

峨庄流域土壤侵蚀时空变化特征

常 成, 张光灿, 刘 霞, 张荣华, 张 荣

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

摘 要:以淄川水土保持生态修复区峨庄流域为研究区域,综合运用“3S”技术和水土保持相关理论与方法,对 1990 年和 2005 年峨庄流域土壤侵蚀格局与动态进行了系统研究。结果表明:15 年来峨庄流域的土壤侵蚀综合防治效益日趋显著;流域土壤侵蚀类型为水力侵蚀,土壤侵蚀强度以轻度侵蚀为主,局部区域存在中度和强度侵蚀;土地利用、植被盖度、坡度等环境因子对流域土壤侵蚀影响密切。研究成果可为优化水土保持措施提供决策依据和技术支撑。

关键词:3S 技术;土壤侵蚀;土地利用;植被盖度;坡度

中图分类号:S157; TP79 文献标识码:A 文章编号:1005-3409(2009)02-0010-05

Variation Characteristics of Soil Erosion in E' zhuang Watershed

CHANG Cheng, ZHANG Guang-can, LIU Xia, ZHANG Rong-hua, ZHANG Rong

(Soil and Water Conservation Department of Forestry College, Key Laboratory of Agricultural Ecology and Environment, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China)

Abstract: This paper takes E' zhuang watershed located in Zichuan water and soil conservation ecological restoration as the study area, uses 3S technique and related soil and water conservation theory and methods comprehensively, studies 1990s' and 2005s' soil erosion and dynamic pattern of E' zhuang watershed. The results indicate: Integrated Control benefits of soil erosion increase significantly day by day; The type of soil erosion is water erosion and the mild erosion is the main soil erosion intensity type, moderate and serious erosion exists only in some areas; The relationship between soil erosion and the way of land utilization, vegetation coverage, the slope is close. The research results can provide technical support and determine the reasonable water and soil conservation measures.

Key words: 3S technique; soil erosion; land utilization; vegetation coverage; slope gradient

小流域综合治理是一项改善生态环境,发展生产力,促进经济与社会发展的系统工程。^[1]但迄今为止,在小流域综合治理中,如何及时快速准确查清不同流域内土壤侵蚀的强度、面积和空间分布;如何准确把握治理前后土壤侵蚀变化,评价水土保持综合治理成效,仍然是水土保持工作中亟待解决的重要问题。区域土壤侵蚀分布具有明显的时空变化特征,但由于土壤侵蚀过程复杂和影响因素较多,利用常规地面监测方法进行时空动态研究难度较大,而 3S 技术(RS、GIS、GPS)给土壤侵蚀时空变化研究提供了先进的手段^[2-3]。目前,在应用遥感技术进行鲁中山地土壤侵蚀研究方面,国内已有较多报道,但还未见有关该区小流域土壤侵蚀格局与动态的研究

报道。为此,以峨庄小流域为研究区域,综合运用“3S”技术和水土保持相关理论与方法,开展土壤侵蚀格局与动态研究。阐明不同时期土壤侵蚀数量特征及其空间格局;揭示土壤侵蚀动态特征及其主要影响因素;评价不同时期小流域综合治理成效,为优化水土保持措施提供决策依据和技术支撑。

1 研究区概况

研究区位于山东省淄博市淄川区东南部,太河水库上游(大型),隶属于小清水水系的淄河支流,包括 31 个行政村。地处 118°07′-118°14′E, 36°22′-36°31′N,南北全长 15.3 km,东西宽 6.11 km,面积 9 159.37 hm²。为典型的北方土石山区,海拔高程

* 收稿日期:2008-10-09

基金项目:山东省水利厅生态修复科技探索项目“水土保持生态修复工程效益监测与评价”

