

DOI: 10.5846/stxb201504080711

哈丽旦·司地克, 玉素甫江·如素力, 海米提·依米提. 新疆焉耆盆地人类活动与气候变化的效应机制. 生态学报, 2016, 36(18): - .

HALIDA Sidik, YUSUFUJIANG Rusuli, HAMIT Yimit. Ecological Effects of Human Activities and Climate Change in Yanqi Basin, Xinjiang, China. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(18): - .

新疆焉耆盆地人类活动与气候变化的效应机制

哈丽旦·司地克¹, 玉素甫江·如素力^{1,2,*}, 海米提·依米提²

1 新疆师范大学 地理科学与旅游学院, 乌鲁木齐 830054

2 新疆干旱区环境与资源重点实验室, 乌鲁木齐 830054

摘要:通过对新疆焉耆盆地及其周边近 40a(1973—2014)的气候变化趋势检测、LUCC 和生物量估算,探讨气候变化和人类活动的生态效应机制,研究区域陆地生态系统演变及其归因。分析结果表明:(1)焉耆盆地山区和平原区降水变化都有明显的突变点,并呈现增加趋势,蒸发量在山区减少,在平原区波动性减少趋势;(2)LUCC 分析表明,山区裸地面积减少 5.40%,冰川面积减少 3.36%,高地植被面积增加 8.76%;同时平原区天然绿洲面积增加 1.96%,沙漠面积减少 1.62%,水域面积减少 1.30%,人工绿洲面积增加 15.41%,湿地面积增加 1.27%;(3)山区陆地生态系统对区域气候变化非常敏感,其中降水变化是决定山区地表植被生存状态和分布的重要因素;(4)人类活动的推动作用和有益气候变化的支撑是绿洲平原区生态系统好转的原因,其中人口急剧增加和社会经济快速发展,导致绿洲平原区生态系统结构及其时空分布的主要因素。焉耆盆地及其周围区域陆地生态系统的演变对气候变化和人类活动有明显的时空尺度效应,其反应程度各不相同。

关键词:焉耆盆地;LUCC;气候变化;人类活动;生态效应

Ecological Effects of Human Activities and Climate Change in Yanqi Basin, Xinjiang, China

HALIDA Sidik¹, YUSUFUJIANG Rusuli^{1,2,*}, HAMIT Yimit²

1 Institute of Geographical Science and Tourism, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China

2 Xinjiang Key Laboratory of Lake Environment and Resources in Arid Zone, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China

Abstract: The relationships among terrestrial ecosystems, climate change, and human activities are important aspects to consider in the field of global change. Recently, it has become a hot research topic to study the effect of global change and the response of biologically distinct climate regions to the changes on different time and spatial scales. It has become especially important to study, on various spatiotemporal scales, the sensitivity of ecosystems to climate change and anthropogenic pressure in arid areas. However, it is difficult to monitor the temporal change of vegetation on different spatial scales, and as expected, the research achievements on this topic are few. In this study, the mechanisms of ecological effects on climate change and human activities in terrestrial ecosystems were investigated by combining the climate change point detection and trend test methodology; Land use and land cover change (LUCC), and biomass estimation after selecting a typical inland terrestrial ecosystem area: the Yanqi basin in Xinjiang, China. According to the degree of the effect of

基金项目:新疆师范大学地理科学与旅游学院博士点支撑学科开放课题基金项目(XJNU-DL-201503);新疆师范大学研究生科技创新项目(XSY201502003);国家自然科学基金项目(41161007, 41461006, 41361002);新疆维吾尔自治区重点实验室专项资金资助项目(2014KL016)

收稿日期:2015-04-08; 网络出版日期:2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: Yusupjan@xjnu.edu.cn

climate change and human activities, the research area was divided into two parts: a mountain (which was mainly affected by climate change) and plain oasis (which was mainly affected by human activities) at a contour of 1400 m above sea level. In respect to the vegetation, land cover types reflect the change in the ecological environment, and they were divided into the vegetation and non-vegetation cover types. According to type and affect, the land cover was classified as highland vegetation, artificial oasis, natural oasis, bare land, desert, water, glacier, and wetland. The main conclusions drawn from this study encompassed the recent 40 year period between 1973 and 2014 are: (1) distinct change points of precipitation and evaporation in mountain and plain areas of the Yanqi basin were detected by the Mann-Kendall-Sneyers test, the results of the nonparametric Mann-Kendall tests reveal that: the precipitation increased and the evaporation declined in mountain and plain areas in the same fashion; (2) in mountainous areas, the areas considered to be bare land and glacier decreased 5.4% and 3.36%, respectively, whereas the highland vegetation increased by 8.76%. In the plain area, the areas of the natural oasis, artificial oasis and wetland increased 1.96%, 15.41% and 1.27% respectively. The areas of desert and water decreased 1.62% and 1.30%, respectively; (3) biomass in mountain and plain areas distinctly variable, and the main cause attested as coupled effect of climate change and human activities in different scale with different spatiotemporal patterns. Terrestrial ecosystems in mountainous areas are sensitive to climate change, and precipitation is estimated to be the most important factor affecting vegetation growth and distribution; (4) the main reasons for oasis improvement in plain areas include enlarging an artificial oasis by intensified human activities and supporting favorable climate change. Among these reasons, enlargement of agricultural areas to accommodate an increased population and socio-economic development are the driving forces of structural change and the distribution of ecosystems plains. In summary, climate change and human activities are expected to affect terrestrial ecosystems according to different degrees and spatiotemporal patterns in the coming 40 years in Yanqi basin.

