

阿拉善荒漠啮齿类动物地理分布的 GIS 分析

武晓东¹ 傅和平¹ 保 平² 甘红军²

(1 内蒙古农业大学生态环境学院, 呼和浩特, 010019) (2 阿拉善盟草原工作站, 巴彦浩特, 750306)

关键词: 啮齿动物; 地理分布; 地理信息系统; 阿拉善荒漠

中图分类号: Q958.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-1050(2004)04-0365-05

GIS Analysis of Zoogeographical Distribution of Rodents in Alashan Desert of Inner Mongolia

WU Xiaodong¹ FU Heping¹ BAO Ping² GAN Hongjun²

(1 College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, 010019)

(2 The Grassland Research Station of Alashan, Bayehot, 750306)

Abstract: The rodents were investigated with trap day method in Alashan Desert of Inner Mongolia from August to September 1998 and 1999. Sixty-five sites were selected according to conditions of vegetation, landform, topography and soil. The area of the site was 10 ha in which 400 - 500 traps were arranged. There were 1019 samples captured with 31 469 effective trap days in all sites. The results showed that *Meriones meridianus* was a typical dominant species and *Euchoreutes naso* was one of representative rodents in Alashan Desert. The Alashan Desert was a new distribution region of *Salpingotus crassicauda* in China. Therefore, geographical distribution of the three rodents was analyzed with Mapinfo Professional 6.5 software of GIS (Geographical Information System). The results showed that the distribution maps of the three rodents, which were obtained on the basis of GIS, not only told the information of prophetic distribution of the three rodents in Alashan Desert, but also reported information of the rodents' distribution affected by habitat change, which can not be obtained by traditional site distribution ways. This result can be used as scientific foundation for perfecting research design and monitoring harmful rodents in future.

Key words: Rodent; Geographical distribution; GIS; Alashan Desert

GIS 在国外逐步被应用于解决与空间分布相关的动物学、生态学和生物地理学问题^{1,2}, 目前, 国内的研究尚不多见。子午沙鼠 (*Meriones meridianus*)、长耳跳鼠 (*Euchoreutes naso*) 和肥尾心颅跳鼠 (*Salpingotus crassicauda*) 主要分布于我国的荒漠区^{3~7}, 特别是在阿拉善荒漠区, 子午沙鼠是典型的优势鼠种⁸。长耳跳鼠为荒漠景观中啮齿动物的指示物种之一³。阿拉善荒漠区是肥尾心颅跳鼠在我国的新分布区⁹。因此, 分析以上 3 种啮齿动物的分布对于荒漠区动物种群生态学、动物地理学和生物多样性的研究都具有一定的意义。本文运用 GIS 技术研究子午沙鼠、长耳跳鼠、肥尾心颅跳鼠在阿拉善荒漠区的地理分布, 目的在于通过生境分

析, 深入探讨这 3 种啮齿动物比较确切的分布范围, 为荒漠啮齿动物生物多样性研究、动物地理学研究和有害动物监控提供科学的依据。

1 自然条件及研究方法

阿拉善荒漠区系指内蒙古自治区最西部的阿拉善盟所辖范围, 包括阿拉善左旗、阿拉善右旗和额济纳旗。其地理坐标为东经 97°10' ~ 106°12', 北纬 37°24' ~ 42°25'。东北与巴彦淖尔盟相接, 东南与宁夏回族自治区相连, 西南与甘肃省接壤, 北与蒙古国毗邻, 面积 269 879 km²。

地形为南北倾斜, 南高北低, 东、南、西部分别被贺兰山、龙首山、马鬃山环抱, 北部被蒙古高

基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金资助项目 (980202)

