

DOI: 10.5846/stxb201709271750

张晓磊, 曾治高, 韦锦云, 滕丽微, 颜文博, 刘振生. 栖息地荒漠化对草原沙蜥食性的影响. 生态学报, 2018, 38(19): - .

Zhang X L, Zeng Z G, Wei J Y, Teng L W, Yan W B, Liu Z S. Effects of habitat desertification on the diet of *Phrynocephalus frontalis*. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(19): - .

栖息地荒漠化对草原沙蜥食性的影响

张晓磊^{1,2}, 曾治高², 韦锦云^{1,2}, 滕丽微^{1,4}, 颜文博³, 刘振生^{1,4,*}

1 东北林业大学野生动物资源学院, 哈尔滨 150040

2 中国科学院动物研究所动物生态与保护生物学重点实验室, 北京 100101

3 陕西理工大学陕西省资源生物重点实验室, 汉中 723001

4 国家林业局野生动物保护学重点实验室, 哈尔滨 150040

摘要: 栖息地退化会使环境中蜥蜴的可利用食物资源发生改变。采用剖胃法对内蒙古自治区鄂尔多斯市准格尔旗和达拉特旗地区采集的草原沙蜥样本进行了食性分析。对固定沙丘、半固定沙丘和流动沙丘三类样地中 77 个实胃样本的 652 只(套)食物进行鉴定和分析的结果表明, 这些食物主要为节肢动物, 分为 35 类, 隶属 3 纲 11 目 32 科; 也在少部分个体(4.69%)的胃容物中发现少量(1.95%)植物碎片。上述三类栖息地中, 草原沙蜥对蚁科、蚜科、瓢虫科、叶蝉科和茧蜂科昆虫均有较大的捕食比例; 但相比固定沙区栖息地, 草原沙蜥在半固定及流动沙丘中增减的食物种类均比较多, 导致草原沙蜥在流动沙区与其它两类样地之间有较大的食物相异性。从固定沙丘、半固定沙丘到流动沙丘, 随栖息地荒漠化程度的增加, 草原沙蜥捕食食物类群的丰富度逐步减少, 辛普森优势度指数相应地下降, 但营养生态位宽度、香农-威尔逊多样性指数和皮洛均匀性指数却在流动沙丘栖息地上明显增大。这表明鄂尔多斯地区的草原沙蜥是以捕食昆虫等节肢动物为主、兼食极少量植物的杂食性动物。栖息地荒漠化所致的环境变化显著地影响草原沙蜥的食物组成, 使其觅食的食物种类逐步减少。

关键词: 草原沙蜥; 食物组成; 栖息地; 荒漠化; 环境变化

Effects of habitat desertification on the diet of *Phrynocephalus frontalis*

ZHANG Xiaolei^{1,2}, ZENG Zhigao², WEI Jinyun^{1,2}, TENG Liwei^{1,4}, YAN Wenbo³, LIU Zhensheng^{1,4,*}

1 College of Wildlife Resources, Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

2 Key laboratory of Animal Ecology and Conservation Biology, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

3 Shaanxi Key Laboratory of Bio-Resources, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723001, China

4 Key Laboratory of Conservation Biology, State Forestry Administration, Harbin 150040, China

Abstract: Habitat degradation changes available food resources for lizards in their environment. We studied the diet of the toad-headed lizard (*Phrynocephalus frontalis*) through stomach content analysis. Lizards were collected in Jungar Banner and Dalad Banner in the Erdos region of Inner Mongolia, China. Experiments identified and analyzed 652 suits of food in 77 stomach samples from three fields including a fixed dune, semi-fixed dune, and mobile dune. Food primarily consisted of 35 groups of arthropods belonging to 3 classes, 11 orders, and 32 subjects. In addition, we also found a small amount of plant debris (1.95%) in the stomach contents of a few individuals (4.69%). Among the three dune habitats, *Formicidae* were the most important items in the diet, followed by *Aphididae*, *Coccinellidae*, *Cicadellidae*, and *Braconidae*. However, toad-headed lizards changed food preferences more frequently in the semi-fixed and mobile dunes compared to food in the fixed dune habitat, leading to a large food dissimilarity between the mobile dune and the other two habitats. With increasing

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31570526)

收稿日期: 2017-09-27; 网络出版日期: 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhenshengliu@163.net

desertification of habitats from the fixed dunes, semi-fixed dunes, and mobile dunes, the abundance of prey groups for toad-headed lizards is decreasing, and the Simpson's dominance index fell accordingly. However, the niche breadth, the Shannon-Weaver diversity index, and the Pielou's evenness index significantly increased in the mobile dune habitat. This result shows toad-headed lizard in the Erdos region is an omnivorous animal and mainly preys upon insects and eats a very small number of plants. Habitat desertification significantly affected food composition of the toad-headed lizard, and gradually reduced the type of foraged food.

