

典型黄土残塬沟壑区啮齿动物群落分布格局及其时空动态

杨新根^{1,2} 刘 炜³ 邹 波¹ 常文英¹ 王庭林^{1*}

(1. 山西农业大学植物保护学院, 农业有害生物综合治理山西省重点实验室, 太原 030031; 2. 山西大学生命科学学院应用生物学研究所, 太原 030006; 3. 山西省林业和草原工程总站, 太原 030012)

摘要: 为研究典型黄土残塬沟壑区啮齿动物群落的分布格局及其对环境变化的响应, 于1990—2020年对山西省隰县林草区、沟底作物区、塬面作物区和塬面果园区4种不同样区的啮齿动物群落进行调查, 分析不同时间段啮齿动物的群落结构、多样性特征和空间生态位。结果显示, 研究期间隰县啮齿动物整体密度呈高—低—高的趋势, 由1990—1994年的12.71%逐步下降到2005—2009年的3.39%, 之后又上升至2015—2020年的7.83%; 作物区的啮齿动物群落多样性特征与林草区、塬面果园区的多样性特征有显著差异, 而沟底作物区和塬面作物区的啮齿动物群落多样性特征无显著差异; 不同啮齿动物间的Pianka空间生态位重叠指数显示啮齿动物对环境资源的需求和利用有一定的差异性。表明生境类型会影响啮齿动物群落的分布格局, 而环境的变化是导致其格局变化的重要因素。

关键词: 黄土残塬沟壑区; 啮齿动物群落; 分布格局; 时空动态; 物种多样性

Distribution pattern and spatiotemporal dynamics of rodent communities in the Loess Gullied-Hilly Area

Yang Xingen^{1,2} Liu Wei³ Zou Bo¹ Chang Wenying¹ Wang Tinglin^{1*}

(1. Shanxi Key Laboratory of Integrated Pest Management in Agriculture, College of Plant Protection, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031, Shanxi Province, China; 2. Institute of Applied Biology, School of Life Science, Shanxi University, Taiyuan 030006, Shanxi Province, China; 3. Shanxi Forestry and Grassland General Engineering Station, Taiyuan 030012, Shanxi Province, China)

Abstract: In order to investigate the distribution pattern of rodent communities and their response to environmental change in the typical Loess Gullied-Hilly Area, the rodent communities in four different areas were studied, including forest (grass) zone, crop zone in valley, crop zone on tableland, orchard on tableland, in Xi County, Shanxi Province, during 1990—2020, and the rodent community structure, diversity characteristic and spatial niche were analyzed during different periods. The results showed that the overall density of rodents showed a high-low-high trend during the study period, which decreased from 12.71% in 1990—1994 to 3.39% in 2005—2009, and then increased to 7.83% in 2015—2020. Significant differences were observed in the diversity characteristics among crop zones, forest (grass) zone and orchard on tableland, but there were no significant differences in the diversity between crop zones in valley and on tableland. The Pianka's spatial niche overlap indices between different rodent species suggested that the needs and utilization of environmental resources in different rodents were different.

基金项目: 科技基础资源调查专项(2019FY100300), 山西省重点研发计划(201803D221015-1), 山西省农业科学院科研项目(YCX2020110)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: Tinglinwang@126.com

收稿日期: 2021-01-25

This study indicated that the distribution pattern of rodent communities was affected by habitat types, and the change of environment was an important factor leading to the change of their distribution patterns.

Key words: Loess Gullied-Hilly Area; rodent community; distribution pattern; spatiotemporal dynamics; species diversity

啮齿动物作为生态系统中的关键组分,分布广泛,数量众多,且食性较杂,是食物链中物质和能量的传递主力之一(郑智民等,2008)。啮齿动物对人为干扰和自然环境变化相对敏感,其群落结构和格局能够快速响应环境因子的改变(Clark et al., 1989; 武晓东等,2016),常被用作评估环境变化的重要指示物种(Dale & Beyeler, 2001; Leis et al., 2008)。而且人类对草地的过度利用导致草地生产力急剧下降,草地的退化又改变了啮齿动物的栖息环境,加速了鼠害的发生(董全民等,2006; Su et al., 2015; 郑巧燕等,2019)。而在退耕还林还草区还形成了农田和林草地相互镶嵌的复杂生境,景观的斑块化和生境的复杂化使啮齿动物密度逐年加大(邹波等, 2010)。因此,研究啮齿动物在不同生境中的格局动态,掌握啮齿动物群落的变化和演替,对深入了解生态系统的结构与功能、保护自然环境、指导鼠害监测与防控等都有重要的实际意义(杨再学等,2006; 杨新根等,2019)。

啮齿动物群落格局的动态变化一直是群落生态领域的研究前沿和热点。啮齿动物群落的变化不仅与其自身的生态学特征、人为干扰等生物因素密切相关(Brown & Maurer, 1986; 王劼等,2004; 张美文等,2004),而且与环境异质性、气候等非生物因素显著相关(Brown, 1973; Kolter et al., 1994; Jetz & Rahbek, 2002)。Beatley(1976)就曾揭示了美国内华达州南部地区降水量影响了当地的植物种群,进而影响啮齿类动物的数量与分布。袁帅等(2011)也曾证实啮齿动物群落多样性波动幅度对空间尺度具有一定依赖性,但不同的人为干扰会对其数量及种类产生不同影响。总之,啮齿动物群落格局的变化是复杂而漫长的动态过程,需要多尺度、多方位的数据积累和整合。通过研究啮齿动物在不同生境的分布状况以及与其周边环境之间的相互作用,能够揭示啮齿动物群落格局变化的成因和规律,指导啮齿动物的预测预警与科学防控(金志民,2018)。

为明确黄土残塬沟壑区啮齿动物群落的分布格局及其对环境变化的响应,本研究对山西省隰县4个不同样区啮齿动物群落的物种多样性和生态位特征的时空动态进行调查,进而明确引起这些动态变化

的影响因子,以期掌握啮齿动物群落对环境变化的响应机制,为合理利用生境资源调控啮齿动物数量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试工具:大号铁质捕鼠夹和长30 cm×宽10 cm×高10 cm捕鼠笼,当地市售。

