

基于时间序列的新疆某流域植被覆盖度动态变化研究

李潇然^{1,2,3,4}, 任璇^{1,2,3,4*}, 唐梦迎^{1,2,3,4}, 夏倩柔^{1,2,3,4}, 陈丽^{1,2,3,4}, 常梦迪^{1,2,3,4}

(1.新疆环境保护科学研究院,新疆乌鲁木齐 830011;2.新疆环境污染监控与风险预警重点实验室,新疆乌鲁木齐 830011;3.新疆清洁生产工程技术研究中心,新疆乌鲁木齐 830011;4.国家环境准噶尔荒漠绿洲交错区科学观测研究站,新疆乌鲁木齐 830011)

摘要 以新疆某流域为研究对象,基于 MODIS NDVI 数据,结合 DEM 引入地形位指数,分析研究区 2011—2020 年植被覆盖度时空变化特征。结果表明,研究区植被覆盖度变化在这 10 年间趋于改善,且以轻微改善为主;各年度植被覆盖度均值由 0.429 3 增长至 0.529 2;就地形因素而言,植被覆盖度随地形复杂程度的增加呈现先增后减的变化趋势,当地势复杂程度高于某一阈值时,植被覆盖度出现下降。**关键词** 植被覆盖度;NDVI;地形位指数;时空变化特征

中图分类号 Q948 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)16-0050-03

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.16.014

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

**Study on Dynamic Change of Vegetation Coverage in a River Basin of Xinjiang Based on Time Series**LI Xiao-ran^{1,2,3,4}, REN Xuan^{1,2,3,4*}, TANG Meng-ying^{1,2,3,4} et al (1.Xinjiang Academy of Environmental Protection Science, Urumqi, Xinjiang 830011;2.Xinjiang Key Laboratory for Environmental Pollution Monitoring and Risk Warning, Urumqi, Xinjiang 830011;3.Xinjiang Engineering Technology Research Center for Cleaner Production, Urumqi, Xinjiang 830011;4.Junggar Desertoasis Ecotone Station for Scientific Observation and Research of National Environmental Protection, Urumqi, Xinjiang 830011)**Abstract** Taking a river basin in Xinjiang as the research object, based on MODIS NDVI data, combined with the topographic index introduced by DEM, the temporal and spatial variation characteristics of vegetation coverage in the study area from 2011 to 2020 were analyzed. The results showed that the change of vegetation coverage of the study area tends to improve in the past 10 years, and it was mainly realized as a slight improvement. The average of vegetation coverage increased from 0.429 3 to 0.529 2. In terms of topographical factors, the vegetation coverage increased first and then decreased with the increase of terrain complexity. When the terrain complexity was higher than a certain threshold, the vegetation coverage decreased.**Key words** Vegetation coverage; NDVI; Terrain index; Temporal and spatial variation characteristics

植被是土壤和气候条件共同作用的产物,同时又能通过光合作用反作用于气候,对调节气候有重要意义^[1-2]。陆地生态质量的变化必然会反映在植被类型、数量及质量的变化上,而植被覆盖度指数是目前既能表征植被的茂密程度,又代表植物进行光合作用面积较为准确的计量手段,是衡量生态系统质量变化的重要因子之一^[3-6]。

近年来国内外学者对植被覆盖度的相关内容开展了大量的研究,如马琳雅等^[7]对甘南草地类型基于 MODIS 数据对 2001—2011 年植被覆盖度进行动态变化分析,结果表明,甘南草地植被覆盖度水平升高;白庆坤等^[8]从植被覆盖度的角度分析了盖度变化对蒙古高原干旱的响应;焦世文等^[9-10]研究了 NDVI 的时空变化特征及其与环境因子的关系。笔者基于 GIS 与遥感手段,以 MODIS NDVI 数据为数据源,分析了 2011—2020 年研究区天然植被覆盖度的时空变化特征,并引入地形位指数,综合考虑海拔与坡度对植被覆盖度的影响程度,以期与研究区生态质量评估提供科学依据。

