

# 内蒙古半荒漠与荒漠区的啮齿动物群落<sup>\*</sup>

武晓东<sup>\*\*</sup> 付和平

内蒙古农业大学生态环境学院, 呼和浩特 010019

**摘要** 内蒙古广阔的半荒漠与荒漠区属于典型的大陆干旱区和极干旱区, 东西界线基本与气候湿润系数0.2 - 0.05相吻合, 包括了内蒙古境内的温性荒漠草原、温性草原化荒漠和典型荒漠的各类草地。1988 - 1993年和1998 - 2003年, 在约380 000 km<sup>2</sup>范围内, 根据地带性植被分布及其地形、地貌、土壤的特征, 野外设置317个调查样地, 采用铗日法调查啮齿动物群落的分布特征, 共布放有效铗日157 702个, 捕获啮齿动物37种, 选用其中的23种主要啮齿动物构成“样方-种多度(捕获率)”原始数据矩阵(23×317), 应用快速聚类方法对该区域内啮齿动物群落进行分类, 在此基础上采用GIS技术应用ArcView 3.2软件, 将啮齿动物的捕获量信息在1999-2000年TM卫星影像图上进行叠加, 结果表明该地区啮齿动物地带性群落可分为9个。GIS技术分析得出的该区域内啮齿动物地带性群落分布图, 很好地将植被的信息和生境中主要啮齿动物分布的信息同时合成反映出来, 明确了啮齿动物地带性群落分布的区域和特征, 可为区域性啮齿动物综合治理提供科学依据[动物学报51(6):961-972, 2005]。

**关键词** 啮齿动物 地带性群落 GIS分析 分布图 荒漠与半荒漠区

## Rodent communities in desert and semi-desert regions in Inner Mongolia<sup>\*</sup>

WU Xiao-Dong<sup>\*\*</sup>, FU He-Ping

College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot 010019, China

**Abstract** The species and abundance, the structure and distribution of rodent communities, and GIS analysis of zone rodent communities were comprehensively studied mainly using the trap-day method in semi-desert and desert regions of Inner Mongolia from 1988 to 1993 and from 1998 to 2003. The regions belonged to the arid and super-arid regions of Inner Mongolia (37°24' - 44°42' N, 97°10' - 114°10' E) including the northwest part of Xilinguole league, the center-west part of Wulanchabu league, the center-north part of Bayanaoer league and the total area of Alashan league. It contained various types of grassland: temperate desert steppe, steppe desert and typical desert. The total of 317 sampling plots were arranged according to characteristics of landform, soil and zone vegetation in an area of 380 000 km<sup>2</sup>, and a total of 157 702 trap-days were completed. We selected 23 principal species to form a calculating matrix (23×317) to classify the rodent communities with the fast cluster method into 9 zone communities as follows: I. *Citellus dauricus* + *Cricetulus longicaudatus* + *Eutamias sibiricus* community, II. *Phodopus roborovskii* + *Cricetulus barabensis* + *Cricetulus longicaudatus* community, III. *Meriones unguiculatus* + *Phodopus roborovskii* + *Cricetulus longicaudatus* community, IV. *Allactaga sibirica* + *Allactaga bullata* + *Citellus dauricus* community, V. *Allactaga bullata* + *Dipus sagitta* + *Meriones unguiculatus* community, VI. *Meriones meridianus* + *Citellus dauricus* + *Allactaga sibirica* community, VII. *Allactaga sibirica* + *Allactaga bullata* + *Dipus sagitta* community, VIII. *Phodopus roborovskii* + *Dipus sagitta* + *Allactaga sibirica* community, IX. *Meriones meridianus* + *Allactaga sibirica* + *Dipus sagitta* community.

Based on the above data, the typical habitat type of each one of the 9 zone communities that are defined on vegetation type, with abundance of dominant species of the communities, is comprehensively demonstrated on the map of TM by applied ArcView 3.2 software. The GIS maps of the 9 zone rodent communities are completed on which the information of vegetation and distribution of rodents is showed comprehensively, and the region and characteristic of distribution of rodent zone communities are demonstrated, which can be used scientific basis for regional comprehensive controlling to rodents [Acta Zoologica Sinica 51 (6): 961-972, 2005].

2005-02-04 收稿, 2005-07-22 接受

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金资助项目 (No.30160019) [This research was funded by the grant from the National Natural Science Foundation of China (No.30160019)]

<sup>\*\*</sup> 通讯作者 (Corresponding author). E-mail: wuxiaodong.hgb@163.com

© 2005 动物学报 Acta Zoologica Sinica

**Key words** Rodent, Zone community, Analysis of GIS, Distribution map, Desert and semi-desert region

由于地理信息系统 (GIS) 具有强有力的空间分析能力, 上世纪 80 年代后国外普遍应用于野生动物的保护与管理, 诸如预测动物的丰富度、多度和密度, 分析动物的空间分布格局和生境, 确立生境丢失最终对动物产生的影响, 设计动物保护体系、生物多样性保护对策等 (Coulson et al., 1987; Scott et al., 1987; Palmeirim, 1988; Broschart et al., 1989; Davis et al., 1990; Kremen, 1992; Scott et al., 1993; Launer and Murphy, 1994; Bolger et al., 1997; Smith et al., 1997)。国内学者应用 GIS 分析研究了啮齿动物和翼手目种类的地理和分布 (周立志等, 1999, 2000, 2001, 2002; 李玉春等, 2005)。

应用 GIS 技术分析啮齿动物群落的分布对于制订区域性鼠害区划及其综合治理策略具有重要的理论和实践意义, 目前这方面的研究仍然是空白。1988 - 1993 年和 1998 - 2003 年, 我们应用 GIS 对内蒙古半荒漠与荒漠区内的啮齿动物地带性群落进行了分析, 现将结果报道如下。

## 1 研究地点与方法

### 1.1 研究地点

研究区 (97°10' - 114°10'E, 37°24' - 44°42' N) 位于内蒙古广大的半荒漠和荒漠区, 属于典型的大陆干旱区和极干旱区, 东西界线基本与气候湿润系数 0.2 - 0.05 相吻合, 其地理范围包括锡林郭勒盟西北部、乌兰察布高原的中西部、巴彦淖尔盟的中北部和阿拉善盟全境。区域内气候的季节性变化明显, 春、秋季节短, 夏季炎热, 冬季寒冷、风大, 持续时间长, 一般为每年的 10 月中旬到次年的 4 月中旬。年均气温从东部到西部在 2 - 5 °C, 降雨主要集中在 7 - 9 月, 年降雨量从东部到西部在 250 - 45 mm 之间, 年蒸发量在 2 500 - 4 700 mm 之间, 为降雨量的 10 - 104.5 倍。研究区从东部到中部土壤为栗钙土和暗棕钙土, 土层较厚, 地表有少量粗砂和碎砾石; 山地土壤为山地淡栗钙土, 质地较粗, 有不同程度石质化和沙化, 地表覆盖粗砂和砾石; 西部区土壤属阿拉善 - 额济纳灰棕漠土带, 主要有灰漠土、灰棕土, 沿贺兰山一带为淡灰漠土。土壤总的特点是淋溶作用微弱, 含有较多的可溶性盐, 土质松散、瘠薄, 表土有机质含量仅 1% - 1.5%。

