

青海湖流域环境退化对野生陆生脊椎动物的影响

马瑞俊^{1,2,3}, 蒋志刚^{1,2}

(1. 中国科学院动物研究所, 北京 100080; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 呼和浩特职业学院, 呼和浩特 010051)

摘要:随着全球气候变暖,野生动物的分布区、物候期、繁殖等都不同程度受到了气候变暖的影响。近年来,青海湖流域的气候也发生了变化。于 2003~2005 年对青海湖流域的生态环境与陆生野生脊椎动物及其生境进行了调查,结合查阅文献,运用地理信息系统方法,研究了青海湖流域的气候变化和陆生野生脊椎动物种类和分布的变化。发现青海湖流域的气候与自然环境都发生了变化,青海湖流域气温增幅较为显著,其中以秋、冬两季增温显著,20 世纪末青海湖流域的平均气温较 20 世纪 80 年代上升了 1.26℃。青海湖流域降雨量呈下降趋势,干燥度呈缓慢的上升趋势。1959 年以来,青海湖的水位下降了 3.7m,面积减少了 313.3 km²。1976 年以来,湖东地区沙漠化土地面积从 356.4 km² 增加到 735.9 km²。同时,沼泽面积从 25.08 km² 减少到 4.73 km²。1949 年以来,青海湖流域人口增长了近 10 倍,建立了由便道、省道、国道和铁路组成的路网,并建立了大面积的围栏草地。由于近代环境退化和人类活动的影响,青海湖流域的野生脊椎动物种类和分布的发生了很大变化。由于湿地面积减小,中国林蛙、花背蟾蜍和水禽的适宜生境变小。湖水退缩后,部分裸露的湖底演变为沙地,随着沙地面积的扩大,沙蜥的适宜生境面积扩大。在研究期间,湿地生境中观察到 46 种鸟类、10 种兽类,沙漠生境观察到 3 种鸟类和 19 种兽类,在高山草甸生境观察到 63 种鸟类和 36 种兽类。在居民地观察到鸟类、兽类分别为 16 种和 6 种。不同栖息地中啮齿动物种类差异显著,湖周沙漠啮齿动物种类最少,高山草甸啮齿动物种类最多。一些鸟类从青海湖地区消失了,大型兽类如藏羚 (*Pantholops hodgsoni*)、藏野驴 (*Equus kiang*) 和野牦牛 (*Poephagus mutus*) 等从青海湖流域消失了,而普氏原羚 (*Procapra przewalskii*)、藏原羚、原麝的数量显著减少。

关键词:青藏高原; 动物区系; 生物多样性; 人类活动; 气候变化

文章编号:1000-0933(2006)09-3066-00 **中图分类号:**Q143, Q958, X176 **文献标识码:**A

Impacts of environmental degradation on wild vertebrates in the Qinghai Lake drainage, China

MA Rui-Jun^{1,2,3}, JIANG Zhi-Gang^{1,2} (1. Key Laboratory of Animal Ecology and Conservation, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China; 3. Hohhot Professional College, Huhhot 010051, China). Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(9): 3066~3073.

Abstract: The planet is experiencing a global climate changing, global warming affects distribution, penology and breeding of wildlife. Metrological records indicate that the Qinghai Lake drainage area is also experiencing such a climate change. Land cover in the region is also changed. From 2003 to 2005, we investigated wild vertebrate fauna in the Qinghai Lake region under the environment change. With reference to literature, using remote sensing images, GIS methods and field surveys, we found that climate and environment changes in the Qinghai Lake region are profound. Annual average temperature in the Qinghai Lake region increased, especially those in autumn and winter. Compare with that of the 1980s, the average temperature in this region increased 1.26℃, whereas precipitation in the Qinghai Lake region decreased and aridity increased slowly at the end of the 20th century. Water table level in the Qinghai Lake descended 3.7m and the area of Qinghai Lake decreased 313.3 km² since 1959. Since

基金项目:中国科学院知识创新工程资助项目(CXTDS2005-4);国家自然科学基金重点资助项目(30230080)

收稿日期:2006-03-01; **修订日期:**2006-07-14

作者简介:马瑞俊(1972~),男,内蒙古呼和浩特人,硕士,主要从事全球变化对野生动物的影响研究。

Foundation item: The project was supported by Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (No. CXTDS2005-4); the National Natural Science Foundation of China (No. 30230080)

Received date: 2006-03-01; **Accepted date:** 2006-07-14

Biography: MA Rui-Jun, Master, mainly engaged in the global change and its impacts on wildlife.

1976, the desert area around the lake has increased from 356.4 km² to 735.9 km², while the swamp area has decreased from 25.08 km² to 4.73 km². From 1949, human population has increased about ten times in Qinghai Lake region. A transportation system of road, provincial high, national highway and railway has been established. A large area of grassland was fenced. In a word, living environment for wild vertebrates in Qinghai Lake deteriorated under the influence of global change. Suitable habitats for frogs, toads and waterfowls decreased and the swamps disappeared. Deserts on the lakeshore expanded as the water table level in the lake decreased; the habitat area of humphead lizard increased. We recorded 46 birds and 10 mammals in wetlands, 3 birds and 19 mammals in deserts, 63 birds and 36 mammals in alpine meadow habitat, 16 birds and 6 mammals in the human settlements. Different habitats are inhabited by different rodents. Alpine meadow ecosystem has the most abundant rodent species whereas the desert ecosystem has the least. Some birds and mammals such as the Tibetan antelope, Tibetan wild ass and wild yak have disappeared from the Qinghai Lake region while the density of Przewalski's gazelle, Tibetan gazelle, musk deer and red deer decreased remarkably.

