

黄前流域土壤侵蚀特征及其与环境影响因子关系

徐艳会, 刘霞, 张光灿, 李扬

(山东农业大学林学院水土保持系农业生态与环境重点实验室, 山东泰安 271018)

摘要:以黄前流域为研究对象,以减少水土流失为目的,运用3S软件和水土保持相关理论,通过对2008年ALOS影像解译,研究黄前流域内土地利用、坡度、高程和植被盖度因子对土壤侵蚀的影响。结果表明:流域内土壤侵蚀强度类型以轻度侵蚀和中度侵蚀为主;侵蚀主要发生在坡度为 5° ~ 35° 、高程200~800 m、植被盖度45%~75%的林地和园地。水土流失区域主要发生在人类活动剧烈的园地,说明人类活动对流域的土壤侵蚀有很大的影响。

关键词:黄前流域;土壤侵蚀;影响因子

中图分类号:S157;TP79

文献标志码:A

论文编号:2010-2796

Characteristics of Soil Erosion and Affecting Factors in Huangqian Watershed

Xu Yanhui, Liu Xia, Zhang Guangcan, Li Yang

(Soil and Water Conservation Department of Forestry College, Key Laboratory of Agricultural Ecology and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an Shandong 271018)

Abstract: In order to alleviate soil and water erosion, influences of land use, slope, altitude and coverage to soil erosion were investigated and analyzed at the base of techniques of 3S and theories on soil and water conservation through interpreting ALOS image of 2008 in Huangqian valley. In the studied valley, mild soil erosion and moderate soil erosion were the main erosion types. And the erosion mainly happened in forest land and garden plots where the slope was 5° ~ 35° , the altitude was 200~800 meters and the vegetation coverage was 45%~75%. Most soil and water erosion distributed in garden plots of intense human activities, which proved that human activities had large influence on soil erosion of valley.

Key words: Huangqian watershed; soil erosion; influence factor

0 引言

饮用水源是城市最重要的水资源,直接影响人民的身体健康,保护饮用水源对城市可持续发展起着极其重要的保障作用^[1]。许多研究只研究水质对饮用水源的影响,而忽略水质变坏的根源——水土流失。土壤侵蚀表现为水土流失,水土的流失使泥沙,更重要的是农田施用的化肥农药等随径流流入水库,使得引用水源变坏^[2]。研究区内周边环境的好坏对土壤侵蚀的强弱有直接的影响,查明其规律可以减小土壤侵蚀强度,减少水土流失。

本研究以黄前流域为研究对象,以3S技术为手段,对研究区内环境对土壤侵蚀影响的研究,掌握研究区的土壤侵蚀现状和与环境影响因子之间的关系,为改善流域的生态环境和提高水质,查明流域内土壤侵蚀现状及空间分布规律^[3]提供科学依据。

1 研究区概况

黄前流域为黄前水库的汇水区,总面积为294.25 km²,位于 $117^{\circ}04'$ — $117^{\circ}22'$ E, $36^{\circ}16'$ — $36^{\circ}28'$ N,地处泰山麓,东、北、西三面环山,最高海拔975.8 m,最大高差675.8 m,平均海拔530 m。流域属温带大陆性半湿

基金项目:山东省优秀中青年科学家科研奖励基金项目“水库集水区水源保护林对水环境调控机制研究”。

第一作者简介:徐艳会,女,1985年出生,在读硕士,研究方向:流域治理与信息技术。通信地址:271018 山东省泰安市山东农业大学林学院116, E-mail: yhxu2004@163.com。

通信作者:刘霞,女,1971年出生,副教授,博士,研究方向:水土保持生态修复和水土保持信息技术。通信地址:271018 山东省泰安市山东农业大学林学院116, E-mail: shuibaos@sdau.edu.cn。