1 资料与方法**1.1 研究区概况** 研究区位于新疆维吾尔自治区最西端的天山山脉腹地,北部以科古琴为界,西以阿拉爱格尔山口与哈萨克斯坦共和国接壤,南部以天山山脉为界,东以那拉提山为分水岭、与开都河流域相隔。研究区为我国北方防沙带

生态保护和修复重点工程布局的关键区域之一,是我国 35 个生物多样性保护优先区之一,同时也是我国西北区域最重要的生态安全屏障,对维护国家重要生态功能区具有重要意义。

1.2 数据来源及处理 该研究所使用的 NDVI 数据来自 2015—2020 年新疆生态状况变化遥感调查评估项目和生态环境部卫星环境应用中心,DEM 数据来自地理空间数据云,其空间分辨率为 30 m,生态系统类型数据来自中国科学院新疆生态与地理研究所。**1.3 研究方法** 植被覆盖度的反演目前有效方法为像元二分模型^[11],该模型是通过遥感卫星传感器所获取的信息可以分为绿色植物所提供的信息和裸土所提供的信息 2 个部分,植被覆盖度计算公式如下:

$$FVC = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI - NDVI_v) \quad (1)$$

式中,FVC 为植被覆盖度,NDVI_s 和 NDVI_v 分别为纯裸土和纯植被情况下 NDVI 像元值。

该研究以流域范围去除农田、城镇、湿地及永久冰川积雪外的自然生态系统植被覆盖度为研究区,以 2011—2020 年为研究时段,为削弱单年份气温、降水等因素对植物生长的影响,以 2014—2016 年各年度植物生长季植被覆盖度平均值作为 2015 年植被覆盖度水平值,以 2018—2020 年各年度植物生长季平均值作为 2020 年植被覆盖度水平值。根据前人研究基础,将植被覆盖度分为低覆盖度(0~0.2)、较低覆盖度(>0.2~0.4)、中覆盖度(>0.4~0.6)、较高覆盖度(>0.6~0.8)、高覆盖度(>0.8~1.0)5 个等级^[12]。分析 2015—2020 年植被

基金项目 自治区自然科学基金青年基金项目(2021D01B81);自治区公益性科研院所基本科研业务经费资助项目(KY2021090)。**作者简介** 李潇然(1991—),女,新疆塔城人,工程师,硕士,从事干旱区生态环境研究。*通信作者,工程师,硕士,从事遥感生态调查方面研究。**收稿日期** 2022-04-18

覆盖度变化,将这 5 年植被覆盖度变化情况共分为 9 级,分级标准见表 1。

表 1 植被覆盖度变化分级标准

Table 1 Grading standards of vegetation coverage change

等级 Grade	植被覆盖度变化情况 Changes of vegetation coverage	变化率 Change rate//%
1	极重度退化	<-60
2	重度退化	[-60, -40)
3	中度退化	[-40, -20)
4	轻度退化	[-20, -10)
5	基本稳定	[-10, 10]
6	轻微改善	(10, 20]
7	中度改善	(20, 40]
8	明显改善	(40, 60]
9	大幅改善	>60

同时,引入地形位指数^[13]因子,从高程、坡度等地形因素综合分析植被覆盖度高低及变化特征。详见公式(2)。

$$T = \lg \left[\left(\frac{E}{\bar{E}} + 1 \right) \times \left(\frac{S}{\bar{S}} + 1 \right) \right] \quad (2)$$

式中, T 为空间某个栅格单元的地形位指数, E 、 \bar{E} 分别为某个栅格单元的高程和研究区内的平均高程, S 、 \bar{S} 分别为某个栅格单元的坡度和研究区内的平均坡度。该指数越小,表明某区域高程与坡度均较小;数值越大,表明某区域高程与坡度均较大。