Key words: Qinghai-Tibetan Plateau; environmental degradation; biodiversity; human activity

近百年来,世界正以异乎寻常的速率在变暖,全球气候变化已是一个毋庸置疑的事实^[1~3]。历史文献、树木年轮、沉积物、冰芯资料间接地为人们提供了全球气候变化历史资料。人们构建了许多相关模型预测未来气候的变化^[4],虽然预测结果不尽相同,但预测的总体趋势大致相同,在今后 100a 左右的时间里,全球气温将增加 5.8^[5]。

全球变暖将带来严重的后果,如冰川消退、海平面上升、荒漠化,还给生态系统、农业生产,特别是野生动物带来严重影响,加速了物种的灭绝^[6]。气候变化对野生动植物有较大的影响,包括影响动物物种的种群分布、繁殖、鸟类迁徙以及种群大小等^[7,8]。

青海湖流域处于我国的东部季风区、西北干旱区和西南高寒区的交汇地带,属于高原半干旱高寒气候区。青海湖流域的动物地理区系属于古北界青藏高寒区^[9]。这里生活着 193 种鸟类和 41 种兽类^[10]。该地区受到全球变化的影响显著^[11]。本文的研究目的是初步了解气候环境退化对青海湖流域陆生野生脊椎动物的影响。

1 研究地点

青海湖位于青海省东北部,祁连山系南麓。湖区介于 99°36'~100°46'E,36°32'~37°15'N 之间。据 2002 年测量数据,湖面海拔 3192.85m,东西长约 109km,南北宽约 65km,周长 360km,面积约 4256.04km²。青海湖平均水深 16m,最大水深 27m,是我国最大的内陆微咸水湖,流域面积约 29661km²。青海湖流域具有半干旱高寒气候特点,加之湖泊效应,全流域干寒、少雨、多风、太阳辐射强烈、气温日差较大。湖区气温多年平均值为 -0.7℃,极端最高气温 28℃,极端最低气温 -31℃,7 月份平均气温为 10.4~15.2℃,1 月份平均气温为 -10.4~-14.7℃。湖区多年平均降水量为 268.6~415.8mm,降水多集中在 6~8 月份。年降水量由湖北山区向南递减,其周围山区年降水量大于 400mm。湖区的年蒸发量为 800~1100mm,其中 6~9 月份的蒸发量占全年总量的 60%。植被类型主要有沼泽草甸、草甸、温性草原和灌丛,脊椎动物的生境类型可划分为湿地、草原、沙漠、高寒草甸和居民地等 5 种类型。

2 研究方法

从青海省气象局获得了气象资料和部分地理信息系统资料。每 10a 为一阶段,用 *t*-test 比较年平均季节气温和季节降水的差异。通过研究干燥度的变化探讨了当地气候变化情况。干燥度的计算方法是年总蒸发量与年总降水量的比值,是反应干旱程度的指标。从青海湖水位观测站获取了水文测量数据。

根据青海湖 1978 年航片和 2003 年的 Landsat 遥感图片,运用地理信息系统手段和技术,比较了湖岸线的变化,分析由于湖水退缩和人类活动等综合因素对野生脊椎动物栖息环境的影响。并解译了青海湖以东地区 1976、1995、2000 年的遥感影像图,测量了湖东地区沙漠化土地面积。

据青海湖流域植被类型和地形特点,动物栖息生境可以分为下列 5 种类型:(1)湿地,湿地包括青海湖岸

周边地区及其周围的河流入湖口,如青海湖鸟岛、倒淌河湿地、小泊湖的沼泽湿地;(2)温性草原,温性草原主要分布在青海湖东南边缘的山坡地带,与共和盆地草原连接,海拔 3300 ~ 3600m,以芨芨草 (*Achnatherum splendens*)、短花针茅 (*Stipa breviflora*) 等为优势种的草原。青海湖北部和西北部生长着以紫花针茅 (*Stipa purpurea*)、高山苔草 (*C. ivanovae egorov*) 等为优势种的草原。该生境面积较大,人类活动强度较大,是放牧家畜的主要场所;(3)沙地,沙地主要分布在青海湖北部,主要优势植物种类有圆头沙蒿 (*Artemisia sphaerocephala*)、沙棘 (*Hippophae rhamnoides*)、鬼箭锦鸡儿 (*Caregana jubata*) 等;(4)高寒草甸,高寒草甸分布于青海湖北岸高山地带和青海南山东段,植物优势种类主要有高山蒿草 (*Kobresia pygmaea*)、矮蒿草 (*K. humilis*)、圆穗蓼 (*Polygonum macrophyllum*)、珠芽蓼 (*P. viviparum*)、金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 等为优势种;(5)居民点,居民点主要分布于青海湖周边,海拔 3200 ~ 3400m。居民点周边地区多开垦为农田,原有植被破坏,农作物以青稞、油菜为主。

通过查阅文献和青海经济动物志的方法获得了青海湖流域两栖类、爬行类、鸟类和哺乳类的历史分布数据。同时采用定点观察和样线法调查了两栖类、爬行类、鸟类、哺乳类的分布。本研究组从 1994 年起一直在青海湖流域监测普氏原羚 (*Procapra przewalskii*) 的种群与数量。

