
试验研究

中尺度流域土地利用变化对土壤侵蚀的影响

——以孤山川流域为例

王小燕^{1,2}, 杨勤科¹

(1. 西北大学 城市与环境学院, 陕西 西安 710127; 2. 黄河流域水土保持生态环境监测中心, 陕西 西安 710021)

摘要: [目的] 探究中尺度孤山川流域土地利用/覆盖变化对土壤侵蚀的影响, 为认识理解黄河泥沙变化, 完善土壤侵蚀模型提供理论支持。[方法] 根据 TM 影像及中国土壤流失方程(CSLE)获取流域土地利用/覆盖数据与表征土壤侵蚀的植被作用因子, 通过土地利用变化转移矩阵, 重点分析流域土地利用/覆盖变化引起的植被作用因子的变化。[结果] 1975—1997 年间, 孤山川流域植被作用因子随着草地减少, 耕地增加和植被覆盖度降低而增大, 而在 1997—2012 年间, 流域植被作用因子随着草地增加, 耕地减少和植被覆盖度升高而增大。[结论] 林地和草地是重要的林草措施, 因此增加林草种植面积, 对于减少土壤侵蚀具有重要意义。

关键词: 中尺度流域; 土地利用/覆盖变化; 孤山川流域; 植被作用因子

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2016)02-0001-07

中图分类号: S157.1, F301.2

文献参数: 王小燕, 杨勤科. 中尺度流域土地利用变化对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持通报, 2016, 36(2): 1-7. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.02.001

Effects of Land Use Change on Soil Erosion in Mesoscale Watershed —A Case Study at Gushanchuan Watershed

WANG Xiaoyan^{1,2}, YANG Qinke¹

(1. Department of Urban and Resource Science, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710127, China;

2. Soil and Water Conservation Monitoring Center of Yellow River Basin, Xi'an, Shaanxi 710021, China)

Abstract: [Objective] The effects of land use/land cover change on soil erosion at Gushanchuan watershed was illustrate for better understanding the dynamic of sediments in Yellow River in order to provide theoretical support for improvement of soil erosion model. [Methods] Based on the data of land use and land cover derived from Landsat TM image, and of vegetation factor derived from Chinese soil loss equation(CSLE), transition matrix of land use change was used to analyze vegetation factor variation caused by land use/cover changes. [Results] From 1975 to 1997, vegetation factor increased with the decrease of grass land, and the increase of vegetation cover and cultivated land. While from 1997 to 2012, though opposite facts happened, i. e., grass land and vegetation cover increased, whereas cultivated land decreased, these still resulted to increase of vegetation factor. [Conclusion] As the most important measures, grassland and forestland should be increased. This is of great significance for controlling soil erosion.

Keywords: mesoscale watershed; land use/land cove change; Gushanchuan watershed; vegetation factor

土壤侵蚀是水力、风力、重力及其与人为活动综合作用对土壤、地面组成物质的侵蚀破坏、分散、搬运和沉积的过程。土壤侵蚀是地球表面的一种自然现象,分为常态侵蚀和加速侵蚀,加速侵蚀的主要原因是人类活动对植被的破坏和不合理利用土地资源,而

对水土流失治理的关键是调整土地利用结构,布设各种水保措施^[1]。已有学者^[2-4]对流域或区域尺度土地利用变化植被覆盖度变化与土壤侵蚀关系进行了大量研究,表明土地利用和植被覆盖变化是影响土壤侵蚀的重要因素。随着退耕还林还草工程的实施,黄土

收稿日期:2015-01-21

修回日期:2015-03-25

资助项目:陕西省水土保持局科技项目“陕西省水土保持简明区划”;水利部行业专项(20120108-02);国家自然科学基金项目(41371274)

第一作者:王小燕(1989—),女(汉族),甘肃省武威市人,硕士研究生,主要研究方向为水土保持与 GIS 应用。E-mail:nwuxiaoyan@163.com。

通信作者:杨勤科(1962—),男(汉族),陕西省陇县人,博士,教授,主要从事遥感和 GIS 的区域水土流失评价方面的研究。E-mail:qkyang@nwu.edu.cn。

