

DOI: 10.5846/stxb201805281167

董弟文, 阿布都热合曼·哈力克, 王大伟, 田世英. 1994—2016 年和田绿洲植被覆盖时空变化分析. 生态学报, 2019, 39(10): - .
Dong D W, Abdurahman · Halik, Wang D W, Tian S Y. Spatio-temporal variations in vegetation cover in Hotan Oasis from 1994 to 2016. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(10): - .

1994—2016 年和田绿洲植被覆盖时空变化分析

董弟文^{1,2}, 阿布都热合曼·哈力克^{1,2,*}, 王大伟^{1,2}, 田世英^{1,2}

1 新疆大学资源与环境科学学院, 乌鲁木齐 830046

2 新疆大学绿洲生态教育部重点实验室, 乌鲁木齐 830046

摘要: 监测植被变化对评价区域生态环境质量及生态过程具有重要意义。基于 Landsat 数据影像, 运用归一化植被指数、像元二分模型、重心迁移模型等方法分析和田绿洲植被覆盖时空变化。结果表明: (1) 和田绿洲植被分布总体以玉龙喀什河和喀拉喀什河为轴线, 从高到低向外展布, 高覆被以大面积片状集中于绿洲中部, 低、中覆被相对零散围绕高覆被分布; (2) 过去 23 年, 和田绿洲植被覆盖面积和植被覆盖度均呈升高趋势。2016 年相比 1994 年, 绿洲植被覆盖面积增加 553 km², 增长了 19.6%; (3) 和田绿洲覆被变化存在阶段性和区域性差异。时段上, 2000—2005 年覆被面积增加最明显; 区域上, 西部覆被增加最显著; (4) 气候变化对和田绿洲覆被变化存在一定影响, 但人类活动影响最直接。其中耕地开垦、作物种植是和田绿洲覆被增加的最主要因素, 而城市基建是引起绿洲覆被减少的最主要因素。同时, 因农耕地水耗增加挤占天然覆被生态用水, 引起天然覆被退化, 威胁绿洲未来发展; (5) 过去 23 年, 绿洲覆被重心整体西移。

关键词: 植被覆盖度; 像元二分模型; 重心迁移; 时空变化; 和田绿洲

Spatio-temporal variations in vegetation cover in Hotan Oasis from 1994 to 2016

DONG Diwen^{1,2}, Abdurahman · Halik^{1,2,*}, WANG Dawei^{1,2}, TIAN Shiyong^{1,2}

1 College of Resources and Environmental Science, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

2 Key laboratory of Oasis Ecology of Ministry of Education, Xinjiang University, Urumqi 830046, China

Abstract: It is of significance to monitor the changes in vegetation in the assessment of regional ecological environment quality and ecological process. The typical Hotan Oasis in the arid region of Northwestern China was selected as the study area. Based on Landsat remote sensing images, the temporal and spatial changes in the vegetation cover in Hotan Oasis were analyzed using NDVI, binary dichotomy, and gravity center migration models. The aim of this study was to understand the characteristics of vegetation cover changes in the oasis during recent decades. The results demonstrated that the vegetation distribution in Hotan Oasis is generally distributed from high to low on the axis of Yulongkash and Karakash Rivers. The high vegetation cover is concentrated in the middle of the oasis, whereas, the high vegetation is surrounded by relatively the low and medium vegetation. During the past 23 years, the vegetation-covered area and vegetation coverage of Hotan Oasis have increased significantly. In 2016, compared with that in 1994, the vegetation-covered area has increased by 553 km², an increase of 19.6%. In terms of different levels of vegetation cover changes, high vegetation cover increased significantly, with an increase of 897 km² (83.6%) during the past 23 years. The fluctuation and change in medium vegetation cover were obvious. In 2016, compared with that in 1994, the area decreased by 103 km² (9.3%); low vegetation cover significantly reduced, with a decrease of 241 km² (38%) during the past 23 years. There are time-phased and regional differences in the spatial changes in the coverage of Hotan Oasis. In terms of area change, from 2000 to 2005, the area of oasis vegetation

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41761019); 国家自然科学基金项目 (41061052); 西部地区人才培养特别项目 (201408655089)

收稿日期: 2018-05-28; **网络出版日期:** 2018-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ah@xju.edu.cn

cover increased most obviously. In terms of regional changes, the vegetation coverage in the west and east of the oasis increased most significantly, and the urban areas and nearby areas of Hotan City, Moyu County and Lupu County decreased significantly. The expansion of cultivated land is the main cause of changes in oasis cover. However, the reclamation of natural grassland will reduce the ecological effects of the oasis, which will threaten the ecological stability and sustainable development of the oasis in the long term. As a whole, over the past 23 years, the center of gravity of oasis cover has moved westward.

Key Words: vegetation coverage; pixel binary model; gravity center migration model; spatial-temporal change; Hotan Oasis

绿洲化是干旱区人与自然因素共同作用下荒漠转绿洲过程;荒漠化是干旱、半干旱及亚湿润干旱区因气候变化、人类活动等造成的土地退化^[1]。植被作为土壤-植被-大气连续体的重要一环,不仅维持着区域气候稳定和生态平衡,而且记录着区域绿洲、荒漠两大生态系统相互作用过程^[2-5],因而监测植被变化对评价区域生态环境质量及生态过程具有重要意义^[6-7]。目前,学术界利用 NDVI 在表征植物生物物理特征方面的优势^[8-9],就植被覆盖变化做了诸多研究^[10-14]。Tucker 等^[10]分析 1981—1999 年北半球 NDVI 序列发现,北半球中纬度植被覆盖明显增长;张学玲等^[11]基于 TM NDVI 分析武功山山地草甸覆被变化发现,武功山山地草甸面积呈递减趋势;王新军等^[12]利用 NDVI 对沙地植被景观格局特征进行研究,发现古尔班通古特沙漠南缘沙地植被处于恢复状态;刘洋等^[13]基于 GIMMS NDVI 分析新疆植被覆盖变化,得出新疆植被覆盖存在空间分布差异和阶段变化差异。