青海湖流域啮齿类动物分布广泛,在高原生态系统食物链中起重要作用。采用铗日法^[12]统计小型啮齿类数量,根据青海湖地区地形、地貌及植被分布情况,在青海湖不同生境中随机设置样地,每个样地布放铗 200 ~ 300 铗/d,铗距 5m,行距 50m,以胡萝卜和花生米为诱饵,布铗一昼夜内检查 2 次,对捕获的鼠类进行拍照、测量。较大型啮齿类调查如鼢鼠、高原鼠兔、喜马拉雅旱獭等采取样线法计数土堆、鼠洞,以获得它们相对数量。

利用以下公式,计算了啮齿类群落的多样性指数 (H)、最大理论值 ($H_{\max}$)、群落的均匀性指数 (E)。

群落多样性和均匀性指数采用 Shannon-Wiener 公式:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \cdot \ln p_i \quad (1)$$

$$E = H / H_{\max} \quad (2)$$

$$H_{\max} = \ln S \quad (3)$$

式中, H 为多样性指数, p_i 为样本中第 i 种个体的比例, E 为均匀性指数, $H_{\max}$ 为最大多样性值, S 为群落中种数。

3 研究结果

青海湖流域的气候与自然环境都发生了变化,表现为气温升高,干旱化、沙漠化、湖水下降、湖面缩小等。一些大型兽类从本地区消失,鸟类的数量和种类发生了变化。

3.1 气候变化

20 世纪 80 年代以来,青海湖流域气候变化主要表现在气温和降水的变化。

3.1.1 气温变化 近年来,青海湖流域气温增幅较为显著,其中以秋、冬两季增温最为显著,20 世纪末较 20 世纪 80 年代平均气温上升了 1.26 °C。尤其以秋冬季温度(图 1)变化明显。秋季增温显著 ($p = 0.0068$, t -test), 冬季增温显著 ($p = 0.0079$, t -test)。

3.1.2 降雨与干燥度的变化 20 世纪 80 年代以来,青海湖流域降雨量呈下降趋势,蒸发剧烈,干燥度呈缓慢的上升趋势(图 2)。过去的 20a 间,1988 年降雨量最大,达到 458.8 mm,1990 年降雨量最小,为 263.1mm。20 世纪 90 年代降雨量明显低于 20 世纪 80 年代,每 10a 间降雨数据比较,差异极显著 ($p = 0.0048$, t -test)。每 10a 间干燥度的差异也极显著 ($p = 0.006$, t -test)。

3.2 自然环境变化

3.2.1 青海湖的变化 1959 年,青海湖平均水位为 3196.55m,面积 4548.3 km²。到 2002 年,平均水位下降为 3192.85m,面积缩小为 4235 km²。40 多年来,青海湖的水位下降了 3.7m,面积减少了 313.3 km²。1978 ~ 2003

年期间,青海湖湖西岸的鸟岛沿岸和湖东北沿岸湖水退缩较多,最大退缩距离为 5.42km。最小退缩距离为 0.069km (图 3、图 4)。

3.2.2 沙漠化 近年来青海湖流域气候向暖干化方向发展,湖区周围沙漠化。解译了青海湖湖东地区遥感影像图,发现 1976、1995、2000 年的湖东地区沙漠化土地面积逐年增加,分别为 356.4 km²、685.2 km² 和 735.9 km²。同时,湖东地区的沼泽面积逐年减少,从 1976 年的 25.08km² 减少到 2000 年的 4.73km²,1976~2002 年间净减沼泽 20.35km² (图 5)。

3.3 人类活动

青海湖流域人类活动的历史较长,近代人类活动频繁,1949 年,青海湖流域人口数量为 21971 人,1987 年,人口增长到 90458 人,截至 1999 年,青海湖人口数量已达到 204212 人,人口数量增长近 10 倍。湖区周围居民点众多,道路密布 (图 6)。

3.4 环境退化对陆生脊椎动物的影响

在青海湖流域,由于气候变化,人类活动,导致环境退化,影响了当地生物多样性。

3.4.1 两栖类、爬行类 青海湖流域有中国林蛙 (*Rana temporaria chensinensis*) 和花背蟾蜍 (*Bufo raddei strauch*),分布于青海湖周围的沼泽和河流中。由于沼泽面积减小,中国林蛙,花背蟾蜍和水禽的适宜生境变小。

青海湖流域有青海沙蜥 (*Phrynocephalus vlantgalii*)、密点麻蜥 (*Eremias multiocellata* Guenther) 和蝮蛇 (*Agkistrodon halys*) 等爬行动物,分布于青海湖流域沙漠和退化草原中。湖水退缩后,部分裸露的湖底演变为沙地,随着沙地面积的扩大,沙蜥、密点麻蜥的适宜生境面积扩大。

3.4.2 鸟类 在小泊湖、倒淌河湿地、尕斯库勒湖等湿地生境中定点观察到的鸟类有黑颈鹤 (*Grus nigricollis*)、大白鹭 (*Egretta alba*)、普通秋沙鸭 (*Mergus merganser*)、斑头雁 (*Anser indicus*)、赭红尾鸨 (*Phoenicurus ochruros*)、绿头鸭 (*Anas platyrhynchos*)、翘鼻麻鸭 (*Tadorna tadorna*)、赤麻鸭 (*Tadorna ferruginea*)、赤嘴潜鸭 (*Netta rufina*)、大天鹅 (*Cygnus cygnus*)、灰雁 (*Anser anser*)、白骨顶 (*Gallinula alba*)、蒙古沙鸨 (*Charadrius mongolus*)、黄头鹡鸰 (*Motacilla citreola*)、红脚鹬 (*Tringa totanus*)、白鹡鸰 (*Motacilla alba*)、蓝额红尾鸨 (*Phoenicurus frontalis*) 等,共计 46 种。在沙漠样线法调查的角百灵 (*Eremophila alpestris*)、(蒙古)百灵 (*Melanocorypha mongolica*)、棕颈雪