高原植被和土地利用均发生了显著变化^[5],其与土壤侵蚀的关系也引起了多方面的重视^[6-7]。现有研究是对流域或区域尺度土壤侵蚀的综合性评价,对土地利用和植被覆盖变化对土壤侵蚀的影响专门性分析不够。因此,本研究以黄土丘陵 I 副区孤山川流域为研究对象,根据经验性土壤侵蚀模型的基本原理^[8-9],重点分析土地利用变化、植被覆盖度变化对土壤侵蚀的影响,为认识理解黄河泥沙变化,完善土壤侵蚀模型提供理论支持。

1 研究区概况与数据源

1.1 研究区概况

孤山川流域(110°32′24″—111°05′24″E, 39°00′00″—39°27′36″N),是黄河中游右岸的一级支流,发源于内蒙古自治区准格尔旗乌日高勒乡,流经准格尔旗和陕西省府谷县,在府谷镇附近汇入黄河,干流全长 79.4 km,流域面积 1 272.07 km²。其中水土流失面积 1 238 km²,占流域总面积的 97%。流域内主要植被

类型以草地为主,局地分布乔木、灌木,属于典型的半干旱大陆性气候,多年降雨量 410 mm,且年际变化大年内分配不均匀。该地区土壤侵蚀以水蚀为主,沟谷十分发育,切割很深,再加上人类活动,导致土壤侵蚀加剧发展,水土流失严重。2000 年之前,多年平均侵蚀模数可达 1.5~2.0×10⁴ t/km²,自退耕还林(草)工程以来,流域植被有较大程度恢复。

1.2 数据源与预处理

1975 年 Mss 影像、1986,1997,2006 年的 Landsat TM 遥感影像及 2012 年 RapidEye 遥感影像,流域 10 m 分辨率数字高程模型(DEM),所用数据详见表 1。影像数据在 ERDAS IMAGINE 软件中以 2006 年已校正过的 TM 影像为基准,采用二次多项式对 2012 年遥感影像进行几何校正,校正误差(RMS)控制在 1 个象元以内。统一将所有影像的投影设置为 Albers Conical Equal Area,为后续分析做好数据准备。DEM 为前期工作积累,根据 1:5 万地形图,在 ANUDEM 软件支持下生成水文地貌关系正确的 DEM^[9-10]。

表 1 基础数据来源及其用途

数据类型	数据来源	分辨率	数据用途
遥感影像	购买	30 m	计算植被覆盖度
土地利用数据	遥感影像解译	30 m	计算 B, T 因子
数字高程模型	前期积累	10 m	提取坡度,计算 g 因子

注:① 2012 年数据为本研究解译结果,其余数据为前期所积累;② 遥感影像分辨率 1975 年为 80 m,2012 年为 6 m。

2 研究方法

2.1 土地利用和植被覆盖度提取

2.1.1 土地利用信息提取 土地利用分类是在 ERDAS IMAGE 软件支持下,根据土壤侵蚀评价的需要并参考当地实际情况将土地利用分类系统确定为:耕地、林地、草地、居民地、水体、沙地 6 个类别,基于前期的数据积累,在 ERDAS 软件支持下,完成了 2012 年的土地利用分类。

2.1.2 植被覆盖度计算 采用像元二分法模型(fraction vegetation coverage, FVC)估算植被覆盖度,其计算公式为:

$$FVC = \frac{NDVI - NDVI_{soil}}{NDVI_{veg} - NDVI_{soil}} \quad (1)$$

式中:FVC——植被覆盖度;NDVI_{soil}——无植被覆盖区域或完全裸土 NDVI 值;NDVI_{veg}——完全由植被覆盖的像元的 NDVI 值或纯植被像元的 NDVI 值。参数由置信区间的最大值和最小值给定,即在 NDVI 累计频率为 0.5% 的 NDVI 值为 NDVI_{soil} 值,累计频率 99.5% 的 NDVI 值为 NDVI_{veg} 值^[11]。

