

安徽省岳西县土壤侵蚀时空演变特征及趋势预测

郝李霞¹,程先富²,张广胜¹

(1. 皖西学院 资源环境与旅游管理学院, 安徽 六安 237012; 2. 安徽师范大学 国土资源与旅游学院, 安徽 芜湖 241000)

摘要:利用 ArcView 3.3 软件,对岳西县 1958 年、1983 年、1992 年的土壤侵蚀动态监测图进行屏幕数字化,得到三期土壤侵蚀强度矢量图;利用 2004 年 TM 影像,通过目视解译的方法,得到 2004 年土壤侵蚀强度矢量图。利用 ArcGIS 软件,对不同时段土壤侵蚀图进行叠加分析,研究了不同时段不同土壤侵蚀强度面积数量的相互转化及土壤侵蚀程度的变化;运用马尔柯夫模型,预测岳西县土壤侵蚀动态演变趋势。主要结论如下:(1)岳西县土壤侵蚀状况 1958—2004 年经历了急剧恶化到逐渐恢复的过程。1958—1983 年土壤侵蚀不断加剧;1983—1992 年土壤侵蚀逐渐恢复;1992—2004 年土壤侵蚀进入全面恢复期。(2)相邻时段的土壤侵蚀图叠加结果分析表明,不同时期土壤侵蚀各等级是相互转化的。(3)1958—2004 年岳西县土壤侵蚀程度无变化的面积经历了先下降后上升的过程,土壤侵蚀程度等级增加的面积先显著扩大再逐步下降,而土壤侵蚀程度等级下降的面积先减少后增加。(4)马尔柯夫模型预测结果表明,到 2016 年微度侵蚀土壤面积增加到 64 221 hm²,中度侵蚀类型面积明显下降;强烈侵蚀与极强烈侵蚀土壤在局部地区有所增加,但这种变化不明显。堆积类型面积呈显著下降趋势,水域面积有所减少。从总体趋势看土壤侵蚀状况向良性循环方向发展。

关键词:土壤侵蚀;时空演变;马尔柯夫模型;岳西县

中图分类号:S157.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)01-0031-06

Study on Spatial and Temporal Changes of Soil Erosion in Yuexi County, Anhui Province

HAO Li-xia¹, CHENG Xian-fu², ZHANG Guang-sheng¹

(1. Resource Environment and Tourism Management College, West Anhui University, Lu'an, Anhui 237012, China;

2. College of Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 241000, China)

Abstract: Soil erosion data at four selected temporal periods, i. e., soil erosion intensity maps of 1958, 1983, 1992 and Landsat TM of 2004. Soil erosion intensity maps of 2004 is interpreted from TM imagery. Making use of the ArcGIS software, soil erosion intensity maps at different periods are served as overlay analysis. In order to analyze area conversion of soil erosion intensity at different periods and changes of soil erosion degree. Based on Markov model, dynamic evolution of soil erosion is forecasted in Yuexi county. Main conclusions are as follows: (1) Soil erosion status in Yuexi county had experienced stages of rapid deterioration to gradual recovery from 1958 to 2004. Soil erosion had aggravated continually from 1958 to 1983. Intense soil erosion had taken place and water area had decreased. Soil erosion status was restoring gradually from 1983 to 1992. Intense soil erosion disappeared. Soil erosion was to be in the recovery stage from 1992 to 2004. Ecological environment was clearly better. (2) Different types of soil erosion were mutually transformational at different times. (3) Unchanged area of soil erosion degree had experienced descending to ascending in Yuexi county from 1958 to 2004. Increasing area of level of soil erosion degree enlarged observably after that it descended gradually, and yet descending area of level of soil erosion degree declined and then climbed up. (4) Predicting results basing on Markov model shows that soil area of slightly erosion shall be increasing to 64 221 hm² if current soil erosion status goes on maintaining at the end of 2016, and that soil area of midderate erosion will be descending, soil area of serious erosion will be increasing in local area but its changes are un conspicuous. Soil area of deposition type shall be descending eminently and waters area shall be diminish-

ing. Soil erosion status will be tending toward better on the whole.