植被类型包括温性荒漠草原、温性草原化荒漠和典型荒漠的各类草地, 荒漠草原中以石生针茅 (*Stipa klemenzii*)、无芒隐子草 (*Kengia songarica*) 草地型, 短花针茅 (*S. breviflora*)、冷蒿 (*Artemisia frigida*) 草地型, 戈壁针茅 (*S. gobica*)、蓍状亚菊 (*Ajania achilleoides*) 草地型, 油蒿 (*Artemisia ordosica*)、杂类草草地型为主; 草原化荒漠以强旱生灌木和半灌木为主, 有藏锦鸡儿 (*Caragana tibetica*)、短角锦鸡儿 (*C. brachypoda*)、柠条锦鸡儿 (*C. korshiskii*)、绵刺 (*Potania mongolia*) 等多年生植物, 但一年生植物在草群中所占比重较大。典型荒漠主要分布于阿拉善盟, 主要以旱生、超旱生和盐生的灌木、半灌木、小灌木和小半灌木为主, 主要建群植物以藜科、菊科和蒺藜科的种类居高, 阿拉善荒漠分布有: (1) 沙质荒漠, 主要优势植物有白沙蒿 (*Artemisia sphaerocephala*)、蒙古沙拐枣 (*Calligonum mongolicum*)、沙冬青 (*Ammopiptanthus mongolicus*)、小果白刺 (*Nitraria sibirica*)、霸王 (*Zygophyllum xanthoxylum*)、白刺 (*Nitraria tangutorum*)、梭梭 (*Haloxylon ammodendron*) 和沙鞭 (*Psammochloa villose*) 等, 在草群中常伴生一年生植物如沙米 (*Agriophyllum arenarium*)、沙蓬 (*Agriophyllum squarrosum*) 等; (2) 沙砾质荒漠, 主要优势植物有梭梭、红砂 (*Reaumuria songarica*)、沙冬青、霸王、绵刺 (*Potania mongolica*) 等, 常见伴生植物有球果白刺 (*Nitraria sphaerocarpa*)、蒙古沙拐枣、沙蒿 (*Artemisia arenaria*)、珍珠猪毛菜 (*Salsola passerina*); (3) 砾石质荒漠, 主要优势种有红砂、珍珠猪毛菜、戈壁短舌菊 (*Brachanth gobicum*), 常见伴生种有驼绒藜 (*Ceratoides latens*)、松叶猪毛菜 (*Salsola laricifolia*)、沙蒿、旱蒿 (*Artemisia xerophytica*) 等; (4) 盐土荒漠, 主要优势种有细枝盐爪爪 (*Kalidium gracile*)、盐爪爪 (*Kalidium foliatum*)、白刺、红砂、黑柴 (*Sympegma regelii*)、珍珠猪毛菜, 常见伴生种有芨芨草 (*Achanatherum splendens*)、芦苇 (*Phragmites australis*)、碱地风毛菊 (*Saussurea salsa*)、西伯利亚蓼 (*Polygonum sibiricum*) 等 (内蒙古草地资源编委会, 1990)。

### 1.2 研究方法

根据草场和植被类型图，作者在约 380 000 km<sup>2</sup> 区域内确定并实测了 317 个样地。确定样地数量时主要考虑到该地区的地貌、地形和植被分布的变化，取样基本涵盖了该区域内各种植被和地貌类型（图 1）。分别在 1988 - 1993 年和 1998 - 2003 年，采用铗日法对啮齿动物进行调查，铗距 5 m，行距 50 m，以花生米作诱饵，一昼夜内检查 2 次，对所捕啮齿类均进行测量、称重，并逐一检查其繁殖状况及胃容物。

由于不能在一年内完成整个调查区域的取样，只能在每年的月份（或季节）上求得一致。因此调查时间确定在每年的 5 - 8 月，过早或过迟由于冬眠啮齿类的出蛰时间及当地的雨季，均会使野外调查工作受到影响。样方面积 1.25 - 25 hm<sup>2</sup>，采用各样方和每种鼠的捕获率，组成“样方 - 种多度”原始数据矩阵（样方构成矩阵的行数，每种鼠的捕获率构成矩阵的列数），应用 SAS 系统快速聚类中的最小距离法进行群落分类，快速聚类法的参数为欧氏距离。首先，根据该区域内荒漠草原、草原化荒漠、荒漠分布有 10 个亚类的地带性植被，同时分布有山地干草原亚类、沙地干草原亚类、林地、山地、旱作农田和隐域性植被（芨芨草等）等地带性植被和地貌、地形类型的特征（中国科学院内蒙古宁夏综合考察队，1985；内蒙古草地资源编委会，1990），作者选择 9、13 和 15 类三个分类目标，对啮齿类群落进行初步分类；其次，根据初步

分类结果，以欧氏距离的二级参数“类均值”和“中心距离”为标准，对近似类进行合并最终确定研究区啮齿动物的地带性群落类型。本文采用遥感与地面调查资料相结合的技术手段，对啮齿类分布区的地形地貌、植被及土壤等生境条件在 TM 影像上进行解译，解译前对 TM 卫星原始数据进行几何纠错，同时建立坐标系统和投影。投影选用等积割圆锥投影方式，在 ERDAS 及 ARC/INFO 等地理信息系统软件的支持下，依据地面植被光谱特征、土壤类型特征、地形地貌特征，提取啮齿动物分布区域与影像有匹配关系的信息特征，并参考相关的地形图和专业图件寻找相关的地物与影像之间的联系，进行地学相关信息的判断，建立了地面与遥感的直接解译标志和间接解译标志。遥感信息源采用覆盖全区 1999 年至 2000 年美国陆地资源卫星 TM 影像，时相为 6 - 8 月的植被生长季节，空间分辨率为 30 m，卫星周期为 16 d，全区共 104 景。其他信息源使用国家测绘局出版的 1:25 万比例尺地形图，草地类型图、土壤图、地貌图等专业图件。依据内蒙古半荒漠、荒漠典型鼠种和地带性啮齿类分布生境中植被的基本单位，应用 GIS 的 ArcView3.2 软件，对基础数据进行分析：首先依据取样点的地理坐标（点分布图），将点分布输入，再依据点分布获取样区的植被型及土壤性状信息，通过 TM 影像的解译、编辑，生成啮齿动物种类分布图；对于地带性群落，在单一鼠种分布图中，



图 1 内蒙古半荒漠和荒漠区啮齿动物群落调查主要样地分布图

Fig.1 Sketch map of main plots of investigated rodent community in semi-desert and desert region of Inner Mongolia

依据样地捕获量, 首先将高捕获量(大于均值)的分布区域标定, 再根据地带性群落中优势、次优势种的组成情况, 在单一鼠种分布图中选取优势、次优势种分布的高捕获量区域进行叠加, 生成地带性群落 GIS 分布图。我们分别编制了 1:25 万比例尺底图的内蒙古 9 个啮齿动物地带性群落分布图。对于 9 个地带性群落在该区域内随环境变化的特征, 采用主成分分析方法(PCA)对 9 个群落进行排序分析。

