

DOI: 10.5846/stxb202005191278

黄萍,符强,习靓靓,孙怡洁,肖曼,李子豪,邵毅贞,袁志良,叶永忠,王婷,陈云.河南黄河中游湿地维管植物与哺乳动物物种组成和分布特征.生态学报,2021,41(17):6854-6861.

Huang P, Fu Q, Xi J J, Sun Y J, Xiao M, Li Z H, Shao Y Z, Yuan Z L, Ye Y Z, Wang T, Chen Y. Vascular plant and mammal species composition and distribution of wetland in the middle reaches of the Yellow River in He'nan Province. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(17): 6854-6861.

河南黄河中游湿地维管植物与哺乳动物物种组成和分布特征

黄萍¹, 符强^{2,3}, 习靓靓², 孙怡洁³, 肖曼², 李子豪², 邵毅贞², 袁志良^{2,4}, 叶永忠², 王婷³, 陈云^{2,4,*}

1 河南农业职业学院, 郑州 451450

2 河南农业大学生命科学学院, 郑州 450002

3 河南南农业大学林学院, 郑州 450002

4 河南省伏牛山南北过渡带森林生态系统野外科学观测研究站, 郑州 450002

摘要:河南黄河湿地位于黄河中下游,由西向东随地势变化,动植物物种组成及多样性变化复杂。于 2011 年至 2015 年对三门峡市、洛阳市以及焦作市的黄河湿地保护区维管植物和哺乳动物进行了全面调查,比较分析了三个区域间动植物多样性的差异,采用非趋势对应分析和聚类分析对物种组成数据进行排序和分类,结果显示:(1)三门峡、洛阳和焦作黄河湿地维管植物分别有 130 科、493 属、1128 种及变种,128 科、470 属、1049 种及变种,90 科、290 属、542 种及变种;三门峡黄河湿地哺乳动物有 6 目、15 科、48 种,洛阳黄河湿地哺乳动物有 7 目、18 科、61 种,焦作黄河湿地哺乳动物有 6 目、11 科、34 种;(2)从三门峡黄河湿地经洛阳黄河湿地再到焦作黄河湿地,维管植物多样性降低;(3)三门峡黄河湿地维管植物多样性和哺乳动物多样性与洛阳黄河湿地差异不显著,与焦作黄河湿地差异显著。研究结果丰富了河南黄河湿地保护区植物和动物多样性研究资料,同时也为保护区的保护管理和科研监测提供参考。

关键词:生境异质性;物种多样性;黄河湿地;物种保护

Vascular plant and mammal species composition and distribution of wetland in the middle reaches of the Yellow River in He'nan Province

HUANG Ping¹, FU Qiang^{2,3}, XI Jingjing², SUN Yijie³, XIAO Man², LI Zihao², SHAO Yizhen², YUAN Zhiliang^{2,4}, YE Yongzhong², WANG Ting³, CHEN Yun^{2,4,*}

1 He'nan Vocational College of Agriculture, Zhengzhou 451450, China

2 College of Life Sciences, He'nan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

3 College of Forestry, He'nan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China

4 Field Scientific Observation and Research Station of Transitional Zone of South and North in the Funiu Mountains in He'nan, Zhengzhou 450002, China

Abstract: The Yellow River Wetland in He'nan Province is located in the middle and lower reaches of the Yellow River and plays an important role in watershed ecological security. From west to east with the change of topography, plant and animal species composition and diversity changes complex. From 2011 to 2015, a comprehensive survey of vascular plants

基金项目:河南省自然资源厅科技攻关项目(豫财招标采购-2021-178-9);河南省自然科学基金青年基金(21230040153);河南省林业科学研究院基本科研业务费(2021JB02014);河南南太行山水林田湖草生态保护修复试点工程(济源项目)(JGZJ-采-2019125)

收稿日期:2020-05-19; 网络出版日期:2021-06-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: cyecology@163.com

and mammals in the Yellow River Wetland Reserve in Sanmenxia, Luoyang and Jiaozuo was conducted to compare and analyze the differences of plant and animal diversity among the three regions. Detrended Correspondence Analysis (DCA) analysis and cluster analysis were used to sort and classify the species composition data. Results showed that: (1) there were 130 families, 493 genera and 1128 species of plants and 6 orders, 15 families and 48 species of mammals in Sanmenxia Yellow River Wetland; there were 128 families, 470 genera, 1049 species of vascular plants and 7 orders, 18 families and 61 species of mammals in Luoyang Yellow River wetland; and there were 90 families, 290 genera, 542 species of plants and 6 orders, 11 families and 34 species of mammals in Jiaozuo Yellow River wetland. (2) The diversity of vascular plants decreased from Sanmenxia Yellow River Wetland to Luoyang Yellow River Wetland to Jiaozuo Yellow River Wetland. (3) The vascular plant diversity and mammals diversity of the Yellow River Wetland in Sanmenxia were not significantly different from Luoyang Yellow River Wetland, but were significantly different from Jiaozuo Yellow River Wetland. The results enrich the research data of plant and animal diversity in the Yellow River Wetland Reserve in He'nan Province, and provide a basis for the conservation management and scientific research monitoring of the reserve.