作者简介: 武晓东 (1959-), 男, 教授, 博士, 从事草原啮齿动物生态和防治研究。

收稿日期: 2002-07-09; 修回日期: 2004-07-16

* 通讯作者, E-mail: wuxiaodong_hgb@hotmail.com

原阻隔,形成闭塞的阿拉善高原内陆区;最低海拔 820 m,最高为贺兰山主峰达 3 556 m;地形复杂,主要为戈壁、沙漠、湖盆、低山丘陵等。本区唯一的内陆水系弱水(黑河)最终注入居延海,但调查期间均已干涸。著名的乌兰布和、巴丹吉林和腾格里三大沙漠横贯全境,面积占总面积的 30.92%。境内水源十分缺乏,气候为典型的高原大陆性气候,冬季严寒、干燥,夏季酷热,风力强劲,沙漠聚散无常,昼夜温差大,极端最低气温 $-28 \sim -36$,最高温可达 $38 \sim 42$ 。年降水量为 $45 \sim 215$ mm,年蒸发量 $3\ 000 \sim 4\ 700$ mm,是降水量的 $14 \sim 117.5$ 倍。土壤总的特点是淋溶作用微弱,土质松散、瘠薄,表土有机质含量仅 $1\% \sim 1.5\%$,含有较多的可溶性盐。

由于地理位置、气候和土壤等生态因素的制约,阿拉善荒漠植被稀疏,植物种类贫乏,结构单调,植被覆盖度低,一般只有 $1\% \sim 20\%$ 左右,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,多年生优良禾本科牧草和豆科牧草较少,主要建群植物以藜科、菊科和蒺藜科的种数较多,其次为蔷薇科、柽柳科。形成荒漠特有的植被景观。

1998年8~9月和1999年8~9月,在该荒漠区全境内,依据植被、土壤、地貌、地形、水分等因子的不同,选定野外调查样方。综合其代表性,共设置65个调查样地,每个样地面积 10 hm^2 。采用铗日法统计样地内鼠类数量,鼠铗为铁制标准板铗,每个样地依铗距 5 m,行距 50 m,布放 400~500 铗,以花生米作诱饵,布放时间为 1 昼夜,分种统计置铗 1 日内的捕获只数。捕到的标本均进行种类鉴定、体尺测量、称重并解剖观察其胃容物及繁殖状况。共布放 31 469 个有效铗日,捕获标本 1 019 只。同时对样地中的土壤水分(10~15 cm)、土壤基质(10~15 cm 粒度)进行取样测定,对建群植物¹⁰、海拔高度逐一记录。计算时土壤水分取平均值,土壤粒度分为:小于 0.1 mm, 0.1~0.25 mm, 0.25~0.5 mm, 大于 0.5 mm 4 个等级。由于 0.25~0.5 mm 粒度与其它因子所建立的回归模型可以达到计算的数值化标准要求($P < 0.05$),所以计算时取该粒度所占的比例平均值。

对野外所布设的 65 个样地进行地理坐标转换,并将 3 种啮齿动物在每个样地的数量(捕获只数)、

捕获量(1 种个体数占捕获总数的百分比)、土壤水分、建群植物种数、海拔高度、平均捕获率(各样地捕获率的均值)和样地捕获率(各样地捕获数与样地铗日数之比)及地理坐标利用 Microsoft Access 建立分布数据库。以阿拉善盟草场类型图(1:300 万比例尺)作为底图,首先绘出点分布图,再对各样地所代表生境类型进行归类编码,使用 GIS (Map-info Professional 6.5) 软件将分布点数据和点分布图叠加在草场类型图上,确定 3 种啮齿类的基本分布图。在利用 GIS 对各样地所代表的生境类型进行归类后,对其中各生境类型中的样地所占的比例和样地捕获率进行详细对比排序,以此确定的具有代表性的生境类型与基本分布图进行再次叠加分析,绘出 3 种啮齿类的最终分布图,明确其分布范围。在此基础上进行生境分析。

2 结果与讨论

首先,对样地中的 3 种啮齿类数量(捕获数)与环境因子(土壤水分 X_1 、土壤基质 X_2 、建群植物种数 X_3 、海拔高度 X_4)的关系进行分析,采用多元回归分析建立数学模型,以啮齿类数量为因变量,环境因子为自变量,分别建立 42×5 (子午沙鼠)、 22×5 (长耳跳鼠)、 18×5 (肥尾心颅跳鼠)分析矩阵,得如下回归模型:

$$\text{子午沙鼠: } Y = -14.65 + 0.6629X_1 - 6.153X_2 - 0.7933X_3 + 0.0294X_4$$

$$(P < 0.0258, R^2 = 0.8635, F = 12.98)$$

$$\text{长耳跳鼠: } Y = 16.57 - 38.51X_1 + 7.917X_2 - 6.669X_3 + 0.0223X_4$$

$$(P < 0.0316, R^2 = 0.8352, F = 13.15)$$

$$\text{肥尾心颅跳鼠: } Y = -0.012 + 0.7487X_1 - 4.685X_2 - 3.004X_3 + 0.0215X_4$$

$$(P < 0.0334, R^2 = 0.8035, F = 12.87)$$

上述模型在 0.05 水平下显著,从各因子的相关系数可看出,阿拉善荒漠区子午沙鼠分布的数量与土壤水分呈正相关,与土壤基质和建群植物种数呈负相关。与土壤基质的相关性最大。

长耳跳鼠的数量与土壤水分和建群植物种数呈负相关,与土壤基质呈正相关。与土壤水分的相关性最为显著。

肥尾心颅跳鼠的数量与土壤水分呈正相关,与土壤基质和建群植物种数呈负相关。与土壤基质的

相关性最大。同时从上述模型也可看出，3 种啮齿动物数量与海拔高度的相关性最差。

分析上述模型可看出，子午沙鼠的数量随着土壤水分的适度增加而有增加的趋势，随着土壤基质条件（10~15 cm 粒度）和建群植物种类的增加而有减少的趋势；长耳跳鼠的数量随着土壤水分和建群植物种类的适度增加而有减少的趋势，随着土壤基质条件（10~15 cm 粒度）的增加而有增加的趋势；肥尾心颅跳鼠的数量与子午沙鼠的数量变化趋势基本一致。由此看出这一地区这 3 种啮齿类数量变化有一个共同的特点：即随着建群植物种类的增加或多样化，其数量呈减少的趋势，而随着建群植物种类的减少和单一化，其数量呈增加的趋势。因此，可将以上因子作为关键因子分析。

2.1 子午沙鼠的分布

子午沙鼠的分布型属亚洲中部广布的温旱型¹¹，调查表明子午沙鼠在阿拉善荒漠中的平均捕获量为 25.5%（该种在多样地捕获量的平均值），其它 23 种啮齿类均不及，是整个阿拉善荒漠生境中的绝对优势种⁶。阿拉善左旗南部，特别是农业开发区，子午沙鼠的捕获量最高，在农田和人工草地中主要以农作物和人工种植牧草为主，植被单一，生境异质性较低。个别样地中该种啮齿动物的捕获量可高达 66.2%，是整个阿拉善地区该种啮齿动物平均捕获量的 2.6 倍。在同一地区的天然草地中，子午沙鼠的捕获量也达到了 28.6%，高于平均值。而在整个荒漠区其它生境中该种啮齿动物的捕获量在 5.5%~10% 之间。子午沙鼠在我国主要分布在北方的半荒漠草原、荒漠草原和荒漠地区^{1~6}，在内蒙古自治区则集中分布于荒漠地区^{1,6,11}。该鼠不仅是荒漠地区的优势鼠种，而且由于其种群密度较高也是这一地区的主要害鼠之一。通过利用实地调查所获得的点分布数据，利用 GIS 的图形叠加分析所得其在阿拉善荒漠区的分布图（图 1）表明，子午沙鼠分布于除乌兰布和、巴丹吉林、腾格里三大沙漠以外的荒漠各类生境中，分布的范围极广，在整个阿拉善荒漠区形成连续分布。生境中主要植被类型为沙质荒漠类，建群植物是红砂（*Reaumures soongorica*）和霸王（*Zygophyllum spp.*），也分布有珍珠（*Salsola passerina*）、绵刺（*Potaninia mongolica*）、少量泡泡刺（*Nitraria sphaerocarpa*）和隐域性盐生植被盐爪爪（*Kalidium spp.*）