## 2 结 果

### 2.1 地带性啮齿类群落的分类及分布特征

**2.1.1 地带性群落分类** 本次调查共布放有效陷阱 157 702 个, 捕获啮齿动物 37 种(表 1), 选用其中分布广泛且具有代表性的 23 种组成“样方-种多度(捕获率)”原始数据矩阵(矩阵为  $23 \times 317$ ), 进行群落分类, 分别计算了 9、13、15 三个类别, 计算结果如表 2。依据“与当前类均值最近的类”和“当前类与中心类的中心距离”的近似程度, 合并近似类, 将啮齿动物群落分为 9 类。

按照群落分为 9 类的结果, 依据研究区域地带性植被(荒漠草原、草原化荒漠、荒漠等 10 个亚类)的分布规律, 并结合地形地貌特征, 将该区域地带性啮齿类群落划分为 9 个。

**群落 I:** 草原黄鼠 + 长尾仓鼠 + 花鼠群落。群落生境为阴山山脉中断的次生林地及山前草场, 处于研究区域内东南端较湿润的地区, 在大青山南的和林县及凉城县的蛮汉山成连续分布, 分布于此群落的鼠种还有适应林地的种类如花鼠、大林姬鼠、棕背, 在山前草场草原黄鼠数量高。

**群落 II:** 小毛足鼠 + 黑线仓鼠 + 长尾仓鼠群落。生境为阴山北部的山顶农田或人工草地, 在人工草地黑线仓鼠的数量高, 捕获量比例占 60%, 在农田中小毛足鼠的数量高, 捕获量比例占 30% 以上。

**群落 III:** 长爪沙鼠 + 小毛足鼠 + 长尾仓鼠群落。群落生境为阴山北麓的旱作农田, 该群落地带性植被原是荒漠草原, 由于人为干扰严重, 大量开垦种植农作物, 形成了区域性的草田混交, 是内蒙古干旱区鼠害最为严重的地区, 危害农田的鼠类占优势, 群落中的优势鼠种为长爪沙鼠和小毛足鼠。

群落 II 和群落 III 在察右后旗、武川县、达茂旗及四子王旗南部成连续分布, 是整个半荒漠区域内景观严重破碎化后形成的地带性群落。

**群落 IV:** 五趾跳鼠 + 戈壁五趾跳鼠 + 草原黄鼠群落。群落生境为典型荒漠草原向草原化荒漠的过渡地带, 主要分布于包头市的达茂旗和乌兰察布盟的四子王旗中北部。群落中典型的荒漠草原鼠种较多, 其中五趾跳鼠、戈壁五趾跳鼠及草原黄鼠的捕获量比例分别为 33.8%、32.3% 和 9.8%。

**群落 V:** 戈壁五趾跳鼠 + 三趾跳鼠 + 长爪沙鼠群落。生境为荒漠草原北部的草原化荒漠, 主要分布于达茂旗、四子王旗的北部。群落中荒漠种类占优势, 戈壁五趾跳鼠和三趾跳鼠的捕获量比例占 73.4%。

**群落 VI:** 子午沙鼠 + 草原黄鼠 + 五趾跳鼠群落。群落生境为该研究区域内半荒漠中荒漠化草原内受人为干扰严重的地区, 集中分布于西苏旗、达茂旗和四子王旗的中南部, 成连续带状分布, 在沙化较重的地段, 子午沙鼠的比例高, 捕获量比例占 27.1%。

**群落 VII:** 五趾跳鼠 + 戈壁五趾跳鼠 + 三趾跳鼠群落。群落生境为该研究区域内整个荒漠化草原。主要分布于锡林郭勒盟的西北部, 并向西延至乌兰察布盟的北部及中东部、巴彦淖尔盟的东南部和鄂尔多斯市的西南部, 同时区域内多处被开垦为农田, 撂荒地与草田混交, 是典型的农牧交错带, 生态环境脆弱。典型的荒漠草原鼠种戈壁五趾跳鼠捕获量比例高达 24.69%, 五趾跳鼠的捕获量比例高达 32.68%。

**群落 VIII:** 小毛足鼠 + 三趾跳鼠 + 五趾跳鼠群落。生境为半荒漠与荒漠区内的沙地及其覆沙地区, 在沙区内(浑善达克沙地、库布齐沙地、毛乌素沙地、腾格里沙漠和巴丹吉林沙漠)表现尤为突出。小毛足鼠和三趾跳鼠的捕获量比例占一半以上, 高达 53.67%。

**群落 IX:** 子午沙鼠 + 五趾跳鼠 + 三趾跳鼠群落。生境为研究区域内广阔的荒漠地区, 分布于整个阿拉善及狼山以北的乌拉特中后旗地区。这一地带性群落在研究区域内分布最为广阔, 其中包括了荒漠区中多种隐域性的植被与地形, 包括人工草地、山地、开垦区等, 适应荒漠生活的种类子午沙鼠、三趾跳鼠及五趾跳鼠三者的比例高, 捕获量比例占 60% 以上。

**2.1.2 地带性啮齿类群落与其生境的关联分析** 为了进一步分析 9 个地带性群落在该区域内随环境变化的特征, 我们采用 PCA 法对 9 个群落进行排序分析(图 2)。



表 2 内蒙古半荒漠与荒漠区啮齿动物取样快速聚类结果

Table 2 Fast cluster result of rodent sites in semi-desert and desert region of Inner Mongolia

类 Cluster	频次 (即每类中的样品数) Frequency	类中观测值之间 距离均方根 RMS stddeviation	类中心点到类内 观测值的最大距离 Maximum distance from seed to observation	与当前类均值 最近的类 Nearest cluster	当前类与中心类 的中心距离 Centerior distance
9 类 (9 Clusters)					
1	11	0.8072	6.7510	6	13.0420
2	17	1.1109	9.0322	6	16.0146
3	75	4.5658	44.5995	4	58.0155
4	41	2.5589	28.6868	9	31.5281
5	16	1.2174	9.4380	2	16.5859
6	15	1.0179	8.0489	1	13.0420
7	19	1.3735	10.5057	5	17.6617
8	101	6.1293	5405085	3	88.0060
9	22	1.8441	18.5973	7	20.6635
13 类 (13 Clusters)					
1	11	0.8072	6.7510	5	12.5463
2	101	6.1292	54.5085	7	86.0064
3	6	0.9576	7.0865	13	5.2341
4	9	0.8372	7.6475	10	8.1486
5	14	0.9684	7.6440	1	12.5463
6	16	1.0344	8.0557	4	12.8159
7	71	4.3258	44.5995	9	55.5169
8	3	1.8517	14.9345	12	10.2194
9	40	2.4888	25.3051	8	27.3986
10	7	0.9006	6.0896	4	8.1486
11	13	0.9911	7.0928	3	12.7418
12	20	1.7835	17.6053	8	10.2194
13	6	0.8746	6.3443	3	5.2341
15 类 (15 Clusters)					
1	6	0.5443	3.6115	9	6.5412
2	13	0.9911	7.0928	6	12.7418
3	6	0.8746	6.3443	6	5.2341
4	71	4.3258	44.5995	7	55.5169
5	20	1.7835	17.6053	12	10.2194
6	6	0.9576	7.0865	3	5.2341
7	40	2.4888	25.3051	12	27.3986
8	7	0.9006	6.0896	13	7.7201
9	7	0.6069	3.4003	1	6.5412
10	10	0.7164	5.7851	15	8.5299
11	101	6.1293	54.5085	4	86.0064
12	3	1.8517	14.9345	5	10.2194
13	8	0.7363	5.0701	8	7.7201
14	12	0.8550	7.2126	13	10.4582
15	7	0.6556	4.1779	9	7.1006