作者简介:常成(1986-),男,在读研究生,主要研究方向:流域治理与信息技术。E-mail: shuibaos@sdau.edu.cn

通信作者:刘霞(1971-),女,博士,副教授,主要研究方向:水土保持生态修复和水土保持信息技术。E-mail: liuxia@sdau.edu.cn

在 235~ 923 m, 基岩主要由石灰岩和页岩组成, 土壤类型主要为褐土类。属暖温带大陆性湿润季风气候, 年平均气温 11.9℃, 极端最高气温 40.5℃, 极端最低气温 - 20.2℃。无霜期 189 d, 年日照时数 2 564 h, 多年平均大风日数 28.1 d。流域为独立流域, 无外来水源, 年均降水量 730 mm, 多年平均蒸发量 1 290 mm, 实测 24 h 最大降水量 170 mm, 年际变化较大, 60%~ 70% 的降水集中在每年的 6~ 9 月。地带性植被类型为暖温带落叶阔叶林, 主要乔木树种有侧柏 (*Platycladus orientalis* (Linn.) Franco) 刺槐 (*Robinia pseudoacacia* L.) 油松 (*Pinus tabulaeformis* Carr) 黄栌 (*Cotinus coggyria* Scop) 辽东栎 (*Quercus liaotungensis* Koidz) 等, 自然灌木与草本植物主要有黄荆 (*Vitex negundo* L.)、胡枝子 (*Lespedeza bicolors* Turcz.) 三裂绣线菊 (*Spiraea trilobata* L.) 等。该区属鲁中南中低山丘陵水力侵蚀区, 土壤侵蚀以水力侵蚀为主, 侵蚀方式以面蚀为主, 兼有雨滴击溅侵蚀和沟蚀等。

2 研究方法

以 1990 年、1995 年、2000 年和 2005 年 4 个典型时期的卫星遥感影像为信息源, 基于 Erdas Imagine 8.7 遥感软件和面向水土保持的 Region Manager 5.5 地理信息系统技术平台, 对峨庄小流域遥感影像进行处理。依据影像的色调、饱和度、形状、阴影、纹理、位置、大小等特征, 采用非监督分类方法进行人机交互解译完成土地利用现状图; 基于 NDVI 植被指数算法^[4], 通过植被盖度定量转换模型, 获得植被盖度分布图; 通过对研究区 1: 5 万地形图矢

量化, 生成数字高程模型 DEM 及坡度分布图; 根据水利部部颁土壤侵蚀强度分级标准和水力侵蚀分级标准 (SL190- 96) 确定土壤侵蚀强度^[5-7], 分为微度、轻度、中度、强度和极强度侵蚀 5 种土壤侵蚀强度级别 (微度侵蚀只作为一种土壤侵蚀分级描述, 不列入土壤侵蚀面积), 并结合土壤、地质、气候和实地 GPS 定位调查结果等因子, 对解译结果进行综合分析及修正, 得到不同时期土壤侵蚀、主要侵蚀环境影响因子的状况及演变趋势, 探索生态修复工程及其不同措施类型对土壤侵蚀的影响。

3 结果与分析

3.1 峨庄流域土壤侵蚀强度与面积变化

3.1.1 土壤侵蚀面积动态分析 流域土壤侵蚀强度分布格局与动态见图 1 和图 2。总体来看, 1990- 2005 年 15 a 间, 各种侵蚀强度均发生了明显的变化。研究区土壤侵蚀面积由 7 203.55 hm² 减少到了 3 504.76 hm², 减少了 3 638.79 hm², 占流域总面积的 40.38%, 年均减少 246.59 hm²。其中, 轻度、中度、强度和极强度侵蚀面积减少, 减少面积最大的是中度侵蚀, 为 2 360.42 hm², 占总面积的 25.77%, 年均减少 157.36 hm², 其次是强度侵蚀, 为 680.99 hm², 占总面积的 7.43%, 年均减少 45.40 hm², 面积减少最小的是轻度和极强度侵蚀, 分别为 340.82 hm² 和 316.57 hm², 占总面积的 3.72% 和 3.46%, 年均 21.10 hm²。15 a 间峨庄流域土壤侵蚀面积大幅度减少, 土壤侵蚀强度显著降低, 由以前的以中度、轻度和强度为主区域, 转变成目前以轻度侵蚀为主的区域, 流域生态环境质量得到提高。