Key Words: *Phrynocephalus frontalis*; food composition; habitat; desertification; environmental change

食物对于动物的发育、生殖以及地理分布都有非常重要的影响^[1]。食性研究是动物生活史中既传统又重要的研究领域,是研究生态系统中物质和能量流动的主要研究方法;对某物种食性的研究有助于了解其与环境中有机体的联系、取食策略以及在生物群落中的地位和作用^[2]。目前在蜥蜴食性分析方面已经取得不少研究成果^[3-13]。蜥蜴的食性受诸如形态、行为及栖息地选择等多种因素的影响^[3,12-13]。环境中捕食风险提高会使蜥蜴转向消费更小的猎物^[13]。栖息地退化也会使蜥蜴以及蜥蜴食物的物种丰富度和密度发生改变,食物网的结构随之受到影响^[14]。蜥蜴主要以节肢动物为食^[11,15-16]。当环境发生改变后,环境中可利用食物的种类和密度也会发生变化,最终会导致同种蜥蜴的食性在不同环境间出现差异^[17-19]。动物食性在不同环境间的差异扩大了其与环境的食物联系,减少环境变化对动物生存的负面影响,这对于增强物种适应新环境的能力具有重要意义^[20]。

草原沙蜥 (*Phrynocephalus frontalis*) 系隶属蜥蜴目 (Lacertiformes)、鬣蜥科 (Agamidae)、沙蜥属 (*Phrynocephalus*) 的爬行动物^[21]。目前,赵雪等调查过草原沙蜥秋季的食性^[22],刘睿研究过不同干扰下包括草原沙蜥在内的 3 种蜥蜴食物生态位及食物多样性的差异^[10],但这些研究并没有涉及环境变化对草原沙蜥食性的影响。为了探究草原沙蜥的食性是否会受环境变化的影响以及草原沙蜥的食性又是如何响应环境变化的,我们在内蒙古鄂尔多斯高原研究探讨了栖息地荒漠化对草原沙蜥食性的影响,期望能阐明不同程度的栖息地荒漠化条件下草原沙蜥对食物利用的差异。

1 材料与方法

1.1 自然概况

草原沙蜥主要分布在内蒙古自治区内的辽河平原、阴山南麓高平原、阴山北部锡林郭勒草原、东部鄂尔多斯草原、西部鄂尔多斯荒漠以及阴山北部乌兰察布荒漠地带^[23]。本研究用的草原沙蜥系于 2016 年 7—8 月期间在内蒙古自治区鄂尔多斯市准格尔旗和达拉特旗地区 (40°10'—25°N, 109°20'—111°08'E) 采集的。该地区生境属于典型的荒漠草原生态系统,海拔 1100 m 左右,总面积约 145 万 hm^2 ,我国第七大沙漠——库布齐沙漠就位于达拉特旗地区,沿黄河南岸分布。

1.2 实验动物采集

在野外遴选了固定沙丘 (植被盖度 > 50%)、半固定沙丘 (植被盖度 20%—40%) 和流动沙丘 (植被盖度 < 10%) 三类逐渐荒漠化的、相距 20—150 km 的草原沙蜥栖息样地进行本研究。每类样地中设置 12 条样线 (表 1),每条样线间隔距离大于 500 m,样线长度为 800—1000 m。蜥蜴个体的采集于 2016 年 7 月初至 8 月底进行,每条样线上采集的数目不超过 3 只,以尽量减少对种群发展的影响。蜥蜴的活动高峰期在每日 10:00—16:00,我们在此时间段收集各样地饱食的草原沙蜥进行食性分析。野外对捕捉到的草原沙蜥用乙醚麻醉致死,然后腹腔内注射 75% 乙醇以保存未被消化的食物,并把蜥蜴个体浸于 75% 乙醇保存液带回实验室备检。

1.3 食物鉴定

将带回实验室的草原沙蜥个体解剖取出整胃,借助放大镜和解剖镜鉴别胃内容物中的食物种类,统计各

种食物的数量^[24],从而获得动物种群短期的食性数据,以分析不同环境下草原沙蜥的食性变化。对于胃中半消化和不完整的动物种类,依照其残存的复眼、触角、口器、颚、附肢以及腹板等来鉴定。食物种类的分辨是参照《昆虫学》^[25]、《昆虫学分类学》^[26]、《中国昆虫生态大图鉴》^[27]等书目进行,同时咨询相关专业的专家对存疑的种类进行再鉴定。鉴定时一般以昆虫头部、翅、口器和附肢等较难消化的部分作为分类依据,故只能鉴定到科^[28]。食物计数标准主要是根据发现动物头的数目来确定;若无头,则按某一类器官或结套数计算,如蜂科的前翅、后翅各一对时,则计数为 1 只胡蜂。若少于一套算 1 只,多于一套而不足两套时算 2 只^[10]。

