

•研究报告•

青海三江源国家级自然保护区麦秀分区鸟类多样性空间格局及热点区域研究

梁健超¹ 丁志锋¹ 张春兰¹ 胡慧建^{1*} 朵海瑞^{2*} 唐虹³

1 (广东省生物资源应用研究所, 广东省动物保护与资源利用重点实验室, 广东省野生动物保护与利用公共实验室, 广州 510260)

2 (北京林业大学自然保护区学院, 北京 100083)

3 (广东省珠海淇澳-担杆岛省级自然保护区, 珠海 519000)

摘要: 生物多样性分布格局与热点区域的评估与确定是生物多样性保护规划的基础。三江源地区位于青藏高原腹地的长江、黄河、澜沧江源头汇水区, 是世界上高原物种最丰富、最集中的区域之一。本文在对三江源国家级自然保护区麦秀分区鸟类资源全面调查的基础上, 利用GAP分析和空间自相关分析对鸟类丰富度的空间分布格局与热点区域进行了探讨, 并对当前功能区划下的保护空缺进行了分析。结果表明: (1)调查期间共记录鸟类89种, 隶属10目29科57属, 其中列入《国家重点保护野生动物名录》的12种, 列入《濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)》附录I、II的11种; (2)不同环境梯度间鸟类群落组成差异显著, 低海拔的森林生境物种多样性要明显高于高海拔的草原草甸生境; (3)鸟类丰富度的空间格局表现为从东北部的峡谷林区分别往西北、东南部冰川雪山递减; 濒危保护鸟类的热点区域集中分布在西南部高山草甸, 与全部鸟类的热点区域之间存在明显差异; (4)麦秀分区核心区范围与全部鸟类的多样性热点区域的分布一致, 但未能覆盖濒危保护鸟类的热点区域, 可能不利于濒危鸟类的保护。本研究结果有助于保护区划的修订与完善, 同时亦能为小尺度下生物多样性保护规划的研究提供有益参考。

关键词: 鸟类多样性; 空间格局; 热点区域; 空间自相关; GAP分析; 三江源地区

Bird diversity spatial distribution patterns and hotspots in Maixiu Area of Sanjiangyuan National Nature Reserve, Qinghai Province

Jianchao Liang¹, Zhifeng Ding¹, Chunlan Zhang¹, Huijian Hu^{1*}, Hairui Duo^{2*}, Hong Tang³

1 Guangdong Key Laboratory of Animal Conservation and Resource Utilization, Guangdong Public Laboratory of Wild Animal Conservation and Utilization, Guangdong Institute of Applied Biological Resources, Guangzhou 510260

2 School of Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083

3 Guangdong Zhuhai Qi'ao-Dan'gan Island Provincial Nature Reserve, Zhuhai, Guangdong 519000

Abstract: Assessing and determining patterns and hotspots of biodiversity are the foundation of biodiversity conservation planning. Situated in the hinterland of the Qinghai-Tibetan Plateau, and being the source of the Yangtze, Yellow and Lancang rivers, the Sanjiangyuan region is considered to be one of the most abundant and concentrated areas of plateau species worldwide. We conducted bird censuses in the Maixiu Area of Sanjiangyuan National Nature Reserve in March, May and August of 2014. We examined the spatial patterns and identified bird community hotspots, and the conservation gaps of current zoning. Our results showed that: (1) there were 89 bird species in the Maixiu Area belonging to 10 orders, 29 families and 57 genera, among which 12 species belonged to the List of Key Protected Wild Animals of China and 11 species were listed in appendices I and II of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES); (2) there were differences in bird community composition among habitat types and along an elevational gradient, and bird diversity in low altitude, forest habitats was higher than that found in high altitude, meadow habitats; (3) bird diversity decreased from forest to glaciers and snowberg, and from northeast to northwest and southeast; hotspots of endangered birds were concentrated in southwestern alpine meadows,

收稿日期: 2016-09-07; 接受日期: 2017-01-26

基金项目: 国家自然科学基金(31400361)

* 共同通讯作者 Co-authors for correspondence. E-mail: 13922339577@139.com; duohr@163.com

which differed from the hotspots of the overall bird community; and (4) the core zone of the reserve matched the hotspots of overall birds well, but failed to match the hotspots of endangered birds, which might be not conducive to their protection. Our results may help to make more effective decisions for biodiversity conservation in this region.

Key words: bird diversity; spatial patterns; hotspots; spatial autocorrelation; GAP analysis; Sanjiangyuan region

生物多样性是人类赖以生存和发展的基础, 人口膨胀、生境破碎化、资源过度利用等一系列问题给全球生物多样性带来前所未有的巨大威胁(万本太等, 2007)。如何利用有限的保护力量实现最佳的保护效果一直是保护生物学的热点研究问题(Wilson et al, 2007)。对多样性空间格局及热点区域进行评估与确定是当前生物多样性保护决策中最为直观有效的方法(李智琦等, 2010)。热点区域是指物种种类丰富或特有、稀有物种分布集中的区域(Reid, 1998; Grenyer et al, 2006), 该概念反映了保护的有效性和优先性原则, 自提出以来便得到广泛认可与关注(Myers, 1988), 目前研究者已经对热点区域的评价标准(Wu TY et al, 2013)、研究方法(栾晓峰等, 2009; Costa et al, 2010; Behera & Roy, 2010)、动态变化(Reddy et al, 2016)等方面进行了大量探讨, 成果丰富。然而, 这些研究大都在较大尺度范围下进行, 物种的分布信息主要依靠文献著作、调查报告或专家估计而获得, 具有一定的时空局限性及主观性(李迪强和宋延龄, 2000; 李智琦等, 2010)。在相对较小尺度下的(如自然保护区尺度)实践中, 这些数据往往会由于缺失或达不到精确分析的要求等问题, 而无法反映出物种的真实分布格局, 为保护决策带来困难。因此, 如何在小尺度范围内确定热点区域是目前多样性保护规划中亟待探讨的问题。

青海三江源国家级自然保护区地处青藏高原腹地的长江、黄河、澜沧江源头区域, 总面积15.23万 km², 是我国最大的天然湿地分布区和高原高寒草原区(陈孝全和苟新京, 2002), 素有“中华水塔”之称。保护区由18个相对独立的保护分区构成, 从高原湿地到山地森林, 各分区自然环境复杂多样, 共同孕育出世界上海拔最高, 高原物种最为丰富、集中的生物资源宝库, 在生物多样性保护方面具有重要意义。现有关于三江源地区的调查研究大都着眼于全局范围内物种资源的概况, 而对各分区特有环

境下的多样性分布格局缺乏关注, 特别是专门针对鸟类多样性热点区域的研究甚少。鸟类作为食物链中的中、高级消费者, 其数量与分布特征对生态系统中其他各成员的状况具有重要指示作用(Padoa-Schioppa et al, 2006)。

本文以三江源国家级自然保护区麦秀分区为研究地, 在野外实地调查的基础上, 利用GAP分析对鸟类丰富度空间格局进行评估, 并通过空间自相关分析识别出多样性的热点区域, 据此对当前功能区划进行保护空缺性分析, 拟为该区域生物多样性评估、保护资源的优化配置提供科学依据, 同时也是对小尺度下生物多样性保护规划作出的一次有益探索。

1 研究地概况

三江源国家级自然保护区麦秀分区位于青海黄南州泽库县境内, 地处34°44'–35°30' N, 101°22'–102°07' E, 总面积2,684.38 km², 是黄河一级支流隆务河源头区域。麦秀分区整体地势南高北低, 隆务河源头麦秀河及扎毛曲分别从东部与北部穿横而过, 形成了两大集中的高寒森林区, 是黄河上游流域重要的水源涵养地。隆务河上游其他支流在麦秀分区西部纵横交织, 形成广袤的高寒草甸湿地景观。分区内气候属典型的高原大陆性气候; 年平均气温2.8℃, 最暖月(7月)平均气温14.2℃; 最冷月(1月)平均气温–10.1℃; 年降水量530 mm (周华卿和樊国有, 2011)。