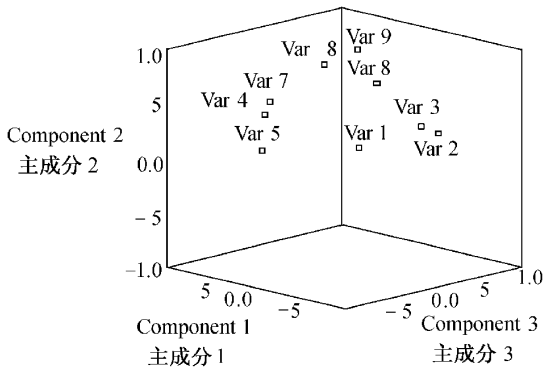


图 2 9 个地带性鼠类群落的三维排序图

图中 Var 1 - Var 9 分别表示地带性鼠类群落 I - IX.

Fig.2 Three-dimensional space ordination of 9 zone rodent communities

The Var 1 - Var 9 are corresponding to I - IX of zone rodent communities.

达 75.60%。图 2 显示 9 个地带性鼠类群落在三维空间的排序中群落 II 和 III 为一类，空间的距离很近；群落 VI、VIII 和 IX 为一类；群落 IV 和 VII 为一类；群落 V 和群落 I 分别各为一类。排序结果表明在该研究区域内，由东向西随着经度的变化，即水分（不断减少）和热量（不断加大）的改变，地带性鼠类群落的变化完全与地带性植被的变化相一致，即群落 II 和 III 为该区域内阴山山顶及北麓的旱作农田；群落 VI、VIII 和 IX 为该区域内的荒漠化草原沙化严重的地区、典型的沙漠和沙地及覆沙地区，是研究区域内最为干旱的区域，特别是地带性植被的沙化造成了三个地带性鼠类群落分布的一致性；群落 IV 和 VII 均为荒漠草原，但群落 IV 是荒漠草原向草原化荒漠的过渡区；群落 V 是草原化荒漠，无论植被分布还是啮齿类组成均明显有别于其它群落；群落 I 分布在林地，在研究区域内具有独特性。

聚类结果表明，前三维主成分的累积贡献率高

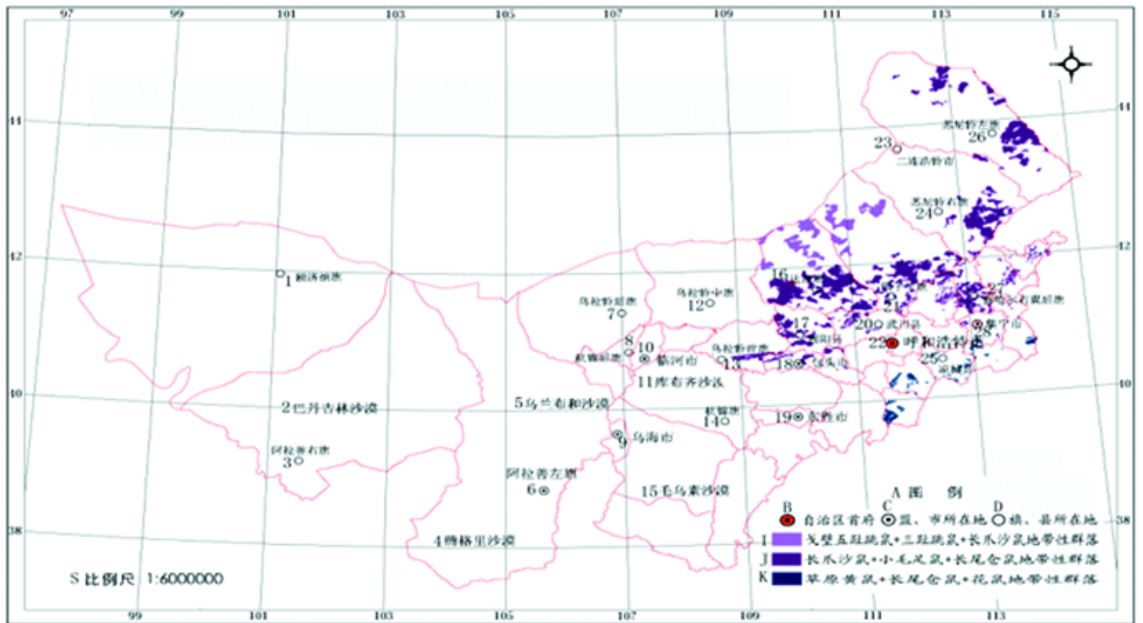


图 3 内蒙古荒漠与半荒漠区戈壁五趾跳鼠 + 三趾跳鼠 + 长爪沙鼠，长爪沙鼠 + 小毛足鼠 + 长尾仓鼠，草原黄鼠 + 长尾仓鼠 + 花鼠 3 个地带性群落的分布

Fig.3 Distribution of *Allactaga bullata* + *Dipus sagitta* + *Meriones unguiculatus* zone community, *Meriones unguiculatus* + *Phodopus roborovskii* + *Cricetulus longicaudatus* zone community and *Citellus dauricus* + *Cricetulus longicaudatus* + *Ertamias sibiricus* community in semi-desert and desert region of Inner Mongolia

1: County of Ejina. 2: Badanjilin Desert. 3: County of Alashanyou. 4: Tengeli Desert. 5: Wulanbuhe Desert. 6: County of Alashanzuo. 7: County of Wulatehou. 8: County of Hangjinhou. 9: City of Wuhai. 10: City of Linhe. 11: Kubuqi Desert. 12: County of Wulatezhong. 13: County of Wulateqian. 14: County of Hangjin. 15: Maowusu Desert. 16: County of Damao. 17: County of Guyang. 18: City of Baotou. 19: City of Dongshen. 20: County of Wuchuan. 21: County of Siziwang. 22: City of Hohhot. 23: City of Erlianhot. 24: County of Suniteyou. 25: County of Liangchen. 26: County of Sunitezuo. 27: County of Chahaeryouyihou. 28: City of Jining.

A: Legend. B: The capital of autonomous region. C: League or city is located. D: County is located. I: *Allactaga bullata* + *Dipus sagitta* + *Meriones unguiculatus* zone community. J: *Meriones unguiculatus* + *Phodopus roborovskii* + *Cricetulus longicaudatus* zone community. K: *Citellus dauricus* + *Cricetulus longicaudatus* + *Ertamias sibiricus* zone community. S: Scale.