绿洲作为干旱、半干旱地区一种独特生态单元,是干旱地区人类生存与发展的基本场所^[15]。如今伴随全球环境恶化、能源日益枯竭、人口急剧膨胀,绿洲生态与经济发展之间呈不协调关系,严重威胁绿洲未来发展,进行合理、协调、持续地发展绿洲成为全球,特别是干旱地区一项具有重大理论与现实意义的研究课题。纵观已有研究,学者从景观格局^[16-17]、土地利用^[18]、稳定性^[19]、适宜规模^[20]、驱动力及环境效益^[20-21]等方面对绿洲进行了全面系统研究,并在上述研究中对绿洲植被覆盖变化有所涉及,但缺少对典型绿洲植被覆盖变化的专门性和针对性研究。因此,本文以地处我国南疆极端干旱荒漠自然区,具有典型荒漠-绿洲-河渠廊道景观模式的和田绿洲^[18,22]作为研究区,分析绿洲、荒漠两大系统作用下及人类活动、气候变化等因素影响下绿洲植被覆盖时空变化过程,以期认识绿洲覆被变化过程,实现绿洲水土资源合理利用、生态稳定及可持续发展提供科学借鉴。

1 研究区概况

和田绿洲(37°00′—37°30′N,79°30′—80°30′E)位于昆仑山北麓,塔克拉玛干沙漠南缘,包括和田市及和田、墨玉、洛浦三县。绿洲主体部分以玉龙喀什河和喀拉喀什河为中线,次级河流及灌溉渠道为纽带,构成密集网状水体廊道,形成完善的人工农田绿洲景观^[22]。绿洲北部以河流水网为骨架,沙漠为基质,河流廊道为核心,形成对称分布的天然荒漠植被绿洲景观^[22-23]。绿洲气候具有典型大陆性沙漠气候特征,温暖干燥、光热资源丰富,多年平均气温 12.2℃,多年平均降水<50 mm,年蒸发量大于 2600 mm。绿洲长期受风沙天气影响,多浮尘,春季多大风和沙尘暴^[24-25]。目前因流域水土资源大规模开发利用,下游地区地下水位下降,生态环境有恶化趋势。

2 数据源和方法

2.1 数据源及预处理

研究综合考虑云量、沙尘、植被生长季节差异等影响,选用 1994 年 7 月 28 日、2000 年 8 月 5 日、2005 年 9 月 20 日、2009 年 8 月 30 日、2013 年 9 月 18 日、2016 年 9 月 10 日 6 期天气、植被较好的 Landsat 系列影像(条

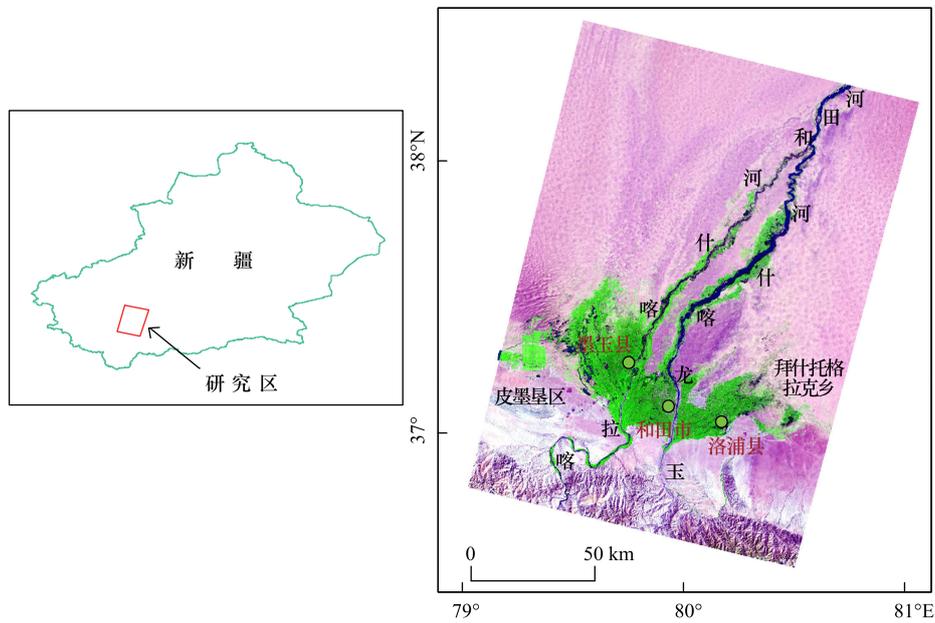


图 1 研究区 Landsat8 (RGB-654) 影像

Fig.1 Landsat 8 (RGB-654) image of study area

带号:146,行编号:34,分辨率:30 m)。数据下载于美国地质勘探局网站(<http://glovis.usgs.gov>)和地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>)。土地利用类型遥感监测数据为中国科学院资源环境科学数据中心(<http://www.resdc.cn/data.asp>)共享数据。1957—2014 年气温、降水数据下载于中国气象局科学数据服务共享网(<http://www.cma.gov.cn>)。

数据预处理:①利用 ENVI 5.3 对原始影像进行大气校正、辐射校正及几何校正。其中几何校正以 2016 年 9 月 10 日影像为参考,对其余 5 期影像进行校正,像元误差控制在 0.5 以内;②利用 ENVI 5.3 计算 NDVI,其中 $NDVI = (NIR - VIS) / (NIR + VIS)$, NIR 为红波段反射率, VIS 为近红外波段反射率^[11];③利用 ENVI 5.3 计算植被覆盖度^[26],并对植被覆盖度进行阈值分割、小斑块处理。其中,植被覆盖度阈值分割按照传统分类方法分裸地或极低植被覆盖(0—0.2)、低植被覆盖(0.2—0.3)、中植被覆盖(0.3—0.6)和高植被覆盖(0.6—1) 4 个等级^[11];④解译结果通过与 Google Earth 高清影像及野外实测样点进行对比验证,对不准确处进行目视解译调整。为准确提取绿洲信息,本文通过对 6 期研究区植被覆盖分布图叠合分析得到和田绿洲最大矢量边界,并以此边界为基础进行裁剪和掩模统计。