麦秀分区海拔范围2,800–4,428 m, 植被分布的垂直地带性明显, 由低至高大致分为温性针阔叶混交林、寒温性针叶林、亚高山落叶阔叶灌丛、高寒草甸及高山垫状植被。主要优势乔木有祁连圆柏(*Sabina przewalskii*)、青海云杉(*Picea crassifolia*)、紫果云杉(*P. purpurea*)、白桦(*Betula platyphylla*)等; 灌木有山生柳(*Salix oritrepha*)、杜鹃(*Rhododendron* spp.)、小叶金露梅(*Potentilla parvifolia*)、鲜卑花

(*Sibiraea laevigata*)、绣线菊(*Spiraea* spp.)等; 草甸植物以委陵菜(*Potentilla* spp.)、马先蒿(*Pedicularis* spp.)、棘豆(*Oxytropis* spp.)、薹草(*Carex* spp.)、嵩草(*Kobresia* spp.)等为主。

2 研究方法

2.1 鸟类调查

采用样线法进行鸟类调查。为使样线在空间上均匀分布, 将麦秀分区划分为27个10 km × 10 km的网格, 每个网格内依据地形地貌、植被类型及环境可达性设置调查样线1条(图1)。样线长度约6–10 km, 单侧宽度在50–100 m之间(根据地形与生境差异而定)。全区样线总长201.8 km, 涵盖了整个保护分区的所有生境类型。所有样线均进行3次调查, 时间分别为2014年3月14–30日, 5月23日至6月7日, 8月23日至9月6日, 每天调查时间为7:00–11:00和15:00–18:00; 在森林及灌丛等视野受限生境, 采取徒步调查方式, 行进速度一般为1–2 km/h; 草原、草甸等地形开阔生境以车行与步行相结合的方式进行调查, 行进速度约5–10 km/h, 调查时以双筒望远镜和单筒望远镜观察并辅以鸣声辨别, 记录样线上遇到鸟类的种类、个体数量、栖息生境及海拔高度。

2.2 数据统计

根据麦秀分区的地形地貌、植被、水文特征, 结合鸟类的生态习性, 将其栖息生境划分为森林、灌丛、草原草甸、湿地4种生态类型进行研究, 其中森林生境指以寒温性针叶林为主的高寒森林; 灌丛生境指区内的亚高山落叶灌丛植被; 草原草甸类生境包括区内高寒草原、高寒草甸、高山垫状植被及流石滩等以草本植物为主的生境; 湿地生境包括区内隆务河各级支流、高山湖泊及滩涂等涉水环境。根据麦秀分区海拔范围(2,800–4,428 m), 在参考前人研究的基础上(Fu et al, 2006; Acharya et al, 2011), 以200 m为间隔对鸟类栖息的垂直海拔段进行划分, 其中2,800–3,000 m与4,400–4,428 m的海拔段在分区内所占面积极小(两者均不足5 km²), 因此将这两者分别与3,000–3,200 m及4,200–4,400 m海拔段合并为< 3,200 m海拔段和> 4,200 m海拔段进行研究。分别统计不同生境类型及海拔梯度中鸟类群落的种类组成及数量, 通过计算各生境类型及海拔梯度鸟类群落丰富度、密度、Shannon-Wiener多样性指数(*H'*)、Pielou均匀度指数(*J_{sw}*)以及Sorensen相似性指数(*C_s*)(马克平和刘玉明, 1994; 马克平等, 1995), 对麦秀分区的鸟类多样性进行分析。

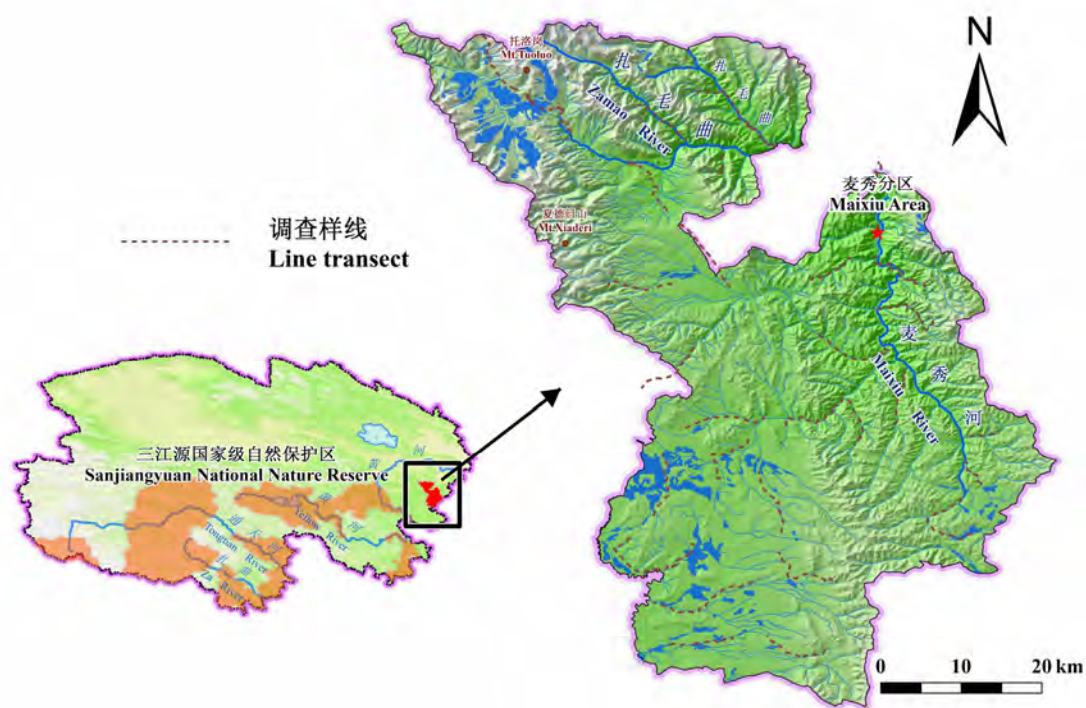


图1 研究区位置及调查样线示意图
Fig. 1 Location of the study area and the line transect

2.3 鸟类丰富度分布格局预测

通过GAP分析方法获得鸟类丰富度分布格局(刘吉平等, 2005; 肖海燕等, 2006), 该方法对物种分布的预测是基于以下外推原理: 如果物种实际分布在某种生境条件组合, 那么没有实际调查的所有具有类似生境组合的区域均可能为物种的潜在分布区(李晓文等, 2007)。具体过程为: 利用ArcGIS软件将麦秀分区划分为1 km × 1 km的等面积栅格2,826个, 将栅格图与数字化植被图和高程图进行叠加分析, 得到每个栅格对应的生境类型与海拔的属性表, 其中生境类型用1和0分别表示其在该栅格中出现与否, 海拔采用数字1–7对海拔段进行编码。根据野外实地调查数据, 确定麦秀分区内各鸟类出现的生境类型及海拔范围, 建立鸟类与环境的关系模型, 其中海拔范围定义为物种分布的海拔上限减去海拔下限(Colwell et al, 2004; Wu YJ et al, 2013)。在此基础上, 通过对栅格属性表的逻辑运算分别筛选出每种鸟类可能会出现的栅格, 并进行赋值, 出现为1, 否则为0。最后对各鸟类赋值数据叠加计算即得出每个栅格内出现鸟类的物种数, 从而获得整个麦秀分区的鸟类丰富度分布格局(张有瑜等, 2008; 刘吉平和吕宪国, 2011; 张殷波等, 2014)。