表 1 在研究区域所设置样线的起点坐标
Table 1 Starting point coordinates of line transects in the study area

样线 Line transect	固定沙丘 Fixed dune	半固定沙丘 Semi-fixed dune	流动沙丘 Mobile dune
1	40°12'01"N, 111°07'28"E	40°07'32"N, 111°01'06"E	40°17'35"N, 109°48'52"E
2	40°11'07"N, 111°05'32"E	40°07'45"N, 111°01'30"E	40°17'05"N, 109°49'00"E
3	40°11'43"N, 111°07'08"E	40°07'54"N, 111°01'40"E	40°16'47"N, 109°49'06"E
4	40°11'17"N, 111°06'02"E	40°08'05"N, 111°01'54"E	40°16'03"N, 109°48'57"E
5	40°11'51"N, 111°07'10"E	40°08'14"N, 111°02'09"E	40°15'38"N, 109°48'53"E
6	40°12'04"N, 111°07'42"E	40°08'22"N, 111°02'12"E	40°15'12"N, 109°48'42"E
7	40°12'15"N, 111°08'01"E	40°08'36"N, 111°02'30"E	40°14'47"N, 109°48'20"E
8	40°11'51"N, 111°07'36"E	40°08'42"N, 111°02'39"E	40°14'15"N, 109°48'02"E
9	40°11'55"N, 111°07'51"E	40°08'35"N, 111°02'42"E	40°13'34"N, 109°47'34"E
10	40°11'59"N, 111°08'06"E	40°08'38"N, 111°02'47"E	40°13'24"N, 109°47'38"E
11	40°11'59"N, 111°08'13"E	40°08'12"N, 111°02'11"E	40°13'15"N, 109°47'27"E
12	40°12'21"N, 111°07'55"E	40°08'04"N, 111°02'05"E	40°17'08"N, 109°49'06"E

1.4 数据处理与分析

通过对草原沙蜥胃内容物的分析鉴定,我们确定了本研究的非空胃个体数即实胃数,并进一步得到草原沙蜥的捕食率(实胃数/总胃数)。食性分析时计算了食物频次百分比($K_i = n_{1i}/N_{1i}$)和食物数量百分比($P_i = n_{2i}/N_{2i}$),式中 n_{1i} 和 n_{2i} 分别表示某类食物见于胃的频次和在胃内出现的个体数量, N_{1i} 和 N_{2i} 分别表示各食物类群见于胃的总频次和在胃内出现的总数量^[29]。我们通过列联表卡方检验比较了三类样地间草原沙蜥食物类群的差异性;也通过计算相异性指数(PD)分析了其差异程度, $PD = 1 - \sum (P_{\min})$, 其中 $P_{\min}$ 为样地间每一类食物的最低百分比^[20]。我们还分析计算了各样地的草原沙蜥食物的营养生态位宽度(TNB)、食物类型丰富度指数(R , 即总食物类群数 S)、香农威纳(Shannon-Weaver)多样性指数(H')、辛普森(Simpson)优势度指数(D)和皮洛(Pielou)均匀性指数(E), 其中 $TNB = 1/\sum (P_i)^2$ ^[30-31], $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ^[32], $D = \sum (P_i)^2$ ^[33], $E = H'/\ln S$ ^[34]。

2 结果与分析

在 3 类样地中共捕获 77 只成体草原沙蜥(固定沙丘 29 个、半固定沙丘 28 个、流动沙丘 20 个),进而解剖得到 77 个实胃样本,草原沙蜥的摄食率为 100%。从 77 个胃的内容物中共鉴定出草原沙蜥捕食的 652 只(套)节肢动物,分 35 类,隶属 3 纲 11 目 32 科(表 2);同时在部分(4.69%)个体的胃容物中发现少量(1.95%)植物碎片,但被初步消化后已难鉴定物种。草原沙蜥捕食的食物主要是昆虫纲(Insecta)动物(93.59%),也有少部分(3.91%)蛛形纲(Arachnoidea)动物(表 2)。这些食物中,膜翅目(Hymenoptera)、鞘翅目(Coleoptera)和半翅目(Hemiptera)昆虫见于胃的频次百分比和被捕食数量的比例均较高,分别为 81.96%和 89.62%。最常见被捕食的是膜翅目蚁科(Formicidae)昆虫,食物频次百分比和食物数量百分比分别为 21.30%和 45.11%。其它被捕食数量比例较高的食物有半翅目蚜科(Aphididae;10.53%)和叶蝉科(Cicadellidae;6.47%)昆虫、鞘