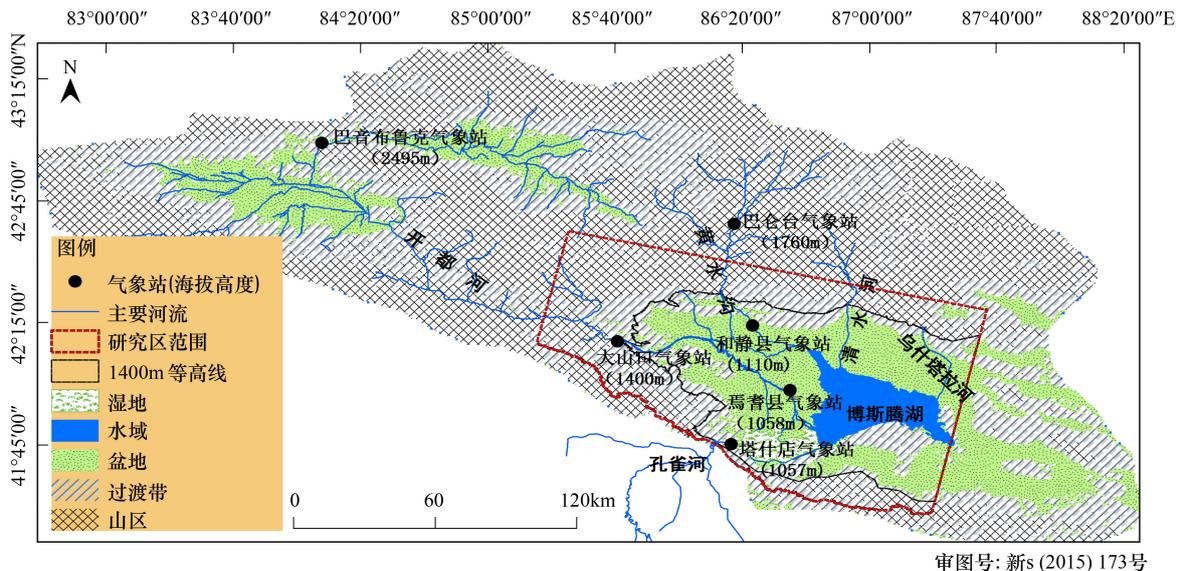
Key Words: Yanqi basin, LUCC, climate change; human activities; ecological effect

由气候、水分和土壤等主要自然条件不同尺度上的时空分布所决定的陆地生态系统是地球生态系统的主要组成部分^[1]。它是提供人类必要的动植物资源,在维持生态平衡和水平衡、调节气候、降解污染、珍稀动植物等。气候变化和土地利用/土地覆盖变化(LUCC)是环境演变的主要两个方面,同时它们之间也存在互相影响和制约的复杂错综关系。2000年的政府间气候变化专门委员会(IPCC)报告表明,近百年来,全球气候与环境发生了重大变化,其中过去50 a的变化更为明显^[2],20世纪50年代以来气候变暖的一半以上是人类活动造成的^[3]。随着人口的不断增加及社会经济的快速发展,加紧人类大规模水土开发活动的步伐,自然植被区转为农作区,长年覆盖的土地变为季节覆盖的耕地^[4]。在这种环境演变的大局下研究气候变化和人类活动的生态效应是目前相关领域学者研究的焦点问题之一^[5]。在不同地理环境下陆地生态系统对气候变化和人类活动的响应不同。除此之外,不同区域降水、蒸发和辐射能量等气候因素对不同植被的驱动作用也不相同^[6]。在我国西北干旱与半干旱地区陆地生态系统的变化往往受多种要素的综合作用和影响^[7],其中陆地生态系统对降水和蒸发及其收支平衡决定的水分条件非常敏感^[8]。由于在不同空间尺度上进行植被变化的动态检测较难,相应研究成果也较少。特别是我国西北干旱区不同时空尺度生态系统对气候变化和人类活动响应的敏感性等亟待进一步研究的重点问题之一。我国西北干旱区气候变化明显、地貌条件较复杂、人类生产活动对LUCC的影响显著^[9],探索人类活动和气候变化的生态效应具有重要的理论意义及实用价值。

1 研究区

焉耆盆地位于中天山的依连哈比尔尕山、科克铁克山、蒙尔宾山和南天山的库鲁克塔格山之间的山间盆地。在行政上包括新疆巴音郭楞蒙古自治州的焉耆县、和静县、和硕县、博湖县、库尔勒市的塔什店区、巴州直属的乌拉斯台农场、清水河农场、巴州种畜场以及新疆生产建设兵团农二师的21团、22团、24团、25团、27

