

三江源地区植被指数下降趋势的空间特征 及其地理背景

张镱锂^{1,2}, 明军^{1,3}, 张 玮^{1,3}, 刘林山¹, 王兆锋^{1,3},
阎建忠^{1,4}, 摆万奇¹, 郑 度¹

(1 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100085;

3 中国科学院研究生院, 北京 100039; 4 西南大学资源环境学院, 重庆 400716)

摘要: 利用 8km 分辨率的 Pathfinder NOAA/AVHRR-NDVI 数据, 结合 1km 分辨率的 DEM, 1:250000 道路、居民点、水系数据以及野外调查数据, 分析了植被指数变化总体态势、植被指数变化与海拔及与距道路、水源和居民点距离之间的关系, 探讨了三江源区 1981~2001 年间植被指数变化趋势和空间分异特征。结果表明: ①三江源地区植被指数变化以下降趋势为主, 下降区域占源区总面积的 18.92%, 增加区域占 13.99%; ②不同植被和冻土类型下的植被指数下降特征: 灌丛区和森林区下降率最高, 下降率与各类型区的居民点密度、生计方式有关; 植被指数下降程度与冻土类型关系不明显; ③植被指数下降的区域差异明显: 下降率各区域分别为长江源区 13.56%、黄河源区 32.51% 和澜沧江源区 18.1%; ④植被指数下降率随着距道路、河流的距离增加而逐渐减小; 下降率在距居民点 18~24km 的缓冲带上达到最高后随着距离增大而下降; 植被指数下降率随着海拔高程的升高呈“低-高-低-高”态势, 下降率与居民点的分布高度相关。

关键词: 三江源地区; 植被指数; 趋势; 下降率; 空间特征; 青藏高原

文章编号: 1000-0585(2007)03-0500-08

1 引言

“三江源”系指长江、黄河、澜沧江三条江河的源头地区。该区域不仅是我国重要的水源涵养区, 也是高海拔区生物多样性最丰富和最集中的地区^[1]。该地区植被类型复杂多样, 以高寒草甸为主^[2], 这些植被在维护区域生态安全方面具有不可替代的作用和巨大的生态功能, 在生态安全体系中又被称为“生命的摇篮”^[3,4]。近年来, 该区域环境不断恶化, 严重影响了当地牧业生产的发展, 并对中下游地区造成间接的负面影响^[1,5~7]。目前, 对这一区域环境退化的研究较多^[1,5~14], 但由于地域辽阔、自然条件恶劣, 给数据的获取与实验研究带来了很大困难, 造成对草地退化面积、空间特征、退化动因等方面认识的差异。利用遥感覆盖面积大、实时性和动态性强等优点, 从区域尺度监测植被变化是当前了解区域环境问题的重要技术手段。其中, NOAA~AVHRR 数据以其观测范围广、时间

收稿日期: 2006-10-12; 修订日期: 2007-03-20

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2005CB422006, 2002CB412500); 国家自然科学基金项目(40331006, 90202012)

作者简介: 张镱锂(1962-), 男, 吉林人, 研究员, 博士生导师。从事生物地理学、土地利用和土地覆被的理论和应用基础研究。成果获省部级奖励4次, 发表论著70余篇。E-mail: zhangyl@igsnrr.ac.cn

序列长、重复性较好等优点, 成为区域植被动态监测的最佳数据源之一。

植被指数是反映植被状况的一个重要遥感参数。其中, 归一化植被指数 NDVI($NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$, 式中 NIR 表示近红外波段的反射率, Red 表示可见光红波段的反射率) 是广泛应用的植被指数, 是植物生长状态和植被空间分布密度的指示因子, 与植被分布密度呈线性相关^[15-17]。本文将作为反映植被变化的指标, 利用 NOAA~AVHRR/NDVI 时间序列数据, 并结合海拔高程、道路、水源和居民点等因子, 对三江源地区植被指数变化的空间分布及其与人类活动的关系进行探讨, 重点阐述植被指数下降的趋势与特点、区域生态现状, 以期为环境建设提供科学依据。

