

DOI: 10.5846/stxb202003110486

包新康, 廖继承, 索郎夺尔基, 孙元海, 丁励, 卓玛姐, 玛吉措. 鸟类群落对若尔盖高原湿地退化梯度的响应. 生态学报, 2021, 41(2): 781-791.  
Bao X K, Liao J C, Suolang Duoerji, Sun Y H, Ding L, Zhuoma J, Maji C. Responses of avian community to plateau wetland degradation in Zoige. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(2): 781-791.

## 鸟类群落对若尔盖高原湿地退化梯度的响应

包新康<sup>1,2,\*</sup>, 廖继承<sup>1</sup>, 索郎夺尔基<sup>3</sup>, 孙元海<sup>1</sup>, 丁 励<sup>1</sup>, 卓玛姐<sup>3</sup>, 玛吉措<sup>3</sup>

1 兰州大学生命科学学院, 兰州 730000

2 甘肃省环境生物监测与修复重点实验室, 兰州 730000

3 四川若尔盖湿地国家级自然保护区管理局, 若尔盖 624500

**摘要:** 鸟类是湿地生态系统重要的一类环境指示生物, 研究其群落特征对湿地退化的响应, 有助于揭示湿地生态系统结构和功能的变化, 探讨对湿地状况进行有效监测和评价的方法。以若尔盖湿地国家级自然保护区花湖、兰州大学高寒草甸与湿地生态系统定位研究站(阿孜站)为研究区域, 2018年5月、2019年5月采用样线法对区域中4种高原湿地退化梯度, 即典型湿地(I型)、季节性湿地(II型)、中度退化湿地(III型)和重度退化湿地(IV型)的繁殖鸟类群落进行调查研究。研究时段共记录到繁殖鸟类8目14科41种, 其中花湖繁殖鸟类39种, 阿孜站繁殖鸟类21种。数据分析显示, 随着高原湿地退化演替序列, 两地的鸟类群落物种数和多样性指数均逐步减小, 群落优势度不断增大; III型和IV型群落相似性系数最高, I型和IV型间群落相似性最低, 表明鸟类群落随湿地退化发生明显改变, 仅与毗邻的退化梯度群落组成相似。研究区域I型生境中, 水禽类占绝对优势, 以红脚鹬(*Tringa totanus*)为优势种; II型中长嘴百灵(*Melanocorypha maxima*)为群落中优势种; 小云雀(*Alauda gulgula*)和角百灵(*Eremophila alpestris*)为III型群落中的优势种; 群落中优势种团为雪雀(*Montifringilla* spp.)和地山雀(*Pseudopodoces humilis*)时, 标志着湿地已经重度退化(IV型)。鸟类群落优势种的转变是鸟类营巢环境要求与湿地退化中环境的改变相适应的结果。本研究尝试性的提出如何利用鸟类对高原湿地退化状态进行监测和评价。

**关键词:** 鸟类群落; 生物指示; 若尔盖湿地; 湿地退化; 高原湿地; 演替

## Responses of avian community to plateau wetland degradation in Zoige

BAO Xinkang<sup>1,2,\*</sup>, LIAO Jicheng<sup>1</sup>, SUOLANG Duoerji<sup>3</sup>, SUN Yuanhai<sup>1</sup>, DING Li<sup>1</sup>, ZHUOMA Jie<sup>3</sup>, MAJI Cuo<sup>3</sup>

1 School of Life Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China

2 Gansu Key Laboratory of Biomonitoring and Bioremediation for Environmental Pollution, Lanzhou 730000, China

3 The Management Bureau of Zoige Wetland National Nature Reserve, Zoige 624500, China

**Abstract:** There is an important need to assess and monitor the status of the Zoige plateau wetland in the face of growing degradation. Birds are the most active element of wetland ecosystem and can be used as bio-indicators of environmental change. We conducted a field study on the breeding bird community of four degradation gradients of plateau wetland in Zoige area. Analysis of the data indicates that the species abundance and the diversity index of avian community decrease gradually and the community dominance index shows an increase with the degraded succession. The similarity of avian community between two contiguous gradients of the succession is higher. The dominant species of avian community is *Tringa totanus* in typical wetland (stage I), and it converts to be *Melanocorypha maxima* after the wetland gradually drying up into seasonal wetland (stage II). When the wetland turned into moderate degradation (stage III) and heavy degradation (stage IV), its dominant species groups have become *Eremophila alpestris* / *Alauda gulgula* and *Montifringilla* spp. / *Pseudopodoces humilis*, respectively. We have identified a list of bird species associated with different plateau wetland degradation stages, and presented this as a checklist for future monitoring and assessing on plateau wetland degradation.

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0504802)

收稿日期: 2020-03-11; 网络出版日期: 2020-11-27

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: baoxk@lzu.edu.cn

**Key Words:** bird community; bio-indicator; Zoige wetland; wetland degradation; plateau wetland; succession

若尔盖湿地位于青藏高原的东部边缘,属于黄河上游地区,包括四川省若尔盖县、红原县、阿坝县以及甘肃省玛曲、碌曲境内的湿地,平均海拔为 3500 m,是中国现存面积最大的高原泥炭沼泽湿地,被誉为“中国西部高原之肾”<sup>[1]</sup>。若尔盖湿地是黄河水系重要的涵养源,中国生物多样性保护的关键区域,是中国湿地的重要代表类型。在过去 30 年若尔盖高原湿地呈退化趋势,湿地面积自 1978 年至 2008 年,整体变化幅度为 -12.83%<sup>[2]</sup>。导致湿地退化、面积减少的主要原因除了降雨等气候变化自然因素,还有湿地排水、超载过牧等人为因素<sup>[1-3]</sup>。若尔盖高原湿地的修复、动态变化的长期监测与评价迫在眉睫。

高原湿地的退化存在相应的生态演替过程,随着湿地水分由多到少,植物群落类型发生的演替序列为水生植被 → 沼生植被 → 沼泽化草甸植被 → 草甸植被<sup>[4-5]</sup>。近些年,对于高原湿地退化导致植物群落<sup>[4, 6-7]</sup>、小型地表节肢动物<sup>[8]</sup>、土壤种子库<sup>[5]</sup>、土壤菌落<sup>[9]</sup>在不同退化梯度上的变化有一些研究报道,可以为湿地退化的动态监测与评价提供科学依据。那么在高原湿地的退化演替过程中,鸟类群落会产生什么样的变化? 目前还没有相关的研究探讨。

