

引用格式: 陈琼, 张懿锂, 刘峰贵, 等. 黄河流域河源区土地利用变化及其影响研究综述[J]. 资源科学, 2020, 42(3): 446-459. [Chen Q, Zhang Y L, Liu F G, et al. A review of land use change and its influence in the source region of Yellow River[J]. Resources Science, 2020, 42(3): 446-459.] DOI: 10.18402/resci.2020.03.04

# 黄河流域河源区土地利用变化及其影响研究综述

陈琼<sup>1,2</sup>, 张懿锂<sup>3,4</sup>, 刘峰贵<sup>1,2</sup>, 周强<sup>1,2</sup>, 汪生珍<sup>1</sup>,  
成艺<sup>1</sup>, 郭蓉<sup>1</sup>, 支泽民<sup>1</sup>, 许震戈<sup>1</sup>

- (1. 青海师范大学地理科学学院, 西宁 810008; 2. 高原科学与可持续发展研究院, 西宁 810008;
3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101;
4. 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心, 北京 100101)

**摘要:** 黄河流域河源区是国家生态屏障和“中华水塔”的重要组成部分, 是生态保护优先的践行区。本文梳理了近40年来对黄河流域河源区土地利用格局和过程研究的相关文献, 从土地利用现状、变化、效应及政策启示等方面进行了全面分析。研究发现: ①黄河流域河源区土地利用格局相对稳定, 草地面积占绝对优势。2000年是土地利用及其效应变化的重要转折点。2000年之前, 草地、林地和湿地等生态用地减少, 草地退化、沙化、土壤侵蚀等效应加剧。2000年之后, 生态用地增加, 植被指数增加, 生态系统逐渐向良性方向转变, 碳汇功能增强。②生态工程实施和气候变化使该区域土地利用及其效应极具复杂性。整体上土地退化面积有所减少, 程度趋缓, 草畜基本实现平衡。东部河湟谷地耕地面积减少, 集约度提高, 种植结构逐步优化; 但局部恶化的态势依旧严峻, 土壤侵蚀尤其高寒地带的冻融侵蚀加剧。建议应加强土地利用格局变化的影响因素、土地利用变化的生态效应以及生态保育区溢出价值与自然资源的评估研究, 为黄河流域河源保护区可持续发展提供有力的科技支撑。

**关键词:** 黄河流域河源区; 土地利用变化; 影响; 社会经济; 生态优先; 生态效应

DOI: 10.18402/resci.2020.03.04

## 1 引言

黄河流域河源区是中国重要的水源地和生态屏障, 是“中华水塔”和国家公园示范省建设的重要组成部分。自2005年以来, 三江源生态保护等一系列重大生态工程在此实施, 生态保护优先战略得以贯彻, 推动人与自然和谐发展新格局。而区域土地利用变化及其社会、经济和生态效应, 是理解人地关系的基础, 也是实现区域资源可持续利用和生态环境保护的重要依据。

近几十年来, 随着全球变暖和青藏高原人类活动的加剧, 黄河流域河源区土地利用发生了显著变化<sup>[1,2]</sup>。首先, 温度、降水为主的自然气候因素的

变化, 对土地利用产生直接和间接的影响。气候变暖和降水增加一方面使该地区植被生长期延长, 产草量增加, 区域整体覆被好转<sup>[3-5]</sup>; 另一方面, 也致使冻土退化, 为冻融侵蚀和水力侵蚀创造了条件, 水土流失加剧, 进而导致草地质量下降<sup>[6-10]</sup>。其次, 人为因素也对土地利用变化产生深刻影响。城镇化步伐加快和过度放牧等人类活动强度的增加导致该区域建设用地增加、耕地减少和草地质量下降<sup>[11-14]</sup>。然而, 退耕还林还草、三江源自然保护区建设等一系列生态工程的实施则又使得草地、林地等生态用地恢复和增加<sup>[15,16]</sup>。受自然和人文因素的综合影响, 黄河流域河源区的土地利用结构和土地利用质量

收稿日期: 2019-12-12; 修订日期: 2020-03-03

基金项目: 第二次青藏高原综合考察研究项目(2019QZKK0603); 国家重点研发计划项目(2019YFA0606900); 中国科学院战略先导专项(XDA20040200)。

作者简介: 陈琼, 女, 博士, 副教授, 主要研究青藏高原土地资源和变化。E-mail: qhchenqiong@163.com

通讯作者: 刘峰贵, 教授, 博士生导师, 主要从事青藏高原区域地理与环境变化研究。E-mail: lfg\_918@163.com

2020年3月

均发生了一定程度的变化。

本文在系统梳理黄河流域河源区土地利用及其效应文献的基础上,通过部分数据分析与综合,解释该区域土地利用格局和质量变化,并进一步分析土地利用变化对自然系统和社会经济系统产生的影响,以期理解研究区特殊的人地关系,为黄河流域生态文明建设和可持续发展提供科学依据。

## 2 黄河流域河源区土地利用变化

考虑到生态优先重点实施区域完整性,本文以青海境内的黄河流域作为研究对象,本文简称为黄河流域河源区。该研究区范围从黄河源头至寺沟峡,包括龙羊峡以上的黄河源头区和龙羊峡至寺沟峡的高山峡谷区(图1)。黄河在青海境内干流总长为1694 km,流域面积约15.31万 km<sup>2</sup>,占整个黄河流域总面积75.24万 km<sup>2</sup>(未包含内流区面积)的20.34%。地处95°E—103°E,32°N—39°N。平均海拔3800 m,区域内地貌类型复杂,植被类型相对简单,主要为高寒草甸和高山草原化草甸,多年冻土发育。气候属高原大陆性高寒气候,寒冷干燥,水热同季。多年平均降水在250~800 mm之间,年内变化较大,6—9月降水较为集中。区内水资源丰

富,海拔4260 m以上的扎陵湖、鄂陵湖是中国海拔最高的淡水湖,此外还有黄河上游第一座大型梯级电站——龙羊峡水库。黄河源头区是中华水塔重要组成部分,是黄河上游生态重点建设区,是青藏高原生态屏障的核心区域,生态环境脆弱。

黄河流域河源区土地利用结构相对简单,形成了以草地为绝对优势、未利用土地和林地为主要类型,兼有比例较小的耕地、水域和城市建设用地的格局。根据中国科学院资源环境科学数据中心提供的3期(2000年、2005年和2015)中国土地利用遥感监测数据计算,研究区草地占土地总面积的71.02%,主要由高寒草甸、高寒草原和高寒荒漠草原构成;未利用地主要以裸地、沙地等类型为主,其面积大小依次为裸岩石砾地>沙地>裸土地>戈壁>盐碱地,占土地总面积的12.29%;受海拔、气候的影响,林地主要以灌木林地为主,约占土地总面积的11.06%;耕地(3.45%)、水域(1.78%)和建设用地(0.41%)所占比例较小,但在黄河流域河源区发展中起着重要的作用。

### 2.1 土地利用数量变化

土地利用的变化主要体现在各土地类型之间

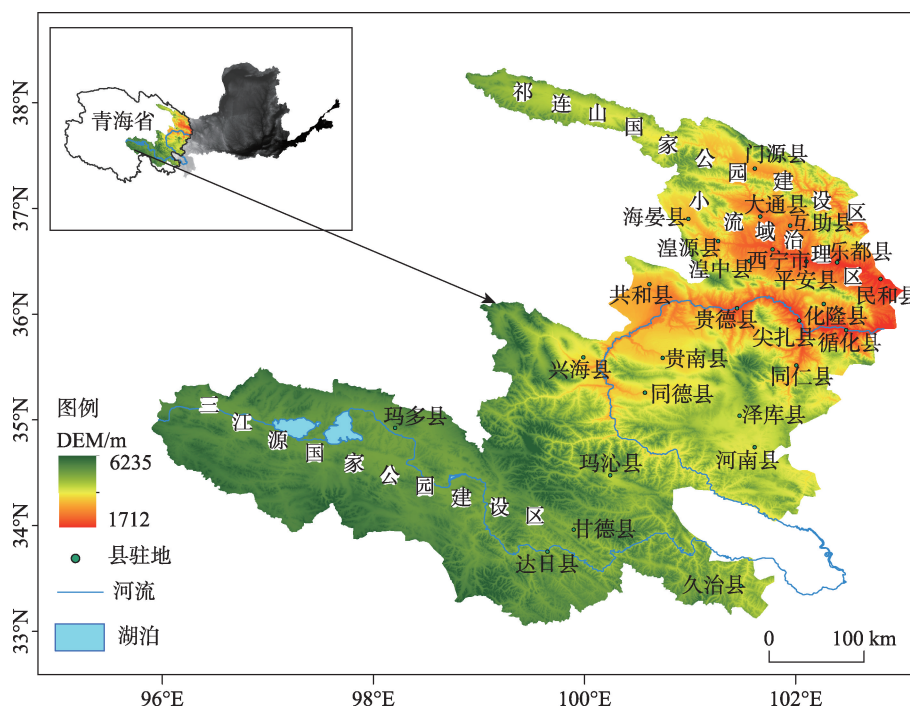


图1 黄河流域河源区

Figure 1 Source region of the Yellow River

的转换,研究区土地利用变化主要发生在20世纪80年代以后。

根据已有研究结果的分析发现,1986—2000年间,由于该区域城镇化水平的提高和人口的增长,建设用地和耕地分别增加8.53%和5.90%;同时受过度放牧和气候变暖等因素影响,局部地区中低覆盖草地和沼泽湿地退化为荒漠地和沙地等,使未利用地增加6.46%,草地、林地、水域、湿地、冰川面积分别减少0.61%、0.88%、7.35%、13.41%和39.72%<sup>[11,17,18]</sup>。这种由林地转向草地,草地转向未利用地的土地利用变化趋势一直持续至2004年<sup>[11,18,19]</sup>。