Key Words: habitat heterogeneity; diversity of species; Yellow River Wetland; species protection

湿地生态系统是全球三大生态系统之一,具有较高的生态多样性、物种多样性和生物生产力^[1-5]。研究湿地动植物群落的多样性和组成对于湿地生态的保护具有重要作用和意义^[6-8]。

黄河河滨湿地的生物种类极其丰富,在我国整体的生态系统的保护中起着重要作用。全球气候变化和人类干扰等因素直接导致了黄河湿地的面积锐减,影响了湿地物种多样性和湿地生态系统的稳定^[9-10]。探究黄河河滨湿地动植物物种组成及空间分布特征对生物多样性保护策略的制定及生态系统的修复具有重要意义,也是实现黄河流域生态保护和高质量发展的基础。

黄河湿地生物多样性变化一直是生态学家关注的热点问题。孙海群等^[11]研究发现三江源湿地的高寒环境对植被具有重要影响;刘凯等^[12]研究发现土壤全氮含量和 pH 值是影响湿地植被分布的主要因素;张天举等^[13]研究发现黄河三角洲湿地植物群落分布与土壤盐分显著相关;徐洋以及罗先香等^[14-15]研究发现黄河口植被分布格局主要受地貌特征和水文环境的影响。黄河出陕西潼关进入河南省,横贯三门峡、洛阳、焦作、郑州、新乡、开封、濮阳等市。黄河河南段河滨湿地作为沿黄河湿地的重要组成部分,具有典型的研究价值。针对河南沿黄湿地的研究,主要有黄河湿地格局的变化^[16]、黄河湿地生态环境状况^[17-18]、黄河下游林业发展的对策^[19]局部湿地植被多样性^[20]等。有关河南黄河中游河滨湿地动植物组成以及空间分布特征还不明确。

本文基于河南黄河中游三门峡湿地保护区、洛阳湿地保护区、焦作湿地保护区,对湿地维管植物、哺乳动物群落及其物种多样性进行研究,旨在探究河南黄河中游湿地动植物物种组成和空间分布特征。希望本研究对黄河沿岸湿地珍稀动植物保护、湿地资源保护和恢复、湿地生物多样性保护提供基础数据和参考。

1 研究区域概况

黄河自三门峡进入河南,经洛阳到焦作,再经郑州桃花峪进入黄河下游。黄河中游河南段气候以暖温带大陆性季风气候为主,由于地貌特征复杂,形成了具有暖温带、温带和寒温带的多元气候。

河南三门峡黄河湿地保护区地处中纬度内陆区,坐标在 34°33'59"—35°05'01" N, 110°21'49"—112°48'15" E 之间^[21],面积 28500 hm²。20 世纪过渡的开发与围垦、污染加剧、湿地植被遭到破坏,湿地面积锐减、生物多样性衰退,湿地动植物种类数量明显减少^[22]。目前保护区已被列入中国重要湿地名录,是国家重点保护的湿地资源。该区湿地类型主要有永久性河流湿地、洪泛平原湿地、草本沼泽湿地、蓄水区湿地。保护区内物种繁多,生态系统类型多样,具有重要的生态学价值。

河南洛阳黄河湿地保护区地理坐标介于 34°47'34"—35°04'16" N, 111°57'53"—112°48'16" E 之间,面积 24000 hm²。位于亚热带和温带的过度地带,季风环流影响明显^[23]。此前,由于中上游地区大量取水,曾致使

黄河多次断流,过度采伐导致森林大面积减少,小浪底水利枢纽工程的兴建有效改善了当地生态环境与水热条件,保护区年平均降水量 700—1100 mm,年日照 2083—2246 h,年平均气温 12.1—27.3 °C,孕育了丰富的湿地资源和多样的生态环境。该区湿地类型主要有永久性河流湿地、洪泛平原湿地、蓄水区湿地、运河、输水河湿地、淡水养殖鱼塘。

