

三峡库区土壤侵蚀经济损失估算

吕华丽¹, 吴昌广¹, 周志翔¹, 滕明君¹, 肖文发², 王鹏程^{1,2}

(1. 华中农业大学 园艺林学学院, 湖北 武汉 430070;

2. 中国林业科学研究院 森林生态环境与保护研究所, 北京 100091)

摘要: 运用环境经济学的理论与方法, 计算了三峡库区不同时空、不同土地利用结构下的土壤侵蚀经济损失, 并分析了土壤侵蚀经济损失的动态变化规律及其与土地利用结构之间的关系。结果表明: 1988、2000 和 2007 年三峡库区土壤侵蚀经济损失总量分别为 98.21、99.37 和 87.99 亿元。其中养分经济损失最大, 分别占当年库区土壤侵蚀总经济损失的 87.44%、88.29%、88.02%。在不同土地利用方式中, 耕地经济损失最大; 单位面积经济损失以灌草地最大, 林地最小。土壤侵蚀经济损失存在空间差异性, 云阳县和开县的土壤侵蚀经济损失最大, 长寿县最小; 单位面积的经济损失以云阳县、武隆县和开县最大, 这些区域也是今后土壤侵蚀的重点治理的区域, 而夷陵区的单位面积经济损失最小。

关键词: 土壤侵蚀经济损失; 环境经济学; 土地利用变化; 三峡库区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)04-0117-05

中图分类号: S157.1

Estimation on Erosion-induced Economic Loss in Three Gorges Reservoir Area

LÜ Hua-li¹, WU Chang-guang¹, ZHOU Zhi-xiang¹, TENG Ming-jun¹, XIAO Wen-fa², WANG Peng-cheng^{1,2}

(1. College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China;

2. Research Institute of Forest Ecology Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: Based on environmental economic theories and methods, we calculated the erosion-induced economic loss with different land-use structures in our study area over time and space. We also analyzed the dynamics of erosion-induced economic loss and the relationship between erosion-induced economics loss and land-use structure. The results show that the total economic loss resulted from soil erosion reached 9.82×10^9 , 9.94×10^9 and 8.80×10^9 Yuan in 1988, 2000 and 2007, respectively. The loss of nutrient contributed most to the total economic loss from soil erosion, accounting for 87.44%, 88.29% and 88.02% in the three years, respectively. Among the different land-use types, the highest total economic loss by erosion was found in arable land. Grass land had higher economic loss per unit area than the other land use types. Meanwhile forest land was the lowest in terms of total loss and loss per unit area. The economic loss by soil erosion demonstrated spatial heterogeneity; Yunyang and Kaixian County had the highest total loss, and Changshou County had the lowest. Yunyang, Wulong and Kaixian County had the highest loss per unit area, where measures should be taken in the future to prevent soil erosion. Yiling district had the lowest loss per unit area.

Keywords: erosion-induced economic loss; environmental economics; land-use change; Three Gorges Reservoir Area

近年来,随着生态环境与社会经济的关系受到人们的高度重视,环境经济损失的计量已逐渐成为环境经济学的研究热点^[1-3]。土壤侵蚀是全球范围内最主要的环境问题之一,对其的环境经济损失进行研究具有重要的理论和实践意义。基于运用环境经济学的原理和方法,估算土壤侵蚀的经济损失,不仅可以形象直观地将土壤侵蚀造成的巨大损失公布于众,提高

人们保护水土资源的意识,而且也有利于更准确地采取相应措施来防治土壤侵蚀,达到实现生态资源的可持续利用和国家可持续发展战略的目的。但是,国内对土壤侵蚀经济损失的计量多是将其分别计入森林、耕地、草地等生态破坏损失中,而很少将其作为一项独立的生态破坏损失来估算^[4]。

