

山西省农田啮齿动物多样性研究

杨新根, 王庭林, 邹波, 常文英, 侯玉

(山西省农业科学院植物保护研究所, 农业有害生物综合治理山西省重点实验室, 太原 030031)

摘要 为了掌握山西省不同地区农田啮齿动物的多样性,探索其与环境因子的关系,本文采用笼捕法和夹捕法相结合的方法,对山西省 11 个市的 17 个县(市、区)的啮齿动物进行了研究。结果表明,临汾市隰县农田的啮齿动物捕获率(C)最高,达到 14.77%,该地的啮齿动物多样性指数(H')也最高,为 1.811 1;朔州市朔城区的多样性指数最低,为 0.600 1。每个变量的相关性分析结果表明,研究区纬度与农田啮齿动物的捕获率、物种丰富度指数(R)、多样性指数和均匀度指数(J')均呈极显著负相关关系,而与优势度指数(D)呈极显著正相关,说明纬度可能是影响啮齿动物多样性的一个重要因子。

关键词 农田; 啮齿动物; 多样性; 纬度

中图分类号: S 443 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018190

Rodent diversity in the farmlands of Shanxi Province

YANG Xingen, WANG Tinglin, ZOU Bo, CHANG Wenying, HOU Yu

(*Institute of Plant Protection, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Shanxi Key Laboratory of Integrated Management of Agricultural Pests, Taiyuan 030031, China*)

Abstract The relationships between the diversity of rodents in the farmland and environmental factors were explored in different regions of Shanxi Province, and the snap-trap and cage-trap methods were used in 17 counties (cities and districts) of 11 cities in Shanxi Province. The results showed that the rodent capture rate (C) of Xi County in Linfen City was the highest, reaching 14.77%; the rodent diversity index (H') of Xi County was also the highest (1.811 1). In Shuo Cheng District of Shuozhou City, the lowest diversity index was observed (0.600 1). The correlation analysis of different variables indicated that the latitude of the study area was significantly negatively correlated with the capture rate, species richness index (R), diversity index and evenness index (J') of farm rodents, but significantly positively correlated with the dominance index (D), indicating that latitude might be an important factor affecting the diversity of rodents.

Key words farmland; rodent; diversity; latitude

物种多样性是生态学研究的一个前沿问题,旨在研究物种的数量变化及其时空变化在各种尺度范围的格局、成因和规律。作为生态环境的重要组成部分,啮齿动物群落的多样性是能够反映动物群落生态组织水平和群落功能的重要指标。研究啮齿动物群落的多样性,对深入了解生态系统的结构与功能、保护自然环境、指导害鼠监测与防控等都有重要的实际意义。目前,物种多样性方面的研究已有不少报道。已有文献指出,啮齿动物群落多样性不仅同种间和种内竞争与互利、种群繁殖特征、人为干扰等生物因素密切相关,而且与环境异质性、气候、纬

度等非生物因素具有显著相关性。捕食行为是影响物种多样性的重要因子^[1],种间竞争关系也对啮齿动物群落结构有重要影响^[2-3]。研究认为,啮齿动物的栖息环境复杂程度及当地气温、降雨量等与其多样性程度显著正相关^[4-8]。也有文献表明,人为干扰因素也会显著影响啮齿动物的多样性^[5,9-10]。另外,海拔高度、纬度也与物种多样性有显著负相关关系^[7,11]。

山西省地处华北西部的黄土高原东翼,介于北纬 34°34'~40°44',东经 110°14'~114°33'之间,总面积 1 567 万 hm^2 ,农田面积 372 万 hm^2 。境内地形复杂,丘陵起伏,沟壑纵横,地形高差悬殊,因而既有纬

收稿日期: 2018-05-02 修订日期: 2018-06-04

基金项目: 山西省重点研发计划项目(201803D221015-1);山西省农业科技成果转化和示范推广项目(2017CGZH47);山西省农业科学院特色农业技术攻关项目(YGG17110)

联系方式 E-mail: ynewroot@163.com

度地带性气候,又有明显的垂直变化。地形地貌的复杂多样,造成山西省农田生态环境的多样性,使农田害鼠群落及其对农业生产的危害难以整体掌握。本项研究旨在通过对山西省不同地区的农田啮齿动物的多样性进行研究,探索其与各类环境因子的关系,为制定农田啮齿动物区域性综合治理措施提供主要依据。