2.2 像元二分模型

本文基于归一化植被指数(NDVI),利用像元二分模型估算植被覆盖度。其公式为:

$$F_c = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (1)$$

式中, $NDVI_{veg}$ 为全植被覆盖像元 NDVI 值; $NDVI_{soil}$ 为无植被覆盖的裸土像元 NDVI 值^[11,26]。

2.3 图像差值法

为反映研究区植被动态变化,利用差值法计算不同期影像之间的植被覆盖变化 ΔF_g ,差值大于 0 表示植被覆盖增加,小于 0 表示植被覆盖减少。其公式为:

$$\Delta F_g = F_{year2} - F_{year1} \quad (2)$$

式中, F_{year1} 和 F_{year2} 分别为前后两个不同时期植被覆盖度等级。

为突出 1994—2016 年植被覆盖变化,对 1994 年和 2016 年分类结果进行差值量化分析:其中, $\Delta F_g = -3$ 表示极度退化; $\Delta F_g = -2$ 表示中度退化; $\Delta F_g = -1$ 表示轻微退化; $\Delta F_g = 0$ 表示稳定; $\Delta F_g = 1$ 表示轻微改善; $\Delta F_g = 2$ 表示中度改善; $\Delta F_g = 3$ 表示极度改善^[11]。

2.4 重心迁移模型

重心的空间变化可以直接反映研究时段内绿洲植被空间演变过程。其公式为:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \times X_i)}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (3)$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i \times Y_i)}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (4)$$

式中, X 、 Y 分别表示绿洲植被分布重心的经纬度坐标; C_i 表示第 i 个绿洲植被分布斑块的面积; X_i 、 Y_i 分别表示第 i 个绿洲植被分布斑块分布重心的经纬度坐标^[27]。

3 结果与分析

3.1 绿洲植被覆盖空间分布特征及变化趋势

基于 NDVI 像元二分模型, 利用 ENVI 5.3 计算出 6 个时期绿洲植被覆盖度, 并以此为基础进行阈值分割, 得到和田绿洲 1994、2000、2005、2009、2013 和 2016 年 6 期植被覆盖分布图。如图 2 所示, 和田绿洲植被总体以玉龙喀什河和喀拉喀什河为轴线, 从高到低向外展布。高覆盖主要集中于绿洲中部, 成大面积片状分布; 低覆盖和中覆盖集中于高覆盖外围及两河下游。