2.4 空间自相关及热点区域分析

空间自相关是指同一变量在不同空间位置上的相关性, 包括全局与局部两种分析方法, 前者与一般统计学中的相关系数类似, 使用单一的值来反映整体的自相关程度, 从而揭示整个研究区域的空间模式; 后者计算每一单元与其邻近单元就某一属性的相似性, 用以确定与识别空间聚集的分布(张松林和张昆, 2007)。局部空间自相关分析在疾病预防(曹磊等, 2015)、城市规划(胡明星, 2010)、经济管理(杜挺等, 2014)、生态保护(徐佩等, 2013)等领域已得到极为广泛的应用, 其中以Getis-Ord G_i^* 系数最为常用, 它是一种基于距离权重矩阵的局部空间自相

关指标, 能识别具有统计显著性的热点与冷点空间聚类。因此, 本文利用局部空间自相关分析对鸟类多样性热点区域进行识别与分析, 在对鸟类丰富度空间格局的预测基础上, 通过ArcGIS软件中的Spatial Statistic模块计算各空间单元的局部自相关 G_i^* 系数, 以其中的显著高值聚集区作为热点区域, 较显著高值聚集区作为次热点区域(张松林和张昆, 2007), 得到麦秀分区鸟类多样性热点区域的分布特征, 并以此与现有保护区功能区划对比, 进行保护空缺性分析。

3 结果

3.1 鸟类组成

在麦秀分区内共记录到鸟类89种, 隶属于10目29科57属, 其中12种列入《国家重点保护野生动物名录》、11种列入《濒危野生动植物种国际贸易公约(CITES)》附录I、II中, 主要为猛禽和雉类, 如高山兀鹫(*Gyps himalayensis*)、秃鹫(*Aegypius monachus*)、草原雕(*Aquila nipalensis*)、红隼(*Falco tinnunculus*)、藏雪鸡(*Tetraogallus tibetanus*)、蓝马鸡(*Crossoptilon auritum*)等。

3.2 鸟类多样性水平分布

麦秀分区的4种生境中, 林区面积虽然所占比例不大, 但其鸟类丰富度、密度及多样性指数均为最高(表1)。灌丛是分布于森林与草原、草甸之间的一种过渡性生境, 在植被表征上更接近于森林, 同样具有较高的鸟类多样性。草原、草甸区的鸟类丰富度仅次于林区, 但该生境是分区内分布最为广泛、面积最大的类型, 其物种密度不高, 且种间数量差异较大, 褐背拟地鸦(*Pseudopodoces humilis*)、棕颈雪雀(*Montifringilla ruficollis*)、白腰雪雀(*M. taczanowskii*)等种群数量大的小型鸟类优势明显, 使得其群落多样性及均匀度均远低于森林与灌丛生境。湿地生境中鸟类的组成最为简单, 丰富度与

表1 不同生境类型鸟类群落多样性
Table 1 Bird diversity indices of different habitats

生境类型 Habitat type	面积 Area (km ²)	物种丰富度 Species richness	密度 Density (species/km ²)	Shannon-Wiener多样性指数 Shannon-Wiener diversity index (H')	均匀度指数 Evenness index (J_{sw})
森林 Forest	126.6	48	0.379	3.134	0.938
灌丛 Bush	653.2	42	0.064	2.925	0.900
草甸草原 Meadow	1,613.2	46	0.028	2.093	0.547
湿地 Wetland	291.4	22	0.075	2.156	0.697

表2 不同生境类型鸟类共有种(对角线上)和群落相似性(对角线下)

Table 2 Number of mutual species (above the diagonal) and similarity (Sorensen's index, below the diagonal) of bird community between different habitats

生境类型 Habitat type	森林 Forest	灌丛 Bush	草甸草原 Meadow	湿地 Wetland
森林 Forest	—	30	19	8
灌丛 Bush	0.667	—	16	9
草甸草原 Meadow	0.404	0.364	—	15
湿地 Wetland	0.228	0.282	0.442	—

多样性指数均处于较低水平。

除森林与灌丛由于植被表征相近, 具有较高的鸟类群落相似性外(0.667), 其他各生境间鸟类群落组成差异较大(表2)。

3.3 鸟类多样性垂直分布

鸟类的丰富度、密度、Shannon-Wiener多样性指数、均匀度指数沿海拔从低到高整体上均呈递减的趋势, 即在最低海拔处于最大值而在最高海拔达到最小值(表3)。

表3 不同海拔梯度鸟类群落多样性

Table 3 Bird diversity indexes at different altitudes

海拔梯度 Altitude gradient	面积 Area (km ²)	物种丰富度 Species richness	密度 Density (species/km ²)	Shannon-Wiener多样性指数 Shannon-Wiener diversity index (<i>H'</i>)	均匀度指数 Evenness index (<i>J_{sw}</i>)
< 3,200 m	40.0	51	1.275	3.193	0.812
3,200–3,400 m	109.0	50	0.458	3.251	0.831
3,400–3,600 m	438.8	39	0.088	2.295	0.626
3,600–3,800 m	1,067.0	36	0.034	1.947	0.543
3,800–4,000 m	450.3	15	0.033	2.117	0.782
4,000–4,200 m	298.5	10	0.033	1.464	0.636
> 4,200 m	280.4	8	0.028	0.982	0.472

表4 不同海拔梯度鸟类共有种(对角线上)和群落相似性(对角线下)

Table 4 Number of mutual species (above the diagonal) and similarity (Sorensen's index, below the diagonal) of bird community between different altitudes

海拔梯度 Altitude gradient	< 3,200 m	3,200–3,400 m	3,400–3,600 m	3,600–3,800 m	3,800–4,000 m	4,000–4,200 m	> 4,200 m
< 3,200 m	—	32	24	15	6	4	1
3,200–3,400 m	0.634	—	27	18	7	4	2
3,400–3,600 m	0.534	0.607	—	23	12	8	7
3,600–3,800 m	0.344	0.419	0.613	—	12	8	7
3,800–4,000 m	0.181	0.215	0.444	0.471	—	6	4
4,000–4,200 m	0.131	0.134	0.327	0.348	0.480	—	6
> 4,200 m	0.034	0.067	0.298	0.318	0.348	0.334	—

随海拔上升, 相邻梯度间鸟类群落相似性递减(表4)。3,800 m以下是分区内林灌类生境集中分布的海拔段, 两者鸟类群落组成相近, 相邻海拔梯度间的鸟类群落具有较高的相似性。海拔超过3,800 m后, 生境转向以单一的草原、草甸为主, 相邻海拔梯度间鸟类群落差异性逐渐明显。

3.4 鸟类丰富度空间格局

全部鸟类丰富度最高在麦秀河、扎毛曲及其支流河谷处(图2a), 其次为中部的丘陵阶地。低丰富度区域主要分布于东南部与西北部托洛岗、夏德日等雪山中上段的高寒草甸及高山流石滩稀疏植被环境中。将国家重点保护鸟类以及CITES附录I、II中鸟类提取并进行丰富度分布格局分析(图2b, c), 结果显示, 两者分布格局基本一致, 但与全部鸟类丰富度格局之间具有明显的差异。在全部鸟类丰富度最高的峡谷林区中濒危保护鸟类的丰富度并不突出, 而是集中在海拔更高、生境更为简单的高山灌丛草甸区。