河南焦作黄河湿地保护区地理坐标在 34°48′46″—35°00′18″ N, 112°37′42″—113°28′48″ E 之间,面积 14086 hm²。保护区地处黄沁河冲洪扇边缘,属于太行山南麓的褶皱斜坡与黄沁河冲积扇接触垫带的凹地平原,可细分为洪积冲积平原、沙丘及丘间沙地、河漫地、岗地、洼地五种微地貌类型^[24]。由于近年土地资源紧缺,黄河滩区开发形式多样,使本区典型黄河湿地植被及湿地野生动物栖息地受到了一定程度的破坏。该区湿地类型主要有永久性河流湿地、洪泛平原湿、运河、输水河湿地、淡水养殖鱼塘。丰富多样的微地貌变化,适宜湿地草甸、浮水植物,水生植物等生态植被的生长发育。

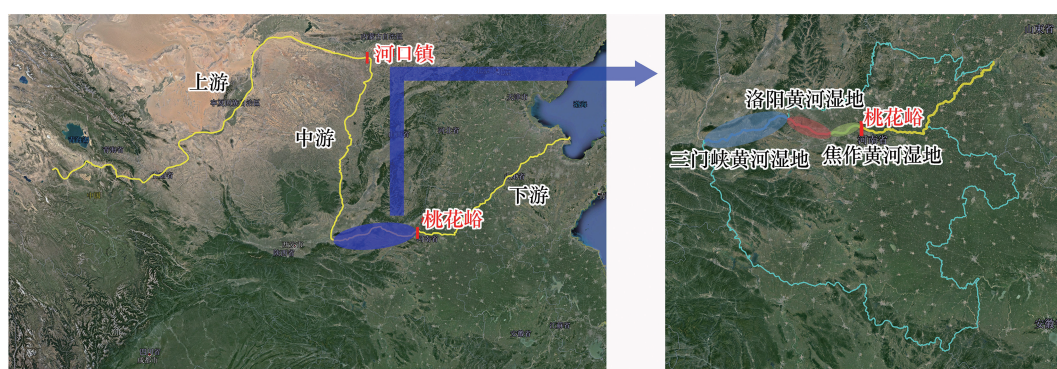


图1 研究区域地理位置

Fig.1 Location of the study area

2 材料与方法

2.1 数据采集

于 2011 年至 2015 年,采用样线和样方相结合的方法对该区域湿地维管植物、哺乳动物进行了系统的调查。

(1)线路调查:沿黄河两岸分嫩滩、老滩和保护区边界三条线自西向东调查,调查沿线的植被类型、优势植物种类,对国家、省级野生保护植物进行记录、测量和拍照,记录调查区的植被现状^[25]。

(2)样方调查:在线路调查的基础上,根据不同地段上分布的群落类型设置不同的样方。共设置调查样方 240 个(其中三门峡保护区 96 个,洛阳保护区 84 个,焦作保护区 60 个);乔木调查样方为 10 m×10 m,灌木调查样方为 5 m×5 m,高度超过 100 cm 的草本样方面积为 2 m×2 m,高度在 100 cm 以下草本样方面积为 1 m×1 m^[26]。

对大、中型兽类的调查主要采用路线法进行。根据大、中型兽类喜于早、晚活动,在早晨和傍晚利用交通工具进行驱车调查,观察公路沿线及小径上的兽类实体。其次,通过望远镜观察大湖泊附近兽类实体,发现国家 I、II 级重点保护动物时,用 GPS 进行定位;对部分大中型兽类还采用访问法。两次调查发现或记录兽类实体或痕迹。小型兽类调查采用夹日法,根据外形不能判定其种类的小型兽类标本在实验室鉴定^[27]。

2.2 数据处理

利用 R 语言数据处理软件对三个湿地保护区维管植物和哺乳动物的科属种概况以及组成进行柱状图差异比较;为探究不同湿地保护区维管植物以及哺乳动物种分布差异,采用 Venn 图进行详细比较;采用 hclust 函数对三个湿地保护区维管植物、哺乳动物组成进行聚类分析;采用非趋势对应(DCA)分析对三个湿

地保护区维管植物、哺乳动物组成进行排序分析。

3 结果与分析

3.1 黄河湿地保护区维管植物与哺乳动物物种组成

通过对三个河南黄河中游湿地保护区维管植物系统调查,共发现维管植物 1193 种,分属 135 科、507 属(表 S1)。含 100 种以上的科分别为菊科(Compositae)、禾本科(Gramineae)、豆科(Leguminosae)、蔷薇科(Rosaceae)、莎草科(Cyperaceae),其中,三门峡黄河湿地有菊科植物 112 种,豆科植物 83 种,蔷薇科植物 70 种,莎草科植物 64 种;洛阳黄河湿地有菊科植物 106 种,禾本科植物 82 种,豆科植物 68 种,蔷薇科植物 56 种;焦作黄河湿地有禾本科植物 58 种,菊科植物 56 种,豆科植物 52 种,莎草科植物 30 种(表 1)。