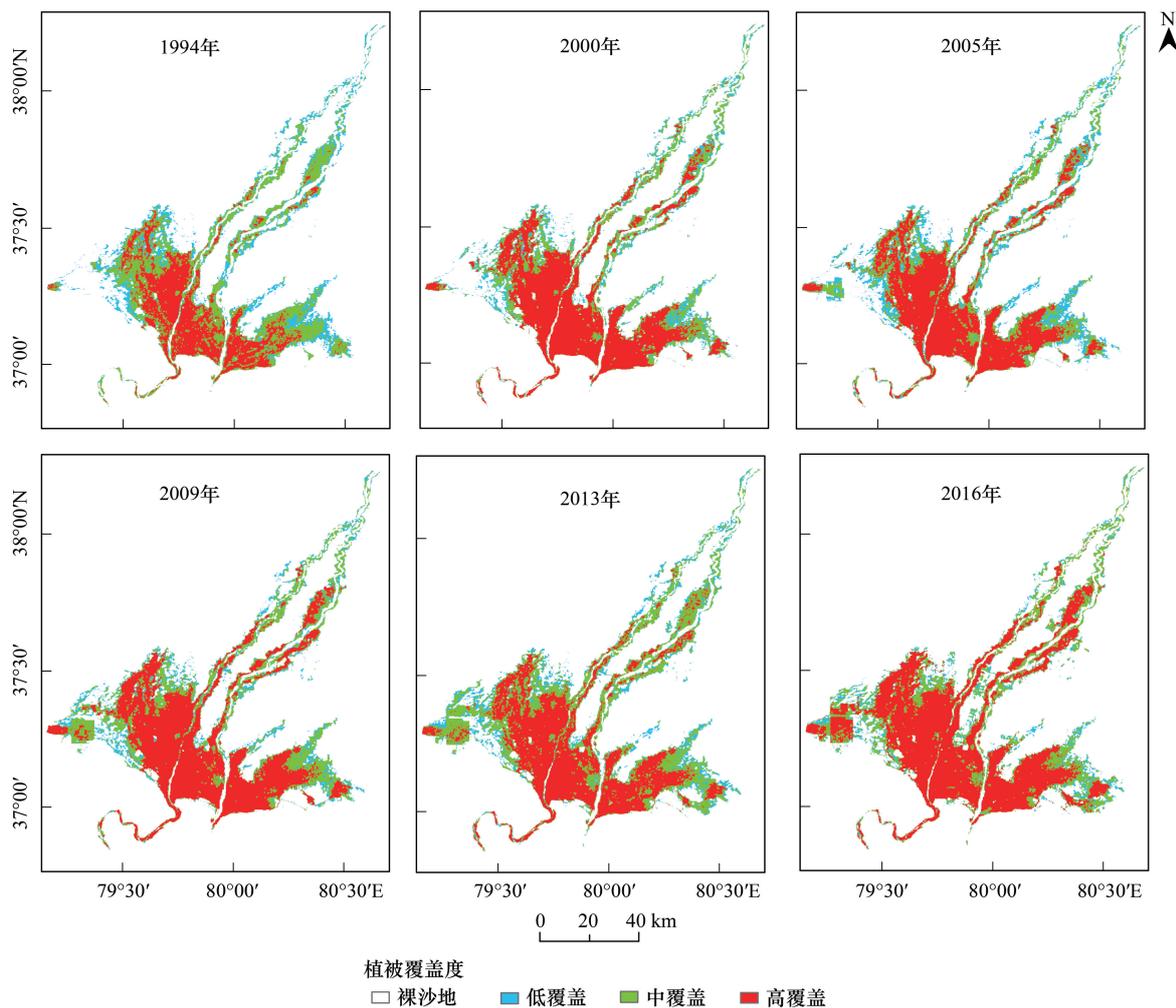


图 2 和田绿洲不同时期植被覆盖等级分布

Fig.2 Vegetation coverage distribution at different stages

图 3 是利用绿洲矢量边界掩模统计得到的和田绿洲不同等级植被覆盖面积变化及 NDVI 均值变化。可以看出,和田绿洲覆被总面积和 NDVI 均值均呈增加趋势,两者拟合优度 R^2 分别为 0.9231 和 0.7057。两者的均增加说明近 23 年和田绿洲在覆被面积增加的同时,植被覆盖度也在增加。在 6 期统计结果中,2013 年是覆被面积最大年份(3398 km^2),2000 年是覆被面积最小年份(2808 km^2),最大变幅 590 km^2 。2016 年和 1994 年相比,绿洲覆被面积由 2825 km^2 增至 3378 km^2 ,增加了 553 km^2 ,增长 19.6%。从不同时段来看,2000—2005 年是绿洲覆被面积增加最明显时段,增量 245 km^2 ,增幅 8.7%。其余 4 时段增量和增幅分别为:1994—2000 年增加 -17 km^2 ,增幅 -0.6%;2005—2009 年增加 140 km^2 ,增幅 4.6%;2009—2013 年增加 205 km^2 ,增幅 6.4%;2013—2016 年增加 -20 km^2 ,增幅 -0.6%。可以看出,和田绿洲覆被面积在整体增加的同时,还存在波动性。

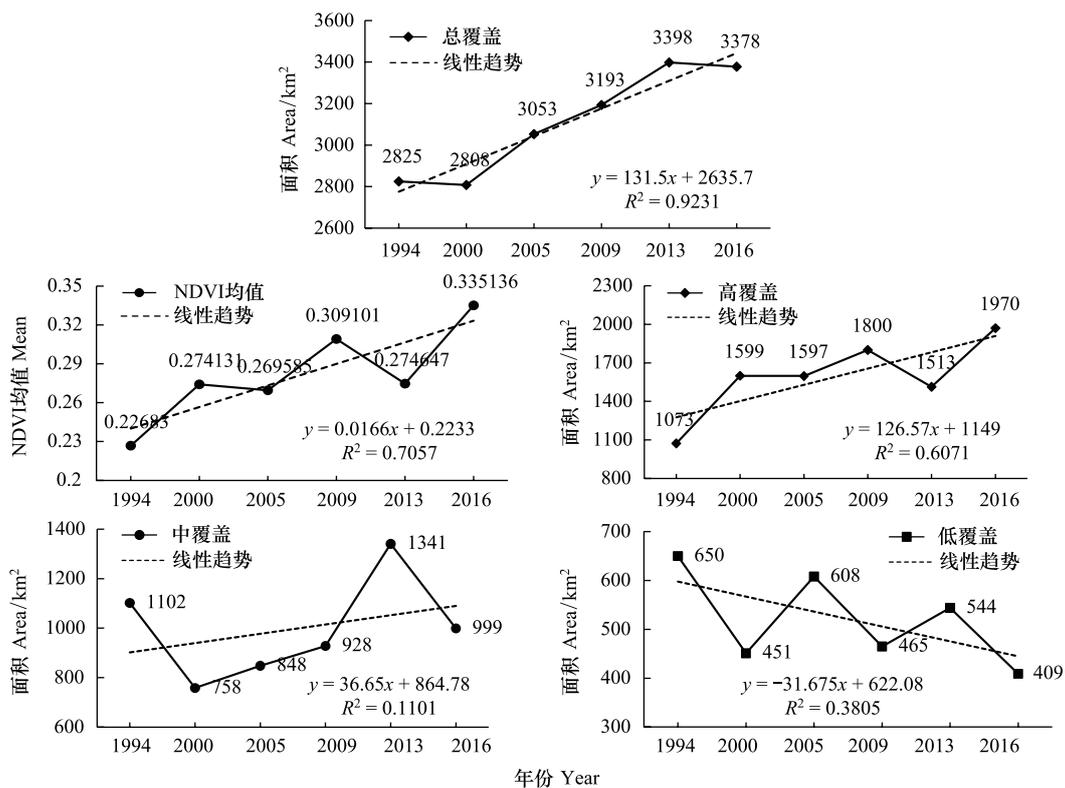


图 3 和田绿洲不同等级植被覆盖面积变化和 NDVI 均值变化

Fig.3 Variation of vegetation coverage and average NDVI changes at different levels

在不同等级覆被面积变化中(图 3),高覆被线性增加趋势明显($R^2=0.6071$),由 1994 年的 1073 km^2 增至 2016 年的 1970 km^2 ,增加 897 km^2 ,增长了 83.6%。中覆被变化波动较大,线性拟合差($R^2=0.1101$),2016 年与 1994 年相比,面积减少 103 km^2 ,降幅 9.3%。低覆被波动减少($R^2=0.3805$),由 1994 年的 650 km^2 减少至 2016 年的 409 km^2 ,减少 241 km^2 ,降幅 38%。对比可知,在不同覆被变化中,高覆被面积增加最显著,且占绿洲覆被面积比重也最大。经计算,高覆被在 6 个时期占植被覆盖总面积比重分别为 38%、57%、52%、56%、45%、58%,所占比重显著上升。

3.2 绿洲植被覆盖空间变化特征

为揭示绿洲植被覆盖动态变化,采用差值法计算 1994—2016 年绿洲植被覆盖绝对变化,差值为正表示覆被增加,差值为负表示覆被减少。

结果显示(图 4),和田绿洲植被覆盖变化呈中部相对稳定、四周变化明显。结合图 2 看出,稳定区主要以高覆盖为主,变化区则以低、中覆盖为主。从不同时段来看:1994—2000 年,绿洲覆被以增加为主,但绿洲东部和西部覆被有所减少;2000—2005 年,除绿洲西部皮墨垦区覆被显著增加外,绿洲西部及和田市周围多数