团、223 团等。本研究以焉耆盆地及其周围山脉分布的 Landsat 遥感影像 WRS2-Path143/Row31 条带区为主,适当考虑盆地分水岭界线,由于遥感数据的时空局限性剪掉研究区东南的小部分划分了研究区的空间范围(图 1)。整个研究区地处 $85^{\circ}6'—87^{\circ}36'E, 41^{\circ}33'—42^{\circ}42'N$, 总面积为 14504.53 km^2 , 地势西高东低、北高南低, 总体表现为四周向盆地倾斜的地貌形态, 具有明显环绕盆地的“立体气候”特征。根据人类活动的强度及自然地理条件, 焉耆盆地可分为人类活动对自然环境扰动最强的绿洲平原区(海拔高度低于 1400 m 等高线的区域, 总面积为 9018.46 km^2) 和气候变化对环境演变的影响为主的山区(海拔高度高于 1400 m 等高线的区域, 总面积为 5486.07 km^2)^[10]。研究区气候属于暖温带大陆性干旱气候, 热量与光照丰富, 山区和绿洲平原区多年的平均气温分别为 $-4.84 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $8.60 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 降水量分别为 200.25 mm , 76.27 mm , 蒸发能力分别为 1408.23 mm 和 1973.65 mm 。由于盆地平原区自然地理条件适宜于农业发展, 20 世纪 50 年以来, 尤其是 70 年代后绿洲区农业耕地面积处于增长趋势, 焉耆盆地已成为在我国受人类活动影响明显的区域^[11]。



审图号: 新s(2015)173号

图 1 研究区示意图

Fig.1 Map showing the study region

2 数据及其处理

2.1 气象要素数据

已有研究表明,降水、蒸发和辐射能量等是影响陆地生态系统的主要气象要素,其中植被覆盖度变化对降水和蒸发极为敏感^[1]。因此,本研究选用的气象要素数据包括位于焉耆盆地山区的大山口、巴音布鲁克和巴仑台气象站和盆地平原区内的和静县、焉耆县、塔什店气象站的逐年(1970—2014)降水和(1980—2014)蒸发数据。其中,因 1980 年之前的山区蒸发量观测不连续,蒸发量数据从 1980 年开始。

2.2 遥感数据及其处理

本文采用美国地质调查局 USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>) 提供的 1973—2014 年之间的 Landsat MSS、TM、OLI 遥感影像数据(表 1)和美国国家航空航天局(NASA)与日本经济产业省(METI)合作完成的先进星载热发射和反射辐射仪全球数字高程模型 ASTER GDEM V2.0(分辨率为 30 m)数据。此外,还有 2014 年 10 月在研究区通过野外考察采集的大量控制点数据、各种地物的定位采样数据和研究区人口统计数据(表 2)等。对 Landsat 遥感影像进行几何校正、格式转换、大气纠正、直方图式图像镶嵌、图像裁剪等预处理。DEM 和控制点相结合提取海拔高度为 1400 m 的山区及平原边界线。

表 1 Landsat 遥感影像及其信息

序号 ID	遥感图像名称 Image Name	传感器类型 Sensor	获取日期 Date	分辨率/m Resolution
1	LM11540311973292	MSS	1973-10-19	60
2	LM21530311977243	MSS	1977-9-31	60
	LM21540301977262		1977-10-19	
3	LT51420311994293	TM	1994-10-20	30
4	LT51430312004280	TM	2004-10-7	30
5	LC81430312014291	OLI	2014-10-11	30

3 研究方法

陆地生态系统、气候变化和人类活动的关系是相互作用、相互影响和相互制约等非线性关系的总合^[12]。其中,气候变化和人类活动对陆地生态系统的影响是主要的,它们之间也存在息息相关的关系,但气候变化和人类活动相互作用研究迄今还未形成一套成熟的理论与方法体系^[13]。因此,本研究主要运用以下方法,以气候变化和人类活动作为相互独立的两个方面,研究其生态效应。

3.1 气候变化突变点检测与趋势分析方法

采用非参数 Mann-Kendall (MK) 趋势检验分析法^[14-15],分析了焉耆盆地山区和平原区降水、蒸发年平均数据的变化趋势。对存在突变点的时间序列数据采用非参数 MK Sneyers 突变检验^[16],对突变点进行信度检验,从而验证突变点的真伪,确定本研究需要的遥感数据时期;根据不同时期的遥感数据得出不同时期植被综合指数的变化,判断焉耆盆地及周围山区的土地利用/土地覆盖变化。

3.2 土地利用与土地覆盖动态监测

根据中国国家标准化管理委员会于 2007 年 8 月发布的《土地利用现状分类》^[17]和 FAO/UNEP 土地分类系统,考虑研究区陆地生态系统特征,在实地考察和验证的基础上,研究区的土地利用/土地覆盖划分为:(1)高地植被(海拔高度 1400 m 以上的植被),(2)人工绿洲(包括灌溉区、人工林地、果园等),(3)天然绿洲(在自然条件下形成和成长的植被,其作用主要体现在生态方面),(4)裸地(包括裸地、建设用地、盐碱地等),(5)沙漠,(6)水域(湖泊、河流、池塘、水库等),(7)冰川积雪,(8)湿地等 8 种类型。从反映植被状况考虑,整个研究区分为植被覆盖和非植被(包括水域、沙漠、裸地、冰川)两大类。在以上土地利用/土地覆盖类型体系的基础上,结合实地考察获取的采样点数据对预处理的 Landsat 影像数据进行解译分类和精度评价。精度评价表明整个分类结果的总精度大于 89.60% (kappa 系数大于 0.84),其中部分年份的分类结果如图 3 所示。并利用 1973—2014 年的 5 期分类的遥感影像结果图进行 LUC 分析。