三峡工程是全球最大的水利水电工程,库区周围

收稿日期:2011-08-15

修回日期:2011-10-22

资助项目:国家科技支撑计划项目“长江流域防护林体系整体优化及调控技术研究”(2011BAD38B04);长江三峡库区(秭归)森林生态定位站项目

作者简介:吕华丽(1985—),女(壮族),广西壮族自治区南宁市人,硕士研究生,研究方向为景观生态与生态恢复。E-mail:gx_hll@163.com。

通信作者:周志翔(1963—),男(汉族),湖北省武汉市人,教授,博士生导师,研究方向为景观生态学与森林生态学。E-mail:whzhouzx@126.com。

土壤侵蚀产生的泥沙淤积和面源污染是影响水库安全运行和效益发挥的最主要环境问题,我国政府已将三峡库区列为全国水土保持重点防治区。近年来,国内已有诸多学者对三峡库区土壤侵蚀的形成机制、演变规律、空间格局进行了研究^[5-6],但对土壤侵蚀经济损失方面的研究尚不多见。本研究结合三峡库区土壤侵蚀的现状与特点,拟运用环境经济学理论和方法,选取土壤养分、土壤水分及泥沙滞留、淤积等实物型损失作为衡量土壤侵蚀经济损失的指标,估算三峡库区土壤侵蚀经济损失的时空变化,并进一步探索土壤侵蚀经济损失与土地利用方式的关系,以期库区水土流失防治提供科学依据。

1 研究区概况

三峡库区(28°31'—31°44' N, 105°50'—111°40' E)东起湖北省宜昌市、西至重庆市江津区,包括湖北省和重庆市共 20 个区县,总面积约 $5.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该区气候类型属中亚热带湿润季风气候,年平均气温在 16~18℃,年降雨量为 1 000~1 200 mm,但年内、区县间降雨量分布不均。土壤类型以石灰土、黄棕壤、紫色土、黄壤、水稻土为主,其中紫色土是该地最重要的农业土壤资源。库区物种资源丰富,主要植被类型有常绿阔叶林、落叶阔叶混交林、落叶阔叶与常绿针叶混交林、针叶林和灌草丛等。库区内人口密度较高,人地矛盾尖锐,土地垦殖率高。耕地以旱坡地为主,多分布在长江干、支流两岸,坡耕地土壤侵蚀已成为三峡库区水土流失的主体和入库泥沙的主要来源^[7]。

2 数据来源

研究采用的基础数据:三峡库区 1:5 万数字化地形图,1988,2000 和 2007 年 3 期土地利用/覆被图,1:100 万土壤分布图,1976—2005 年三峡库区及周边 25 个气象站点的日雨量资料。各地类收益和化肥等价格主要来自实地调查及相关部门提供。

3 研究方法

3.1 土壤侵蚀量的计算

借助 GIS 平台,采用修正通用土壤流失方程(RUSLE),求得年均土壤侵蚀量(A),对方程中降雨侵蚀因子(R)、土壤可蚀性因子(K)、地形因子(LS)、植被覆盖因子(C)、农业措施因子(P)分别取值计算,得到各因子的栅格图层。利用 ArcGIS 空间分析(spatial analysis)模块中的栅格运算(raster calculator)功能交将各因子图相乘,即得到每个栅格的年土壤侵蚀量。

按照不同土壤侵蚀强度将土壤侵蚀分为 6 个等级,不同侵蚀强度类型面积与平均侵蚀模数相乘得到相应的侵蚀量,各侵蚀强度类型的侵蚀量的总和即是库区的总侵蚀量。三峡库区土壤侵蚀属南方红壤丘陵区水力侵蚀为主的侵蚀,因此以我国 1997 年颁布的南方红壤丘陵区土壤容许侵蚀量 T 值 $500 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 为最大容许侵蚀量。利用每一等级土壤侵蚀强度的侵蚀模数范围的中间值减去最大容许侵蚀量 T 值得到各级的土壤侵蚀强度的侵蚀破坏模数(表 1)。其中微度侵蚀的平均侵蚀模数在 T 值范围内,可不需要计算。

表 1 土壤侵蚀强度分级标准 $\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$

侵蚀级别	平均侵蚀模数	侵蚀模数 中间值	侵蚀破坏 模数
微度侵蚀	≤ 500	—	—
轻度侵蚀	500~2 500	1 500	1 000
中度侵蚀	2 500~5 000	3 750	3 250
强度侵蚀	5 000~8 000	6 500	6 000
极强侵蚀	8 000~15 000	11 500	11 000
剧烈侵蚀	$\geq 15 000$	—	—