收稿日期:2010-09-27, **修回日期:**2010-11-02。

润季风气候,多年平均气温为 18.5℃,≥0℃的活动积温 3821℃,年平均无霜期 196 天,平均日照时间 2648 h。因受季风气候影响,年际降水变幅较大,降水量年内分配差异明显,75%的降水集中在 6—9 月。多年平均蒸发量 1684.2 mm,多年平均径流深 254 mm。属侵蚀剥蚀岩溶构造地貌,沟壑密度 2.98 km/km²,主沟比降 1.8%。流域内地面出露面主要为花岗片麻岩风化层,也有零星火成岩和变质岩分布。土壤类型主要是棕壤、沙壤,部分为粘土,棕壤呈微酸性。流域内森林植被属暖温带阔叶、针叶林,无天然原始林植被,现有水土保持林和水源涵养林主要为天然次生林和人工林,侧柏(*Platycladus orientalis*)、麻栎(*Quercus acutissimus* Carr)、赤松(*Pinus densiflora*)、五角枫(*Acer mono Maxim*)等,经济林是黄前流域的主要产业,主要树种有苹果(*Malus pumila* Mill)、山楂(*Crataegus pinnatifida*)、板栗(*Castanea mollissima* BL)、核桃(*Juglans regia* L.)等;荒坡多为 1 年或多年生杂草。

2 研究方法

2.1 数据来源

采用 2008 年 ALOS 分辨率为 2.5 m 遥感影像、1:5 万地形图和水土保持图、土地利用现状图、气候图等以及其与研究区侵蚀有关的文字资料和有关行业的数字化图形、图像资料,并对其进行初步分析,从而获得最初的原始数据资料。

2.2 数据处理

为了满足数据叠加的需要,将原始数据统一到相同的地理投影下,选取 Gauss Kruger 投影,中央经线为 117°E,椭球体为 Krasovsky。基于 Erdas Imagine 8.7 遥感处理软件和 ArcGIS9.2 地理信息系统技术平台,对黄前流域 2008 年的遥感影像进行处理,进行人机交互解译,并结合野外实地 GPS 定位调查,对解译结果进行综合分析及纠正,获取该流域的植被盖度和土地利用数据,对分类结果经 Kappa 指数计算,统计精度在 80% 以上,可以保证精度的要求;利用 1:5 万地形图,经扫描在 ArcGIS9.2 下对等高线进行矢量化,生成数字高程模型(DEM),以 DEM 为依据提取该研究区的坡度和高程;从而获得影响流域内土壤侵蚀的主导因子:坡度、植被盖度、高程和土地利用,其各个因子在流域的分布如图 1 所示。根据《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2007),并结合流域状况,将土地利用类型分为耕地、林地、园地、草地、居民点和水域 6 种。

2.3 土壤侵蚀强度分级

黄前流域属于北方土石山区,流域内的侵蚀为水力侵蚀^[4],采用水利部颁布的《土壤侵蚀分类分级标准》中关于水力侵蚀的评价标准,对流域内土壤侵蚀强度进行分级,得出流域的土壤侵蚀现状数据,在 Arcview3.1 软件的支持下,将土壤侵蚀图层与各个因子叠加,得出各因子与土壤侵蚀的关系数据。