3.5 鸟类多样性热点区域

全部鸟类的多样性热点区域集中在北部与东

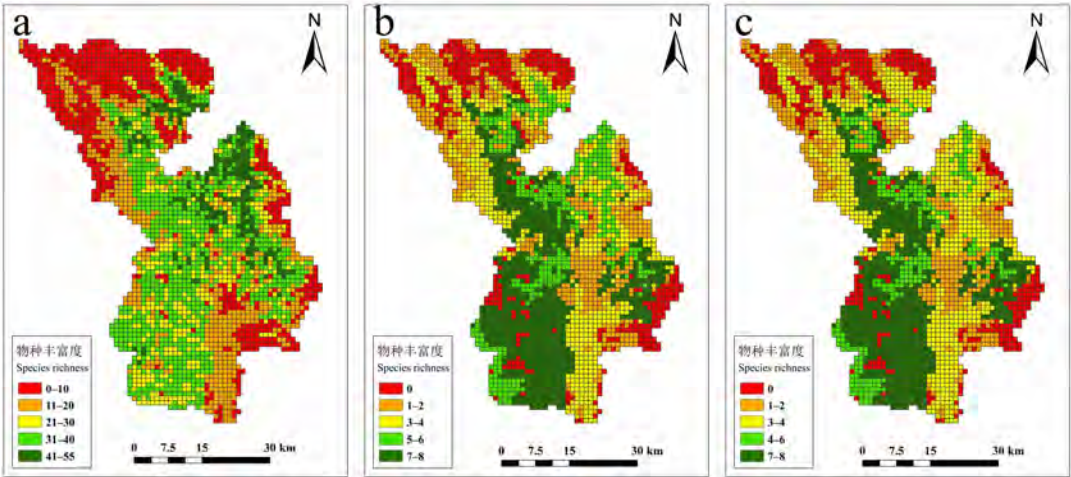


图2 麦秀分区鸟类丰富度空间分布格局。a: 全部鸟类; b: 国家重点保护鸟类; c: CITES附录I、II中的鸟类
Fig. 2 Spatial distribution patterns of bird richness in Maixiu Area. a, Overall species; b, Species belonged to the “List of Key Protected Wild Animals of China”; c, Species listed in CITES appendices I and II

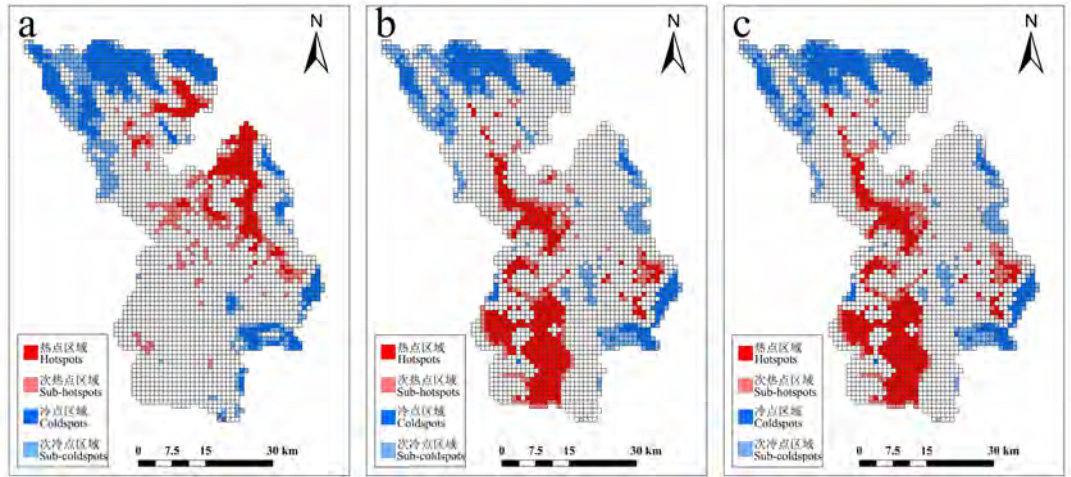


图3 麦秀分区鸟类多样性热点区域。a: 全部鸟类; b: 国家重点保护鸟类; c: CITES附录I、II中的鸟类
Fig. 3 Hotspots of bird diversity in Maixiu Area. a, Overall species; b, Species belonged to the “List of Key Protected Wild Animals of China”; c, Species listed in CITES appendices I and II

部的峡谷林区,沿河谷呈指状分布,总面积约188 km²,占麦秀分区总面积的6.65%,次热点区域包围于热点区域的外延,形成多样性的过渡地带,冷点区域主要集中在北部的高海拔的冰川雪山,面积约354 km²,占总面积的12.53% (图3a)。国家重点保护鸟类以及CITES附录鸟类的热点区域分布格局基本一致(图3b, c),集中于中部丘陵与西南部高山草原带,面积均为363 km²,占总面积的12.85%。全部鸟类的热点区域与濒危保护鸟类的热点区域在分布上存在明显差异,两者空间重叠率为0,次热点区域的重叠率为13.29%。

4 讨论与结论

麦秀分区地处青藏高原东部的黄河源头汇水区,海拔跨度大,多种生境交错并存,鸟类群落组成随环境梯度变化而表现出明显的差异。本次调查共记录到鸟类89种,占三江源保护区鸟类记录总数的37.5% (237种)(马强等, 2003),其中森林、灌丛类型生境的鸟类多样性明显高于草甸、湿地类型。生境植被特征被认为是决定鸟类群落多样性最重要的因素之一(MacArthur & MacArthur, 1961; 侯建华等, 2008; 程松林等, 2014)。林灌类生境物种组成多

样、内部结构复杂、生产力高,能提供丰富的食物资源与隐蔽条件,因此,相对于环境结构单一的草甸及湿地能支持更高的鸟类多样性,其空间分布与鸟类多样性分布格局关系密切(张跃等, 2012)。鸟类多样性的垂直变化是影响其空间分布格局的另一重要因素。麦秀分区鸟类多样性垂直格局呈单调递减模式,该结果与大多数研究所报道的单峰分布格局并不一致(Lee et al, 2004; Williams et al, 2010; Wu YJ et al, 2013),这可能与高原环境下气候条件在相对较小范围内的急剧变化有关(唐志尧和方精云, 2004),同时由于区内海拔起点较高(2,800 m),研究的海拔范围亦可能对最终观察的结果造成影响(Rahbek, 2005)。

麦秀分区全部鸟类的丰富度格局在空间上总体表现为从东北部分别向西北、东南部递减。东北部河谷是区内高寒森林集中分布区,海拔相对较低,能为多种鸟类提供栖息生境,因此物种丰富度最高;而西北、东南的冰川雪山气候恶劣,资源匮乏,只有极少数鸟类能生存,丰富度最低。全部鸟类的热点区域集中在东北部的低海拔峡谷林区,而濒危保护鸟类的热点区域集中在西南部的亚高山草甸。国外学者对不同类型的热点区域分布不一致的问题进行了大量的探讨(Lombard, 1995; Bonn et al, 2002; Orme et al, 2005),一般认为,地理环境的空间分异与不同物种在生境选择策略上的差别是造成热点区域分布差异的重要因素(Orme et al, 2005; Luo et al, 2015),在麦秀分区濒危保护的鸟类以高山兀鹫、秃鹫、草原雕、大鵟(*Buteo hemilasius*)等大型猛禽为主,在生境利用上偏好于中、高海拔开阔的高山环境。因此在制定保护规划时需要特别注意综合考虑不同物种的分布特性,以免特有或重要物种被遗漏。

功能区划是自然保护区规划管理的核心内容,科学的功能区划是保护资源合理配置的关键。在早期的保护区规划中,由于基础数据的缺失以及技术方法的限制,功能区的划分主观性较强,难以满足保护需求(呼延俊奇等, 2014)。本文在对麦秀分区鸟类热点区域识别的基础上,将热点区域与当前保护区的功能区划进行对比(图4),结果显示,核心区范围与全部鸟类多样性热点区域的分布一致,能够覆盖后者的82.98%,但却未能涵盖濒危保护鸟类的热点区域,濒危保护鸟类的热点区域中有30.03%落在

