

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

夏建国, 胡 萃, 刘 芸

(四川农业大学资源环境学院, 四川 雅安 625014)

摘要: 借助中国坡面土壤流失预报方程(CSLE)估算研究区的土壤侵蚀量,并重点对该区土壤侵蚀生态经济损失进行计算和分析,结果表明研究区土壤侵蚀的直接经济总损失为 1776.387 万元,占同期当地第一产业总产值的 5.001%,其中经济损失最严重的是林地和坡耕地,其次探讨了水土流失生态-经济面积边际损失比的概念,通过分析得出侵蚀所造成的直接经济边际损失每增加 1 万元,在此基础上,其生态价值的边际损失将增加 76~91 元。

关键词: 土壤侵蚀;经济损失;评估模式;边际效益

文章编号: 1000-0933(2006)11-3696-08 **中图分类号:** F293.2;F320.1;X43;X45 **文献标识码:** A

The economic loss of soil erosion and its assessment model in the West of Sichuan Basin : a case of Meng Mountain in Mingshan County

XIA Jian- Guo , HU Cui , LIU Yun (College of Resources and Environment , Sichuan Agricultural University , Sichuan Ya 'an 625014 , China) . Acta Ecologica Sinica , 2006 , 26(11) : 3696 ~ 3703.

Abstract: Based on geographical information system technology , DEM of the area and CSLE model and according to the basic principles and methods of environment economics , the value losses of soil erosion of Meng Mountain was analyzed and estimated. The results showed that the total economic loss of water and soil loss was more than 12921.548yuan in 2004. And the direct economic loss value was 1776.387yuan. It was 5.001% of the first industry GDP of the year and the paper concluded that the economic loss of soil erosion in study area was 344.221 yuan/km² in 2004. The losse of nutrient and organic matter was 1639.11yuan and it was 92.31% of total direct economic loss of soil erosion and their loss proportion was greatest one in these valuated factors. Secondly for the soil water losses and it was 2.83% of total direct economic losses of soil erosion. Among different land use types , the economic value losses of soil erosion in forestland and sloping farmland were the most serious in the study area , they were 86.813yuan and 483.184yuan , accounting for 48.91% and 27.20% of total direct economic loss of soil erosion , respectively. It made clear that forestland and sloping farmland were the keys of harnessing soil erosion. Then this paper discussed the assessment model of economy loss and eco-value loss of soil and water loss. The calculating model was built , and the ratio of eco-economy area marginal loss on soil and water loss were analyzed. The results indicated that the direct economic marginal loss increased 10000yuan , based on the foundation , the eco-economy marginal loss would increased 76~91yuan among five land use types.

Key words: soil erosion ; economic loss ; estimation model ; marginal benefit

基金项目: 四川省教育厅青年基金资助项目(2005A001);四川农业大学青年基金资助项目

收稿日期: 2006-01-18; **修订日期:** 2006-10-15

作者简介: 夏建国(1967~),男,重庆南川人,博士,副教授,主要从事土地利用、土地规划与土壤侵蚀研究。E-mail: xiajianguo @126.com

Foundation item: The project was financially supported by youth foundation of department of education of Sichuan Province (2005A001) , youth science and technology foundation of Sichuan Agricultural University

Received date: 2006-01-18; **Accepted date:** 2006-10-15

Biography: XIA Jian- Guo , Ph. D. , Associate professor , mainly engaged in land use , land use planning and soil erosion. E-mail : xiajianguo @126.com

随着人类文明进程的推进,人与自然之间的矛盾日益尖锐,日趋严重的环境污染、生态破坏使得人类不得不重新认识人与自然之间的基本关系。就我国西部地区而言,水土流失面积已达 282.59 km^2 , 占中国水土流失总面积 (356 万 km^2) 的 77%, 因环境破坏所造成的经济损失已达 1500 亿元^[1,2], 其中因水土流失所造成的经济损失每年都达上百亿元。严重的土壤侵蚀已成为国家及区域国民经济持续、健康发展的重要制约因素。因此从自然的经济价值角度, 深入探讨自然与人类生活中最现实、最基本的价值关系, 把自然损耗纳入人类经济增长的成本进行核算, 并以此来制定国家经济发展方略, 具有相当重要的现实意义。如今世界上许多环境生态学家已开始意识到, 整个自然系统评价和经济评价方法的关键, 是用货币值来表示各种界外的和环境影响的能力^[3]。生态破坏的经济影响既是研究热点, 也是难点, 对资源退化经济损失的评估在发展中国家尚处于初级阶段, 其中土壤侵蚀就是资源破坏的一个典型方面, 已引起许多学者对其破坏损失价值估算的关注^[4]。