3.2 土壤侵蚀经济损失的估算方法

土壤侵蚀经济损失包括直接经济损失和间接经济损失,直接经济损失包括养分流失损失(包括 N, P, K 和有机质等)、水流失损失、泥沙滞留损失、泥沙淤积损失等。直接经济损失可以直观地表现土壤侵蚀经济损失,因此,以直接经济损失作为衡量土壤侵蚀经济损失的主要方式。

3.2.1 土壤养分流失损失 土壤养分流失损失的计算方法一般采用代替价格法,即因水土流失而流失的 N, P, K 及有机质,如果采取施用等量化肥来恢复原样,而所需的费用即为养分损失的费用^[8]。

$$N \text{ 流失的经济损失: } E_N = Z_N \cdot S_N \cdot P_N \quad (1)$$

$$N \text{ 素流失量: } Z_N = Z \cdot C_N \quad (2)$$

$$P \text{ 流失的经济损失: } E_P = Z_P \cdot S_P \cdot P_P \quad (3)$$

$$P \text{ 素流失量: } Z_P = Z \cdot C_P \quad (4)$$

$$K \text{ 流失的经济损失: } E_K = Z_K \cdot S_K \cdot P_K \quad (5)$$

$$K \text{ 素流失量: } Z_K = Z \cdot C_K \quad (6)$$

$$\text{有机质流失经济损失: } E_{\text{有}} = Z_{\text{有}} \cdot S_{\text{有}} \cdot P_{\text{有}} \quad (7)$$

$$\text{有机质流失量: } Z_{\text{有}} = Z \cdot C_{\text{有}} \quad (8)$$

$$E_{\text{养分}} = E_N + E_P + E_K + E_{\text{有}}$$

式中: $E_N, E_P, E_K, E_{\text{有}}$ ——N, P, K, 有机质流失的经济损失; $Z_N, Z_P, Z_K, Z_{\text{有}}$ ——N, P, K, 有机质流失量(t/a); Z ——研究区年度土壤侵蚀量(t/a); $C_N, C_P, C_K, C_{\text{有}}$ ——N, P, K, 有机质在土壤中的平均含

量(%)； $S_N, S_P, S_K, S_{有}$ ——N, P, K, 薪材分别折算成碳酸氢铵、过磷酸钙、氯化钾和有机质的系数，分别取值为 5.571, 3.373, 1.667 和 2:1； $P_N, P_P, P_K, P_{有}$ ——碳酸氢铵、过磷酸钙、氯化钾化肥的平均市场价格和薪材的机会成本，分别取值为 568, 533, 2 208, 51.3 元/t^[9]。

3.2.2 水分流失损失 对于水分流失损失，选用“影子工程法”来计算，即用建造一个农用水库工程作为替代物，替代被流失的土壤水分的补偿工程所需的费用^[10]。

$$E = Z \cdot W \cdot P \quad (9)$$

式中： E ——水分流失损失(元/a)； W ——不同土地利用方式下土壤平均含水量(%)； P ——修建每 1 m³ 农用水库所需的投资费用(10 元/m³)

3.2.3 泥沙滞留、淤积损失 根据国内已有的研究表明，我国土壤侵蚀总量中滞留泥沙、淤积泥沙分别约占 33% 和 24%^[11]。与土壤水分流失损失相同，泥沙滞留、淤积经济损失也选用“影子工程法”来计算

泥沙滞留损失：

$$E = V \cdot P, \quad V = Z \times 33\% / \rho \quad (10)$$

式中： E ——泥沙滞留损失(元/a)； V ——泥沙滞留量(m³)； ρ ——泥沙容重； P ——清除 1 m³ 泥沙的费

用(6.5 元/m³)

泥沙淤积损失

$$E = V \cdot P, \quad V = Z \times 24\% / \rho \quad (11)$$

式中： E ——泥沙淤积损失(元/a)； V ——泥沙淤积量(m³)； ρ ——泥沙容重； P ——拦截 1 m³ 泥沙的费用(10 元/m³)