翅目瓢虫科 (Coccinellidae; 7.82%) 昆虫和鞘翅目幼虫 (Coleoptera larvae; 3.76%)、膜翅目茧蜂科 (Braconidae; 3.16%) 昆虫等 (表 2)。

表 2 草原沙蜥胃内容物组成

Table 2 The composition of food items in stomach of *Phrynocephalus frontalis*

食物类型 Food type		所有样本 All samples (<i>n</i> = 77)				固定沙丘 Fixed dune (<i>n</i> = 28)		半固定沙丘 Semi-fixed dune (<i>n</i> = 29)		流动沙丘 Mobile dune (<i>n</i> = 20)	
		<i>n</i> _{1i}	<i>K</i> _i /%	<i>n</i> _{2i}	<i>P</i> _i /%	<i>n</i> _{2i}	<i>P</i> _i /%	<i>n</i> _{2i}	<i>P</i> _i /%	<i>n</i> _{2i}	<i>P</i> _i /%
昆虫纲 Insecta											
鞘翅目 Coleoptera	幼虫 Larvae	17	6.14	25	3.76	14	4.03	8	4.3	3	2.27
	金龟科 Scarabaeoidea	3	1.08	4	0.6			1	0.54	3	2.27
	瓢甲科 Coccinellidae	29	10.47	52	7.82	30	8.65	7	3.76	15	11.36
	叶甲科 Chrysomelidae	2	0.72	2	0.3	1	0.29			1	0.76
	步甲科 Caraboidea	2	0.72	2	0.3			1	0.54	1	0.76
	拟步甲科 Tenebrionoidea	2	0.72	2	0.3					2	1.52
	虎甲科 Cicindelidae	3	1.08	3	0.45					3	2.27
	象甲科 Curculionoidea	6	2.17	6	0.9	4	1.15	1	0.54	1	0.76
	合计 Sum	64	23.1	96	14.43	49	14.12	18	9.68	29	21.97
膜翅目 Hymenoptera	蚁科 Formicidae	59	21.3	300	45.11	153	44.09	101	54.3	46	34.85
	小蜂总科 Chalcidoidea	7	2.53	11	1.66	6	1.73	3	1.61	2	1.52
	蚜茧蜂科 Aphidiidae	1	0.36	1	0.15	1	0.29				
	茧蜂科 Braconidae	18	6.5	21	3.16	10	2.88	7	3.76	4	3.03
	姬蜂科 Ichneumonidae	4	1.45	5	0.75	4	1.15	1	0.54		
	切叶蜂科 Megachilidae	9	3.25	9	1.35	2	0.58	1	0.54	6	4.55
	胡蜂科 Vespidae	2	0.72	2	0.3	1	0.29			1	0.76
	蜜蜂科 Apidae	1	0.36	1	0.15			1	0.54		
	合计 Sum	101	36.47	350	52.63	177	51.01	114	61.29	59	44.71
半翅目 Hemiptera	幼虫 Larvae	6	2.17	13	1.95	8	2.31	2	1.08	3	2.27
	网蝽科 Tingitidae	4	1.45	5	0.75	3	0.86	1	0.54	1	0.76
	盲蝽科 Miridae	8	2.89	16	2.41	9	2.59	4	2.15	3	2.27
	花蝽科 Anthocoridae	2	0.72	2	0.3	1	0.29	1	0.54		
	蚜科 Aphididae	21	7.58	70	10.53	43	12.39	17	9.14	10	7.58
	叶蝉科 Cicadellidae	20	7.22	43	6.47	21	6.05	10	5.38	12	9.09
	蜡蝉科 Fulgoridae	1	0.36	1	0.15			1	0.54		
	合计 Sum	62	22.39	150	22.56	85	24.49	36	19.37	29	21.97
双翅目 Diptera	食蚜蝇科 Syrphidae	3	1.08	3	0.45	1	0.29	2	1.08		
	丽蝇科 Calliphoridae	3	1.08	3	0.45	1	0.29			2	1.52
	长足虻科 Dolichopodidae	1	0.36	1	0.15	1	0.29				
	蝇科 Muscidae	1	0.36	1	0.15	1	0.29				
	合计 Sum	8	2.89	8	1.2	4	1.15	2	1.08	2	1.52
脉翅目 Neuroptera	蚁蛉科 Myrmeleontidae	4	1.45	5	0.75			1	0.54	4	3.03
	草蛉科 Chrysopidae	2	0.72	2	0.3	1	0.29			1	0.76
	合计 Sum	6	2.17	7	1.05	1	0.29	1	0.54	5	3.79
鳞翅目 Lepidoptera	幼虫 Larvae	3	1.08	3	0.45	2	0.58	1	0.54		
	粉蝶科 Pieridae	1	0.36	1	0.15			1	0.54		
	合计 Sum	4	1.44	4	0.6	2	0.58	2	1.08		
缨翅目 Thysanoptera	蓟马科 Thripidae	2	0.72	7	1.05	7	2.02				
内口纲 Entognatha											
弹尾目 Collembola	跳虫科 Poduridae	3	1.08	4	0.6	3	0.86	1	0.54		