本文在 ArcView 地理信息系统的支持下, 采用适合我国国情的土壤流失方程 (CSLE) 来估算蒙山地区土壤侵蚀量, 并借鉴国内外对土壤侵蚀生态经济损失研究的成功经验, 将生态学基本规律与市场价值法, 机会成本法和影子工程法等相结合, 探讨水土流失的经济损失和生态价值损失。将各类型生态破坏造成的侵蚀危害, 通过定量或半定量的折算, 最终以经济损失的形式表现出来, 作为生态经济负效值, 以期使土壤侵蚀破坏现状与经济建设的主要指标形成强烈对比, 旨在为蒙山地区环境资源价值核算和生态环境保护提供科学依据。

1 材料与方法

名山县位于四川省中西部, 地处东经 $103^{\circ}02' \sim 103^{\circ}23'$, 北纬 $29^{\circ}58' \sim 30^{\circ}16'$ 。蒙山为县境内最高山脉, 地处四川盆地于川西北与青藏高原的过渡地带。山势北高南低, 呈东北—西南带状走向。名山地区属中纬度内陆亚热带湿润气候区, 俗称“西蜀天漏”之地, 常年年均降雨量达 1363mm, 尤其在汛期 (5~9 月份) 的降雨量占全年降雨量的 70.92%, 蒙山降雨量更是达到 2000mm 以上。

本研究选取蒙山一个阳坡面作为主要研究区 (4.91 km^2), 于 2004 年 7 月至 8 月在阳坡面上选取 5 种不同的土地利用方式且分别在不同的土地利用方式下进行随机采样, 共 40 个样点。每个样点由同一地块 3~5 个随机点位 0~20cm 的表层土样混合组成。

主要测定项目: 土壤容重; 土壤机械组成、有机质、全 N、全 P、全 K。

分析方法: 土壤容重采用环刀法; 土壤机械组成采用比重计法; 全 N 采用半微量开氏法; 全 P 采用氢氟酸-高氯酸消化钼锑抗比色法; 全 K 采用氢氟酸-高氯酸化火焰光度法; 有机质采用浓硫酸-重铬酸钾氧化法。

2 土壤侵蚀量预测

2.1 土壤侵蚀量预测模型及其因子的确定

根据中国坡面土壤流失预报方程——CSLE 的计算公式, 进行土壤侵蚀量的预测:

$$Q_{sl} = R \times K \times LS \times B \times E \times T \quad (1)$$

式中, Q_{sl} 为坡面侵蚀量 (t/hm^2); R 为降雨侵蚀力 ($\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$); K 为土壤可侵蚀因子 ($\text{t} \cdot \text{hm}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{MJ}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$); LS 为坡度坡长因子; B 为生物措施因子; E 为工程措施因子; T 为耕作措施因子。

2.1.1 R 因子 本研究采用 Wischmeier 提出的直接利用多年各月平均降雨量推求 R 值的经验公式^[5]:

$$R = \sum_{i=1}^{12} \left[1.735 \times 10^4 \left(1.5 \times \frac{P_i^2}{P} - 0.8188 \right) \right] \quad (2)$$

式中, P , P_i 分别为年平均降雨量、各月平均降雨量。将研究区的年平均降雨量和月平均降雨量代入公式 (2), 得出研究区年降雨侵蚀力 $R = 345.35 (\text{MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{h}^{-1})$ 。

2.1.2 K 因子 本研究中, K 的值的获取是通过实地采样分析, 结合 Williams 等在 EPIC 模型中的方法, 利用土壤有机质和土壤机械组成进行估算^[6]:

$$K = \{0.2 + 0.3 \exp[-0.0256 Sd(1 - Si/100)]\} \times [Si/(Cl + Si)]^{0.3} \times \{1.0 - 0.25 C/[C + \exp(3.72 - 2.95 C)]\} \times [1.0 - 0.7(1 - Sd/100)]/[1 - Sd/100 + \exp[-5.51 + 22.9(1 - Sd/100)]] \quad (3)$$