2000—2005年是研究区实施退耕还林还草和三江源生态保护等工程的初期,本文根据中国土地利用遥感监测数据计算得出,该时期土地利用变化仍以草地的大量转出为主,转出面积为转入面积的3.40倍,其中转出草地的87.24%转向未利用地,草地、林地和耕地分别减少0.53%、0.11%和0.39%,未利用地增加3.11%。

2005—2015年,生态工程效应在土地利用中得到反映。虽然草地依然是土地利用转移中最为活跃的地类,但转移面积显著减少,并且转入与转出相对平衡,随着荒漠土地逐渐变为草地,由2005年前的草地转向未利用地为主转变为未利用地转向草地为主,草地、林地、耕地和未利用地分别减少0.11%、0.13%、0.72%和0.32%,建设用地增加33.42%。

由此可见,黄河流域河源区建设用地持续增加,2005年后林地、草地呈现生态转好趋势,反映出生态优先发展策略实施后生态用地面积明显增加,体现了生态建设和区域经济发展取得显著成效。

## 2.2 土地利用质量变化

### 2.2.1 草地退化

黄河流域河源区的草地退化具有显著的阶段性和区域性特征。

草地退化主要发生在20世纪70年代至21世纪初。据NDVI遥感数据研究表明,20世纪80年代至21世纪初黄河流域河源区植被指数呈下降趋势<sup>[20-24]</sup>。如张德铨等<sup>[22]</sup>研究发现,1981—2001年间三江源地区有18.92%的面积植被指数呈现下降趋势,其中黄河流域占比达到32.51%,下降的主要植被类型占研

究区总面积的比例分别为:灌丛22.15%、森林20.75%、草甸18.83%、高山稀疏植被18.73%和草原18.60%。植被指数下降率主要与人类活动有关,与居民点的相关系数高达0.78。赵新全等<sup>[25]</sup>对20世纪50年代与21世纪初三江源区的草地进行对比研究发现,产草量和优质牧草比例均呈下降趋势。人类活动导致草地景观破碎,中度和轻度退化草地面积不断增加,草地变干、沙化等效应加剧,可能是牧草产量下降的主要原因<sup>[26]</sup>。其中,源头区的玛多、曲麻莱和达日、玛沁和治多等地区的草地退化最为典型。据王根绪等<sup>[27]</sup>研究,20世纪70年代至21世纪初,江河源区达日、玛多、玛沁、治多、曲麻莱、杂多6县退化草地面积占总草场面积的34.34%,其中重度退化草地占总草场面积的26.79%。张森琦等<sup>[28]</sup>认为1990—1995年黄河源区草地退化程度达到最为显著时期,伴随出现显著的沼泽化草甸、沼泽湿地和沙化、盐碱化等现象。而源头区东部的兴海、泽库、同德等地区退化程度相对较弱,处于轻度退化<sup>[26,29]</sup>。

21世纪以来,随着黄河流域河源区的草地退化受到国家、地方政府和学术界高度关注,一系列保护措施和保护工程得以实施,草地退化状况得到初步遏制。刘宪锋等<sup>[30]</sup>研究表明,2000—2011年黄河流域河源区及周边地区植被指数呈增加趋势,增加面积占比高达64.06%。许茜等<sup>[31]</sup>研究也发现,2000—2015年,三江源地区大面积未利用土地向低覆盖草地转变,转化面积为18973.89 km<sup>2</sup>,部分低覆盖草地转变为中等覆盖草地,中覆盖度草地面积基本不变,草地植被覆盖度呈现明显的增加趋势。

### 2.2.2 土壤侵蚀

黄河流域河源区多种土壤侵蚀类型并存:东南侧是高山峡谷地带,地势陡峭,海拔较低;中西部和北部呈山原状,地形起伏小,地势平坦,海拔较高,自东向西依次形成了水蚀—冻融—风蚀过渡的空间格局。区域内海拔介于1712~6235 m之间,不同海拔高度对应不同的土壤侵蚀类型:①海拔高度在4500 m以下的区域以水力侵蚀为主,其中最为严重的地区为河湟谷地,水力侵蚀面积7432 km<sup>2</sup>,占湟水流域水土流失面积的97.48%,占青海省水土流失总面积的22.5%<sup>[32]</sup>;②4500~5300 m之间为水蚀、冻融



2020年3月

混合侵蚀带,其中黄河源头区自20世纪70年代以来,山地斜坡水蚀与山地冻融荒漠化导致水蚀、冻融侵蚀增强,每年新增侵蚀面积 $319.7\text{ km}^2$ <sup>[28]</sup>;③5300 m以上地区以冻融和风力侵蚀为主。

总体来看,黄河流域河源区土壤侵蚀在生态工程实施后,却呈现增加态势。据曹巍等<sup>[33]</sup>研究发现,生态保护和建设一期工程实施前8年(1997—2004年),黄河源区平均年土壤侵蚀量为 $0.58\times 10^8\text{ t}$ ,而工程实施后8年(2005—2012年),平均年土壤侵蚀量增大了47.1%。吴万贞等的研究也表明,自2000年以来,黄河流域河源区土壤侵蚀强度和面积呈增加态势<sup>[34]</sup>,2009年该地区土壤侵蚀总面积达到 $38791.09\text{ km}^2$ ,其中中度以上土壤侵蚀区域面积达到23.31%<sup>[35]</sup>。导致这种现象发生的主要原因是气候变化,由于气温升高导致地表冻融作用加剧,冻融侵蚀的强度和面积增加<sup>[33,34]</sup>,同时极端降水增多,土壤水蚀作用加强。但气候变化使得植被盖度增加,进而在某种程度上又抑制了土壤侵蚀强度<sup>[33]</sup>,使该地区土壤侵蚀的作用机制进一步复杂化。总体来说该地区依然面临土壤侵蚀的严峻挑战。

### 2.2.3 土地荒漠化

近几十年,黄河流域河源区的荒漠化经历了先增加后减少的过程,并呈现出集中分布的特征,不同区域表现出显著的时空差异。

20世纪70年代至21世纪初,在气候变化和人类活动加剧背景下,黄河流域河源区荒漠化面积显著增加,且20世纪90年代发展趋势最为剧烈。李任时等<sup>[36]</sup>研究发现,1975—2000年黄河流域河源区荒漠化面积增加了 $5768.95\text{ km}^2$ ,其中沙质荒漠化土地面积 $5623.41\text{ km}^2$ ,盐碱质荒漠化土地面积 $145.54\text{ km}^2$ 。荒漠化主要发生在玛多、共和等地区。

2000年之后,随着三江源生态保护工程实施,对土地荒漠化的治理力度加强,荒漠化强度总体呈现减弱的趋势。2000—2007年,黄河流域河源区荒漠化面积减少了 $2269.21\text{ km}^2$ ,其中中度以下的沙质荒漠化减少 $2203.07\text{ km}^2$ ,重度盐碱质荒漠化减少 $42.89\text{ km}^2$ ,共和盆地及其玛多县西部地区的重度沙质荒漠化类型显著减少<sup>[36]</sup>。李晓英等<sup>[37]</sup>研究发现,20世纪70年代末至2010年,共和盆地轻度和中

度荒漠化面积虽然分别增加 $584.33\text{ km}^2$ 和 $215.74\text{ km}^2$ ,但重度和极重度荒漠化面积分别减少了 $710.59\text{ km}^2$ 和 $153.77\text{ km}^2$ 。综上所述,虽然研究时段和方法有所差别,但均显示出黄河流域河源区荒漠化趋势基本得到遏制,尤其重度荒漠化面积和趋势明显减弱。今后,要进一步加强该区域监测和研究,以及荒漠化治理力度。

## 3 土地利用变化对生态系统的影响

### 3.1 对生态系统格局的影响

土地利用变化可以显著改变生态系统格局,进而影响到过程和功能。黄河流域河源区生态系统类型的显著变化发生在20世纪70年代中后期至21世纪初。如徐新良等研究发现,20世纪70年代初至2004年,三江源地区草地、湿地、森林生态系统面积分别减少了0.59%、1.24%和0.28%,荒漠和其他生态系统面积分别增加了2.26%和1.26%,而耕地面积则增加了170%,说明人类活动强度急剧增大。该区域同德、兴海和达日等地的草地生态系统向耕地生态系统转移,黄河源头区玛多、曲麻莱等地区的草地生态系统向荒漠生态系统转移,高、中覆盖度草地生态系统面积总共减少了 $1232.59\text{ km}^2$ <sup>[38]</sup>。受气候变暖和人为活动双重影响,湿地生态系统转变为滩地和草地生态系统,仅黄河源区的曲麻莱县湿地生态系统面积就减少了 $159.43\text{ km}^2$ <sup>[38]</sup>。刘璐璐等的研究证明,2000年以来,随着生态保护和生态建设工程的实施,黄河源区草地和湿地生态系统恶化的局面开始扭转,至2012年,草地和湿地生态系统面积分别增加了 $127.51\text{ km}^2$ 和 $91.27\text{ km}^2$ ,荒漠生态系统面积减少了 $218.77\text{ km}^2$ <sup>[39]</sup>,黄河流域河源区生态系统退化趋势得到遏制,并逐渐向良性方向发展。