三个湿地保护区草本植物丰富度均高于木本植物,三门峡黄河湿地、洛阳黄河湿地、焦作黄河湿地草本植物占维管植物总数的比例分别是:75.8%、76.5%、80.3%。三门峡黄河湿地木本植物主要组成属有胡枝子属(*Lespedeza*)、蛇葡萄属(*Ampelopsis*)、杨属(*Populus*)等,草本植物主要组成属有蒿属(*Artemisia*)、蓼属(*Polygonum*)、藁草属(*Carex*)等;洛阳黄河湿地木本植物主要组成属分别为胡枝子属(*Lespedeza*)、蛇葡萄属(*Ampelopsis*)、卷柏属(*Selaginella*),草本植物主要蒿属(*Artemisia*)、蓼属(*Polygonum*)、藁草属(*Carex*)等;焦作黄河湿地木本植物主要组成属有蛇葡萄属(*Ampelopsis*)、胡枝子属(*Lespedeza*)、等,草本植物主要组成属有蒿属(*Artemisia*)、苋属(*Amaranthus*)、灯心草属(*Juncus*)等(表 2)。

表 2 河南黄河中游湿地木本、草本植物主要物种组成

Table 2 The major species of woody and herbaceous plants in the middle reaches of the Yellow River in He'nan Province				
湿地 Wetland	木本植物 Woody plant		草本植物 Herbaceous plant	
	主要属 Major genus	频率 Frequency	主要属 Major genus	频率 Frequency
三门峡	胡枝子属 <i>Lespedeza</i>	8	蒿属 <i>Artemisia</i>	22
	蛇葡萄属 <i>Ampelopsis</i>	8	蓼属 <i>Polygonum</i>	17
	杨属 <i>Populus</i>	8	藁草属 <i>Carex</i>	17
洛阳	胡枝子属 <i>Lespedeza</i>	8	蒿属 <i>Artemisia</i>	22
	蛇葡萄属 <i>Ampelopsis</i>	8	蓼属 <i>Polygonum</i>	17
	卷柏属 <i>Selaginella</i>	7	藁草属 <i>Carex</i>	15
焦作	蛇葡萄属 <i>Ampelopsis</i>	6	蒿属 <i>Artemisia</i>	8
	胡枝子属 <i>Lespedeza</i>	5	苋属 <i>Amaranthus</i>	8
	柳属 <i>Salix</i>	4	灯心草属 <i>Juncus</i>	7

调查发现三个黄河湿地保护区哺乳动物共有 65 种,分属 11 目、21 科(表 S2)。含有 10 种以上的目分别为啮齿目(Rodentia)、翼手目(Chiroptera)、食肉目(Carnivora)、食虫目(Insectivora),三门峡黄河湿地与洛阳黄河湿地均有啮齿目动物 24 种,翼手目动物分别为 8 种、13 种;焦作黄河湿地有啮齿目动物 21 种,食虫目动物 4 种。在科水平上,三门峡黄河湿地与焦作黄河湿地哺乳动物主要科均为鼠科(Muridae)和仓鼠科(Cricetidae),洛阳黄河湿地哺乳动物主要科为蝙蝠科(Vespertilionidae)和鼠科(Muridae)(表 3)。

表 3 河南黄河中游湿地哺乳动物主要物种组成

湿地 Wetland	主要目 Major orders	频率 Frequency	主要科 Major families	频率 Frequency
三门峡	啮齿目 Rodentia	24	鼠科 Muridae	9
	翼手目 Chiroptera	8	仓鼠科 Cricetidae	7
洛阳	啮齿目 Rodentia	24	蝙蝠科 Vespertilionidae	10
	翼手目 Chiroptera	13	鼠科 Muridae	10
焦作	啮齿目 Rodentia	21	鼠科 Muridae	9
	食虫目 Insectivora	4	仓鼠科 Cricetidae	6

3.2 黄河湿地保护区维管植物与哺乳动物丰富度

三门峡黄河湿地维管植物种类最多,洛阳黄河湿地哺乳动物种类最多,焦作黄河湿地维管植物以及哺乳动物种类最少。其中,三门峡黄河湿地维管植物有 130 科、493 属、1128 种,洛阳黄河湿地有 128 科、470 属、1049 种,焦作黄河湿地 90 科、290 属、542 种。三门峡黄河湿地有哺乳动物 6 目、15 科、48 种;洛阳黄河湿地哺乳动物 7 目、18 科、61 种,焦作黄河湿地哺乳动物 6 目、11 科、34 种(图 2)。维管植物丰富度随着地势由高到低的转变逐渐减小;洛阳黄河湿地哺乳动物丰富度最高,三门峡黄河湿地次之,焦作黄河湿地保护区最小。