1 材料与方法

1.1 调查时间与地点

于 2016 年 5—10 月,在山西省 11 个市的 17 个县(市、区)进行调查。

1.2 调查方法

用大号捕鼠夹和捕鼠笼捕鼠,每日傍晚放置鼠夹和鼠笼,次日傍晚收回。夹距 5 m,行距>20 m,以新鲜生花生米做诱饵;笼距>20 m,以新鲜生花生米、核桃仁和苹果做诱饵。每个县(区)调查 1 次,调查夹数≥300 夹,笼数≥100 笼。记录各种啮齿动物的体重、体长、尾长、后足长、耳长、繁殖情况等,并计算各种啮齿动物的捕获率(C)。记录调查区的经纬度。

捕获率(C)=捕获数/(布夹数+布笼数)×100%。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 18.0 软件,分别计算各研究区小型啮齿动物的物种丰富度指数(R)、多样性指数(H')、均匀度指数(J')和优势度指数(D),来描述各调查区啮齿动物的物种组成和数量^[7-8, 12]。并使用 SPSS 18.0 软件中的 Spearman 法,进行山西省农田啮齿动物捕获率、多样性指数与纬度间的相关性分析。

物种丰富度指数(R): $R=S$;

Shannon-Wiener 指数(H'): $H'=-\sum P_i \ln P_i$;

Pielou 均匀度指数(J'): $J'=H'/\ln S$;

Simpson 生态优势度指数(D): $D=\sum (P_i)^2$;

式中, S 为物种数, $P_i=n_i/N$; n_i 为种 i 的个体数, N 为样本总个体数。

2 结果与分析

2.1 农田啮齿动物的捕获率和物种组成

调查结果显示(表 1),所调查的 17 个县(市、区)中,临汾市隰县农田的啮齿动物捕获率最高,达到 14.77%,太原市万柏林区次之,为 10.50%,最低的是朔州市朔城区,其啮齿动物捕获率只有 2.62%。物

种组成方面,运城市永济市、临汾市隰县和永和县啮齿动物种类最多,为 7 种。其中,永济市个体数量最多的为北社鼠 *Niviventer niviventer*,其构成比达到 41.03%;北社鼠、黑线姬鼠 *Apodemus agrarius*、大林姬鼠 *Apodemus peninsulae* 和子午沙鼠 *Meriones meridianus* 是该市的优势鼠种,大仓鼠 *Tscherskia triton*、小家鼠 *Mus musculus* 和长尾仓鼠 *Crictulus longicaudatus* 为常见种。隰县的优势鼠种包括北社鼠、长尾仓鼠、大仓鼠、黑线姬鼠和子午沙鼠(北社鼠的个体数量最多,达 30.77%),大林姬鼠和小家鼠为该区的常见种。永和县个体数量最多的是长尾仓鼠,为 28.95%,该县的优势种为长尾仓鼠、北社鼠、大仓鼠、黑线姬鼠和大林姬鼠,常见种为子午沙鼠和小家鼠。朔州市朔城区农田的啮齿动物种类最少为 3 种,长尾仓鼠个体数量高达 81.82%,是该区的唯一优势鼠种,该区的常见种为黑线姬鼠和北社鼠。就山西省全境而言,农田啮齿动物的捕获率高达 8.41%,属啮齿动物危害严重区,而长尾仓鼠个体数量最多,为 27.26%。山西省农田的优势鼠种包括长尾仓鼠、北社鼠、大林姬鼠、黑线姬鼠和大仓鼠,小家鼠和子午沙鼠为常见种,岩松鼠 *Sciurotamias davidianus* 为山西省农田的稀有种。

2.2 农田啮齿动物的多样性指数及其与纬度间的关系

分别计算 17 个县(市、区)农田啮齿动物群落的丰富度(R)、多样性指数(H')、均匀度指数(J')和优势度指数(D),计算结果显示(表 2),临汾市隰县农田啮齿动物的多样性指数最高,达到 1.811 1,均匀度指数最高的为吕梁市中阳县,为 0.993 9,而朔州市朔城区的多样性指数和均匀度指数均最低,分别为 0.600 1 和 0.546 2;就优势度指数而言,朔城区达到 0.686 0,显著高于其他县(市、区),隰县最低,只有 0.184 4。