式中, Sd 为砂粒含量; Si 为粉粒含量; Cl 为粘粒含量; C 为有机质含量。

结合研究区现状, K 的估算值见表 1。

2.1.3 LS 因子 本研究以 1:10000 土地利用现状图和地形图为底图, 进行图件矢量化及创建 DEM。坡度 S 和坡长 L 值可通过 DEM 获取。根据刘宝元等的研究表明, USLE 中的坡长指数 $m = 0.5$ 在陡坡研究上较为合适。根据刘宝元等的研究结果, 采用下式计算 LS 因子值^[7]:

$$L = (\lambda/72.6)^m \quad (4)$$

式中, λ 为坡长; m 为坡长指数 ($m = 0.2 \quad \theta \leq 1^\circ$; $m = 0.3 \quad 1^\circ \leq \theta \leq 3^\circ$; $m = 0.4 \quad 3^\circ \leq \theta \leq 5^\circ$; $m = 0.5 \quad \theta \geq 5^\circ$; θ 为坡度 $^\circ$)

$$S = 10.8 \sin \theta + 0.03 \quad \theta \leq 5^\circ \quad (5)$$

$$S = 16.8 \sin \theta - 0.5 \quad 5^\circ < \theta \leq 10^\circ \quad (6)$$

$$S = 21.9 \sin \theta - 0.96 \quad \theta > 10^\circ \quad (7)$$

2.1.4 水土保持措施因子 BET 不同类型的水土保持措施不仅保土保水效果不同, 适宜的地区和地形部位也有很大的区别。因此, 有时间资金及研究者相关经验有限的情况下, 在短期内确定水保措施因子的方法十分困难, 有待于对其作深入研究。因此, 借用相关研究资料^[8,9], 结合蒙山土地利用现状, 得到 BET 的估算值, 见表 2。

表 1 研究区各土地利用类型的估算值

Table 1 The estimating value of K in five land-use types					
利用类型 Land-use types	坡耕地(玉米) Slope cultivated land (corn)	自然林地 Forest land	草地 Grass land	茶地 Tea lad	果园 Orchard land
K	0.252	0.250	0.270	0.258	0.266

表 2 研究区各土地利用类型 BET 的估算值

Table 2 The estimating value of BET in five land-use types					
利用类型 Land-use types	坡耕地(玉米) Slope cultivated land (corn)	自然林地 Forest land	草地 Grass land	茶地 Tea lad	果园 Orchard land
BET	0.12	0.006	0.1	0.04	0.047

3 土壤侵蚀经济损失

3.1 土壤侵蚀的直接经济损失

3.1.1 养分经济损失 土壤侵蚀使大量的土壤营养物质流失, 主要是土壤中的氮、磷、钾, 对其流失的经济损失主要采用“价格替代法 (Price Replacement Techniques)”。本研究的时段为 2004 年全年, 因此研究确定相应的标准肥料价格以 2004 年第 4 季度价格为准:

$$E_i = \sum Q_{sl} Q_{sl} \times C_i \times S_i \times P_i \quad (1)$$

式中, E 为 N、P、K 养分流失所损失的价值 (元); i 为 N、P、K 三种元素; Q_{sl} 为坡地年侵蚀的土壤总量 (t); C_i 为 N、P、K 在坡地土壤中的平均含量 (%); S_i 为 N、P、K 折算为尿素、磷酸二铵或氯化钾的系数; P_i 为尿素、磷酸二铵或氯化钾肥料的价格 (元); 根据中国期货 (www.qhdb.com.cn) 资料, 四川省尿素、国产磷酸二铵和进口氯化钾肥料在 2004 年的平均零售价分别为: 1600 元/t、2200 元/t 和 1620 元/t。根据这些化肥的分子式, 折算成纯氮、磷、钾化肥的比例为 132/14、132/31、75/39。

3.1.2 有机质的经济损失估算

$$E_p = Q_{sl} \times C \times P \quad (2)$$

式中, E_p 为坡地土壤有机质损失价值 (元); Q_{sl} 为同上 C 为坡地土壤中有机质的平均含量 (%); P 为有机质的价格 (元)。

土壤侵蚀减少有机质损失的价值用增加薪柴的费用来近似估算。薪材转化为土壤有机质的比例为 2:1; 此外, 根据我国林业资料, 我国土地平均生产薪材量为 $5.5 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 我国林地多年平均收益为 282.17 元/ $(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 所以薪材的机会成本价值为 $282.17/5.5 = 51.3 \text{ 元}/\text{t}$ ^[4]。

3.1.3 水分流失损失价值 水分流失的经济损失, 这里选用“影子工程法 (Shadow Engineering Technique)”来计算。本研究采用此法来计算土壤水分流失的土壤水分的补偿工程所需的费用, 可用农用水库工程作为替代物^[10]。其计算式为:

$$E_w = Q_{sl} \times W \times P_w$$

(3)