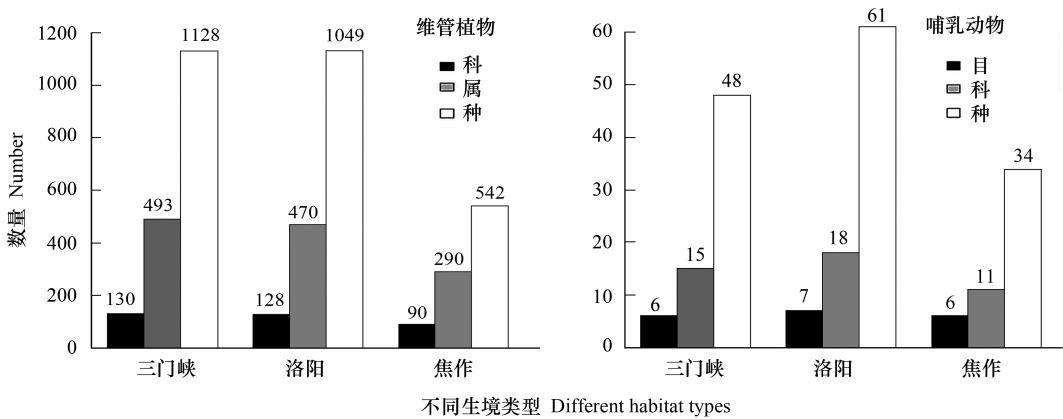


图 2 河南黄河中游湿地维管植物、哺乳动物丰富度差异

Fig.2 Vascular plant and Mamals richness in the middle reaches of the Yellow River in He'nan Province

3.3 黄河湿地保护区维管植物与哺乳动物分布差异

在种水平上,三个湿地保护区植物特有种数目,三门峡>洛阳>焦作,分别为 109、45、11。三门峡黄河湿地保护区、洛阳黄河湿地保护区以及焦作黄河湿地保护区维管植物总种数 1193 种,其中三个湿地共有种 498 种,占维管植物总种数的 41.7%,三门峡黄河湿地保护区与洛阳黄河湿地保护区共有种 995 种,占维管植物总种数的 81.4%,三门峡黄河湿地保护区与焦作黄河湿地保护区共有种 522 种,占维管植物总种数的 43.7%,洛阳黄河湿地保护区与焦作黄河湿地保护区共有种 507 种,占维管植物总种数的 42.5%(图 3)。

三个湿地保护区哺乳动物在种的总数方面来看,洛阳>三门峡>焦作,三门峡黄河湿地保护区特有哺乳动物 2 种,洛阳黄河湿地保护区特有哺乳动物 17 种;三门峡黄河湿地保护区、洛阳黄河湿地保护区以及焦作湿地保护区共有哺乳动物 32 种,洛阳湿地保护区与三门峡湿地保护区共有哺乳动物 44 种,洛阳湿地保护区与焦作湿地保护区共有哺乳动物 32 种,焦作湿地保护区与三门峡湿地保护区共有哺乳动物 34 种(图 3)。

3.4 黄河湿地保护区维管植物与哺乳动物聚类 and 排序分析

聚类分析结果显示,三门峡黄河湿地与洛阳黄河湿地之间的距离较近,说明三门峡黄河湿地与洛阳黄河湿地的植物以及动物物种差异性不显著。三门峡黄河湿地、洛阳黄河湿地与焦作黄河湿地之间的距离较远,

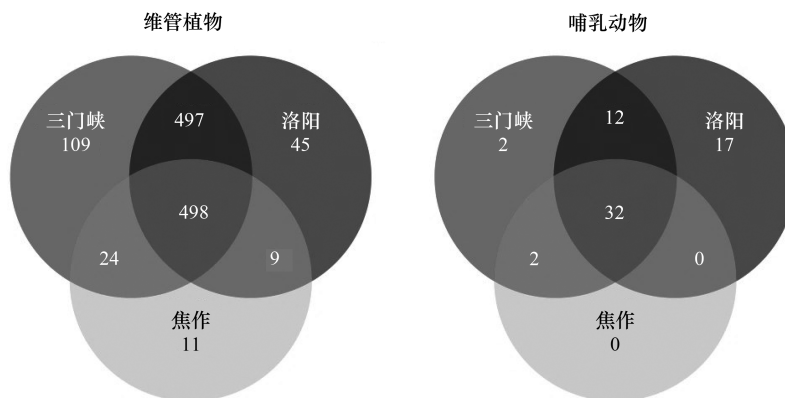


图3 河南黄河中游湿地植物、哺乳动物分布差异

Fig.3 The distribution of wetland vascular plant and mammals in the middle reaches of the Yellow River in He'nan Province