2.2 动态特征分析

根据流域两期土地利用或植被覆盖度图,利用转移矩阵可求出两个时间段内土地利用或植被覆盖度类型的相互转化情况,根据地图代数原理,利用公式(2)的地图代数方法进行转移信息提取^[12]。

$$C_{ij} = A_{ij}^k \times 10 + A_{ij}^{k+1} \quad (2)$$

(土地利用类型数 < 10 时适用)

式中:C_{ij}——土地利用类型或植被覆盖度变化图,它直观表现了变化的类型,据此可进一步求出反映土地利用类型的相互转化定量关系的转移矩阵;A_{ij}^k, A_{ij}^{k+1}——研究区两期土地利用类型图或植被覆盖度图。

2.3 植被作用因子计算

利用中国土壤流失方程(chinese soil loss equation, CSLE)^[13],并考虑耕地沟蚀的影响^[14]对流域植被作用因子进行定量评价,CSLE 模型为:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot B \cdot E \cdot T \cdot g \quad (3)$$

式中:A——年单位面积土壤侵蚀量[t/(hm²·a)];R——降雨侵蚀力因子[MJ·mm/(hm²·h·a)];

K ——土壤可蚀性因子 [$t \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{h} / (\text{hm}^2 \cdot \text{MJ} \cdot \text{mm})$]; L ——坡长因子; S ——坡度因子; B ——生物措施因子; E ——工程措施因子; T ——耕作措施因子; g ——沟蚀因子。

本研究假定降雨侵蚀力因子 R 、土壤可蚀性因子 K 、工程措施因子 E 及地形因子 LS 在研究时间段内保持不变(或变化较小,可忽略不计),重点分析受人

类活动影响较大的土地利用、植被覆盖变化引起的由生物措施因子 B 、耕作措施因子 T 及沟蚀因子 g 对土壤侵蚀的影响,这里将其合称为植被作用因子。生物措施因子 B 和耕作措施因子 T 参考谢红霞^[15-16]的计算方法(表 2—3),沟蚀因子的计算参考江忠善^[14]的研究成果。植被作用各因子的计算,均在 ARC/INFO Workstation 下用 AML 编程完成。

表 2 孤山川流域不同土地利用类型和不同植被盖度下的生物因子(B 值)

土地利用类型	林地					建设用地	水体
植被盖度/%	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	—	—
B 值	0.100	0.080	0.060	0.020	0.004	0.900	1
土地利用类型	草地					耕地	
植被盖度/%	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100	—	—
B 值	0.450	0.240	0.150	0.090	0.043	0.230	—

表 3 孤山川流域不同坡度条件下的耕作措施(T)因子值

坡度范围/(°)	≤5	5~10	10~15	15~20	20~25	>25
T 因子值	0.1	0.221	0.305	0.575	0.705	0.900

2.4 沟蚀因子 g 计算

根据江忠善的计算方法,在无植被黄土陡坡条件下,浅沟发生的临界坡度为 15° ,因而地面坡度大于 15° 的浅沟侵蚀影响因子计算公式为:

$$g = 1 + 1.6 \sin(\theta - 15^\circ) \quad (4)$$

式中: θ ——坡度值(°)。

3 结果与分析

3.1 土地利用变化分析

分析流域土地利用类型图(附图 1)及其土地利

用类型的面积统计结果(表 4)可知,孤山川土地利用类型从 1975—2012 年发生变化的土地利用类型主要集中在耕地、草地、林地和沙地。耕地面积先增加后逐渐减小,面积从 1975 年的 441.59 km^2 增加至 1986 年的 463.24 km^2 ,后逐步减少到 2012 年的 249.66 km^2 ;草地呈先小幅减小,后逐步增加,面积由 1975 年的 793.76 km^2 减小至 1997 年的 756.67 km^2 ,而后缓慢增加至 2012 年的 880.67 km^2 ;林地在近 40 a 里持续增加,但其在流域中所占比重较小,沙地在迅速增加之后又缓慢减小。