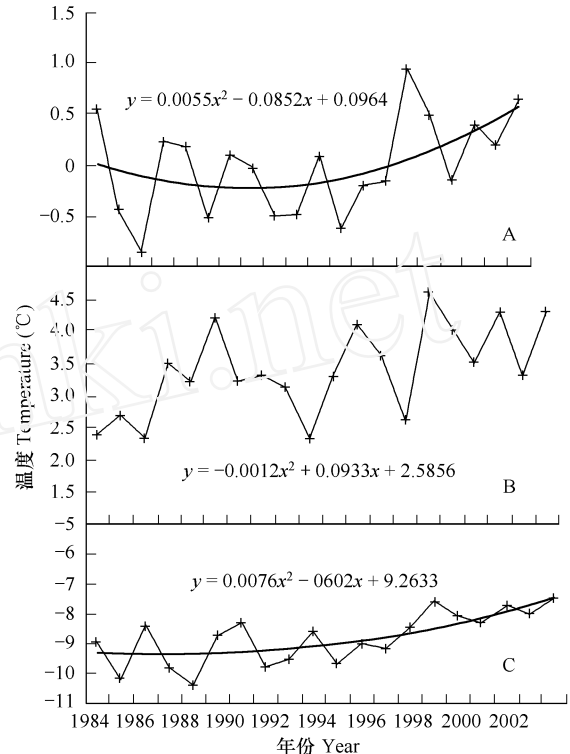


图 1 青海湖流域年、秋季、冬季平均温度变化趋势

Fig. 1 Trend of mean annual, autumn and winter temperatures in Qinghai Lake Drainage area

图中 A、B、C 分别为青海湖流域年、秋季、冬季平均温度数据,图中的拟合曲线为多项式拟合曲线 A, B and C are mean annual, autumn and winter temperatures of Qinghai Lake Drainage, respectively. The data were fit with polynomial equations

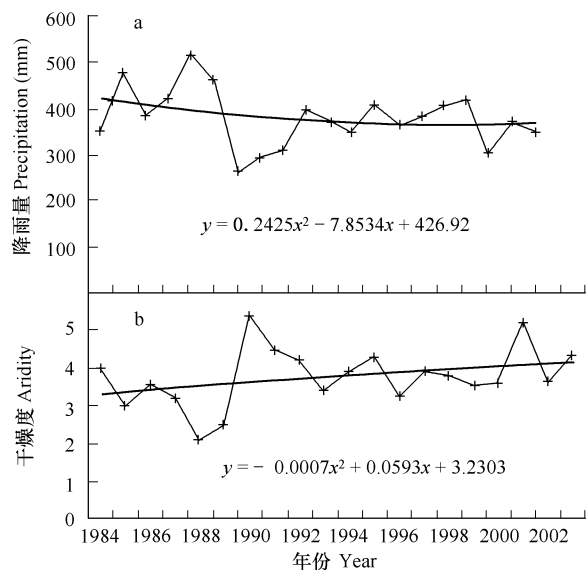


图 2 青海湖流域年降雨量和干燥度变化趋势

Fig. 2 Trends of annual rainfall and annual mean aridity in the Qinghai Lake drainage area

图中 A、B 分别为降雨量和干燥度数据,图中的拟合曲线为多项式拟合曲线 A and B represent the annual rainfall and annual mean aridity, respectively. The data were fit with polynomial equations

雀(*Montifringilla ruficollis*) 共计 3 种。同时,在温性草原利用样线法调查记录到的鸟类种类有小云雀(*Alauda gulgula*)、角百灵、(蒙古)百灵、棕颈雪雀、岩鸽(*Columba rupestris*)、雉鸡等,共计 31 种。在高寒草甸共统计到 63 种鸟类,其中有多种柳莺、白眉山雀(*Parus superciliosus*)、赭红尾鸲(*Phoenicurus ochruros*)、棕背鸲等。猛禽类鸟类分布广泛,每种生境类型中均有出现,普通大鵟(*Buteo hemilasius*)、猎隼(*Falco cherrug*)、草原雕(*Aquila rapax*)较为常见。

3.4.3 哺乳类 调查记录了各生境类型中的哺乳动物种类。现在,青海湖周边已经没有藏羚(*Pantholops hodgsoni*)、藏野驴(*Equus kiang*)、野牦牛(*Boeophagus mutus*)等大型哺乳动物的活动。湿地有狼(*Canis lupus*)、藏狐(*Vulpes ferrilata*)、香鼬(*Mustela altaica*)、狗獾(*Meles meles*)等;温性草原有猞猁(*Felis lynx*)、狼、藏狐、狗獾、藏原羚(*Procapra picticaudata*)、普氏原羚等;沙漠中有狼、藏狐等;高山草甸有狼、喜马拉雅旱獭等(*Marmota himalayana*)等。