土地利用变化通过对生态系统的影响,会间接导致生物多样性发生变化。黄河流域河源区的高寒草地生态系统是高寒物种及遗传基因最丰富、最集中的生态系统<sup>[40,41]</sup>。受全球变化、过度放牧和耕地开垦等因素影响,该地区草地生态系统退化,毒杂草入侵,导致生物多样性发生急剧变化<sup>[42]</sup>,物种丰富度与生产力从正相关突变为负相关关系,植物群落多样性指数和均匀度指数的拟合曲线呈驼峰式变化,而物种多样性与生物量关系拟合曲线呈“V”

型变化<sup>[43-46]</sup>。黄河源区“黑土型”重度退化草地单位面积的植被种数仅为原植被种数的47.54%，植物种群和生物多样性随草地生态系统退化而减少<sup>[47,48]</sup>。

土地利用变化还对关键物种产生影响。一方面，气候变暖导致高寒生态系统平衡被打破，高寒灌木侵占高寒草地，造成虫草等特殊生境植物种质资源的减少和消失<sup>[49,50]</sup>；另一方面，过度放牧和人类采挖活动导致高寒生态系统特殊植物资源急剧下降或种群退化、沙化以及毒杂草泛滥，不利于虫草等特殊物种的生长<sup>[50,51]</sup>。2000年以来，人工草场等工程性措施的实施使草地生态系统得到恢复，促进土壤动物数量和类群增加。土壤动物的这一变化一定程度上反映了物种多样性提高以及群落组成的复杂度增加，进而体现出该区域的生物多样性在逐渐恢复<sup>[52]</sup>。黄河流域河源区生态系统格局的变化主要受土地利用类型间的自然变化和人类活动的进一步加强所致。

### 3.2 对生态系统过程的影响

当前，土地利用与土地变化研究正朝着以人类与环境系统为对象的更加综合的方向发展，土地利用不但直接改变地表覆被及过程，同时也深刻影响着生态系统中的大气、水文循环、物质循环、能量交换、生物地球化学循环等生态过程，造成生态系统的结构和功能发生改变，进而对区域乃至全球生态环境带来影响<sup>[53]</sup>。黄河流域河源区生态脆弱而敏感，土地利用变化对该地区的生态系统过程产生深刻影响。

#### 3.2.1 对物质循环的影响

土地利用变化直接或间接通过生态系统变化而使净初级生产力发生变化<sup>[54]</sup>。多项研究表明，黄河流域河源区生态系统的NPP呈波动增加趋势<sup>[55-57]</sup>。据周秉荣等<sup>[56]</sup>的研究，1961—2000年黄河源头区NPP变化趋势不明显，但2000—2014年呈明显增加趋势，其中，黄河源区的兴海、同德、泽库及达日4站显著增加，尤其是同德站每年增幅达0.756 g/m<sup>2</sup>；张岩等<sup>[57]</sup>的研究发现，20世纪90年代末至21世纪初，三江源地区NPP每年增速为-31.00 g/m<sup>2</sup>，但2006年以后增速提高至每年13 g/m<sup>2</sup>，增幅非常明显，说明黄河流域河源区在全球变暖和生态保护双重作用

下，生态系统的净初级生产力显著提高。其他学者对青藏高原NPP的研究也表明<sup>[58-60]</sup>，黄河流域河源区乃至青藏高原全区的NPP在2002年以后出现明显的增加趋势，不过区域内部也存在一定的区域差异性。因此，气候变化、生态保护对NPP的贡献仍需要进一步区别研究，但总体判断黄河流域河源区生态保护和建设是区域NPP增加的主要原因。

不同的土地利用类型承载不同类型的生态系统，而不同生态系统的物质循环过程具有较大差异。黄河流域河源区的土地利用类型变化对各生态系统有着明显的影响，并对生态系统的物质积累和循环过程产生影响。20世纪70年代至90年代末的草地生态系统恶化，导致草地生态系统优势种比例降低，毒杂草等物种入侵，土壤的通透性、坚实度变小，表面蒸发量增大，高原鼠兔等动物种群密度增加，地下生物量减少<sup>[61]</sup>，土壤中的有机质、速效磷、硝态氮、速效钾等的累积含量减少，碳、氮流失，土壤贫瘠化加剧，甚至发育旱生沙生植物等<sup>[62,63]</sup>。王文颖等<sup>[64]</sup>研究发现，2004年黄河源头区达日县退化草地的土壤有机质和速效氮的含量远低于未退化草地生态系统，由草地退化导致的根系碳、氮损失分别高达87.93%和70.42%。王根绪等<sup>[65]</sup>研究表明，1972—2002年整个青藏高原草地生态系统退化引起的碳排放达到 $29.53 \times 10^8$  tC，重度退化草地在生长季内表现出较高的CO<sub>2</sub>排放通量。张继平等<sup>[66]</sup>研究认为，2000年以来，黄河源头等地区的草地生态系统整体表现为碳汇，草地生态系统碳汇总量的多年平均值为 $0.4 \times 10^8$  t，单位面积碳汇量为每年86.80 g/m<sup>2</sup>，总体呈现上升趋势，其空间分布呈现自西向东递减趋势。

#### 3.2.2 对水文过程的影响

土地利用变化通过改变生态系统而直接或间接影响生态水文过程。土地利用变化对水文过程的间接影响主要因地表结构改变影响水分的下渗和蒸发能力，从而改变土壤水分的赋存状况，而植被覆盖度的变化影响降水的产流、下渗、蒸发等水循环环节，以及水源涵养功能，最终对区域水文和水资源造成影响。土地利用变化对水文的直接影响主要体现在湖泊水体面积变化和黄河干、支流的

2020年3月

人工水库建设。

黄河源头区的湖泊面积从20世纪70年代以来就出现萎缩的状况:据肖晖等<sup>[67]</sup>研究,1970—1990年,黄河源头区的星星海、扎陵湖、鄂陵湖和冬给错那湖等湖泊面积分别萎缩了4.10、10.77、7.15和16.24 km<sup>2</sup>。李林等<sup>[68]</sup>对该区域湖泊的研究也发现,1990—2004年湖泊斑块数量减少了49块,沼泽湿地减少了近200.00 km<sup>2</sup>,湖泊、湿地等的萎缩导致水源涵养能力下降。

21世纪初湖泊面积开始回转并持续增长<sup>[67,69]</sup>,1976—2018年,青藏高原1 km<sup>2</sup>以上的湖泊总数由1080个增加至2018年的1424个。同时,黄河流域河源区自1986年以来兴建了龙羊峡、李家峡等大型水电站,水库库区面积增加了462.02 km<sup>2</sup>,导致该区域水文蒸发和地下水位发生明显变化,在某种程度上也改变了局地气候<sup>[71]</sup>。

由于研究区土地利用质量的变化,不同植被覆盖度、冠层、根系及土壤理化性质等对降水、产流及蒸发均产生影响,致使降水资源重新分配,进而影响草地的生态水文过程<sup>[72,73]</sup>。1981—1998年,由于植被覆盖率降低,地面蒸散量增加,黄河流域河源区蒸散量以32.50 mm/10a的速率上升<sup>[74]</sup>。多位学者认同气候变化和人类活动对黄河源头区河川径流的影响较大,如常国刚等<sup>[75]</sup>研究认为,20世纪后半叶,黄河上游地区减少的径流70.00%是由气候变化所导致的,而30.00%则由于人口增加、过度放牧等原因造成;钱云平等<sup>[76]</sup>、杨建平等<sup>[77]</sup>认为,黄河源头区植被退化、水土流失加剧、湖泊干涸萎缩,源区来水量大幅减少,是造成黄河下游频繁断流的一个重要因素;李万寿等<sup>[78]</sup>则认为,黄河源头水资源短缺、湖面蒸发是黄河断流的主要原因;而赵林等<sup>[79]</sup>认为,黄河源头等地区冻土退化、产流减少,是黄河上游水量减少的主要成因。

李万志等发现,自2000年以来,随着禁牧休牧、退耕还林、围栏封育等生态保护工程和草地退化综合治理、防沙治沙、水土保持等生态修复工程的实施,人类活动对水文过程的影响程度逐步下降至26.39%<sup>[80]</sup>。因此,土地利用变化对研究区内水文过程产生复杂影响,其中土地利用质量的变化对草地