表 4 孤山川流域土地利用类型面积统计结果

年份	耕地	草地	林地	居民地	水体	沙地	合计
1975	441.59	793.76	12.95	0.35	1.38	22.01	1 272.07
1986	463.24	738.79	17.76	0.42	0.58	49.90	1 272.07
1997	402.60	756.67	90.43	1.00	0.33	21.04	1 272.07
2006	267.56	891.56	92.62	7.25	0.33	12.75	1 272.07
2012	249.66	880.67	95.88	29.71	0.65	15.50	1 272.07

从土地利用各类型相互转化来看(表 5),1975—1997 年,土地利用类型转化主要发生在耕地、草地和林地三者之间。耕地要由草地转化而来,其转移面积为 154.92 km^2 ,占草地转出面积的 19.53%;耕地主要转出为草地,占其转出面积的 39.25%,也有 12.81 km^2 的面积转化为沙地;林地主要由草地转化而来,其转移面积为 71.16 km^2 。从年变化率来看,耕地减小最为明显,林地的增加比例最高,居民地也有小幅度增加。这种变化与这一时期片面强调粮食生产和畜牧

业的迅速发展以及对林草地的保护力度不够有关。

1997—2012 年土地利用类型转移情况如表 6 所示,该阶段土地利用类型的转换特征主要体现在耕地、林地及部分沙地转化为草地,其转移面积分别为 $218.38, 23.42, 5.74 \text{ km}^2$;这一时期虽有少量草地转化为耕地,但其面积远小于耕地转化为草地的面积。从土地利用类型年变化率分析,从 1997—2012 年,变化幅度最明显的土地利用类型分别是耕地、草地和居民地,其变化率分别为 $-11.64\%, 9.95\%$ 和 2.08% 。

耕地面积在迅速减少,其减少的面积主要转移为草地及少量幼林地,居民用地面积也有一定程度的增长,表明在政策驱动下,有部分耕地还原为草地或林地,水土流失和沙地的治理取得一定成效。

表 5 孤山川流域 1975—1997 年土地利用类型转移矩阵

项目		1997 年											
		耕地		草地		林地		居民地		水体		沙地	
		面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
1975 年	耕地	284.07	53.04	73.21	39.25	68.49	8.63	0	0	0	0	12.81	2.98
	草地	154.92	19.53	567.48	71.52	71.16	4.80	1.05	0.13	0.26	0.03	1.24	0.16
	林地	0.02	0.13	12.33	97.60	0.17	1.35	0.05	0.38	0.06	0.51	0	0
	居民地	0	0	0	0	0.35	100	0	0	0	0	0	0
	水体	0.11	10.02	0.16	15.11	0.05	4.67	0.01	1.36	0	0.34	0.18	17.41
	沙地	12.12	55.89	2.29	10.58	0.46	2.14	0	0	0	0	6.81	31.39
	年变化率/%	-0.09		-0.05		5.98		1.87		-0.03		-0.06	

表 6 孤山川流域 1997—2012 年土地利用类型转移矩阵

项目		2012 年											
		耕地		草地		林地		居民地		水体		沙地	
		面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
1997 年	耕地	173.99	43.35	218.38	54.40	6.80	1.70	0.72	0.18	0.04	0.01	1.47	0.37
	草地	73.23	9.61	624.85	82.04	58.20	7.64	4.29	0.56	0.23	0.03	0.87	0.11
	林地	3.68	4.33	23.42	27.59	18.81	22.16	0.15	0.18	0.01	0.01	0.11	0.13
	居民地	0.10	9.00	0.05	4.82	0	0	0.97	86.30	0	0	0	0
	水体	0.04	13.09	0.22	65.45	0.01	3.55	0.04	10.64	0.02	6.55	0	0
	沙地	13.80	66.77	5.74	27.79	0.09	0.44	0.05	0.25	0.01	0.04	0.98	4.72
	年变化率/%	-11.64		9.95		0.24		2.08		0.02		-0.65	

3.2 植被覆盖度时空动态分析

将计算得到的植被覆盖度图,根据土壤侵蚀侵蚀分析的需要,参照土壤侵蚀分类标准^[17],将研究区植被覆盖划分为 6 个等级,主要包括:裸露($\leq 10\%$)、低覆盖($10\% \sim 30\%$)、中低覆盖($30\% \sim 45\%$)、中覆盖