4 结果与分析

4.1 不同时期的土壤侵蚀经济损失

通过土壤侵蚀经济损失估算方法计算得到三峡库区 1988, 2000 和 2007 年 3 期土壤侵蚀经济损失(表 2)。由表 2 可见, 1988—2007 年土壤侵蚀的经济损失变化经过了先增加后减少的过程, 3 期的总量分别为 98.21, 99.37 和 87.99 亿元。由此可见, 在这几十年间, 人们针对库区土壤流失严重这一现象进行了大量的水土保持工程建设, 也收到了一定的成效。但是由于三峡工程的建设初期, 短期内势必会对库区的生态环境产生了一定的影响, 如植被的破坏、气候的变化、山体的滑坡等, 这也在一定程度上都会加大土壤的流失。随着三峡工程的完成, 开始发挥其各项效益。此外各水土保持工程力度的加大, 库区内土壤侵蚀量不断减少, 其经济损失也逐渐降低。

表 2 1988—2007 年三峡库区年土壤侵蚀经济损失

亿元

年份	养分损失					水分 损失	泥沙损失			合计
	N	P	K	有机质	小计		滞留	淤积	小计	
1988	45.60	9.27	23.34	7.67	85.88	2.78	4.51	5.04	9.55	98.21
2000	38.61	7.96	33.95	7.21	87.73	2.91	4.12	4.61	8.73	99.37
2007	29.07	6.26	35.98	6.15	77.45	2.75	4.62	3.16	7.79	87.99

在土壤侵蚀经济损失中, 养分损失占最大的比重, 1988, 2000 和 2007 年分别占 87.44%, 88.29%, 88.02%。由此可见, 土壤侵蚀造成的最直接、最严重的危害就是土层急剧变薄、养分流失和肥力下降, 继而便会引起土地生产力的降低, 减少土地经济效益。

从单项损失来看, 各项损失均出现逐渐下降的趋势, 其中养分损失及水分损失的变化存在一定的波动性。1988, 2000 和 2007 年 3 期的养分损失(亿元)/水分损失(亿元)分别为 85.88, 2.78, 87.73, 2.91 和 77.45, 2.75。1988—2000 年两损失类型出现小幅增大, 增加比例分别为 2.16% 和 4.49%; 2000—2007 年出现下降趋势, 减少的比例分别为 11.72% 和 5.40%。

4.2 不同土地利用的土壤侵蚀经济损失

1988—2007 年间, 三峡库区不同土地利用方式的土壤侵蚀经济损失变化存在差异。从表 3 可以看

出, 在所有的土地利用类型中耕地的土壤侵蚀经济损失所占比重最大, 灌草次之, 林地最小。因此, 为减少三峡库区因土壤侵蚀所带来的经济损失, 在今后进行水土流失防治过程中, 应加大对这两种土地利用类型的管理。

从年际变化来看, 各土地类型经济损失存在一定的波动性。1988—2000 年研究区林地、耕地的土壤侵蚀经济损失逐年减小, 只有灌草地的经济损失逐年增加, 且增加幅度达到了 87.32%。在 2000—2007 年除了耕地外, 其他两种土地利用类型的土壤侵蚀经济损失都在逐年增加。在两个时间段里, 各土地利用类型的土壤侵蚀量的变化趋势与经济损失相一致。20 世纪 90 年代以来, 国家加大了退耕还林的力度, 湖北省、重庆等地还分别实施了“青山绿水工程”, 三峡库区的森林植被面积有所增加。农民改变传统的耕作方式, 采取了一些有效防止水土流失的措施, 这些都

在一定程度上保护了耕地与林地,从而使得水土流失情况得到一定的缓解。但库区林地大都分布在地势比较陡峻的地方,且以人工林和次生林为主,具有保持水土、涵养水源的防护林地比例较小,植被覆盖度

并不是很大,所以林地的土壤侵蚀减缓并不明显。此外,实施封山育林措施形成的荒草地及退耕还林后的人工草地面积在不断增加,但覆盖度仍较低,且由于过度放牧,又加剧了灌丛草坡的水土流失。