在自然生态系统中,鸟类分布生境多样,与其生境密切相关,对栖息环境的任何变化都很敏感,能迅速感受到环境条件的变化并产生响应<sup>[10-11]</sup>。鸟类与植被、栖息地的对应关系清楚,生态研究基础好;易于观测、能快速收集到鸟类分布与丰富度的数据;同时鸟类更能唤起民众的关注和保护意识,这些特点使得鸟类成为环境状态监测与评价非常有价值的生物指示类群<sup>[10, 12-13]</sup>。鸟类是湿地动物中最主要的类群之一,湿地水域的变化会立即影响鸟类群落组成<sup>[14]</sup>。通过鸟类可以监测到湿地植物组成和群落结构变化<sup>[10, 15]</sup>、湿地积水的深度和季节变化<sup>[10]</sup>、水质<sup>[16]</sup>、湿地人为干扰<sup>[17]</sup>等。本研究在探讨鸟类群落对高原湿地退化演替的响应规律和机制的同时,希望能通过鸟类的变化特点来有效监测和评价湿地状况和退化程度。

## 1 研究区域概况

研究地点位于四川省若尔盖县和甘肃玛曲县境内。该区域地理坐标在 101°50′—103°39′ E, 32°56′—34°19′ N 之间,海拔 3 400—3 900 m;属高原寒带湿润季风气候,年平均气温为 0.96—2.2℃,年间气温波动幅度达 0.6℃;最热月为 7 月,极端最高气温为 24.6℃;最冷月为 1 月,极端最低气温为 -33.6℃;年降水量主要集中在 5—8 月份,由南向北逐渐减少,年均降水量 600—800 mm,年均蒸发量 1200—1500 mm;日照充分,太阳辐射强,年无霜期平均少于 100 d;土壤类型为草甸土、沼泽土和泥炭土<sup>[6, 8, 18]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 高原湿地退化演替序列的划分

研究地点选择在若尔盖湿地国家级自然保护区的花湖和兰州大学高寒草甸与湿地生态系统定位研究站(阿孜站)高原湿地区域(如图 1)。花湖为湖泊湿地,研究地点经纬度为 102°48′—50′ E, 33°54′—55′ N,海拔 3430—3450 m;玛曲阿孜站为河流湿地,研究地点经纬度为 101°50′—52′ E, 33°39′—40′ N,海拔 3490—3510 m。根据高原湿地退化演替序列已有的划分标准<sup>[5-7]</sup>,在两个地点按照水分梯度分别划分出 4 种不同的退化梯度:典型湿地(I型)、季节性湿地(II型)、中度退化湿地(III型)和重度退化湿地(IV型),4 种类型生境的外貌如图 2,特征描述见表 1(本次调查数据)。

### 2.2 鸟类调查方法

通过样线法对不同生境栖息的鸟类种类及数量进行调查。在花湖和阿孜站各设立样线 8 条(如图 1),每种类型生境 2 条样线;每条样线长 1.0—2 km。2018 年 5 月底开展样线调查,2019 年 5 月底重复调查。调查人数 1—2 人,调查时间为日出后 3 h 和日落前 3 h。样线调查时只记录在该类型生境中取食、停歇、筑巢的鸟类,飞行的不计。调查时记录鸟的种类、数量、距离等内容,样线调查按照环境保护部《生物多样性

观测技术导则-鸟类》(HJ 710.4—2014)技术规范来进行。

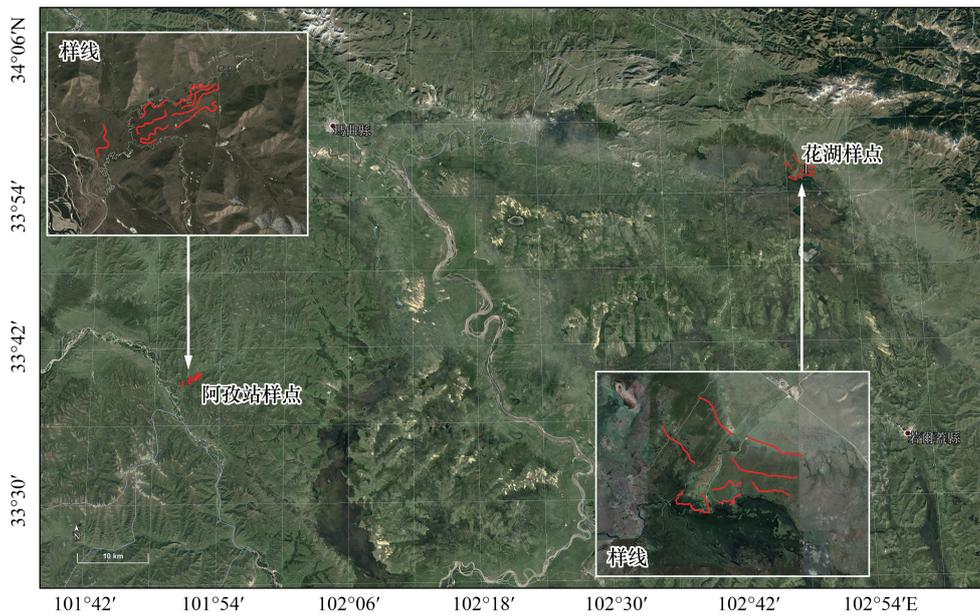


图 1 研究点位置和样线分布图(红线为样线航迹,图来自于 Google Earth)

Fig.1 The location of field sites and the distribution of sample transect lines (the red lines) (from Google Earth)

表 1 高原湿地不同退化演替阶段群落生境描述

Table 1 The characteristics of four degradation gradients of plateau wetland in Zoige