2 研究区域概况

三江源精准范围目前尚无统一标准。参阅相关研究成果及文献的同时^[18-21], 利用 ARCGIS 软件中的水文分析模块, 通过数字高程模型提取得到三江源的范围(图版3, 图1)。

三江源地区北起昆仑山, 南至唐古拉山, 西侧为可可西里山, 大致界于北纬 $3^{\circ}24' \sim 35^{\circ}54'$, 东经 $90^{\circ}30' \sim 100^{\circ}30'$ 之间, 总面积约为 198496km^2 ; 平均海拔高度 4650m (据美国地质调查局分辨率为 1km 的高程数据 (DEM) 统计获得); 年降水 $200 \sim 800\text{mm}$, 1 月均温在 $-8 \sim -16^{\circ}\text{C}$, 7 月均温 $7 \sim 12^{\circ}\text{C}$ 。复杂的生境为各种植被的生长提供了多样的环境。由东南向西北依次分布着针叶林, 灌丛, 高寒草甸, 高寒草原与高山稀疏植被等植被类型^[2]。

3 数据与方法

3.1 数据及数据预处理

本文遥感资料采用美国 NASA Pathfinder AVHRR 陆地数据集的 8km 旬 NDVI 数据亚洲部分^[22], 时间为 1981~2001 年(由于 1994 年数据不完整, 本研究序列不含 1994 年)。在这个数据集中, 为尽量消除云的影响, 处理中采用了最大值合成法, 并且对气溶胶的影响进行了大气纠正。初始影像投影为 Goode Interrupted Homolsine Projection, 将其投影转换为等积圆锥投影 (Albers Projection), 并截取三江源地区部分。由于年最大 NDVI 可以较好反映该年最大植被覆盖度, 在旬 NDVI 的基础上, 采用最大合成法计算得到 1981~2001 年的年最大值。数字版中国植被图(1:100 万, 2001)、青藏高原冻土分布图(1:300 万, 李树德等编, 1996) 及数字地形图(1:25 万) 均由中国西部环境与生态科学数据中心提供; 空间分辨率为 1km DEM 数据来自美国地质调查局 (USGS)。

3.2 方法

(1) 植被指数变化分级

以 NDVI 为指标, 在象元基础上采用最小二乘法计算出 NDVI 的年际趋势系数^[23]。植被变化等级依据丁明军等(2005)介绍的方法和标准^[24], 即在整个青藏高原内的湖泊、冰雪、沙漠、盐壳等无植被类型区, 选取 13 个面积大小为 200km^2 的训练区进行分析, 发现训练区的各象元 20 年 NDVI 线性拟合趋势斜率值全部落在 $-0.2 \sim 0.2$ 范围内, 故把此斜率值范围设定为青藏高原地表 NDVI 变化的自然波动范围; 如果趋势系数值小于 -0.2 , 就认为该象元的植被指数处于下降状态, 反之大于 0.2 就认为该象元的植被指数处于好转状态 (因为这些无植被区域可能作为背景值影响该像元的 NDVI 值, 以它们的变化范围作为植被的变化阈值, 可以最大程度地消除这些类区域影响) 即趋势系数值 $< -$

0.2 为下降、-0.2 ~ 0.2 之间为稳定不变、> 0.2 为增加。本文主要对 NDVI 下降部分进行统计与分析, 因为这一部分与植被退化关系密切。文中植被指数下降率是指在一定区域内, 植被指数下降面积与该区植被面积的比值。本文在空间统计与分析时, 不包括冰川、湖泊等无植被区域的面积。

(2) 各植被类型区和各冻土类型区植被指数下降特征分析

各植被类型和冻土类型的空间范围分别从中国植被图(数字版, 1: 100 万)和中国冻土分布图(数字版, 1: 300 万)中提取; 在 ARCGIS 分析模块中, 利用 clip 命令提取各植被类型和冻土类型上的 NDVI 趋势系数值, 在此基础上, 计算各种类型的退化面积及退化率。

