方式上的特点。而事实上, 在唐家河自然保护区, 经过长期的进化, 大足鼠和川西长尾麝及灰麝、针毛鼠和川麝确实在 (食物) 生态位上发生了分化, 川麝、川西长尾麝、灰麝的食物主要是小型昆虫等, 大足鼠、针毛鼠主要是以植物为食 (胡锦矗和王西之, 1984), 因此, 它们主要通过选择不同的食物来避免竞争, 与 Kruuk 等 (1994)、侯兰新等 (1993) 的结果一致, 即以相同的方式利用不同的资源, 从而达到“共

存”; 而川西长尾麝和灰麝则选择不同的生境, 即以不同的方式利用相同的资源, 避免过度竞争, 实现“共存”, 因为川西长尾麝主要生活于海拔 1 500~2 100 m 的灌丛草甸, 而灰麝则主要生活于海拔 1 500 m 以下的生境中 (胡锦矗和王西之, 1984)。Arlettaz 等 (2000) 在研究蝙蝠时也证明, 如果生态位完全重叠的两个物种以相同的方式利用相同的资源, 则会导致一个物种逐渐减少。

由优势物种空间生态位宽度季节变化 (图 1) 推测, 在唐家河自然保护区, 社鼠全年的分布范围都较大, 种群数量相对较高, 因此, 空间生态位宽度指数全年都保持在较高的水平。这和海南南湾保护区社鼠种群相似, 李艳红等 (1997) 研究发现, 在海南南湾保护区, 社鼠种群不仅分布广泛, 而且种群数量没有明显的季节差异。而中华姬鼠和安氏白腹鼠的生态位宽度指数季节变化较为明显, 其最大值均在 7~8 月, 这期间正是它们繁殖的高峰期 (胡锦矗和王西之, 1984), 因此推测它们每年可能有一个数量高峰期。高山姬鼠的生态位宽度指数全年变化也不大, 但在 6 月和 8 月有两个峰值, 说明其种群在这两月中分布范围较宽, 推测其种群的数量也更大。在贵州, 高山姬鼠种群在不同月份之间变化很大 (杨再学等, 2000), 但在四川, 高山姬鼠的种群动态呈单峰型 (倪健英, 1998), 从空间生态位的季节变化看, 我们的研究结果不支持单峰型的观点, 但高山姬鼠种群的年际动态是否不同地区有不同的变化, 需要进一步研究。

致谢: 在野外工作中得到唐家河自然保护区的大力协助, 写作过程中, 华东师范大学张立峰、李乃兵、王晶琳给予了帮助, 在此一并致谢。

参考文献:

- Arlettaz R, Godat S, Meyer H. 2000. Competition for food by expanding pipistrelle bat populations (*Pipistrellus pipistrellus*) might contribute to the decline of lesser horseshoe bats (*Rhinolophus hipposideros*). *Biological Conservation*, **93** (1): 55~60.
- Cowell P K, Futuyama D J. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology*, **52** (4): 567~576.
- González-Solis J, Oro D, Jover L. 1997. Tropic niche width and overlap of two sympatric gulls in the southwest Mediterranean. *Oecologia*, **112** (1): 75~80.
- Gunnell J. 1919. The niche relationship of the California Thrasher. *Auk*, **34**: 427~433.
- Hausson S. 1995. Effects of exploitative food competition on food niche dynamics - a simulation analysis. *Ecological Modelling*, **77**: 167~187.