供试诱饵:新鲜花生米、葵花籽、核桃仁、苹果等啮齿动物诱饵购自当地市场。

1.2 方法

1.2.1 啮齿动物群落调查的地点与时间

以山西省隰县为研究区,其地貌属典型的黄土残塬沟壑区,境内塬面高阔残缺,沟壑纵横交错,生境类型复杂多样(杨新根等,2020)。20世纪90年代,该县开始利用独特的地理位置和环境优势,把大量传统农田改造为苹果、梨等果园,至90年代末,该县以梨果产业为主的农业格局已基本形成。21世纪以来,随着我国退耕还林还草政策的实施,该县林草覆盖率已逐步增至33.2%,农业生态环境得到有效改善。选择该县阳头升乡作为调查样地,面积约4 000 hm²。境内沟底农田主要种植玉米、谷子和高粱等传统作物,果园面积不足5%。塬面果园和玉米、谷子、高粱等作物相互镶嵌,果园面积约占塬面面积的70%,作物面积约占塬面面积的30%。林草地主要位于沟壑与塬面的坡面衔接处,约占阳头升乡总面积的20%。根据生境和所处位置的不同,把研究区划分为林草区、沟底作物区、塬面作物区和塬面果园区4种不同的样区,大小分别约为800、1 500、500和1 100 hm²。根据其种植结构调整和生态建设过程的时间节点,把调查时间划分为6个时间区段,分别为1990—1994年、1995—1999年、2000—2004年、2005—2009年、2010—2014年和2015—2020年,即对1990—2020年研究样地中的啮齿动物群落总体情况进行调查统计,每年的4—11月开展调查。

1.2.2 啮齿动物群落的调查方法

采用夹(笼)捕法捕获啮齿动物。在不同样区用大号铁质捕鼠夹和捕鼠笼捕鼠,每个样区每日共放置不少于300夹(笼),依据具体地形和啮齿动物分

布情况确定放置捕鼠夹还是捕鼠笼。于傍晚放置捕鼠夹和捕鼠笼,24 h后回收。夹距5 m,根据调查点地形情况确定行距,使行距大于20 m,以新鲜生花生米或葵花籽做诱饵;根据鼠洞或其活动痕迹确定捕鼠笼放置地点,使笼距大于20 m,以新鲜生花生米、核桃仁和苹果等做诱饵。根据捕获的啮齿动物外形鉴定物种,记录各种啮齿动物的捕获数。

1.2.3 啮齿动物群落指标的计算

利用1.2.2获得的数据,应用SPSS 20.0软件计算啮齿动物在不同时间段不同样区的密度 C 、物种丰富度指数 R 、Shannon-Wiener多样性指数 H' 和Pielou均匀度指数 J' ,用以描述各样区啮齿动物群落的物种组成和多样性(徐兴军等,2009;覃雪波和曾朝辉,2011)。 $C=N/N' \times 100\%$,式中, N 为捕获的样本总个体数, N' 为总布夹(笼)数; $R=S$, S 为物种数; $H'=-\sum (P_i \times \ln P_i)$, P_i 为种 i 的个体数占捕获样本总数的比例,即 $P_i=N_i/N$; N_i 为种 i 的个体数; $J'=H'/\ln S$ 。

为了研究啮齿动物对环境的适应性及其对不同空间的利用程度,掌握在不同生境中各物种间的功能关系和相互作用,分别计算研究期内不同物种的Shannon-Wiener生态位宽度指数 B_i 和物种间的Pianka生态位重叠指数 C_p (Pielou, 1972;李德志等,2006)。 $B_i=(\lg \sum N_{ij}-\sum (N_{ij} \times \lg N_{ij})/\sum N_{ij})/\lg r$; $C_p=\sum (P_{ij} \times P_{kj})/(\sum P_{ij}^2 \times \sum P_{kj}^2)^{1/2}$,式中, N_{ij} 为种 i 在 j 生境中的个体数, r 为生境总数, $P_{ij}=N_{ij}/N_i$, $P_{kj}=N_{kj}/N_k$, N_{kj} 为种 k 在 j 生境中的个体数, N_k 为种 k 的总个体数。

1.3 数据分析

利用SPSS 20.0软件对试验数据进行统计分析,采用Duncan氏新复极差法进行不同样区多样性指数的差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 啮齿动物群落组成及其结构分析

1990—2020年在山西省隰县阳头升乡不同生境中共捕获啮齿动物5 445只,分属2目4科9属10种(表1)。其中,啮齿目涉及9个种,分别是仓鼠科Cricetidae的大仓鼠*Tscheskia triton*、长尾仓鼠*Cricetulus longicaudatus*和子午沙鼠*Meriones meridianus*,鼠科Muridae的北社鼠*Niviventer confucianus*、朝鲜姬鼠*Apodemus peninsulae*、黑线姬鼠*A. agrarius*、小家鼠*Mus musculus*和褐家鼠*Rattus norvegicus*,松鼠科Sciuridae的花鼠*Tamias sibiricus*;兔形目涉及1个种,为鼠兔科Ochotonidae的达乌尔鼠兔*Ochotona dauurica*,但达乌尔鼠兔自1995年后没

有再捕获到。在林草区,10种啮齿动物均有捕获;而在沟底作物区未捕获到褐家鼠,在塬面作物区和塬面果园区未捕获到达乌尔鼠兔。

在不同样区,啮齿动物群落结构在不同时间段有所不同。在林草区,1990—2004年大仓鼠是该区的优势种,其数量占比大于10%,但2005年后大仓鼠演替为该区的普通种,其数量占比在1%~10%之间;北社鼠是林草区的优势种,其数量占比在绝大多数时间段均大于其他鼠种,但在2000—2004年数量却小于大仓鼠和长尾仓鼠。沟底作物区的优势种主要为大仓鼠和长尾仓鼠,而子午沙鼠在2000—2014年是该区的优势种,在其他时间段则为该区的普通种。塬面作物区与沟底作物区的主要优势种相同,但在该区捕获到了沟底作物区未捕获到的褐家鼠。在塬面果园区,北社鼠于1995—2009年为普通种,而在2009—2020年成为该区的优势种。