说明三门峡黄河湿地、洛阳黄河湿地与焦作黄河湿地之间的植物和哺乳动物物种差异性显著(图4)。

DCA 分析显示,三门峡黄河湿地与洛阳黄河湿地的距离较近,三门峡黄河湿地保护区与洛阳黄河湿地保护区的植物物种组成有较高的相似性。而三门峡黄河湿地、洛阳黄河湿地二者与焦作黄河湿地的距离较远,表示三门峡黄河湿地保护区、洛阳黄河湿地保护区与焦作黄河湿地保护区动植物物种组成相似性较低(图5)。

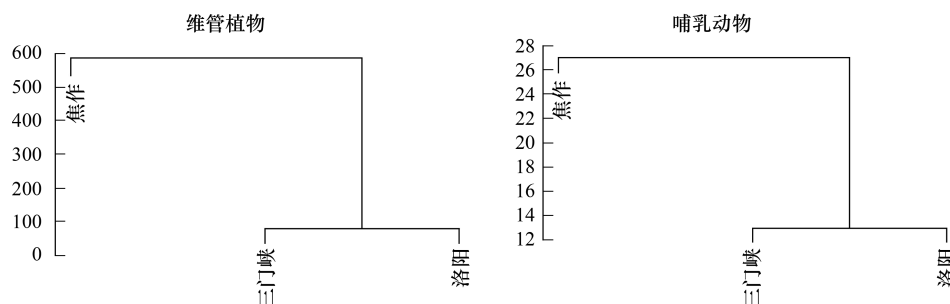


图4 河南黄河中游湿地维管植物、哺乳动物种聚类分析

Fig.4 Clustering analysis of vascular plant and mammals in the middle reaches of the Yellow River in He'nan Province

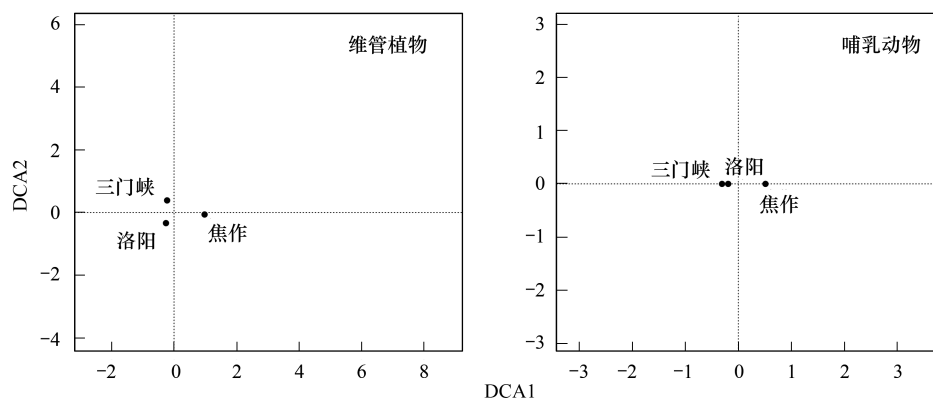


图5 河南黄河中游湿地维管植物、哺乳动物物种组成 DCA 分析

Fig.5 DCA analysis of plant and mammal species composition in the middle reaches of the Yellow River in He'nan Province

4 讨论与结论

本研究通过对河南黄河中游湿地保护区维管植物及哺乳动物系统调查发现,菊科(Compositae)、禾本科(Gramineae)、豆科(Leguminosae)、蔷薇科(Rosaceae)、莎草科(Cyperaceae)是河南黄河中游湿地保护区植物优势科,包含植物物种超过 100 种;蒿属(*Artemisia*)、蓼属(*Polygonum*)、藁草属(*Carex*)为优势属,这与前人对于郑州黄河湿地自然保护区^[28-29]的植物资源调查结果基本一致。啮齿目(Rodentia)为河南黄河中游湿地哺乳动物的优势目,鼠科(Muridae)为优势科。