表 3 1988—2007 年三峡库区不同土地利用类型土壤侵蚀经济损失

年份	地类	养分损失/亿元				水分损失/ 亿元	泥沙损失/亿元		合计/ 亿元	比例/%
		N	P	K	有机质		滞留	淤积		
1988	林地	2.06	0.81	0.59	0.81	0.50	0.40	0.48	5.62	5.78
	耕地	43.07	8.26	7.60	6.10	1.74	3.75	4.20	74.72	76.90
	灌草地	0.45	0.19	14.19	0.75	0.53	0.33	0.37	16.83	17.32
2000	林地	1.80	0.71	0.51	0.71	0.46	0.35	0.39	4.93	4.99
	耕地	35.94	6.89	6.34	5.09	1.45	3.13	3.51	62.36	63.11
	灌草地	0.85	0.36	26.58	1.41	1.00	0.63	0.70	31.52	31.89
2007	林地	2.28	0.90	0.65	0.90	0.58	0.44	0.49	6.23	7.15
	耕地	25.81	4.95	4.56	3.66	1.04	3.46	2.52	45.99	52.76
	灌草地	0.96	0.40	30.03	1.59	1.13	0.71	0.13	34.95	40.09

从单位面积土壤侵蚀经济损失来看,3 个时期整个库区平均单位面积经济损失分别为 1 726.65, 1 757.10 和 1 575.72 万元/hm²,其中耕地、灌草地单位面积经济损失均超过了库区平均。灌草地的单位面积经济损失最大,而且呈上升趋势;耕地次之,但呈现逐年减小趋势。这就验证了三峡库区在防治与治理水土流失过程中应加强灌草地和耕地的管理的结论。林地是所有地类中单位面积经济损失最小,在 3 期中存在一定的波动变化,2000—2007 年变化幅度相对较小(表 4)。

侵蚀量的时空差异会导致各土地类型单位面积经济损失也存在时空上的变化。各土地利用类型土壤侵蚀量不仅与侵蚀模数有关,也和面积的大小有关。近 20 a 来三峡库区土地利用结构发生很大变化(表 5)。1988—2000 年林地、灌草地、城镇用地均表为增加,其中城镇用地增长幅度达到 180.09%(3.28

×10⁴ hm²);而耕地、荒地面积分别减少 8.54%(2.72 ×10⁵ hm²),21.07%(3.30 ×10³ hm²)。20 世纪 90 年代后,库区内耕地的开垦和耕作方式注重了水土保持措施的加强,同时退耕还林等工程的实施,林地面积增加,水土流失趋向减轻。2000—2008 年,耕地面积减少了 24.08%(7.02 ×10⁵ hm²),其他类型都在不断增加,其中城镇用地增加 91.75%。这是因为随着经济、人口的不断增加,耕地不断被占用,向其他用地类型转变,因此城市建设地得到的不断扩张。

表 4 不同土地利用类型单位面积土壤侵蚀经济损失

土地类型	1988 年	2000 年	2007 年
林地	253.83	220.83	221.62
耕地	2 344.66	2 139.45	2 078.37
灌草地	6 186.40	6 361.41	6 458.77
库区	1 726.65	1 757.10	1 575.72

表 5 1988—2007 年三峡库区不同土地利用类型面积变化

土地类型	1988 年	2000 年	2007 年	1988—2000 年变化		2000—2007 年变化	
	面积/10 ⁴ hm ²	面积/10 ⁴ hm ²	面积/10 ⁴ hm ²	面积/10 ⁴ hm ²	比例/%	面积/10 ⁴ hm ²	比例/%
林地	221.36	223.28	281.26	1.92	0.87	51.98	23.28
耕地	318.67	291.46	221.29	-27.21	-8.54	-70.17	-24.08
灌草地	27.20	49.54	54.11	22.35	82.16	4.57	9.23
荒地	1.55	1.22	1.74	-0.33	-21.07	0.51	41.98
城镇用地	1.82	5.10	9.79	3.28	180.09	4.68	91.75