2 结果与分析

2.1 植被覆盖度年度特征

借助 ArcGIS 10.2 软件,计算得

表 2 植被覆盖度各等级面积占比

Table 2 The area percentage of vegetation coverage at different grades

年份 Year	低覆盖度 Low cover	较低覆盖度 Relatively low cover	中覆盖度 Medium cover	较高覆盖度 Relatively high cover	高覆盖度 High cover
2011	15.84	14.19	18.38	48.37	3.22
2012	17.73	16.24	22.37	42.59	1.07
2013	16.39	15.78	20.41	45.72	1.70
2014	20.40	19.79	31.77	28.00	0.04
2015	16.17	15.00	19.82	46.07	2.94
2016	14.60	15.35	22.97	46.90	0.18
2017	13.40	14.47	20.63	48.53	2.97
2018	16.11	14.25	19.61	46.66	3.37
2019	14.08	14.59	19.37	49.42	2.54
2020	15.33	14.72	20.30	46.41	3.24

2.2 植被覆盖度变化分析 根据研究区各年度植被覆盖度(图 1),计算得到 2015—2020 年植被覆盖度变化情况(表 3)。由表 3 可知,研究区内植被覆盖度以基本稳定为主并呈改善趋势,改善程度以轻微改善为主,占评价区总面积的 24.66%;其次为中度改善,占研究区总面积的 8.70%。轻微及中度改善区域主要分布在依连哈比尔尕山及哈尔克他乌山前山带,流域内平原区零散分布,显著改善区域集中分布在南部荒漠区域内。

退化区域面积较小,占研究区总面积的 5.45%,且以轻度退化和中度退化为主。轻度与中度退化相交分布,主要集中在

到研究区内 2011—2020 年各年度植被覆盖度最大值及均值。从图 1 可以看出,研究区植被覆盖度这 10 年间呈略微改善的趋势,10 年间植被覆盖度最大值的最低值出现在 2014 年,为 0.824 2;植被覆盖度最大值的最高值出现在 2015 年,为 0.863 8。其中 2013—2017 年植被覆盖度最大值出现转折,呈现“降—增—降—增”的变化趋势,在 2017 年后趋于稳定。研究区内植被覆盖度均值在 0.429 3~0.529 2,2014 年均值较 2013 年变化率为 -14.92%,2015 年均值较 2014 年变化率为 19.05%,其他各年度较前一年变化率均在正负 8%以内,变化不大。

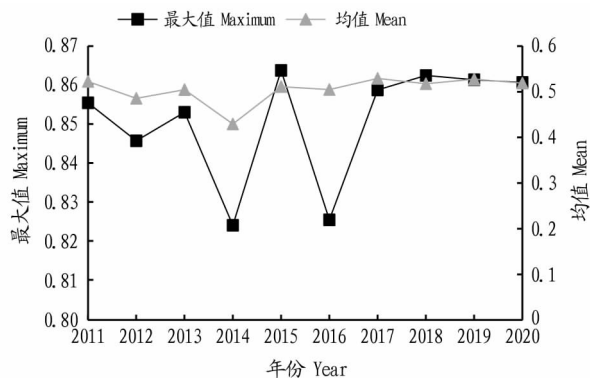


图 1 2011—2020 年植被覆盖度年变化

Fig.1 Annual changes in vegetation coverage from 2011 to 2020

分年度统计研究区各等级植被覆盖度面积占比情况,结果如表 2 所示。从表 2 可以看出,研究区植被覆盖度以较高覆盖度和中覆盖度为主,且较高覆盖度除 2014 年外,其他各年份占比均接近 50%;高覆盖度占比普遍较低,研究区植被高覆盖度区域分布较少,高覆盖度区域各年度面积占比均在 5%以下。

研究区西北部博罗科努山南脉前山带及中部平原区的农田绿洲外围。轻度和中度退化区域生态系统类型以荒漠和草地为主。研究区内存在零星极重度退化区域,主要分布在高山区,极重度退化区域生态系统类型以裸土、裸岩为主,初步考虑为稀疏草地退化为裸土、裸岩等生态系统。