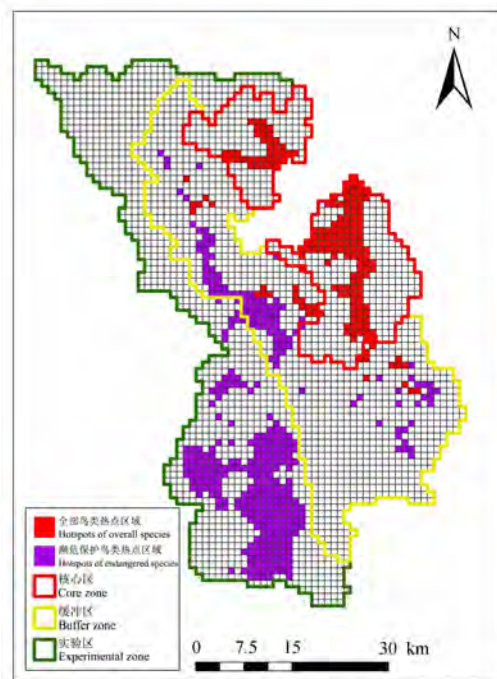


图4 麦秀分区鸟类多样性热点区域与功能区划的对比

Fig. 4 Comparison between hotspots of bird diversity and function zoning in the Maixiu Area

缓冲区内,而有69.70%被划入实验区内,仅有0.27%落在核心区中,说明当前的保护区功能区划并未充分考虑鸟类因素,可能不利于濒危鸟类的保护。濒危保护鸟类热点区域所在的西南部亚高山草甸环境除了对鸟类具有重要意义外,亦是兔狲(*Otocolobus manul*)、猞猁(*Lynx lynx*)、雪豹(*Uncia uncia*)等保护物种的主要栖息地,具有较高的保护价值,建议将其纳入核心区进行保护管理。该结果与前人基于不可替代性的三江源自然保护区功能区划中提出的核心区调整范围大致相符(曲艺等, 2011),对完善整个保护区功能区划具有积极意义,同时亦是对现有功能分区方法体系的一个重要补充。

对物种多样性格局及热点区域进行评估与识别,进而确定出优先保护区域,是生物多样性保护规划的重要途径。然而,在目前大尺度的多样性格局研究中,物种的分布信息绝大多数以行政区划作为记录单位(张有瑜等, 2008; 刘澈等, 2014; 张殷波等, 2014),这假设了物种在空间上是均匀分布的,因而在一些环境异质性强的区域(如山地、生境过渡带等)中难以适用。尤其在保护区等小范围尺度下,物种分布数据的可获得性与准确性是限制生物多

样性评估和保护工作进行的重要因素。因此, 本文以野外调查数据为基础, 利用鸟类与生境类型及海拔的关联特征对鸟类丰富度的空间格局进行预测, 并通过空间自相关分析识别出多样性热点区域。相对于单纯的行政区划分布数据叠加该方法考虑了生境条件对物种分布的限制, 提高了物种分布格局的精度(张殷波等, 2014), 结果能为生物多样性保护规划提供直观、可靠的参考。本文的研究亦存在一些不足, 文中鸟类与环境的关系是基于实地观测, 其准确性取决于调查的强度与次数, 但在自然环境复杂多样的高原地区, 由于人力、物力的限制, 短时间内掌握其详细物种信息的难度较大; 本文研究数据来自一年的野外调查, 样线布设只选择在具代表性的区域, 结果在广度与深度上可能具有一定的局限性, 给预测的准确性带来一定影响。此外, 物种生境选择是一个复杂的过程, 除生境类型与海拔外, 其他如人为干扰、生境结构等因素都可能会对物种的分布造成影响。因此, 在后续的研究中需要建立长期而稳定的监测机制并对环境因素的选择作更细致的考虑, 才能进一步提高物种分布预测的精度。

致谢: 感谢三江源麦秀保护分区管理局仁青多杰局长、周华卿副局长、樊国有主任等对本研究的大力支持, 同时感谢李晶晶、曹宏芬在野外调查中给予的帮助。

参考文献

- Acharya BK, Sanders NJ, Vijayan L, Chettri B (2011) Elevational gradients in bird diversity in the Eastern Himalaya: an evaluation of distribution patterns and their underlying mechanisms. *PLoS ONE*, 6, e29097.
- Behera MD, Roy PS (2010) Assessment and validation of biological richness at landscape level in part of the Himalayas and Indo-Burma hotspots using geospatial modeling approach. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 38, 415–429.
- Bonn A, Rodrigues ASL, Gaston KJ (2002) Threatened and endemic species: are they good indicators of patterns of biodiversity on a national scale? *Ecology Letters*, 5, 733–741.
- Cao L, Liu F, Zhang Y, Deng Y, Chen S, Zhang ZC, Zhou TC (2015) Morbidity hotspots and outliers analysis of mumps in Shaanxi Province (2009–2014). *Journal of Public Health and Preventive Medicine*, 26(5), 18–21. (in Chinese with English abstract) [曹磊, 刘峰, 张义, 邓勇, 陈飒, 张志成, 周体操 (2015) 陕西省2009–2014年流行性腮腺炎发病热点及异常点分析. *公共卫生与预防医学*, 26(5), 18–21.]
- Chen XQ, Gou XJ (2002) *Ecological Environment of Sanjiangyuan Nature Reserve*. Qinghai People's Publishing House, Xining. (in Chinese) [陈孝全, 苟新京 (2002) 三江源自然保护区生态环境. 青海人民出版社, 西宁.]
- Cheng SL, Mao YX, Yuan RB (2014) Jiangxi Wuyishan-research on the diversity of forest breeding birds in the northwest slope of Huanggangshan. *Acta Ecologica Sinica*, 34, 6963–6974. (in Chinese with English abstract) [程松林, 毛夷仙, 袁荣斌 (2014) 江西武夷山-黄岗山西北坡森林繁殖鸟类多样性调查. *生态学报*, 34, 6963–6974.]
- Colwell RK, Rahbek C, Gotelli NJ (2004) The mid-domain effect and species richness patterns: what have we learned so far? *The American Naturalist*, 163, E1–E23.
- Costa GC, Nogueira C, Machado RB, Coil GR (2010) Sampling bias and the use of ecological niche modeling in conservation planning: a field evaluation in a biodiversity hotspot. *Biodiversity and Conservation*, 19, 883–899.
- Du T, Xie XJ, Liang HY, Huang A, Han QF (2014) County economy comprehensive evaluation and spatial analysis in Chongqing City based on entropy weight-TOPSIS and GIS. *Economic Geography*, 34(6), 40–47. (in Chinese with English abstract) [杜挺, 谢贤健, 梁海艳, 黄安, 韩全芳 (2014) 基于熵权TOPSIS和GIS的重庆市县域经济综合评价及空间分析. *经济地理*, 34(6), 40–47.]
- Fu CZ, Hua X, Li J, Chang Z, Pu ZC, Chen JK (2006) Elevational patterns of frog species richness and endemic richness in the Hengduan Mountains, China: geometric constraints, area and climate effects. *Ecography*, 29, 919–927.
- Grenyer R, Orme CDL, Jackson SF, Thomas GH, Davies RG, Davies TJ, Jones KE, Olson VA, Ridgely RS, Rasmussen PC, Ding TS, Bennett PM, Blackburn TM, Gaston KJ, Gittleman JL, Owens IPF (2006) Global distribution and conservation of rare and threatened vertebrates. *Nature*, 444, 93–96.
- Hou JH, Gao BJ, Dong JX, Gao LJ, Li LH, Fang C (2008) Avian community diversity of the forest-steppe ecotone in summer. *Acta Ecologica Sinica*, 28, 1296–1306. (in Chinese with English abstract) [侯建华, 高宝嘉, 董建新, 高立杰, 李兰会, 房川 (2008) 森林-草原交错带夏季鸟类群落多样性特征. *生态学报*, 28, 1296–1306.]
- Hu MX (2010) Applications of GIS-based accessibility and spatial autocorrelation analysis in the green space system planning—a case study of Jiangyin. *Chinese Landscape Architecture*, (9), 20–24. (in Chinese with English abstract) [胡明星 (2010) 基于 GIS 的可达性和空间自相关分析在江阴绿地系统规划中的应用. *中国园林*, (9), 20–24.]
- Huyan JQ, Xiao J, Yu BW, Xu WH (2014) Research progress in function zoning of nature reserves in China. *Acta Ecologica Sinica*, 34, 6391–6396. (in Chinese with English abstract) [呼延佼奇, 肖静, 于博威, 徐卫华 (2014) 我国自然保护区功能分区研究进展. *生态学报*, 34, 6391–6396.]