式中, E_w 为坡地不同土地利用方式下水分流失损失(元/a); Q_{sl} 为同上; W 为坡地不同土地利用方式下土壤平均自然含水量(%); P_w 为修建每 1m^3 农用水库所需的投资费用(元),按以农业灌溉为主的四川大竹河水库及四川省其他大中型水库在 2004 年的平均造价为 10 元/ m^3 计。

3.1.4 泥沙流失的经济损失 与上述土壤水分流失损失一样,泥沙流失的经济损失亦选用“影子工程法”来计算。泥沙损失的替代物为拦截泥沙工程的投资费用,即研究区泥沙流失经济损失就是该地的泥沙流失量(m^3/a)与拦截每 1m^3 泥沙工程的投资费用(元/ m^3)的乘积。其计算式可表示为:

$$E_n = L_n \times G \quad L_n = Q_{sl}/\rho$$

(4)

式中, E_n 为泥沙流失的经济损失(元/a); L_n 为泥沙流失量(m^3); G 为拦截 1m^3 泥沙工程投资费用(元/ m^3),按 1990 年平均水平计为 1.5 元/ m^3 ; Q_{sl} 为同上; ρ 为土壤容重(取坡地 5 种土地利用类型下的土壤容重平均值)。

3.1.5 水土流失直接经济损失总量 水土流失直接经济损失总量即养分流失损失、有机质价值损失、水分流失损失和泥沙流失损失之和。其计算式如下:

$$E_t = E_i + E_p + E_w + E_n$$

(5)

式中, E_t 为水土流失直接经济损失总量(元/a)。

这里需指出,按式(5)计算的结果为经济损失的绝对量,因各地土地面积大小不同,难以进行区域间的对比,故还应在式(5)计算结果的基础上,换算成相对损失量(元/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)),即单位面积(km^2)的年均水土流失直接经济损失(元),其计算式为:

$$E_x = E_t/S_p$$

(6)

式中, E_x 为水土流失直接经济损失相对量(万元/($\text{km}^2 \cdot \text{a}$)); S_p 为研究区坡地面积(4.91km^2)。

3.1.6 土地废弃价值损失 利用“机会成本法(Opportunity Cost Method)”计算因土地废弃而失去的年度经济损失价值。这里的土地废弃价值指因全部耕层丧失而废弃和因耕层变薄更加贫瘠而废弃两种情况,因此以土壤流失总体积按平均耕层厚度折算成土地面积来计算:

$$E = Q_{sl} \times B/(0.3 \times 10000 \times \rho)$$

(7)

表 3 研究区各土地利用类型土壤侵蚀量统计

Table 3 Statistical table of soil erosion in different land types					
利用类型 Land-use types	面积(km^2) Distribution area	占五地类面积百分比(%) % of different land-use types	年土壤侵蚀量(t) The annual soil loss	百分比 (%)	坡度(°) Slope
草地 Grass land	0.03	1.04	16.109	1.41	15 ~ 26
果园 Orchard land	0.07	2.42	24.383	2.14	21 ~ 40
坡耕地 Slope cultivated land	0.82	28.37	362.538	31.75	13 ~ 20
茶地 Tea lad	0.49	16.96	197.527	17.30	14 ~ 31
林地 Forest land	1.4	51.21	541.325	47.41	8 ~ 42
合计 Total	2.89	100.00	1141.882	100.00	—

式中, E 为土壤废弃的经济损失价值(元/a); Q_{sl} 为同上; B 为土地损失的机会成本,根据雅安市农林部门调查,坡耕地、自然林地、草地、茶地和果园每 1km^2 造价分别为 150 万元、263 万元、225 万元、375 万元和 165 万元; ρ 为土壤容重(取坡地 5 地类土壤的容重平均值)。

根据 DEM、CSLE 方程(中国坡面土壤流失预报方程)及运用 ArcMap9.0 图形叠加功能,可以得到,2004 年间五种土地利用方式下土壤模数情况(表 3);再根据公式(1)~(7)可计算出研究区土壤侵蚀的直接经济损失和土地废弃价值损失(表 4)。

3.2 土壤侵蚀量及土壤侵蚀经济损失分析

(1) 5 种土地利用方式下,从侵蚀总量来看,林地年均土壤侵蚀量最大为 541.325t,坡耕地为 362.538t,林地面积为坡耕地的 1.49 倍。究其原因:自然林地的分布面积最广,占五种地类总面积 51.21%,而坡耕地仅为林地面积的 55.41%,因此林地所受侵蚀面积最大;并且在一定范围内,地面坡度愈大,径流速度愈大,土壤侵蚀也更为严重。根据实地调查,大部分分布林地的坡面,其局部坡度都达到 25°以上,坡度因素加剧了其土壤侵蚀程度;从降水因素看,名山地区年均降雨量十分巨大,而蒙山的降雨量更是达到 2000mm 以上,其中降雨量又集中分布在海拔 1000m 以上的区域,因此多分布于海拔 800m 以上的自然林地,便集中承担了较强的降水冲刷,因此土壤侵蚀强度较大。