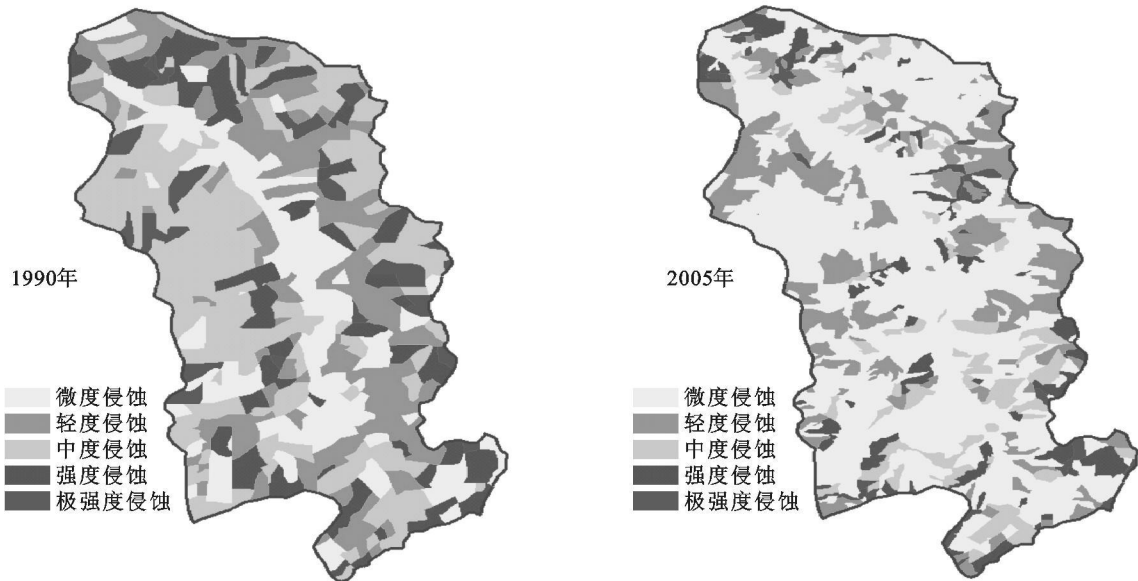


图 1 峨庄流域土壤侵蚀强度分布格局

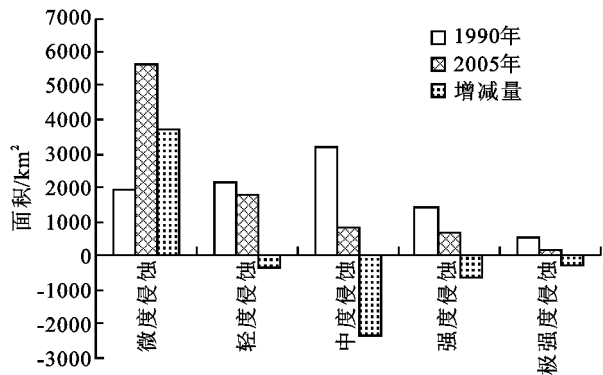


图 2 峨庄流域土壤侵蚀强度变化

3.1.2 不同级别土壤侵蚀强度与面积转化特征分析 区域土壤侵蚀面积减少, 实质上是轻度及其以上土壤侵蚀级别向微度侵蚀级别转化的过程^[8-9]。峨庄流域不同土壤侵蚀强度级别之间面积转移矩阵见表 1, 图 3。可以看出: 2005 年, 微度土壤侵蚀面积 5 654. 61 hm², 与 1990 年的 1 955. 82 hm² 相比增加了 3 698. 79 hm², 其中 1990 年留存面积 1 535. 65

hm², 由 1990 年轻度、中度、强度和极强度侵蚀转入的面积分别为 1 479. 29, 1 839. 73, 740. 36, 59. 58 hm²; 1990 年, 微度土壤侵蚀面积 (1 955. 82 hm²) 中, 到 2005 年有 420. 17 hm² 转变为其他侵蚀强度级别, 其中转变为轻度、中度、强度和极强度侵蚀的面积分别为 218. 43, 101. 30, 84. 42, 16. 03 hm²。不同土壤侵蚀强度级别面积之间都有不同程度的相互转变, 但总的来看, 土壤侵蚀强度增加的总面积(表 1 中对角线下部数据合计 996. 55 hm²), 明显小于土壤侵蚀强度降低的总面积(表 1 中对角线上部数据合计 5 823. 58 hm²)。