- Lee PF, Ding TS, Hsu FH, Geng S (2004) Breeding bird species richness in Taiwan: distribution on gradients of elevation, primary productivity and urbanization. *Journal of Biogeography*, 31, 307–314.
- Li DQ, Song YL (2000) Review on hot spot and GAP analysis. *Chinese Biodiversity*, 8, 208–214. (in Chinese with English abstract) [李迪强, 宋延龄 (2000) 热点地区与GAP分析研究进展. 生物多样性, 8, 208–214.]
- Li XW, Zheng Y, Zhao ZK, Li C (2007) The GAP analysis of wetland conservation and its conservation network building in Central Yangtze Ecoregion. *Acta Ecologica Sinica*, 27, 4979–4989. (in Chinese with English abstract) [李晓文, 郑钰, 赵振坤, 黎聪 (2007) 长江中游生态区湿地保护空缺分析及其保护网络构建. 生态学报, 27, 4979–4989.]
- Li ZQ, Ouyang ZY, Zeng HQ (2010) Assessment methods for territorial biodiversity hotspot based on species richness at broad scale. *Acta Ecologica Sinica*, 30, 1586–1593. (in Chinese with English abstract) [李智琦, 欧阳志云, 曾慧卿 (2010) 基于物种的大尺度生物多样性热点研究方法. 生态学报, 30, 1586–1593.]
- Liu C, Zheng CY, Zhang T, Zeng FX, Wang YR (2014) Geographic patterns of avian species richness in China and their environmental factors. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 50, 429–438. (in Chinese with English abstract) [刘澈, 郑成洋, 张腾, 曾发旭, 王逸然 (2014) 中国鸟类物种丰富度的地理格局及其与环境因子的关系. 北京大学学报(自然科学版), 50, 429–438.]
- Liu JP, Lü XG, Yin SB (2005) GAP analysis: a geographic approach to protect biological diversity. *Progress in Geography*, 24, 41–51. (in Chinese with English abstract) [刘吉平, 吕宪国, 殷书柏 (2005) GAP 分析: 保护生物多样性的地理学方法. 地理科学进展, 24, 41–51.]
- Liu JP, Lü XG (2011) Study on the spatial pattern of wetland bird richness and hotspots in Sanjiang Plain. *Acta Ecologica Sinica*, 31, 5894–5902. (in Chinese with English abstract) [刘吉平, 吕宪国 (2011) 三江平原湿地鸟类丰富度的空间格局及热点地区保护. 生态学报, 31, 5894–5902.]
- Lombard AT (1995) The problems with multi-species conservation: do hotspots, ideal reserves and existing reserves coincide? *South African Journal of Zoology*, 30, 145–163.
- Luan XF, Huang WN, Wang XL, Liu MC, Liu SR, Wu B, Li DQ (2009) Identification of hotspots and gaps for biodiversity conservation in Northeast China based on a systematic conservation planning methodology. *Acta Ecologica Sinica*, 29, 144–150. (in Chinese with English abstract) [栾晓峰, 黄维妮, 王秀磊, 刘敏超, 刘世荣, 吴波, 李迪强 (2009) 基于系统保护规划方法东北生物多样性热点地区和保护空缺分析. 生态学报, 29, 144–150.]
- Luo ZH, Wei SC, Zhang W, Zhao M, Wu H (2015) Amphibian biodiversity congruence and conservation priorities in China: Integrating species richness, endemism, and threat patterns. *Biological Conservation*, 191, 650–658.
- Ma KP, Liu YM (1994) Measurement of biotic community diversity. I. α diversity (part 2). *Chinese Biodiversity*, 2, 231–239. (in Chinese) [马克平, 刘玉明 (1994) 生物群落多样性的测度方法. I. α 多样性的测度方法(下). 生物多样性, 2, 231–239.]
- Ma KP, Liu CR, Liu YM (1995) Measurement of biotic community diversity. II. β diversity. *Chinese Biodiversity*, 3, 38–43. (in Chinese) [马克平, 刘灿然, 刘玉明 (1995) 生物群落多样性的测度方法. II. β 多样性的测度方法. 生物多样性, 3, 38–43.]
- Ma Q, Su HL, Li DQ (2003) Investigation of avifauna distribution in the Water Origin of Three Rivers Nature Reserve. *Journal of Beijing Forestry University*, 25(5), 51–54. (in Chinese with English abstract) [马强, 苏化龙, 李迪强 (2003) 青海三江源自然保护区鸟类分布状况初步研究. 北京林业大学学报, 25(5), 51–54.]
- MacArthur RH, MacArthur JW (1961) On bird species diversity. *Ecology*, 42, 594–598.
- Myers N (1988) Threatened biotas: “hotspots” in tropical forests. *The Environmentalist*, 8, 187–208.
- Orme CDL, Davies RG, Burgess M, Eigenbrod F, Pickup N, Olson VA, Webster AJ, Ding TS, Rasmussen PC, Ridgely RS, Stattersfield AJ, Bennett PM, Blackburn TM, Gaston KJ, Owen IPF (2005) Global hotspots of species richness are not congruent with endemism or threat. *Nature*, 436, 1016–1019.
- Padoa-Schioppa E, Baietto M, Massa R, Bottoni L (2006) Bird communities as bioindicators: the focal species concept in agricultural landscapes. *Ecological Indicators*, 6, 83–93.
- Qu Y, Wang XL, Luan XF, Li DQ (2011) Irreplaceability-based function zoning of nature reserves in the Three Rivers Headwater Region of Qinghai Province. *Acta Ecologica Sinica*, 31, 3609–3620. (in Chinese with English abstract) [曲艺, 王秀磊, 栾晓峰, 李迪强 (2011) 基于不可替代性的青海省三江源地区保护区功能区划研究. 生态学报, 31, 3609–3620.]
- Rahbek C (2005) The role of spatial scale and the perception of large-scale species-richness patterns. *Ecology Letters*, 8, 224–239.
- Reddy CS, Jha CS, Dadhwal VK (2016) Assessment and monitoring of long-term forest cover changes (1920–2013) in Western Ghats biodiversity hotspot. *Journal of Earth System Science*, 125, 103–114.
- Reid WV (1998) Biodiversity hotspots. *Trends in Ecology & Evolution*, 13, 275–280.
- Tang ZY, Fang JY (2004) A review on the elevational patterns of plant species diversity. *Biodiversity Science*, 12, 20–28. (in Chinese with English abstract) [唐志尧, 方精云 (2004) 植物物种多样性的垂直分布格局. 生物多样性, 12, 20–28.]
- Wan BT, Xu HG, Ding H, Liu ZL, Wang J (2007) Methodology of comprehensive biodiversity assessment. *Biodiversity Science*, 15, 97–106. (in Chinese with English abstract) [万本太, 徐海根, 丁晖, 刘志磊, 王捷 (2007) 生物多样性