捕获了啮齿类 11 种,分属 6 科 11 属。共计 3000 钵日,捕获啮齿动物 109 只,总捕获率为 3.36%。温性草原和高山草甸中啮齿类动物种类和数量较多,而在湖周湿地和荒漠沙丘生境类型啮齿动物种类较少(图 7)。

发现和捕获的啮齿动物有:喜马拉雅旱獭(*Marmota himalayana*)、高原鼠兔(*Ochotona alpina*)、高原兔(*Lepus oiostolus*)、高原鼯鼠(*Myospalax baileyi*)、五指跳鼠(*Allactaga sibirica*)、长尾仓鼠(*Cricetulus longicaudatus*)和根田鼠(*Microtus oeconomus*)等均有分布。

啮齿类动物分布以高山草甸生境中种类最多,温性草原生境中种类次之。荒漠沙丘生境和居民点附近中种类最少。而居民点由啮齿动物相对密度较大,捕获量最多。

3.5 动物栖息生境的土壤水分与动物种类

从青海湖边的湿地到高山草甸,土壤水分呈阶梯性变化,不同生境类型中鸟类兽类种类差异明显(表 1),土壤水分与动物分布的种类呈一定相关关系,土壤水分与鸟类的相关系数是 0.9489, ($p = 0.034$, t -test),土壤水分与兽类的相关系数是 0.0655, ($p = 0.037$, t -test)。土壤水分对鸟类数量影响较大,鸟类物种数量与土壤水分变化趋于一致。土壤水分对兽类物种数量与影响不大。