表 4 研究区 2004 年间不同土地利用类型土壤侵蚀的经济损失价值(万元/a)

Table 4 Values of economic loss of soil erosion in different land use types in study area in 2004 (Unit: 10^4 yuan/a)

利用类型 Land-use types	E_i Economic loss of nutrient	E_p Economic loss of organism	E_w Economic loss of moisture	E_n Economic loss of sediment	E_t Direct economic loss of soil erosion	E_x Indirect economic loss of soil erosion	E Economic loss of castoff
草地 Grass land	20.636	0.176	0.429	0.002	21.243	4.326	0.908
果园 Orchard land	31.562	0.273	0.551	0.003	32.388	6.596	0.979
坡耕地 Slope cultivated land	468.257	3.496	11.391	0.039	483.184	98.408	13.041
茶地 Tea lad	271.273	3.435	9.764	0.024	284.496	57.942	19.753
林地 Forest land	826.079	14.524	28.122	0.088	868.813	176.948	51.583
合计 Total	1617.807	21.904	50.257	0.156	1690.123	344.221	86.264
总计 Total	1776.387						

但从单位面积的土壤侵蚀量来看,林地 为 $386.66\text{t}/\text{km}^2$,而坡耕地为 $442.12\text{t}/\text{km}^2$,坡耕地的土壤侵蚀量为林地的 1.14 倍。这是因为自然林地浓密的冠层能消减降雨势能,缓冲暴雨对地面的击打,林地的枯枝落叶层和丰富的根系可以涵养水源,巩固土壤表层,是减少土壤侵蚀的天然屏障。而坡耕地大部分分布于海拔 800m 以下,特别是人类严重地破坏了坡地植被后,由自然因素引起的地表土壤破坏和土地物质的移动,都加剧了其单位面积的土壤侵蚀量(表 3)。

(2) 由表 4 可得出,整个研究区土壤侵蚀的直接经济总损失为 1776.387 万元,养分和有机质价值损失为 1639.711 万元,占土壤侵蚀直接经济总损失的 92.31%;水分流失损失 50.257 万元,约 2.83%;泥沙流失损失为 0.156 万元,约占 0.01%;土地废弃地价值损失为 86.264 万元,约占 4.86%。养分和有机质流失的价值损失最大,说明土壤侵蚀使大量肥沃的表层土壤丧失,最直接、最严重地的经济损失是降低了土地生产力。

(3) 在不同土地利用类型下,坡耕地的土壤侵蚀经济损失为 483.184 万元,占土壤侵蚀经济总损失的 27.20%,林地占 48.91%,草地占 1.20%,茶地占 16.02%,果园占 1.82%。水土流失直接经济损失最严重的是林地和坡耕地,说明了林地和坡耕地所分布的区域将是研究区水土流失重点治理区域。

3.3 土壤侵蚀的外部经济概算

3.3.1 外部性分析

(1) 自然原因造成的侵蚀 我国特殊的地质地貌条件和气候条件是造成土壤侵蚀的重要自然原因。西部大部分地区属于季风气候,且山地分布广泛,受降水、坡度、植被覆盖度影响强烈。此外,土壤侵蚀还与气候(风、温)、土壤(土壤透水性、土壤抗蚀性、土壤的抗冲性)、地质、水土保持措施、等也有一定的关系。土壤侵蚀使得自然、农业和森林生态系统的土壤质量降低,从而降低了其生产力,并且造成水库淤积,河床抬高,通航能力降低,洪水泛滥成灾,不仅污染江河水质,还会危及到农业生产和人民的生命财产。

(2) 生产活动造成的土壤侵蚀 我国人口多,粮食、民用燃料需求等压力大,在生产水平不高的情况下,对土地实行掠夺性开垦,忽视因地制宜的农林牧综合发展,把只适合林、牧业利用的土地也辟为农田,造成生态系统恶性循环;另外,某些基本建设不符合水土保持要求,例如,不合理修筑公路、建厂、挖煤、采石等,破坏了植被,使边坡稳定性降低,引起滑坡、塌方、泥石流等更严重的地质灾害;而且由于上游土地经营者由于不合