植被覆盖度基本稳定区为退化与改善程度均在 10%以内的区域,其面积占研究区总面积的 56.95%,该区域分布较广,研究区前山带及谷地内平原区均有分布。

2.3 植被覆盖度变化的地形分异特征

地形位指数综合考虑

坡度和海拔因子对植被覆盖度变化的影响,研究区地形位指数在 0.095 98~1.344 43,基于 ArcGIS 空间分析功能,将研究区地形位指数通过自然间断点分级法分为 5 级,其中 I 级 (0.095 981~0.296 711)、II 级 (>0.296 711~0.482 754)、III 级 (>0.482 754~0.668 797)、IV 级 (>0.668 797~0.848 048)、V 级 (>0.848 048~1.344 426)。不同地形梯度内植被覆盖度变化情况如表 4~5 所示。

研究区内不同地形梯度中,I 梯度仅占评价区总面积的 7.78%,该梯度内植被覆盖度变化以基本稳定为主;II、III、IV 梯度分别占评价区总面积的 22.06%、26.06%和 26.92%,且植被覆盖度变化均以基本稳定为主;V 梯度内植被覆盖度变化以改善为主,改善区域面积占研究区总面积的 9.72%。基本稳定和改善区域在 I~IV 梯度时随着地形位指数增加,分布面积逐渐增加,在 V 梯度时面积占比出现下降。退化区域在 II

梯度占比最大、基本稳定区域在 III 梯度占比最大、改善区域在 IV 梯度占比最大。

表 3 2015—2020 年植被覆盖度变化统计

Table 3 Statistics of vegetation coverage change from 2015 to 2020

序号 No.	植被覆盖度变化 Changes of vegetation coverage	面积 Area km ²	占比 Percentage %
1	极重度退化	153.50	0.35
2	重度退化	105.69	0.24
3	中度退化	818.31	1.89
4	轻度退化	1 289.00	2.97
5	基本稳定	24 706.44	56.95
6	轻微改善	10 696.31	24.66
7	中度改善	3 772.25	8.70
8	明显改善	842.31	1.94
9	大幅改善	998.63	2.30

表 4 不同地形梯度植被覆盖度变化面积

Table 4 Area of vegetation coverage change in different topographic gradients

序号 No.	植被覆盖度变化 Changes of vegetation coverage	I 级 Class I	II 级 Class II	III 级 Class III	IV 级 Class IV	V 级 Class V
1	极重度退化	0.23	0.23	11.85	37.15	103.42
2	重度退化	6.15	3.86	7.21	23.21	64.98
3	中度退化	294.20	320.83	34.61	47.55	120.65
4	轻度退化	370.62	632.74	101.58	58.73	124.68
5	基本稳定	1 488.46	5 848.98	7 581.45	6 959.55	2 819.75
6	轻微改善	573.27	2 306.67	2 844.43	2 970.58	1 992.41
7	中度改善	315.31	362.86	548.45	1 130.42	1 410.43
8	明显改善	87.12	32.51	83.55	233.16	405.11
9	大幅改善	237.38	55.54	87.47	210.44	405.85

表 5 不同地形梯度植被覆盖度变化情况汇总

Table 5 Summary of vegetation coverage change in different topographic gradients

等级 Grade	退化 Degeneration		基本稳定 Basic stability		改善 Improvement		合计 Total	
	面积 Area km ²	占比 Percentage // %	面积 Area km ²	占比 Percentage // %	面积 Area km ²	占比 Percentage // %	面积 Area km ²	占比 Percentage // %
I 级 Class I	671.20	1.55	1 488.46	3.43	1 213.08	2.80	3 372.74	7.78
II 级 Class II	957.65	2.21	5 848.98	13.49	2 757.59	6.36	9 564.22	22.06
III 级 Class III	155.26	0.36	7 581.45	17.49	3 563.90	8.22	11 300.61	26.06
IV 级 Class IV	166.64	0.38	6 959.55	16.05	4 544.60	10.48	11 670.79	26.92
V 级 Class V	413.73	0.95	2 819.75	6.51	4 213.79	9.72	7 447.27	17.18
合计 Total	2 364.48	5.45	24 698.19	56.97	16 292.96	37.58	43 355.63	100