在研究期间,山西省隰县阳头升乡啮齿动物的密度整体呈高一低一高的趋势,由1990—1994年的12.71%逐步下降到2005—2009年的3.39%,之后又上升至2015—2020年的7.83%(图1-A)。在林草区,啮齿动物密度在1990—2004年由14.37%下降至2.42%,2004年后啮齿动物密度开始上升;沟底作物区和塬面作物区的啮齿动物密度变化趋势相同,在1990—2009年均呈下降趋势,在2010—2020年均呈上升趋势;塬面果园区的啮齿动物密度变化趋势则较复杂,在1990—1999年呈上升趋势,在2000—2009年呈下降趋势,在2010—2020年又呈上升趋势。

2.2 啮齿动物群落多样性特征

在林草区,在1990—1994年啮齿动物群落物种丰富度指数最高,为10,在1995—1999年、2000—2004年和2010—2014年物种丰富度指数均最低,为7(图1-B);Shannon-Wiener多样性指数和Pielou均匀度指数均在2000—2004年达到最高值,分别为1.61和0.83,均在2010—2014年出现最低值,分别为0.78和0.40(图1-C~D)。在沟底作物区,啮齿动物群落物种丰富度指数在1990—1994年最高,为9,在2010—2014年最低,为6(图1-B);Shannon-Wiener多样性指数和Pielou均匀度指数均在2015—2020年达到最高值,分别为1.80和0.93,均在2000—2004年出现最低值,分别为1.25和0.64(图1-C~D)。在塬面作物区,啮齿动物群落物种丰富度指数最高值出现在1990—1994年和1995—1999年,均为8,最低值出现在2000—2004年,为4(图1-B);Shannon-Wiener多样性指数在1990—1994年最高,为1.73,在2000—

2004 年最低, 为 1.12(图 1-C); Pielou 均匀度指数在 2015—2020 年最高, 为 0.86, 在 1995—1999 年最低, 为 0.63(图 1-D)。在塬面果园区, 啮齿动物群落物种丰富度指数最高值出现在 1995—1999 年, 为 9, 其他时间段的物种丰富度指数相同, 均为 8(图 1-B); Shannon-Wiener 多样性指数和 Pielou 均匀度指数的最高值均出现在 2015—2020 年, 分别为 1.89 和 0.91, 最低值均出现在 2000—2004 年, 分别为 1.32 和 0.64(图 1-C~D)。

表 1 山西省隰县不同时间段啮齿动物群落结构
Table 1 Rodent community structure in Xi County, Shanxi Province during different periods

样区 Zone	鼠种 Rodent species	物种占比 Relative share of each species/%					
		1990— 1994	1995— 1999	2000— 2004	2005— 2009	2010— 2014	2015— 2020
林草区 Forest (grass) zone	大仓鼠 <i>Tscheskia triton</i>	14.13	13.37	20.90	3.85	3.75	5.10
	长尾仓鼠 <i>Cricetulus longicaudatus</i>	6.52	10.47	40.30	10.26	6.25	7.64
	北社鼠 <i>Niviventer confucianus</i>	49.64	62.79	17.90	64.10	80.63	59.24
	朝鲜姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i>	1.09	2.91	4.48	1.28	6.25	5.10
	黑线姬鼠 <i>Apodemus agrarius</i>	0.72	5.23	4.48	1.28	1.88	20.37
	子午沙鼠 <i>Meriones meridianus</i>	2.17	1.74	7.46	5.12	—	1.27
	花鼠 <i>Tamias sibiricus</i>	21.38	—	—	10.26	0.62	0.64
	达乌尔鼠兔 <i>Ochotona dauurica</i>	1.09	—	—	—	—	—
	小家鼠 <i>Mus musculus</i>	2.90	3.49	4.48	3.85	—	0.64
	褐家鼠 <i>Rattus norvegicus</i>	0.36	—	—	—	0.62	—
沟底作物区 Crop zone in valley	大仓鼠 <i>Tscheskia triton</i>	29.16	28.62	15.76	17.28	21.24	16.28
	长尾仓鼠 <i>Cricetulus longicaudatus</i>	22.34	52.96	55.43	51.85	46.02	17.43
	北社鼠 <i>Niviventer confucianus</i>	21.53	6.91	2.72	8.65	11.50	24.42
	朝鲜姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i>	0.54	1.32	0.54	—	4.43	6.98
	黑线姬鼠 <i>Apodemus agrarius</i>	0.27	2.95	1.64	2.47	1.77	22.09
	子午沙鼠 <i>Meriones meridianus</i>	6.81	6.25	20.65	12.35	15.04	9.30
	花鼠 <i>Tamias sibiricus</i>	8.73	—	—	1.23	—	—
	达乌尔鼠兔 <i>Ochotona dauurica</i>	0.27	—	—	—	—	—
	小家鼠 <i>Mus musculus</i>	10.35	0.99	3.26	6.17	—	3.49
	褐家鼠 <i>Rattus norvegicus</i>	—	—	—	—	—	—
塬面作物区 Crop zone on tableland	大仓鼠 <i>Tscheskia triton</i>	30.11	23.67	17.86	18.18	17.98	21.81
	长尾仓鼠 <i>Cricetulus longicaudatus</i>	26.28	52.66	55.36	46.36	49.44	39.36
	北社鼠 <i>Niviventer confucianus</i>	10.79	2.90	—	12.73	15.73	9.57
	朝鲜姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i>	0.45	1.45	—	—	3.37	10.11
	黑线姬鼠 <i>Apodemus agrarius</i>	—	0.72	—	—	—	3.72
	子午沙鼠 <i>Meriones meridianus</i>	7.42	4.11	21.42	12.73	8.43	5.32
	花鼠 <i>Tamias sibiricus</i>	6.07	—	—	5.45	—	—
	小家鼠 <i>Mus musculus</i>	16.18	14.25	5.36	4.55	1.69	10.11
	褐家鼠 <i>Rattus norvegicus</i>	2.70	0.24	—	—	3.36	—
	褐家鼠 <i>Rattus norvegicus</i>	—	—	—	—	—	—
塬面果园区 Orchard on tableland	大仓鼠 <i>Tscheskia triton</i>	32.53	27.56	12.24	17.19	15.96	21.58
	长尾仓鼠 <i>Cricetulus longicaudatus</i>	18.47	43.15	53.06	46.88	27.70	19.42
	北社鼠 <i>Niviventer confucianus</i>	11.24	7.48	1.22	9.38	32.39	22.66
	朝鲜姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i>	0.40	1.87	2.04	0.78	6.10	10.79
	黑线姬鼠 <i>Apodemus agrarius</i>	—	0.47	0.41	—	—	5.41
	子午沙鼠 <i>Meriones meridianus</i>	11.24	7.79	22.45	9.38	13.15	11.51
	花鼠 <i>Tamias sibiricus</i>	2.82	0.62	—	8.59	1.41	1.80
	小家鼠 <i>Mus musculus</i>	20.08	10.59	7.76	6.25	0.94	6.83
	褐家鼠 <i>Rattus norvegicus</i>	3.22	0.47	0.82	1.55	2.35	—
	褐家鼠 <i>Rattus norvegicus</i>	—	—	—	—	—	—

