

近 20 年来北洛河流域植被覆盖度 随地形因子变化特征探究

赵文慧^{1,3}, 陈妮^{1,2}, 闫瑞^{1,3}, 张晓萍³

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 南京大学 江苏省地理信息科学
技术重点实验室, 南京 210093; 3. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要:基于 1987 年、1995 年、2007 年 3 期 Landsat TM 影像数据,以像元二分法估算了北洛河流域不同时期的植被覆盖度,结合 DEM 地形高程数据提取的地形因子,分析了植被覆盖度地形分异及动态变化特征,以期对流域生态建设和效益评价提供基础信息。结果表明:流域中 9/10 的面积为地形破碎的丘陵沟壑区和高塬沟壑区,2/3 面积为 8°~25°的斜坡地和陡坡地,各坡向面积相差不大。流域平均植被覆盖度从 1987 年的 41.1%,1995 年 45.4%,增至 2007 年的 63.4%。在各高程带、各坡度段和各坡向上,与 1987 年比,1995 年虽有轻微增加,但其分布格局基本一致。2007 年植被覆盖度在不同地形指标上均有显著增加,尤其在 900~1 300 m 高程带、<35°坡度段、阳向坡上植被改善程度显著。

关键词:植被恢复; 地形因子; 时空变化; 北洛河流域

中图分类号:S127;P208

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)04-0010-05

Study on Variation of the Vegetation Coverage Based on Terrain Factors in the Beiluo River Basin in the Past 20 Years

ZHAO Wenhui^{1,3}, CHEN Ni^{1,2}, YAN Rui^{1,3}, ZHANG Xiaoping³

(1. College of Natural Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Jiangsu Provincial Key Laboratory of Geographic Information Science and Technology, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 3. Institute of Soil and Water Conservation, CAS&MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Based on the 1987, 1995 and 2007 Landsat TM image data, combining with terrain factors extracted from DEM, trend of vegetation restoration and their distribution characteristics on the terrain were analyzed to provide basic information for watershed ecological construction and benefit evaluation in the region. Vegetation fraction was estimated using Normalized Deviation Vegetation Index derived from Remote Sensing Image and the Pixel Dichotomy Model. The results showed that ninety percent of the area in the basin was the hilly-gully and the table-gully regions; sixty-seven percent of the area was the slope with the gradients ranging from 8° to 25°; the area of the four slope aspects was almost equal. The average vegetation coverage in the basin increased from 41.1% in 1987 and 45.4% in 1995 to 63.4% in 2007 while it had a slight increase in 1995 compared with 1987 in the spectrum of slope degree, aspect, elevation, the vegetation distribution pattern was basically consistent. The vegetation coverage in 2007 increased significantly in the terrain spectrum, especially in the area with altitudes ranging from 900 m to 1 300 m, and gradient less than 35° and the sunny slope aspect.

Keywords: vegetation restoration; terrain factors; spatiotemporal variations; Beiluo River Basin

黄土高原的水土流失一直以来是黄河泥沙的症结所在,也是导致该地区生态环境恶化、灾害频繁、生产落后和人民贫困的重要原因^[1]。人们在感知和研究水土流失的过程中,深刻地认识到植被对水土流失

的控制作用^[2]。植被作为影响土壤侵蚀的重要因素之一,削减降雨能量、增加入渗,减少地表产流,是减轻和控制侵蚀极为敏感的因子^[3],对流域产流产沙过程具有深刻影响^[4]。

收稿日期:2015-08-26

修回日期:2015-09-23

资助项目:国家自然科学基金项目(41440012, 41230852, 41101265);中科院重点部署项目(KZZD-EW-04-03-03);中科院知识创新项目(KZCX2-XB3-13)

第一作者:赵文慧(1989—),男,山东成武县人,硕士研究生,主要研究方向:资源环境监测与评价。E-mail:zhaowh hao@sina.com

通信作者:张晓萍(1971—),女,河南焦作市人,博士,研究员,主要研究方向:区域水土流失规律及水土保持。E-mail:zhangxp@ms.iswac.ac.cn