类型 Stage	特征描述 Description	地点 Site	植物群落优势种 Dominant species of plant community
I 典型湿地 Typical wetland	常年积水,植物群落以典型的湿地水生物种为主	花湖	乌拉苔草 <i>Carex meyeriana</i> 、黄花狸藻 <i>Utricularia aurea</i> 、杉叶藻 <i>Hippuris vulgaris</i> 、黑褐苔草 <i>Carex atrofusca</i> 、水葫芦苗 <i>Halerpestes cymbalaris</i>
		阿孜站	水毛茛 <i>Batrachium bungei</i> 、三穗薹草 <i>Carex tristachya</i> 、水葫芦苗 <i>Halerpestes cymbalaris</i> 、杉叶藻 <i>Hippuris vulgaris</i>
II 季节性湿地 Seasonal wetland	部分地表季节性积水,湿地向草甸过渡;莎草科植物占优势	花湖	条叶垂头菊 <i>Cremanthodium lineare</i> 、鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i> 、苔草 <i>Carex</i> spp.、矮地榆 <i>Sanguisorba filiformis</i>
		阿孜站	华扁穗草 <i>Blysmus sinocompressus</i> 、苔草 <i>Carex</i> spp.、发草 <i>Deschampsia cespitosa</i> 、三穗薹草 <i>Carex tristachya</i> 、东方香蒲 <i>Typha orientalis</i> 、唐松草 <i>Thalictrum aquilegifolium</i>
III 中度退化 Moderate degradation	地表已无积水,植被从湿生往中生(高寒草甸)状态过渡;禾本科植物比例较大	花湖	披碱草 <i>Elymus dahuricus</i> 、波伐早熟禾 <i>Poa poiphagorum</i> 、高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i> 、嵩草 <i>Kobresia myosuroides</i>
		阿孜站	鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i> 、三穗薹草 <i>Carex tristachya</i> 、唐松草 <i>Thalictrum aquilegifolium</i> 、棱子芹 <i>Pleurospermum uralense</i> 、甘松香 <i>Nardostachys jatamansi</i> 、披碱草 <i>Elymus dahuricus</i>
IV 重度退化 Heavy degradation	完全干涸,已完全转为高寒草甸;豆科和其他双子叶杂草占优势。由于过度放牧,局部地表裸地,鼠害严重	花湖	二裂委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i> 、鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i> 、苔草 <i>Carex</i> spp.、车前 <i>Plantago asiatica</i>
		阿孜站	鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i> 、三穗薹草 <i>Carex tristachya</i> 、嵩草 <i>Kobresia myosuroides</i> 、披碱草 <i>Elymus dahuricus</i> 、车前 <i>Plantago asiatica</i>

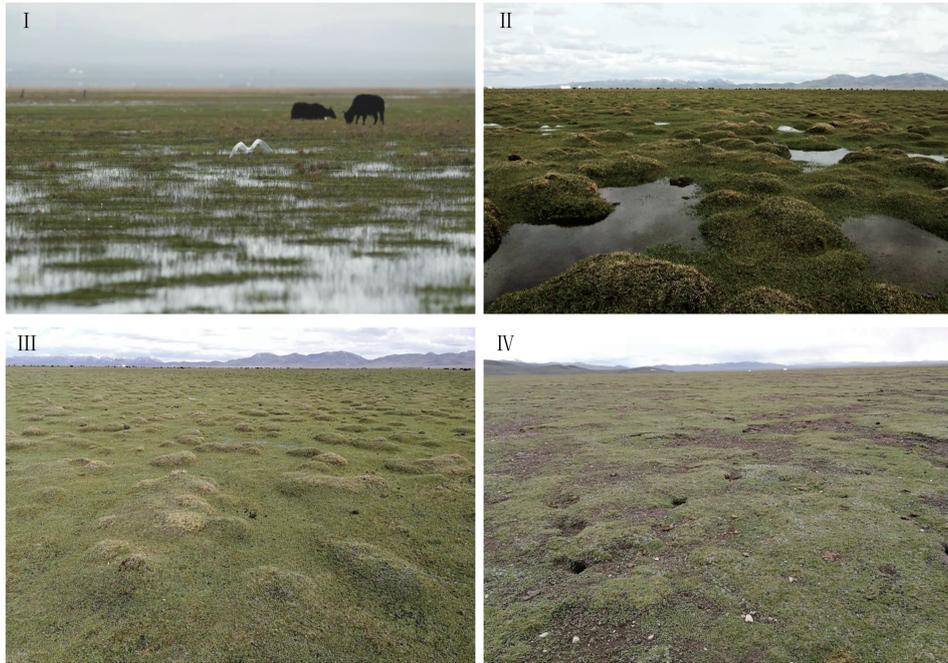


图2 花湖四种类型生境(2018年5月11日拍摄, I、II、III、IV指高原湿地退化4个梯度)

Fig.2 Photos of four degradation gradients of wetland in Huahu site, Zoige plateau (taken on May 11, 2018. I, II, III, IV indicate Typical wetland, Seasonal wetland, Moderate degradation, Heavy degradation respectively)

### 2.3 数据分析

两年在每条样线上的重复调查数据一致性高,种类增减不超过12%(0—3种)。将每种梯度生境的2条样线两年的数据合并(样线长、种类、数量均累加)后,作为该梯度生境的群落分析数据;两个地点各4种生境(共8个群落)分别处理数据。鸟类数量采用遇见率(只/km)来表示。群落中物种的优势度,按照某种鸟类数量占该群落所有鸟类数量的百分比(Percent,  $P$ )来确定,将 $P > 10\%$ 的定为优势种。多样性指数选用 Shannon-wiener 多样性指数( $H$ )、Simpson 优势度指数( $C$ )<sup>[8]</sup>和 Pielou 均匀性指数( $E$ )<sup>[19]</sup>。

四种退化梯度生境群落间物种组成差异选用 Sørensen 相似性系数来度量: $S = 2C / (A + B)$ ,式中  $S$  为相似性系数, $A$ 、 $B$  分别为两个群落物种数, $C$  为两个群落共有的物种数。两个地点分别分析,对比是否存在一致性的趋势。

探讨鸟类物种间可能因生境需求相似而存在的伴生关系,将两个地点8个生境群落的数据一同用于分析,采用 Bray-Curtis 距离分层聚类法(hierarchical clustering)分析鸟类的聚类关系。

以上分析通过 Excel 2010、SPSS 19.0 以及 R 语言中 vegan 语言包进行处理和分析。

## 3 结果

本次调查共记录高原湿地夏季栖息(繁殖)的鸟类共8目14科41种,其中水禽(包括鸕鷀目 Podicipediformes、鸕鷀目 Ciconiiformes、雁形目 Anseriformes、鹤形目 Gruiformes 和鸨形目 Charadriiformes)有24种,雀形目有14种,猛禽有3种。

### 3.1 群落结构

在花湖记录到8目14科39种繁殖鸟类,玛曲阿孜站记录到6目11科21种鸟类。花湖和阿孜站湿地退化的四个梯度生境中鸟类群落组成见表2。

表 2 四种高原湿地退化演替生境中鸟类群落组成

Table 2 Bird community compositions of four degradation gradients of plateau wetland