3.3 生物量及其变化的估算

科学家已经创建了 40 多种植被指数^[18](Vegetation index)。由于 VI 与植被的覆盖度、生物量、叶面积指数等有较好的相关性,VI 是从遥感影像获取大范围植被信息的有效办法^[19]。干旱区的植被稀疏、破碎化程度高,选择适宜的 VI 是陆地生态系统状态遥感监测的关键。已有研究表明^[20],土壤调整植被指数 SAVI 最适合干旱地区陆地生态系统的变化研究,其计算方法为:

$$SAVI = \frac{(NIR - R) \times (1 + L)}{NIR + R + L} \quad (1)$$

其中, NIR 为 Landsat 影像近红外波段的反射率, R 为红光波段的反射率, L 为土壤调节参数。由于 L 为 0.5 时,消除土壤背景影响的效果为最佳,本文同样取的 L 值为 0.5。然后,以便将 SAVI 的灰度值范围拉伸为 0—255^[21]。为了更好反映及进行评价植被覆盖类型、植被覆盖率和生物量的变化,采用了区域遥感植被综合指数 L 及其变化 ΔL , 其计算公式为:

$$L = \sum_{i=1}^n (SAVI_i \times C_i) \quad (2)$$

$$\Delta L = L_b - L_a \quad (3)$$

式中, L 为区域植被综合指数; C_i 为该区域内植被覆被类型 i 的面积百分比, $SAVI_i$ 为该区域内植被覆被类型 i 的植被指数 $SAVI$, ΔL 为从时间 a 到时间 b 区域植被综合指数 L 的变化量。若 ΔL 为正值, 则该区域地表植被覆盖率提高、生物量总体增加, 植被覆盖区的生态环境趋好; 否则趋于恶化。

在干旱地区对于非植被覆被类型, 主要通过面积变化反映其对生态环境变化的影响^[22], 即水域、冰川等与水相关土地覆被类型面积百分比增加, 这说明有利于干旱区陆地生态系统的发展, 反之则相反; 对于沙地、裸地等而言, 其对生态的作用相反: 若其面积比例增加, 不利于干旱区陆地生态环境质量的提高; 比例减少, 有利于干旱区陆地生态环境的发展。非植被覆被类型的面积变化的幅度 ΔC 、植被类型/非植被覆被类型的变化率 R 表征其对陆地生态系统变化的作用表达式为:

$$\Delta C = (C_{w2} - C_{w1}) - (C_{d2} - C_{d1}) \quad (4)$$

$$R = \frac{\Delta C}{C} \times 100\% = \frac{\Delta C}{(C_{w1} + C_{d1})} \times 100\% \quad (5)$$

式中 $(C_{w2} - C_{w1})$ 为河流、湖泊、冰川等土地覆被类型面积百分比在某个时段内的变化; $(C_{d2} - C_{d1})$ 为植被类型/非植被覆被类型百分比在某个时段内的变化。当 $\Delta C > 0$ 和 $R > 0$ 时, 则非植被覆被类型的变化有利于陆地生态环境的发展, 生态趋于好转; 当 $\Delta C < 0$ 和 $R < 0$ 时, 则不利于生态环境的发展, 表明生态环境质量下降。

表 2 焉耆盆地山区和平原区的降水、蒸发量, 平原区人口统计表

Table 2 Statistical information of precipitation, evaporation, population for mountain and plain area of Yanqi basin

气象要素 Meteorological elements	平原区 Plain area		人口/万人 Population	山区 Mountain area	
	年份 Year	平均值/mm Mean value		年份 Year	平均值/mm Mean value
	降水量 Precipitation	1970—1998		76.8	38.58
	1999—2000	72.9	48.71	1977—1978	158.4
	2001—2007	73.0	50.02	1979—2009	198.7
	2008—2014	77.9	51.39	2010—2014	235.6
蒸发量 Evaporation	1980—2006	1912.6	—	1980—1999	1526.9
	2007—2014	2179.5		2000—2013	1250.0

4 结果与分析

4.1 气候变化特征分析

4.1.1 降水量变化特征

MK 趋势检验结果显示(图 2), 焉耆盆地降水量在过去 40a(1970—2014 年)里呈现增加趋势(图 2 a 和 b), 山区和平原区降水量上升趋势达到显著性水平, Z 值分别为 3.0 和 3.2 ($P < 0.01$)。MK Sneyers 突变检验结果显示, 焉耆盆地的山区和平原区分别经历了 1976 年、1977 年、1978 年、2009 年和 1998 年、2000 年、2007 年的突变点。根据突变点可以将焉耆盆地平原区降水量变化过程分为四个阶段: 1970—1998 年降水量呈减少趋势, 平均值为 76.8 mm, 1985 年降水量达到了历史最低值 18.3 mm, 1999—2000 年降水量急剧增加, 平均值为 72.9 mm, 增加速率为 -3.9 mm/a; 2001—2007 年降水量呈波动增加, 增加速率为 0.1 mm/a, 2008—2014 年降水量明显增加, 平均值为 77.9 mm, 增加速率为 0.7 mm/a, 达到了显著水平。山区降水量变化过程分为四个阶段: 1970—1976 年降水量波动增加, 平均值为 193.2 mm, 1977—1978 年降水量急剧下降, 下降速率为 34.8 mm/a, 1979—2000 年呈明显增加, 达到显著水平, 增加速率为 1.33 mm/a, 1998 年降水量达到历史最大值