生态水文过程的影响较显著,以人类活动为主导的土地利用方式变化往往导致流域径流量的改变。

### 3.2.3 对温度的影响

土地利用变化是气候系统的胁迫因子之一<sup>[81]</sup>,通过改变地表粗糙度、反照率等导致地面温度的变化<sup>[54,81-84]</sup>。由于太阳辐射的吸收率变化,未利用土地吸收率高,地表升温强烈,草地升温次之,高覆盖的林地升温最弱,即植被覆盖状况越好(差),局地升温越弱(强)<sup>[83,85-87]</sup>。近40年来,随着黄河流域河源区草地植被的破坏,局地增温幅度在0~1℃之间<sup>[83]</sup>,人类活动强烈的河湟谷地由于人口增加和建设用地扩张,城市“热岛效应”显著<sup>[88]</sup>。2000—2010年,黄河流域河源区的西宁市交通用地、工业用地、居住地的地表温度分别升高了1.43、1.42和1.23℃,而城市绿地温度仅升高0.77℃<sup>[89]</sup>。可见,以人类活动为主导的土地利用方式变化往往导致局部区域气候的改变,尤以气温的改变最为显著。

## 4 土地利用变化对社会经济的影响

### 4.1 对畜牧业的影响

土地利用主要通过草地面积和质量变化对载畜量和放牧范围等产生较大影响。随着黄河流域河源区草地质量的变化和生态用地的扩大,畜牧业发展受到较大影响。

20世纪70年代至21世纪初,黄河流域河源区的草地退化严重,产草量和优质草场面积大幅度下降,从而导致牲畜数量显著下降<sup>[16]</sup>。如黄河源头达日县植被覆盖度20世纪90年代中后期比60年代减少了69.30%,产草量下降86.77%,因草地退化损失可食牧草 $1.03 \times 10^8$  kg,相当于 $7.06 \times 10^4$ 羊单位1年的需草量<sup>[47]</sup>。同德、贵南、兴海等县仅1996年因草地退化损失牧草 $2.34 \times 10^8$  kg干物质,减少了10%的理论载畜量<sup>[90]</sup>。青海全省1997年因草地退化损失鲜草 $0.12 \times 10^8$  t/a,相当于减少家畜饲养量达 $0.08 \times 10^8$ 羊单位<sup>[91]</sup>。

为了保护 and 修复生态环境,遏制草地退化趋势,2003年黄河流域源头所在的三江源地区开始全面推行减畜工作<sup>[30]</sup>,并实施生态保护与建设工程,黄河流域河源区牲畜数量从2000—2005年的 $2.176 \times 10^7$ 头(只)/a降至2006—2009年的 $1.980 \times 10^7$



头(只)/a,牲畜减幅达9.00%以上<sup>[92]</sup>,减畜工程效果显著。2005年以来该区域草地退化局面基本得到遏制;2008年,全面建设草地生态畜牧业,严格落实草原补助奖励政策,畜牧业发展的集约化、组织化、规模化程度显著提高,“草畜”矛盾得到妥善解决<sup>[93]</sup>,基本实现草畜平衡<sup>[94]</sup>。

土地利用变化对农业的影响主要表现在耕地面积、农产品产量和种植结构方面。黄河上游地区的耕地主要集中分布在黄河谷地及其湟水、隆务等支流河谷地区。

自20世纪中叶以来,黄河流域河源区耕地面积经历了从增长到减少的变化过程,1949—2003年青海省耕地总面积增加了1500 km<sup>2</sup><sup>[94]</sup>,绝大多数耕地集中在黄河流域的河湟谷地。随着21世纪初西部大开发战略、退耕还林(草)和生态保护建设工程的实施,一方面黄河流域河源区城镇建设步伐加快,建设用地增加;另一方面由于生态保护和退耕,使耕地面积大幅减少<sup>[95]</sup>,经作者计算,2015年黄河流域河源区耕地面积比2000年减少了0.72%,耕地大部分转变为生态用地、水域,少部分转变为建设用地。

随着耕地的减少,土地集约程度提高,种植结构发生了变化。黄河流域河源区东部河谷地区从城区、城乡过渡带到农业区的作物种植类型逐渐丰富,依次形成:花卉果蔬为主;粮食和油料作物、蔬菜、树苗为主;粮食和油料作物、蔬菜、树苗、牲畜饲料为主的种植结构。

2000年以来,黄河流域河源区耕地面积的减少对粮食产量的影响并不很大。由于农田基本设施建设以及优良品种和农业技术的推广,青海省黄河谷地粮食单产有了较大提高,从2000年的0.26×10<sup>4</sup> kg/hm<sup>2</sup>增长至2018年的0.37×10<sup>4</sup> kg/hm<sup>2</sup>,2000年青海省粮食总产量为8.27×10<sup>8</sup> kg,2008年增长至10.18×10<sup>8</sup> kg,至2018年底粮食总产量仍基本稳定在10.30×10<sup>8</sup> kg<sup>[96]</sup>。

总之,黄河流域河源区随着城镇化进程的加快和生态保护力度的加大,耕地面积呈现减少直至稳定的趋势,而耕地的减少同时促进了集约化程度提高及农产品产量增加,最终使得农业与生态呈现和

谐发展的良好态势。

## 5 政策建议

黄河流域河源区作为国家生态屏障和“中华水塔”的重要地区,生态地位显著。三江源国家公园建设和生态保护工程等一系列重大项目的付诸实施,使生态环境得到有效保护。该区域土地利用格局的稳定和生态用地的优化,有效降低了人类活动对生态环境的扰动,保证了黄河流域河源区的青山绿水和水源涵养。近年来国家又确定了“坚持生态保护优先,推动高质量发展,创造高品质生活”的发展战略,在协调生态环境保护和社会经济发展方面提出了更高的要求。提出如下政策建议:

(1)需针对黄河流域河源区的区域差异性,合理划分可利用草地和生态用地功能区,黄河源头区应依托三江源国家公园建设,创新国家公园管理体制,在加强生态保育和管护的同时,深入研究当地牧民的可持续生计,努力实现草畜平衡,促进有机畜牧业发展,妥善解决生态保护与牧民高质量发展的需求;河湟谷地地区应强化土地集约利用,加大水土流失和地质灾害防治力度,提高生态环境质量,推进城乡一体化综合高质量发展。

(2)针对黄河流域河源区多项重大生态治理和建设工程的实施,部分地区存在多项工程重叠治理、过度治理现象,个别地区为了争取生态项目,国家、地方多项生态治理工程集中在一个特定的生态区域,缺乏生态治理和保护的精准确识和针对性措施,过度生态,导致治理对象的盲目性和国有资产的严重浪费。因此,政府要强化顶层设计,充分利用现代遥感监测技术和地面调查,精准确识生态环境问题,有的放矢,精准立项,区块推进,加强监管和评估力度,确实推进生态建设成效。

(3)黄河流域河源区是黄河流域重要的水源涵养区,其生态保护和水资源保障为主的功能,使当地经济发展受到较大制约,但从整个流域来看,该地区为中、下游地区提供了较高的生态溢出价值,尤其是黄河源区生态用地增加的碳汇效应,目前还没有得到系统研究,其碳汇价值远远被低估。因此,政府应组织科研力量,深入研究流域生态补偿机制,使其成为区域生态屏障保护建设和高质量发

2020年3月

展的保障。

## 6 研究展望

### 6.1 加强土地利用格局变化的影响因素研究

黄河流域河源区是青藏高原生态系统最为脆弱而敏感的区域,其土地利用格局变化既受人类活动的影响,更多地还是受到自然因素的驱动,且驱动机制相对复杂,未来土地利用格局变化存在较多的不确定性。因此,在加强生态保护,减少人类活动的同时,通过长时间序列数据和土地退化机制的实验研究,在精细尺度上监测和获取气候、蒸发、产流、冻土退化等地表过程数据,强化诸影响因素对土地利用格局变化的作用机理的模拟分析,正确理解土地利用格局变化和自然-人为因素之间的关系,为寻求有效的生态治理措施提供科学依据。

### 6.2 推进土地利用变化生态效应研究

土地利用格局变化的生态效应是国际土地计划研究的重点,不同地区已有大量研究成果发表,但是对于高寒脆弱区土地利用生态效应的研究还十分薄弱。黄河流域河源区高寒草甸、沼泽草甸等具有特殊的生境,其生态效应也在高寒地区具有特殊意义,高寒草甸、沼泽草甸的固碳能力、水源涵养能力、水土保持能力等尚不十分清楚。同时,该地区相对单一的土地利用结构下,如何使其生态效应发挥最大潜能,保证草地生态系统物质流、能量流得到优化,均是当前亟待解决的科学问题。因此,应加强该区域土地利用生态效应研究,将分散的针对不同效应的研究,通过综合集成和系统化,提高黄河流域河源区土地变化整体生态效应的集成研究水平。

### 6.3 深化生态服务价值评估与自然资源估算

黄河流域河源区是中国生态安全屏障的重要组成部分,该地区实施的生态优先策略已经取得显著成就,投入大量资金和人力,有效改善了生态环境质量和保证了“一江清水向东流”。然而,目前对该区域自然资源的认识不清,比如碳、水资源储量、高寒草甸和高寒草原、荒漠草原等分布面积等尚不十分清楚;由气候变化导致的冻土变化、草地退化、湖泊面积变化、湿地变化、冰川退缩等影响土地利用格局变化的趋势仍具有较大的不确定性;使得生