- 综合评价方法研究. 生物多样性, 15, 97–106.]
- Williams SE, Shoo LP, Henriod R, Pearson RG (2010) Elevational gradients in species abundance, assemblage structure and energy use of rainforest birds in the Australian wet tropics bioregion. *Austral Ecology*, 35, 650–664.
- Wilson KA, Underwood EC, Morrison SA, Klausmeyer KR, Murdoch WW, Reyers B, Wardell-Johnson G, Marquet PA, Rundel PW, McBride MF, Pressey RL, Bode M, Hoekstra JM, Andelman S, Looker M, Rondinini C, Kareiva P, Shaw MR, Possingham HP (2007) Conserving biodiversity efficiently: what to do, where, and when. *PLoS Biology*, 5, 1850–1861.
- Wu TY, Walther BA, Chen YH, Lin RS, Lee PF (2013) Hot-spot analysis of Taiwanese breeding birds to determine gaps in the protected area network. *Zoological Studies*, 52, 29.
- Wu YJ, Colwell RK, Rahbek C, Zhang CL, Quan Q, Wang CK, Lei FM (2013) Explaining the species richness of birds along a subtropical elevational gradient in the Hengduan Mountains. *Journal of Biogeography*, 40, 2310–2323.
- Xiao HY, Zhao J, Jiang F, Zeng H (2006) GAP analysis and regional biodiversity conservation. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 42, 153–158. (in Chinese with English abstract) [肖海燕, 赵军, 蒋峰, 曾辉 (2006) GAP分析与区域生物多样性保护. 北京大学学报(自然科学版), 42, 153–158.]
- Xu P, Wang YK, Yang JF, Peng Y (2013) Identification of hotspots for biodiversity conservation in the Wenchuan earthquake-hit area. *Acta Ecologica Sinica*, 33, 718–725. (in Chinese with English abstract) [徐佩, 王玉宽, 杨金凤, 彭怡 (2013) 汶川地震灾区生物多样性热点地区分析. 生态学报, 33, 718–725.]
- Zhang SL, Zhang K (2007) Contrast study on Moran and Getis-Ord indexes of local spatial autocorrelation indices. *Journal of Geodesy and Geodynamics*, 27, 31–34. (in Chinese with English abstract) [张松林, 张昆 (2007) 空间自相关局部指标Moran指数和G系数研究. 大地测量与地球动力学, 27, 31–34.]
- Zhang Y, Lei KM, Zhang YK, Xiao CL, Yang YH, Sun HG, Li SJ (2012) Effects of vegetation, elevation and human disturbance on the distribution of large and medium-sized wildlife: a case study in Jiuzhaigou Nature Reserve. *Acta Ecologica Sinica*, 32, 4228–4235. (in Chinese with English abstract) [张跃, 雷开明, 张语克, 肖长林, 杨玉花, 孙鸿鸥, 李淑君 (2012) 植被、海拔、人为干扰对大中型野生动物分布的影响: 以九寨沟自然保护区为例. 生态学报, 32, 4228–4235.]
- Zhang YB, Guo LL, Wang W, Tian Y, Li JS (2014) Spatial distribution patterns of species richness and hotspots of protected plants in Qinling Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 34, 2109–2117. (in Chinese with English abstract) [张殷波, 郭柳琳, 王伟, 田瑜, 李俊生 (2014) 秦岭重点保护植物丰富度空间格局与热点地区. 生态学报, 34, 2109–2117.]
- Zhang YY, Zhou LZ, Wang QS, Wang XJ, Xing YJ (2008) Distribution pattern and hotspot analysis of breeding birds in Anhui Province. *Biodiversity Science*, 16, 305–312. (in Chinese with English abstract) [张有瑜, 周立志, 王岐山, 王新建, 邢雅俊 (2008) 安徽省繁殖鸟类分布格局和热点区分析. 生物多样性, 16, 305–312.]
- Zhou HQ, Fan GY (2011) Comprehensive evaluation of tourism resources in Maixiu national forest park reserve in Qinghai. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 39, 4807–4809. (in Chinese with English abstract) [周华卿, 樊国有 (2011) 青海麦秀国家森林公园旅游资源综合评价. 安徽农业科学, 39, 4807–4809.]

(责任编辑: 王勇 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 三江源国家级自然保护区麦秀分区鸟类名录

Appendix 1 Bird list in Maixiu Area of Sanjiangyuan Nature Reserve

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2016252-1.pdf>

梁健超, 丁志锋, 张春兰, 胡慧建, 朵海瑞, 唐虹. 青海三江源国家级自然保护区麦秀分区鸟类多样性空间格局及热点区域研究. 生物多样性, 2017, 25 (3): 294–303.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016252>

附录1 三江源国家级自然保护区麦秀分区鸟类名录
Appendix 1 Bird list in Maixiu Area of Sanjiangyuan Nature Reserve

Appendix 1 Bird list in Maixia Area of Baijiangshan Nature Reserve				
国家保护级别, CITES 附录				
物种名	录	分布生境	分布海拔范围	出现频次
Species name	Endangered and protected species of China, CITES	Distribution habitat	Distribution altitude (m)	Occurrence frequency
appendices				
I 鸛形目 CICONIIFORMES				
(一)鹭科 Ardeidae				
1.池鹭 <i>Ardeola bacchus</i>		W	2800–3200	+
II 雁形目 ANSERIFORMES				
(二)鸭科 Anatidae				
2.斑头雁 <i>Anser indicus</i>		M, W	3600–3800	++
3.赤麻鸭 <i>Tadorna ferruginea</i>		M, W	3400–4000	++
III 隼形目 FALCONIFORME				
(三)鹰科 Accipitrida				
4.黑耳鸢 <i>Milvus lineatus</i>	二级, 附录 II	F, M	2800–4200	++
5.胡兀鹫 <i>Gypaetus barbatus</i>	一级, 附录 II	M	3600–3800	+
6.高山兀鹫 <i>Gyps himalayensis</i>	二级, 附录 II	F, M	2800–3800	++
7.秃鹫 <i>Aegypius monachus</i>	二级, 附录 II	M	3400–4428	++
8.普通鵟 <i>Buteo buteo</i>	二级, 附录 II	F	2800–3400	+
9.大鵟 <i>Buteo hemilasius</i>	二级, 附录 II	F, B, M	2800–4200	++
10.草原雕 <i>Aquila nipalensis</i>	二级, 附录 II	M	3600–3800	+
(四)隼科 Falconidae				
11.红隼 <i>Falco tinnunculus</i>	二级, 附录 II	F	2800–3200	+
12.燕隼 <i>Falco subbuteo</i>	二级, 附录 II	F	3600–3800	+
IV 鸡形目 GALLIFORMES				
(五)雉科 Phasianida				
13.藏雪鸡 <i>Tetraogallus tibetanus</i>	二级, 附录 I	F, B	3400–3600	+
14.高原山鹑 <i>Perdix hodgsoniae</i>		B, M	3200–3800	+
15.蓝马鸡 <i>Crossoptilon auritum</i>	二级	F, B	2800–3400	++
16.环颈雉 <i>Phasianus colchicus</i>		F, B	2800–3400	++
V 鸽形目 COLUMBIFORME				
(六)鸠鸽科 Columbidae				
17.岩鸽 <i>Columba rupestris</i>		F, M, W	2800–3800	+
VI 鹃形目 CUCULIFORMES				
(七)杜鹃科 Cuculidae				
18.大杜鹃 <i>Cuculus canorus</i>		F	3200–3400	+
VII 鸱形目 STRIGIFORMES				
(八)鸱鸃科 Strigidae				
19.纵纹腹小鸱 <i>Athene noctua</i>	二级, 附录 I	M	3400–3800	+
VIII 雨燕目 APODIFORMES				
(九)雨燕科 Apodidae				
20.白腰雨燕 <i>Apus pacificus</i>		B, W	2800–3400	++

梁健超, 丁志锋, 张春兰, 胡慧建, 朵海瑞, 唐虹. 青海三江源国家级自然保护区麦秀分区鸟类多样性空间格局及热点区域研究. 生物多样性, 2017, 25 (3): 294–303.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016252>