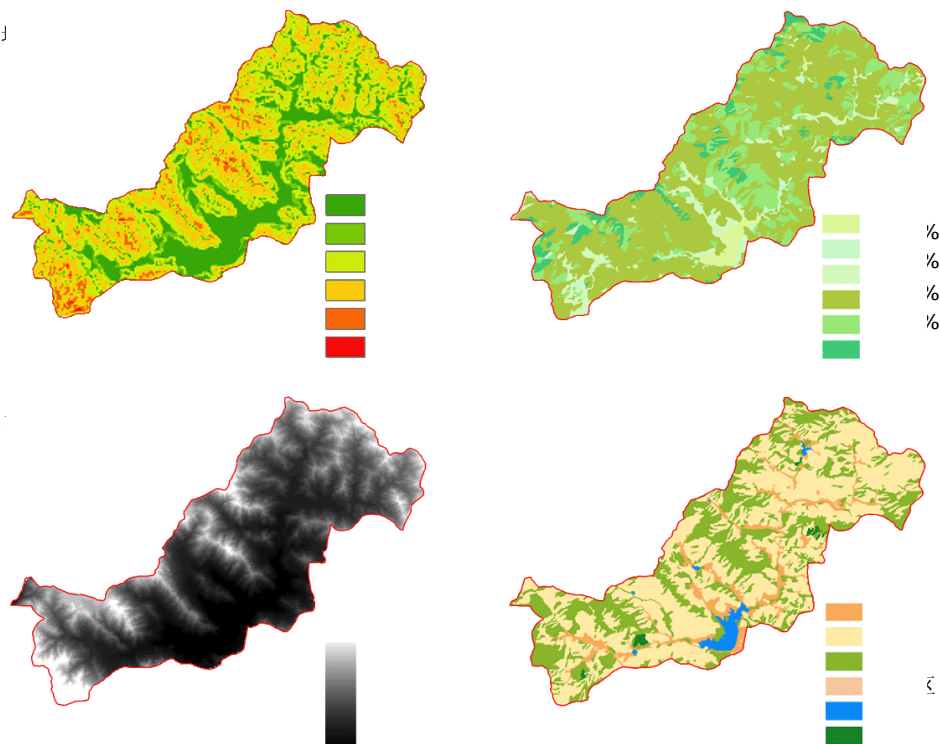


图1 黄前流域影响土壤侵蚀主要因子的分布

3 结果与分析

3.1 黄前流域土壤侵蚀特征

黄前流域面积为 294.52 km², 流域内土壤侵蚀(微度侵蚀强度以上的侵蚀为土壤侵蚀)面积为 236.56 km², 占流域总面积的 80.4%, 侵蚀类型主要以轻度侵蚀和中度侵蚀为主, 轻度侵蚀和中度侵蚀的面积分别为 138.33、93.67 km², 分别占流域总面积的

47.01%、31.83%; 微度侵蚀的面积为 57.69 km², 占流域总面积的 19.61%, 强烈侵蚀的面积为 4.1 km², 占流域总面积的 1.39%, 极强度侵蚀的面积为 0.45 km², 仅占流域总面积的 0.15%。土壤侵蚀强度不高, 主要以轻度侵蚀和中度侵蚀为主, 强烈侵蚀和极强烈侵蚀面积很少, 无剧烈侵蚀。土壤侵蚀强度分布如图 2 和图 3 所示。

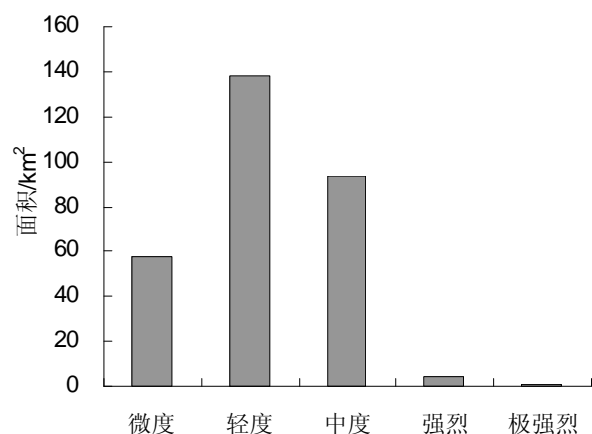


图 2 黄前流域 2008 年主要侵蚀强度面积分布

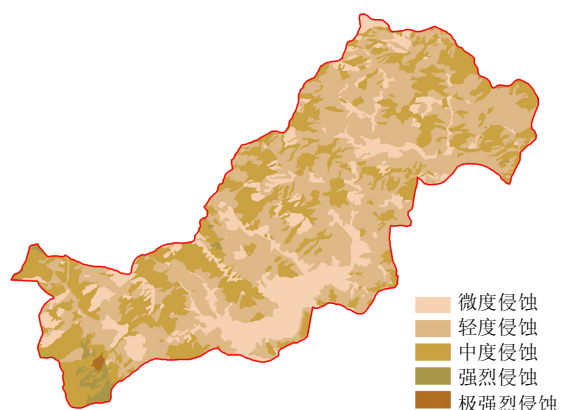


图 3 黄前流域土壤侵蚀空间分布图

3.2 坡度与土壤侵蚀的关系

区域坡面土壤侵蚀是指降雨产流形成的薄层水流对坡面土壤的冲蚀过程^[5]。根据水利部标准, 将黄前流域划分为 6 个等级: <5°、5°~8°、8°~15°、15°~