在土壤侵蚀强度降低的面积中, 转变为微度侵蚀的面积为 4 118. 96 hm² (超过 70%)。15 a 间不同级别土壤侵蚀强度面积变化最大的为中度侵蚀, 其次为强度、极强度和轻度侵蚀, 土壤侵蚀强度变化趋势为: 由高强度级侵蚀向低强度级侵蚀转化, 由有侵蚀区域向无侵蚀区域转变。

表 1 峨庄流域不同土壤侵蚀强度级别面积转移矩阵(1990- 2005 年) hm²

动态变化转移矩阵		1990					2005 年合计
		微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀	极强度侵蚀	
2005	微度侵蚀	1535. 65	1479. 29	1839. 73	740. 36	59. 58	5654. 61
	轻度侵蚀	218. 43	335. 55	885. 84	277. 80	76. 84	1794. 45
	中度侵蚀	101. 30	113. 49	245. 42	165. 67	201. 06	826. 93
	强度侵蚀	84. 42	188. 08	172. 52	156. 95	97. 41	699. 38
	极强度侵蚀	16. 03	18. 85	43. 84	39. 59	65. 68	183. 99
1990 年	合计	1955. 82	2135. 27	3187. 35	1380. 37	500. 56	9159. 37

注: 在表中, 列表示 1990 年的 5 种土壤侵蚀强度, 行表示 2005 年的 5 种土壤侵蚀强度, 行列交叉表示的是 1990 年的土壤侵蚀强度转变为 2005 年的各土壤侵蚀强度级别的面积, 行、列的合计分别表示 1990 年和 2005 年不同土壤侵蚀强度级别的面积总和。

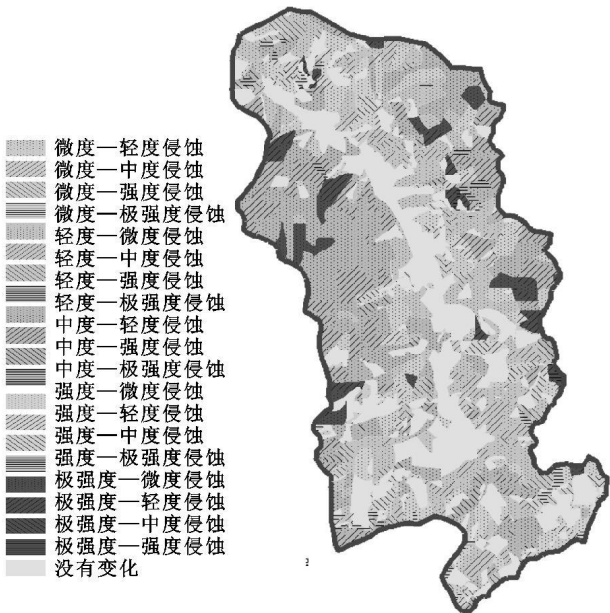


图 3 峨庄流域土壤侵蚀空间变化

3.2 不同环境影响因子土壤侵蚀强度与面积变化

3.2.1 不同土地利用类型的土壤侵蚀变化 应用 Arc View 的空间分析功能, 分别将 1990 年、2005 年的土地利用类型图和土壤侵蚀强度分级图层叠加处理, 并通过交叉分析计算功能模块得到不同土地利用类型上的土壤侵蚀强度面积。可以看出, 1990- 2005 年峨庄流域土壤侵蚀面积分布在林地、草地和耕地等土地利用类型, 水域及水利设施用地、城镇村及工矿用地和其它土地等类型则均未出现土壤侵蚀, 这与土地利用状况密切相关(表 2)。从耕地的土壤侵蚀来看, 1990 的土壤侵蚀主要为轻度侵蚀, 其面积分别为 120. 01 hm², 随着梯田面积的增加, 特别是 2000 年后, 退耕还林、还草等生态修复措施的实施, 耕地面积逐渐减少, 再加上对原有梯田的修复, 研究区耕地的土壤侵蚀面积大幅度降低, 结合野外调查可知, 轻度以上侵蚀主要来源于坡耕地、新开荒地、休闲地等。