(3) 植被指数下降趋势与主要相关要素关系分析

研究方法主要参考文献[14], 具体为在 ARCGIS WORKSTATION 的 GRID 模块支持下, 进行植被指数下降趋势与距离居民点、道路、河流远近以及海拔高程之间的空间统计分析。

简要步骤如下: ①基于 DEM 数据, 在 GRID 模块下, 使用 RECLASS 命令, 将海拔高程按照 200m 的间隔分成 13 个带; ②在数字地形图(1: 25 万)上, 提取居民点、道路和河流数据, 分别以居民点、道路和河流为中心, 用 distance 命令生成距离栅格, 以 8km 为单位, 在 0~48km 内生成 6 个缓冲带, 统计不同高程带、各距离缓冲带上植被指数下降的面积并计算其下降率, 统计各缓冲带上的居民点数目。结合 2000~2006 年课题组在研究区的野外考察数据进行分析与讨论。

4 结果与分析

4.1 植被指数变化趋势

1981~2001 年, 三江源地区植被指数变化以下降态势为主, 下降面积占源区总面积的 18.92%, 源区植被指数有 13.99% 的区域增加, 下降增加=1.351; 而 67.09% 区域植被指数处于稳定状态。源区植被指数下降区域显零星和片状分布, 以轻微下降为主, 片状下降区域有黄河源区、长江源的各拉丹冬山区、当曲下游至沱沱河北部; 显著下降主要发生在黄河源扎陵湖北部、鄂陵湖东部、多曲河谷一带, 长江源的各拉丹冬、楚玛尔河源地区以及其下游曲玛河乡北部、澜沧江支流的源头地区(图版 3, 图 2)。源区地表植被指数增加区域显零星分布, 以轻微增加为主, 显著增加的区域主要发生在北麓河上游南侧、当曲中游的西南侧、北麓河入通天河口的西南侧、楚玛尔河南部楚玛日涌附近和达日曲中游西部的错隆贡玛附近。

4.2 植被指数下降特征及其影响因子分析

4.2.1 不同植被、不同冻土类型区的植被指数下降特征 研究时段内, 三江源地区植被指数下降面积达 37556km²。从中国植被图上可知, 研究区植被类型主要由针叶林、灌丛、高寒草原、高山稀疏植被、高寒草甸构成; 其中高寒草甸面积(约为 132148km²)最大, 森林面积(约为 1600km²)最小。各类植被下降程度明显不同, 植被指数下降率排序为灌丛>森林>高寒草甸>高山稀疏植被>高寒草原(表1)。从居民点分布密度看, 林区最高、高山稀疏植被带最低, 由高到低排序为: 森林>灌丛>高寒草甸>高寒草原>高山稀疏植被。居民点这种分布特征与植被指数下降具有较好的一致性, 灌丛和森林分布区居民点密度高, 植被指数下降率也较大。将植被指数下降率与青藏高原冻土分布进行叠加分析表

明：三江源地区冻土由多年冻土和季节冻土组成，分布于其上的植被指数下降率分别为 19.78% 和 19.46%，无明显差别。

表 1 三江源地区不同植被类型的植被指数下降比例（1981~ 2001）与居民点分布

Tab 1 Distribution of resident and decrease rate of vegetation index on the different vegetation types in vegetation change in the source regions of the Yangtze River, Yellow River and Lancang River from 1981 to 2001						
	灌丛	高寒草原	高寒草甸	高山稀疏植被	森林	研究区域
下降面积 (km ²)	1656	6972	24888	3708	332	37556
总面积 (km ²)	7476	37476	132148	19796	1600	198496
下降率 (%)	22.15	18.6	18.83	18.73	20.75	18.92
居民点密度(个/万 km ²)	503	17	51	5	1275	

4.2.2 植被指数下降的空间特征 三江源地区植被指数下降的区域差异比较明显：在长江源区，植被指数下降面积约为 15780km²（占该源区面积的 13.56%，下同），黄河源区植被指数下降面积约为 16300km²（32.51%），澜沧江源区植被指数下降面积为 5656km²（18.1%）；各源区植被指数下降率大小依次是黄河源区> 澜沧江源区> 长江源区。其中，黄河源区植被指数下降区域主要分布在玛多县境内，以鄂陵湖和扎陵湖周边地区为最集中（图版 3，图 2），其他两源区植被指数下降区域的空间分布比较分散。该结果与已有研究^[11, 14]有较好的一致性。