25°、25°~35° 和 >35°。将流域坡度梯度图与土壤侵蚀图进行叠加, 得到不同强度的土壤侵蚀在各个坡度的分布(见表 1)。

微度侵蚀主要分布在山前平地等区域^[9], 在一定

表 1 土壤侵蚀强度在各个坡度梯度的分布

	坡度						合计	比例/%
	<5°	5°~8°	8°~15°	15°~25°	25°~35°	>35°		
微度侵蚀	39.00	0.53	2.11	14.51	1.38	0.16	57.69	19.61
轻度侵蚀	0	23.06	87.25	28.02	0	0	138.33	47.01
中度侵蚀	0	0.89	1.81	76.75	14.01	0.20	93.67	31.83
强烈侵蚀	0	0	0	0.43	3.25	0.43	4.10	1.39
极强烈侵蚀	0	0	0	0	0.45	0	0.45	0.15
合计	39.00	24.48	91.18	119.71	19.10	0.79	294.25	100
比例%	13.26	8.32	30.99	40.68	6.49	0.27	100	

范围内, 土壤侵蚀面积随着坡度而增加, 达到某一坡度临界值不遵循此规律, 甚至随着坡度的增加土壤侵蚀面积呈下降趋势^[7-8]。

坡度<5°时, 此范围内主要是水域及分布在沟道两边的耕地和居民点, 侵蚀强度较小为微度侵蚀, 侵蚀面积为 39 km²; 5°~8°侵蚀强度增强, 出现轻度侵蚀和中度侵蚀, 轻度侵蚀面积为 23.06 km², 占整个流域的 7.87%; 中度侵蚀很小; 8°~15°范围内, 以轻度侵蚀和中

度侵蚀为主, 轻度侵蚀面积为 87.25 km², 占整个流域的 29.65%, 中度侵蚀面积为 1.81 km², 占流域面积的比例很小。5°~8°和 8°~15°范围内, 沿山体修砌石坎梯田, 种植经济林, 林内整地措施完善, 石坎整齐保护措施较好, 侵蚀以轻度侵蚀和中度侵蚀为主; 中国存在大量陡坡(15°~25°)耕地^[9], 黄前流域也是如此, 15°~25°范围内, 为发展经济出现自然条件下顺山体种植经济林, 无整地措施出现强烈侵蚀, 但侵蚀面积很小为

0.43 km², 侵蚀以轻度侵蚀和中度侵蚀为主, 面积为 28.02 km² 和 16.75 km²; 25°~35°, 侵蚀增强, 有极强烈侵蚀出现, 面积为 0.45 km², 侵蚀以中度侵蚀为主, 面积为 14.01 km², 强烈侵蚀面积为 3.25 km²; >35°时, 侵蚀强度下降, 侵蚀以中度侵蚀和强烈侵蚀为主, 侵蚀面积分别为 0.2 km² 和 0.43 km²。

3.3 植被盖度与土壤侵蚀的关系

黄前流域属于山丘区, 植被盖度主要集中在 30%~75% 之间, 面积为 263.74 km², 占流域总面积的 89.63%, 将流域植被盖度图与土壤侵蚀图进行叠加, 得到土壤侵蚀强度在不同植被盖度的分布(见表 2)。

<15% 的范围内, 主要是水域和居民点, 侵蚀强度

表 2 植被盖度对土壤侵蚀的影响

	植被盖度						合计	比例%
	<15%	15%~30%	30%~45%	45%~60%	60%~75%	>75%		
微度侵蚀	6.40	2.88	8.72	17.97	3.37	18.35	57.69	19.60
轻度侵蚀	0.21	0.77	2.91	85.83	48.62	0	138.33	47.01
中度侵蚀	0.15	0.89	5.38	81.66	5.60	0	93.67	31.83
强烈侵蚀	0	0.42	3.25	0.43	0	0	4.10	1.39
极强烈侵蚀	0	0.45	0	0	0	0	0.45	0.15
合计	6.75	5.41	20.26	185.89	57.59	18.35	294.25	100
比例%	2.29	1.84	6.89	63.18	19.57	6.24	100	