物种 Species	居留型 Resident type	数量 Amount / (只/km)							
		花湖				阿孜站			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
凤头鹳鹬 <i>Podiceps cristatus</i>	S	2.3							
小鹳鹬 <i>Tachybaptus ruficollis</i>	S	0.9							
苍鹭 <i>Ardea cinerea</i>	S	1.4							
大白鹭 <i>Ardea alba</i>	S	1.4	1.6						
白鹭 <i>Egretta garzetta</i>	S	0.5							
池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>	S	0.9							
牛背鹭 <i>Bubulcus ibis</i>	S	0.5	1.1				0.9		
斑头雁 <i>Anser indicus</i>	S	1.8							
灰雁 <i>Anser anser</i>	S	5.9	3.2						
赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i>	S	1.8	1.6	1.4		3.8	1.8		
绿头鸭 <i>Anas platyrhynchos</i>	S	3.2				2.5			
赤嘴潜鸭 <i>Netta rufina</i>	S	1.4							
红头潜鸭 <i>Aythya ferina</i>	S	3.2							
白眼潜鸭 <i>Aythya nyroca</i>	S	2.7							
大鵟 <i>Buteo hemilasius</i>	R				1.8				0.6
黑耳鸢 <i>Milvus lineatus</i>	S				0.6				
黑颈鹤 <i>Grus nigricollis</i>	S	2.7	1.6			1.3			
骨顶鸡 <i>Fulica atra</i>	S	10.5							
黑水鸡 <i>Gallinula chloropus</i>	S	0.9							
丘鹬 <i>Scolopax rusticola</i>	S					1.3			
红脚鹬 <i>Tringa totanus</i>	S	21.8	6.8			13.8	1.8		
黑翅长脚鹬 <i>Himantopus himantopus</i>	S	3.2	2.6			3.8			
棕头鸥 <i>Larus brunnicephalus</i>	S	2.7		2.1	0.6				
普通燕鸥 <i>Sterna hirundo</i>	S	6.4	1.1			2.5			
须浮鸥 <i>Chlidonias hybrida</i>	S	2.3				2.5			
白翅浮鸥 <i>Chlidonias leucopterus</i>	S	2.7							
纵纹腹小鸮 <i>Athene noctua</i>	R				0.6				
小云雀 <i>Alauda gulgula</i>	S		4.7	7.6	1.8		10.0	19.2	1.3
角百灵 <i>Eremophila alpestris</i>	R		3.7	9.0	4.7		6.4	10.8	6.3
长嘴百灵 <i>Melanocorypha maxima</i>	S		13.2	1.4		2.5	15.5	0.8	
黄头鹡鸰 <i>Motacilla citreola</i>	S	1.4	1.6	0.7		1.3	5.5	2.3	
黄鹡鸰 <i>Motacilla flava</i>	S		0.5						
白鹡鸰 <i>Motacilla alba</i>	S	0.5					1.8		
水鸻 <i>Anthus spinoletta</i>	S		1.6			2.5	2.7		
粉红胸鹶 <i>Anthus roseatus</i>	S		1.1	0.7					
灰背伯劳 <i>Lanius tephronotus</i>	S			0.7					
红嘴山鸦 <i>Pyrrhonorax pyrrhonorax</i>	R			1.4				0.8	0.6
地山雀 <i>Pseudopodoces humilis</i>	R			1.4	4.1		0.9	3.8	5.0
赭红尾鹀 <i>Phoenicurus ochruros</i>	S							1.5	
白腰雪雀 <i>Montifringilla taczanowskii</i>	R		0.5	3.4	22.4				3.1
棕颈雪雀 <i>Montifringilla ruficollis</i>	R		1.1	2.1	7.6			3.1	20.0
种类合计 Total species		25	17	12	9	11	10	8	7
香农维纳指数(H) Shannon-wiener index		2.695	2.411	2.092	1.539	2.071	1.91	1.540	1.366
均匀性指数(E) Pielou index		0.837	0.851	0.842	0.700	0.864	0.828	0.741	0.702
优势度指数(C) Simpson index		0.109	0.129	0.167	0.311	0.180	0.192	0.290	0.350

I: 典型湿地 Typical wetland; II: 季节性湿地 Seasonal wetland; III: 中度退化湿地 Moderate degradation; IV: 重度退化湿地 Heavy degradation

花湖湖泊湿地记录到的 39 种鸟类中, 32 种(82.1%) 为夏候鸟, 7 种(17.9%) 为留鸟; 区系组成中, 古北界 13 种(33.3%), 东洋界 2 种(5.1%), 广布种 24 种(61.5%)。阿孜站河流湿地记录到的 21 种鸟类中, 15 种

(71.4%)为夏候鸟,6种(28.6%)为留鸟;区系组成中古北界5种(23.8%),广布种16种(76.2%)。两地观测到的湿地鸟类均为繁殖鸟类(夏候鸟和留鸟),均以夏候鸟、广布种占优势。与阿孜站河流湿地相比较,花湖湿地鸟类物种组成上多出了20种鸟类,少了2种鸟。多出的20种鸟中绝大多数为水禽(15种,75%)。

两个地点的四种退化梯度生境中的鸟类物种数、个体数量、水禽比例和优势种情况见表3。花湖湖泊湿地各梯度生境中分布的鸟类都多于阿孜站河流湿地对应的梯度生境,尤其是I型和II型生境中。沿着湿地退化演替系列从I型到IV型,无论是在花湖湖泊湿地,还是在阿孜站河流湿地,栖息的鸟类物种数都是逐渐减少,水禽的种类和数量会急剧减少;在两个地点I型和II型生境中,数量最多的均为红脚鹬(*Tringa totanus*) (I型)和长嘴百灵(*Melanocorypha maxima*) (II型);在III型生境中,最优势的前两个物种都是小云雀(*Alauda gulgula*)和角百灵(*Eremophila alpestris*);在IV型生境中数量最多的都是雪雀(*Montifringilla* spp.)。

表3 两个地点不同生境鸟类群落特征汇总

Table 3 The characteristics of avian communities in four degradation gradients of plateau wetland