态服务价值评估版本众多,缺乏统一的、具有说服力的自然资源核算和生态服务价值评估的指标体系。因此,随着各方面研究的不断深入和评价技术的不断提高,有必要组织力量加强对黄河流域河源区自然资源的核算和生态服务价值的评估,正确理解土地利用变化的关键过程,重视土地利用变化引起的生态系统服务价值变化,系统评价土地利用变化对社会、经济和环境的影响,为黄河流域河源区生态补偿和全流域高质量发展提供政策依据。

## 参考文献(References):

- [1] 潘竞虎,刘菊玲. 黄河源区土地利用和景观格局变化及其生态环境效应[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(4): 69-74. [Pan J H, Liu J L. Land use change and its impact in the eco-environment on the Yellow River source region during the past 15years[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2005, 19(4): 69-74.]
- [2] Yang J B, Wang Y C, Guo L, et al. Patterns and structures of land use change in the Three Rivers Headwaters region of China[J]. Plos One, 2015, 10(3): e119121.
- [3] Yu H Y, Luedeling E, Xu J C. Winter and spring warming result in delayed spring phenology on the Tibetan Plateau[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2010, 107(51): 22151-22156.
- [4] 陈琼,周强,张海峰,等. 三江源地区基于植被生长季的NDVI对气候因子响应的差异性研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(6): 1284-1289. [Chen Q, Zhou Q, Zhang H F, et al. Spatial disparity of NDVI response in vegetation growing season to climate change in the Three-River Headwaters region[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2010, 19(6): 1284-1289.]
- [5] 丁明军,张懿铨,孙晓敏,等. 近10年青藏高原高寒草地物候时空变化特征分析[J]. 科学通报, 2012, 57(33): 3185-3194. [Ding M J, Zhang Y L, Sun X M, et al. Spatiotemporal variation in alpine grassland phenology in the Qinghai-Tibetan Plateau from 1999 to 2009[J]. Chinese Science Bulletin, 2012, 57(33): 3185-3194.]
- [6] Wang G X, Bai W, Li N, et al. Climate changes and its impact on tundra ecosystem in Qinghai-Tibet Plateau, China[J]. Climate Change, 2011, 106(3): 463-482.
- [7] Wang G X, Liu G S, Li C J. Effects of changes in alpine grass land vegetation cover on hillslope hydrological processes in a permafrost watershed[J]. Journal of Hydrology 2012, 444-445: 22-33.
- [8] 邴龙飞,邵全琴,刘纪远,等. 近30年黄河源头土地覆被变化特征分析[J]. 地球信息科学学报, 2011, 13(3): 289-296. [Bing L F, Shao Q Q, Liu J Y, et al. Characteristic of land cover changes in



- the Yellow River headwaters region over the past 30years[J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2011, 13(3): 289-296.]
- [9] 黄麟, 邵全琴, 刘纪远, 等. 近30年来青海省三江源区草地的土壤侵蚀时空分析[J]. *地球信息科学学报*, 2011, 13(1): 12-21. [Huang L, Shao Q Q, Liu J Y, et al. Spatial-temporal analysis of soil erosion in grassland over the past three decades in Sanjiangyuan Region, Qinghai Province, China[J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2011, 13(1): 12-21.]
- [10] 吴喜芳, 李改欣, 潘学鹏, 等. 黄河源区植被覆盖度对气温和降水的响应研究[J]. *资源科学*, 2015, 37(3): 512-521. [Wu X F, Li G X, Pan X P, et al. Response of vegetation cover to temperature and precipitation in the source region of the Yellow River[J]. *Resources Science*, 2015, 37(3): 512-521.]
- [11] 刘璐璐, 曹巍, 邵全琴. 近30年来长江源区与黄河源区土地覆被及其变化对比分析[J]. *地理科学*, 2017, 37(2): 311-320. [Liu L L, Cao W, Shao Q Q. Different characteristics of land cover changes in source regions of the Yangtze River and the Yellow River in the past 30 years[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(2): 311-320.]
- [12] 张良侠, 樊江文, 邵全琴, 等. 生态工程前后三江源草地产草量与载畜压力的变化分析[J]. *草业学报*, 2014, 23(5): 116-123. [Zhang L X, Fan J W, Shao Q Q, et al. Changes in grassland yield and grazing pressure in the Three Rivers Headwater region before and after the implementation of the eco-restoration project[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2014, 23(5): 116-123.]
- [13] 张懿锶, 刘林山, 王兆锋, 等. 青藏高原土地利用与覆被变化的时空特征[J]. *科学通报*, 2019, 64(27): 2865-2875. [Zhang Y L, Liu L S, Wang Z F, et al. Spatial and temporal characteristics of land use and cover changes in the Tibetan Plateau[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2019, 64(27): 2865-2875.]
- [14] 摆万奇, 张懿锶, 谢高地, 等. 黄河源区玛多县草地退化成因分析[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(7): 823-826. [Bai W Q, Zhang Y L, Xie G D, et al. Analysis of formation causes of grassland degradation in Maduo County in the source region of Yellow River[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(7): 823-826.]
- [15] 邵全琴, 樊江文, 刘纪远, 等. 三江源生态保护和建设一期工程生态成效评估[J]. *地理学报*, 2016, 71(1): 3-20. [Shao Q Q, Fan J W, Liu J Y, et al. Assessment on the effects of the first-stage ecological conservation and restoration project in Sanjiangyuan region [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(1): 3-20.]
- [16] 邵全琴, 刘纪远, 黄麟, 等. 2005-2009年三江源自然保护区生态保护和建设工程生态成效综合评估[J]. *地理研究*, 2013, 32(9): 1645-1656. [Shao Q Q, Liu J Y, Huang L, et al. Integrated assessment on the effectiveness of ecological conservation in Sanjiangyuan National Nature Reserve[J]. *Geographical Research*, 2013, 32(9): 1645-1656.]
- [17] 裴志林, 杨勤科, 王春梅, 等. 黄河上游植被覆盖度空间分布特征及其影响因素[J]. *干旱区研究*, 2019, 36(3): 546-555. [Pei Z L, Yang Q K, Wang C M, et al. Spatial distribution of vegetation coverage and its affecting factors in the upper reaches of the Yellow River[J]. *Arid Zone Research*, 2019, 36(3): 546-555.]
- [18] Hu G Y, Jin H J, Dong Z B, et al. Driving forces of Aeolian desertification in the source region of the Yellow River: 1975-2005[J]. *Environmental Earth Sciences*, 2013, 70(7): 3245-3254.
- [19] 杨一鹏, 郭沫, 黄琦, 等. 黄河源头地区土地覆盖的时空变化特征[J]. *生态科学*, 2013, 32(1): 98-103. [Yang Y P, Guo L, Huang Q, et al. Temporal and spatial variation of land cover change in the source regions of the Yangtze and Yellow Rivers[J]. *Ecological Science*, 2013, 32(1): 98-103.]
- [20] 王江山, 殷青军, 杨英莲. 利用NOAA/AVHRR监测青海省草地生产力变化的研究[J]. *高原气象*, 2005, 24(1): 117-122. [Wang J S, Yin Q J, Yang Y L. A study of Qinghai grassland productivity using NOAA/AVHRR[J]. *Plateau Meteorology*, 2005, 24(1): 117-122.]
- [21] 唐红玉, 肖风劲, 张强, 等. 三江源区植被变化及其对气候变化的响应[J]. *气候变化研究进展*, 2006, 2(4): 177-180. [Tang H Y, Xiao F J, Zhang Q, et al. Vegetation change and its response to climate change in Three-River Source region[J]. *Advances in Climate Change Research*, 2006, 2(4): 177-180.]
- [22] 张懿锶, 丁明军, 张玮, 等. 三江源地区植被指数下降趋势的空间特征及其地理背景[J]. *地理研究*, 2007, 26(3): 500-507. [Zhang Y L, Ding M J, Zhang W, et al. Spatial characteristic of vegetation change in the source regions of the Yangtze River, Yellow River and Lancang River in China[J]. *Geographical Research*, 2007, 26(3): 500-507.]
- [23] 徐兴奎, 陈红, Levy J. 气候变暖背景下青藏高原植被覆盖特征的时空变化及其成因分析[J]. *科学通报*, 2008, 53(4): 456-462. [Xu X K, Chen H, Levy J. Spatiotemporal vegetation cover variations in the Qinghai-Tibet Plateau under global climate change[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2008, 53(4): 456-462.]
- [24] 朱文会, 毛飞, 徐影, 等. 三江源区植被指数对气候变化的响应及预测分析[J]. *高原气象*, 2019, 38(4): 693-704. [Zhu W H, Mao F, Xu Y, et al. Analysis on response of vegetation index to climate change and its prediction in the Three-Rivers-Source region [J]. *Plateau Meteorology*, 2019, 38(4): 693-704.]
- [25] 赵新全, 周华坤. 三江源区生态环境退化、恢复治理及其可持续发展[J]. *科技与社会*, 2005, 20(6): 471-476. [Zhao X Q, Zhou H K. Eco-environmental degradation, vegetation regeneration and sustainable development in the headwaters of Three Rivers on Tibetan Plateau[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2005, 20(6): 471-476.]
- [26] 刘纪远, 徐新良, 邵全琴. 近30年来青海三江源地区草地退化