- Jonathan M C., Mathew A L. 2003. The world according to niche: Ecological Niches: Linking classic and contemporary approaches. *Trends in Ecology & Evolution*, 18 (7): 323-324.
- Kruuk H., Kunchanasaka B., O' Sullivan S., Wanghongsa S. 1994. Niche separation in three sympatric otters *Lutra perspicillata*, *L. lutra* and *Aonyx cinerea* in Huai Kha Khaeng, Thailand. *Biological Conservation*, 69 (1): 115-120.
- Leibold M A. 1995. The niche concept revisited: mechanistic models and community context. *Ecology*, 76 (5): 1371-1382.
- Manly B F J., McDonald L L., Thomas D L. 1993. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies. London: Chapman and Hall.
- Massey F J. 1951. The Kolmogorov-Smirnov test of goodness of fit. *Journal of the American Statistical Association*, 46 (253): 68-78.
- McLoughlin P D., Case R L., Gau R J., Cluff H D., Mulders R., Messier F. 2002. Hierarchical habitat selection by barren-ground grizzly bears in the central Canadian Arctic. *Oecologia*, 132: 102-108.
- Naeem S. 2003. The world according to niche. *Trends in Ecology and Evolution*, 18 (7): 323-324.
- Wang J H. 1995. The models of niche and their application. *Ecological Modelling*, 80: 279-291.
- 王清, 王小明, 胡锦矗, 湛利民. 2003. 唐家河自然保护区小型兽类群落结构. 兽类学报, 23 (1): 39-44.
- 冯江, 李振新, 陈敏, 周江, 赵辉华, 张树义. 2002. 同一山洞中五种蝙蝠的叫声定位比较及生态位的分化. 生态学报, 22 (2): 150-155.
- 艾尼瓦尔·吐米尔, 吾玛尔·阿不力孜. 2002. 褐家鼠在内陆干旱区的群落效应. 生命科学研究, 6 (4) 专辑: 194-198.
- 刘荣堂. 1997. 塞加羚羊 (*Saiga tatarica*) 生态适应性研究. 生态学报, 17 (2): 151-158.
- 孙儒泳. 2001. 动物生态学原理. 北京: 北京师范大学出版社.
- 朱春全. 1997. 生态位势理论与扩充假说. 生态学报, 17 (3): 324-332.
- 朱曦, 章立新, 梁峻, 宣志灿. 1998. 鹭科鸟类群落的空间生态位和种间关系. 动物学研究, 19 (1): 45-51.
- 张光明, 谢寿昌. 1997. 生态位概念演变与展望. 生态学杂志, 16 (6): 46-51.
- 李艳红, 王骏, 张剑锋. 1997. 海南南海保护区社区种群动态. 中山大学学报论丛, (1): 71-75.
- 李掣, 朱金兆, 朱清科. 2003. 生态位理论及其测度研究进展. 北京林业大学学报, 25 (1): 100-107.
- 杨再学, 金星, 龙贵兴. 2000. 高山姬鼠种群数量季节消长动态初步研究. 贵州农业科学, 28 (2): 15-17.
- 周放, 房慧伶. 2000. 两种鸺鹠的种间生态位关系. 动物学研究, 21 (1): 52-57.
- 尚玉昌. 1988. 现代生态学中的生态位理论. 生态学进展, 5 (2): 77-84.
- 林开敏, 郭玉硕. 2001. 生态位理论及其应用研究进展. 福建林学院学报, 21 (3): 283-287.
- 侯兰新, 王秀玲, 马力, 吕明. 1993. 新疆北鲛在栖息地内和其他小型兽类的种间关系调查. 西北民族学院学报 (自然科学版), 14 (1): 37-39.
- 胡锦矗. 1989. 唐家河自然保护区大熊猫觅食生态研究. 四川师范学院学报 (自然科学版), 11 (1): 1-12.
- 胡锦矗, 王西之. 1984. 四川资源动物志. 成都: 四川科技出版社.
- 倪健英. 1998. 高山姬鼠在四川的发生动态及危害初步研究. 西南农业大学学报, (专刊): 125-128.
- 高玮. 1993. 鸟类生态学. 长春: 东北师范大学出版社.
- 曾宗永, 杨耿敏, 宋志明. 1994. 北美 CHIHUAHUAN 荒漠环境中的啮齿动物群落各物种种群生物量动态的比较研究. 动物学研究, 15 (2): 32-41.