花湖 Site Huahu	I	II	III	IV
物种数 Total species	25	17	12	9
数量 Amount/(只/km)	82.7	47.4	31.7	44.1
水禽种类 Total waterbirds	23	8	2	1
优势种 Dominant species (优势度 Dominance index)	红脚鹬 <i>Tringa totanus</i> (26.4%)	长嘴百灵 <i>Melanocorypha maxima</i> (27.8%)	角百灵 <i>Eremophila alpestris</i> (28.9%)	白腰雪雀 <i>Montifringilla taczanowskii</i> (50.7%)
	骨顶鸡 <i>Fulica atra</i> (12.6%)	红脚鹬 <i>Tringa totanus</i> (14.4%)	小云雀 <i>Alauda gulgula</i> (24.4%)	棕颈雪雀 <i>Montifringilla ruficollis</i> (17.3%)
			白腰雪雀 <i>Montifringilla taczanowskii</i> (11.1%)	角百灵 <i>Eremophila alpestris</i> (10.7%)
阿孜站	I	II	III	IV
物种数 Total species	11	10	8	7
数量 Amount/(只/km)	37.5	47.3	42.3	36.9
水禽种类 Total waterbirds	8	3	0	0
优势种 Dominant species (优势度 Dominance index)	红脚鹬 <i>Tringa totanus</i> (36.7%)	长嘴百灵 <i>Melanocorypha maxima</i> (32.7%)	小云雀 <i>Alauda gulgula</i> (45.5%)	棕颈雪雀 <i>Montifringilla ruficollis</i> (54.2%)
		小云雀 <i>Alauda gulgula</i> (21.2%)	角百灵 <i>Eremophila alpestris</i> (25.5%)	角百灵 <i>Eremophila alpestris</i> (17.0%)
		角百灵 <i>Eremophila alpestris</i> (13.5%)		地山雀 <i>Pseudopodoces humilis</i> (13.6%)
		黄头鹡鸰 <i>Motacilla citreola</i> (11.5%)		

多样性指数结果显示(表2),花湖与阿孜站4种湿地退化生境中的鸟类分布与多样性的变化趋势一致,即I型生境中物种数、群落多样性指数均为最高,但优势度最低,而IV型湿地中物种数及多样性指数最低,优势度最高;随着高原湿地退化演替系列,湿地中的鸟类群落物种数、多样性指数逐步降低,群落优势度逐渐增加。

### 3.2 群落相似性

Sørensen 相似性系数分析显示(表4),两个研究区域体现出一致的结果。III型和IV型相似性最高,其次是II型和III型中的鸟类群落相似性,I型和IV型之间群落相似性最低,表明沿着高原湿地退化演替序列,I型

湿地鸟类群落与后续的演替群落间相似性越来越小, 每个类型生境中的鸟类群落只与演替系列中相邻近的群落组成相似。

表 4 不同生境鸟类群落相似性

Table 4 The Sørensen similarity coefficient of avian community in different habitats

生境类型 Stage	I	II	III	IV
I		0.48	0.21	0.11
II	0.43		0.56	0.35
III	0.16	0.55		0.67
IV	0.06	0.31	0.57	

上三角数值为阿孜站数据, 下三角数值为花湖数据

### 3.3 鸟类物种聚类分析

Bray-Curtis 距离分层聚类法分析显示(图 3), 在相似度为 50% 时, 研究区域繁殖鸟类在生境选择上伴生关系体现出较多的类群, 其中有 7 个单种为一类群的, 而三种潜鸭 (*Aythya* spp.)、绿头鸭 (*Anas platyrhynchos*) 和棕头鸥 (*Larus brunnicephalus*)、白翅浮鸥 (*Chlidonias leucopterus*) 在相似度指数为 50% 时聚为一组, 这些鸟类均喜好较深水域, 存在较好的伴生关系; 而同样选择水域生境栖息的赤嘴潜鸭 (*Netta rufina*)、苍鹭 (*Ardea cinerea*)、斑头雁 (*Anser indicus*)、小鹈鹕 (*Tachybaptus ruficollis*)、池鹭 (*Ardeola bacchus*)、黑水鸡 (*Gallinula chloropus*)、须浮鸥 (*Chlidonias hybrida*) 在生境选择上也存在较好的伴生关系; 偏向浅水的沼泽草甸活动的伴

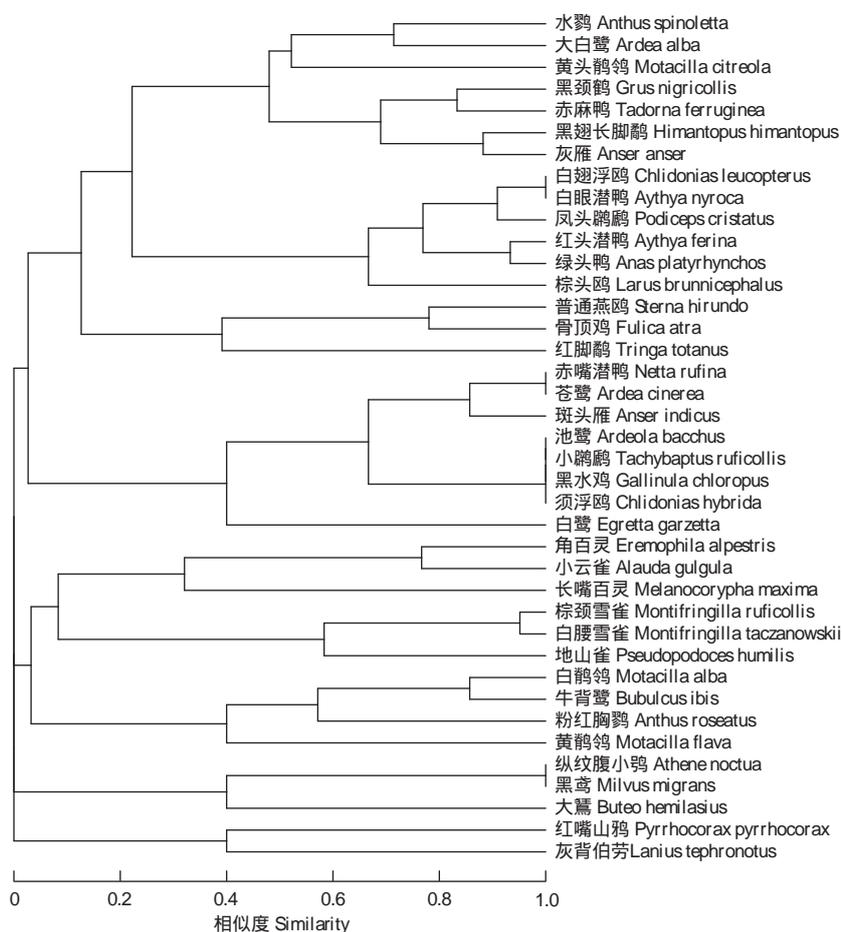


图 3 若尔盖湿地鸟类伴生群聚类分析图

Fig.3 Hierarchical clustering based on Bray-Curtis dissimilarity of associated bird species in Zoige plateau wetland

生群包括水鹀(*Anthus spinoletta*)、大白鹭(*Ardea alba*)、黄头鹡鸰(*Motacilla citreola*)、黑颈鹤(*Grus nigricollis*)、赤麻鸭(*Tadorna ferruginea*)、黑翅长脚鹬(*Himantopus himantopus*)和灰雁(*Anser anser*);在雀形目鸟类中,棕颈雪雀(*Montifringilla ruficollis*)、白腰雪雀(*Montifringilla taczanowskii*)和地山雀(*Pseudopodoces humilis*)则存在较好的伴生关系,角百灵和小云雀之间的生境选择相似度也很高。