地形作为自然环境的一个重要因素,对区域内的水、热、光、温、养分等起到再分配的作用,是流域水文和土壤侵蚀预报的重要变量^[5],也是植被空间分异的主要影响因子^[6-7]。采用不同的指标对地形进行分类和赋值,研究其对植被覆盖动态变化的影响,了解生物资源的空间分布规律,为合理开发利用,制定适宜的生态保护与管理对策,对恢复生态环境和明确生态建设目标有重要意义^[8]。

近 20 a 来,黄土高原退耕还林(草)工作效果显著,植被覆盖度普遍提高^[9],但是植被覆盖度的时空分异在地形特征上的表现特征,并不十分清晰。为此,由北洛河流域 DEM 生成高程、坡度、坡向等地形指标,利用 1987 年、1995 年、2007 年三期植被覆盖信息,建立研究区内植被覆盖在各地形因子指标上的谱分布序列,分析流域植被覆盖度地形分异及动态变化特征,并对其变化成因进行初步研究,以期为该区生态环境建设和效益评价提供科技支持。

1 研究区概况

北洛河(107°33′33″—110°10′30″E,34°39′55″—37°18′22″N)是黄河的二级支流,发源于陕西定边县白于山南麓的草梁山,于陕西省大荔县东南汇入渭河左岸。流域总面积为 2.69 万 km²,干流长 680 km。海拔 297~1 886 m。该区属半干旱气候区,多年平均降雨量 514.2 mm,由东南向西北逐渐减少。该流域内地形地貌较为复杂、分异明显,上游为典型黄土丘陵沟壑区,中游为洛川塬为主体的黄土高原沟壑区,洛川塬两侧分别是子午岭和黄龙山等森林覆被区,下游则为阶地平原区^[10]。流域中土壤类型主要有黄绵土、黑垆土和灰褐土等。黑垆土主要分在中游中部地区,其植被属于草原化草甸类型,以杂类草群落为主,植物种类比较多,生长繁茂。灰褐土主要分布在流域中上游,以旱生森林和灌丛草原为主,主要树种有辽东栎、榆、桦、山杨等阔叶树种。侵蚀作用下,黑垆土流失殆尽,流域大部分区域以黄绵土覆盖为主^[11]。

北洛河流域独特的地理地貌特点对植被覆盖有较大影响,因此定量分析植被覆盖的地貌特点对该区生态建设具有十分重要的意义。

2 研究资料与研究方法

2.1 研究资料

本文采用 1987 年、1995 年、2007 年的 Landsat5 TM 影像数据。其中 1987 年及 1995 年数据来自于课题组的积累;2007 年的数据下载于国际科学数据服务平台。将 1987 年 DEM 数据空间分辨率再采样

为 30 m,使其和 1995 年、2007 年分辨率保持一致。运用 ArcGIS 水文分析模块所得的北洛河流域边界数据进行裁剪,得到研究区 DEM 数据。

2.2 研究方法

2.2.1 植被覆盖度提取与植被覆盖度变化分级 首先用 TM 影像近红外波段(NIR)与红波段(R)的差比上它们的和估算出归一化植被指数 NDVI。计算公式如下所示^[12]:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

然后用改进的像元二分线性模型来估算植被覆盖度^[13]。植被覆盖度的计算公式为:

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_s}{NDVI_v - NDVI_s} \quad (2)$$

式中:FVC 是植被覆盖度;NDVI 为影像中各像元的归一化植被指数;NDVI_s 代表裸土下的植被指数;NDVI_v 为纯植被覆盖下的归一化植被指数。本文根据各期影像的 NDVI 值序列中 0.5% 为置信度,在置信区间内取最大值和最小值分别近似代替 NDVI_v 和 NDVI_s,最后估算出 1987 年、1995 年、2007 年的植被覆盖度。

根据研究区植被覆盖度的实际情况,将北洛河流域的植被覆盖程度从高到低分为 5 级^[14]。为了更好地表现出研究区植被覆盖度变化的情况,用较晚年份的 FVC 减去较早年份的 FVC,得到其变化值,将北洛河流域植被覆盖度的动态变化程度分为 5 级^[15],详见表 1。