其中, S_w , G_l , D_e , A_m , H_s 分别代表湖周湿地、温性草原、荒漠沙丘、高山草甸和居民地。

青海湖湖周的湿地中,鸟类的种类最多,沙地与居民点生境中鸟类数量较少。草甸生境中兽类的种类最多,湖周的湿地和沙地中,兽类的种类较少,而居民点生境中兽类数量最少。

4 讨论

青藏高原环境变化、生物演化与人类活动间的关系以及高原环境变化与全球变化间的关系对研究和保护青海湖流域动物区系具有重要的意义。

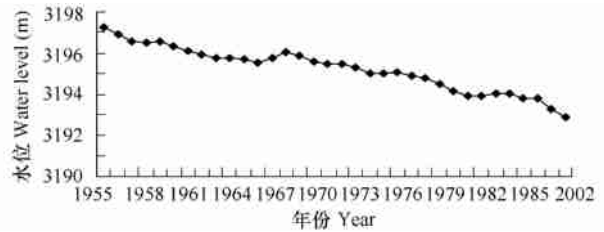


图3 青海湖水位的变化

Fig.3 Change of water-table level of Qinghai Lake

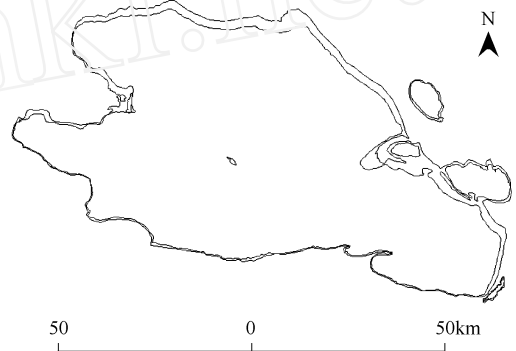


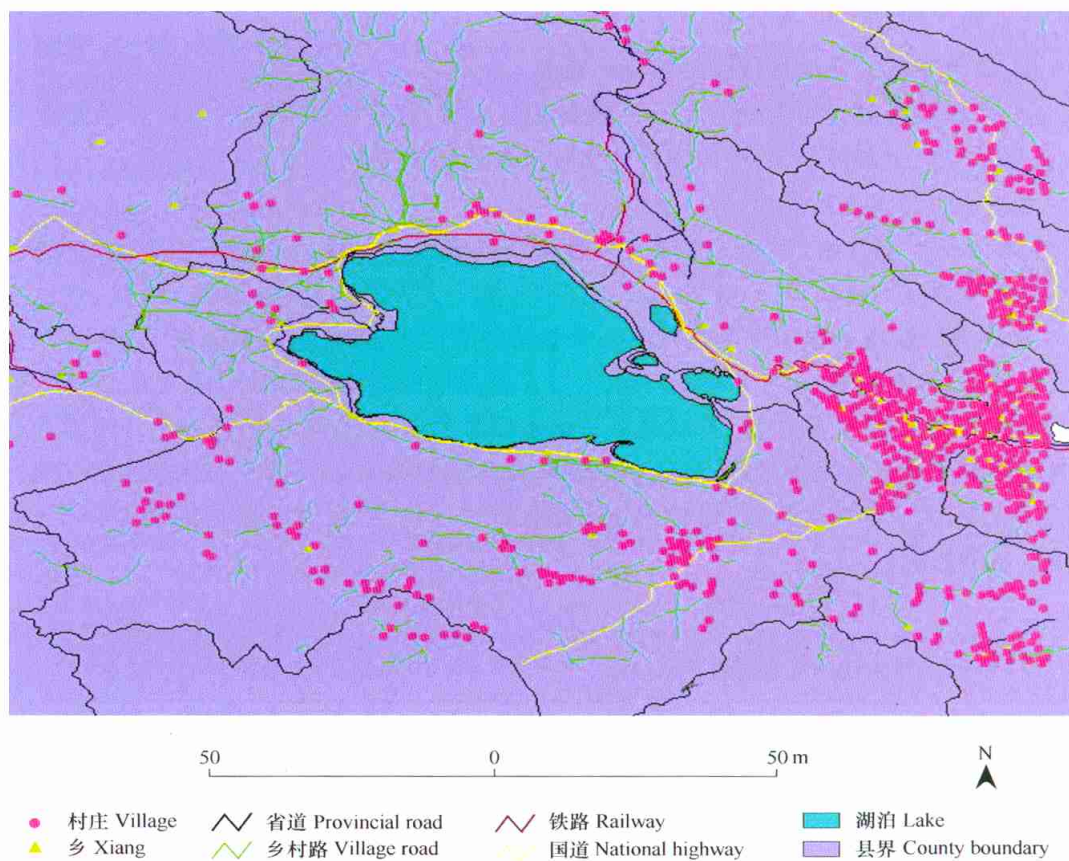
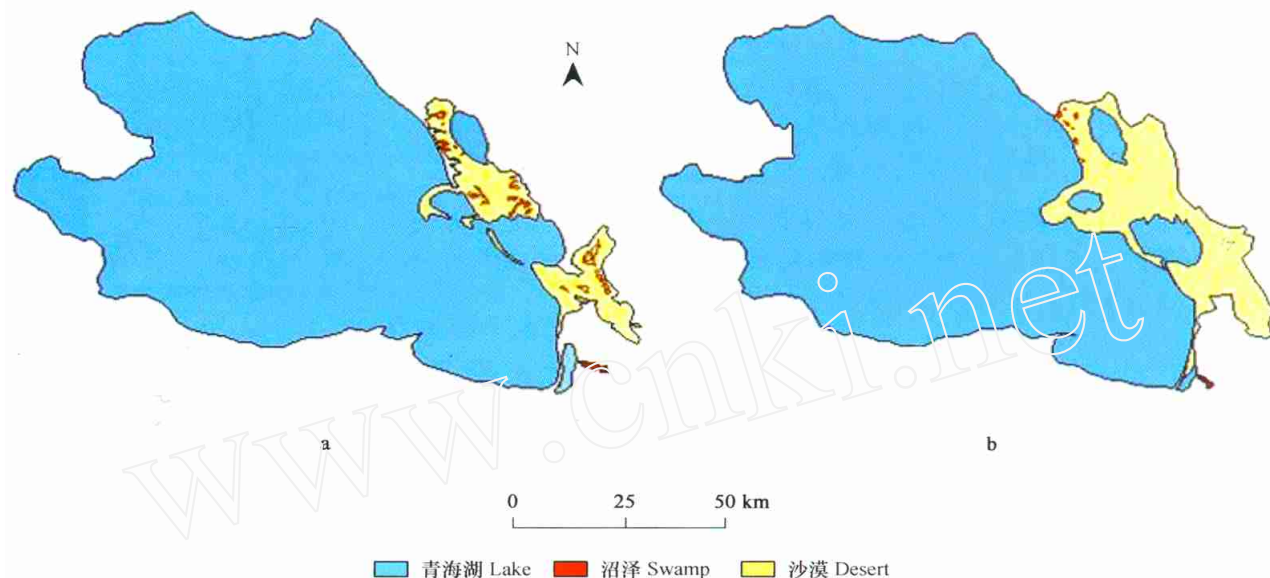
图4 青海湖边界的变化

Fig.4 Change of the boundary of Qinghai Lake

表1 啮齿类群落的多样性(H)、均匀性指数(E)

Table 1 Diversity index (H) and evenness index (E) of rodent communities

生境类型 Type of habitats	物种数 No. species	H	H_{max}	E
湖周湿地 Wetland	3	0.8074	1.0986	0.7349
荒漠沙丘 Desert	3	1.0789	1.0986	0.9820
温性草原 Steppe	5	1.183	1.6094	0.7350
高山草甸 Alpine meadow	7	1.5238	1.9459	0.7831
居民点附近 Vicinity of village	2	0.5815	0.6931	0.8389



4.1 环境变化

在全球气候变化的大背景下,青海湖流域升温明显。入湖河流减少,干燥度有所增加,表明湖区干旱程度加大。青海湖水位持续下降,湖北岸荒漠化持续发展。由于气候和干燥度的变化与物种丰富度的变化有显著的相关性^[13],环境因子土壤水分与荒漠沙蜥分布密度呈显著负相关^[14]。温度升高影响物种的种群动态^[15]。环境因素对动物的影响主要表现在动物的种类和数量的变化上。根据李德浩,陈涛等^[16,17]资料总结,26种鸟类,如豆雁(*Anser fabalis*)、灰头鹀(*Turdus rubrocanus*)、白头鹀(*Circus aeruginosus*)、鹌鹑(*Coturnix coturnix*)、白背矶鹑(*Monticola saxatilis*)等从青海湖湖区消失了。

4.2 人类活动

现代人类活动是导致青海湖流域环境退化的一个因素。尤其是湖水退缩后的植物演替初期,环境条件,尤其土壤含水量变化极大,群落结构简单,盖度小,群落不稳定,外界很小的扰动,如放牧等,往往会破坏植被,导致土地沙化。草原过度放牧,兴建草原围栏,拦河设坝等引起了草场退化^[18],造成虫鼠害严重,对青海湖流域的生物多样性造成了影响^[19]。青海湖流域的畜牧业仍然是自然放牧、靠天养畜的草地畜牧业。草场严重超载、过渡放牧是大面积草场退化的主要原因^[20]。牲畜数量增加,牲畜在某些地区与草食性野生动物竞争食物和采食场所,如在青海湖湖东种羊场,普氏原羚的采食和冬季繁殖场与家畜采食场所重叠^[21,22],放牧活动还严重影响了普氏原羚正常的繁殖^[23]。