表 2 不同土地利用类型下土壤侵蚀强度及其面积变化(1990– 2005 年) hm²

土地利用类型	年份	合计	微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀	极强度侵蚀	轻度以上侵蚀	中度以上侵蚀
耕地	1990	1024. 84	904. 83	120. 01	0. 00	0. 00	0. 00	120. 01	0. 00
	2005	1011. 97	1011. 97	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00
林地	1990	5631. 23	342. 08	1920. 43	2230. 74	803. 09	334. 90	5289. 15	3368. 72
	2005	5566. 54	3245. 57	1359. 22	386. 31	453. 57	121. 87	2320. 97	961. 75
草地	1990	1794. 39	0. 00	94. 84	956. 61	577. 28	165. 67	1794. 39	1699. 55
	2005	1928. 87	745. 09	435. 24	440. 62	245. 81	62. 12	1183. 78	748. 55
城镇村及工矿用地	1990	178. 91	178. 91	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00
	2005	181. 68	181. 68	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00
水域及水利设施用地	1990	46. 70	46. 70	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00
	2005	42. 14	42. 14	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00
其它土地	1990	483. 30	483. 30	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00
	2005	428. 17	428. 17	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00

3. 2. 2 不同植被盖度分级的土壤侵蚀变化 应用 Arc View 的空间分析功能, 分别将 1990 年、2005 年的植被盖度图和土壤侵蚀强度分级图层叠加处理, 并通过交叉分析计算功能模块得到不同植被盖度分级的土壤侵蚀强度面积。其中, 裸地和高覆盖地区无明显土壤侵蚀发生; 低覆盖地区主要以强度、中度和极强度侵蚀为主; 中低覆盖地区主要以中度侵蚀为主, 强度和轻度侵蚀面积较小; 中覆盖地区主要以中度和轻度侵蚀为主; 中高覆盖地区主要以轻度侵蚀为主, 部分地区无明显土壤侵蚀和强度侵蚀, 但面积不大(表 3)。

3. 2. 3 不同坡度分级的土壤侵蚀变化 应用 Arc View 的空间分析功能, 将坡度图分别与 1990 年、2005 年的土壤侵蚀图层叠加处理, 并通过交叉分析

计算功能模块得到不同坡度分级的土壤侵蚀强度面积, 详见表 4。

可以看出, 平缓坡无明显侵蚀; 中等坡以轻度和中度侵蚀为主, 强度侵蚀也有分布, 但面积不大; 斜坡以轻度和中度侵蚀为主, 到 2005 年微度侵蚀增加到 795. 09 hm², 无明显极强度侵蚀; 陡坡区域面积占研究区面积的 49. 60%, 各种土壤侵蚀强度都占有相当大的比例, 以中度和轻度侵蚀为主, 2005 年陡坡强度侵蚀达到总的土壤侵蚀面积的87. 99%; 急坡区域面积中, 中度侵蚀和强度侵蚀面积呈减少趋势, 到 2005 年分别减少 1 567. 10 hm² 和 207. 73 hm², 轻度和微度侵蚀呈增加趋势, 增加面积为 996. 23 hm² 和 1 002. 23 hm²; 陡峭坡区域面积较小, 至 2005 年生态修复后, 以轻度侵蚀为主。

表 3 不同植被盖度下土壤侵蚀强度及其面积变化(1990– 2005 年) hm²

植被盖度	年份	微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀	极强度侵蚀	合计
裸地	1990 年	708. 91	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	708. 91
	2005 年	651. 99	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	651. 99
低覆盖	1990 年	0. 00	0. 00	734. 13	1375. 62	500. 56	2610. 31
	2005 年	0. 00	0. 00	165. 96	617. 82	182. 02	965. 79
中低覆盖	1990 年	0. 00	0. 00	654. 81	4. 75	0. 00	659. 56
	2005 年	17. 94	161. 60	660. 98	81. 57	1. 97	924. 05
中覆盖	1990 年	584. 59	1571. 27	1295. 08	0. 00	0. 00	3450. 94
	2005 年	2259. 71	610. 21	0. 00	0. 00	0. 00	2869. 92
中高覆盖	1990 年	340. 51	564. 00	503. 33	0. 00	0. 00	1407. 84
	2005 年	1579. 62	1022. 65	0. 00	0. 00	0. 00	2602. 27
高覆盖	1990 年	321. 81	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	321. 81
	2005 年	1145. 34	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	1145. 34