2.3 各变量间的相关性分析

把各县(市、区)的每个变量进行汇总并进行相关性分析,结果显示(表 3),研究区纬度与农田啮齿动物的捕获率以及各多样性指数呈极显著相关关系,表明随着纬度的增加,农田啮齿动物数量会有所减少,物种也趋于单一,导致其优势度的增加。另外,捕获率也与各多样性指数呈显著或极显著相关关系,说明了农田啮齿动物物种的单一化在一定程度上会降低其数量配置和密度。

表 1 山西省农田啮齿动物捕获率及物种组成

Table 1 Capture rates and species composition of farmland rodents in Shanxi Province

市 City	县 (市、区) County	纬度/°N Latitude	布夹 数/个 Snap number	布笼 数/个 Cage number	长尾仓鼠				大仓鼠				黑线姬鼠				大林姬鼠				北社鼠			
					<i>Cricetulus longicaudatus</i>				<i>Tscherskia triton</i>				<i>Apodemus agrarius</i>				<i>Apodemus peninsulae</i>				<i>Niviventer niviventer</i>			
					捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio
运城 Yuncheng	永济	34.83	320	120	1	2.56	—	—	2	5.13	—	—	8	20.51	—	—	6	15.38	—	—	16	41.03	—	—
晋城 Jincheng	陵川	35.74	350	100	9	21.95	18	42.85	12	29.26	—	—	7	17.07	—	—	4	9.76	—	—	5	12.20	—	—
临汾 Linfen	隰县	36.64	320	120	11	16.92	12	35.30	10	15.38	—	—	8	12.31	—	—	6	9.23	—	—	20	30.77	—	—
长治 Changzhi	永和	36.78	300	100	11	28.95	14	48.27	6	15.79	—	—	5	13.16	—	—	5	13.16	—	—	8	21.05	—	—
	沁县	36.82	300	150	12	27.91	14	33.33	—	—	—	—	12	27.91	—	—	11	25.58	—	—	5	11.62	—	—
	左权	37.09	325	100	10	24.39	18	50.00	18	43.90	—	—	3	7.32	—	—	8	19.51	—	—	2	4.88	—	—
晋中 Jinzhong	中阳	37.35	320	120	10	30.31	10	81.82	8	24.24	—	—	—	—	—	—	7	21.21	—	—	8	24.24	—	—
吕梁 Lüliang	方山	37.75	320	120	10	27.03	12	34.48	12	32.43	—	—	—	—	—	—	6	16.22	—	—	9	24.32	—	—
太原 Taiyuan	万柏林	37.84	300	100	—	—	9	39.37	—	—	—	—	10	23.81	—	—	20	47.62	—	—	8	19.05	—	—
阳泉 Yangquan	阳曲	38.03	400	150	18	42.85	10	55.56	—	—	—	—	2	4.76	—	—	6	14.29	—	—	16	38.10	—	—
	娄烦	38.13	320	120	12	35.30	8	17.24	8	23.53	—	—	2	5.88	—	—	11	32.35	—	—	1	2.94	—	—
	孟县	38.19	300	100	14	48.27	5	17.24	5	17.24	—	—	—	—	—	—	8	27.59	—	—	2	6.90	—	—
忻州 Xinzhou	静乐	38.34	320	120	14	33.33	14	33.33	—	—	—	—	4	9.52	—	—	7	16.67	—	—	17	40.48	—	—
朔州 Shuozhou	五台	38.85	300	100	18	50.00	18	50.00	—	—	—	—	12	33.33	—	—	2	5.56	—	—	3	8.33	—	—
	繁峙	39.23	320	100	—	—	9	81.82	10	55.56	—	—	5	27.78	—	—	2	11.10	—	—	1	5.56	—	—
	朔城	39.37	320	100	9	81.82	100	—	—	—	—	—	1	9.09	—	—	—	—	—	—	1	9.09	—	—
大同 Datong	洪源	39.75	320	100	10	34.48	10	34.48	—	—	—	—	16	55.17	—	—	—	—	—	—	2	6.90	—	—
合计 Total	—	—	5 455	1 920	169	27.26	91	14.68	91	14.68	95	15.32	109	17.58	124	20.00	109	17.58	124	20.00	109	17.58	124	20.00
合计 Total																								
市 City	县 (市、区) County	纬度/°N Latitude	布夹 数/个 Snap number	布笼 数/个 Cage number	岩松鼠				小家鼠				子午沙鼠				合计				Total			
					<i>Sciurotamias davidianus</i>				<i>Mus musculus</i>				<i>Meriones meridianus</i>				Total				Total			
					捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio	捕获数/只 Capture number	构成比/% Constituent ratio
运城 Yuncheng	永济	34.83	320	120	—	—	2	5.13	—	—	4	10.26	—	—	39	8.86	—	—	—	—	41	9.11	—	—
晋城 Jincheng	陵川	35.74	350	100	—	—	4	9.76	—	—	—	—	—	—	65	14.77	—	—	—	—	65	14.77	—	—
临汾 Linfen	隰县	36.64	320	120	—	—	3	4.63	—	—	7	10.76	—	—	38	9.50	—	—	—	—	38	9.50	—	—
长治 Changzhi	永和	36.78	300	100	—	—	1	2.63	—	—	2	5.26	—	—	43	9.56	—	—	—	—	43	9.56	—	—
	沁县	36.82	300	150	—	—	3	6.98	—	—	—	—	—	—	41	9.65	—	—	—	—	41	9.65	—	—
	左权	37.09	325	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	33	7.50	—	—	—	—	33	7.50	—	—
晋中 Jinzhong	中阳	37.35	320	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	37	8.41	—	—	—	—	37	8.41	—	—
吕梁 Lüliang	方山	37.75	320	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42	10.50	—	—	—	—	42	10.50	—	—
太原 Taiyuan	万柏林	37.84	300	100	4	9.52	—	—	—	—	—	—	—	—	42	7.64	—	—	—	—	42	7.64	—	—
阳泉 Yangquan	阳曲	38.03	400	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	34	7.73	—	—	—	—	34	7.73	—	—
	娄烦	38.13	320	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29	7.25	—	—	—	—	29	7.25	—	—
	孟县	38.19	300	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42	9.55	—	—	—	—	42	9.55	—	—
忻州 Xinzhou	静乐	38.34	320	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	36	9.00	—	—	—	—	36	9.00	—	—
朔州 Shuozhou	五台	38.85	300	100	—	—	1	2.78	—	—	—	—	—	—	18	4.29	—	—	—	—	18	4.29	—	—
	繁峙	39.23	320	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	2.62	—	—	—	—	11	2.62	—	—
	朔城	39.37	320	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	29	6.90	—	—	—	—	29	6.90	—	—
大同 Datong	洪源	39.75	320	100	—	—	1	3.45	—	—	—	—	—	—	29	6.90	—	—	—	—	29	6.90	—	—
合计 Total	—	—	5 455	1 920	4	0.64	15	2.42	13	2.10	620	8.41	13	2.10	620	8.41	620	8.41	620	8.41	620	8.41	620	8.41