从20世纪90年代后期开始,青海湖流域开始建设草场围栏。2003~2004年冬夏季,在湖东种羊场均看到了被铁丝围栏缠绕致死的普氏原羚,普氏原羚是国家一级保护动物,其数量不足350只,是世界上最濒危的有蹄类动物^[24~27]。围栏影响了普氏原羚等野生有蹄类动物的迁徙、采食和逃避敌害^[23]。

青海湖水位下降,植被退化,生态环境趋于恶化。青海湖地区环境退化是全球变化的一个缩影。由于人口增加、草原过牧、草地围栏、交通设施、草场开垦等诸多因素的影响,青海湖地区野生脊椎动物栖息地日益破碎化。一些大型兽类逐渐迁移出本地区,野牦牛、野驴、藏羚的消失是气候因素和人类活动共同作用的结果。应当正视当前环境变化,采取相关措施,保护当地环境和野生动物,并在青海湖地区设置样带,监测环境变化对野生动植物区系的影响。

References:

- [1] Houghton J T, Meiro-Filho L G, Callander B A, Harris N, Kattenberg A, Maskell K. Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.
- [2] Houghton J T, Ding Y, Griggs D J, Noguera M, Linden P J, Xiaosu D, Maskell K, Johnson C A. Climate Change 2001: The Science Basis. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [3] Root T, Price J T, Hall K R, Schneider S H, Rosenzweig C, Pounds J A. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. Nature, 2003, 421: 57~60.
- [4] Easterling D R, Horton B, Jones P D, Peterson T C, Karl T R, Parker D E, Salinger M J, Razuvayev V, Plummer N, Jamason P. Maximum and minimum temperature trends for the globe. Science, 1997, 277: 364~367.

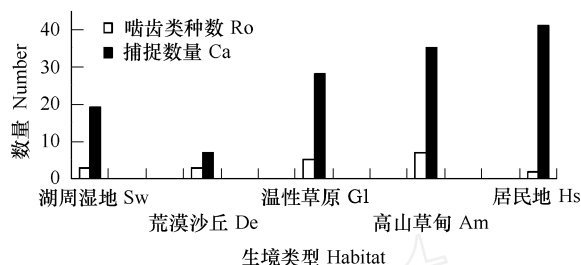


图7 不同生境类型中啮齿动物种类和捕获数量

Fig. 7 Numbers of rodent species and captured in different habitats
Sw, Dr, Gl, Am, Hs, Ro and Ca represent swamp, desert, grassland, alpine meadow, vicinity of village, rodent, number of capture, respectively