Key words: soil erosion; spatial and temporal changes; Markov model; Yuexi county

土壤侵蚀不仅严重地破坏以土地资源为主的自然资源,而且还会造成严重的生态环境问题,对可持续发展构成极大的威胁^[1-4]。岳西县位于皖西南边陲,大别山腹地,跨江淮分水岭。由于自然因素与人为因素的双重作用,岳西县水土流失极为严重,成为长江流域 13 个重点水土流失县之一。岳西县要实现生态、经济与社会协调可持续发展,必须要加大力度治理水土流失。研究岳西县土壤侵蚀时空演变规律可以为该县水土保持部门进行水土保持规划提供科学依据和决策支持^[5-13],对该县环境及经济可持续发展起到积极作用。

1 研究区概况

岳西县位于北纬 $30^{\circ}29'$ — $31^{\circ}11'$,东经 $115^{\circ}50'$ — $116^{\circ}33'$ 。全县境内地质构造复杂、断层较多。岩石以花岗片麻岩为主,颗粒粗、多断层、易风化,成为水土流失中的主要砂砾质来源。县内地貌呈中低山景观,地形的特点是垂直高差大。岳西县属北亚热带季风气候区,总体气候特征:气候温凉,光照较足,雨量充沛,湿度较大,四季分明,雨热同期。由于降水在时空上分布不均,降水主要集中在汛期,并且暴雨多、雨强大。地形上山高坡陡,河道多为源头段,汇流时间短,大雨水满河,无雨水断流。所以这是形成岳西县水旱灾害频发的重要原因。岳西土壤因受母质岩性影响,颗粒较粗,质地偏砂,黏粒含量少。岳西县为亚热带常绿阔叶林向暖温带常绿阔叶混交林过渡地带,具有两个植被系的特点。

2 研究方法 & 数据资料

2.1 研究方法

本研究以岳西县 1958 年、1983 年、1992 年及 2004 年 4 个时期的土壤侵蚀图为基础,建立空间和属性数据库,生成用于分析的矢量图像。其中 2004 年的土壤侵蚀图是由遥感影像解译而来。利用 ARCGIS 软件的空间分析功能,统计分析功能,对不同时期的土壤侵蚀图层进行叠加分析反映不同时期土壤侵蚀类型之间的相互转化状况,不同侵蚀等级等级的变化及其面积变化状况;利用马尔柯夫模型预测岳西县土壤侵蚀的演变趋势。根据 1992 年与 2004 年土壤侵蚀图叠加获取不同侵蚀类型之间的面积相互转化状况,确定相应的侵蚀类型之间相互转化的初始转移概率矩阵,利用马尔柯夫过程模拟某一时间各

土壤侵蚀等级面积所占比例的动态变化,并据此计算出各等级侵蚀类型的面积预测值。

2.2 数据资料

本论文采集的数据资料有:岳西县 2004 年遥感影像图;岳西县 1:50 000 土壤侵蚀强度图(1958 年,1983 年,1992 年);岳西县 1:50 000 土壤图;岳西县行政区划图等。此外还利用了《岳西土壤》、《岳西县志》、《岳西县水利志》中的部分文字资料。

本研究中利用 1:50 000 的地形图在 ERDAS IMAGINE 8.5 环境中对岳西县 2004 年遥感图像进行几何校正。几何校正模型选择 3 次多项式变换模型,并设置投影为高斯-克吕格投影。为了使投影产生的变形限制在最小范围内,投影选取的双标准纬线: $\varphi_S = 30^{\circ}30'N$, $\varphi_N = 31^{\circ}10'N$;中央经线: $\lambda = 116^{\circ}E$;原点坐标: $30^{\circ}50'N$ 。

2.3 土壤侵蚀等级划分

土壤侵蚀强度是确定土地利用方向、治理措施规划设计和进行土壤侵蚀动态监测的主要依据。根据水利部颁布的《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190—2007)土壤侵蚀强度分级,必须以年均侵蚀模数为判别指标。岳西县的土壤侵蚀类型主要属于水力侵蚀,水力侵蚀划分标准见表 1。

表 1 土壤水力侵蚀的强度分级标准

级别	平均侵蚀模数/ ($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$)	平均流失厚度/ ($mm \cdot a^{-1}$)
微度	<200, <500, <1000	<0.15, <0.37, <0.74
轻度	200, 500, 1000~2500	0.15, 0.37, 0.74~1.9
中度	2500~5000	1.9~3.7
强烈	5000~8000	3.7~5.9
极强烈	8000~15000	5.9~11.1
剧烈	>15000	>11.1