表 1 植被覆盖度分级及动态度分级

级别	植被覆盖度		植被覆盖动态度	
1	低覆盖度区	<20%	强烈改善区	≥20%
2	中低覆盖度区	20%~40%	轻微改善区	5%~20%
3	中覆盖度区	40%~60%	稳定区	-5%~5%
4	中高覆盖度区	60%~80%	轻微退化区	-20%~-5%
5	高覆盖度区	≥80%	严重退化区	<-20%

2.2.2 地形因子的提取与分级 基于 DEM 数据,在 ArcGIS 软件中利用空间分析模块生成流域高程图、坡度图、坡向图。结合研究区实际情况,尽可能符合自然规律和经济活动规律^[16],将北洛河流域地形高程因子分为 6 个高程带。借鉴水土流失调查中采用的 8°作为缓坡和斜坡界线的方法^[17],将研究区分为平地、缓坡地、斜坡地、陡坡地等 6 个坡度级别。以正北方向为 0°,22.5°为步长,顺时针方向计算,分为八个方向,即北(0°—22.5°,337.5°—360°),东北(22.5°—67.5°),东(67.5°—112.5°),东南(112.5°—157.5°),南(157.5°—247.5°),西南(202.5°—247.5°),西(247.5°—292.5°),西北(292.5°—337.5°)。由于地球公转及太阳入射角的原因,北半球西南坡向最干燥,东北坡向最潮湿,按照湿润程度由高到低,依次为:东北

向>北向>西北向>东向>西向>东南向>南向>西南向,可将研究区划分为阴坡(东北,北)、半阴坡(西北,东)、半阳坡(西,东南)、阳坡(南,西南)等 4 个

坡向级别^[18]。根据 30 m 分辨率 DEM 模型利用空间分析模块得出的各地形因子见图 1,研究区地形分异状况的统计结果见表 2。

表 2 地形因子指标分级及面积比例

等级	高程/m	面积 比例/%	坡度/ (°)	面积 比例/%	坡向/(°)	面积 比例/%
1	第一高程带	<500	5	平坡地	0~5	16
2	第二高程带	500~800	6	缓坡地	5~8	11
3	第三高程带	800~1000	8	斜坡地	8~15	30
4	第四高程带	1000~1200	19	陡坡地	15~25	33
5	第五高程带	1200~1500	43	急坡地	25~35	9
6	第六高程带	>1500	20	险坡地	>35	1