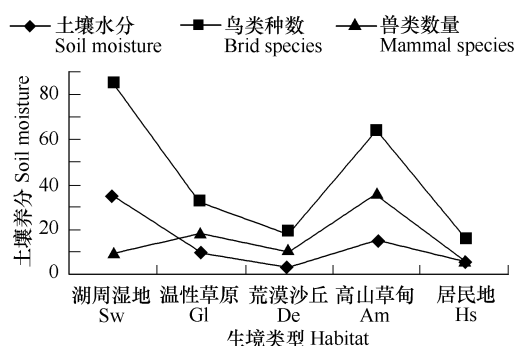


图8 土壤水分与鸟类、兽类物种数量的关系

Fig. 8 Bird and mammal species richness in relation to soil moisture

- [5] McCarthy J J , Canziani O F , Leary N A , Dokken D J , White K S. Climate Change 2001: Impacts , Adaptation and Vulnerability. Cambridge , United Kingdom :Cambridge University Press , 2001.
- [6] McLaughlin J F , Hellmann J J , Boggs C L , Ehrlich P R. Climate change hastens population extinctions. PNAS , 2002 , 99:6070 ~ 6074.
- [7] Walther G R , Post E , Convey P , Menzel A , Parmesan C , Beebee T J C , Fremont J M , Høegh-Guldberg O , Bairlein F. Ecological responses to recent climate change. Nature , 2002 , 416:389 ~ 395.
- [8] Ma R J , Jiang Z G. Impact of global climate change on wildlife. Acta Ecologica Sinica , 2005 , 25(11) :3061 ~ 3066.
- [9] Zhong R Z. Zoogeography of China. Beijing :Science Press , 1999.
- [10] Jiang Z G , Li D Q , Liu B W , Lei R H , Zheng J. Przewalski's Gazelle. Beijing : China Forestry Publishing House , 2004.
- [11] Lanzhou Branch of Chinese Academy of Science , The West Research Center for Resource-Environmental Science , Chinese Academy of Sciences. The Qinghai lake neoteric environment evolvement and forecast. Beijing : Science Press , 1994.
- [12] Wu X D , Xue H R , Shu J A , Shi D Z , Wang W Z. Classification and diversity of rodent communities in semi-arid region of Inner Mongolia. Acta Ecologica Sinica , 1999 , 19(5) :737 ~ 743.
- [13] Nogués-Bravo D , Martínez-Rica J P. Factors controlling the spatial species richness pattern of four groups of terrestrial vertebrates in an area between two different biogeographic regions in northern Spain. Journal of Biogeography , 2004 , 31:629 ~ 640.
- [14] Liu Q F , Li R D , Shun H Y. The effects of environmental factors on population density of *Phrynocephalus przewalskii*. Zoological Research , 1993 , 14 (4) :319 ~ 325.
- [15] Sutherland B E , Tufto J , Engen S , Jerstad K , Røstad O W , Skåtan J E. Population Dynamical Consequences of Climate Change for a Small Temperate Songbird. Science , 2000 , 287 : 854 ~ 856.
- [16] Northwest Institute of Plateau Biology , CAS. Qinghai Economy Fauna. Xining :Qinghai People's Publishing House , 1989. 1 ~ 735.
- [17] Cheng T , Ren J , Wang H S , Ma S Z , Li X F. The effect of the environmental change on the fauna evolution in Qinghai lake region. Journal of Lake Sciences , 1992 , 4:41 ~ 47.
- [18] Cheng G C , Peng M , Zhou L H , Zhao J. Relationship between Ecological change and human activity in Qinghai Lake Region. Chinese Journal of Ecology , 1994 , 13(2) :44 ~ 49.
- [19] Li D Q , Jiang Z G , Wang Z W. Impacts of human activities on the distribution of the critically endangered Przewalski's gazelle. Acta Ecologica Sinica , 1999 , 19(6) :890 ~ 895.
- [20] Peng M , Cheng G C. Study on pattern and successional trend of vegetation in Qinghai Lake Region. Acta Phytocological et Geobotanica Sinica , 1993 , 17 (3) :217 ~ 223.
- [21] Liu B W , Jiang Z G. Diet composition of wolf in the Qinghai Lake region in northeast Tibetan plateau. Acta Theriologica , 2003 , 48 :255 ~ 263.
- [22] Liu B W , Jiang Z G. Dietary overlap between Przewalski's gazelle and domestic sheep in the Qinghai Lake region and its implication for rangeland management. Journal of Wildlife Management , 2004 , 68 :223 ~ 229.
- [23] You Z Q , Jiang Z G. Lek Mating System and Its Mechanism. Acta Theriologica Sinica , 2004 , 24 :254 ~ 259.
- [24] Jiang Z G , Feng Z J , Wang Z W , Chen L , Cai P , Li Y. Saving the Przewalski's gazelle. Species , 1994 , 23 :59 ~ 60.
- [25] Jiang Z G , Li D Q , Wang Z W. Population declines of Przewalski's gazelle around Qinghai Lake , China. Oryx , 2000 , 34:129 ~ 135.
- [26] Jiang Z G , Feng Z J , Wang Z W , Cheng L W , Cai P , Li Y B. Historical and current distributions of gazelle. Acta Theriologica Sinica , 1995 , 5(4) :241 ~ 245.
- [27] Li D Q , Jiang Z G , Wang Z W. Biodiversity spatial characteristics and GAP analysis in Qinghai Lake Region. Journal of Natural Resources , 1999 , 14:47 ~ 54.

参考文献:

- [8] 马瑞俊 , 蒋志刚. 全球气候变化对野生动物的影响. 生态学报 , 2005 , 25(11) :3061 ~ 3066.
- [9] 张荣祖. 中国动物地理. 北京 :科学出版社 , 1999.
- [10] 蒋志刚 , 李迪强 , 刘丙万 , 雷润华 , 郑杰. 中国普氏原羚. 北京 :中国林业出版社 , 2004.
- [11] 中国科学院兰州分院 , 中国科学院西部资源环境研究中心. 青海湖近代环境的演化与预测. 北京 : 科学出版社 , 1994.
- [12] 武晓东 , 薛河儒 , 苏吉安 , 施大钊 , 王万中. 内蒙古半荒漠地区啮齿动物群落分类及其多样性研究. 生态学报 , 1999 , 19(5) :737 ~ 743.
- [14] 刘遵发 , 李仁德 , 孙红英. 环境因子对荒漠沙蜥种群密度影响的研究. 动物学研究 , 1993 , 14(4) :319 ~ 325.
- [16] 中国科学院西北高原生物研究所. 青海经济动物. 西宁 :青海人民出版社 , 1989. 1 ~ 735.
- [17] 陈涛 , 任杰 , 王恒山 , 马世震 , 李幸福. 青海湖地区环境变化对动物区系演变影响的探讨. 湖泊科学 , 1992 , 4(4) :41 ~ 47.
- [18] 陈桂琛 , 彭敏 , 周立华 , 赵京. 1994. 青海湖地区生态环境演变与人类活动关系的初步研究. 生态学报 , 1994 , 13(2) :44 ~ 49.
- [19] 李迪强 , 蒋志刚 , 王祖望. 人类活动对普氏原羚的影响. 生态学报 , 1999 , 19(6) :890 ~ 895.
- [20] 彭敏 , 陈桂琛. 青海湖地区植被演变趋势研究. 植物生态学与地植物学学报 , 1993 , 7(3) :217 ~ 223.
- [23] 游章强 , 蒋志刚. 动物求偶场交配制度及其发生机制. 兽类学报 , 2004 , 24 :254 ~ 259.
- [26] 蒋志刚 , 冯祚建 , 王祖望 , 陈立伟 , 蔡平 , 李永波. 普氏原羚的历史分布与现状. 兽类学报 , 1995 , 15 :241 ~ 245.
- [27] 李迪强 , 蒋志刚 , 王祖望. 青海湖地区生物多样性的空间特征与 GAP 分析. 自然资源学报 , 1999 , 11 (14) :47 ~ 54.