表 2 山西省农田啮齿动物的多样性

Table 2 Diversities of farmland rodents in Shanxi Province

市 City	县(市、区) County	纬度/°N Latitude	丰富度(R) Richness Index	多样性指数(H′) Diversity index	均匀度指数(J′) Evenness index	优势度指数(D) Dominance index
运城 Yuncheng	永济	34. 83	7	1. 610 6	0. 827 7	0. 250 5
晋城 Jincheng	陵川	35. 74	6	1. 705 1	0. 951 6	0. 196 9
临汾 Linfen	隰县	36. 64	7	1. 811 1	0. 930 7	0. 184 4
	永和	36. 78	7	1. 762 7	0. 905 8	0. 191 1
长治 Changzhi	沁县	36. 82	5	1. 497 0	0. 930 1	0. 239 6
晋中 Jinzhong	左权	37. 09	5	1. 363 2	0. 847 0	0. 298 0
吕梁 Lüliang	中阳	37. 35	4	1. 377 8	0. 993 9	0. 254 4
	方山	37. 75	4	1. 357 7	0. 979 4	0. 263 7
太原 Taiyuan	万柏林	37. 84	4	1. 234 7	0. 890 6	0. 328 8
	阳曲	38. 03	4	1. 153 8	0. 832 3	0. 351 5
	娄烦	38. 13	5	1. 343 4	0. 834 7	0. 288 9
阳泉 Yangquan	盂县	38. 19	4	1. 194 4	0. 861 6	0. 343 6
忻州 Xinzhou	静乐	38. 34	4	1. 254 8	0. 905 1	0. 311 8
	五台	38. 85	5	1. 180 1	0. 733 2	0. 371 9
	繁峙	39. 23	4	1. 087 0	0. 784 1	0. 401 3
朔州 Shuozhou	朔城	39. 37	3	0. 600 1	0. 546 2	0. 686 0
大同 Datong	洪源	39. 75	4	0. 995 9	0. 718 4	0. 429 2