4.3 不同行政区县土壤侵蚀经济损失

三峡库区土壤侵蚀经济损失存在区域差异,且各区域间差异较大。1988,2000,2007 年各行政区县总土壤侵蚀经济损失分别为 183.95,164.29 和 33.05 亿元。由表 6 可见,开县的经济损失最大,云阳次之,

所占比重均达到 10%左右;长寿经济损失最小,所占比重不超过 2%。在东北部的开县、云阳等区县属于土壤侵蚀极敏感区,这些地区降雨侵蚀力强,地形高差大,此外这些地区还是三峡库区移民迁建工程最为集中的地区,这就导致这些地区土壤侵蚀量加大。

表 6 1988—2007 年三峡库区不同行政区县土壤侵蚀经济损失

亿元

区县	损失价值			区县	损失价值			区县	损失价值		
	1988 年	2000 年	2007 年		1988 年	2000 年	2007 年		1988 年	2000 年	2007 年
兴山	4.04	3.20	2.60	云阳	20.42	16.26	12.89	渝北	2.85	3.67	2.82
夷陵	3.98	3.64	3.22	奉节	17.51	13.56	11.50	涪陵	6.27	7.55	5.66
巴东	11.61	7.98	6.60	万州	16.19	13.38	11.14	巴南	3.92	4.57	3.23
秭归	8.70	7.19	4.69	石柱	7.05	6.05	5.15	重庆	3.16	3.95	2.87
巫溪	13.16	11.30	10.96	忠县	7.27	7.36	6.22	武隆	10.62	11.70	9.47
开县	23.18	18.19	12.90	丰都	7.87	8.56	6.65	江津	4.98	5.43	4.39
巫山	8.78	8.11	7.83	长寿	2.38	2.64	2.26				

就单位面积土壤侵蚀经济损失来看,三峡库区 3 个时期平均单位面积的土壤侵蚀经济损失分别为 0.32,0.29,0.23 万元/hm²,呈下降趋势,与行政区县经济损失变化一致。从各区县的变化趋势来看,东北部的兴山、夷陵、巴东等区县单位面积经济损失逐渐降低,其中秭归降低幅度最大,下降 46.64%;西南部的丰都、武隆、重庆地区一带呈现波动性变化,1988—2000 年呈上升趋势,2000—2007 年逐渐下降(图 1)。这就说明经过水土地保持、封山育林等治理工程的实施,库区大部分区县水土流失情况得到了改善,单位面积土壤侵蚀经济损失强度不断减小。

单位面积经济损失最小的是夷陵区,其经济损失为 0.11,0.10 和 0.09 万元/hm²;单位面积经济损失最大的 3 个区县是云阳、武隆、开县,2007 年单位面积经济损失分别为 0.35,0.33 和 0.32 万元/hm²,均远超过库区单位面积经济损失。在这些地区水土流失非常严重,且潜在的石质化威胁也是土壤侵蚀加重的一个不容忽视的原因^[12-13]。此外,在云阳、云阳、武隆等区县坡度均大于 25°,坡度越大,越易产生径流,越易导致水土流失^[5,14-21]。因此这些地区单位面积土壤侵蚀经济损失强度也相对较大,是今后三峡库区治理的重点区域。

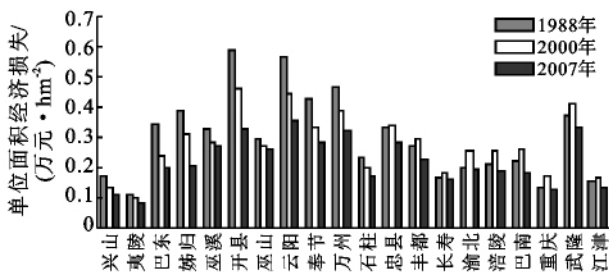


图 1 三峡库区 1988—2007 年各区县单位面积土壤侵蚀经济损失

5 结论

(1) 1988—2007 年三峡库区土壤侵蚀经济损失分别为 98.21,99.37 和 87.99 亿元,其中养分损失最

大,分别占当年库区土壤侵蚀总经济损失的 87.44%,88.29%和 88.02%。由此可见,土壤侵蚀导致最直接的危害就是土壤养分的流失,土壤肥力的降低,进而引起土地生产力下降。