($45\% \sim 60\%$)、中高覆盖($60\% \sim 75\%$)和高覆盖($\geq 75\%$)。

对比分析孤山川流域各时期植被覆盖度图(附图 2)及统计特征结果(图 1—2)可知,在 1975—2012 年,孤山川流域植被覆盖度总体呈波动增长趋势。

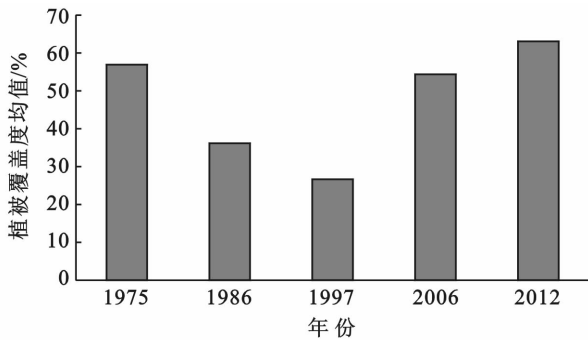


图 1 孤山川流域植被覆盖度均值

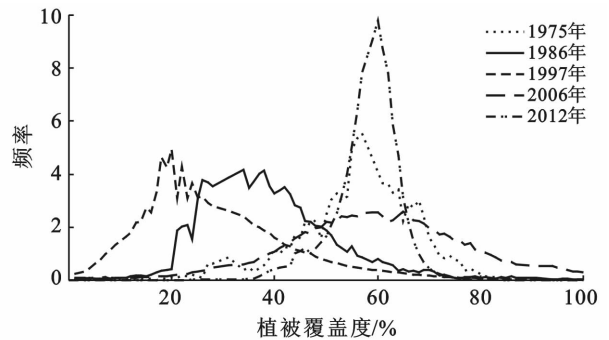


图 2 孤山川流域植被覆盖度频率

从图 1 可以看出,其值从 1975 年的 57%,降低至 1997 年的 27%,之后逐渐增加至 2012 年的 63%。从图 2 可知 1975 年植被覆盖度值集中在 50%~60% 之间,1997 年迅速降低至 20% 左右,而在 2012 年逐渐恢复至 60%~70% 之间,且所占比例增加。相应的面积变化表(表 7)显示,1975—1997 年,裸露及低覆

盖,面积分别由原来的 16.47 km²,17.98 km² 增加至 1997 年的 107.68 km²,755.84 km²;45%~60% 的中覆盖所占面积由原来的 44.35% 下降到 6.93%;1997—2012 年则相反,出现 10%~30% 的低覆盖度显著降低,而 60%~75% 的中高覆盖明显增加。

从流域 1975—1997 年植被覆盖转移矩阵可知

(表 8),1975—1997 年植被覆盖整体由较高等级向较低等级转移。30%~45%的中低覆盖及 45%~60%的中覆盖转移为 1997 年 10%~30%的低覆盖,转移面积分别为 87.47 km²,337.84 km²;从年变化率看,增加最为显著的是 10%~30%的低覆盖,增幅为 0.97%,降低的植被覆盖区主要发生在 60%~75%的中高覆盖,降低幅度达-16.28%。这是由于该阶段流域存在植被退化、土地沙化现象,导致较高植被覆盖总体向较低一级植被覆盖转移。

表 7 孤山川流域植被覆盖度面积变化

植被覆盖度等级	1975 年		1986 年		1997 年		2006 年		2012 年	
	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%	面积/km ²	比例/%
≤10%	16.47	1.29	24.01	1.89	107.68	8.46	23.44	1.84	4.25	0.33
10%~30%	17.98	1.41	450.93	35.44	755.84	59.41	67.95	5.34	52.16	4.10
30%~45%	149.63	11.76	561.73	44.15	283.88	22.31	269.67	21.2	78.10	6.14
45%~60%	564.31	44.35	167.59	13.17	88.13	6.93	465.52	36.59	349.18	27.45
60%~75%	473.50	37.22	37.80	2.97	26.90	2.11	313.78	24.66	561.58	44.14
≥75%	50.32	3.96	30.10	2.37	9.71	0.76	132.48	10.41	226.89	17.83
合计	1 272.07	100	1 272.07	100	1 272.07	100	1 272.07	100	1 272.07	100