统计不同样区啮齿动物群落多样性指数的差异性,发现塬面果园区的物种丰富度指数显著高于塬面作物区;塬面果园区的 Shannon-Wiener 多样性指数显著高于林草区;塬面作物区、沟底作物区和塬面果

园区的Pielou均匀度指数显著高于林草区;沟底作物

区和塬面作物区的多样性指数均无显著差异(表2)。

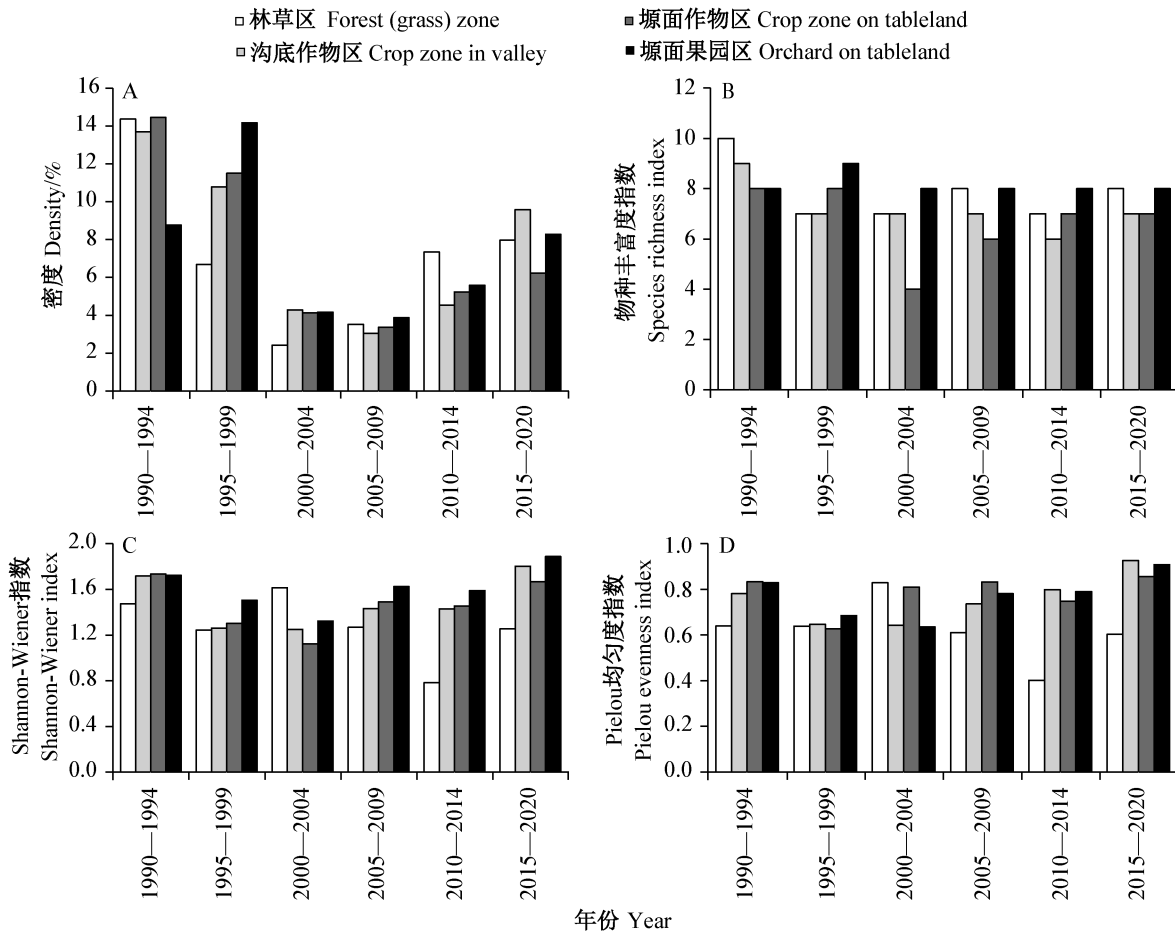


图1 山西省隰县不同样区啮齿动物群落的密度及多样性特征

Fig. 1 The density and diversity of rodent communities in different zones in Xi County, Shanxi Province

表2 1990—2020年山西省隰县不同样区啮齿动物群落的多样性指数差异

Table 2 Differences in the diversity indices of rodent communities in different zones in Xi County, Shanxi Province in 1990—2020

样区 Zone	物种丰富度指数 Species richness index	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index	Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index
林草区 Forest (grass) zone	7.83±1.17 ab	1.27±0.28 b	0.62±0.14 b
沟底作物区 Crop zone in valley	7.17±0.98 ab	1.48±0.23 ab	0.76±0.11 a
塬面作物区 Crop zone on tableland	6.67±1.51 b	1.46±0.23 ab	0.78±0.09 a
塬面果园区 Orchard on tableland	8.17±0.41 a	1.59±0.20 a	0.77±0.10 a