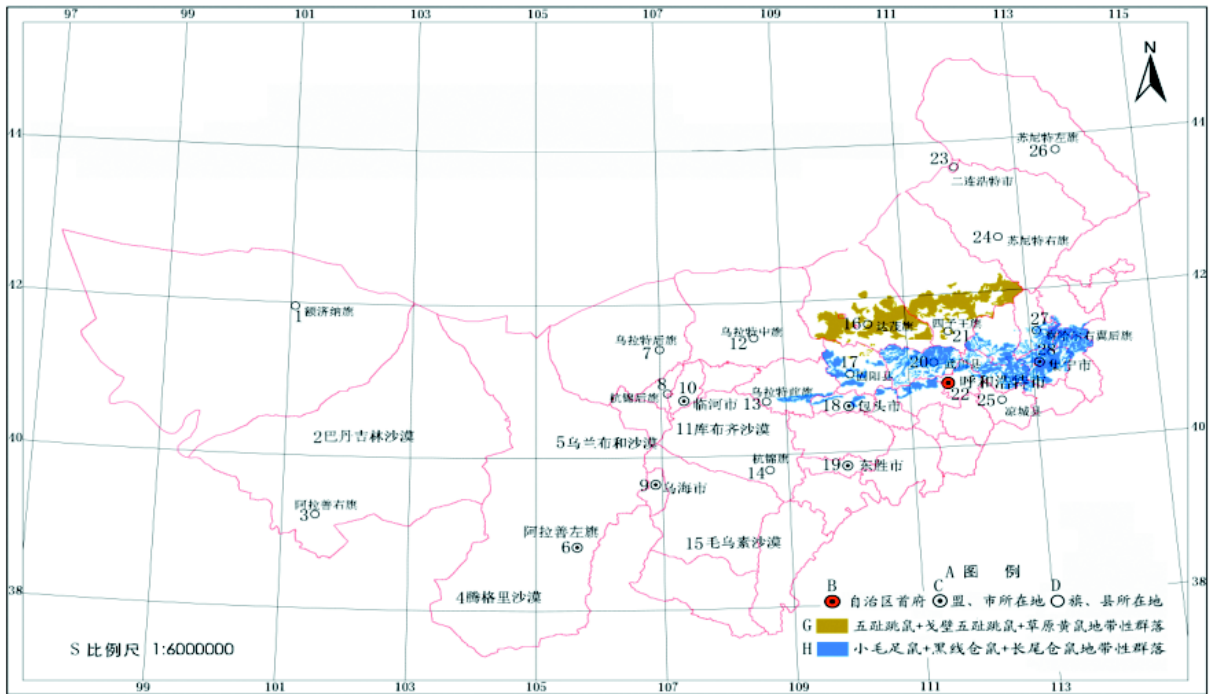


图 4 内蒙古荒漠与半荒漠区五趾跳鼠 + 戈壁五趾跳鼠 + 草原黄鼠, 小毛足鼠 + 黑线仓鼠 + 长尾仓鼠 2 个地带性群落的分布

图中数字 1-28 和字母 A-D 表示的含义同图 3.

**Fig.4** Distribution of *Allactaga sibirica* + *Allactaga bullata* + *Citellus dauricus* zone community and *Phodopus roborovskii* + *Cricetulus barabensis* + *Cricetulus longicaudatus* community in semi-desert and desert region of Inner Mongolia

The meaning of 1-28 and A-D on the map is the same as Fig.3.

G: *Allactaga sibirica* + *Allactaga bullata* + *Citellus dauricus* zone community. H: *Phodopus roborovskii* + *Cricetulus barabensis* + *Cricetulus longicaudatus* zone community. S: Scale.

### 2.2 地带性群落的 GIS 分析

将 9 个地带性啮齿类群落分布的典型生境类型作为生境分析依据, 以每个地带性群落主要鼠种样地的分布数据, 结合优势种在各群落中的优势度, 应用 ArcView 3.2 软件在 1999 - 2000 年 TM 卫星数据的内蒙古草地类型图上进行叠加, 从而形成该地区 9 个啮齿动物地带性群落的分布图, 结果如图 3 - 8。

图 3 表明了群落 V、群落 III 和群落 I 的分布区域。群落 V 分布区域狭小, 仅分布在四子王旗和达茂旗的最北部, 群落生境是半荒漠草原内的草原化荒漠; 群落 III 主要分布在阴山北麓的旱作农田, 从图中可看出该地带性群落分布的区域较为广阔, 但分布零散, 说明内蒙古半荒漠区在原生植被条件下(荒漠草原), 人为干扰开垦后形成的地带性鼠类群落分布的特征; 群落 I 的分布界限十分明确, 该群落分布在研究区域的东南端, 集中在东经 111° - 114°, 在大青山以南的凉城县及和林县集中分布, 该地区集中分布着次生的针阔混交林和人工油松林

地。

图 4 表明了群落 IV 和群落 II 的分布区域。群落 IV 分布界限较为明确, 集中连片分布在四子王旗和达茂旗的中南部; 群落 II 的分布区域在阴山山脉东段和中段的山顶农田和人工草地。

图 5 表明了群落 VI 的分布区域, 该群落集中分布在四子王旗和达茂旗的中部。

图 6 表明了群落 VII 的分布区域, 其分布区域为整个荒漠草原区, 但在鄂尔多斯市、四子王旗和达茂旗的中南部和乌拉特后旗的中北部呈集中连片分布。

图 7 表明了群落 VIII 的分布区域。该群落是 9 个地带性鼠类群落中分布区域最为广阔的, 集中分布在研究区域内的四大沙区中(巴丹吉林沙漠、腾格里沙漠、库布其沙地和毛乌素沙地), 在阴山山脉北麓的沙化严重地段和浑善达克沙地的覆沙区也成连续集中分布。此分布图表明, 在内蒙古半荒漠与荒漠区内沙漠和沙化对地带性植被和动物群落分布的影响十分强烈。





图 5 内蒙古半荒漠与荒漠区子午沙鼠 + 草原黄鼠 + 五趾跳鼠地带性群落的分布

Fig.5 Distribution of *Meriones meridianus* + *Citellus dauricus* + *Allactaga sibirica* zone community in semi-desert and desert region of Inner Mongolia

1: County of Ejina. 2: Badanjilin Desert. 3: County of Alashanyou. 4: Tengeli Desert. 5: Wulanbuhe Desert. 6: County of Alashanzuo. 7: County of Wulatehou. 8: County of Hangjinhou. 9: City of Wuhai. 10: City of Linhe. 11: Kubuqi Desert. 12: County of Wulatezhong. 13: County of Wulateqian. 14: County of Hangjin. 15: Maowusu Desert. 16: County of Damao. 17: County of Guyang. 18: City of Baotou. 19: City of Dongshen. 20: County of Wuchuan. 21: County of Siziwang. 22: City of Hohhot. 23: City of Erliaohot. 24: County of Suniteyou. 25: County of Liangchen. 26: County of Sunitezuo. 27: County of Chahaeryouyihou. 28: City of Jining.