2020年3月

- 的时空特征[J]. 地理学报, 2008, 63(4): 364-376. [Liu J Y, Xu X L, Shao Q Q. Grassland degradation in the 'Three-River Headwaters' region, Qinghai Province[J]. Acta Geographica Sinica, 2008, 63(4): 364-376.]
- [27] 王根绪, 程国栋. 江河源区的草地资源特征与草地生态变化[J]. 中国沙漠, 2001, 21(2): 101-107. [Wang G X, Cheng G D. Characteristics of grassland and ecological changes of vegetations in the source regions of Yangtze and Yellow River[J]. Journal of Desert Research, 2001, 21(2): 101-107.]
- [28] 张森琦, 石维栋, 朱桦, 等. 黄河源区生态环境恶化的地质原因及发展演化趋势[J]. 西北地质, 2004, 37(2): 101-106. [Zhang S Q, Shi W D, Zhu H, et al. The reason for degeneration of the eco-environment advance trend in the headwater area of the Yellow River[J]. Northwestern Geology, 2004, 37(2): 101-106.]
- [29] 邵全琴, 赵志平, 刘纪远, 等. 30年来三江源地区土地覆被与宏观生态变化特征[J]. 地理研究, 2010, 29(8): 1439-1451. [Shao Q Q, Zhao Z P, Liu J Y, et al. The characteristics of land cover and macroscopical ecology changes in the source region of three rivers on Qinghai-Tibet Plateau during last 30years[J]. Geographical Research, 2010, 29(8): 1439-1451.]
- [30] 刘宪锋, 任志远, 林志慧, 等. 2000-2011年三江源区植被覆盖时空变化特征[J]. 地理学报, 2013, 68(7): 897-908. [Liu X F, Ren Z Y, Lin Z H, et al. The spatial-temporal changes of vegetation coverage in the Three-River Headwater Region in recent 12 years[J]. Acta Geographica Sinica, 2013, 68(7): 897-908.]
- [31] 许茜, 李奇, 陈懂懂, 等. 近40a三江源地区土地利用变化动态分析及预测[J]. 干旱区研究, 2018, 35(3): 695-704. [Xu Q, Li Q, Chen D D, et al. Land use change in the Three-River Headwaters in recent 40years[J]. Arid Zone Research, 2018, 35(3): 695-704.]
- [32] 《河湟地区生态环境保护与可持续发展》编辑委员会. 河湟地区生态环境保护与可持续发展[M]. 青海: 青海人民出版社, 2012. ['Ecological Environment Protection and Sustainable Development in Hehuang Region' Editorial Board. Ecological Environment Protection and Sustainable Development in Hehuang Region [M]. Qinghai: Qinghai People's Publishing House, 2012.]
- [33] 曹巍, 刘璐璐, 吴丹. 三江源区土壤侵蚀变化及驱动因素分析[J]. 草业学报, 2018, 27(6): 10-22. [Cao W, Liu L L, Wu D. Soil erosion changes and driving factors in the Three-River Headwaters region[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2018, 27(6): 10-22.]
- [34] 吴万贞, 刘峰贵. 三江源地区冻融侵蚀动力分析及其分布特点[J]. 青海师范大学学报(自然科学版), 2010, 26(1): 57-61. [Wu W Z, Liu F G. Dynamic analysis and distribution characteristics of freeze-thaw erosion in the Three-Rivers' Headstream region[J]. Journal of Qinghai Normal University (Natural Science Edition), 2010, 26(1): 57-61.]
- [35] 吴万贞, 周强, 于斌, 等. 三江源地区土壤侵蚀特点[J]. 山地学报, 2009, 27(6): 683-687. [Wu W Z, Zhou Q, Yu B, et al. Characteristics of soil erosion in Three Rivers' Sources Natural Reserve [J]. Journal of Mountain Science, 2009, 27(6): 683-687.]
- [36] 李任时, 邵治涛, 张红红, 等. 近30年来黄河上游荒漠化时空演变及成因研究[J]. 世界地质, 2014, 33(2): 494-503. [Li R S, Shao Z T, Zhang H H, et al. Analysis on time-space evolution of desertification and its causes in Yellow River during recent 30 years[J]. Global Geology, 2014, 33(2): 494-503.]
- [37] 李晓英, 姚正毅, 董治宝. 青海省共和盆地沙漠化驱动机制[J]. 水土保持通报, 2018, 38(6): 337-344. [Li X Y, Yao Z Y, Dong Z B. Driving mechanism of aeolian desertification in Gonghe Basin of Qinghai Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(6): 337-344.]
- [38] 徐新良, 刘纪远, 邵全琴, 等. 30年来青海三江源生态系统格局和空间结构动态变化[J]. 地理研究, 2008, (4): 829-838. [Xu X L, Liu J Y, Shao Q Q, et al. The dynamic changes of ecosystem spatial pattern and structure in the Three-River Headwaters region in Qinghai Province during recent 30 years[J]. Geographical Research, 2008, (4): 829-838.]
- [39] 刘璐璐, 邵全琴, 曹巍, 等. 基于生态服务价值的三江源生态工程成本效益分析[J]. 草地学报, 2018, 26(1): 30-39. [Liu L L, Shao Q Q, Cao W, et al. Cost-benefit analysis of the ecological protects in the Three-River Headwaters region based on ecosystem services values[J]. Acta Agrestia Sinica, 2018, 26(1): 30-39.]
- [40] 秦大河. 三江源区生态保护与可持续发展[M]. 北京: 科学出版社, 2014. [Qin D H. Ecological Protection and Sustainable Development the Three-River Source Region[M]. Beijing: Science Press, 2014.]
- [41] 董世魁, 汤琳, 张相锋, 等. 高寒草地植物物种多样性与功能多样性的关系[J]. 生态学报, 2017, 37(5): 1472-1483. [Dong S K, Tang L, Zhang X F, et al. Relationship between plant species diversity and functional diversity in alpine grasslands[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(5): 1472-1483.]
- [42] 赵新全, 马玉寿, 周华坤, 等. 三江源区退化草地生态系统恢复与可持续管理[M]. 北京: 科学出版社, 2011. [Zhao X Q, Ma Y S, Zhou H K, et al. Restoration and Sustainable Management of Degraded Grassland Ecosystems in the Three River Source Region [M]. Beijing: Science Press, 2011.]
- [43] 周华坤, 赵新全, 周立, 等. 青藏高原高寒草甸的植被退化与土壤退化特征研究[J]. 草业学报, 2005, 14(3): 31-40. [Zhou H K, Zhao X Q, Zhou L, et al. A study on correlations between vegetation degradation and soil degradation in the 'Alpine Meadow' of the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Acta Prataculturae Sinica, 2005, 14(3): 31-40.]
- [44] 苟照君, 李英年, 刘峰贵, 等. 黄河上游高寒草地土壤全氮含量分布特征及其影响因素[J]. 生态学杂志, 2019, 38(9): 2585-