表 8 孤山川流域 1975—1997 年植被覆盖度转移矩阵

项目		1997 年						
		<10%	10%~30%	30%~45%	45%~60%	60%~75%	>75%	
1975 年	≤10%	面积/km ²	2.17	10.92	2.40	0.64	0.22	0.10
		比例/%	13.22	66.42	14.59	3.86	1.31	0.60
	10%~30%	面积/km ²	2.49	11.03	2.84	1.00	0.35	0.18
		比例/%	13.94	61.65	15.86	5.61	1.96	0.98
	30%~45%	面积/km ²	16.88	87.47	26.69	8.94	3.02	1.27
		比例/%	11.70	60.62	18.5	6.20	2.10	0.88
	45%~60%	面积/km ²	49.88	337.84	118.82	38.74	12.14	4.27
		比例/%	8.88	60.15	21.15	6.9	2.16	0.76
	60%~75%	面积/km ²	31.47	275.28	107.99	34.32	9.99	3.37
		比例/%	6.81	59.53	23.35	7.42	2.16	0.73
	≥75%	面积/km ²	3.56	30.01	11.28	3.48	1.04	0.42
		比例/%	7.16	60.26	22.65	7.00	2.08	0.85
年变化率/%		0.85	0.97	0.47	-5.45	-16.28	-4.18	

3.3 土地利用与植被覆盖变化对土壤侵蚀的影响

土地利用/覆盖变化对土壤侵蚀的影响,通过对植被作用因子的变化分析来完成的,前述分析表明土地利用变化主要发生在耕地、草地和林地之间,因此,重点分析植被作用因子随耕地、草地和林地的变化规律。植被作用因子与耕地具有类似的变化特征,当耕地面积增加时,植被作用因子值增大,反之亦然(图 3);植被作用因子随草地的变化较为显著,但草地面积为最小值时,植被作用因子值最大,其后随着草地

表 9 为研究区 1997—2012 年植被覆盖转移矩阵。表 9 数据表明,自 1997 年后,中覆盖(<45%)以下的面积,植被类型主要转移 45%~60%的中覆盖,转出面积为 416.77 km²;2012 年增加最为明显的也发生在 45%~60%的中覆盖。这种变化的原因是 1997 年以来随着退耕还林(草)工程等生态治理工程的实施,农业劳动力不断减少后人为因素对土地的扰动相对降低,从而使流域植被得到一定程度的恢复、沙漠化现象明显减少。

面积的逐渐增大,植被作用因子值在缓慢减低;林地面积在 1975—2012 年逐渐增加,而相应的植被作用因子值呈降低趋势;生物措施因子随耕地、草地和林地的变化最为显著,其值随着耕地的减小、草地和林地的增加而呈逐渐降低趋势,而随着耕地面积的逐渐减小,*T* 因子和 *g* 因子均呈缓慢降低趋势(图 4)。这种变化的原因在于坡耕地是土壤侵蚀的主要部位^[18],而林地和草地是控制土壤侵蚀的主要林草措施。

表9 孤山川流域 1997—2012 年植被覆盖度转移矩阵

项目		2012 年植被覆盖度						
		<10%	10%~30%	30%~45%	45%~60%	60%~75%	>75%	
1997 年 植被覆盖度	≤10%	面积/km ²	11.25	16.74	19.79	25.79	21.63	11.58
		比例/%	10.53	15.67	18.53	24.15	20.26	10.85
	10%~30%	面积/km ²	8.55	43.74	197.30	288.34	162.10	54.01
		比例/%	1.13	5.80	26.17	38.24	21.50	7.16
	30%~45%	面积/km ²	2.58	5.63	39.70	102.64	84.98	35.02
		比例/%	0.95	2.08	14.67	37.94	31.41	12.94
	45%~60%	面积/km ²	0.80	1.39	9.03	27.86	28.63	19.50
		比例/%	0.92	1.60	10.36	31.95	32.83	22.35
	60%~75%	面积/km ²	0.30	0.35	2.26	7.59	8.13	8.18
		比例/%	1.11	1.31	8.45	28.30	30.34	30.49
	≥75%	面积/km ²	0.12	0.10	0.68	2.51	2.90	3.30
		比例/%	1.28	1.05	7.12	26.07	30.16	34.33
年变化率/%		-3.56	-10.10	-0.01	0.93	0.91	0.81	