A: Legend. B: The capital of autonomous region. C: League or city is located. D: County is located. E: Boundary line. F: Region of distribution. S: Scale.

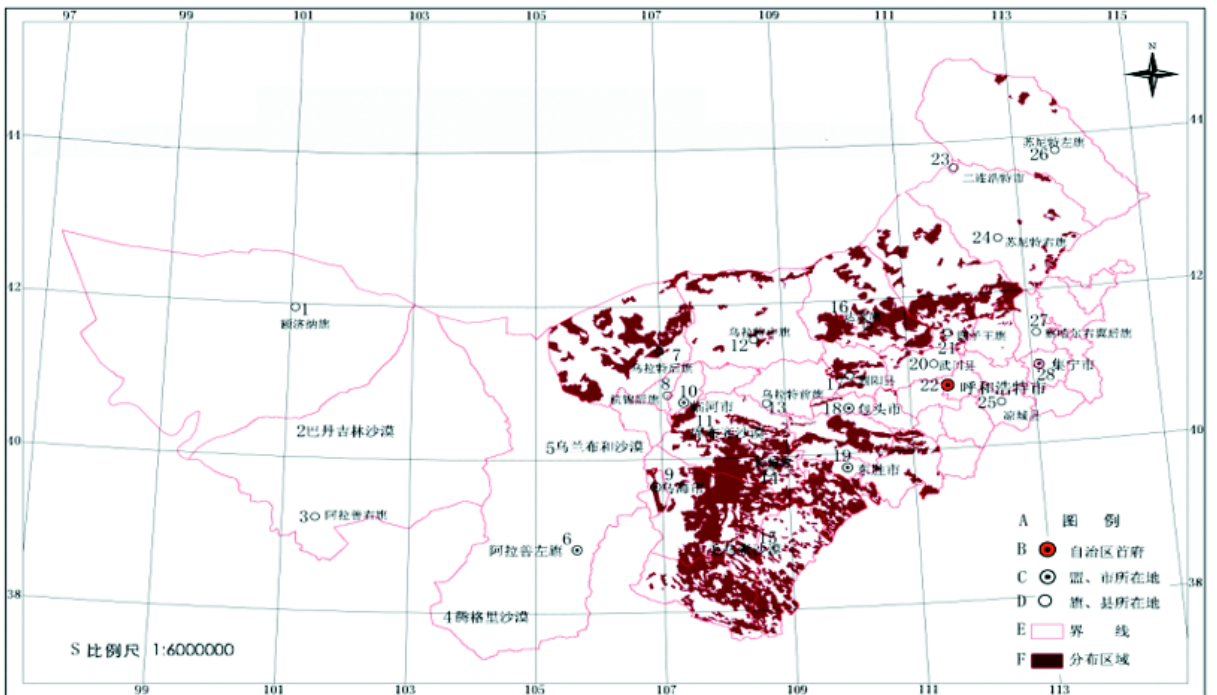


图 6 内蒙古半荒漠与荒漠区五趾跳鼠 + 戈壁五趾跳鼠 + 三趾跳鼠地带性群落的分布

图中数字 1-28 和字母 A-S 表示的含义同图 5.

Fig.6 Distribution of *Allactaga sibirica* + *Allactaga bullata* + *Dipus sagitta* zone community in semi-desert and desert region of Inner Mongolia

The meaning of 1-28 and A-S on the map is the same as Fig.5.

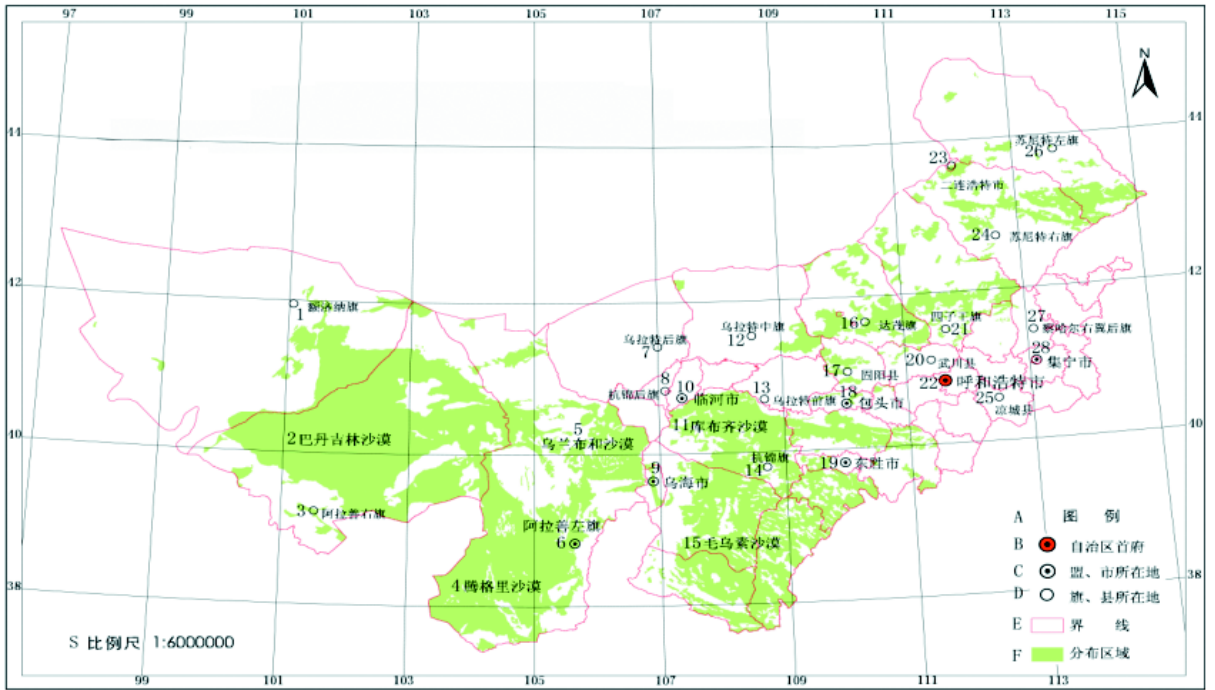


图7 内蒙古半荒漠与荒漠区小毛足鼠 + 三趾跳鼠 + 五趾跳鼠地带性群落的分布  
图中数字1-28和字母A-S表示的含义同图5.

**Fig.7 Distribution of *Phodopus roborovskii* + *Dipus sagitta* + *Allactaga sibirica* zone community in semi-desert and desert region of Inner Mongolia**

The meaning of 1-28 and A-S on the map is the same as Fig.5.