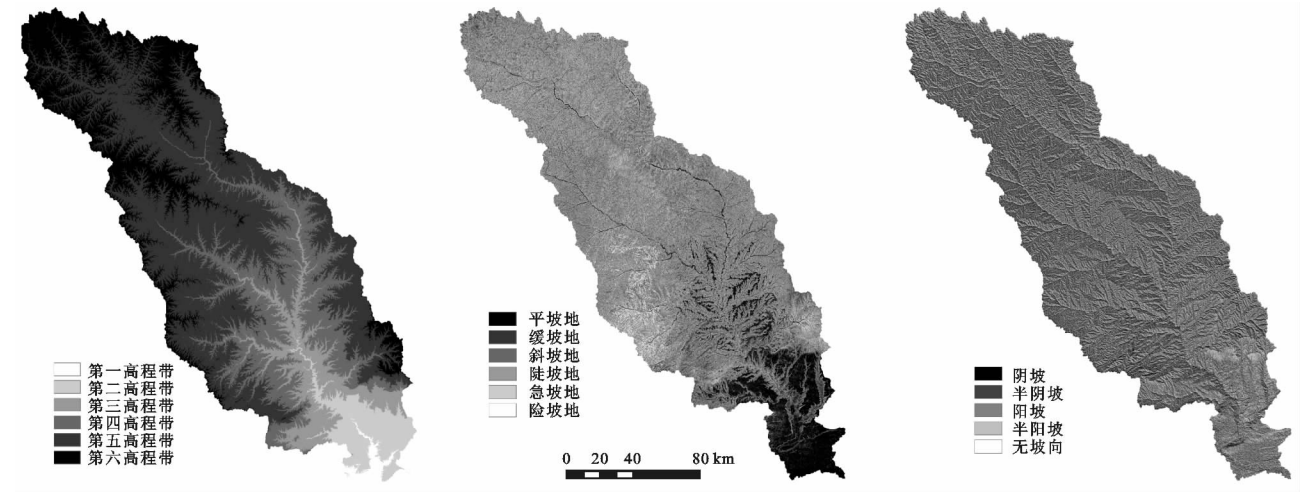


图 1 北洛河流域高程、坡度和坡向分布示意图

3 结果与分析

3.1 北洛河流域植被覆盖度总体特征

对 1987 年、1995 年、2007 年 Landsat 5 TM 数据计算 NDVI,然后估算植被覆盖度可知,黄土高原中南部退耕还林(草)效果显著的北洛河流域,平均植被覆盖度已经由 1987 年的 41.1%,1995 年的 46.4%,

2007 年迅速增长到了 63.4%,表现出缓慢增加一迅速增加的趋势^[12]。

由图 2 可以看出,1987 年植被覆盖度较低,其中低覆盖度区最大。1995 年植被覆盖度总体小幅度上升,其中高覆盖区面积增长显著,低植被覆盖区面积减少明显。2007 年植被覆盖状况较 1995 年又有较大程度地改善,高、中高中和覆盖度区面积显著增加。

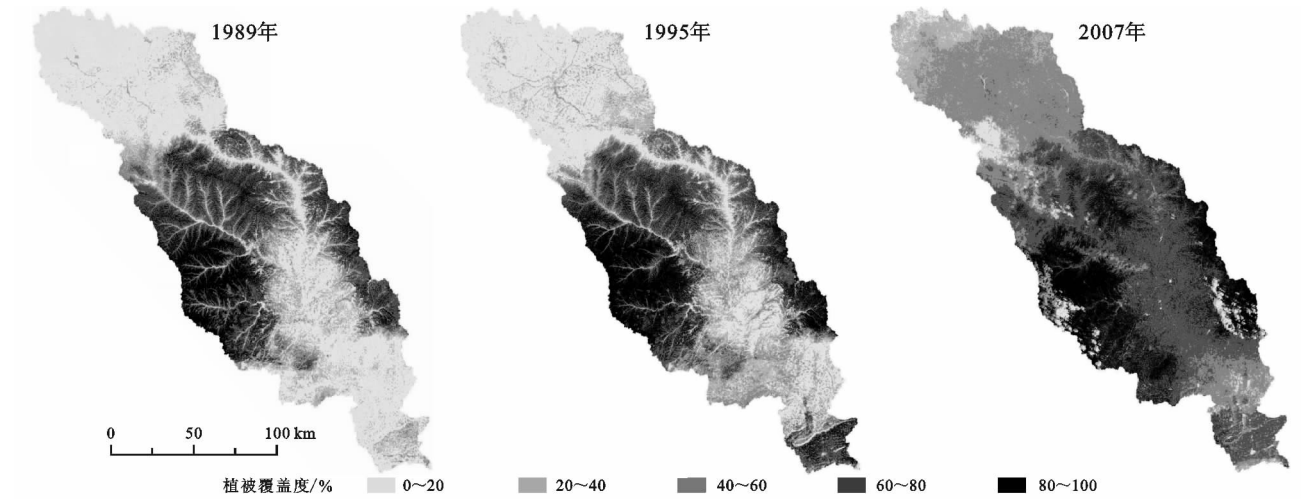


图 2 北洛河流域 1987 年、1995 年、2007 年的植被覆盖度

3.2 植被覆盖度随高程的变化

高程是影响植被分布的一个重要因素,高程能很

好地反映人类活动的频率,大气温、湿度也会随着高程的增加而改变,并导致植被覆盖度随高程发生一定

规律的变化。本文将高程以 10 m 为间距,求每一高程间距内所有植被覆盖度的平均值,得到研究区植被覆盖度随高程的变化趋势(图 3)。

1987 年、1995 年、2007 年的植被覆盖度随着流域中高程的增加均呈现出减少—增加—减少的趋势,前一变化的转折点大致位于阶地平原向浅山丘陵地貌变化的 600~650 m 处,后一变化的转折点为中游土石山森林分布区向丘陵沟壑地貌转变的 1 200~1 300 m 处。1 200~1 300 m 处植被生长状况最为良好(1987 年、1995 年、2007 年最大分别达 59.44%, 63.40% 和 75.55%), >1 700 m 植被覆盖度最低(1987 年、1995 年、2007 年最低值分别为 14.30%, 15.50% 和 22.92%)。