表 3 各变量之间的相关系数¹⁾

Table 3 Correlation coefficients between different variables

变量 Variable	捕获率 Capture rate	纬度 Latitude	丰富度(R) Richness index	多样性指数(H′) Diversity index	均匀度指数(J′) Evenness index	优势度指数(D) Dominance index
捕获率 Capture rate	1. 000					
纬度 Latitude	−0. 620 **	1. 000				
丰富度(R)Richness index	0. 597 *	−0. 759 **	1. 000			
多样性指数(H′)Diversity index	0. 667 **	−0. 931 **	0. 807 **	1. 000		
均匀度指数(J′)Evenness index	0. 488 *	−0. 642 **	0. 259	0. 735 **	1. 000	
优势度指数(D)Dominance index	−0. 632 **	0. 914 **	−0. 764 **	−0. 988 **	−0. 779 **	1. 000

1) * :显著相关; ** :极显著相关。
* : Significant correlation; ** : Extremely significant correlation.

3 讨论

山西省境内地形地貌的多样,导致了其农田啮齿动物群落的复杂多样。而植被结构、食物丰富度、荫蔽度等生物因子的多样程度,会影响到啮齿动物的群落结构。已有文献表明,不仅啮齿动物自身的生态学特征会影响其对栖息地的选择^[13-14],而且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^[15]。以临汾市隰县为例,该县地处山西省西南的黄土残垣沟壑区,地理环境复杂,相对低纬度的温和气候条件导致该县啮齿动物食物类型多样(水果、粮食作物、杂草等),为啮齿动物的生存提供了丰富的食物来源和多样的栖息环境,因此该县农田啮齿动物的密度和丰富度均为最高,该区也有较高的均匀度指数,而其优势度指数偏低,形成北社鼠(攀援性较强,以水果为主要食物)+长尾仓鼠(以粮食作物为主要食物来源)+大仓鼠+黑线姬鼠+子午沙鼠的复杂农田啮

齿动物群落。而随着调查区的北移,地表植被趋于稀疏,植被类型单一化,不利于地面小型啮齿动物的共存,使其农田啮齿动物丰富度、多样性和均匀度指数都偏低,而优势度指数逐渐增加。这也是本研究 中纬度与其他变量间呈极显著相关的主要原因。

本研究结果表明,捕获率 C 与其他变量间呈显著或极显著相关,而作者在 2014 年的研究结果表明,农田啮齿动物的捕获率与纬度和其他多样性指数间的相关性并不显著^[8]。研究结果的不同,可能是由于捕获数的差异导致。本次研究与前次研究相比样本量较少,使捕获率与各县(市、区)的啮齿动物多样性指数呈显著或极显著相关关系。也有文献指出,农田啮齿动物的密度主要取决于其食物来源的总生物量^[16-18]。在不同的年份,由于受到气候、种植结构调整、生境变化、地域环境等因素的影响,农田啮齿动物的食物来源会有较大变动,导致不同种群的侵入或迁出,进而影响到农田啮齿动物的密度有较大变动,但一般而言,区域性啮齿动物的各多样性

指数变动相对较小或滞后。

农田啮齿动物的多样性受到多因素影响,是气候、海拔、纬度、生境变化、种植结构调整、种间和种内竞争与互利、人为干扰等因素共同作用的结果^[19-20],因此,掌握各种因子对啮齿动物多样性的影响,确定山西省农田啮齿动物多样性的变动规律,是一个长期而复杂的过程,需要我们更为细致和深入的研究。