269.2 mm, 2010—2014 年呈增加趋势, 平均值为 235.6 mm, 处于较稳定水平。MK 趋势检验结果表明, 近 40a 来焉耆盆地山区和平原区年均降水变化呈增加趋势, 并且达到了显著水平; MK Sneyers 突变检验结果也显示, 焉耆盆地 1970 年以来降水有了明显突变点。

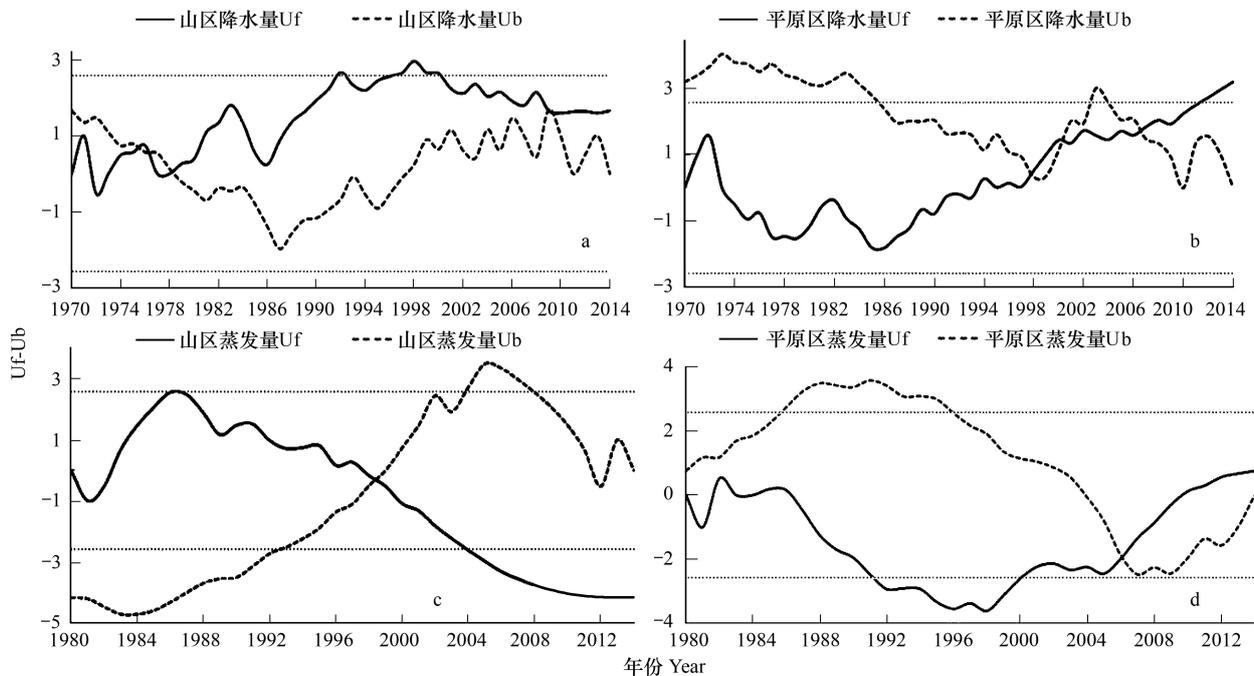


图2 焉耆盆地山区和平原区的降水、蒸发突变点曲线图

Fig.2 Graphic of trend test and change point detection of precipitation, evaporation for mountain and plain area of Yanqi basin

4.1.2 蒸发量的变化特征

蒸发量 MK 趋势检验结果显示, 焉耆盆地蒸发在过去 30 年 (1980—2014 年) 里在山区呈减少趋势 (图 2c), Z 值为 -4.20, 在平原区呈减少趋势 (图 2d), Z 值为 -3.60, 显著性水平都达到 99%。MK Sneyers 突变检验结果显示, 焉耆盆地山区和平原区经历的突变点分别为 1999 年和 2006 年 (图 2); 根据突变点焉耆盆地平原区蒸发量变化过程分为 2 个阶段: 1980—2006 年蒸发量明显下降, 平均值为 1912.60 mm, 达到显著水平, 1998 年平原蒸发量下降到历史最低值为 1667.20 mm, 2007—2014 年蒸发量急剧上升, 平均值为 2197.50 mm, 增加速率为 33.36 mm/a; 山区蒸发量变化过程分为 2 个阶段: 1980—1999 年蒸发量呈增加趋势, 平均值为 1526.90 mm, 2000—2014 年呈下降趋势, 平均值为 1250 mm, 下降速率为 18.50 mm/a, 达到显著水平。MK 趋势检验结果表明, 近 30 年来焉耆盆地年均山区蒸发变化呈有减少趋势, 但在平原区 1998 年之前处于减少趋势, 1998 年之后略有增加趋势, 平原区蒸发量的总体变化显示波动性降低趋势。