表中数据均为平均数±标准差。同列不同字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SD. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

2.3 不同啮齿动物种群的空间生态位

对不同啮齿动物在研究期间的空间生态位宽度指数进行统计,发现空间生态位宽度指数最大的3种啮齿动物依次为花鼠(0.951)、朝鲜姬鼠(0.942)和大仓鼠(0.925)。达乌尔鼠兔的空间生态位宽度指数最小,为0.406;褐家鼠的空间生态位宽度指数也相对较小,为0.746。长尾仓鼠、北社鼠、黑线姬鼠、子午沙鼠和小家鼠5种啮齿动物的空间生态位

宽度指数分别为0.888、0.878、0.869、0.866和0.835(图2)。

对不同啮齿动物在研究期间的Pianka空间生态位重叠指数进行统计,结果显示共有14组啮齿动物之间的Pianka空间生态位重叠指数大于0.900,包括大仓鼠与长尾仓鼠、大仓鼠与朝鲜姬鼠、大仓鼠与子午沙鼠、大仓鼠与小家鼠、长尾仓鼠与朝鲜姬鼠、长尾仓鼠与子午沙鼠、长尾仓鼠与小家鼠、北社鼠与花

鼠、北社鼠与达乌尔鼠兔、朝鲜姬鼠与子午沙鼠、朝鲜姬鼠与小家鼠、黑线姬鼠与花鼠、子午沙鼠与小家鼠、小家鼠与褐家鼠。共有9组啮齿动物之间的Pianka空间生态位重叠指数小于0.500,分别为达乌尔鼠兔与大仓鼠、达乌尔鼠兔与长尾仓鼠、达乌尔鼠兔与朝鲜姬鼠、达乌尔鼠兔与子午沙鼠、达乌尔鼠兔与小家鼠、达乌尔鼠兔与褐家鼠、黑线姬鼠与小家鼠、黑线姬鼠与褐家鼠、北社鼠与褐家鼠(表3)。

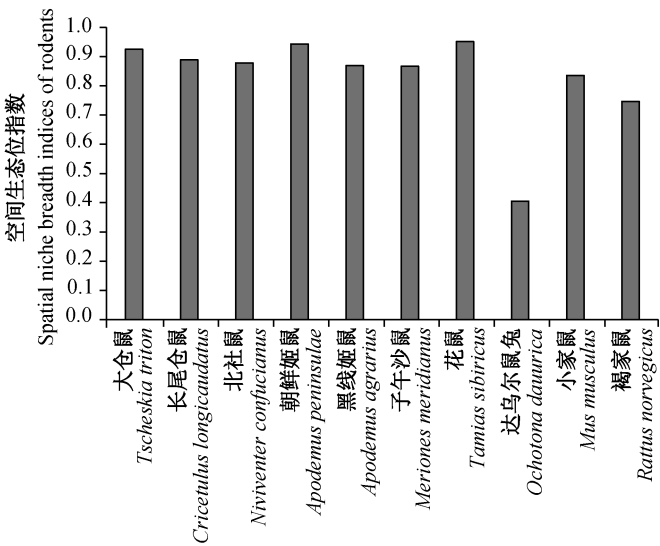


图2 1990—2020年山西省隰县不同啮齿动物的空间生态位宽度指数
Fig. 2 Spatial niche breadth indices of rodents in Xi County, Shanxi Province in 1990—2020

表3 1990—2020年山西省隰县啮齿动物空间生态位重叠指数
Table 3 Spatial niche overlap indices of rodents in Xi County, Shanxi Province in 1990—2020

	大仓鼠 <i>Tscheskia triton</i>	长尾仓鼠 <i>Cricetulus longicaudatus</i>	北社鼠 <i>Niviventer confucianus</i>	朝鲜姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i>	黑线姬鼠 <i>Apodemus agrarius</i>	子午沙鼠 <i>Meriones meridianus</i>	花鼠 <i>Tamias sibiricus</i>	达乌尔鼠兔 <i>Ochotona dauurica</i>	小家鼠 <i>Mus musculus</i>
长尾仓鼠 <i>Cricetulus longicaudatus</i>	0.995								
北社鼠 <i>Niviventer confucianus</i>	0.609	0.551							
朝鲜姬鼠 <i>Apodemus peninsulae</i>	0.938	0.905	0.772						
黑线姬鼠 <i>Apodemus agrarius</i>	0.661	0.612	0.871	0.699					
子午沙鼠 <i>Meriones meridianus</i>	0.989	0.979	0.554	0.939	0.613				
花鼠 <i>Tamias sibiricus</i>	0.727	0.686	0.975	0.820	0.900	0.659			
达乌尔鼠兔 <i>Ochotona dauurica</i>	0.288	0.228	0.910	0.450	0.838	0.211	0.857		
小家鼠 <i>Mus musculus</i>	0.966	0.973	0.522	0.912	0.479	0.955	0.642	0.156	
褐家鼠 <i>Rattus norvegicus</i>	0.882	0.889	0.462	0.870	0.313	0.880	0.557	0.069	0.971

3 讨论

啮齿动物群落的分布格局及其动态变化是生态学研究的重要组成部分,特别是在其对环境因子改变的响应方面,近年来引起了生态学家和专业人士的普遍关注。我国在该领域的研究虽然起步较晚,

但也在荒漠、林区和草原等生境中取得了一些代表性成果(武晓东和付和平,2005;卢志宏等,2016;金志民等,2018),而对黄土残塬沟壑区的相关研究却鲜有报道。本研究选择位于山西省典型黄土残塬沟壑区的隰县进行啮齿动物调查,该区水土流失严重,生境十分复杂,多种啮齿动物共存。啮齿动物是评