理的土地利用,发生土壤侵蚀后,水、土将再分配,泥沙的运移就会淤积江河、湖泊、水库等,影响航运和水利设施,这些危害及损失对上游土地经营者而言是一种典型的外部成本,即由于上游土地经营者由于不合理的土地利用造成下游人民或社会经济的损失而形成外部不经济^[11]。

3.3.2 土壤侵蚀的外部经济概算 研究区每年因土壤侵蚀造成的直接经济损失至少在 1776.387 万元以上,占同期当地第一产业总产值 35479 万元(名山县 2004 年农业统计年报)的 5.001%,此外,还有难以计量的间接经济损失,主要指由于土壤侵蚀及其衍生危害导致地质灾害而引起而的运输和通讯中断,疾病增加或健康受损、水利设施使用寿命缩短、土地生产力降低及环境恶化等造成的经济损失。依照国际惯例,按直接经济损失与间接经济损失 1 4.5 的比例来算^[13],估计研究区的经济损失价值在 12921.548 万元以上。

表 5 研究区土壤侵蚀年损失估算

Table 5 Value estimation of economic loss of soil erosion in 2004

(Unit: 10⁴ yuan)

估算项 Evaluative item	土壤养分、水分损失 Economic loss of nutrient and moisture	泥沙流失损失 Economic loss of sediment	土地资源损失 Economic loss of land resource	其他损失 Economic loss of other aspects	合计 Total
估算值 Evaluative value	2871.191	0.264	146.559	5022.061	12921.548

借助相关资料,可以估算研究区由于土壤侵蚀形成的内部成本约占 60%(这里主要为土壤养分损失、水分损失,泥沙流失损失),外部成本占 40%(主要包括土地资源损失,淤积水库、江河损失等其他损失)^[12]。研究区土壤侵蚀年损失估算值见(表 5)。

4 土壤侵蚀生态价值的边际效益分析

边际效益是指最后增加的一单位商品或劳务所具有的效用,边际效益是衡量价值量的尺度,边际损失较大,生态价值损失强度也就较高。本文将边际效益理论应用于水土流失的生态价值损失的评估,从相反的方面应用侵蚀景观边际效益。

根据边际效益递减规律,由于土壤侵蚀所造成的生态价值损失和经济损失与各自的侵蚀面积景观面积即土壤侵蚀面积呈函数关系,在其他条件一定的情况下,随着侵蚀景观面积的增加,土壤侵蚀所造成的生态价值和经济损失也在不同侵蚀强度上增加,其边际损失也会不同^[13]。

4.1 生态—经济面积边际损失比

假设在侵蚀景观结构中,侵蚀景观造成的经济损失与生态价值损失分别为和,两种边际损失曲线分别为 N_1 和 N_2 。设在理想状态下土壤侵蚀生态价值损失曲线随侵蚀景观面积的增加会以正比例函数线性增加,即:

$$\frac{dy}{dx} = a$$

(12)

而经济损失的边际损失曲线可由一元线性回归法拟合的函数关系确定即:

$$Y = 8593.2 X - 91.395$$

(13)

两边分别求导数,得到边际损失曲线为:

$$dy = d(8593.2 x - 91.395)$$

$$\frac{dy}{dx} = 8593.2$$

(14)

式中,表示随着侵蚀景观面积的增加,经济损失的边际损失保持不变,为一常数。假设在理想状态下生态价值损失的边际损失曲线随侵蚀景观面积增加以正比例函数线性增加(图 1)。

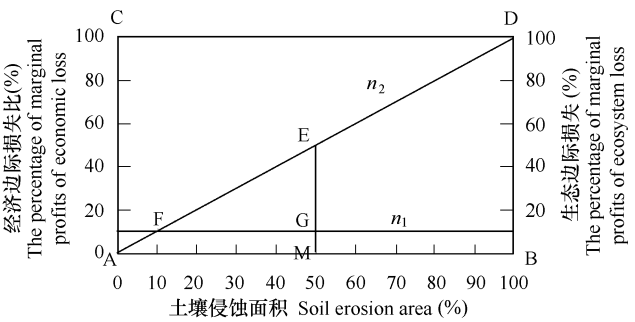


图 1 理想状态下的土壤侵蚀生态经济损失曲线

Fig.1 The curve of eco-economy area marginal loss on soil erosion in the ideal state