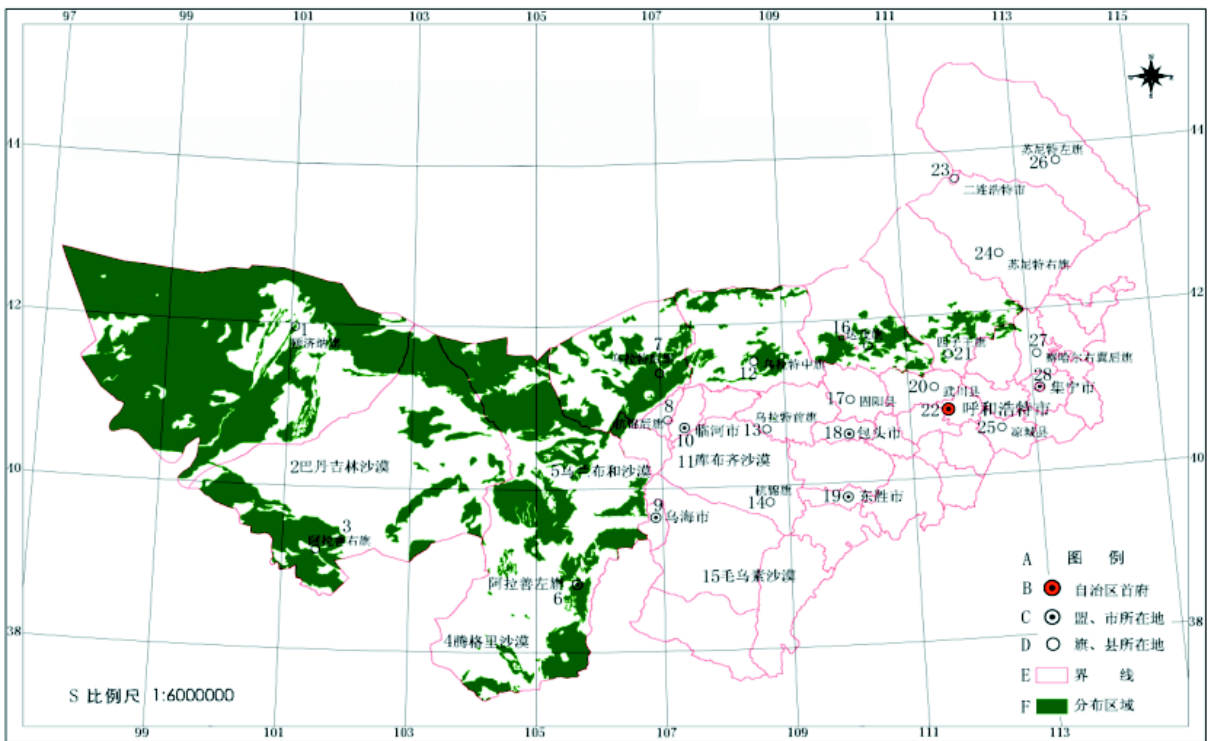


图8 内蒙古半荒漠与荒漠区子午沙鼠 + 五趾跳鼠 + 三趾跳鼠地带性群落的分布  
图中数字1-28和字母A-S表示的含义同图5.

**Fig.8 Distribution of *Meriones meridianus* + *Allactaga sibirica* + *Dipus sagitta* zone community in semi-desert and desert region of Inner Mongolia**

The meaning of 1-28 and A-S on the map is the same as Fig.5.

图 8 表明了群落 IX 的分布区域。该群落集中分布于内蒙古典型的荒漠区内，同时在荒漠草原内的四子王旗、达茂旗南部和乌拉特前旗的中部也有分布。

### 3 讨 论

应用系统聚类研究啮齿动物群落国内外已有不少报道 (Strauss, 1982; 武晓东等, 1994, 2000; 赵亚军、王廷正, 1996; Jackson, 1997)。目前国内绝大多数报道是应用系统聚类中的等级聚类的各种方法对群落进行聚类分析。应用非等级聚类技术，特别是应用快速聚类法对群落进行分析报道较少 (高琼、郑慧莹, 1991)。因为大多数等级聚类方法对样本有非线性关系要求，对多于 50 个甚至到 100 个实体 (样本) 的等级划分都较困难，所以等级聚类在多数情况下限制在 50，最多 100 个样本 (小高奇, 1989)。作者调查的区域面积很大，取样数量多，其中重复取样较多，因而快速聚类是解决这类问题的一个较好办法 (赵志模、郭依泉, 1990)。

地带性啮齿类群落的提法是基于大地理范围内研究鼠类群落提出的，在区域性资源管理和有害生物的综合治理方面要求在较大的空间尺度上进行研究，而现代的科学手段又给人们提供了处理大样本、大信息量的可能性，本文应用的快速聚类法就是这种方法。本文研究的地带性啮齿类群落是指在地带性植被分布的基础上，选择有代表性的样地进行鼠类群落调查，进而对大量样本进行分类并结合植被地带性分布的特征和主要的地形、地貌特点提出该区域的地带性鼠类群落，故将该区域地带性鼠类群落划分为 9 个。这一结果一方面表明在我们研究的区域内，划分和确立的 9 个地带性啮齿类群落的分布特征较好地反映了与植被类型的一致性；另一方面，9 个地带性啮齿类群落中，优势种五趾跳鼠、戈壁五趾跳鼠、三趾跳鼠、子午沙鼠和小毛足鼠在各个群落中均有分布，但它们的数量存在着很大差别，这种差别导致了群落之间的不同和分布上的特征，即使在同一种植被类型中，由于人为干扰严重，生境变化较大，啮齿类群落在分布和结构上也存在差别。比如群落 VI 和群落 VII 均分布在荒漠草原中，但群落 VI 分布在该类生境中人为干扰严重的地区，在群落组成的种类和数量上与群落 VII 不同。在区域尺度上研究群落的分布及其多样性是生态学研究的热点 (Richard and Michael, 2002)，群落生

态学在更广阔的空间尺度和交叉尺度上的研究将会极大促进其发展 (Takashi, 2004)；我们对 9 个地带性啮齿动物群落的 GIS 分析即是尝试在较广阔的尺度上研究啮齿类群落的分布特征。

排序的过程是将样方或物种排列在一定的空间，使得排序轴能够反映一定的生态梯度，从而能够解释群落或物种的分布与环境的关系 (李文华、赵景柱, 2004)。我们对 9 个地带性啮齿类群落的排序结果表明，9 个地带性啮齿类群落较好地表现出与环境的相关性。群落 II 和 III 在空间的序位完全一致，生境同为旱作农田；群落 VI、VIII 和 IX 排序在一起，共为该研究区域内的沙漠、严重沙化和极干旱地区；而群落 IV 和群落 VII 距离较近，均为荒漠草原；只有群落 I 群落 V 各自排序独立，说明 2 个群落生境的特殊性。这一结果只反映了群落整体之间与环境的关系，而在该区域环境中随水、热梯度变化过程中啮齿类群落与环境的关联性则是仍需深入研究的内容。

在野外大面积实地调查的基础上，应用 GIS 技术在区域水平上将地带性植被的信息、地形地貌的信息和动物分布特征信息进行叠加分析，并不多见。本研究是在大的地理范围内 (380 000 km<sup>2</sup>)，野外实测大量样地 (317 个) 的基础上，根据典型样地分布的植被型，将 9 个啮齿类群落组成中的优势种群的丰富度信息应用 GIS 技术在 TM 卫星数据图上进行叠加，得到地带性啮齿类群落的分布图，该结果很好地将植被信息和主要啮齿动物分布信息同时合成反映出来，表明了该地区地带性啮齿动物群落分布的范围和特征。