海拔高度 <550 m 的区域主要是流域的阶地平原区,地势平坦,以农耕为主,人类活动较为频繁;海拔高度 1 200~1 300 m 的区域多为土石山森林分布区,人口分布稀疏,影响相对较弱,植被覆盖度较高。>1 500 m 区域则以丘陵沟壑区为主,水土流失严重,植被覆盖度迅速降低。

从图 3 可以看出,在各高程带谱上,均表现出植被覆盖度 1995 年稍好于 1987 年,而 2007 年显著优于 1995 年的趋势。高程 <900 m 的流域中游浅山和宽阔河谷、下游阶地平原等区域内,1995 年植被覆盖较 1987 年稍好,而在 >900 m 的中游高原沟壑区和上游丘陵沟壑区植被覆盖度分布极其相似,均表现出随着高程增加而增加,在 1 300 m 高程处达到最大值(60%左右),随后迅速降低的趋势。这种分布与中游土石山森林区域所在高程有关。1 300~1 500 m 及其以上高程主要为丘陵沟壑分布区,沟壑纵横,植被稀疏,侵蚀剧烈,以灌丛草原为主,高程越高,植被覆盖状况越差。1995 年植被与 1987 年完全相同。

2007 年植被覆盖在整个高程带谱上显著改善。<700 m 阶地平原区植被较 1987 年、1995 年植被覆盖显著增高。700~900 m 浅山高程带植被迅速恢复,为 1987 年植被覆盖程度的 2.9 倍,为 1995 年植被覆盖程度的 2.1 倍。900~1 300 m 中游高原沟壑区植被恢复良好,基本达到了与土石山森林区植被覆盖状况相似的程度(75%左右)。1 300~1 500 m 及其以上的丘陵沟壑区,2007 年植被覆盖基本为 1995 年的 1.35 倍。

3.3 植被覆盖度随坡度的变化

坡度影响着地表物质流动和能量转换的规模和强度,对植被的分布趋势起着重要的作用。以坡度 1°为间距,求每一坡度内所有植被覆盖度的平均值,得到了研究区植被随坡度的变化特征(图 4)。可以看出,随着坡度的增加,植被覆盖度也是逐渐增加的。5°~

30°坡度带内植被呈现缓慢上升趋势,30°~45°则急剧上升。45°后缓慢增加至基本稳定,三时期植被覆盖度达到最大,为 85%~90%。而 0°~5°内植被覆盖度最低,三时期分别为 24.8%, 39.0% 和 57.0%。据冯娜娜^[19]和黄平^[20]等的研究,土壤有机质含量于 15°~35°时最高。此坡度范围亦是本研究区的植被覆盖度稳定区,有机质含量高,蓄水条件好,从而有利于植被的生长。坡度 <5°区域为人类活动相对频繁区,植被变化幅度较大。

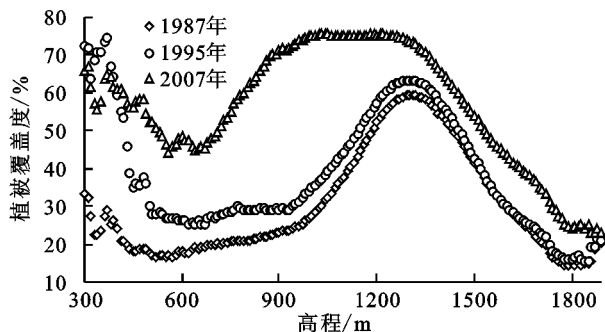


图 3 1987 年、1995 年、2007 年北洛河流域植被覆盖度随高程的变化

图 4 可以看出,随着时间进展,<40°坡度带上植被覆盖度增加程度,要较 >40°植被变化程度显著。<40°的植被覆盖度,2007 年为 1995 年的 1.3 倍,为 1987 年的 1.5 倍。丘陵沟壑区坡耕地的分布主要以 <35°的坡地为主,坡度越缓,农耕地分布面积越广,自然植被覆盖度越低。随着退耕还林(草)政策的实施,<35°的坡地自然植被覆盖程度表现为显著增加趋势。