续表

食物类型 Food type	所有样本 All samples (<i>n</i> = 77)				固定沙丘 Fixed dune (<i>n</i> = 28)		半固定沙丘 Semi-fixed dune (<i>n</i> = 29)		流动沙丘 Mobile dune (<i>n</i> = 20)	
	<i>n</i> _{1i}	<i>K</i> _i /%	<i>n</i> _{2i}	<i>P</i> _i /%	<i>n</i> _{2i}	<i>P</i> _i /%	<i>n</i> _{2i}	<i>P</i> _i /%	<i>n</i> _{2i}	<i>P</i> _i /%
蛛形纲 Arachnida										
蜘蛛目 Araneae	10	3.61	18	2.71	11	3.17	6	3.23	1	0.76
蜱螨目 Acarina	4	1.45	8	1.2	6	1.73	2	1.08		
所有节肢动物 All arthropods	264	95.31	652	98.05	345	99.42	182	97.85	125	94.7
植物碎片 Plant debris	13	4.69	13	1.95	2	0.58	4	2.15	7	5.3
物种丰富度指数(<i>R</i>)					28		26		23	
香农威纳多样性指数(<i>H'</i>)					4.0329		3.9111		4.1049	
辛普森优势度指数(<i>D</i>)					0.0945		0.1085		0.0733	
皮洛均匀性指数(<i>E</i>)					0.8389		0.8321		0.8953	
营养生态位宽度(TNB)					10.584		9.2186		13.6421	

*n*_{1i}: 食物见于胃的频次, Frequency of stomach having a food item; *K*_i: 食物频次百分比, Percentage of food frequency; *n*_{2i}: 食物数量, Food number; *P*_i: 食物数量百分比, Percentage of food number; *R*: 物种丰富度指数, Species richness; *H'*: 香农威纳多样性指数, Shannon-Weaver diversity index; *D*: 辛普森优势度指数, Simpson's dominance index; *E*: 皮洛均匀性指数, Pielou's evenness index; TNB: 营养生态位宽度, Trophic niche breadth

草原沙蜥的食物随栖息环境的改变而变化。它在固定沙丘、半固定沙丘和流动沙丘 3 类样地中均主要捕食昆虫纲动物(93.04%—93.96%),也捕食蛛形纲动物(0.76%—4.90%)及采食少量植物(0.58%—5.30%;表 2)。但是记录到它这 3 类样地中的食物种类逐步减少,分别有 28、26 和 23 类。所捕食的节肢动物在这 3 类样地之间有明显不同($\chi^2 = 114.78$, $df = 68$, $P < 0.0001$)。虽然蚁科昆虫都是这 3 类样地中捕食数量百分比最大的类群(34.85%—54.30%),蚜科、瓢虫科、叶蝉科、鞘翅目幼虫和茧蜂科昆虫也在这 3 类样地中有较大的捕食比例(2.27%—12.39%),但在半固定沙丘和流动沙丘样地中新增捕食金龟科昆虫(比例分别为 0.54% 和 2.27%),流动沙丘样地中还新增较大比例捕食切叶蜂科(4.55%)和蚁蛉科(3.03%)昆虫(表 2)。此外,与固定沙丘样地相比较,半固定沙丘样地的草原沙蜥已不见捕食叶甲科等 8 类昆虫,但新增捕食金龟科等 6 类昆虫(表 2);流动沙丘样地的草原沙蜥已不见捕食蚜茧蜂科等 10 类节肢动物,但新增捕食金龟科等 5 类昆虫(表 2),且其中的金龟科、虎甲科和蚁蛉科的食物数量百分比还较大(分别为 2.27%、2.27% 和 3.03%;表 2)。可见,三类样地之间草原沙蜥胃内食物构成具有明显差异。虽然固定沙丘样地(ZS)与半固定沙丘(BS)之间的食物相异性指数较小($PD_{ZS-Bs} = 17.25$),但流动沙丘(LS)与固定沙丘样地以及半固定沙丘之间的食物差异较大($PD_{ZS-LS} = 27.08$, $PD_{BS-LS} = 32.26$),说明不同样地间草原沙蜥取食的食物种类存在一定的差异,这种食物差异在流动沙丘与另外两类样地之间更为明显。