4.2.3 植被指数下降与居民点的关系 在以 8km 为间距的 6 个缓冲带上，各缓冲区植被指数面积、植被指数下降面积随着与居民点距离增加而减少，而植被指数下降率随着与距居民点的距离渐远而出现先升后降的态势，在 16~ 24km 缓冲带上呈现峰值（图 3）。各带植被指数下降的面积分别是 11580km²、9844km²、7656km²、3488km²、1388km² 和 952km²，下降率分别为 16.59%、19.87%、25.68%、20.06%、15% 和 15.53%。该结果与以往的一些研究结论有一定差异，如在黄河源地区达日县的结果为随着距居民点距离的增加草地退化率逐渐减少^[14, 26]，而本文并不呈现这种规律，造成这种差异的原因目前尚不清楚，有待进一步深入研究。

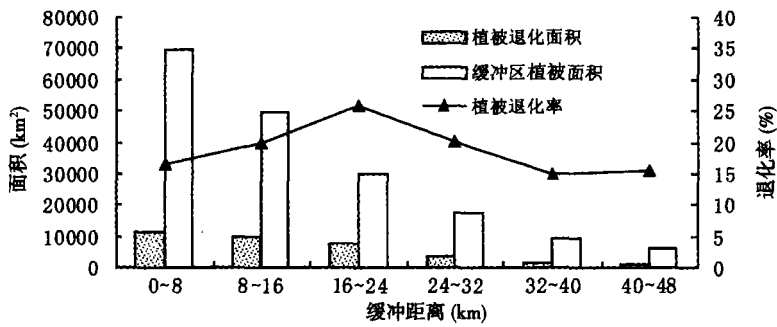


图 3 三江源地区植被指数下降与距居民点距离的关系

Fig 3 Relationship of vegetation index decrease and distance to residents in the source regions of the Yangtze River, Yellow River and Lancang River

4.2.4 植被指数下降与道路的关系 植被指数下降与距道路的距离密切相关。在以 8km 为间距的 6 个缓冲带上，植被指数下降面积和下降率与距道路距离关系明显（图 4）。各

带上植被指数下降的面积分别是 29528km²、4600km²、1368km²、812km²、228km² 和 160km²，其下降率分别为 18.98%、22.49%、15.07%、16.41%、8.25% 和 10.23%。从各缓冲带来看，下降率整体上随距道路距离增大而呈下降趋势。对居民点分布密度分析发现，在距离道路 0~8km 范围内，几乎集中了研究区内 98.2% 的居民点。这在一定程度上证实了研究区的放牧行为对植被的影响。随着牧区交通的发展，牧民越来越倾向于利用现代交通工具代替马匹，道路的使用效率得到提高，同时沿道路活动的强度也在增加，道路交通对于牧区植被的影响可能会更加显著。

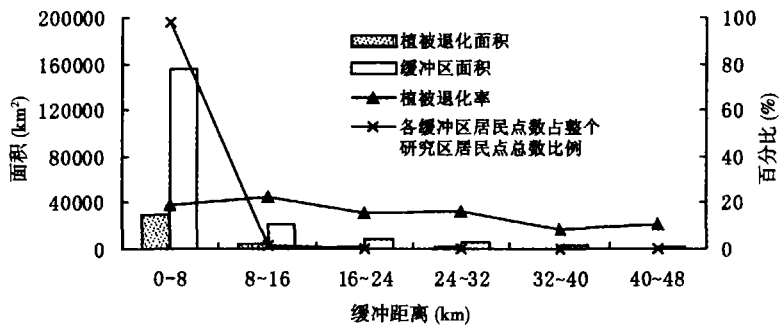


图 4 三江源地区植被指数下降与距离道路距离的关系

Fig. 4 Relationship of vegetation index decrease and distance to roads in the source regions of the Yangtze River, Yellow River and Lancang River