3 结论与讨论

该研究基于 NDVI 数据,采用像元二分模型模拟研究区植被覆盖度,为准确计算天然的植被覆盖度,将农田、城镇、湿地、冰川永久积雪等生态系统类型作为非评价区,对 2011—2020 年天然植被覆盖度的时空变化特征进行了研究。结果表明,2011—2020 年研究区内盖度平均值由 0.429 3 增长到 0.529 2,增长率为 23.27%,呈现以较高覆盖度和中覆盖度为主的分布趋势,天然植被覆盖度逐步向较高覆盖度等级转化。研究时段内,植被覆盖度变化以基本稳定为主,部分区域发生不同程度的改善,改善程度主要以轻微改善和中度改善为主;盖度退化的以轻度退化为主。随着地形位指数的增

加,植被覆盖度基本稳定和改善的面积占比均呈现先增后减的变化趋势,说明随着地势复杂程度的增加,植被盖度变化先出现好转,当地势复杂程度高于某一阈值时,植被盖度出现下降。

该研究分析了近 10 年来研究区植被覆盖度现状和变化情况以及植被覆盖度与地形地势之间的耦合关系,虽然通过多年平均来消除某一年因气象或其他因素对植被覆盖度的影响,但对于 2014 年出现植被覆盖度均值降低的原因未进行具体研究说明。初步考虑是与 2014 年降雨量下降有关^[14]。下一步将对植被覆盖度与气象因子、人为因素以及

表 3 不同种源地的主要自然条件特征

Table 3 Characteristics of main natural conditions in different provenances

种源 Provenance	海拔 Altitude m	地貌特征 Geomorphical features	日照时数 Sunshine hours//h	年平均气温 Annual average temperature// $^{\circ}\text{C}$	年降水量 Annual precipita- tion//mm	主要土壤类型 Main soil types
江西齐云山	1 860	山地	1 400~2 200	16.3~19.5	1 613	黄棕壤
四川峨眉山	1 200	山地	1 000~1 400	13.1~17.2	1 922	黄壤
湖北咸宁	874	平原	1 800~2 000	15.8~17.5	1 100	黄棕壤
广东乳源	1 239	山地	1 590~1 610	18.7~19.9	1 761	红壤、山地黄壤

重金属含量的高低与各个种源地陀螺果的生物学特性有较为直接关系,与栽培地的土壤性质及水肥等栽培条件没有直接相关性。在所测得的不同种源叶片中的重金属含量中,As 的含量相对略高,Cr、Cu、Zn、Cd、Sb 的含量均较低,但均符合国家食用标准范围内。砷含量低于国家的符合“中药药-中药材重金属限量”ISO 国际标准的规定^[14]。具有活血化瘀功效的中药材(含中成药)会存在砷超标的现象,如活血止痛胶囊^[15]。陀螺果不同种源的叶片中砷含量都相对偏高,所以可推测该植物的叶片具有活血化瘀的功效,但还有待于进一步的科学论证。

参考文献

- [1] 沈子雅,牛曼婷,张耀琴,等.陀螺果属研究进展[J].金陵科技学院学报,2019,35(3):68-72.
- [2] GRIMSHAW J, RIX M. 768. Melliodendron xylocarpum[J]. Curtis's botanical magazine, 2013, 30(3): 201-207.
- [3] 王璐,许晓岗,李焱.末次盛冰期以来陀螺果潜在地理分布格局变迁预测[J].生态学报,2018,37(1):278-286.
- [4] 李苏蓉.陀螺果繁殖技术研究[D].南京:南京林业大学,2014.