(2) 三峡库区不同土地利用方式的土壤侵蚀经济损失变化存在差异。耕地的土壤侵蚀经济损失所占比重最大,灌草次之,林地最小。从单位面积土壤侵蚀经济损失来看,灌草地最大,其次是耕地,林地最小。因此,三峡库区在进行水土流失防治过程中,应加大对耕地及灌草地管理。

(3) 三峡库区土壤侵蚀经济损失存在区域差异,其中开县的侵蚀经济损失最大,云阳县次之;而长寿县经济损失最小。单位面积土壤侵蚀经济损失,云阳县、武隆县和开县最大,夷陵县最小。因此,云阳县、武隆县和开县应该是以后重点治理的区域。

(4) 考虑到数据的可获得性和可计算方法,本研究只选用了土壤侵蚀经济损失的主要的几个衡量指标,因此所得的估算结果并不能完全代表三峡库区土壤侵蚀的全部经济损失。尽管如此,本研究对库区土壤侵蚀经济损失现状及不同时期的动态变化分析,希望可以提高人们的水土保持意识和供政府有关部门做决策时参考。此外,土壤侵蚀经济损失的计算很多,不同的计算方法得出的结果可能存在一定的差别。因此,寻求一种既适合不同研究区域又能真实反映土壤侵蚀情况的方法,还有待进一步深入研究。

[参 考 文 献]

[1] 李宏. 环境经济损失评估方法体系研究[J]. 重庆:重庆大学,2001.

[2] 杨爱民,庞有祝,李铁铮,等. 水土流失经济损失计量研究评述[J]. 中国水土保持科学,2003,1(1):108-110.

[3] 徐瑶,陈涛,夏明友,等. 南充市土壤侵蚀经济损失估值研究[J]. 水土保持通报,2006,26(5):36-39.

[4] 邓培雁,屠玉麟,陈桂珠. 贵州省水土流失中土壤侵蚀经济损失估值[J]. 农村生态环境,2003,19(2):1-5.

[5] 杨存建,刘纪远,张增祥,等. GIS 支持下不同坡度的土壤侵蚀特征分析[J]. 水土保持学报,2002,16(6):46-50.

(下转第 125 页)

虑孔隙率大、渗透性好、土粒适中、三相比良好的土壤,且具备良好的水、养、热、气条件,适合植被生长,因此选择砂壤土,避免选用黏性土。

5 结论

(1) 库区消落带两重要高程段边坡遭侵蚀破坏较其他高程段严重,船只行驶产生的涌浪为三峡库区岸坡土壤侵蚀的主要原因。

(2) 三峡库区消落带两重要高程段边坡的生态修复应根据岸坡坡度差异,将传统硬性加固措施与生态河岸带构建技术有机结合,以充分发挥二者的优势。

(3) 针对三峡库区消落带治理现状,建议在以后的工作中进一步研发相应的生态防护治理技术,并继续筛选或驯化适宜于消落带生长的两栖植物。

[参 考 文 献]