2594. [Gou Z J, Li Y N, Liu F G, et al. Distribution and influencing factors of soil total nitrogen in alpine grassland of upper Yellow River[J]. Chinese Journal of Ecology, 2019, 38(9): 2585–2594.]
- [45] 武高林, 杜国祯. 青藏高原退化高寒草地生态系统恢复和可持续发展探讨[J]. 自然杂志, 2007, 29(3): 159–164. [Wu G L, Du G Z. Discussion on ecological construction and sustainable development of degraded alpine grassland ecosystem of the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Chinese Journal of Nature, 2007, 29(3): 159–164.]
- [46] 李里, 刘伟. 退化草地植物功能群和物种丰富度与群落生产力关系的研究[J]. 草地学报, 2011, 19(6): 917–921. [Li L, Liu W. Relationship between plant functional groups, species richness and community's productivity in degraded grassland[J]. Acta Agrestia Sinica, 2011, 19(6): 917–921.]
- [47] 王启基, 景增春, 王文颖, 等. 青藏高原高寒草甸草地资源环境及可持续发展研究[J]. 青海草业, 1997, 6(3): 1–11. [Wang Q J, Jing Z C, Wang W Y, et al. The study of grassland resource, ecological environment and sustainable development in Qinghai-Xizang Plateau[J]. Qinghai Prataculture, 1997, 6(3): 1–11.]
- [48] 温璐, 董世魁, 朱磊, 等. 环境因子和干扰强度对高寒草甸植物多样性空间分异的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(7): 1844–1854. [Wen L, Dong S K, Zhu L, et al. The effect of natural factors and disturbance intensity on spatial heterogeneity of plant diversity in alpine meadow[J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(7): 1844–1854.]
- [49] 张宪洲, 杨永平, 朴世龙, 等. 青藏高原生态变化[J]. 科学通报, 2015, 60(32): 3048–3056. [Zhang X Z, Yang Y P, Piao S L, et al. Ecological change on the Tibetan Plateau[J]. Chinese Science Bulletin, 2015, 60(32): 3048–3056.]
- [50] Weckerle C, Franek B, Kelly J, et al. Ancestral differences in associations between disease manifestations and serum IFN-Alpha in SLE patients[J]. Clinical Immunology, 2010, 135: 115–116.
- [51] 徐海峰. 青海杂多县冬虫夏草的生态调查[J]. 草业与畜牧, 2007, (2): 30–34. [Xu H F. Ecological investigation of cordyceps sinensis in Zaduo of Qinghai Province[J]. Prataculture & Animal Husbandry, 2007, (2): 30–34.]
- [52] 金生英. 三江源区退化高寒草甸恢复与重建中土壤动物群落结构的研究[D]. 西宁: 青海大学, 2014. [Jin S Y. Study on the Soil Fauna Communities Structure of Degraded Alpine Meadows under Restoration in the Three River Source Region[D]. Xining: Qinghai University, 2014.]
- [53] 傅伯杰, 张立伟. 土地利用变化与生态系统服务: 概念、方法与进展[J]. 地理科学进展, 2014, 33(4): 441–446. [Fu B J, Zhang L W. Land-use change and ecosystem services: Concepts, methods and progress[J]. Progress in Geography, 2014, 33(4): 441–446.]
- [54] 田宇鸣, 李新. 土地利用/覆被变化(LUCC)环境效应研究综述[J]. 环境科学与管理, 2006, 31(5): 60–64. [Tian Y M, Li X. Review of researches on environmental effects of land use/cover change[J]. Environmental Science and Management, 2006, 31(5): 60–64.]
- [55] 李红梅, 周秉荣, 李林, 等. 青海高原植被净初级生产力变化规律及其未来变化趋势[J]. 生态学杂志, 2011, 30(2): 215–220. [Li H M, Zhou B R, Li L, et al. Change pattern and its future trend of vegetation net primary productivity on Qinghai Plateau[J]. Chinese Journal of Ecology, 2011, 30(2): 215–220.]
- [56] 周秉荣, 朱生翠, 李红梅. 三江源区植被净初级生产力时空特征及对气候变化的响应[J]. 干旱气象, 2016, 34(6): 958–965. [Zhou B R, Zhu S C, Li H M. Temporal and spatial characteristics of vegetation net primary productivity and its responses to climate change in Three-River Headwaters region[J]. Journal of Arid Meteorology, 2016, 34(6): 958–965.]
- [57] 张岩, 韦振锋, 黄毅. 1999–2012年三江源区植被净初级生产力及固碳释氧量测评[J]. 水土保持通报, 2016, 36(1): 100–105. [Zhang Y, Wei Z F, Huang Y. Evaluation of vegetation net primary productivity and its carbon sequestration value in Three-River Headwaters region during 1999–2012[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2016, 36(1): 100–105.]
- [58] 周才平, 欧阳华, 王勤学, 等. 青藏高原主要生态系统净初级生产力的估算[J]. 地理学报, 2004, 59(1): 74–79. [Zhou C P, Ouyang H, Wang Q X, et al. Estimation of net primary productivity of major ecosystems on the Tibet Plateau[J]. Acta Geographica Sinica, 2004, 59(1): 74–79.]
- [59] 沃笑, 吴良才, 张继平, 等. 基于CASA模型的三江源地区植被净初级生产力遥感估算研究[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(9): 45–50. [Wo X, Wu L C, Zhang J P, et al. Estimation of net primary production in the Three-River Headwater region using CASA model[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2014, 28(9): 45–50.]
- [60] 姚玉璧, 杨金虎, 王润元, 等. 1959–2008年长江源植被净初级生产力对气候变化的响应[J]. 冰川冻土, 2011, 33(6): 1286–1293. [Yao Y B, Yang J H, Wang R Y, et al. Responses of net primary productivity of natural vegetation to climatic change over source regions of Yangtze River in 1959–2008[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2011, 33(6): 1286–1293.]
- [61] 刘伟, 王启基, 王溪, 等. 高寒草甸“黑土型”退化草地的成因及生态过程[J]. 草地学报, 1999, 7(4): 300–307. [Liu W, Wang Q J, Wang X, et al. Ecological process of forming ‘black-soil-type’ degraded grassland[J]. Acta Agrestia Sinica, 1999, 7(4): 300–307.]
- [62] 周华坤, 赵新全, 温军, 等. 黄河源区高寒草原的植被退化与土壤退化特征[J]. 草业学报, 2012, 21(5): 1–11. [Zhou H K, Zhao X Q, Wen J, et al. The characteristics of soil and vegetation of degen-



2020年3月

- erated alpine steppe in the Yellow River Source region[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2012, 21(5): 1-11.]
- [63] 董世魁, 温璐, 李媛媛, 等. 青藏高原退化高寒草地生态恢复的植物-土壤界面过程[M]. 北京: 科学出版社, 2015. [Dong S K, Wen L, Li Y Y, et al. Plant-soil Interface Process for Ecological Restoration of Degraded Alpine Grassland on the Tibetan Plateau [M]. Beijing: Science Press, 2015.]
- [64] 王文颖, 王启基, 王刚, 等. 高寒草甸土地退化及其恢复重建对植被碳、氮含量的影响[J]. *植物生态学报*, 2007, 31(6): 1073-1078. [Wang W Y, Wang Q J, Wang G, et al. Effects of land degradation and rehabilitation on vegetation carbon and nitrogen content of alpine meadow in China[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*. 2007, 31(6): 1073-1078.]
- [65] 王根绪, 程国栋, 沈永平. 青藏高原草地土壤有机碳库及其全球意义[J]. *冰川冻土*, 2002, 24(6): 693-700. [Wang G X, Cheng G D, Shen Y P. Soil organic carbon pool of grasslands on the Tibetan Plateau and its global implication[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2002, 24(6): 693-700.]
- [66] 张继平, 刘春兰, 郝海广, 等. 基于MODIS GPP/NPP数据的三江源地区草地生态系统碳储量及碳汇量时空变化研究[J]. *生态环境学报*, 2015, 24(1): 8-13. [Zhang J P, Liu C L, Hao H G, et al. Spatial-temporal change of carbon storage and carbon sink of grassland ecosystem in the Three-River Headwaters region based on MODIS GPP/NPP data[J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2015, 24(1): 8-13.]
- [67] 李晖, 肖鹏峰, 冯学智, 等. 近30年三江源地区湖泊变化图谱与面积变化[J]. *湖泊科学*, 2010, 22(6): 862-873. [Li H, Xiao P F, Feng X Z, et al. Lake changes in spatial evolution an area in source region of Three Rivers in recent 30years[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2010, 22(6): 862-873.]
- [68] 李林, 李凤霞, 朱西德, 等. 黄河源区湿地萎缩驱动力的定量辨识[J]. *自然资源学报*, 2009, 24(7): 1246-1255. [Li L, Li F X, Zhu X D, et al. Quantitative identification of driving force on wetland shrink age over the source region of the Yellow River[J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(7): 1246-1255.]
- [69] Lin H, Liu J Y, Shao Q Q, et al. Changing inland lakes responding to climate warming in Northeastern Tibetan Plateau[J]. *Climatic Change*, 2011, 109: 479-502.
- [70] 郝亚蒙. 基于遥感的三江源湖泊面积变化及影响因子分析[D]. 北京: 中国地质大学, 2018. [Hao Y M. Variation of Lake Area and Its Impact Factors in Three-River Headwaters Region Based on Remote Sensing[D]. Beijing: China University of Geosciences, 2018.]
- [71] 汤秋鸿, 兰措, 苏凤阁, 等. 青藏高原河川径流变化及其影响研究进展[J]. *科学通报*, 2019, 64(27): 2807-2821. [Tang Q H, Lan C, Su F G, et al. Streamflow change on the Qinghai-Tibet Plateau and its impacts[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2019, 64(27): 2807-2821.]
- [72] 底阳平, 张扬建, 曾辉, 等. “亚洲水塔”变化对青藏高原生态系统的影响[J]. *中国科学院院刊*, 2020, 34(11): 1322-1331. [Di Y P, Zhang Y J, Zeng H, et al. Effects of changed Asian water tower on Tibetan Plateau ecosystem: A review[J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2019, 34(11): 1322-1331.]
- [73] 范月君, 侯向阳. 三江源区高寒草甸退化与水塔功能的关系[J]. *西南民族大学学报(自然科学版)*, 2016, 42(1): 8-13. [Fan Y J, Hou X Y. Relationship between vegetation degeneration and water-tower function on alpine meadow in the Three-headwater-river-source region[J]. *Journal of Southwest University for Nationalities (Natural Science Edition)*, 2016, 42(1): 8-13.]
- [74] 李林, 张国胜, 汪青春, 等. 黄河上游流域蒸散量及其影响因子研究[J]. *地球科学进展*, 2000, 15(3): 256-259. [Li L, Zhang G S, Wang Q C, et al. Study on evapotranspiration and its impact factors over Yellow River upper stream area[J]. *Advances in Earth Science*, 2000, 15(3): 256-259.]
- [75] 常国刚, 李林, 朱西德, 等. 黄河源区地表水资源变化及其影响因素[J]. *地理学报*, 2007, 62(3): 312-320. [Chang G G, Li L, Zhu X D, et al. Changes and influencing factors of surface water resources in the source region of the Yellow River[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(3): 312-320.]
- [76] 钱云平, 林银平, 金双彦, 等. 黄河河源区水资源变化分析[J]. *水利水电技术*, 2004, 35(5): 8-10. [Qian Y P, Lin Y P, Jin S Y, et al. Analysis of water resources changes in the source region of the Yellow River[J]. *Water Resources and Hydropower Engineering*, 2004, 35(5): 8-10.]
- [77] 杨建平, 丁永建, 陈仁升. 长江黄河源区高寒植被变化的NDVI记录[J]. *地理学报*, 2005, 60(3): 467-478. [Yang J P, Ding Y J, Chen R S. NDVI reflection of alpine vegetation changes in the source regions of the Yangtze and Yellow Rivers[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(3): 467-478.]
- [78] 李万寿, 吴国祥. 黄河源头断流现象成因分析[J]. *水土保持通报*, 2000, 20(13): 5-8. [Li W S, Wu G X. Analysis on cause of flow-stopping in source area of the Yellow River[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2000, 20(13): 5-8.]
- [79] 赵林, 胡国杰, 邹德富, 等. 青藏高原多年冻土变化对水文过程的影响[J]. *中国科学院院刊*, 2019, 34(11): 1233-1246. [Zhao L, Hu G J, Zou D F, et al. Permafrost changes and its effects on hydrological processes on Qinghai-Tibet Plateau[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2019, 34(11): 1233-1246.]
- [80] 李万志, 刘玮, 张调风, 等. 气候和人类活动对黄河源区径流量变化的贡献率研究[J]. *冰川冻土*, 2018, 40(5): 985-992. [Li W Z, Liu W, Zhang T F, et al. The contribution rate of climate and human activities on runoff change in the source regions of Yellow