(上接第 52 页)

保护政策的关系进行持续深入研究。

参考文献

- [1] 王倩,杨太保,杨雪梅.伊犁河流域归一化植被指数的时空变化及其对气候的季节响应[J].兰州大学学报(自然科学版),2016,52(4):466-474.
- [2] ZHANG Y D, ZHANG X H, LIU S R. Correlation analysis on normalized difference vegetation index (NDVI) of different vegetations and climatic factors in Southwest China[J]. Chinese journal of applied ecology, 2011, 22(2):323-330.
- [3] 周伟,刚成诚,李建龙,等.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[J].地理学报,2014,69(1):15-30.
- [4] 陈曦.中国干旱区自然地理[M].北京:科学出版社,2010.
- [5] 穆少杰,李建龙,陈奕兆,等.2001—2010 年内蒙古植被覆盖度时空变化特征[J].地理学报,2012,67(9):1255-1268.
- [6] 闫俊杰,乔木,周宏飞,等.基于 MODIS/NDVI 的新疆伊犁河谷植被变化[J].干旱区地理,2013,36(3):512-519.

- [5] 赵子荀,沈子雅,牛曼婷,等.不同处理方法对陀螺果扦插促根的影响[J].金陵科技学院学报,2019,35(2):89-92.
- [6] 王学奎,黄见良.植物生理生化实验原理与技术[M].3 版.北京:高等教育出版社,2015.
- [7] 吕晓倩,张银龙.城市攀缘植物对大气颗粒物的吸附效果及重金属累积研究[J].中国园林,2020,36(12):101-105.
- [8] NIELSEN F H. Ultratrace elements; An update[M]//TOMITA H. Trace elements in clinical medicine. Tokyo: Springer Japan, 1990: 353-360.
- [9] 李景岩.砷对健康的影响[J].中国地方病防治杂志,2006,21(1):21-23.
- [10] 王青,王娜.镉对人体与环境的影响及防治[J].微量元素与健康研究,2011,28(5):64-66.
- [11] 杨扬.苏州市茶园重金属现状研究[D].北京:中国农业科学院,2009.
- [12] 潘梦雄.镉对人体及实验动物生殖机能的影响[J].微量元素与健康研究,2013,30(4):58-60.
- [13] 彭玉华,黄志玲,曹艳云,等.红锥不同种源叶片养分含量分析[J].广东林业科技,2012,28(5):62-66.
- [14] International Organization for Standardization. Traditional Chinese Medicine-Determination of heavy metals in herbal medicines used in Traditional Chinese Medicine. ISO18664:2015[S/OL]. [2021-04-25]. <https://www.iso.org/standard/63150.html>.
- [15] 崔小兵,李香玉,柴川,等.含矿物类中药的活血止痛制剂中金属元素、形态砷元素的聚类分析[J].中成药,2021,43(5):1295-1299.

- [7] 马琳雅,崔霞,冯琦胜,等.2001—2011 年甘南草地植被覆盖度动态变化分析[J].草业学报,2014,23(4):1-9.
- [8] 白庆坤,阿拉腾图娅.2001—2020 年蒙古高原草地覆盖度变化对干旱的响应[J].草业科学,2022,39(3):443-454.
- [9] 焦世文,梁靓,陶维新,等.2010—2019 年甘肃省植被 NDVI 时空变化特征分析[J].安徽农业科学,2021,49(9):70-73,78.
- [10] 张亮,蒋军.基于 MODIS-NDVI 的地表植被时空变化特征及其与环境因子的关系[J].安徽农业科学,2022,50(4):57-63.
- [11] 宋春桥,游松财,刘高煊,等.那曲地区草地植被时空格局与变化及其人文因素影响研究[J].草业学报,2012,21(3):1-10.
- [12] 王栋华,田义超,张亚丽,等.峰丛洼地流域植被覆盖度时空演变及其归因[J/OL].中国环境科学,2022-03-30[2022-04-01].<https://doi.org/10.19674/j.cnki.issn1000-6923.20220330.001>.
- [13] 喻红,曾辉,江子瀛.快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J].地理科学,2001,21(1):64-69.
- [14] 胡文峰,姚俊强,张文娜.1961—2018 年新疆降水量时空变化特征[J].武夷学院学报,2021,40(3):45-51.