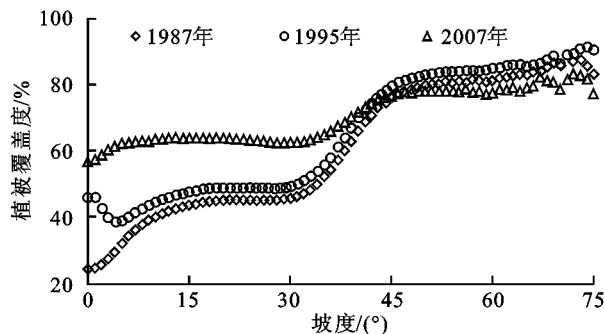


图 4 1987 年、1995 年、2007 年北洛河流域植被覆盖度随坡度的变化

3.4 植被覆盖度随坡向的变化

坡向影响着太阳辐射能量的分配和土壤水分的再分布,因此对于植被的空间分布来说具有重要意义。将坡向以 2°为间距,求每一方向内所有植被覆盖度的平均值,得到研究区植被随坡向的变化特征(图 5)。

图 5 可以看出,1987 年、1995 年、2007 年的植被覆盖度随坡向的变化基本一致,尤其前两个时期更突出,表现为先缓慢降低再缓慢上升趋势。阴坡(360°附近)的植被覆盖度最高,而阳坡(200°附近)最低。

可知,研究区植被的生长状况为阴坡一半阴坡优于阳坡一半阳坡。究其原因,主要与温度和降水的差异有关,与人类活动也有一定关系。

从时间上看,1987 年植被覆盖分布域为 35%~48%,1995 年为 43%~50%。各坡向带谱上,1995 年植被覆盖度均高于 1987 年。而 2007 年植被覆盖度稳定在 60%~65%间,且在各坡向上趋于均衡化。2007 年的植被覆盖度约是 1987 年的 1.5 倍左右,在 200°附近接近 2 倍。2007 年植被覆盖度约是 1995 年的 1.3 倍。

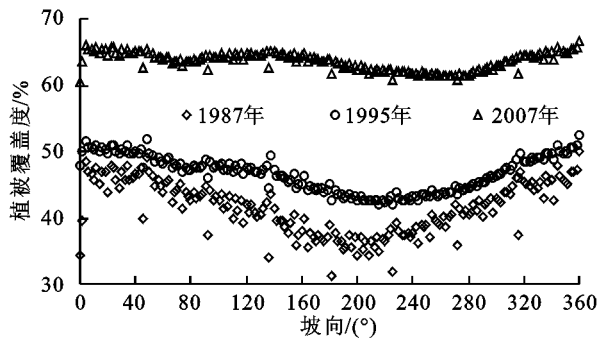


图 5 1987 年、1995 年、2007 年北洛河流域植被覆盖度随坡向的变化

4 结论

基于 1987 年,1995 年,2007 年 TM 影像,结合 DEM 及其衍生的高程、坡度和坡向数据,在北洛河流域平均植被覆盖度从 1987 年的 41.1%,持续增至 1995 年的 46.4%,和 2007 年的 63.4%后,重点分析了植被覆盖随地形变化的空间分布特点,结论如下:

(1) 北洛河流域植被覆盖度在 600 m 和 1 300 m 两个高程带上表现出低谷和高峰的两个转折,分别对应于阶地平原区向高塬沟壑区和向高塬沟壑向丘陵沟壑区转变的地貌和森林分布特征。与 1987 年比,900~1 300 m 的高塬沟壑区,1995 年平均植被覆盖度改善了约 17%,而 >1 300 m 的丘陵沟壑区,平均植被覆盖度增加程度仅为 5%。2007 年在 900~1 300 m 区域,平均植被覆盖度增加了 110%,>1 300 m 区域则改善了 44%。