4.2.5 植被指数下降与高程的关系 植被指数下降率随着海拔高程的升高而出现“低-高-低-高”态势 (图 5)。从海拔 3800m 开始，植被指数下降率随着海拔的升高而升高，在海拔 4200~4400m 间达到最高，而后开始降低，在海拔 4800~5000m 达到一个低谷而后逐渐升高；在海拔 5200m 以下的地区，居民点也具有类似的趋势，开始随着海拔的增加，带内的居民点逐渐增加，到海拔 4200~4400m 达到最高，而后逐渐减少。植被指数下降率与居民点分布呈现显著正相关，相关系数达到 0.78 (通过 99% 显著性水平检验)，说明植被指数下降的这种空间分布特征与人类活动有关。在三江源地区放牧主要集中在海

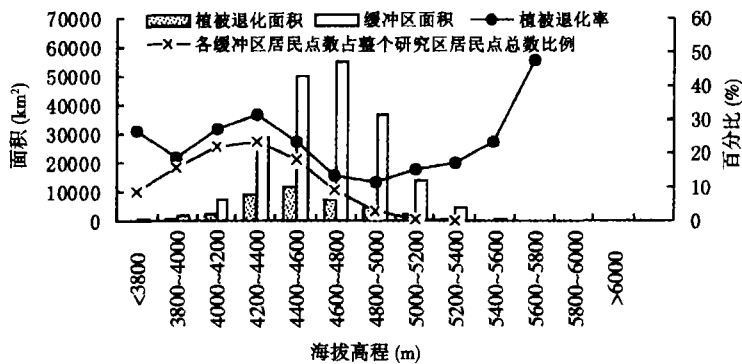


图 5 三江源区不同高程植被指数下降状况

Fig. 5 Relationship between vegetation index decrease and elevation in the source regions of the

拔 5000m 以下地区，尤其海拔 4000~ 4600m 范围内，放牧活动最为强烈；而在海拔 5000m 以上的区域，草地总面积小、植被稀疏、自然条件恶劣、植被抗干扰能力很差，一旦破坏很难恢复。近年来，随着畜草矛盾的加剧，为了缓解草场不够的压力，越来越多的放牧活动向这一极高海拔区域延伸；年复一年的持续过度放牧，更加加剧了该区域植被状况的恶化。2006 年夏秋季的野外调查显示：近期放牧活动有向高海拔迁移的趋势。

4 2 6 植被指数下降与水源的关系 植被指数下降面积和下降率与距水源地距离成反比 (图 6)。在以 8 km 为间距的 6 个缓冲带上，各带植被指数下降的面积分别是 18200 km²、11192 km²、5756 km²、1904 km²、396 km² 和 100 km²，其下降率分别为 34.51%、26.06%、24.49%、18.51%、17.71% 和 12.50%。从下降率来看，随着与水源距离的增大，植被指数下降率总体趋势是逐渐减少的。植被指数下降率与水源分布具有显著负相关，相关系数达 0.93 (通过 99% 显著性水平检验)。在牧区，牧业活动通常围绕水源的分布展开，是直接导致水源区附近植被放牧压力增强而造成植被指数下降的重要原因之一。

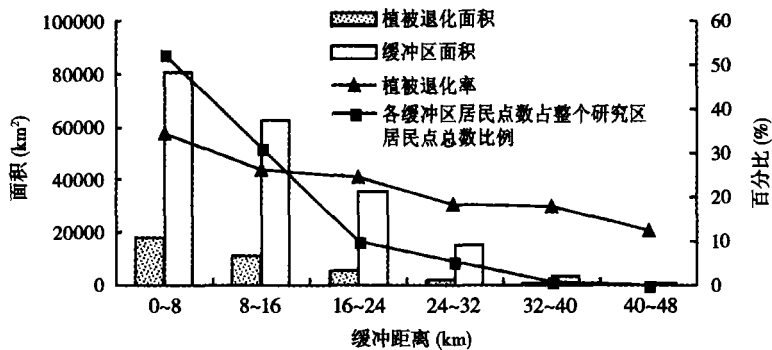


图 6 三江源地区植被指数下降与距水源距离的关系

Fig 6 Relationship of vegetation index decrease and distance to the water sources in the source regions of the Yangtze River, Yellow River and Lancang River