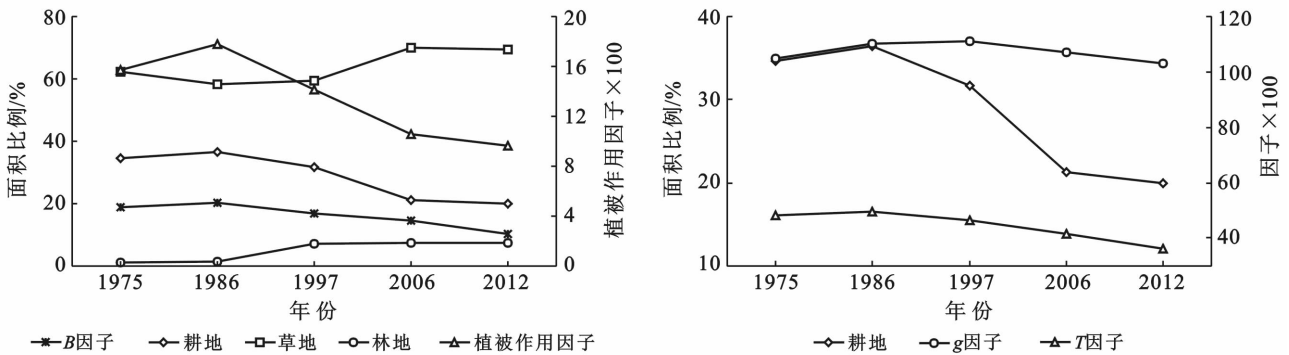


图3 植被作用因子与土地利用关系

图4为植被作用因子和植被覆盖度均值关系图。图4表明,植被作用因子整体变化趋势与植被覆盖度的变化规律相反;当植被覆盖度较差时,植被作用因子值较大;而当植被覆盖度较好时,植被作用因子值较小。图7反映的是生物措施因子B、耕作措施因子

T及沟蚀因子g随植被覆盖度的变化规律,B因子与g因子其均值虽有差异,但在1975—2012年的变化规律都是先增加后减小,与植被覆盖度的变化规律相反。说明植被覆盖度的变化直接导致B因子的变化,间接引起g因子的变化。