分析营养生态位宽度及各种食物多样性指数发现,从固定沙丘、半固定沙丘到流动沙丘,随栖息地的荒漠化,草原沙蜥捕食食物类群的丰富度在逐步减少,但营养生态位宽度、香农威纳多样性指数和皮洛均匀性指数却在流动沙丘栖息地得到明显增大,而优势度指数相应地下降(表 2)。

3 讨论

本研究结果表明,草原沙蜥是以捕食昆虫等节肢动物为主、兼食极少量植物的杂食性动物。此前对草原沙蜥食性的研究也得到类似的结果,但各自所揭示出的草原沙蜥食物组成并不一样^[22,28]。毕俊怀等发现内蒙古鄂尔多斯地区草原沙蜥胃中的节肢动物主要是虎甲科、象甲科、金龟子科、茧蜂科、蚜科和蚁科等昆虫及蜘蛛目动物^[28]。而本研究中草原沙蜥最常见捕食蚁科、蚜科、叶蝉科、瓢虫科和茧蜂科等昆虫及蜘蛛目动物。我们发现草原沙蜥捕食 3 纲 11 目 32 科的节肢动物,这些食物类型要比之前的研究结果更丰富^[22,28]。所发现的鞘翅目虎甲科和脉翅目草蛉科的昆虫,是此前没有记录到的;而此前研究记录到草原沙蜥采食的螟蛾科、蝗科、叶蜂科、吉丁科、蠹科、寄蝇科和异蝽科的昆虫也没有在本研究中见到^[10,22,28]。这些草原沙蜥的食性差

异,应该与所在研究地区的环境差异相关,说明了草原沙蜥栖息环境的食物资源对其食物组成有影响。荒漠沙蜥(*Phrynocephalus przewalskii*)是草原沙蜥的近缘物种^[35],比较它们的食物组成发现,荒漠沙蜥也是以半翅目、膜翅目和鞘翅目昆虫等节肢动物为主要食物^[8]。主要捕食昆虫等节肢动物是蜥蜴类动物的共同食性特征^[11,16,19,24]。

研究结果也表明,因栖息地荒漠化所致的环境变化的确影响草原沙蜥的食物组成。动物的食物组成往往与食物资源的分布、丰富度及可获得性相关^[36-37],可利用食物资源的减少是蜥蜴食性发生变化的主要因素之一^[17,19]。本研究选择的3类样地,从固定沙区、半固定沙区到流动沙区,蜥蜴栖息地的荒漠化程度在逐步加剧。蜥蜴的栖息地退化会导致其可利用食物资源的减少^[38]。本研究中,草原沙蜥的可利用食物资源也在随其栖息地荒漠化程度的增加而逐渐减少(未发表数据);结果是草原沙蜥在三类不同植被盖度的栖息地中所觅食的食物种类逐步减少,食物组成也产生了明显差异(表2)。三类栖息地中,草原沙蜥对蚁科、蚜科、瓢虫科、叶蝉科和茧蜂科昆虫都有较大的捕食比例;但在半固定样地中沙蜥则扩大了取食范围,新增加了金龟科和步甲科作为食物;而流动沙丘中,由于食物的匮乏,草原沙蜥食物种类又进一步增加了拟步甲科及虎甲科这类外壳坚硬、不易捕食且需要更多处理时间的食物;半固定沙丘和流动沙丘草原沙蜥胃内还发现了固定沙区样地中未出现过的蚁蛉科昆虫。此外,许多在固定沙丘、半固定沙丘样地中被取食的节肢动物也不见于流动沙区草原沙蜥的食谱中(表2),这造成了草原沙蜥在流动沙区与其它两类样地之间有较大的食物相异性。以上结果表明,草原沙蜥会通过改变食物组成的方式应对栖息地荒漠化后食物资源贫乏的环境。栖息地改变会引起荒漠蜥蜴营养生态位漂移,有的物种如墨西哥鞭尾蜥蜴(*Aspidoscelis inornata*)不仅在形态上而且在食性上存在显著的栖息地间差异^[39]。当环境发生变化时,动物会选择对应的取食策略以获得充足的食物来提高物种的生存能力^[13,20,36,39,40]。

栖息地荒漠化促使草原沙蜥食物类群的丰富度逐步减少,而相比固定样地和半固定样地,草原沙蜥食物的香农威纳多样性指数和营养生态位宽度在流动沙丘样地上明显增大(表2)。食物多样性指数和营养生态位宽度体现了繁殖种群食物的丰富程度及其对食物资源利用情况^[41]。食物多样性指数和营养生态位宽度呈正相关,多样性指数越高,摄食种类相对越多,越均匀,营养生态位越宽,摄食越广泛。栖息地环境的变化造成了可利用食物资源减少,但草原沙蜥通过取食尽可能多的昆虫种类来扩大取食范围及生态位宽度,以在面对不良环境时能够获得足够的营养和食物。可见,栖息地荒漠化条件下草原沙蜥具有较强的应对食物资源贫乏的环境的能力。这对提高蜥蜴的生存能力和扩大分布范围具有重要作用^[19,20,41]。