- River[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2018, 40(5): 985-992.]
- [81] 李兴. 土地利用/覆盖变化对极端温度的影响和机理研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2018. [Li X. The Impact of Land Use and Cover Change on Temperature Extremes and the Possible Mechanisms[D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science & Technology, 2018.]
- [82] 高学杰, 张冬峰, 陈仲新, 等. 中国当代土地利用对区域气候影响的数值模拟[J]. *中国科学: 地球科学*, 2007, 37(3): 397-404. [Gao X J, Zhang D F, Chen Z X, et al. Numerical simulation of the influence of land use on regional climate in contemporary China [J]. *Science in China: Earth Sciences*, 2007, 37(3): 397-404.]
- [83] 杨续超, 张镡铨, 刘林山, 等. 中国地表气温变化对土地利用/覆被类型的敏感性[J]. *中国科学: 地球科学*, 2009, 39(5): 638-646. [Yang X C, Zhang Y L, Liu L S, et al. Sensitivity of surface temperature changes to land use/cover types in China[J]. *Science in China: Earth Sciences*, 2009, 39(5): 638-646.]
- [84] 华文剑, 陈海山. 区域尺度土地利用/土地覆盖变化对气温日较差的影响[J]. *气候变化研究进展*, 2013, 9(2): 117-122. [Hua W J, Chen H S. Impacts of regional-scale land use/land cover change on diurnal temperature range[J]. *Climate Change Research*, 2013, 9(2): 117-122.]
- [85] 戴激光, 郭万钦, 任东风. 20世纪末期黄河源区土地覆盖变化与气候变迁过程研究[J]. *土壤通报*, 2014, 45(3): 519-523. [Dai J G, Guo W Q, Ren D F. The land cover change and the process of climate change in the source region of the Yellow River in late 20th century[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2014, 45(3): 519-523.]
- [86] 王兰宁, 郑庆林, 宋青丽. 青藏高原下垫面对中国夏季环流影响的研究[J]. *南京气象学院学报*, 2002, 25(2): 186-191. [Wang L N, Zheng Q L, Song Q L. Influences of surface conditions over the Tibetan Plateau on China summer circulation[J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology*, 2002, 25(2): 186-191.]
- [87] Cui X F, Graf H F, Langmann B, et al. Climate impacts of anthropogenic land use changes on the Tibetan Plateau[J]. *Global and Planetary Change*, 2006, 54(1-2): 33-56.
- [88] 李红梅, 樊万珍. 西宁城市热岛效应分析[J]. *气象科学*, 2019, 39(4): 562-568. [Li H M, Fan W Z. Analysis of urban heat island effect in Xining[J]. *Journal of the Meteorological Sciences*, 2019, 39(4): 562-568.]
- [89] 王占青, 王钊齐, 王轲. 西宁市城市化进程与热岛效应关系的研究[J]. *绿色科技*, 2017, (12): 15-19. [Wang Z Q, Wang Z Q, Wang K. A study on the relationship between urbanization process and heat island effect in Xining City[J]. *Journal of Green Science and Technology*, 2017, (12): 15-19.]
- [90] 范青慈, 黄金嗣. 青海省海南州草地资源分析评价[J]. *青海草业*, 2002, 11(2): 11-18. [Fan Q C, Huang J S. Analysis and evaluation of rangeland resource in Hainan Prefecture, Qinghai Province [J]. *Qinghai Prataculture*, 2002, 11(2): 11-18.]
- [91] 张耀生, 赵新全, 周兴民. 青海省草地畜牧业可持续发展战略与对策[J]. *自然资源学报*, 2000, 15(4): 328-334. [Zhang Y S, Zhao X Q, Zhou X M. Strategy and countermeasure for sustainable development of animal husbandry in Qinghai[J]. *Journal of Natural Resources*, 2000, 15(4): 328-334.]
- [92] 孙庆龄, 李宝林, 许丽丽, 等. 2000-2013年三江源植被NDVI变化趋势及影响因素分析[J]. *地球信息科学学报*, 2016, 18(12): 1707-1716. [Sun Q L, Li B L, Xu L L, et al. Analysis of NDVI change trend and its impact factors in the Three-River Headwater region from 2000 to 2013[J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2016, 18(12): 1707-1716.]
- [93] 王福成, 马素洁. 青海藏区生态畜牧业现状及可持续发展建议[J]. *当代畜牧*, 2019, (7): 73-75. [Wang F C, Ma S J. The status quo and sustainable development of ecological animal husbandry in Tibetan Areas of Qinghai[J]. *Contemporary Animal Husbandry*, 2019, (7): 73-75.]
- [94] 姜春兰, 宋霞. 三江源国家公园试点体制下产业发展研究[J]. *当代经济*, 2019, (8): 67-69. [Jiang C L, Song X. Research on industrial development under the pilot system of Three Rivers' Sources Natural Reserve National Park[J]. *Contemporary Economics*, 2019, (8): 67-69.]
- [95] 蒋贵彦, 刘峰贵. 青海省近50年耕地资源变化及驱动力研究[J]. *干旱区资源与环境*, 2007, 21(2): 71-74. [Jiang G Y, Liu F G. A study of farmland resources change and driving forces in Qinghai Province in the past 50years[J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2007, 21(2): 71-74.]
- [96] 青海省统计局, 国家统计局青海调查总队. 青海统计年鉴(2019) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2019. [Qinghai Provincial Bureau of Statistics, Qinghai Survey Team of National Bureau of Statistics. *Qinghai Statistical Yearbook (2019)*[M]. Beijing: China Statistics Press, 2019.]

## A review of land use change and its influence in the source region of the Yellow River

CHEN Qiong<sup>1,2</sup>, ZHANG Yili<sup>3,4</sup>, LIU Fenggui<sup>1,2</sup>, ZHOU Qiang<sup>1,2</sup>, WANG Shengzhen<sup>1</sup>,  
CHENG Yi<sup>1</sup>, GUO Rong<sup>1</sup>, ZHI Zemin<sup>1</sup>, XU Huange<sup>1</sup>

(1. College of Geographic Sciences, Qinghai Normal University, Xining 810008, China; 2. Institute of Plateau Science and Sustainable Development, Xining 810008, China; 3. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 4. Chinese Academy of Sciences Center for Excellence in Tibetan Plateau Earth Sciences, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** The upstream area of the Yellow River Basin in Qinghai Province is an important component of the national ecological barrier and the “water tower” of China, and a priority area for ecological protection. In this article, a set of relevant studies on land use pattern and process in this area over the past 40 years were reviewed, and the article comprehensively analyzed the current status, changes, and effects of land use and made policy recommendations. We found that: (1) There is a relatively stable land use pattern with grassland as the absolute dominant land-use type in the upstream area of the Yellow River Basin. An important turning point in land use occurred around 2000. Before then, ecological land such as grasslands, woodlands, and wetlands decreased and resulted in adverse effects such as land degradation, soil erosion, and desertification in the region. After 2000, ecological land and vegetation index increased, the ecosystem gradually changed to a healthier direction, and the carbon sink function is enhanced. (2) The implementation of a series of ecological projects and climate change make land use and its effects extremely complex. On the whole, the total area and degree of land degradation decreased to some extent, with grazing resources and livestock population largely balanced. The cultivated land area of the Yellow River- Huangshui River valley in the east has been decreasing, and agricultural intensification has increased significantly with the planting structure gradually optimized. Local deterioration is still severe, especially that soil erosion intensified in the freezing-thawing zone in alpine regions. (3) In the future, it is necessary to further research on the mechanism of ecological effects of land use, the contribution of environmental effects of ecological engineering and natural factors, and ecological service value to better understand the human-environment relationship in this study area.

**Key words:** source region of Yellow River; land use change; influence; social economy; ecological priority; ecological effect