4.2 LUCC 分析

根据以上的 MK 突变点分析获得的时间段, 选用了 1973 年、1977 年、1994 年、2004 年和 2014 年的 Landsat 遥感影像 (表 1) 进行解译和 LUCC 分析, 其结果如表 3 和图 3 所示。

从表 3 可以看出, 焉耆盆地山区 1973—2014 年之间的高地植被面积一直处于增加趋势, 而冰川面积处于减少趋势, 研究区冰川面积变化与天山冰川面积变化趋势^[23] 基本吻合。在此期间, 平原区天然绿洲和湿地 1994 年前呈现减少趋势, 1994 年后呈现增加趋势, 人工绿洲面积呈直线型增加; 平原区裸地面积 1973—1977 期间增加, 之后处于减少趋势; 沙漠面积 1973—2004 年期间减少, 此后增加; 研究区水域面积在整个研究期间呈波动性减少趋势, 其中除 1994—2004 年期间增加外, 其它时段均呈现减少趋势。

综上所述, 在 1973—2014 年期间, 山区裸地面积减少为 5.40%, 冰川面积减少为 3.36%, 高地植被面积增加为 8.76%; 平原区天然绿洲面积增加为 1.96%, 沙漠面积减少为 1.62%, 水域面积减少为 1.30%, 人工绿洲面

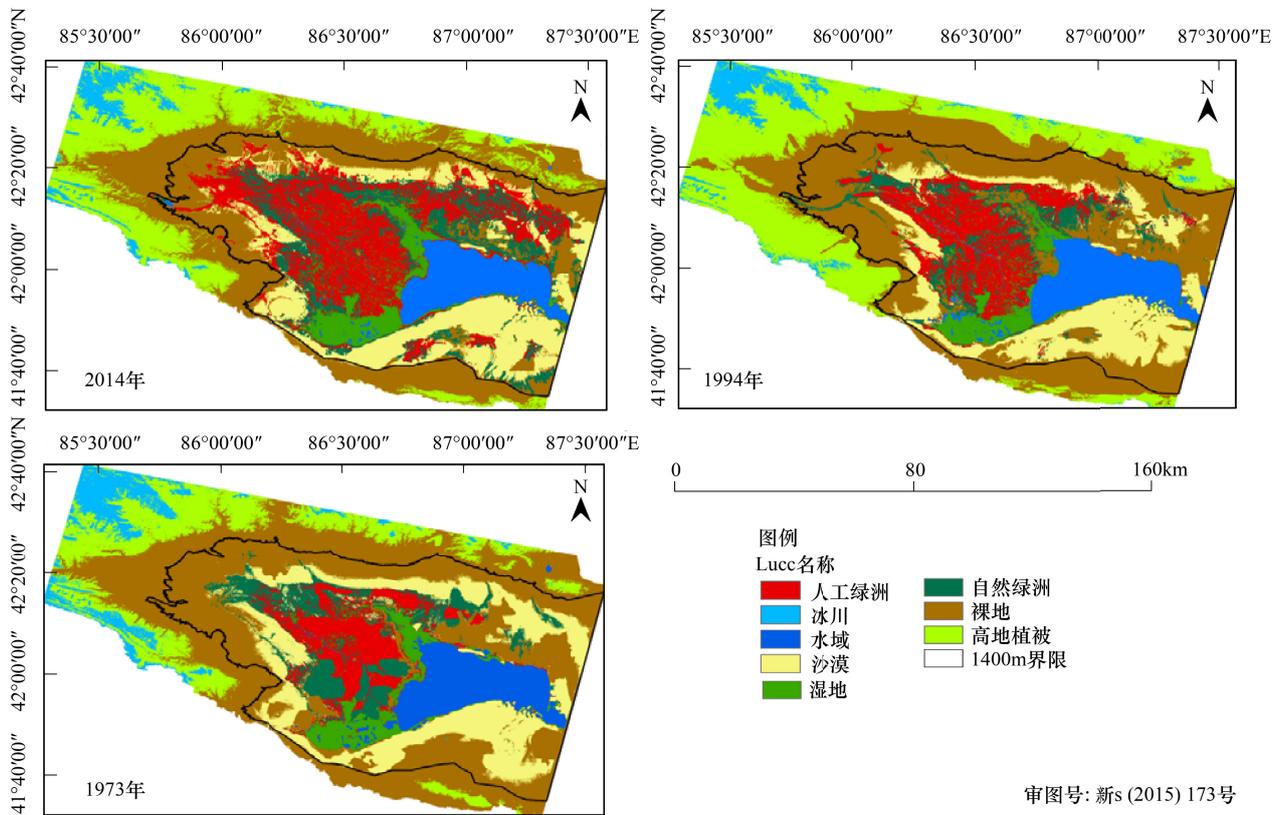


图3 焉耆盆地 LUCC 分类结果图 (1973,1994 和 2014 年)