区域覆被减少;2005—2009年,绿洲覆被明显增加,尤以皮墨垦区最为突出,但和田市周围有减少趋势;2009—2013年,除皮墨垦区外,绿洲多数区域覆被减少,且以和田市周围及玉龙喀什河下游最为明显;2013—2016年,绿洲西部和玉龙喀什河下游覆被有所增加,绿洲东部则减少明显。纵观1994—2016年绿洲覆被变化,总体增加,且以绿洲西部皮墨垦区最为典型。减少区除绿洲东北部明显外,和田市城区附近及墨玉、洛浦两县城区周围减少也较为明显。综上看出,和田绿洲覆被变化存在阶段性差异的同时,还存在区域性差异。

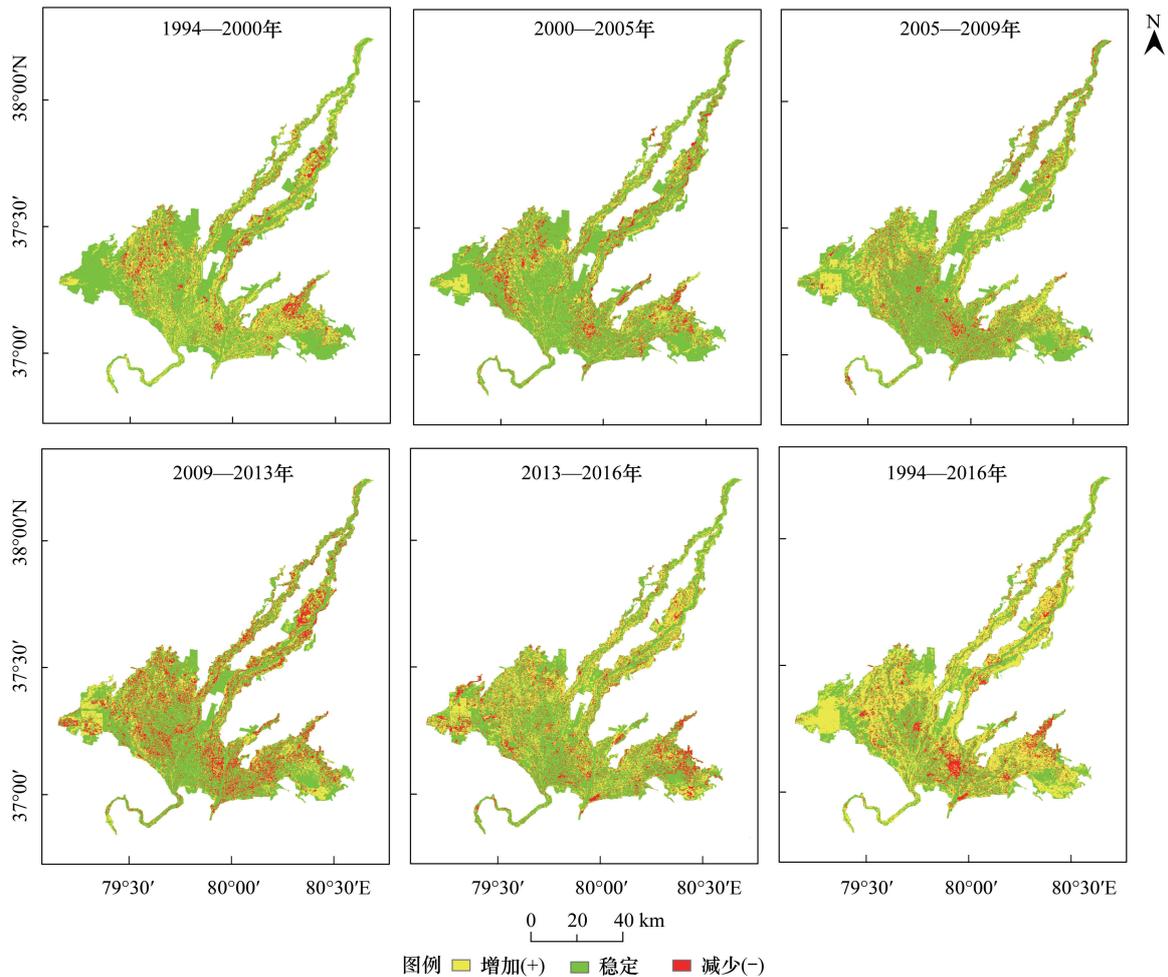


图4 和田绿洲不同时期植被覆盖度绝对变化空间分布

Fig.4 Spatial distribution of absolute change of vegetation coverage in different periods

为进一步分析和田绿洲覆被变化,对1994年和2016年不同等级植被覆盖进行状态转移矩阵运算。如表1所示,1994—2016年,和田绿洲植被覆盖主要以裸地和低覆盖向中覆盖转移、中覆盖向高覆盖转移为主。具体转移量为:裸地转中覆盖 337.01 km^2 ,占裸地的14.38%;低覆盖转中覆盖 219.21 km^2 ,占低覆盖的33.72%;中覆盖转高覆盖 636.87 km^2 ,占中覆盖的57.8%。从绝对变化量来说,裸地、低、中、高覆盖变化量分别为 -553.23 、 -240.69 、 -102.76 km^2 和 896.68 km^2 ,裸地和低、中覆盖均减少,高覆盖大幅增加,裸地和低、中覆盖最终转为高覆盖。

3.3 绿洲植被覆盖重心迁移

重心分布变化能够从空间上描述绿洲植被分布的时空演变特征^[27]。图5和田绿洲植被覆盖重心变化显示,近23年,和田绿洲植被覆盖重心整体西移,直线迁移3.46 km。具体来说,1994—2000年、2000—2005年和2005—2009年向西迁移;2009—2013年向东南迁移;2013—2016年向北迁移。在5个时段中,2000—2005年和2005—2009年重心变化最明显(分别西移1.42 km和1.63 km)。这主要因为2004年国家在皮墨垦区设