总之,草原沙蜥在各类栖息地中都对蚁科、蚜科、瓢虫科、叶蝉科和茧蜂科昆虫有较大的捕食比例,是以捕食昆虫等节肢动物为主、兼食极少量植物的杂食性动物。栖息地荒漠化明显地影响草原沙蜥的食物组成。从固定沙丘、半固定沙丘到流动沙丘,栖息地荒漠化使草原沙蜥食物类群的丰富度逐步减少,食物组成及多样性也出现明显变化;相比固定沙区栖息地,草原沙蜥在半固定及流动沙丘中增减的食物种类均比较多,在流动沙丘栖息地上的营养生态位宽度、香农威纳多样性指数和皮洛均匀性指数均明显增大。此结果表明,草原沙蜥会改变食物组成以应对栖息地荒漠化后贫乏的食物资源环境。

参考文献(References):

- [1] Al-Shareef A-al-D, Saber S A. Ecological studies of *Chalcides ocellatus* (Forsk., 1775) and *Hemidactylus turcicus* (Linnaeus, 1758) from Egypt with special reference to helminthic parasites. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*, 1995, 25(1): 145-156.
- [2] Germano D J, Smith P T, Tabor S P. Food habits of the blunt-nosed leopard lizard (*Gambelia sila*). *The Southwestern Naturalist*, 2007, 52(2): 318-323.
- [3] Verwaijen D, Van Damme R, Herrel A. Relationships between head size, bite force, prey handling efficiency and diet in two sympatric lacertid lizards. *Functional Ecology*, 2002, 16(6): 842-850.
- [4] Rocha C F D, Vrcibradic D, Van Sluys M. Diet of the lizard *Mabuya agilis* (Sauria; Scincidae) in an insular habitat (Ilha Grande, RJ, Brazil). *Brazilian Journal of Biology*, 2004, 64(1): 135-139.
- [5] 赵文阁,董丙君,刘鹏,刘志涛. 胎生蜥蜴的捕食行为及其食性分析. *生态学杂志*, 2006, 25(12): 1520-1523.
- [6] 刘洋,王舒娅,时磊. 年龄和性别因素对奇台沙蜥食性的影响. *动物学杂志*, 2011, 46(6): 111-117.