三个湿地保护区草本植物丰富度均高于木本植物。木本植物主要组成属有胡枝子属(*Lespedeza*)、蛇葡萄属(*Ampelopsis*),草本植物主要组成属有蒿属(*Artemisia*)、蓼属(*Polygonum*)、藁草属(*Carex*)。洛阳黄河湿地哺乳动物丰富度最高,三门峡黄河湿地哺乳动物丰富度次之,焦作黄河湿地哺乳动物丰富度最低,哺乳动物丰富度没有随着保护区自西向东位置转变而产生明显变化趋势。这可能与本研究的传统调查方法有关,后期黄河湿地动物的监测将增加红外相机等现代设备^[30],使黄河湿地动物的监测研究更加科学。

三门峡黄河湿地有维管植物 1128 种,洛阳黄河湿地有维管植物 1049 种;焦作黄河湿地有维管植物 542 种。处于黄河中游河漫滩植物有种子植物 818 种^[31];位于黄河下游的河南中牟雁鸣湖风景旅游区有种子植物 671 种^[32];郑州黄河湿地现有种子植物 598 种^[28-29]。这一结果表明维管植物物种丰富度与黄河湿地保护区所处的地理位置有关。三门峡黄河湿地与洛阳黄河湿地地处暖温带南部,南面为伏牛山、西部为秦岭,北部为太行山,东部为华北平原,位于几大区系的交汇点。另外,三门峡黄河湿地保护区地形、地貌独特,既包含有水域、河漫滩,也包括两岸的山坡、丘陵、黄土塬和河谷盆地等^[28-29]。而焦作黄河湿地大致有河床、河漫滩、邻河洼地、黄河冲积平地等微地貌,整体上属于负地形,可能导致了维管植物多样性低于三门峡黄河湿地和洛阳黄河湿地^[30]。

1994 年河南黄河湿地保护区建立,河南省林业厅调查发现,河南黄河湿地保护区有维管植物 80 科 285 属 598 种^[33],其中木本植物有 38 种,草本植物 560 种,哺乳动物 22 种。至 2015 年三门峡、洛阳、焦作三个黄河湿地保护区共发现维管植物 1193 种,分属 135 科、507 属;哺乳动物 65 种^[25-27]。通过比较说明湿地保护区的建立为动植物提供了适宜的生存环境,有利于提高动植物丰富度,在未来的研究中将建立固定监测样地开展长期的监测,以探究黄河湿地保护区动植物在时间尺度上的变化规律。

本研究通过调查分析得到了河南黄河中游湿地动植物组成和空间分布特征。研究结果丰富了河南黄河湿地保护区植物以及哺乳动物多样性的基础研究资料,同时也为保护区的保护管理和科研监测提供依据。本研究只是从大尺度上比较分析了河南黄河中游湿地动植物多样性,未能直接量化地形因子、土壤理化性质等环境因素对湿地动植物多样性和分布的影响,非生物环境因素对黄河湿地动植物多样性维持机制的影响将是未来研究中关注的热点问题。

参考文献(References):

- [1] 赵魁义. 地球之肾——湿地. 北京: 化学工业出版社, 2002: 1-2.
- [2] 肖洋, 张路, 张丽云, 肖焱, 郑华, 欧阳志云. 渤海沿岸湿地生物多样性变化特征. 生态学报, 2018, 38(3): 909-916.
- [3] Dai X L, Zhao T W, Ma S S, Liu X W, Yang J W, Ma H T, He W L, Yang J, Duan H L, Xie J P. Community characteristics and species diversity of wetland plants in the Yangguan Nature Reserve of Dunhuang. Journal of Landscape Research, 2016, 8(2): 55-58.
- [4] Hooper D U, Chapin III F S, Ewel J J, Hector A, Inchausti P, Lavorel S, Lawton J H, Lodge D M, Loreau M, Naeem S, Schmid B, Setälä H, Symstad A J, Vandermeer J, Wardle D A. Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. Ecological Monographs, 2005, 75(1): 3-35.
- [5] Schweiger E W, Leibowitz S G, Hyman J B, Foster W E, Downing M C. Synoptic assessment of wetland function: a planning tool for protection of wetland species biodiversity. Biodiversity & Conservation, 2002, 11(3): 379-406.
- [6] Halse S A, Cale D J, Jasinska E J, Shiel R J. Monitoring change in aquatic invertebrate biodiversity: sample size, faunal elements and analytical methods. Aquatic Ecology, 2002, 36(3): 395-410.