估环境变化的重要指示物种,对环境因子的大幅改变十分敏感,其分布格局和数量变化能较大程度地反映环境变化(Cameron & Scheel, 2001; Dale & Beyeler, 2001; Leis et al., 2008)。Ostfeld & Keesing (2000)研究结果表明降雨量会显著影响分布在阿根廷的壮暮鼠 *Calomys musculus* 数量。本研究调查区域在1990—1999年是果园建设期,在2000—2009年是退耕还林还草政策实施的重要时期,当地对农田和荒草坡的剧烈干扰破坏了啮齿动物群落原有的栖息环境,生境景观斑块化和破碎化阻碍了啮齿动物向新地区的迁移,增加了种群的不稳定性,减少了啮齿动物数量,甚至造成部分种群的局部灭绝,如本研究只在1990—1994年捕获到达乌尔鼠兔,推测该物种已在该区局部灭绝,可能就是栖息环境改变的响应(Laurance, 1991; Bowers & Matter, 1997)。2010年后,随着山西省隰县林草地面积的增加和栖息环境的稳定,啮齿动物群落密度又逐步回升,林草区优势种大仓鼠逐步演替为普通种以及塬面果园区普通种北社鼠演替为优势种的过程,也与当地不同生境类型的发展历程相契合。

多样性指数能够反映群落内物种数以及不同物种的数量结构水平,不同生境中啮齿动物的多样性具有不同的特征(徐兴军等, 2009; 张福顺等, 2014)。本研究结果表明,不同样区间啮齿动物群落多样性指数存在显著差异,如塬面果园区的物种丰富度指数显著高于塬面作物区,而沟底作物区和塬面作物区的多样性指数均无显著差异。推测可能是由于栖息环境的异质性使更多物种能共存(张福顺, 2008; 张晓东等, 2013)。果园区(当地有些果园会种植草或低矮作物,有些果园疏于管理导致杂草较多)和林草区生长着更多种类的植物和昆虫,为啮齿动物提供了多种类型的隐蔽条件和食物,导致该区啮齿动物种类更趋多样;而作物区食物类型单一,不利于多类型啮齿动物的共存。另外,啮齿动物自身的生物学特征也会影响其对栖息环境的选择(王劼等, 2004)。本研究中不同样区啮齿动物优势种的生物学特性与其栖息环境吻合,进一步印证了这一说法,如大仓鼠和长尾仓鼠主要以粮食作物为食物来源,因此是作物区的优势鼠种;北社鼠喜食坚果、嫩叶和昆虫等,因此其栖息地多以灌丛、树林为主,也是本研究中林草区的优势种。

啮齿动物的空间生态位取决于物种对栖息环境的适应性和对环境资源的利用程度(陈丝露等, 2018; 董冬等, 2019)。在黄土残塬沟壑区,花鼠、朝

鲜姬鼠和大仓鼠的空间生态位宽度指数均大于0.900,在不同类型样区均有捕获,说明这3种啮齿动物对各种生境的适应能力较强。褐家鼠是与人类伴生的鼠种(郑智民等, 2008),生态位宽度指数较小,其捕获地主要集中在与村落靠近的塬面,说明褐家鼠对野外环境的适应能力较弱。达乌尔鼠兔的空间生态位宽度指数仅为0.406,虽然达乌尔鼠兔的样本量太小,只捕获到4只,且1995年后在研究区域没有再捕获到该物种,可能会影响研究结果,但推测种植结构调整(果园建设)和生态环境建设(退耕还林还草)对研究区域环境的改变过于剧烈造成了该物种的局部灭绝,也从另一角度说明了该物种对环境资源的利用能力较为单一。

结合啮齿动物在不同类型样区的捕获情况和优势程度,从生态位重叠指数可知,大仓鼠、长尾仓鼠、朝鲜姬鼠、子午沙鼠和小家鼠对环境资源的利用和需求趋于一致,主要分布在塬面和沟底的农田,包括作物区和果园;而社鼠、花鼠、达乌尔鼠兔和黑线姬鼠对环境和空间的利用趋同,主要分布在林草区;褐家鼠和小家鼠则主要分布在村落附近的塬面。一般来说,生态位重叠程度较大的鼠种间存在潜在的竞争关系(王桂明等, 1996),但Brown & Maurer(1996)也曾指出,不同种的啮齿动物可通过取食行为的差异减弱资源利用竞争的压力,进而增加共存的可能性。因此,食物的丰富度可能也是影响这些鼠种能否共存的重要因素。

啮齿动物群落的分布格局及其动态变化受到多因素的影响。本研究分析了黄土残塬沟壑区多年来对啮齿动物群落的监测数据,研究了啮齿动物群落的分布格局对环境变化和人为干扰的响应,为黄土残塬沟壑区鼠类的预测预警、综合治理等提供了基础资料和科学依据,但群落生态学需要依靠长期、大量的试验和野外工作的积累(付和平等, 2019),因此,全面掌握黄土残塬沟壑区啮齿动物群落的分布格局及其时空动态,仍需要长期、持续的研究。

参考文献 (References)

- Beatley JC. 1976. Rainfall and fluctuating plant populations in relation to distributions and numbers of desert rodents in southern Nevada. *Oecologia*, 24(1): 21–42
- Bowers MA, Matter SF. 1997. Landscape ecology of mammals: relationships between density and patch size. *Journal of Mammalogy*, 78(4): 999–1013
- Brown JH. 1973. Species diversity of seed-eating desert rodents in sand dune habitats. *Ecology*, 54(4): 775–787