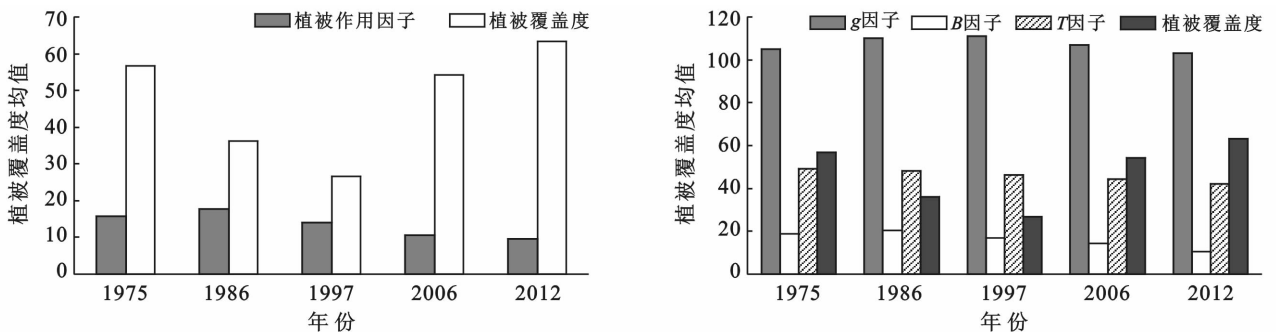


图4 植被作用因子与植被覆盖度均值关系

4 结论

(1) 孤山川流域 1975—2012 年土地利用、植被覆盖的变化总体特征是耕地和沙地先增加后大幅减

小,草地先减小后逐渐增加,林地和居民地呈逐步增加趋势,植被覆盖度呈波动增长趋势。

(2) 孤山川流域 1975—1997 年耕地、沙地增加,草地面积减小,植被覆盖度降低,相应的植被作用因

子呈增加趋势,这种变化表明由于人为不合理的土地利用方式,破坏地表覆盖,流域内存在土地退化、沙化现象;1997—2012年,草地、林地面积逐渐增加,耕地、沙地面积缓慢减小,植被覆盖度增加,植被作用因子逐渐减小。这是由于受政策导向驱动,土地利用方式日趋合理,流域植被得到较好恢复,因而土壤侵蚀逐渐减弱。

(3) 本研究仅为土地利用/覆盖变化对土壤侵蚀影响的初步的探讨,分析结果只是一个相对的量,没有通过综合评价将其计算为具体的土壤侵蚀量,同时也没有考虑土壤侵蚀因子、降雨侵蚀因子对植被作用因子各分量的影响,这些都将在后续的研究中逐步展开。

[参 考 文 献]

- [1] 唐克丽. 中国水土保持[M]. 北京:科学出版社,2004.
- [2] 朱显谟. 黄土高原水蚀的主要类型及其有关因素:4 植被因素[J]. 水土保持通报,1982,2(3):40-44.
- [3] Wayne D, Erskine A M, Myers C. Land use effects on sediment yields and soil loss rates in small basin of Triassic sandstone near Sydney, NSW, Australia [J]. *Catena*, 2002,49(2):271-287.
- [4] 汪邦稳,杨勤科,刘志红,等. 延河流域退耕前后土壤侵蚀强度的变化[J]. 中国水土保持科学,2007,5(4):27-33.
- [5] 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):地球科学,2007,37(11):1504-1514.
- [6] 傅伯杰,邱扬,王军,等. 黄土丘陵小流域土地利用变化对水土流失的影响[J]. 地理学报,2002,57(6):717-722.
- [7] 刘晓燕,杨胜天,金双彦,等. 黄土丘陵沟壑区大空间尺度林草植被减沙计算方法研究[J]. 水利学报,2014,45(2):135-141.
- [8] 程琳,杨勤科,谢红霞,等. 基于 GIS 和 CSLE 的陕西省土壤侵蚀定量评价方法研究[J]. 水土保持学报,2009,23(5):61-66.
- [9] 程琳. 基于 GIS 和经验模型的中尺度流域土壤侵蚀时空动态分析:以孤山川流域为例[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [10] 杨勤科,师维娟, Tim R M, 等. 水文地貌关系正确 DEM 的构建立方法[J]. 中国水土保持科学,2007,5(4):1-6.
- [11] 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.
- [12] 何春阳,史培军,陈晋,等. 北京地区土地利用/覆盖变化研究[J]. 地理研究,2001,20(6):679-687.
- [13] Liu Baoyuan, Zhang Keli, Xie Yun. A Empirical Soil Loss Equation [M] // *Process of Soil Erosion and its Environment Effect. Volume II 12th ISCO. Beijing: Tsinghua Press, 2002:143-149.*
- [14] 江忠善,郑粉莉,武敏. 中国坡面水蚀预报模型研究[J]. 泥沙研究,2005(4):1-6.
- [15] 谢红霞. 延河流域土壤侵蚀时空变化及水土保持环境效应评价研究[D]. 陕西 西安. 陕西师范大学,2008.
- [16] 谢红霞,李锐,杨勤科,等. 退耕还林(草)和降雨变化对延河流域土壤侵蚀的影响[J]. 中国农业科学,2009,42(2):569-576.
- [17] 中华人民共和国水利部. SL190-2007 土壤侵蚀分类标准[S]. 北京:水利电力出版社,2008.
- [18] 唐克丽,席道勤,孙清方,等. 杏子河流域的土壤怪蚀方式及其分布规律[J]. 水土保持通报,1984,4(5):10-19.