### 3.4 优势种或种团的分布

根据群落结构组成的分析结果,各个梯度生境中的优势种在两个地点上有着很好的共性(表3)。以各个梯度生境中的优势种为基础,考虑伴生关系聚类分析的结果(图3),将各个群落中种间具有伴生关系(相似度大于50%)的多个优势种合为一个种团,确定出4个优势种或种团:红脚鹬、长嘴百灵、角百灵/小云雀、雪雀/地山雀;由于水禽类随着湿地退化梯度变化显著,也作为一个生态类型的种团。这5个类群在花湖和阿孜站两个地点不同退化梯度生境中的数量比例高度一致,故将两地点数据合并后,分析这5个类群在4种退化演替生境中的分布情况。如图4所示,在高原湿地从I型到II型再到III型,水禽种团或红脚鹬数量比例逐步减少,水禽种团在I型生境中优势明显(数量比例占90.6%);“雪雀/地山雀”种团,从II型到III型再到IV型,数量比例增加明显,在IV型生境中优势明显(76.8%);在III型生境中,“角百灵/小云雀”种团优势明显,占62.1%。在II型生境中,有3个类群鸟类数量较多,为长嘴百灵(30.2%)、角百灵/小云雀(26.2)和水禽(25.4%),其中后两类在III型和I型生境中最为优势,在II型中是次要类群,而长嘴百灵是II型生境中的特征类群。

## 4 讨论

以往的调查表明,若尔盖高原湿地夏季分布有26种水禽和7种猛禽<sup>[20]</sup>;张国钢等<sup>[21]</sup>调查表明,鸟类进入繁殖期,若尔盖湿地5月份水鸟的种类数不高,有19种,数量与春秋季节比较急剧降低,但5月份多样性指数在各季节中是最高的。本次调查在5月底若尔盖湿地观测到水禽24种,其中以往调查记录的湿地常见种类在本次调查中均被统计到。由于本次调查只记录地面上栖息活动的鸟类,因此猛禽只统计到3种。总体上看,虽然个别鸟种在不同地点的记录与历史调查结果有出入,本次调查整体上能够反映若尔盖湿地夏季鸟类群落的实际情况。

### 4.1 湿地退化对鸟类群落结构的影响规律

从本研究在若尔盖高原湿地的调查结果可以看出,湖泊湿地(花湖)比河流湿地(阿孜站)典型湿地(I型)生境中栖息的鸟类物种数更多(25种>11种),多样性指数也更高(2.6951 > 2.0712),其中主要是水禽,湖泊湿地会栖息更丰富、更多的水鸟。湿地水分条件是直接或间接影响湿地鸟类组成和丰富度的主要因子<sup>[2-2]</sup>。水位变化改变着生境的物理结构(植被群落)和食物(种籽、块茎、无脊椎动物)可获得性,从而改变着鸟类的栖息和繁殖条件<sup>[23]</sup>。湿地水深对其中栖息的鸟类的种类和数量影响很大,鸟类物种多样性和丰富度在湿地水深10—20 cm时是最大的<sup>[24-26]</sup>。对草海5种生境的鸟类群落研究结果也表明,浅水区是水禽物种多样性最丰富的区域<sup>[19]</sup>。在我们对若尔盖高原湿地的调查结果表明,同一地点,随着湿地退化演替、地表水量的减

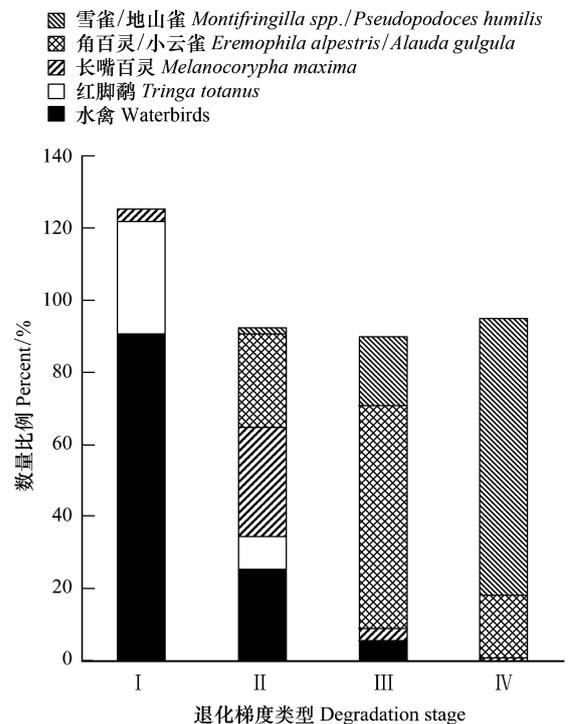


图4 鸟类主要种或种团在湿地退化梯度生境中的分布

Fig. 4 Proportions of dominant species or groups in four degradation gradients of plateau wetland

少,生境中的鸟类物种丰富度和群落多样性指数均逐步减小。从具体的群落物种组成上看,这种随着水分条件变化的减少,主要是水禽的减少。花湖 I 型湿地水禽的种类(占 92%)和数量(占 97.8%)在群落中有绝对优势,而随着水量减少,成为地表季节性积水的生境(II 型)后,水禽的比例大幅度下降,种类占 47.1%,数量占 41.1%;等到了 III 型生境,地表无积水,水禽基本消失,只有个别的种类会在这种草甸上觅食,群落组成也转变为高寒草甸物种,而高寒草甸本身繁殖栖息的鸟类丰富度并不高<sup>[27]</sup>。因此,高原湿地退化演替过程中,鸟类群落物种数和多样性逐步降低,主要是因为生境所能维持的水鸟的大幅度减少,水域比草甸能为鸟类提供更多的食物资源和隐蔽所。河流湿地(阿孜站)本身维持的水禽种类和数量相对较少,在随着湿地退化演替,水禽很快随着湿地变干而明显减少,在 III 型阶段就已经基本消失。

一个区域当前的鸟类群落结构,是该地原来存在的鸟类群落在目前的环境状况以及大尺度上鸟类动态变化的共同作用下形成的<sup>[28]</sup>,这在群落演替梯度上尤为明显。常家传等<sup>[29]</sup>比较群落相似性,三种连续的森林演替阶段中鸟类群落存在这种过渡性变化。高原湿地退化演替过程中也是如此,鸟类群落结构在演替不同阶段间是有传承的,相接替的两个梯度上群落相似度会更大些。