等。其分布范围不仅涵盖了该种的点分布区，而且获得具有相似类型生境而未经调查地区的该种动物预测性的分布情况，从而为进一步的相关研究提供了一定的科学依据。

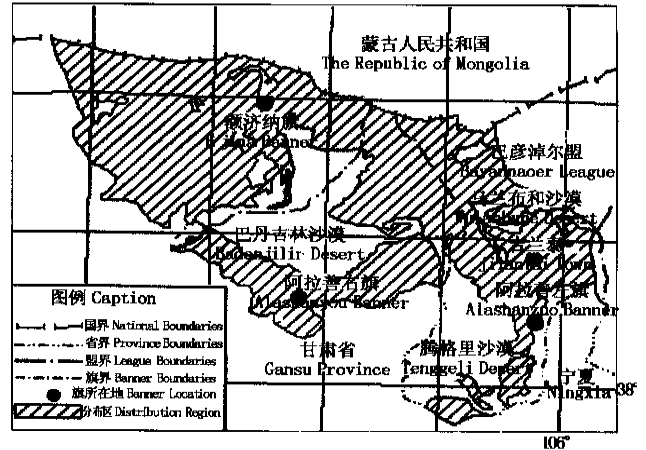


图 1 阿拉善盟子午沙鼠分布图

Fig. 1 The distribution map of *Meriones meridianus* in Alashan

2.2 长耳跳鼠的分布

该种的分布型属蒙新温旱型，是阿拉善荒漠区具代表性的分布型¹¹。从实地的点分布取样调查结果来看，长耳跳鼠常与五趾跳鼠（*Allactaga sibirica*）、三趾跳鼠（*Dipus sagitta*）、巨泡五趾跳鼠（*Allactaga bullata*）、子午沙鼠共栖，一般不占有明显的优势。但在以梭梭（*Haloxylon ammodendrom*）、白刺（*Nitraria spp.*）、红砂为建群植物的砾质沙地中数量较共栖的其它种类高，在此类生境中该种啮齿动物的捕获量为 48.2%，表现出更为典型的荒漠种类特征。就现有可查阅的资料^{1~5}，长耳跳鼠的分布在内蒙古仅局限于阿拉善荒漠区。由 GIS 分析所得分布图（图 2）可知，分布范围自吉兰泰以北经阿拉善右旗到额济纳旗北部、西部和南部，形成连续分布。从实地调查结果看，其种群在额济纳旗的分布数量较为集中，但在整个阿拉善荒漠区种群数量并不高，捕获量仅为 4.1%。

2.3 肥尾心颅跳鼠的分布

肥尾心颅跳鼠是一种典型的荒漠种类，分布型属蒙新温旱型¹¹。在本研究实地调查之前内蒙古并无实地分布记录。本研究在两个年度的调查中，仅在阿拉善右旗境内与阿拉善左旗中部相邻的阿拉腾敖包地区捕到标本⁷，而且数量极低，平均捕获量仅 0.28%，从其 GIS 分布图中（图 3）可以看