Fig.3 LUCC Results of Yanqi Basin (Year of 1973, 1994 and 2014)

积增加为 15.41%,湿地面积增加为 1.27%。人工绿洲作为人类对自然干扰强度的一个指标,反映了近 40a 来人类在焉耆盆地平原区的活动加剧,年际变化同降水、蒸发不同步。可以看出,焉耆盆地陆地生态系统的变化是气候变化和人类活动双重影响引起的,但在山区和平原区各因素的影响存在差异。

表 3 土地利用/覆盖不同植被类型面积百分比统计表

Table 3 Land use / cover area percentage statistics of different types of vegetation

区域 Area	LUCC 类型 LUCC type	1973	1977	1994	2004	2014	1973—1977	1977—1994	1994—2004	2004—2014	1973—2014
平原区 Plain area	天然绿洲	13.08	10.03	9.26	13.99	15.04	-3.05	-0.78	4.73	1.05	1.96
	人工绿洲	10.65	12.42	15.89	18.90	26.06	1.77	3.48	3.00	7.16	15.41
	湿地	5.98	7.50	5.49	5.87	7.25	1.52	-2.01	0.39	1.38	1.27
	裸地	35.01	37.37	37.78	29.67	19.28	2.36	0.41	-8.11	-10.39	-15.73
	沙漠	23.78	20.96	20.30	20.12	22.16	-2.82	-0.66	-0.18	2.05	-1.62
山区 Mountain Area	水域	11.50	11.71	11.28	11.45	10.20	0.22	-0.43	0.17	-1.25	-1.30
	高地植被	38.87	38.34	38.76	41.85	47.63	-0.53	0.42	3.09	5.77	8.76
	冰川	12.20	9.48	9.74	9.44	8.84	-2.73	0.26	-0.30	-0.59	-3.36
	裸地	48.93	52.18	51.49	48.71	43.53	3.26	-0.69	-2.79	-5.18	-5.40

4.3 生物量变化趋势及其归因分析

LUCC 对陆地生态系统结构产生很大影响,是改变陆地植被生物量的主要原因^[22],而气候条件、水分条件和土壤养分是决定生态系统类型的主要驱动因素。遥感植被指数 VI 是这些因素在不同尺度的区域中在不同程度上组合而成的定性表征,并与地面生物量成正相关。为了更明确地反映研究区气候变化、人类活动分别

对山区、平原区植被和非植被覆盖的影响及其程度,根据公式 1—5 计算 1973—2014 年之间山区和平原区的植被综合指数 L 及其变化量 ΔL 和变化率 R_L ,非植被覆盖类型面积百分比 ΔC 及其变化率 R_c ,其结果如表 4 所示。

表 4 焉耆盆地不同区域不同时间的植被和非植被区覆被类型及其变化信息统计表

Table 4 Vegetation covers type and its changes of mountain and plain area in Yanqi basen

区域 Area	参数 Parameter	1973 年	1977 年	1994 年	2004 年	2014 年
平原区 Plain area	L	37.885	38.192	30.346	50.907	64.181
	ΔL		0.307	2.154	10.560	13.274
	$R_L / \%$		1.025	7.031	27.246	27.449
	$\Delta C / \%$		0.007	-0.002	0.085	0.071
	$R_c / \%$		0.096	-0.003	0.138	0.137
山区 Mountain area	L	48.884	53.362	70.615	50.912	51.583
	ΔL		4.477	17.253	-19.703	0.671
	$R_L / \%$		11.678	40.522	-50.827	1.727
	$\Delta C / \%$		0.030	0.160	-0.159	0.060
	$R_c / \%$		0.049	0.349	-0.265	0.100

从表 4 可以看出,70 年代以来焉耆盆地山区、平原区的植被覆被类型和非植被类型综合指数发生了明显的变化。在山区,1973—1994 年期间 L 一直处于增加趋势, ΔC 和 R_c 都大于 0,特别是 1977—1994 年期间的增长明显,对应的 ΔL 为 17.253;可以看出,在此期间的增加量与山区的降水量成正相关;1994 年之后山区降水量呈现波动性增加趋势,但增加幅度越来越变少(图 2a),1994 年之后山区生物量显示微弱减少趋势,与山区降水量的变化趋势基本保持一致;1980—1994 年期间山区蒸发量呈现波动性增加,增加幅度不明显。因此,90 年代中旬前后山区生物量的变化主要与山区降水量成正相关关系。从总体上看,1973—2014 年之间山区生物量处于好转趋势。

在平原区 1973—2014 年期间 L 一直处于增加趋势,特别是 1994 年之后的 ΔL 和 R_L 上升趋势更明显,分别 10% 和 27% 以上(表 4);这种激增的时空变化趋势与研究区人口(表 2)、社会经济发展趋势同步。除此之外,在此期间绿洲平原区的降水量增加而蒸发量减少,这种变化会引起土壤中盈余水分的累积,并有利于陆地生态系统的健康发展。可以看出,近 40a 焉耆盆地绿洲平原区生物量的增加主要是人类活动与区域社会经济发展等内部因素引起的,降水量增加、同期蒸发量减少等气候变化的外部因素促进绿洲平原区生物量的不断增加和陆地生态系统的好转。