IX戴胜目 UPUPIFORMES

(十)戴胜科 Upupidae

21.戴胜 *Upupa epops* M 3200–3800 ++

X雀形目 PASSERIFORMES

(十一)百灵科 Alaudida

22.小云雀 *Alauda gulgula* M 3200–4428 ++

23.角百灵 *Eremophila alpestris* M, W 3400–4428 +++

(十二)燕科 Hirundinidae

24.岩燕 *Ptyonoprogne rupestris* W 2800–3200 +

25.家燕 *Hirundo rustica* M 2800–3200 +

(十三)鹁鸽科 Mtacillidae

26.白鹁鸽 *Motacilla alba* F, B, M, W 2800–3800 ++

27.灰鹁鸽 *Motacilla cinerea* M 3800–4000 +

28.布氏鹁 *Anthus godlewskii* M 3600–4000 ++

29.树鹁 *Anthus hodgsoni* F 3200–3400 +

30.粉红胸鹁 *Anthus roseatus* M 4000–4200 +

(十四)伯劳科 Laniidae

31.灰背伯劳 *Lanius tephronotus* M 3200–3400 +

(十五)鸦科 Corvidae

32.灰喜鹊 *Cyanopica cyana* M, W 3200–3400 +

33.喜鹊 *Pica pica* F, B, M, W 2800–3800 ++

34.褐背拟地鸦 *Pseudopodoces humilis* M, W 2800–4428 +++

35.红嘴山鸦 *Pyrrhocorax pyrrhocorax* F, B, M, W 2800–3800 ++

36.黄嘴山鸦 *Pyrrhocorax graculus* B 3200–3400 +

37.达乌里寒鸦 *Corvus dauuricus* M 3200–3400 +

38.小嘴乌鸦 *Corvus corone* F, B, M, W 2800–3800 +++

39.大嘴乌鸦 *Corvus macrorhynchos* F, M 2800–3800 +

40.渡鸦 *Corvus corax* M 3400–4000 ++

(十六)河乌科 Cinclidae

41.河乌 *Cinclus cinclus* W 2800–3800 +

42.褐河乌 *Cinclus pallasi* W 2800–3200 +

(十七)鹇鹇科 Troglodytidae

43.鹇鹇 *Troglodytes troglodytes* F 3200–3400 +

(十八)岩鹇科 Prunellidea

44.领岩鹇 *Prunella collaris* F 2800–3400 +

45.鹇岩鹇 *Prunella rubeculoides* F, B, M 3200–4000 ++

46.棕胸岩鹇 *Prunella strophiata* F, B 2800–3600 ++

(十九)鹇科 Turdidae

47.红喉歌鹇 *Luscinia calliope* B 3200–3400 +

48.红胁蓝尾鹇 *Tarsiger cyanurus* F, B 2800–3200 +

49.赭红尾鹇 *Phoenicurus ochruros* F, B, M, W 2800–4200 ++

50.黑喉红尾鹇 *Phoenicurus hodgsoni* F, M 2800–3200 +

51.白喉红尾鹇 *Phoenicurus schisticeps* F, B, M, W 2800–4000 +++

52.北红尾鹇 *Phoenicurus aureus* F, B 2800–3600 ++

梁健超, 丁志锋, 张春兰, 胡慧建, 朵海瑞, 唐虹. 青海三江源国家级自然保护区麦秀分区鸟类多样性空间格局及热点区域研究. 生物多样性, 2017, 25 (3): 294–303.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016252>

53. 红腹红尾鸲 <i>Phoenicurus erythrogaster</i>	M	4000–4428	+
54. 蓝额红尾鸲 <i>Phoenicurus frontalis</i>	F, B	3200–3400	+
55. 红尾水鸲 <i>Rhyacornis fuliginosus</i>	M, W	3200–3400	+
56. 白顶溪鸲 <i>Chaimarrornis leucocephalus</i>	F, B, M, W	2800–3600	++
57. 棕背黑头鸲 <i>Turdus kessleri</i>	F, M	2800–3400	+
(二十)画眉科 Timaliidae			
58. 山噪鹛 <i>Garrulax davidi</i>	F, B	2800–3600	++
59. 大噪鹛 <i>Garrulax maximus</i>	B	2800–3200	+
60. 橙翅噪鹛 <i>Garrulax elliotii</i>	F, B	2800–3600	++
(二十一)鹎科 Muscicapidae			
61. 白眉姬鹎 <i>Ficedula zanthopygia</i>	B	2800–3200	+
62. 锈胸蓝姬鹎 <i>Ficedula hodgsonii</i>	F, B	2800–3400	++
(二十二)莺科 Sylviidae			
63. 凤头雀莺 <i>leptopoecile elegans</i>	F	2800–3200	+
64. 黄腹柳莺 <i>Phylloscopus affinis</i>	F, B	2800–3800	++
65. 橙斑翅柳莺 <i>Phylloscopus pulcher</i>	F	3200–3400	+
66. 淡黄腰柳莺 <i>Phylloscopus chloronotus</i>	B	2800–3200	+
67. 黄腰柳莺 <i>Phylloscopus proregulus</i>	F, B, M	2800–3400	+
68. 极北柳莺 <i>Phylloscopus borealis</i>	F, B, M	2800–3400	++
69. 暗绿柳莺 <i>Phylloscopus trochiloides</i>	F, B	2800–3600	++
(二十三)戴菊科 Regulidae			
70. 戴菊 <i>Regulus regulus</i>	F	2800–3200	+
(二十四)山雀科 Paridae			
71. 褐头山雀 <i>parus songarus</i>	F, B	2800–3600	++
72. 白眉山雀 <i>Parus superciliosus</i>	F, B, M	3200–3800	+
73. 黑冠山雀 <i>Parus rubidiventris</i>	F	2800–3600	++
74. 褐冠山雀 <i>Parus dichrous</i>	F, B	2800–3600	+
(二十五)旋壁雀科 Tichodromadidae			
75. 红翅旋壁雀 <i>Tichodroma muraria</i>	B, W	2800–3800	+
(二十六)旋木雀科 Certhidae			
76. 旋木雀 <i>Certhia familiaris</i>	F	3400–3600	+
(二十七)雀科 Passeridae			
77. 麻雀 <i>Passer montanus</i>	B, M	3200–4000	+++
78. 褐翅雪雀 <i>Montifringilla adamsi</i>	M	3400–4428	+
79. 白腰雪雀 <i>Onychostruthus taczanowskii</i>	M, W	3400–4428	+++
80. 棕颈雪雀 <i>Pyrgilauda ruficollis</i>	M, W	3400–4428	+++
(二十八)燕雀科 Fringillidae			
81. 高山岭雀 <i>Leucosticte brandti</i>	M	3600–3800	+
82. 红眉朱雀 <i>Carpodacus pulcherrimus</i>	F, B	2800–4000	+
83. 白眉朱雀 <i>Carpodacus thura</i>	F, B	2800–3600	++

梁健超, 丁志锋, 张春兰, 胡慧建, 朵海瑞, 唐虹. 青海三江源国家级自然保护区麦秀分区鸟类多样性空间格局及热点区域研究. 生物多样性, 2017, 25 (3): 294–303.

<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2016252>

84.拟大朱雀 <i>Carpodacus rubicilloides</i>	B	3600–3800	+
85.黄嘴朱顶雀 <i>Carduelis flavirostris</i>	M	2800–4000	++
86.白斑翅拟蜡嘴雀 <i>Mycerobas carnipes</i>	F, B	2800–3600	++
(二十九)鹀科 Emberizidae			
87.白头鹀 <i>Emberiza leucocephalos</i>	B, M	3200–3600	+
88.灰眉岩鹀 <i>Emberiza godlewskii</i>	F, B	2800–3600	++
89.小鹀 <i>Emberiza pusilla</i>	B	2800–3200	+

分布生境: F: 森林; B: 灌丛; M: 草原、草甸; W: 湿地, 出现频次: + 1–9; ++ 10–49; +++ >50。

Distribution habitat: F: Forest; B: Bush; M: Meadow; W: Wetland, Occurrence frequency: + 1–9; ++ 10–49; +++ >50.