虽然若尔盖高原上的湖泊湿地和河流湿地所栖息的鸟类种类和数量的差别较大,尤其是在 I 型和 II 型阶段,但随着湿地退化演替,无论是湖泊湿地还是河流湿地,都表现出一致性的规律,即从梯度 I 型到 IV 型生境,鸟类的物种数下降,水禽减少,群落多样性指数逐渐下降,优势度指数逐渐增大;而且湖泊湿地和河流湿地退化梯度生境中的优势种表现出很高的同一性,都有相同的优势种或种团。

#### 4.2 鸟类群落优势种变动的因素

湿地鸟类群落与当地的生境特征尤其是植被特征密切相关,这些生境能为生活在其中的鸟类提供觅食、筑巢、栖息的条件<sup>[10]</sup>。在高原湿地退化过程中,湿地鸟类群落的物种组成发生明显的改变,群落的优势种也发生了很大的变化。在 I 型典型湿地中,雁鸭类、鸥类、鸬鹚类丰富,但数量最多的是红脚鹬,尤其是在浅水区和河流湿地,红脚鹬都是群落中最为优势的物种;在明水面积较大的花湖,骨顶鸡是仅次于红脚鹬的第二优势种。红脚鹬营巢在浅水边缘杂草丛中<sup>[30]</sup>,骨顶鸡巢为近圆形盘状漂浮巢,偏好植被盖度与明水面占比适中的生境筑巢<sup>[31]</sup>,花湖湿地和阿孜站河流湿地为这两种鸟提供了很好的筑巢环境。随着高寒湿地的退化,明水面的减少,草地生活的雀形目百灵科、鹌鹑科鸟类开始数量增多;到 III 型草甸生境,百灵科鸟类数量进一步增多。长嘴百灵、小云雀和角百灵是高原湿地草甸地区三种最为常见的百灵科鸟类,虽然它们的营巢类型均为地面开放巢,但巢址选择或营巢生境各有不同<sup>[27, 32]</sup>。长嘴百灵是高寒沼泽化草甸的优势种,在沼泽化草甸的“塔头”上营杯状巢<sup>[33]</sup>;角百灵和小云雀在矮嵩草草甸营巢<sup>[32]</sup>。这就造成了在“塔头”特征明显的 II 型湿地中,长嘴百灵为群落最为优势物种,而在 III 型草甸生境中,优势种转变为小云雀和角百灵。角百灵的大多数巢都建立在植被高度和覆盖度相对低的草甸地面上,巢周围没有避护所或遮挡物;小云雀的大多数巢建立在植被高度和覆盖度比较高的草甸地面上,并且巢的周围有较高数量的避护所或遮挡物<sup>[34]</sup>。我们调查的 III 型生境中,花湖草甸放牧压力大,植被低矮平坦,阿孜站的草甸有较多的高草,这就造成花湖地点角百灵比例最高,玛曲阿孜站点小云雀数量最多。随着湿地进一步退化演替,雪雀类数量开始增多,到完全干涸、过渡放牧、草场退化、鼠害严重的 IV 型退化湿地中,群落优势种转变为雪雀类和地山雀,而且优势度明显。雪雀筑巢于废弃鼠洞、墙洞,为“鸟鼠同穴”物种<sup>[35]</sup>,地山雀也多营巢于鼠兔洞或土坑废洞内,也可挖掘筑巢洞穴<sup>[36]</sup>,退化严重的 IV 型生境为这三种鸟类提供了很好的筑巢栖息条件。因此,高原湿地退化过程中鸟类群落优势种的转变是鸟类营巢环境要求与湿地退化中环境的改变相适应的结果。除了巢址选择要求,食物资源分布也是高原湿地退化过程中鸟类群落组成改变的另一主要因素,在中度和重度退化生境中,随着鼠兔的增多,群落中出现了几种可以捕食鼠兔的猛禽。

#### 4.3 利用鸟类对高原湿地退化状态进行监测和评价

如何确定一种简单且行之有效的湿地状态监测与评价方法很有意义。鸟类更容易引起公众关注,用鸟类调查结果来指示环境变化,比其它传统的生物指示方法更合算<sup>[37]</sup>。Mistry 等<sup>[10]</sup>认为特定的湿地特征为某特

定的鸟类提供了很好的繁殖和觅食条件,因此可以筛选出与不同湿地状况相对应的鸟类物种名录,用于对湿地状况的监测和评价。基于我们的调查分析,我们提出可以利用鸟类来对高原湿地退化状况进行有效的监测评价:在繁殖鸟类最为活跃的5月,对高原湿地鸟类群落进行调查;如果红脚鹬或水禽类在群落中为最大优势种或种团时,高原湿地为典型湿地类型,湿地状况良好;长嘴百灵在群落中为最大优势种时,该高原湿地为季节性沼泽类型;当小云雀/角百灵为群落最大优势种团、生境中很多见时,预示着高原湿地已经中度退化,向草甸转变;群落中最大优势种团为雪雀类/地山雀时,该湿地已经重度退化,转变为高山草甸类型。