立 224 团场,使得皮墨垦区及其附近大面积开垦耕地^[28],致使绿洲西部覆被迅速增加,重心大幅西移;2009—2013 年洛浦县拜什托格拉克乡南部耕地大片幅增加,使得绿洲覆被重心向东南方向迁移;2013—2016 年,玉龙喀什河和喀拉喀什河下游有大量农田开垦,使得绿洲植被覆盖重心有小幅北移。

表 1 1994—2016 年和田绿洲植被覆盖度等级转移矩阵
Table 1 Transfer matrix of vegetation coverage in 1994—2016

年份 Year	类型 Type	1994 年 Year							
		裸地 Bare sand		低覆盖 Low-coverage		中覆盖 Medium-coverage		高覆盖 High-coverage	
		面积/km ² Area	%	面积/km ² Area	%	面积/km ² Area	%	面积/km ² Area	%
2016 年 Year	裸地 Bare sand	1548.11	66.07	148.86	22.90	75.64	6.86	17.29	1.61
	低覆盖 Low-coverage	217.46	9.28	109.99	16.92	64.05	5.81	17.92	1.67
	中覆盖 Medium-coverage	337.01	14.38	219.21	33.72	325.50	29.54	117.57	10.95
	高覆盖 High-coverage	240.55	10.27	172.05	26.47	636.87	57.79	920.58	85.77
变化量 Change amount		-553.23	-23.61	-240.69	-37.02	-102.76	-9.32	896.68	83.54

4 讨论

干旱区绿洲覆被变化是气候变化与人类活动共同作用的结果,但短期内人类活动对绿洲覆被变化影响更为直接^[1]。下面就和田绿洲覆被变化原因及对生态环境的影响予以讨论。

4.1 气候变化影响

和田地区的降水近几十年显著增加(图 6)。根据黄培佑等^[29]研究,全球气候变化引起新疆的降水增多,对新疆荒漠区成株的多年生荒漠植物及入夏时已成活的一年生和多年生植物的幼苗生长具有正面效应。和田地区气候极端干旱,其绿洲-荒漠过渡带植被多以耗水少、耐旱、耐盐碱的荒漠植被为主^[30]。和田地区降水的增加可能对绿洲疏林灌丛及草地产生了积极影响。绿洲低覆被向中覆被的转移极可能就是这种影响的结果。因为人类种植的作物多以高植被覆盖形式呈现,而天然疏林灌丛及草地多为低覆盖为主。

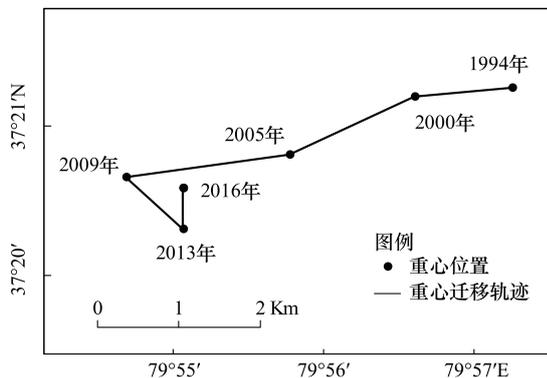


图 5 1994—2016 年和田绿洲植被覆盖重心迁移

Fig.5 Gravity centers changes of vegetation coverage in 1994—2016

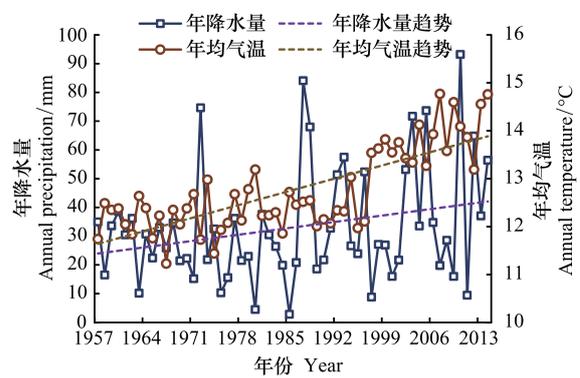


图 6 1957—2014 年和田河流域气温、降水变化

Fig.6 Changes of temperature and precipitation in Hotan River Basin from 1957 to 2014

气候变化对覆被的影响,还间接表现在对流域径流的影响。和田地区气温在 1957—2014 年呈上升趋势,尤其在 2000 年后平均升高了 1.56°C (图 6),这对以冰雪融水补给为主的和田河的影响是巨大的。根据蒋艳等^[31]对塔里木河流域气候变化对径流影响分析,当气温升高 1°C,径流量相应增加 10%—16%,而实际上 2000 年后,和田河出山径流均值也要比 1957—1999 年均值高出 $6.18 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。这对极端干旱的和田地区意义

重大,为区域绿洲扩展提供了水源保障。

4.2 人类活动影响

人类活动对绿洲覆被的影响主要体现在土地利用方式的改变上。表 2 是利用中国科学院资源环境科学数据中心发布的全国土地利用遥感监测数据统计的不同时期和田绿洲土地利用变化情况。

可以看出,2000—2015 年,绿洲耕地面积和城乡工矿居民用地面积明显增加。其中耕地面积从 2000 年的 1573 km²增至 2015 年的 2065 km²,净增加 492 km²,增长了 31.3%,其占绿洲面积比重也从 2000 年的 30% 升至 2015 年的 39%。这说明和田绿洲覆被面积的增加主要得益于耕地的扩张。这其中耕地扩张最明显区域是绿洲西部皮墨垦区(图 7,因 2004 年国家在此设立 224 团场,所以该区域耕地迅速扩展)。从表 2 还可看出,绿洲林草地及未利用土地面积显著减少。根据 1994—2016 年土地利用状态转移矩阵计算,减少部分主要转为耕地,其中天然草地对耕地增长的贡献达 65%。可见便于开发利用的天然草地是和田绿洲耕地开垦的主要土地来源。