出, 该种在阿拉善左旗中北部、阿拉善右旗和额济纳旗形成连续分布。

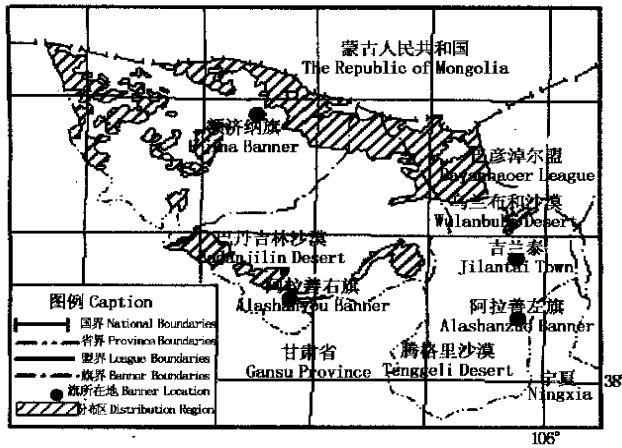


图2 阿拉善盟长耳跳鼠分布图

Fig. 2 The distribution map of *Euchoreutes naso* in Alashan

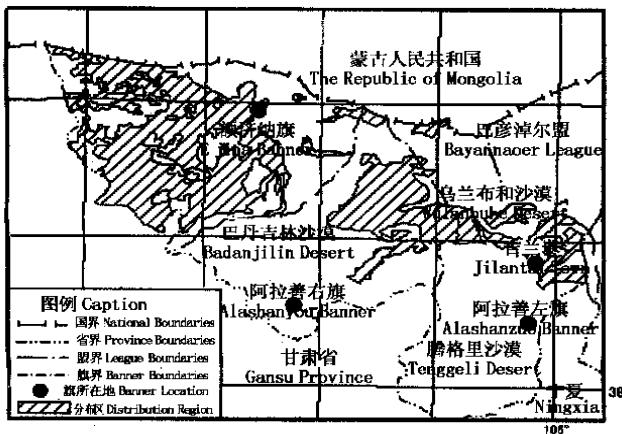


图3 阿拉善盟肥尾心颅跳鼠分布图

Fig. 3 The distribution map of *Salpingotus crassicauda* in Alashan

调查中虽未曾在阿拉善左旗和额济纳旗捕到该种标本, 但利用 GIS 图形叠加功能, 进行生境分析, 可在阿拉善荒漠区预测其分布区的范围。该种分布的生境类型主要是沙质荒漠植被类型, 建群植物以绵刺、红砂等小灌木为主, 土壤表面严重沙化。

2.4 讨论

地理信息系统 (GIS) 为研究景观空间结构和动物, 尤其是物理、生物和多种人类活动过程相互之间的复杂关系提供了一个极为有效的研究工具, 同时也是一个收集、存储、管理和分析空间及属性数据的计算机制图系统。GIS 分析所产生的动物种类分布图一方面可以提供实地调查地区啮齿动物的

预测性分布范围, 另一方面也包含了由于生境变化对物种分布影响的信息, 这是点分布图无法达到的效果。从我们的研究结果看, 肥尾心颅跳鼠在调查中仅在阿拉善右旗境内东部与阿拉善左旗相邻的阿拉腾敖包一带捕到标本, 如果用点分布图则可能导致该种啮齿动物分布区缩小, 甚至会缩小到一个样地的范围内, 无疑这对于试图通过野外典型取样去获取大量信息的研究结果造成一定的影响, 而基于 GIS 分析所得出的该种啮齿动物的分布图则给出了该种预测性的分布范围。同时, 在人为、自然等因素的影响下, 该地区的其它生境会发生变化, 如果变化的结果类似于该种的分布生境, 则极可能导致该种分布区的扩展, 由 GIS 分析所产生的分布图就包含了由于生境变化对物种分布影响的信息。该种的 GIS 分析所产生的分布图表明, 该种在阿拉善左旗和额济纳旗均有分布, 但在两个年度的实地调查中均未在这两个地区捕到, 虽然其数量极低是一个重要因素, 但 GIS 分析所产生的分布图给出了较全面的信息, 为我们进一步完善实验设计和研究的合理性提供了可资借鉴的科学依据。由此反映出 GIS 分析产生的以生境为依据的分布范围图, 无论是预测还是在表达的信息量方面, 是传统手段所产生的分布图所无法比拟的。

我们所使用的 1:300 万比例尺的阿拉善盟草场类型图, 对 GIS 分析结果的精确度有一定的影响, 如有更大比例尺的涉及该地区环境类型的图可供分析, 则结果会更加精确。另外, 分布点和采集点的准确地理位置标定在分析中非常重要, 今后的研究应以采集地名称加地理坐标来做实地记录方式。同时, 基于以上 GIS 所产生的动物种群分布图也有一个明显的不足, 即不能在图斑之间比较出种群的密度, 也就是说不能在图斑上反映出不同区域动物种群的数量差异, 这给实际应用带来一些不便, 这一问题则需进一步深入研究。

参考文献:

- 1 周立志, 李迪强, 马勇. 地理信息系统 (GIS) 在动物多样性研究中的应用 J. 动物学杂志, 1999, 34 (5): 52 - 56.
- 2 周立志, 马勇, 李迪强. 大沙鼠在中国的地理分布 J. 动物学报, 2000, 46 (2): 130 - 137.
- 3 赵肯堂. 内蒙古啮齿动物 M. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1981.