图中横坐标 AB 表示面积比例为 100%, 纵坐标表示 AC 和 BD 分别表示经济和生态最大边际损失比例为 100%。如前面分析, 在理想状态下, 经济损失的边际损失 N_1 保持常数 8593.2 不变, 生态损失的边际效益 N_2 如图所示为线性递增。可以看出, 由于土壤侵蚀面积的增加而导致经济损失的增加可以用矩形 $AFGM$ 的面积来表示, 而侵蚀景观面积的增加带来的生态损失增加可以用矩形 AEM 的面积来表示。由于得出, 土壤侵蚀景观面积增加, 生态价值损失和经济损失也会随之增加, 其增加之比可用式 (18) 表示, 其推导过程如下:

$$REAML = S_{\Delta AEM} / S_{\Delta AFGM} \quad (15)$$

式 (15) 中, 基于上述水土流失生态价值的边际效益分析, 可推导出理想状态下侵蚀景观生态-经济面积边际损失比 ($REAML$)。设侵蚀面积景观所占面积比例为 X , 则 ΔAEG 和 ΔAFG 的面积可分别用公式 (16) 和 (17) 表示:

$$S_{\Delta AEM} = X^2 \quad (16)$$

$$S_{\Delta AFGM} = 8593.2 X \quad (17)$$

则 (15) 式可表示为:

$$REAML = X_2 / 8593.2 X = X / 8593.2 \quad (18)$$

4.2 土壤侵蚀生态价值的边际效益分析

根据式 (18) 和前文计算数据可得出研究区 5 种地类下, 由于土壤侵蚀所造成的生态-经济面积边际损失比 (表 6)。

从表 6 中可以看出, 研究区五种地类下, 由于土壤侵蚀而引起的生态-经济面积边际损失比在 0.0076 ~ 0.0091 之间变化, 即侵蚀所造成的直接经济边际损失每增加 1 万元, 在此基础上, 其生态价值的边际损失将增加 76 ~ 91 元。其中, 茶地的生态-经济面积边际损失比最大, 其次为果园和自然林地, 说明若茶地、果园和自然林地的土壤侵蚀经济损失增加, 由此所造成的生态价值损失增加值也将是最大的。这也从另一侧面说明了, 这 3 种地类下, 由于土壤侵蚀引起的经济损失增加, 其生态价值损失增加将更应该引起重视。

5 结论

(1) 对研究区水土流失经济损失和生态价值损失进行探讨, 得出研究区年土壤侵蚀量为 1141.882t, 直接经济损失和间接经济总和可达到 12921.548 万元以上, 其中直接经济总损失为 1776.387 万元。但是土壤资源破坏的经济损失有着复杂的内容, 有的是生产或效益意义上的, 有的是消费或成本意义上的; 有的可以通过市场估价, 有的必须经外部性内部化途径进行评价^[14]。但其内部化功能是有限、未完全成熟的, 外部成本只能根据相关文献作粗略的估算, 所以还不能得到研究区较完整的外部成本量。

(2) 应用费用-效益分析法来决定资源的配置和评价人类活动的实际效果, 可以使人们更直观认识生态环境保持的重要性。将生态系统服务功能货币化, 有利于将自然资本纳入国民经济核算体系, 估算农业的生态成本与经济效益, 并建立绿色 GDP。

(3) 由于土壤侵蚀经济损失评估仍处于探索阶段, 尚无统一的评估准则, 也没有较成熟的方法与评估模型可借鉴, 本研究主要借鉴相关思路对经济损失的评估模型进行初步探讨, 还有待进一步研究完善。

References:

- [1] Zhou W, Li B. Soil erosion area were $356 \times 10^4 \text{ km}^2$ in China in 2004. [Http://www.xinhua.com.cn](http://www.xinhua.com.cn), 2005. 6. 4.
- [2] Cheng X H. Pecuniary loss Owing to environmental pollution was 150 billion yuan in the west of china. [Http://www.xinhua.com.cn](http://www.xinhua.com.cn), 2005. 6. 4.
- [3] Wang L W, Hu Z Q. Analysis on environment economics of the soil erosion in hilly regions of loess plateau. *Territory & Natural Resources Siudy*, 2003, 3.
- [4] Yang Z X, Zheng D W, Li Y G. Value Estimation of Economic Loss of Soil Erosion in Beijing Region. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2004, 18 (3): 175 ~ 178.