### 参考文献 (References)

- Bolger DT, Scott TA, Rotenberry JT, 1997. Breeding bird abundance in a urbanizing landscape in coastal southern California. *Conservation Biology* 11 (2): 406–421.
- Broschart MR, Johnston CA, Naiman RJ, 1989. Predicting beaver colony density in boreal landscape. *J. Wildl. Manage* 53 (4): 929–934.
- CIGIM-NXCAS, 1985. *Vegetation of Inner Mongolia*. Beijing: Science Press, 420–816 (In Chinese).
- Coulson RN, Folse LJ, Loh DK, 1987. Artificial intelligence and natural resource management. *Science* 237: 262–267.
- Davis FW, Stoms DM, Estes JE, 1990. An information systems approach to the preservation of biological diversity. *Inter. J. Geographical Information Systems* 4 (1): 55–78.
- EMGRIM, 1990. *Grassland resources of Inner Mongolia*. Hohhot: People of Inner Mongolia Press, 87–312 (In Chinese).
- Gao Q, Zheng HY, 1991. Fuzzy ISODATD applied to vegetation communities of grassland. *Acta Phytocologica Sinica* 15 (4): 312–318 (In Chinese).
- HG Xiao GQ, 1989. *Multivariate analysis for community ecology*. Beijing: Science Press, 178–214 (In Chinese, translated by Yang C

- et al. ).
- Jackson DA, 1997. Compositional data in community ecology: the paradigm or peril of proportions? *Ecology* 78 (3): 929–940.
- Kremen C, 1992. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecol. Applic.* 2: 203–217.
- Launer AE, Murphy DD, 1994. Umbrella species and the conservation of habitat fragments: a case of a threatened butterfly and a vanishing grassland ecosystem. *Biological Conservation* 69: 145–153.
- Li WH, Zhao JZ, 2004. The review and view of ecological studies. Beijing: Meteorological Press, 180–181 (In Chinese).
- Li YC, Meng YH, Zhang LC, Ye Q, 2005. Analysis of environmental factors on geographical distribution of Chinese chiroptera. *Acta Zool. Sinica* 51 (3): 413–422 (In Chinese).
- Palmeirim JM, 1988. Automatic mapping of avian species habitat using satellite imagery. *Oikos* 52: 59–68.
- Richard DS, Michael RW, 2002. Geographical ecology at the community level: perspectives on the diversity of new world bats. *Ecology* 83 (2): 545–560.
- Scott JM, Csuti B, Jacobi JD, 1987. Species richness: a geographical approach to protecting biological diversity. *Bioscience* 27: 782–788.
- Scott JM, Davis F, Csuti B, 1993. Gap analysis: a geographical approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monographs* 123: 1–41.
- Smith AP, Horning N, Moore D, 1997. Regional biodiversity planning and lemur conservation with GIS in West Madagascar. *Conservation Biology* 11 (2): 498–512.
- Strauss RE, 1982. Statistical significance of species clusters in association analysis. *Ecology* 63 (3): 634–639.
- Takashi N, 2004. Spatial hierarchical approach in community ecology: A way beyond high context-dependency and low predictability in local phenomena. *Population Ecology* 46: 105–117.
- Wu XD, Fu HP, 2000. Study on rodent community structure and pest harm type in semi-arid region of Inner Mongolia. *Acta Theriologica Sinica* 20 (1): 21–29 (In Chinese).
- Wu XD, Shi DZ, Su JAn, 1994. Studies on rodent community structure in middle of Yingshan Mountain. In: China Zoological Society ed. *Collected Words of China Zoological Society 60<sup>th</sup> Anniversary*. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 414–420 (In Chinese).
- Zhao YJ, Wang TZ, 1996. Studies on rodent community structure in farmland of yellow soil plateau of Yuxi: comparing between fuzzy cluster analysis and three similar indices. *Acta Theriologica Sinica* 16 (1): 67–75 (In Chinese).
- Zhao ZM, Guo YQ, 1990. Principle and Method for Community Ecology. Chongqing: Chongqing Branch of Science Technical and Document Press, 223–227.
- Zhou LZ, Li DQ, Ma Y, 1999. A GIS approach to studying animal diversity. *Chinese Journal of Zoology* 34 (5): 52–56 (In Chinese).
- Zhou LZ, Ma Y, Li DQ, 2000. Distribution of great gerbil *Rhombomys opimus* in China. *Acta Zool. Sinica* 46 (2): 130–137 (In Chinese).
- Zhou LZ, Ma Y, Li DQ, 2001. Spatial distribution patterns of Chinese gerbils (Gerbilline) in relation to environmental factors. *Acta Zool. Sinica* 47 (6): 616–624 (In Chinese).
- Zhou LZ, Ma Y, Ye XD, 2002. Distribution of glires in arid regions of china. *Acta Zool. Sinica* 48 (2): 183–194 (In Chinese).
- 高 琼, 郑慧莹, 1991. 模糊 ISODATD 在草地植物群落分类上的应用. *植物生态学与地植物学学报* 15 (4): 312–318.
- HG. 小高奇著 (杨持等译), 1989. 群落生态学中的多元分析. 北京: 科学出版社, 178–214.
- 李文华, 赵景柱, 2004. 生态学研究回顾与展望. 北京: 气象出版社, 180–181.
- 李玉春, 蒙以航, 张利存, 叶 青, 2005. 中国翼手目地理分布的环境因子影响分析. *动物学报* 51 (3): 413–422.
- 内蒙古草地资源编委会, 1990. 内蒙古草地资源. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 87–312.
- 武晓东, 付和平, 2000. 内蒙古半干旱区鼠类群落结构及鼠害类型的研究. *兽类学报* 20 (1): 21–29.
- 武晓东, 施大钊, 苏吉安, 1994. 阴山山脉中段鼠类群落结构的研究. 见: 中国动物学会编. *中国动物学会 60 周年文集*. 北京: 中国科学技术出版社, 414–420.
- 赵亚军, 王廷正, 1996. 豫西黄土高原农作区鼠类群落结构的研究: 模糊聚类分析及三种相似指标的比较. *兽类学报* 16 (1): 67–75.
- 赵志模, 郭依泉, 1990. 群落生态学原理与方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 223–227.
- 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队, 1985. 内蒙古植被. 北京: 科学出版社, 420–816.
- 周立志, 李迪强, 马 勇, 1999. 地理信息系统 (GIS) 在动物多样性研究中的应用. *动物学杂志* 34 (5): 52–56.
- 周立志, 马 勇, 李迪强, 2000. 大沙鼠在中国的地理分布. *动物学报* 46 (2): 130–137.
- 周立志, 马 勇, 李迪强, 2001. 沙鼠亚科物种空间分布格局及其与环境因素的关系. *动物学报* 47 (6): 616–624.
- 周立志, 马 勇, 叶晓堤, 2002. 中国干旱地区啮齿动物物种分布的区域分异. *动物学报* 48 (2): 183–194.