- [1] 杜逢彬,陈继平,石金胡. 三峡库区消落带环境问题及生态环境评价治理[J]. 城市勘测,2009(2):150-153.
- [2] 苏维词,杨华,罗有贤,等. 三峡库区涨落带的主要生态环境问题及其防治措施[J]. 水土保持研究,2003,10(4):196-198.
- [3] 周彬,朱晓强,杨达源. 长江三峡水库库岸消落带地质灾害防治研究[J]. 中国水土保持,2007(11):43-45.
- [4] Su Weici, Liu Jinping, Zhang Junyi. The main ecological issues of water-level-fluctuating zone and the strategies in Three Gorges Reservoir area[J]. Journal of Environmental Science and Engineering, 2011,4(1):77-82.
- [5] 陈梓云,彭梦侠. 三峡库区消落带土壤中重金属铬调查与分析[J]. 四川环境,2001,20(1):53-54.
- [6] 王炯. 三峡库区消落地的利用与管理问题研究[J]. 西南农业大学学报:社会科学版,2003,1(1):35-38.
- [7] 熊俊,袁喜,梅朋森,等. 三峡库区消落带环境治理和生态恢复的研究现状与进展[J]. 三峡大学学报:自然科学版,2011,33(2):23-28.
- [8] Su Weici, Liu Junping, Yang Hua, et al. A preliminary study on land exploitation and utilization models of water-level-fluctuating zone (WLFZ) in the Three Gorges Reservoir area of Chongqing[J]. Journal of Natural Resources, 2010,20(3):228-232.
- [9] 吴智洋,韩冰,朱悦. 河流生态修复研究进展[J]. 河北农业科学,2010,14(6):69-71.
- [10] 刘信安,柳志祥. 三峡库区消落带流域的生态重建技术分析[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版,2004,21(2):60-63.
- [11] 黄川,谢红勇,龙良碧. 三峡湖岸消落带生态系统重建模式的研究[J]. 重庆教育学院学报,2003,16(3):63-66.
- [12] 金鉴明,汪俊三. 峡库区必须进行生态修复与屏障建设[J]. 水科学与工程技术,2010(1):1-3.
- [13] 戴方喜,许文年,刘德富,等. 对构建三峡库区消落带梯度生态修复模式的思考[J]. 中国水土保持,2006(1):34-36.
- [6] 吴从林,张平仓. 三峡库区王家桥小流域土壤侵蚀因子初步研究[J]. 长江流域资源与环境,2002,11(2):165-171.
- [7] 李晓红,韩勇,郑阳华. 三峡库区坡耕地土壤侵蚀治理效益分析[J]. 重庆大学学报:自然科学版,2007,30(1):134-138.
- [8] 李夷荔,林文莲. 论工程侵蚀特点及其防治对策[J]. 福建水土保持,2001,13(3):7-9.
- [9] 杨志新,郑大玮,李永贵. 北京市土壤侵蚀经济损失分析及价值估算[J]. 水土保持学报,2004,18(3):175-178.
- [10] 崔伟宏. 区域可持续发展决策支持系统研究[M]. 北京:宇航出版社,1995:10-18.
- [11] 闫业超,岳书平,张树文,等. 黑土区土壤侵蚀经济损失价值估算及其特征分析:以黑龙江克拜东部黑土区为例[J]. 自然资源学报,2009,24(12):2135-2147.
- [12] 莫斌,朱波,王玉宽,等. 重庆市土壤侵蚀敏感性评价[J]. 水土保持通报,2004,24(5):45-50.
- [13] 李月臣,刘春霞,赵纯勇,等. 三峡库区(重庆段)土壤侵蚀敏感性评价及其空间分异特征[J]. 生态学报,2009,29(2):788-797.
- [14] 倪九派,魏朝富,谢德体,等. 坡度对三峡库区紫色土坡面径流侵蚀的影响分析[J]. 泥沙研究,2009(2):29-34.
- [15] 许月卿,黄靖,冯艳,等. 不同土地利用结构下的土壤侵蚀经济损失:以贵州省猫跳河流域为例[J]. 地理科学进展,2010,29(11):1451-1456.
- [16] 夏建国,胡萃,刘芸. 川西低山区土壤侵蚀经济损失及其评估模式:以名山县蒙山为例[J]. 生态学报,2006,26(11):3696-3704.
- [17] 刘文明. 山东省沂蒙山区土壤侵蚀经济损失评估及恢复对策研究[D]. 山东泰安:山东农业大学,2005.
- [19] 史志华,蔡崇法,丁树文,等. 基于GIS的汉江中下游土壤侵蚀强度初步分析[J]. 水土保持学报,2001,15(6):14-18.
- [20] Pimental D, Harvey C, Resosudarmo P, et al. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits[J]. Science, 1995,267(5201):1117-1123.
- [21] Shi Hui, Shao Mingan. Soil and water loss from the Loess Plateau in China[J]. Journal of Arid Environments, 2000,45(1):9-20.

(上接第121页)