(下转第 349 页)

- [4] 潘文石, 吕植, 朱小健等. 继续生存的机会 [M]. 北京: 北京大学出版社, 2001.
- [5] 任毅, 王玛丽, 岳明, 李智军. 秦岭大熊猫栖息地植物 [M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1998.
- [6] 雍严格, 王宽武, 汪铁军. 佛坪大熊猫的移动特性 [J]. 兽类学报, 1994, **14** (1): 9 - 14.
- [7] 魏辅文, 胡锦矗. 卧龙自然保护区野生大熊猫繁殖研究 [J]. 兽类学报, 1994, **14** (4): 243 - 248.
- [8] 王雄清. 大熊猫追逐交配初步观察 [J]. 野生动物, 1987, (5): 27 - 38.
- [9] 魏辅文, 周昂, 胡锦矗, 王维, 扬光. 马边大风顶自然保护区大熊猫对生境的选择 [J]. 兽类学报, 1996, **16** (4): 241 - 245.
- [10] 魏辅文, 冯祚建, 王祖望. 相岭山系大熊猫和小熊猫对生境的选择 [J]. 动物学报, 1999, **45** (1): 57 - 63.
- [11] Wei F W, Feng Z J, Wang Z W, Hu J C. Habitat use and separation between the giant panda and the red panda [J]. *Journal of Mammalogy*, 2000, **81** (2): 448 - 455.
- [12] 张泽钧, 胡锦矗. 大熊猫生境选择 [J]. 四川师范学院学报 (自), 2000, (1): 15 - 21.
- [13] 张泽钧, 胡锦矗, 吴华. 邛崃山系大熊猫和小熊猫生境选择的比较 [J]. 兽类学报, 2002, **22** (3): 161 - 168.
- [14] Reid D G, Hu J C. Giant panda selection between *Bashania faberi* bamboo habitats in Wolong Reserve, Sichuan, China [J]. *Journal of Applied Ecology*, 1991, **28** (1): 228 - 243.
- [15] 刘晓明, 李明, 魏辅文. 雌性动物多次交配行为的机制及进化 [J]. 兽类学报, 2002, **22** (2): 136 - 143.
- [16] Arnqvist G, Nilsson T. The evolution of polyandry: multiple mating and female fitness in insects [J]. *Anim Behav*, 2000, **60**: 145 - 164.
- [17] Enlen S T, Oring L W. Ecology, sexual selection and evolution of mating systems [J]. *Science*, 1997, 215 - 223.
- [18] Qvarnström A, Forsgren E. Should females prefer dominant males? [J]. *Trends Ecol Evol*, 1998, **13**: 498 - 501.
- [19] 长有德, 康乐. 昆虫在多次交配与精子竞争格局中的雌雄对策 [J]. 昆虫学报, 2002, **45** (6): 833 - 839.

(上接第 368 页)

- [4] 王思博, 杨赣源. 新疆啮齿动物志 [M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 1983. 93 - 95.
- [5] 冯祚建, 蔡桂全, 郑昌琳. 西藏哺乳类 [M]. 北京: 科学出版社, 1986. 255 - 258.
- [6] 张荣祖. 中国哺乳动物分布 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1997. 143 - 175.
- [7] 马勇, 王逢桂, 金善科, 李思华. 新疆北部地区啮齿动物的分类和分布 [M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [8] 武晓东, 付和平, 庄光辉, 李凤臻, 吴平. 内蒙古阿拉善荒漠区啮齿动物区系调查 [J]. 内蒙古农业大学学报, 2000, **21** (4): 36 - 39.
- [9] 武晓东, 付和平, 苏吉安, 陈善科, 王长命. 两种小型兽在我国的新分布区 [J]. 动物学杂志, 2002, **37** (2): 67 - 68.
- [10] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队. 内蒙古植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1985. 645 - 852.
- [11] 武晓东, 付和平, 庄光辉, 王长命, 李凤臻. 内蒙古阿拉善地区啮齿动物的地理分布及区划 [J]. 动物学杂志, 2003, **38** (2): 27 - 31.