参考文献

- [1] KOLTER B P, BROWN J S, WILLIAM A, et al. The role of predation in shaping the behavior, morphology and community organization of desert rodents [J]. Australian Journal of Zoology, 1994, 42: 449 - 466.
- [2] BROWN J H. Species diversity of seed-eating desert rodents in sand dune habitats [J]. Ecology, 1973, 54(4): 775 - 787.
- [3] JETZ W, RAHBEC C. Geographic range size and determinants of avian species richness [J]. Science, 2002, 297(8): 1548 - 1551.
- [4] M' CLOSKEY R T. Community structure in sympatric rodents [J]. Ecology, 1976, 57(4): 728 - 739.
- [5] 余建军, 李晓晨. 陕西省啮齿动物种数分布及其生物多样性的研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2003, 14(4): 269 - 272.
- [6] MILSTEAD W B, MESERVE P L, CAMPANELLA A, et al. Spatial ecology of small mammals in north-central chile: role of precipitation and refuges [J]. Journal of Mammalogy, 2007, 88(6): 1532 - 1538.
- [7] 徐兴军, 吕建伟, 谢振丽, 等. 寒温带牧林交错区生态复杂度对啮齿类物种多样性的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(6): 2945 - 2952.
- [8] 杨新根, 王庭林, 宁振东, 等. 山西省农田生境复杂程度对小型啮齿动物多样性的影响[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2014, 25(3): 227 - 230.
- [9] 张大明, 艾尼瓦尔, 姜涛, 等. 准噶尔盆地啮齿动物群落多样性与物种变化的分析[J]. 生物多样性, 1998, 6(2): 92 - 98.
- [10] 武晓东, 付和平. 人为干扰下荒漠啮齿动物群落格局: 变动趋势与敏感性反应[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 849 - 860.
- [11] 刘思慧. 横断山南麓哺乳动物物种多样性研究: 滇南高原自然保护区哺乳动物物种丰富度的空间格局[D]. 杭州: 浙江大学, 2003: 42 - 59.
- [12] 覃雪波, 曾朝辉. 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[J]. 兽类学报, 2011, 31(4): 380 - 387.
- [13] 张美文, 王勇, 郭聪, 等. 洞庭平原农家鼠的栖息格局[J]. 兽类学报, 2003, 23(2): 145 - 152.
- [14] 王劼, 刘少英, 冉江洪, 等. 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[J]. 兽类学报, 2004, 24(4): 298 - 303.
- [15] BROWN J H, MAURER B A. Body size, ecological dominance and Cope's rule [J]. Nature, 1996, 324: 248 - 250.
- [16] 戴昆, 姚军. 荒漠啮齿类共存机制[J]. 干旱区研究, 1999, 16(3): 23 - 27.
- [17] 杨月伟, 刘震, 刘季科. 食物、捕食和种间竞争对东方田鼠种群动态的作用[J]. 生态学报, 2009, 29(12): 6311 - 6324.
- [18] 张福顺. 不同干扰条件下荒漠啮齿动物种群和群落动态研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011: 58 - 63.
- [19] 李义明, 许龙, 马勇, 等. 神农架自然保护区非飞行哺乳动物的物种丰富度: 沿海拔梯度的分布格局[J]. 生物多样性, 2003, 11(1): 1 - 9.
- [20] ORLAND M C, KELT D A. Responses of a heteromyid rodent community to large-and small-scale resource pulses: diversity, abundance, and home-range dynamics [J]. Journal of Mammalogy, 2007, 88(5): 1280 - 1287.
- [1] KOLTER B P, BROWN J S, WILLIAM A, et al. The role of predation in shaping the behavior, morphology and community organization of desert rodents [J]. Australian Journal of Zoology, 1994, 42: 449 - 466.
- [2] BROWN J H. Species diversity of seed-eating desert rodents in sand dune habitats [J]. Ecology, 1973, 54(4): 775 - 787.
- [3] JETZ W, RAHBEC C. Geographic range size and determinants of avian species richness [J]. Science, 2002, 297(8): 1548 - 1551.
- [4] M' CLOSKEY R T. Community structure in sympatric rodents [J]. Ecology, 1976, 57(4): 728 - 739.
- [5] 余建军, 李晓晨. 陕西省啮齿动物种数分布及其生物多样性的研究[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2003, 14(4): 269 - 272.
- [6] MILSTEAD W B, MESERVE P L, CAMPANELLA A, et al. Spatial ecology of small mammals in north-central chile: role of precipitation and refuges [J]. Journal of Mammalogy, 2007, 88(6): 1532 - 1538.
- [7] 徐兴军, 吕建伟, 谢振丽, 等. 寒温带牧林交错区生态复杂度对啮齿类物种多样性的影响[J]. 生态学报, 2009, 29(6): 2945 - 2952.
- [8] 杨新根, 王庭林, 宁振东, 等. 山西省农田生境复杂程度对小型啮齿动物多样性的影响[J]. 中国媒介生物学及控制杂志, 2014, 25(3): 227 - 230.
- [10] SARJIT A, WANG Y, DYKES G A. Antimicrobial activity of gallic acid against thermophilic Campylobacter is strain specific and associated with a loss of calcium ions [J]. Food Microbiology, 2015, 46: 227 - 233.
- [11] 郑雪花, 杨君, 杨跃辉. 没食子酸药理作用的研究进展[J]. 中国医院药学杂志, 2017, 37(1): 94 - 98.
- [12] 滕李濛, 宋卓芮, 毕家豪, 等. 铜(II)-没食子酸配合物的抑菌活性研究[J]. 广东化工, 2018, 45(8): 54 - 55.
- [13] 谭平, 刘斯宇, 周太平, 等. 没食子酸衍生物的合成及抑菌活性研究[J]. 西华大学学报(自然科学版), 2018, 37(2): 108 - 112.
- [14] 常连举, 张宗和, 黄嘉玲, 等. 没食子酸的制备与应用综述[J]. 生物物质化学工程, 2007, 44(4): 48 - 52.
- [15] 李悦, 范腕腕, 袁高庆, 等. 3,4,5-三羟基苯甲酸甲酯的抑菌特性及其对番茄青枯病的田间防治作用[J]. 农药, 2014, 53(11): 845 - 848.
- [16] 乔桂双. 五种 Strobilurin 类杀菌剂对黄瓜霜霉病菌生物活性及其抗性风险[D]. 保定: 河北农业大学, 2009.
- [17] 李青, 张名位, 张瑞芬, 等. 5 种水稻品种谷壳中游离态和结合态