表 2 和田绿洲不同时期土地利用结构

Table 2 Land use structure of Hotan Oasis in different periods

类型 Land use type	2000 年 Year		2005 年 Year		2010 年 Year		2015 年 Year	
	面积/km ² Area	%						
耕地 Arable land	1573	30	1759	33	1788	34	2065	39
林地 Wood land	190	4	187	4	187	3	184	3
草地 Meadow	1935	36	1785	34	1781	34	1597	30
水域 Water area	144	3	149	3	149	3	154	3
城乡工矿居民用地 Construction land	387	7	394	7	394	7	402	8
未利用土地 Unused land	1083	20	1026	19	1001	19	898	17

人类除通过开垦农田、种植作物影响绿洲覆被变化外,城乡基建对绿洲覆被变化影响也十分明显^[21],如和田市及墨玉、洛浦城区附近成为绿洲覆被退化的热点区域。通过差值量化提取的和田市及墨玉县周围覆被变化看出(图 7),和田市以市中心为基点,覆被呈放射状向外退化,墨玉县城区周围植被也明显退化。同时,和田市因经济相对发达,城区周边卫星乡镇及公路干线集中,所以退化面积及程度更显著,而墨玉县城区周边植被退化相对较和田市较小,但墨玉县城周边多耕地分布,耕地周围乡村道路修建引起的规则格网状植被退化是墨玉县植被退化的一大特征。

耕地与城镇基建的扩张,为促进绿洲经济发展发挥了重要作用。但是,城镇扩张及耕地增加带来的用水需求,挤占绿洲生态用水,造成绿洲天然覆被的退化。且以易于开发利用的天然林草地换取耕地,严重破坏绿洲生态。荒漠植被作为维持绿洲生态稳定的屏障,其的破坏势必引起荒漠化过程加剧及边缘地区开垦耕地的弃耕,最终还是威胁绿洲发展。同时,和田河作为向塔里木河生态输水的关键河流,其水量的过度引用,将造成向下游输水减少,严重威胁到塔河流域生态安全及可持续发展。因此,在未来发展中应注重保护天然覆被,严禁开垦天然林草地。同时应调节绿洲农业结构,注意控制绿洲耗水,实现可持续发展。

5 结论

(1) 近 23 年,和田绿洲在覆被面积明显增加的同时,植被覆盖度也明显升高。2016 年比 1994 年覆被面积增加 553 km²,增长 19.6%。从不同等级覆被变化来说,高覆被增加明显,近 23 年增加 897 km²,增长 83.6%;中覆被波动变化明显,2016 年与 1994 年相比,面积减少 103 km²,降幅 9.3%;低覆被减少明显,减少面积 241 km²,减少幅度达 38%。

(2) 和田绿洲覆被空间变化存在阶段性和区域性差异。在变化阶段上,2000—2005 年绿洲覆被面积增加

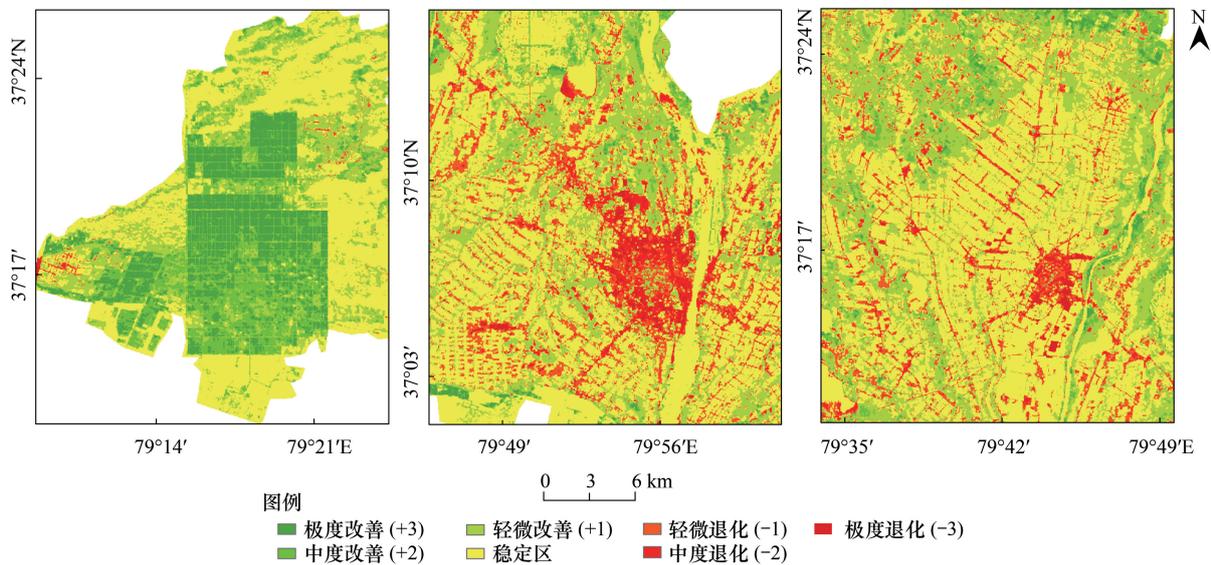


图 7 和田绿洲植被覆盖变化等级量化分布

Fig.7 Distribution of vegetation cover changes at different levels

最为显著;在变化区域上,绿洲西部皮墨垦区覆被增加最为典型,和田市、墨玉县、洛浦县城区及附近覆被减少最为显著,绿洲西北及东部天然林草地有轻微退化。整体上,过去 23 年,绿洲覆被重心西移,直线迁移距离 3.46 km。

(3)气候变化对和田绿洲覆被变化有一定影响,但人类活动影响最为直接。耕地开垦是绿洲覆被增加的最主要原因,而天然林草地是耕地增长的最主要土地来源。但以天然林草地换取耕地的方式会降低绿洲生态效应,长远来说将威胁绿洲生态稳定及可持续发展。

参考文献 (References):