表 4 不同坡度下土壤侵蚀强度及其面积变化(1990– 2005 年) hm²

坡度	年份	微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强度侵蚀	极强度侵蚀	合计
平缓坡	1990 年	48. 39	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	48. 39
	2005 年	48. 39	0. 00	0. 00	0. 00	0. 00	48. 39
中等坡	1990 年	224. 01	27. 96	17. 41	5. 28	0. 00	274. 66
	2005 年	262. 00	12. 66	0. 00	0. 00	0. 00	274. 66
斜 坡	1990 年	438. 32	280. 15	351. 91	65. 42	2. 11	1137. 90
	2005 年	795. 09	90. 75	252. 07	0. 00	0. 00	1137. 90
陡 坡	1990 年	847. 85	1383. 89	1205. 56	1016. 08	89. 69	4543. 07
	2005 年	3120. 55	236. 24	570. 92	615. 35	0. 00	4543. 07
急 坡	1990 年	397. 26	441. 69	1569. 73	291. 76	407. 70	3108. 14
	2005 年	1400. 09	1437. 92	2. 64	84. 03	183. 46	3108. 14
急陡坡	1990 年	0. 00	1. 58	42. 74	1. 83	1. 06	47. 21
	2005 年	28. 49	16. 88	1. 30	0. 00	0. 53	47. 21

4 结 论

峨庄流域是以轻度侵蚀为主, 局部以中度和强度侵蚀为主的侵蚀类型区。1990– 2005 年 15 a 间流域内土壤侵蚀面积显著减少, 土壤侵蚀强度明显降低。土壤侵蚀面积由 1990 年的 7 203. 55 hm² 减少到 2005 年的 3 504. 76 hm², 15 a 间减少了 3 698. 79 hm², 年均减少量 246. 59 hm²。土壤侵蚀强度降低表现为侵蚀面积减少, 按照不同等级侵蚀强度面积减少量排序依次为: 中度侵蚀(2 360. 42 hm²) > 强度侵蚀(680. 99 hm²) > 轻度侵蚀(340. 82 hm²) > 极强度侵蚀(316. 57 hm²)。表明: 15 a 来实施以峨庄流域为单元的综合治理获得了明显成效, 有效地遏制了土壤侵蚀的发生与发展, 区域生态环境得到了显著改善。

峨庄流域是以轻度侵蚀为主, 局部以中度和强度侵蚀为主的侵蚀类型区。而且, 不同土壤侵蚀强度的分布具有明显空间分异特征(图 2)。其中, 轻度侵蚀主要分布在受人为活动影响较小的高覆盖度植被区, 以及水库、沟道两侧农田、果园和缓坡区域; 中度侵蚀主要发生在洪积岩、石灰岩区域的中覆盖度植被区; 而强度和极强度侵蚀区则主要分布在人为生产活动频繁的低覆盖度植被区或陡坡区域。说明人为活动方式及其引起的植被覆盖状况和地面坡度等地形因

子状况的变化, 是影响区域土壤侵蚀的重要因素。

参考文献:

[1] 王礼先. 水土保持学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995: 435-473.

[2] 范建友, 丁国栋, 关博源, 等. 正蓝旗植被覆盖动态变化的遥感监测[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(4): 54-59.

[3] 范建容, 柴宗新, 刘淑珍, 等. 基于 RS 和 GIS 的四川省李子河流域土壤侵蚀动态变化[J]. 水土保持学报, 2005, 15(4): 25-28.

[4] 陈云浩, 李晓兵, 史培军. 北京海淀区植被覆盖的遥感动态研究[J]. 植物生态学报, 2001, 25(5): 588-593.

[5] 吴亚宁, 张虎林, 杨丽萍. 黄河流域甘肃片土壤侵蚀遥感普查的初步分析[J]. 遥感技术与应用, 2002, 17(6): 398-401.

[6] 刘权, 王忠静, 刘湘南. GIS 支持下辽河中下游土壤侵蚀遥感动态分析[J]. 水土保持通报, 2005, 25(1): 64-67.

[7] 何兴元, 胡志斌, 李月辉, 等. GIS 支持下岷江上游土壤侵蚀动态研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2271-2278.

[8] 尹民, 赵善伦, 孙希华. 山东省土壤侵蚀遥感调查与空间分析[J]. 水土保持学报, 2002, 16(5): 74-76.

[9] 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.