低, 主要以微度侵蚀为主, 面积 6.40 km², 侵蚀面积很小, 仅为 0.36 km²; 在 15%~30% 的范围内, 侵蚀增强, 有强烈侵蚀和极强烈侵蚀出现, 侵蚀面积很小, 主要以中度侵蚀和轻度侵蚀为主; 30%~45% 范围内, 植被盖度增大, 侵蚀强度降低, 侵蚀以中度侵蚀为主, 面积 5.38 km², 轻度侵蚀和强烈侵蚀分别为 2.91、3.25 km²; 45%~60% 范围内, 主要以经济林为主及人为对林下地面的干扰, 造成林下土壤疏松, 一遇降雨易形成地表径流, 表层土随径流流失, 造成土壤侵蚀, 因有人为的整地措施, 侵蚀以轻度和中度侵蚀为主, 侵蚀面积分别为 85.83、81.66 km², 分别占流域的 29.17% 和 27.75%, 强烈侵蚀面积很小; 60%~75% 范围内, 主要以防护林为主, 人为对林下土壤表面干扰较小, 侵蚀强度降低。尽管坡度大, 高程高, 但植被盖度较高, 植被生长良好, 根系和草被植物可以有效截持地表径流, 增加土壤入渗对地表的保护效果显著, 侵蚀强度不高, 以轻度侵蚀为

主, 侵蚀面积 48.62 km², 中度侵蚀面积很小为 5.6 km²; 植被覆盖度越高, 保持林下水土的作用越显著, 水土流失越少, 土壤侵蚀越小。一般认为^[10-11], 植被覆盖度达 70% 以上时, 土壤就能得到较大程度地保护^[12]; 流域内 >75% 时, 侵蚀强度继续降低, 只有微度侵蚀。此范围内主要以防护林为主, 树冠到林下地面乔灌草立体分布, 最大程度的截留降水和保护林下土壤, 侵蚀强度下降。

3.4 高程与土壤侵蚀的关系

研究区内土壤侵蚀面积强度和侵蚀面积在不同的高程范围内有很大的差异, 将流域高程梯度图与土壤侵蚀图进行叠加, 得到土壤侵蚀在不同高程梯度的分布(见表 3)。

在 200~400 m 高程范围内, 高程比较低, 是主要的农田耕作区, 侵蚀以轻度侵蚀为主, 面积为 54.88 km², 占流域比例为 13.92%, 中度侵蚀面积为 9.29 km², 仅占

表 3 土壤侵蚀强度在不同高程梯度的分布

	高程						合计	比例/%
	200~400 m	400~600 m	600~800 m	800~1000 m	1000~1200 m	>1200 m		
微度侵蚀	36.74	6.87	13.05	1.02	0.01	0	57.69	19.60
轻度侵蚀	54.88	59.23	23.16	1.07	0	0	138.33	47.01
中度侵蚀	9.29	42.47	35.88	4.11	1.93	0	93.67	31.83
强烈侵蚀	0.16	0.64	1.16	0.95	1.17	0.01	4.10	1.39
极强烈侵蚀	0	0	0.45	0	0.00	0	0.45	0.15
合计	101.06	109.21	73.71	7.14	3.11	0.01	294.25	100
比例/%	34.35	37.11	25.05	2.43	1.06	0	100	

流域的2.36%,侵蚀面积为64.33 km²;400~600 m高程范围内,侵蚀强度不变,经济林多在此范围内,人为对经济林的管理过程中,对林下地面干扰较频繁,侵蚀面积增加为102.34 km²,侵蚀以轻度侵蚀和中度侵蚀为主,面积分别为59.23、42.47 km²,分别占流域的20.13%、14.43%;600~800 m高程范围内,侵蚀强度增加,极强烈侵蚀出现,侵蚀面积减小,面积为60.66 km²,以轻度侵蚀和中度侵蚀为主,侵蚀面积分别为23.16、35.88 km²;800~1200 m高程范围内,人为活动较小,侵蚀强度下降,。此高程范围内为自然条件生长的林地