- Brown JH, Maurer BA. 1986. Body size, ecological dominance and Cope's rule. *Nature*, 324(6094): 248–250
- Cameron GN, Scheel D. 2001. Getting warmer: effect of global climate change on distribution of rodents in Texas. *Journal of Mammalogy*, 82(3): 652–680
- Chen SL, Zhao M, Li XW, Fan C, Xiao BR. 2018. Study on plant diversity and niche characteristics of dominant herbaceous populations under different reconstruction patterns in low efficiency stands of *Cupressus funebris*. *Acta Ecologica Sinica*, 38(1): 143–155 (in Chinese) [陈丝露, 赵敏, 李贤伟, 范川, 肖宝茹. 2018. 柏木低效林不同改造模式优势草本植物多样性及其生态位. *生态学报*, 38(1): 143–155]
- Clark BK, Kaufman DW, Finck EJ, Kaufman GA. 1989. Small mammals in tall-grass prairie: patterns associated with grazing and fire. *Prairie Naturalist*, 21(4): 177–184
- Dale VH, Beyeler SC. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1(1): 3–10
- Dong D, Xu XT, Zhou ZX, He YH, Wang CZ, Shi FK, Gao LL. 2019. Niche dynamics of main populations of old-tree communities in Jiuhua Mountain Scenic Area of Anhui Province. *Chinese Journal of Ecology*, 38(5): 1292–1304 (in Chinese) [董冬, 许小天, 周志翔, 何云核, 王存志, 石方可, 高陆陆. 2019. 安徽九华山风景区古树群落主要种群生态位的动态变化. *生态学杂志*, 38(5): 1292–1304]
- Dong QM, Zhao XQ, Ma YS, Dai Y, Wang QJ, Shi JJ, Wang LY. 2006. Effects of grazing intensity on mixed-sown community of *Elymus natans* and *Puccinellia tenuiflora* and *Ochotona curzoniae* in Yangtze and Yellow River Headwater Region. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 15(2): 28–33 (in Chinese) [董全民, 赵新全, 马玉寿, 代勇, 王启基, 施建军, 王柳英. 2006. 放牧强度对江河源区垂穗披碱草(*Elymus natans*)/星星草(*Puccinellia tenuiflora*)混播草地群落和高原鼠兔(*Ochotona curzoniae*)的影响. *西北农业学报*, 15(2): 28–33]
- Fu HP, Wen DS, Yuan S, Yang SW, Lü ZG, Xue HR, Wu XD. 2019. Big data applied to rodent ecology of grassland: opportunities and challenges. *Chinese Journal of Grassland*, 41(1): 101–110 (in Chinese) [付和平, 温都苏, 袁帅, 杨素文, 吕志岗, 薛河儒, 武晓东. 2019. 大数据应用于草地啮齿动物生态学: 机遇与挑战. *中国草地学报*, 41(1): 101–110]
- Jetz W, Rahbek C. 2002. Geographic range size and determinants of avian species richness. *Science*, 297(5586): 1548–1551
- Jin ZM. 2018. A study on dynamics of rodent community patterns in forests of Zhangguangcai Mountain, Heilongjiang Province, China. Ph. D thesis. Harbin: Northeast Forestry University (in Chinese) [金志民. 2018. 黑龙江省张广才岭林区啮齿动物群落格局动态研究. 博士学位论文. 哈尔滨: 东北林业大学]
- Jin ZM, Tian XM, Wang XB, Yang CW, Liu Z, Li DW. 2018. Community pattern changes of small rodents in the Chaihe forest area. *Chinese Journal of Zoology*, 53(5): 682–692 (in Chinese) [金志民, 田新民, 王兴波, 杨春文, 刘铸, 李殿伟. 2018. 柴河林区小型啮齿动物群落格局变化. *动物学杂志*, 53(5): 682–692]
- Kotler BP, Brown JS, Mitchell WA. 1994. The role of predation in shaping the behavior, morphology and community organization of desert rodents. *Australian Journal of Zoology*, 42(4): 449–466
- Laurance WF. 1991. Ecological correlates of extinction proneness in Australian tropical rain forest mammals. *Conservation Biology*, 5(1): 79–89
- Leis SA, Leslie DM Jr., Engle DM, Fehmi JS. 2008. Small mammals as indicators of short-term and long-term disturbance in mixed prairie. *Environmental Monitoring and Assessment*, 137(1/2/3): 75–84
- Li DZ, Shi Q, Zang RG, Wang XP, Sheng LJ, Zhu ZL, Wang CA. 2006. Models for niche breadth and niche overlap of species or populations. *Scientia Silvae Sinicae*, 42(7): 95–103 (in Chinese) [李德志, 石强, 臧润国, 王绪平, 盛丽娟, 朱志玲, 王长爱. 2006. 物种或种群生态位宽度与生态位重叠的计测模型. *林业科学*, 42(7): 95–103]
- Lu ZH, Wu XD, Yang SW, Li YN, Ye LN. 2016. Lag response of rodent community diversity to climate change. *Chinese Journal of Grassland*, 38(5): 85–90 (in Chinese) [卢志宏, 武晓东, 杨素文, 李燕妮, 叶丽娜. 2016. 啮齿动物群落多样性对气候变化滞后效应的研究. *中国草地学报*, 38(5): 85–90]
- Ostfeld RS, Keesing F. 2000. Pulsed resources and community dynamics of consumers in terrestrial ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 15(6): 232–237
- Pielou EC. 1972. Niche width and niche overlap: a method for measuring them. *Ecology*, 53(4): 687–692
- Qin XB, Zeng ZH. 2011. Relationships between rodent communities and environmental factors in different habitats of Sino-Singapore Tianjin Eco-City during summer. *Acta Theriologica Sinica*, 31(4): 380–386 (in Chinese) [覃雪波, 曾朝辉. 2011. 中新天津生态城夏季不同生境中啮齿动物群落与环境因子的关系. *兽类学报*, 31(4): 380–386]
- Su JH, Aryal A, Nan ZB, Ji WH. 2015. Climate change-induced range expansion of a subterranean rodent: implications for rangeland management in Qinghai-Tibetan Plateau. *PLoS ONE*, 10(9): e0138969
- Wang GM, Zhou QQ, Zhong WQ. 1996. Trophic niches of four species of common small mammals in Inner Mongolia grassland and their relationships. *Acta Ecologica Sinica*, 16(1): 71–76 (in Chinese) [王桂明, 周庆强, 钟文勤. 1996. 内蒙古典型草原4种常见小哺乳动物的营养生态位及相互关系. *生态学报*, 16(1): 71–76]
- Wang J, Liu SY, Ran JH, Wang CH, Shen L, Jiang P, Guo C. 2004. Effects of annual net primary productivity of forest ecosystem and habitat complexity on species diversity of small mammals. *Acta Theriologica Sinica*, 24(4): 298–303 (in Chinese) [王劫, 刘少英, 冉江洪, 王昌河, 沈丽, 蒋平, 郭聪. 2004. 森林生态系统年净初级生产力和生境复杂度对小型兽类物种多样性影响. *兽类学报*, 24(4): 298–303]
- Wu XD, Fu HP. 2005. Rodent communities in desert and semi-desert regions in Inner Mongolia. *Acta Zoologica Sinica*, 51(6): 961–972 (in Chinese) [武晓东, 付和平. 2005. 内蒙古半荒漠与荒漠区的啮齿动物群落. *动物学报*, 51(6): 961–972]