5 结论

1981~ 2001 年间，三江源地区植被指数变化趋势、植被指数下降及其与影响要素的关系如下：

- (1) 植被指数变化：植被指数变化以下降趋势为主，植被指数下降区域占源区总面积的 18.92% (约 37555km²)，植被指数增加面积占 13.99%，而占总面积 67.09% 区域的植被指数处于相对稳定状态。
- (2) 植被类型和冻土类型与植被指数下降的关系：各植被类型的下降率分别是灌丛 22.15%、森林 20.75%、草甸 18.83%、高山稀疏植被 18.73% 和草原 18.60%，下降程度与各类型区内居民生计方式有关，而植被指数下降程度与冻土类型关系不明显。
- (3) 植被指数下降的区域差异比较明显，源区各流域的植被指数下降率分别为：长江源区 13.56%，黄河源区 32.51%，澜沧江源区 18.1%。
- (4) 植被指数下降与其影响要素的关系：①在道路、水源的缓冲带上，植被指数下降率随着缓冲距离增加而逐渐减少；但在与居民点的距离上，下降率在 16~ 24 km 的缓冲带上达到最高而后下降；②在海拔高度上，下降率随着海拔高程的升高呈“低- 高- 低- 高”态势，植被指数下降率与居民点的分布高度相关，相关系数达到 0.78。

三江源地区植被指数变化状况及其与主要环境和人类活动因素的空间分析表明, 人类活动对植被有着重要的影响, 尤其是在人类活动影响区。事实上, 对三江源地区植被退化的动因, 学术界上一直存在争论, 焦点问题是人类因素与气候因素孰轻孰重^[11~14, 26~28]。三江源地区植被变化的驱动机制将是进一步深入研究的重要课题。