- [1] 王涛. 干旱区绿洲化、荒漠化研究的进展与趋势. 中国沙漠, 2009, 29(1): 1-9.
- [2] 杜加强, 赵晨曦, 贾尔恒·阿哈提, 房世峰, 香宝, 阴俊齐, 何萍, 袁新杰, 方广玲, 舒俭民. 近 30a 新疆月 NDVI 动态变化及其驱动因子分析. 农业工程学报, 2016, 32(5): 172-181.
- [3] Piao S L, Wang X H, Ciais P, Zhu B, Wang T, Liu J. Changes in satellite-derived vegetation growth trend in temperate and boreal Eurasia from 1982 to 2006. *Global Change Biology*, 2011, 17(10): 3228-3239.
- [4] Peng J, Liu Z H, Liu Y H, Wu J S, Han Y N. Trend analysis of vegetation dynamics in Qinghai-Tibet Plateau using Hurst Exponent. *Ecological Indicators*, 2012, 14(1): 28-39.
- [5] 常学礼, 赵爱芬, 李胜功. 生态脆弱带的尺度与等级特征. 中国沙漠, 1999, 19(2): 115-119.
- [6] 李卓, 孙然好, 张继超, 张翀. 京津冀城市群地区植被覆盖动态变化时空分析. 生态学报, 2017, 37(22): 7418-7426.
- [7] 周伟, 刚成诚, 李建龙, 章超斌, 穆少杰, 孙政国. 1982-2010 年中国草地覆盖度的时空动态及其对气候变化的响应. 地理学报, 2014, 69(1): 15-30.
- [8] Wessels K J, Prince S D, Malherbe J, Small J, Frost P E, VanZyl D. Can human-induced land degradation be distinguished from the effects of rainfall variability? A case study in South Africa. *Journal of Arid Environments*, 2007, 68(2): 271-297.
- [9] Barati S, Rayegani B, Saati M, Sharifi A, Nasri M. Comparison the accuracies of different spectral indices for estimation of vegetation cover fraction in sparse vegetated areas. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 2011, 14(1): 49-56.
- [10] Tucker C J, Slayback D A, Pinzon J E, Los S O, Myneni R B, Taylor M G. Higher northern latitude normalized difference vegetation index and growing season trends from 1982 to 1999. *International Journal of Biometeorology*, 2001, 45(4): 184-190.
- [11] 张学玲, 张莹, 牛德奎, 张文元, 李志, 李真真, 郭晓敏. 基于 TM NDVI 的武功山山地草甸植被覆盖度时空变化研究. 生态学报, 2018, 38(7): 2414-2424.
- [12] 王新军, 赵成义, 杨瑞红, 贾宏涛. 基于像元二分法的沙地植被景观格局特征变化分析. 农业工程学报, 2016, 32(3): 285-294.

- [13] 刘洋, 李诚志, 刘志辉, 邓兴耀. 1982—2013 年基于 GIMMS-NDVI 的新疆植被覆盖时空变化. 生态学报, 2016, 36(19): 6198-6208.
- [14] 孙钦明, 刘彤, 韩志全, 刘华峰, 董合干, 秦春明. 遥感分析天山北部植被覆盖对气候变化的多时间尺度响应. 农业工程学报, 2014, 30(15): 248-255.
- [15] 王涛. 我国绿洲化及其研究的若干问题初探. 中国沙漠, 2010, 30(5): 995-998.
- [16] 巩杰, 谢余初, 高彦净, 孙朋, 钱大文. 1963—2009 年金塔绿洲变化对绿洲景观格局的影响. 生态学报, 2015, 35(3): 603-612.
- [17] 李均力, 姜亮亮, 包安明, 常存, 白洁, 刘海隆. 1962—2010 年玛纳斯流域耕地景观的时空变化分析. 农业工程学报, 2015, 31(4): 277-285.
- [18] 杨依天, 郑度, 张雪芹, 刘羽. 1980—2010 年和田绿洲土地利用变化空间耦合及其环境效应. 地理学报, 2013, 68(6): 813-824.
- [19] Leng C, Chen Y N, Li X G, Sun Y X. Evaluation of oasis stability in the lower reaches of the Tarim River. Journal of Arid Land, 2011, 3(2): 123-131.
- [20] 李卫红, 黎枫, 陈忠升, 王云, 李宝明. 和田河流域平原耗水驱动力与适宜绿洲规模分析. 冰川冻土, 2011, 33(5): 1161-1168.
- [21] Yang Y T, Wang N H, Wang P. Comprehensive evaluation of environmental effects from land change in Hotan Oasis, Xinjiang. Agricultural Science & Technology, 2014, 15(4): 653-658.
- [22] 刘传胜, 张万昌, 雍斌, 陈炯烽. 和田绿洲景观异质性及其特征尺度的遥感研究. 遥感信息, 2008, (3): 39-44.
- [23] 贾宝全, 慈龙骏, 任一萍. 绿洲景观动态变化分析. 生态学报, 2001, 21(11): 1947-1951.
- [24] 黄领梅, 沈冰, 尹如洪. 和田绿洲蒸发能力及影响因素分析. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2002, 30(6): 181-185.
- [25] 张小啸, 陈曦, 王自发, 郭宇宏, 李杰. 新疆和田绿洲大气降尘和 PM₁₀ 浓度变化特征分析. 干旱区地理, 2015, 38(3): 454-462.
- [26] 何宝忠, 丁建丽, 张喆, 阿布都瓦斯提·吾拉木. 新疆植被覆盖度趋势演变实验性分析. 地理学报, 2016, 71(11): 1948-1966.
- [27] 张猛, 曾永年. 长株潭城市群湿地景观时空动态变化及驱动力分析. 农业工程学报, 2018, 34(1): 241-249.
- [28] 第十四师·二二四团. 新疆兵团第十四师二二四团简介. (2018-05-15) [2018-08-23]. <http://eest.btdsss.gov.cn/c/2018-05-15/513781.shtml>.
- [29] 黄培祐. 气候变化对荒漠植被的影响及其对策//中国环境科学学会 2009 年学术年会论文集(第一卷). 武汉: 中国环境科学学会, 2009: 5.
- [30] 黄子琛, 沈渭寿. 干旱区植物的水分关系与耐旱性. 北京: 中国环境科学出版社, 2000.
- [31] Jiang Y, Zhou C H, Cheng W M. Streamflow trends and hydrological response to climatic change in Tarim headwater basin. Journal of Geographical Sciences, 2007, 17(1): 51-61.