表 6 不同土地利用类型的土壤侵蚀生态-经济面积边际损失比

Table 6 The ratio of eco-economy area marginal loss on soil erosion of

5 land types

利用类型 Land-use types	草地 Grass land	果园 Orchard land	坡耕地 Slope cultivated land	茶地 Tea lad	自然林地 Forest land
$REAML$	0.0076	0.0085	0.0078	0.0091	0.0080

- [5] Xu T S, Peng S K, Yue C R. Evaluation of Soil Erosion Based on GIS in a Small Watershed. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition), 2002, 26(4): 43 ~ 46.
- [6] Ni J P, Fu T, Li R X, He B H, Wei C F. Supplying Geographical Information System ARC/INFO to Predict Soil Erosion of Watershed. Journal of Soil and Water Conservation, 2001, 15(4): 29 ~ 33.
- [7] Liu B Y. Division S-G Soil & Water Management & Conservation Slope Length Effects on Soil Loss for Steep Slopes. Soil Sci. Soc. Am. J., 2000, 64(5): 1759 ~ 1763.
- [8] Fu S H, Wu J D, Duan S H. Effect of Soil and Water Conservation Practice on Soil Erosion at Shixia Watershed. Journal of Soil and Water Conservation, 2001, 15(2): 21 ~ 24.
- [9] Zhang Y, Yuan J P, Liu B Y. Advance in researches on vegetation cover and management factor in the soil erosion prediction mode. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(8): 1033 ~ 1036.
- [10] Yang Z S. The Application of Soil Loss Equation in Cultivated Land Suitability Evaluation Based on Sustainable Use and Land Use Planning in the Northeast Mountain Region of Yunnan Province. Journal of Mountain Science, 1999, 17: 36 ~ 44.
- [11] Wang L W, Hu Z Q. Analysis of environment economics of the soil erosion in hilly regions of loess plateau. Territory & Natural Resources Stud, 2003, (3): 27 ~ 29.
- [12] Lu Q, Wu B. Disaster Assessment and Economic Loss Budget of Desertification in China. China Population, Resources and Environment, 2002, 12(2): 29 ~ 33.
- [13] Zhao S L, Yin M, Sun X H. The assessment on economic and Eco-values loss of soil and water loss in Shandong Province. Economic Geography, 2002, 22(5): 616 ~ 619.
- [14] Xiao H, Ouyang Z Y, Zhao J Z, et al. The spatial distribution characteristics and eco-economic value of soil conservation service of ecosystems in Hainan Island by GIS. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(4): 552 ~ 558.

参考文献:

- [1] 周玮, 李斌. 2004 年我国水土流失面积为 356 万平方公里 [EB/OL]. 新华网, 2005, 6. 4.
- [2] 陈晓虎, 杜斌. 西部每年因环境破坏造成经济损失达 1500 亿元 [EB/OL]. 新华网, 2005, 6. 4.
- [3] 王利文, 胡志全. 黄土丘陵区水土流失的环境经济学分析. 国土与自然资源研究, 2003, 3.
- [4] 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. 水土保持学报, 2004, 18(3): 175 ~ 178.
- [5] 徐天蜀, 彭世揆, 岳彩荣. 基于 GIS 的小流域土壤侵蚀评价研究. 南京林业大学学报 (自然科学版), 2002, 26(4): 43 ~ 46.
- [6] 倪九派, 傅涛, 李瑞雪, 等. 应用 ARC/INFO 预测茅子沟小流域土壤侵蚀量的研究. 水土保持学报, 2001, 15(4): 29 ~ 33.
- [8] 符素华, 吴敬东, 段淑怀, 等. 北京密云石匣小流域水土保持措施对土壤侵蚀的影响研究. 水土保持学报, 2001, 15(2): 21 ~ 24.
- [9] 张岩, 袁建平, 刘宝元. 土壤侵蚀预报模型中的植被覆盖与管理因子研究进展. 应用生态学报, 2002, 13(8): 1033 ~ 1036.
- [10] 杨子生. 土壤流失方程在山区耕地可持续利用适宜性评价与土地利用规划中的应用. 山地学报, 1999, 17: 36 ~ 44.
- [11] 王利文, 胡志全. 黄土丘陵区水土流失的环境经济学分析. 国土与自然资源研究, 2003, (3): 27 ~ 29.
- [12] 卢琦, 吴波. 中国荒漠化灾害评估及其经济价值核算. 中国人口资源与环境, 2002, 12(2): 29 ~ 33.
- [13] 赵善伦, 尹民, 孙希华. 山东省水土流失经济损失与生态价值损失评估. 经济地理, 2002, 22(5): 616 ~ 619.
- [14] 肖寒, 欧阳志云, 赵景柱, 等. 海南岛生态系统土壤保持空间分布特征及生态经济价值评估. 生态学报, 2000, 20(4): 552 ~ 558.