致谢: 中国西部环境与生态科学数据中心提供数字地形图、数字冻土分布图和数字植被图; 外业调查中得到了玛多和达日等县领导的支持, 中科院西北高原生物研究所黄荣福先生和刘亚青先生、北京大学李双成先生、青海师大刘峰贵先生等参与野外调查, 并对文章提出宝贵建议, 在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] 王堃, 洪级曾, 宗锦耀. 三江源地区草地资源现状及持续利用途径. 草地学报, 2005, (13) (增刊): 29~47
- [2] 侯学煜. 中国植被图集(1: 100 万). 北京: 科学出版社, 2001.
- [3] 青海省草原总站 编. 青海草地资源. 西宁: 青海人民出版社, 1988 63~67.
- [4] 青海省水利志编委会 编著. 青海河流. 西宁: 青海人民出版社, 1995 33~38
- [5] 程国栋. 关于江河源区生态环境保护与建设研究的几点建议. 地球科学进展, 1998, (增刊): 6~10
- [6] 孙成权. 关于江河源环境与生态保护的几点看法. 地球科学进展, 1998, (增刊): 12~16
- [7] 董光荣, 严平. 江河源区土地荒漠化亟待研究和治理. 地球科学进展, 1998, (增刊): 32~36
- [8] 何萍, 马家林, 刘凌. 长江中上游安宁河流域天然草场退化情况及防治对策. 草业科学, 2001, 18(1): 4~6
- [9] 王根绪, 程国栋. 江河源区的草地资源特征与草地生态变化. 中国沙漠, 2001, 21(2): 102~107
- [10] 马海州, 陈克龙, 等. 基于 GIS 和 RS 的黄河源区土地沙化探讨. 盐湖研究, 2001, 9(1): 68~70
- [11] 摆万奇, 张镔锂, 谢高地, 等. 黄河源区玛多县草地退化成因分析. 应用生态学报, 2002, 13(7): 823~826
- [12] 吴玉虎. 试论黄河源区生态环境保护与建设. 青海环境, 2003, 13(2): 60~64
- [13] 杨建平, 丁永建, 沈永平, 等. 近 40a 来江河源区生态环境变化的气候特征分析. 冰川冻土, 2004, 26(1): 8~16
- [14] 张镔锂, 刘林山, 摆万奇, 等. 黄河源地区草地退化空间特征. 地理学报, 2006, 61(1): 4~12
- [15] 孙红雨, 王长耀, 牛铮, 等. 中国地表植被覆盖变化及其与气候因子关系. 遥感学报, 1998, 2(3): 205~210
- [16] Purevdorj T S, Tateishi R, Ishiyam T, *et al.* Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. Remote Sens, 1998, 19: 3519~3535
- [17] 刘淑珍, 周麟, 仇崇善, 等. 西藏自治区那曲地区草地退化沙化研究. 拉萨: 西藏人民出版社, 1999 73~79
- [18] 石铭鼎. 关于长江正源的确定问题. 地理研究, 1983, 2(1): 23~34
- [19] 靳长兴, 周长进. 关于澜沧江正源问题. 地理研究, 1995, 14(1): 44~48
- [20] 冯永忠, 杨改河, 杨世琦, 等. 江河源区地域界定研究. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(1): 11~14
- [21] 龙晶. 三江源区位置面积及景观生态遥感研究. 林业资源管理, 2005, (4): 31~34
- [22] Agbu P A, James M E. The NOAA/NASA Pathfinder AVHRR Land Data Set User's Manual. Goddard Distributed Active Archive Center, NASA, Goddard Space Flight Center, Greenbelt, 1994
- [23] Runnström C, Micael Is. Northern China winning the battle against desertification? – Satellite remote sensing as a tool to study biomass trends on the Ordos Plateau in semiarid China. AMBIO, 2000, 29(8): 468~476
- [24] Ding Mingjun, Zhang Yili, Shen Zhenxi, *et al.* Land cover change along the Qinghai-Tibet Highway and Railway from 1981 to 2001. Journal of Geographical Sciences, 2006, 16(4): 387~395.
- [25] 刘林山. 黄河源区高寒草地退化研究——以达日县为例. 中国科学院研究生院博士学位论文. 118~120
- [26] 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. 地理学报, 2005, 60(3): 468~478
- [27] 杨建平, 丁永建, 陈仁升, 等. 长江黄河源区多年冻土变化及其生态环境效应. 山地学报, 2004, 22(3): 278~285

Spatial characteristic of vegetation change in the source regions of the Yangtze River, Yellow River and Lancang River in China

ZHANG Yi-li^{1,2}, DING Ming-jun^{1,3}, ZHANG Wei^{1,3}, LIU Lin-shan¹,
WANG Zhao-feng^{1,3}, YAN Jian-zhong^{1,4}, BAI Wan-qi¹, ZHENG Du¹

(1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2 Institute of Tibetan Plateau Research, CAS, Beijing 100085, China;

3 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

4 College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: The source regions of the Yangtze River, Yellow River and Lancang River are located in the middle east of the Tibetan Plateau with a total area of about 198496 km². In recent years, the risk of vegetation degradation in the regions has been keeping increasing, which led to many negative effects. This study assessed the trend and temporal-spatial distribution of vegetation index change, which is related with vegetation degradation, in the source regions of the three rivers using multi-temporal NOAA AVHRR NDVI data (8 km spatial resolution) from 1981 to 2001 provided by NASA, DEM data (1 km resolution), roads, residents, rivers data (1:250000) and collected field data. Data types converting and reclassifying and zonal statistic analysis are completed in Arcgis 9.0 software. Results show that: ① The decrease, improved and the invariant vegetation index occupied 18.92%, 13.99% and 67.09% of the whole study area respectively. ② The decrease rates of brush, needle-leaf forest, alpine meadow, alpine sparse vegetation and alpine steppes are 22.15%, 20.75%, 18.83%, 18.73% and 18.6% respectively; on the different frozen soil types, the decrease rates differ insignificantly. The vegetation index decrease rates on permafrost and seasonal-frozen ground are 19.78% and 19.41% respectively; the decrease rates are relative to the population density and livelihoods. ③ The decrease rates are different in space, which in the source regions of the Yangtze River, Yellow River and Lancang River are 13.56%, 32.51% and 18.1% respectively. ④ The nearer to the roads and water sources is, the higher the decrease rates are; but to the distance buffers of the residents, the decrease rates rise with distance expending, and reach the top when arriving at the 24 km. ⑤ The trend of decrease rates is according to the settlements density in different elevation zones with the correlation coefficient of 0.78. ⑥ The vegetation decrease is highly related with the activities of human beings in the source regions of the Yangtze River, Yellow River and Lancang River.