- [7] Kraus F, Preston D. Diet of the invasive lizard *Chamaeleo jacksonii* (Squamata: Chamaeleonidae) at a wet-forest site in Hawai'i. *Pacific Science*, 2012, 66(3): 397-404.
- [8] 施丽敏, 赵伟, 李佳琦, 王莹, 丁未, 房峰杰, 刘迺发. 荒漠沙蜥食物的两性差异. *四川动物*, 2013, 32(1): 68-72.
- [9] Li C W, Lian X, Tang S H, Bi J H, Jiang Z G. Diet, food intake of *Phrynocephalus frontalis* (Agamidae) and its potential role in desert habitat. *Asian Herpetological Research*, 2013, 4(4): 248-253.
- [10] 刘睿. 不同干扰下三种蜥蜴食性及营养生态位研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古师范大学, 2015.
- [11] Dorigo T A, Maia-Carneiro T, Almeida-Gomes M, Siqueira C C, Vrcibradic D, Van Sluys M, Rocha C F D. Diet and helminths of *Enyalius brasiliensis* (Lacertilia, Iguania, Leiosauridae) in an Atlantic Rainforest remnant in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 2014, 74(1): 199-204.
- [12] Sales R F D, Ribeiro L B, Jorge J S, Freire E M X. Feeding habits and predator-prey size relationships in the whiptail lizard *Cnemidophorus ocellifer* (Teiidae) in the semiarid region of Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 2012, 7(2): 149-156.
- [13] Hawlena D, Pérez-Mellado V. Change your diet or die: predator-induced shifts in insectivorous lizard feeding ecology. *Oecologia*, 2009, 161(2): 411-419.
- [14] Zeng Z G, Bi J H, Li S R, Chen S Y, Pike D A, Gao Y, Du W G. Effects of habitat alteration on lizard community and food web structure in a desert steppe ecosystem. *Biological Conservation*, 2014, 179: 86-92.
- [15] 宋志明, 赵肯堂. 草原沙蜥和密点麻蜥的食性研究. *两栖爬行动物学报*, 1983, 2(4): 7-12.
- [16] Pianka E R. *Ecology and Natural History of Desert Lizards: Analyses of the Ecological Niche and Community Structure*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1986.
- [17] Andrews R M. Evolution of life histories: a comparison of *Anolis* lizards from matched island and mainland habitats. *Breviora Museum of Comparative Zoology*, 1979, 454: 1-51.
- [18] Donihue C M. Aegean wall lizards switch foraging modes, diet, and morphology in a human-built environment. *Ecology and Evolution*, 2016, 6(20): 7433-7442.
- [19] Hernández-Salinas U, Ramírez-Bautista A, Cruz-Elizalde R. Variation in feeding habits of the arboreal lizard *Anolis nebulosus* (Squamata: Dactyloidae) from island and mainland populations in Mexican Pacific. *Copeia*, 2016, 104(4): 831-837.
- [20] 牛翠娟, 娄安如, 孙儒泳, 李庆芬. 基础生态学(第二版). 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [21] 刘迺发, 金园庭, 杨萌. 中国的沙蜥. *生物学通报*, 2008, 43(11): 1-3.
- [22] 赵雪, 毕俊怀, 刘睿, 何志超, 陈绍勇. 草原沙蜥秋季食性分析. *动物学杂志*, 2013, 48(3): 321-330.
- [23] 赵肯堂. 内蒙古自治区爬行动物区系与地理区划. *四川动物*, 2002, 21(3): 118-122.
- [24] 林植华, 计翔. 浙江丽水中国石龙子的食性、两性异形和雌性繁殖. *生态学报*, 2000, 20(2): 304-310.
- [25] 南开大学, 中山大学, 北京大学, 四川大学, 复旦大学. *昆虫学(上册)*. 北京: 人民教育出版社, 1980: 106-140.
- [26] 蔡邦华. *昆虫分类学*. 北京: 科学出版社, 1973.
- [27] 张巍巍, 李元胜. *中国昆虫生态大图鉴*. 重庆: 重庆大学出版社, 2011.
- [28] 毕俊怀, 李建军, 苏兆龙. 内蒙古三种蜥蜴的食性研究//李德俊. *两栖爬行动物学研究*(6-7). 贵州: 贵州科技出版社, 1997: 123-127.
- [29] 梁中宇, 刘良材, 吴其荣. 秋收时几种稻田蛙胃内容物的初步分析. *动物学杂志*, 1958, 2(4): 220-229.
- [30] Colwell R K, Futuyma D J. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology*, 1971, 52(4): 567-576.
- [31] Teixeira-Filho P F, Rocha C F, Ribas S C. Relative feeding specialization may depress ontogenetic, seasonal, and sexual variations in diet: the endemic lizard *cnemidophorus littoralis* (Teiidae). *Brazilian Journal of Biology*, 2003, 63(2): 321-328.
- [32] Shannon C E, Weaver W. *The Mathematical Theory of Communication*. Urbana, USA: University of Illinois Press, 1949.
- [33] Magurran A E. *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton, New Jersey, USA: Princeton University Press, 1988.
- [34] Pielou E C. *Ecological Diversity*. New York, USA: Wiley, 1975.
- [35] Gozdzik A, Fu J Z. Are toad-headed lizards *Phrynocephalus przewalskii* and *P. frontalis* (Family Agamidae) the same species? Defining species boundaries with morphological and molecular data. *Russian Journal of Herpetology*, 2009, 16(2): 107-118.
- [36] Rodríguez A, Nogales M, Rumeu B, Rodríguez B. Temporal and spatial variation in the diet of the endemic lizard *Gallotia galloti* in an insular Mediterranean scrubland. *Journal of Herpetology*, 2008, 42(2): 213-222.
- [37] 颜文博, 张洪海, 杨红军, 窦华山, 沈秀清. 内蒙古达赉湖自然保护区狼食性的季节性变化. *动物学杂志*, 2006, 41(5): 46-51.
- [38] Zeng Z G, Bi J H, Li S R, Wang Y, Robbins T R, Chen S Y, Du W G. Habitat alteration influences a desert steppe lizard community: implications of species-specific preferences and performance. *Herpetological Monographs*, 2016, 30(1): 34-48.
- [39] Des Roches S, Harmon L J, Rosenblum E B. Colonization of a novel depauperate habitat leads to trophic niche shifts in three desert lizard species. *Oikos*, 2016, 125(3): 343-353.
- [40] Toft C A. Resource partitioning in amphibians and reptiles. *Copeia*, 1985, 1985(1): 1-21.
- [41] 刘迺发, 李仁德. 三种荒漠蜥蜴空间和营养生态位研究. *生态学报*, 1995, 15(1): 48-53.