和草地,由于高程高、坡度大,以中度侵蚀为主,轻度侵蚀、微度侵蚀和强烈侵蚀面积很小;1000~1200 m高程范围内,无轻度侵蚀;高程>1200 m时,侵蚀类型减少,高程高,植被很少生长,裸岩分布其中,只有强烈侵蚀,侵蚀面积为0.01 km²。

3.5 土地利用类型与土壤侵蚀的关系

研究区内土地利用类型划分为耕地、林地、园地、草地、居民用地和水域,将流域土地利用图与土壤侵蚀图进行叠加,得到土壤侵蚀在各土地利用的分布(见表4)。

表4 土壤侵蚀在不同土地利用的分布

	土地利用						km ²	
	耕地	林地	园地	草地	居民点	水域	合计	比例/%
微度侵蚀	13.34	21.82	16.66	0.17	0.19	5.51	57.69	19.60
轻度侵蚀	8.24	31.26	97.99	0.66	0.18	0	138.33	47.01
中度侵蚀	2.28	38.78	51.83	0.67	0.11	0	93.67	31.83
强烈侵蚀	0	1.81	2.06	0.24	0	0	4.10	1.39
极强烈侵蚀	0	0.45	0	0	0	0	0.45	0.15
合计	23.87	94.11	168.54	1.74	0.48	5.51	294.25	100
比例/%	8.11	31.98	57.28	0.59	0.16	1.87	100	

耕地主要分布在沟道两边,由于山丘区地形多样,耕地的立地条件也有很大差别,立地条件差的耕地则出现土壤侵蚀,侵蚀面积为10.52 km²,以轻度侵蚀为主,面积为8.24 km²,中度侵蚀面积为2.28 km²,无强烈侵蚀和极强烈侵蚀;

林地分布面积广,在整个流域都有分布,在山顶等土壤较瘠薄的部位,不利于林地的生长,土壤侵蚀强度增加,有极强烈侵蚀的出现,面积为0.45 km²。由于无人管理,侵蚀主要以轻度侵蚀和中度侵蚀为主,面积分别为31.26、38.78 km²,分别占流域的10.62%、13.68%,强烈侵蚀面积很小;

园地种植经济林,经济林为流域的主导产业,为发展经济而大力发展经济林,改原来立地条件相对较好的林地经济林,破坏了原来的生态环境。在管理过程中,为获得高产,增加收入,使得林下无草本植物覆盖、土层裸露,对园地的松土造成土质疏松,使土壤的抗蚀性下降,遇到降雨形成地表径流,造成土壤侵蚀和水土流失。与林地相比,园地有整地措施,故侵蚀强度下降,无极强烈侵蚀,但侵蚀面积增加,为151.88 km²,以轻度侵蚀和中度侵蚀为主,面积分别为97.99、51.83 km²,分别占流域的33.3%、17.61%,强烈侵蚀的面积较小为2.06 km²;草地的立地条件较差,一般不适合经济林和林地的生长,且在流域分布的面积也较小,

因此侵蚀的面积很小,为1.57 km²,以轻度侵蚀、中度侵蚀和强烈侵蚀为主,无极强烈侵蚀;

居民点和水域主要分布在流域内坡度较小的范围,侵蚀强度下降,居民点区域内在一定的时间内也存在房屋和道路的建设,也会有侵蚀,侵蚀面积为0.29 km²,以轻度侵蚀和中度侵蚀为主,水域为微度侵蚀。

4 结论

本研究以黄前流域为研究区域,以2008年ALOS影像为主要信息源,结合野外调查,对土壤侵蚀变化规律进行研究,探讨侵蚀因子与侵蚀的关系。结果表明:2008年,黄前流域内以轻度侵蚀和中度侵蚀为主;微度侵蚀主要分布在海波较低、坡度较小的水域和居民区;轻度侵蚀主要分布在沟道两侧的耕地和植被较好的林地;中度侵蚀分布在山体上的林地和种植的园地;强烈侵蚀分布在西南的部分林地;极强烈侵蚀分布在西南的小块地区。