Key words: the source regions of Yangtze River; Yellow River and Lancang River; vegetation index; trend; decrease rate; spatial characteristic; Tibetan Plateau

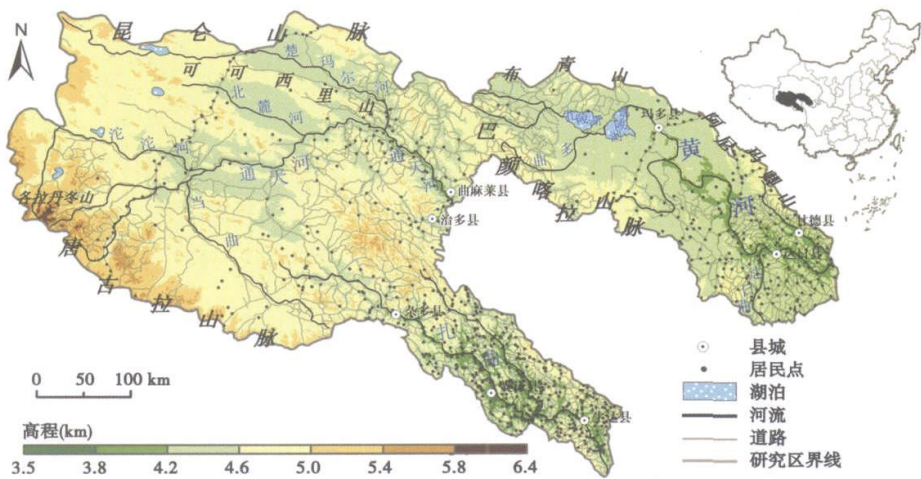


图 1 三江源地区位置示意图

Fig.1 Location of the source regions of the Yangtze River, Yellow River and Lancang River in China

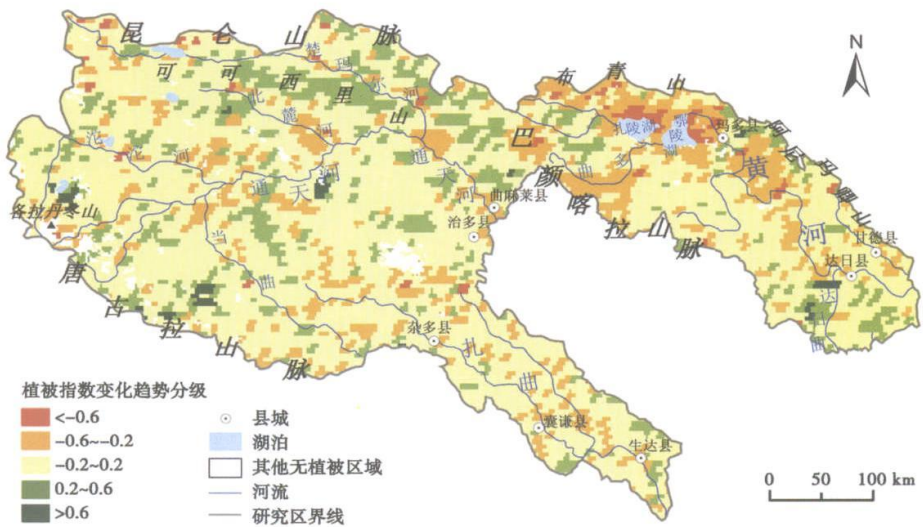


图 2 三江源地区植被变化趋势图

Fig.2 Spatial distribution of vegetation change trend in the source regions of the Yangtze River, Yellow River and Lancang River from 1981 to 2001