- Wu XD, Yuan S, Fu HP, Zhang XD, Zhang FS, Gao QR. 2016. Responses of dominant rodent species to climate change in different disturbed habitats in the Alashan desert. *Acta Ecologica Sinica*, 36(6): 1765–1773 (in Chinese) [武晓东, 袁帅, 付和平, 张晓东, 张福顺, 高全荣. 2016. 不同干扰下阿拉善荒漠啮齿动物优势种对气候变化的响应. *生态学报*, 36(6): 1765–1773]
- Xu XJ, Lü JW, Xie ZL, Zhou ST, Ji SB, Zhang DY, Wang CH, Shao SL. 2009. Effects of habitat complexity on species diversity of small mammals in pastures and forest interlaced regions. *Acta Ecologica Sinica*, 29(6): 2945–2952 (in Chinese) [徐兴军, 吕建伟, 谢振丽, 周双涛, 计沈斌, 张东月, 王昌河, 邵淑丽. 2009. 寒温带牧林交错区生境复杂度对啮齿类物种多样性的影响. *生态学报*, 29(6): 2945–2952]
- Yang XG, Wang TL, Zou B, Chang WY, Hou Y. 2019. Rodent diversity in the farmlands of Shanxi Province. *Plant Protection*, 45(2): 138–142 (in Chinese) [杨新根, 王庭林, 邹波, 常文英, 侯玉. 2019. 山西省农田啮齿动物多样性研究. *植物保护*, 45(2): 138–142]
- Yang XG, Wang TL, Zou B, Chang WY, Hou Y, Wu ZR. 2020. The influence of agricultural industry structural adjustment on rodent community. *China Plant Protection*, 40(3): 52–55, 60 (in Chinese) [杨新根, 王庭林, 邹波, 常文英, 侯玉, 武振荣. 2020. 农业产业结构调整对啮齿动物群落的影响. *中国植保导刊*, 40(3): 52–55, 60]
- Yang ZX, Pan SC, Jin X. 2006. The seasonal population dynamics and prediction models of *Mus musculus* in central region of Guizhou Province. *Journal of Plant Protection*, 33(4): 428–432 (in Chinese) [杨再学, 潘世昌, 金星. 2006. 黔中地区小家鼠种群数量动态及预测预报模型. *植物保护学报*, 33(4): 428–432]
- Yuan S, Wu XD, Fu HP, Yang ZL, Zhang FS, Zhang XD. 2011. Multi-scales analysis on diversity of desert rodent communities under different disturbances. *Acta Ecologica Sinica*, 31(7): 1982–1992 (in Chinese) [袁帅, 武晓东, 付和平, 杨泽龙, 张福顺, 张晓东. 2011. 不同干扰下荒漠啮齿动物群落多样性的多尺度分析. *生态学报*, 31(7): 1982–1992]
- Zhang FS. 2008. Studies on community dynamics and sensitivity of desert rodent under different disturbance. Master thesis. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University (in Chinese) [张福顺. 2008. 不同干扰下荒漠啮齿动物群落格局动态及其敏感性研究. 硕士学位论文. 呼和浩特: 内蒙古农业大学]
- Zhang FS, Yang YP, Wang LQ, Cai LY, Qiao F. 2014. Community structure of rodent in Xilingol steppe. *Chinese Journal of Grassland*, 36(6): 108–112 (in Chinese) [张福顺, 杨玉平, 王利清, 蔡丽艳, 乔方. 2014. 锡林郭勒草原啮齿动物群落结构特征. *中国草地学报*, 36(6): 108–112]
- Zhang MW, Wang Y, Li B, Guo C, Chen AG. 2004. The population recovery of rodent pests after application of anticoagulant in agroecosystem in the middle and lower reaches of Yangtze Valley. *Journal of Plant Protection*, 31(3): 311–319 (in Chinese) [张美文, 王勇, 李波, 郭聪, 陈安国. 2004. 长江中下游稻区毒饵灭鼠后害鼠种群数量的变化. *植物保护学报*, 31(3): 311–319]
- Zhang XD, Wu XD, Fu HP, Zha MH, Han YJ. 2013. The variation characteristics of the beta diversity of rodent communities in fragmented landscape in the Alxa desert, China. *Acta Theriologica Sinica*, 33(2): 133–143 (in Chinese) [张晓东, 武晓东, 付和平, 查木哈, 韩艳静. 2013. 荒漠景观破碎化条件下啮齿动物群落beta多样性变化特征. *兽类学报*, 33(2): 133–143]
- Zheng QY, Tang ZM, Wei WR. 2019. The ecological role of and survival threats to grassland rodents. *Pratacultural Science*, 36(11): 2962–2970 (in Chinese) [郑巧燕, 唐忠民, 卫万荣. 2019. 草原啮齿类动物生态作用及生存威胁. *草业科学*, 36(11): 2962–2970]
- Zheng ZM, Jiang ZK, Chen AG. 2008. *Conspectus of glires*. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University Press, pp. 83–114 (in Chinese) [郑智民, 姜志宽, 陈安国. 2008. 啮齿动物学. 上海: 上海交通大学出版社, pp. 83–114]
- Zou B, Zhang HD, Ning ZD, Wang TL, Chang WY, Yang XG, Zhu WY, Hou Y. 2010. The number of configuration and orderliness of quantitative alternation of the harmful mammals in Loufan ecological zone in Shanxi. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 38(5): 62–64 (in Chinese) [邹波, 张惠娣, 宁振东, 王庭林, 常文英, 杨新根, 朱文雅, 侯玉. 2010. 山西娄烦生态区鼠类数量配置和变动规律研究. *山西农业科学*, 38(5): 62–64]

(责任编辑:李美娟)