(2) 三时期植被覆盖度均表现出随坡度增加而增加的趋势,35°~45°为植被覆盖度由低到高的转折坡度。随时间进展,植被盖度由前两时期的 40%~50%增至 60%~65%,<35°坡度段上植被改善程度最为显著。

(3) 1995 年植被覆盖度,不同坡向上均略好于 1987 年,其格局均表现为阴坡植被明显高于阳坡植被的特征。植被覆盖度变化为 35%~50%间。2007 年各坡向上植被覆盖程度显著增加,基本稳定在 65%,且阳坡植被改善程度大于阴坡,阴阳坡植被盖度差异明显减小。

参考文献:

- [1] 唐克丽. 黄河泥沙与黄土高原水土流失综合治理问题[J]. 中国水土保持, 1985, 12(3): 9-12.
- [2] N. W. 哈德逊. 土壤保持[M]. 窦葆璋, 译. 北京: 科学出版社, 1975.
- [3] 刘正佳, 邵全琴. 三江源地区植被覆盖度变化及其与气候因子的关系[J]. 水土保持研究, 2014, 21(6): 334-339.
- [4] 徐宪立, 马克明, 傅伯杰. 植被与水土流失关系研究进展[J]. 生态学报, 2006, 26(9): 3137-3143.
- [5] 杨勤科, 赵牡丹, 刘咏梅, 等. DEM 与区域土壤侵蚀地形因子研究[J]. DEM 及其地形分析, 2009, 2(1): 25-31.
- [6] Miller J R, Joyce L A, Knight R L, et al. Forest Roads and Landscape Structure in the Southern Rocky Mountains[J]. Landscape Ecology, 1996, 11(2): 115-127.
- [7] Ostendorf B, Reynolds J F. A model of arctic tundra vegetation derived from topographic gradients [J]. Landscape Ecology, 1998, 13(3): 187-201.
- [8] 高彦净, 谢余初, 钱大文, 等. 甘肃白龙江流域植被覆盖度及景观格局变化[J]. 水土保持研究, 2015, 22(1): 181-187.
- [9] 信忠保, 许炯心, 郑伟. 气候变化和人类活动对黄土高原植被覆盖变化的影响[J]. 中国科学 D 辑, 2007, 31(11): 1504-1514.
- [10] 冉大川, 刘斌, 王宏, 等. 黄河中游典型支流水土保持措施减洪减沙作用研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2006.
- [11] 古明兴. 北洛河流域水沙演变情势分析[J]. 水资源与水工程学报, 2008, 19(5): 120-122.
- [12] 陈妮, 张晓萍, 丑述仁. 北洛河流域植被覆盖度时空变化的遥感动态分析[J]. 水土保持通报, 2013, 33(3): 206-211.
- [13] 李苗苗, 吴炳方, 颜长珍, 等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. 资源科学, 2004, 26(4): 153-159.
- [14] 李登科, 范建忠, 王娟. 陕西省植被覆盖度变化特征及其成因[J]. 应用生态学报, 2010, 21(11): 2896-2903.
- [15] Nelson R F. Detecting forest canopy change due to insect activity using Landsat MSS[J]. Photogrammetric Engineering Remote Sensing, 1983, 48(10): 1243-1251.
- [16] 王前锋, 周可法, 孙莉, 等. 不同地形分级下的尉犁县土地覆被变化特征分析[J]. 水土保持通报, 2011, 31(4): 57-62.
- [17] 张方方, 齐述华, 舒晓波, 等. 南方山地丘陵土地利用类型的地形影响 GIS 分析: 以江西省为例[J]. 地球信息科学学报, 2010, 12(6): 784-790.
- [18] 张晓萍. 黄河中游河龙区间土地利用/覆被变化对河川径流影响研究[D]. 陕西杨陵: 中国科学院水利部水土保持研究所, 2007.
- [19] 冯娜娜, 李廷轩, 张锡洲, 等. 不同尺度下山区茶园土壤有机质含量的空间变异[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 349-356.
- [20] 黄平, 李延轩, 张佳宝, 等. 坡度和坡向对低山茶园土壤有机质空间变异的影响[J]. 土壤, 2009, 41(2): 264-268.