在一定范围内,地面坡度越大,土壤侵蚀越严重^[13],侵蚀强度级别的增加与坡度成正比;植被盖度越高,侵蚀强度越小;侵蚀强度类型随高程的增加而增加,各侵蚀类型的面积减小;不同的土地利用类型、侵蚀强度的类型和面积也不同。流域处于北方土石山区,流域内为山地,坡度越大侵蚀越强,侵蚀强度与坡度成正比;为发展经济,大力发展经济林对流域内可以

利用的土地进行整地,根据立地条件和土地的类型,整地措施不同造成了相同土地类型下的侵蚀强度的不同。根据流域内各因子对土壤侵蚀的影响,流域内以轻度侵蚀和中度侵蚀为主,主要分布在坡度 $5^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 、植被盖度45%~75%、高程200~800 m的林地和园地土中。

5 讨论

(1)研究区属于山丘区且经济林的范围较大,经济林的种植改变了原有的地貌,坡度较小,通过卫片的解译,植被盖度在45%~60%之间,按部颁标准土壤侵蚀强度较小,但是其林内地表裸露无植被覆盖,水土流失严重,本研究根据部颁标准并结合野外实地的调查对经济林的侵蚀进行了判读。以地理信息为技术手段的土壤侵蚀的判读可以与土壤侵蚀预测模型相结合,可以提高土壤侵蚀判读的准确率,也是土壤侵蚀判读的发展趋势。

(2)黄前流域地处泰山景观带上,且流域内的黄前水库为泰城引用水的水源地,土壤侵蚀破坏景观,流失的水土使水库的水质变坏,本研究可以为流域内土地利用的规划和流域水土保持生态建设及景观的规划提供决策依据和技术支撑,可以适当减少园地,增加林地面积,提高流域的植被盖度,加大流域内水土保持林的建设和水源涵养林的建设,以降低侵蚀强度和减少侵蚀面积,减少水土流失,使流入水库的污染物减小,提高水库的水质,为流域经济、生态健康发展提供理论依据。

参考文献

- [1] 周凯慧,刘霞,李化民等.黄前水库水质监测及变化规律研究[J].水土保持学报,2004,18(4):150-157
- [2] 史志华,蔡崇法,丁树文,等.给予GIS和RUSL的小流域农地水土保持规划研究[J].农业工程学报,2002,18(4):172-175.
- [3] 赵晓丽,张增祥,周全斌,等.中国土壤侵蚀现状及综合防治对策研究[J].水土保持学报,2002,16(1):40-46.
- [4] 中华人民共和国水利部.土壤侵蚀分类分级标准[S].北京:中国水利水电出版社,2008.
- [5] 黄东锋,郑祥民,周立旻,等.基于DEM的抚仙湖流域土壤侵蚀综合分析[J].水土保持研究,2009,16(4):76-79.
- [6] 郭红,龚云峰,孔达.基于DEM的帽儿山地区土壤侵蚀定量分析[J].自然灾害学报,2009,18(3):139-145.
- [7] 席有.坡度影响土壤侵蚀的研究[J].中国水土保持,1993(4):19-21.
- [8] 彭华.土壤侵蚀临界坡度研究进展[J].水土保持科技情报,2004(2):30-32.
- [9] 李凤英,何小武,周春火.坡度影响土壤侵蚀研究进展[J].水土保持研究,2008,15(6):229-231.
- [10] 朱连奇,许叔明,陈沛云.山区土地利用/植被变化对土壤侵蚀的影响[J].地理研究,2003,22(4):432-438.
- [11] 游珍,李占斌,蒋庆丰.植被对降雨的再分配分析[J].中国水土保持科学,2003,1(3):102-105.
- [12] 王晓楠.浅谈植物措施在水土保持中的作用机理[J].水土保持应用技术,2008(4):25-27.
- [13] 王茜,王卫,吕晨河.基于GIS和RS的土地利用与土壤侵蚀关系研究——以冀北地区为例[J].中国水土保持科学,2006,4(6):37-41.