- [9] 张大明, 艾尼瓦尔, 姜涛, 等. 准噶尔盆地啮齿动物群落多样性与物种变化的分析[J]. 生物多样性, 1998, 6(2): 92 - 98.
- [10] 武晓东, 付和平. 人为干扰下荒漠啮齿动物群落格局: 变动趋势与敏感性反应[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 849 - 860.
- [11] 刘思慧. 横断山南麓哺乳动物物种多样性研究: 滇南高原自然保护区哺乳动物物种丰富度的空间格局[D]. 杭州: 浙江大学, 2003: 42 - 59.
- [12] 覃雪波, 曾朝辉. 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[J]. 兽类学报, 2011, 31(4): 380 - 387.
- [13] 张美文, 王勇, 郭聪, 等. 洞庭平原农家鼠的栖息格局[J]. 兽类学报, 2003, 23(2): 145 - 152.
- [14] 王劼, 刘少英, 冉江洪, 等. 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[J]. 兽类学报, 2004, 24(4): 298 - 303.
- [15] BROWN J H, MAURER B A. Body size, ecological dominance and Cope's rule [J]. Nature, 1996, 324: 248 - 250.
- [16] 戴昆, 姚军. 荒漠啮齿类共存机制[J]. 干旱区研究, 1999, 16(3): 23 - 27.
- [17] 杨月伟, 刘震, 刘季科. 食物、捕食和种间竞争对东方田鼠种群动态的作用[J]. 生态学报, 2009, 29(12): 6311 - 6324.
- [18] 张福顺. 不同干扰条件下荒漠啮齿动物种群和群落动态研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2011: 58 - 63.
- [19] 李义明, 许龙, 马勇, 等. 神农架自然保护区非飞行哺乳动物的物种丰富度: 沿海拔梯度的分布格局[J]. 生物多样性, 2003, 11(1): 1 - 9.
- [20] ORLAND M C, KELT D A. Responses of a heteromyid rodent community to large-and small-scale resource pulses: diversity, abundance, and home-range dynamics [J]. Journal of Mammalogy, 2007, 88(5): 1280 - 1287.
- [18] 郭素一. 苯乙酸(α -Naphthylacetic acid)在番茄和水稻中的残留检测研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008.
- [19] 吴雪钗, 于波涛, 侯艾林, 等. 没食子酸稳定性研究[J]. 西南国防医药, 2006, 16(5): 484 - 485.
- [20] 荆才, 罗志军, 胡鹏刚, 等. 反萃取降低高纯单宁酸生产中没食子酸残留量的应用[J]. 中国酿造, 2017(3): 156 - 159.
- [21] 郭永斌, 田苗, 王亚南, 等. 六种铜制剂对苹果树腐烂病菌抑制作用的持效期及影响因素[J]. 北方园艺, 2017(16): 61 - 67.
- [22] 郭延蕊, 梁晨, 李宝笃, 等. 氟吡菌胺对大白菜霜霉病的作用方式和持效期[J]. 农药, 2014, 53(5): 372 - 374.
- [23] 李金堂, 默书霞. 玉米灰斑病药剂防治持效期研究[J]. 中国植保导刊, 2013, 33(5): 55 - 56.
- [24] 杨晓. 天然产物 MCA 在植物病害防治中的生物活性及其作用机理的研究[D]. 淄博: 山东理工大学, 2009.