5 结论

本研究利用新疆焉耆盆地及其周围区域遥感影像、气象观测数据和社会经济数据,运用气候突变和趋势检测法、LUCC 分析、陆地植被生物量及其估算等方法,研究近 40a 来气候变化和人类活动的生态效应。研究结果表明:(1)焉耆盆地陆地生态系统在不同时空尺度上的演变是气候变化及人类活动长期综合作用引起的结果;(2)山区陆地生态系统对区域气候变化非常敏感,其中降水变化是决定山区地表植被生存状态和分布的重要因素;(3)近 40a 来人类活动的推动作用和有益气候变化的支撑明显地改善了焉耆盆地绿洲平原区生态系统。其中,改革开放以来,人口急剧增加、开荒耕地、植树造林和社会经济快速发展,是焉耆盆地绿洲平原区生态系统结构及其时空分布的主要因素。

总之,干旱区不同时空尺度陆地生态系统对气候变化和人类活动的响应不同,是多种自然和人文因素在不同方式、不同程度上组合作用的结果。对于新疆焉耆盆地近 40a 来的变化而言,其陆地生态系统状况的好转是气候变化和人类活动的共同结果,其中气候变化是决定山区生态系统生存状态和分布的重要因素,人类活动则通过快速地大范围地扩展绿洲平原区影响其生态系统。

参考文献 (References):

- [1] 侯学煜. 中国植物地理. 北京: 科学出版社, 1988: 42-45.
- [2] IPCC. Land Use, Land-Use Change, and Forestry: A Special Report of the IPCC. New York: Cambridge University Press, 2000.
- [3] 秦大河, Stocker T. IPCC 第五次评估报告第一工作组报告的亮点结论. 气候变化研究进展, 2014, 10(1): 1-6.
- [4] 李辉霞, 刘国华, 傅伯杰. 基于 NDVI 的三江源地区植被生长对气候变化和人类活动的响应研究. 生态学报, 2011, 31(19): 5495-5504.
- [5] 黄小燕, 李耀辉, 冯建英, 王劲松, 王芝兰, 王圣杰, 张宇. 中国西北地区降水量及极端干旱气候变化特征. 生态学报, 2015, 35(5): 1359-1370.
- [6] 索玉霞, 王正兴, 刘闯, 于伯华. 中亚地区 1982 年至 2002 年植被指数与气温和降水的相关性分析. 资源科学, 2009, 31(8): 1422-1429.
- [7] 李明财, 刘德义, 郭军. 天津地区各季植被 NDVI 年际动态及其对气候因子的响应. 生态环境学报, 2009, 18(3): 979-983.
- [8] 张钦仁, 张佳华, 申彦波, 多福学. 1981-2001 年西北地区植被变化特征分析. 中国农业气象, 2010, 31(3): 586-590.
- [9] 周成虎, 罗格平, 李策, 汤奇成, 励惠国, 王钦敏, Fukui H. 博斯腾湖环境变化及其与焉耆盆地绿洲开发关系研究. 地理研究, 2001, 20(1): 14-23.
- [10] 玉素甫江·如素力. 新疆焉耆盆地二元水循环过程模拟研究. 北京: 中国科学院大学, 2015.
- [11] Mamat Z, Yimit H, Eziz A, Ablimit A. Oasis land-use change and its effects on the eco-environment in Yanqi basin, Xinjiang, China. Environmental Monitoring and Assessment, 2014, 186(1): 335-348.
- [12] 于贵瑞. 人类活动与生态系统变化的前沿科学问题. 北京: 高等教育出版社, 2009.
- [13] 许端阳, 李春蕾, 庄大方, 潘剑君. 气候变化和人类活动在沙漠化过程中相对作用评价综述. 地理学报, 2011, 66(1): 68-76.
- [14] Mann H B. Nonparametric tests against trend. Econometrica, 1945, 13(3): 245-259.
- [15] Kendall M G. Rank Correlation Methods. London: Charles Griffin, 1975.
- [16] Sneyers R. On the statistical analysis of series of observations. Tech Note 143, WMO No.415, Geneva, 1990: 192-202.
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 21010-2007 中华人民共和国国家标准: 土地利用现状分类. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [18] Sellers P J. Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. International Journal of Remote Sensing, 1985, 6(8): 1335-1372.
- [19] Baret F, Guyot G. Potentials and limits of vegetation indices for LAI and APAR assessment. Remote Sensing of Environment, 1991, 35(2-3): 161-173.
- [20] Leemans R, Eickhout B. Another reason for concern: regional and global impacts on ecosystems for different levels of climate change. Global Environmental Change, 2004, 14(3): 219-228.
- [21] Paruelo J M, Epstein H E, Lauenroth W K, Burke I C. ANPP Estimates from NDVI for the central grassland region of the United States. Ecology, 1997, 78(3): 953-958.
- [22] 陈曦, 罗格平, 夏军, 周可法, 娄少平, 叶民权. 新疆天山北坡气候变化的生态响应研究. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2004, 34(12): 1166-1175.
- [23] Canadell J G. Land use effects on terrestrial carbon sources and sinks. Science in China: Series C, 2002, 45(S1): 1-9.