- [7] 黄心一, 陈家宽. 新时期我国湿地自然保护区需解决的主要问题及相关建议. 生物多样性, 2012, 20(6): 774-778.
- [8] 郭子良, 邢韶华, 崔国发. 自然保护区物种多样性保护价值评价方法. 生物多样性, 2017, 25(3): 312-324.
- [9] 赵学敏. 湿地: 人与自然和谐共存的家园——中国湿地保护. 北京: 中国林业出版社, 2005: 98-105.
- [10] 叶金生. 当前湿地保护中的主要问题与对策. 武汉建设, 2013, (1): 14-15.
- [11] 孙海群, 翟德苹, 李长慧, 李希来. 三江源区不同高寒湿地类型的植被特征分析. 河南农业科学, 2013, 42(11): 124-128.
- [12] 刘凯, 李希来, 金立群, 孙华方. 三江源区 7 种类型湿地的植物特征与湿地分类关键因子研究. 湿地科学, 2017, 15(3): 416-424.
- [13] 张天举, 陈永金, 刘加珍. 黄河三角洲湿地不同植物群落土壤盐分分布特征. 浙江农业学报, 2018, 30(11): 1915-1924.
- [14] 徐洋. 黄河口沙嘴地貌特征对植被分布格局的影响研究[D]. 烟台: 鲁东大学, 2019.
- [15] 罗先香, 单宇, 杨建强. 黄河口及邻近海域浮游植物群落分布特征及与水环境的关系. 中国海洋大学学报, 2018, 48(4): 16-23.
- [16] 梁少民, 李成林, 李春发, 任杰, 宋立生, 乔旭宁. 3 个时期河南省湿地的分布及变化. 湿地科学, 2011, 9(1): 94-96.
- [17] 于君宝, 陈小兵, 孙志高, 谢文军, 毛培利, 吴春发, 董洪芳, 牟晓杰, 栗云召, 管博, 单凯. 黄河三角洲新生滨海湿地土壤营养元素空间分布特征. 环境科学学报, 2010, 30(4): 855-861.
- [18] 凌敏, 刘汝海, 王艳, 罗先香, 周凤琴. 黄河三角洲柽柳林场湿地土壤养分的空间异质性及其与植物群落分布的耦合关系. 湿地科学, 2010, 8(1): 92-97.
- [19] 赵义民. 河南黄河下游林业发展潜力与对策. 地域研究与开发, 2004, 23(3): 61-65.
- [20] 赫晓慧, 郑东东, 郭恒亮, 马国军. 郑州黄河湿地自然保护区植物物种多样性对人类活动的响应. 湿地科学, 2014, 12(4): 459-463.
- [21] 李毅. 三门峡黄河湿地保护调查. 人大建设, 2011, (8): 32-33.
- [22] 张树魏. 三门峡黄河湿地保护、管理现状及发展对策//第三届中国湿地文化节暨东营国际湿地保护交流会议论文集. 东营: 中国国家林业局, 山东省政府, 2013.
- [23] 兰维娟, 王俊, 毛鹏军. 洛阳黄河湿地自然保护区鸟类多样性调查及保护对策. 河南科技大学学报: 自然科学版, 2007, 28(4): 67-69.
- [24] 韩文生. 焦作黄河湿地保护区水文气候特征分析. 农业与技术, 2015, 35(13): 138-140.
- [25] 叶永忠, 张斌强, 赵卫民, 张玉君. 河南黄河湿地国家级自然保护区科学考察集: 三门峡段. 郑州: 河南科学技术出版社, 2015.
- [26] 叶永忠, 郭凌, 秦向民. 河南黄河湿地国家级自然保护区科学考察集: 洛阳段. 郑州: 河南科学技术出版社, 2015.
- [27] 叶永忠, 冯宝春, 赵利新. 河南焦作黄河湿地自然保护区综合科学考察报告. 郑州: 河南科学技术出版社, 2015.
- [28] 孙浩冉. 郑州黄河湿地公园生物多样性保护研究. 山东化工, 2017, 46(20): 158-159.
- [29] 张志铭, 张璐, 叶永忠. 郑州黄河湿地自然保护区植被群落物种多样性调查. 河南科技大学学报: 自然科学版, 2010, 31(2): 81-85.
- [30] 刘雷雷, 赵永健, 王清春, 崔国发, 杨南, 郑长燕, 刘东. 基于红外相机陷阱法的北京百花山国家级自然保护区旅游线路周边野生动物的调查研究. 生态学报, 2018, 38(23): 8324-8335.
- [31] 樊杰, 上官铁梁, 宋伯为. 黄河中游(禹门口-桃花峪)河漫滩种子植物区系地理研究. 武汉植物学研究, 2003, 21(4): 332-338.
- [32] 陈璐, 邓祖丽颖, 叶永忠. 河南中牟雁鸣湖风景区种子植物区系研究. 河南农业大学学报, 2012, 46(5): 571-576.
- [33] 河南省林业厅野生动植物保护处. 河南黄河湿地自然保护区科学考察集. 北京: 中国环境科学出版社, 2001.