(责任编辑: 田 喆)

(上接 133 页)

- [10] SARJIT A, WANG Y, DYKES G A. Antimicrobial activity of gallic acid against thermophilic Campylobacter is strain specific and associated with a loss of calcium ions [J]. Food Microbiology, 2015, 46: 227 - 233.
- [11] 郑雪花, 杨君, 杨跃辉. 没食子酸药理作用的研究进展[J]. 中国医院药学杂志, 2017, 37(1): 94 - 98.
- [12] 滕李濛, 宋卓芮, 毕家豪, 等. 铜(II)-没食子酸配合物的抑菌活性研究[J]. 广东化工, 2018, 45(8): 54 - 55.
- [13] 谭平, 刘斯宇, 周太平, 等. 没食子酸衍生物的合成及抑菌活性研究[J]. 西华大学学报(自然科学版), 2018, 37(2): 108 - 112.
- [14] 常连举, 张宗和, 黄嘉玲, 等. 没食子酸的制备与应用综述[J]. 生物物质化学工程, 2007, 44(4): 48 - 52.
- [15] 李悦, 范腕腕, 袁高庆, 等. 3,4,5-三羟基苯甲酸甲酯的抑菌特性及其对番茄青枯病的田间防治作用[J]. 农药, 2014, 53(11): 845 - 848.
- [16] 乔桂双. 五种 Strobilurin 类杀菌剂对黄瓜霜霉病菌生物活性及其抗性风险[D]. 保定: 河北农业大学, 2009.
- [17] 李青, 张名位, 张瑞芬, 等. 5 种水稻品种谷壳中游离态和结合态

酚类物质含量及其抗氧化活性比较[J]. 中国农业科学, 2012, 45(6): 1150 - 1158.

- [18] 郭素一. 苯乙酸(α -Naphthylacetic acid)在番茄和水稻中的残留检测研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2008.
- [19] 吴雪钗, 于波涛, 侯艾林, 等. 没食子酸稳定性研究[J]. 西南国防医药, 2006, 16(5): 484 - 485.
- [20] 荆才, 罗志军, 胡鹏刚, 等. 反萃取降低高纯单宁酸生产中没食子酸残留量的应用[J]. 中国酿造, 2017(3): 156 - 159.
- [21] 郭永斌, 田苗, 王亚南, 等. 六种铜制剂对苹果树腐烂病菌抑制作用的持效期及影响因素[J]. 北方园艺, 2017(16): 61 - 67.
- [22] 郭延蕊, 梁晨, 李宝笃, 等. 氟吡菌胺对大白菜霜霉病的作用方式和持效期[J]. 农药, 2014, 53(5): 372 - 374.
- [23] 李金堂, 默书霞. 玉米灰斑病药剂防治持效期研究[J]. 中国植保导刊, 2013, 33(5): 55 - 56.
- [24] 杨晓. 天然产物 MCA 在植物病害防治中的生物活性及其作用机理的研究[D]. 淄博: 山东理工大学, 2009.

(责任编辑: 田 喆)