**致谢:**湿地退化演替不同阶段的划分和植物样方的调查,是在兰州大学生命科学学院马妙君教授指导下完成的,中国林业科学研究院林英华研究员、四川省林草局野保站顾海军站长对研究给予帮助,特此致谢。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] 张晓云, 吕宪国, 顾海军. 若尔盖湿地面临的威胁、保护现状及对策分析. *湿地科学*, 2005, 3(4): 292-297.
- [ 2 ] 王元云, 何奕忻, 鞠佩君, 朱求安, 刘建亮, 陈槐. 层次分析法在若尔盖湿地退化研究中的应用. *应用与环境生物学报*, 2019, 25(1): 46-52.
- [ 3 ] 白军红, 欧阳华, 崔保山, 王庆改, 陈辉. 近40年来若尔盖高原高寒湿地景观格局变化. *生态学报*, 2008, 28(5): 2245-2252.
- [ 4 ] 田应兵. 若尔盖高原湿地不同生境下植被类型及其分布规律. *长江大学学报: 自科版*, 2005, 2(2): 1-5.
- [ 5 ] Ma M J, Zhou X H, Du G Z. Soil seed bank dynamics in alpine wetland succession on the Tibetan Plateau. *Plant and Soil*, 2011, 346(1-2): 19-28.
- [ 6 ] 李宏林, 徐当会, 杜国祯. 青藏高原高寒沼泽湿地在退化梯度上植物群落组成的改变对湿地水分状况的影响. *植物生态学报*, 2012, 36(5): 403-410.
- [ 7 ] Xu D H, Li H L, Fang X W, Li J H, Bu H Y, Zhang W P, Wang J J, Si X L. Responses of plant community composition and eco-physiological characteristics of dominant species to different soil hydrologic regimes in alpine marsh wetlands on Qinghai-Tibetan Plateau, China. *Wetlands*, 2015, 35(2): 381-390.
- [ 8 ] 邵珍珍, 吴鹏飞. 小型表栖节肢动物群落对高寒湿地退化的响应. *生态学报*, 2019, 39(19): 6990-7001.
- [ 9 ] Tang J, Ding X, Wang L M, Xu Q R, Yang Z R, Zhao J, Sun Q, Feng S, Zhang J. Effects of wetland degradation on bacterial community in the Zoige Wetland of Qinghai-Tibetan Plateau (China). *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 2012, 28(2): 649-657.
- [ 10 ] Mistry J, Berardi A, Simpson M. Birds as indicators of wetland status and change in the North Rupununi, Guyana. *Biodiversity and Conservation*, 2008, 17(10): 2383-2409.
- [ 11 ] Smith A C, Fahrig L, Francis C M. Landscape size affects the relative importance of habitat amount, habitat fragmentation, and matrix quality on forest birds. *Ecography*, 2011, 34(1): 103-113.
- [ 12 ] Padoa-Schioppa E, Baietto M, Massa R, Bottoni L. Bird communities as bioindicators: the focal species concept in agricultural landscapes. *Ecological Indicators*, 2006, 6(1): 83-93.
- [ 13 ] 崔鹏, 邓文洪. 鸟类群落研究进展. *动物学杂志*, 2007, 42(4): 149-158.
- [ 14 ] Hunter W C, Anderson B W, Ohmart R D. Avian community structure changes in a mature floodplain forest after extensive flooding. *Journal of Wildlife Management*, 1987, 51(2): 495-502.
- [ 15 ] Finch D M. Positive associations among riparian bird species correspond to elevational changes in plant communities. *Canadian Journal of Zoology*, 1991, 69(4): 951-963.
- [ 16 ] Hoyer M V, Canfield Jr D E. Bird abundance and species richness on Florida lakes: influence of trophic status, lake morphology, and aquatic macrophytes. *Hydrobiologia*, 1994, 279-280(1): 107-119.
- [ 17 ] Craig R J, Barclay J S. Seasonal dynamics of bird populations in small New England wetlands. *Wilson Bulletin*, 1992, 104(1): 148-155.
- [ 18 ] 董昭林, 张天双. 若尔盖湿地资源概况及保护利用措施. *草业与畜牧*, 2012, (7): 37-39, 44-44.
- [ 19 ] 张海波, 粟海军, 刘文, 张明明, 李筑眉. 草海国家级自然保护区冬季主要水鸟群落结构与生境的关系. *生态与农村环境学报*, 2014, 30(5): 601-607.
- [ 20 ] 杨旭煜, 戴波, 隆廷伦, 王顺洋, 张荣亮, 熊清泉, 五一, Scott D A. 若尔盖沼泽冬夏季水禽和猛禽的调查. *四川师范学院学报: 自然科学版*, 1997, 18(1): 10-13.
- [ 21 ] 张国钢, 戴强, 刘冬平, 侯韵秋, 陆军, 沈尤, 杜科. 若尔盖湿地水鸟资源季节变化. *动物学杂志*, 2013, 48(5): 742-749.
- [ 22 ] Osiejuk T S, Kuczyński L, Jermaczek A, Tr Yjanowski P. The effect of water conditions on breeding bird communities of pastures, meadows, and

- shrub habitats in the Słońsk reserve, NW Poland. *Biologia Bratislava*, 1999, 54: 207-214.
- [23] Paillisson J M, Reeber S, Marion L. Bird assemblages as bio-indicators of water regime management and hunting disturbance in natural wet grasslands. *Biological Conservation*, 2002, 106(1): 115-127.
- [24] Nagarajan R, Thiyagesan K. Waterbirds and substrate quality of the Pichavaram wetlands, southern India. *IBIS*, 1996, 138(4): 710-721.
- [25] Elphick C S, Oring L W. Winter management of Californian rice fields for waterbirds. *Journal of Applied Ecology*, 1998, 35(1): 95-108.
- [26] Taft O W, Colwell M A, Isola C R, Safran R J. Waterbird responses to experimental drawdown: Implications for the multispecies management of wetland mosaics. *Journal of Applied Ecology*, 2002, 39(6): 987-1001.
- [27] 张晓爱. 高寒草甸十种雀形目鸟类繁殖生物学的研究. *动物学报*, 1982, 28(2): 190-199.
- [28] Knick S T, Hanser S E, Grace J B, Hollenbeck J P, Leu M. Response of bird community structure to habitat management in piñon-juniper woodland-sagebrush ecotones. *Forest Ecology and Management*, 2017, 400: 256-268.
- [29] 常家传, 鲁长虎, 刘博文, 许青. 红松林不同演替阶段夏季鸟类群落研究. *生态学杂志*, 1997, 16(6): 1-5.
- [30] 王岐山, 马鸣, 高育仁. 中国动物志 鸟纲 第 5 卷 鹤形目、鸨形目、鸥形目. 北京: 科学出版社, 2006: 316-320.
- [31] 肖玥, 赵晨皓, 刘伟, 吴永杰, 冉江洪. 若尔盖湿地骨顶鸡的繁殖生态及适应性探讨. *四川动物*, 2017, 36(2): 217-222.
- [32] 赵亮, 张晓爱. 角百灵和小云雀的巢址选择与竞争共存. *动物学研究*, 2004, 25(3): 198-204.
- [33] 邓合黎, 张晓爱. 长嘴百灵繁殖生物学的研究//高原生物学集刊第八集. 北京: 科学出版社, 1988: 51-58.
- [34] 张晓爱, 刘泽华, 赵亮, 王爱真, 雷富民. 青藏高原常见雀形目鸟类的筑巢特征. *动物学研究*, 2006, 27(2): 113-120.
- [35] 傅桐生, 宋榆钧, 高玮. 中国动物志 鸟纲 第 14 卷, 雀形目 文鸟科、雀科. 北京: 科学出版社, 1998: 38-43.
- [36] 陈服官, 罗时有. 中国动物志 鸟纲 第 9 卷, 雀形目 太平鸟科-岩鹳科. 北京: 科学出版社, 1998: 180-182.
- [37] Vaughan I P, Noble D G, Ormerod S J. Combining surveys of river habitats and river birds to appraise riverine hydromorphology. *Freshwater Biology*, 2007, 52(11): 2270-2284.