注:本表流失厚度系按土的干密度 $1.35 g/cm^3$ 折算,各地可按当地土壤干密度计算。

岳西县河流众多,河网密集,河流两岸分布有大面积的堆积地貌,不能具体划分为某种侵蚀类型,而且这种地貌类型与各种侵蚀类型也是处于相互转化中,因此将其单独列出作为一种类型,但不属于某种侵蚀类型。

3 岳西县土壤侵蚀时空演变特征分析及趋势预测

3.1 岳西县土壤侵蚀面积变化分析

据表 2 分析,岳西县土壤侵蚀面积变化 1958—2004 年经历了 3 个主要过程:

(1)1958—1983 年土壤侵蚀不断加剧。侵蚀土壤面积逐渐增多,微度侵蚀向侵蚀土壤转化明显,面积由 1958 年的 46 288 hm² 减为 1983 年的 15 963 hm²;轻度侵蚀面积减少,由 1958 年的 86 564 hm² 减少为 1983 年的 50 092 hm²;中度、强烈、极强烈侵蚀土壤面积增加显著,由 1958 年的 48 310 hm²、20 944 hm²、513 hm² 分别增加到 1983 年的 72 456 hm²、33 985 hm²、2 851 hm²;另外还出现了剧烈侵蚀土壤。岳西县水系发达,流水堆积地貌面积较大。1958—1983 年堆积面积明显增多,水域缩小。这也说明 25 a 间该地区水土流失加剧,河流泥沙含量大,河道淤塞。

(2)1983—1992 年土壤侵蚀逐渐恢复。微度侵蚀和轻度侵蚀土壤面积显著增加,分别由 1983 年的 15 963 hm²、50 092 hm² 增加到 1992 年的 22 625 hm² 和 109 202 hm²;尤其表现在中度、强烈、极强烈侵蚀土壤面积大幅度下降,分别由 1983 年的 72 456 hm²、33 985 hm²、2 851 hm² 减少为 1992 年的 52 488 hm²、1 246 hm²、111 hm²;剧烈侵蚀土壤消失。堆积面积由 1983 年的 60 791 hm² 下降到 1992 年的 50 604 hm²,水域面积基本维持不变。9 a 的时间里岳西县通过实施林业规划、调整土地利用结构、小流域综合治理等合理有效的治理措施,使严重的水土流失状况基本得到控制。

(3)1992—2004 年土壤侵蚀全面恢复。微度侵

蚀土壤面积由 22 625 hm² 增加为 50 335 hm²;中度侵蚀土壤面积明显下降,由 52 488 hm² 减为 43 714 hm²;强烈侵蚀与极强烈侵蚀土壤面积有所增加但其面积变化不是很明显,分别由 1 246 hm²、111 hm² 增加为 1 997 hm²、310 hm²,不影响总体趋势的变化。堆积类型面积由 50 604 hm² 下降到 35 562 hm²,水域面积扩大,说明小流域综合治理成果显著。从 1984 年开始,岳西县开展了以小流域为单元的水土保持综合治理,为改善岳西县生态与环境、发展农村经济、促进经济社会可持续发展做出了突出的贡献。

3.2 土壤侵蚀动态演变特征

3.2.1 1958—1983 年土壤侵蚀的变化 岳西县 1958—1983 年土壤侵蚀图的叠加结果(表 3)显示:微度侵蚀土壤主要转化为轻度、中度、强烈侵蚀的土壤,只有 17%的面积无变化。轻度侵蚀土壤主要转化为侵蚀程度较强的类型,只有少量转化为轻度侵蚀。中度侵蚀变成侵蚀程度较弱类型和侵蚀程度较强类型的比例都为 17%。强烈侵蚀有 20%面积没有变化,27%转化成中度侵蚀。极强烈侵蚀土壤有 70%变成强度以下侵蚀类型,有 4%转化成剧烈侵蚀。堆积中有 70%的面积没有变化,发生变化的主要是变成中度侵蚀,占其总面积比为 14%。水域面积缩小,其中 49%转变成堆积,12%成为强度侵蚀土壤。说明大量泥沙进入河流,淤塞河道,河床抬高,成为陆地。

表 2 岳西县土壤侵蚀面积变化

年份	微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强烈侵蚀	极强烈侵蚀	剧烈侵蚀	堆积	水域
1958	46288	86564	48310	20944	513	0	33528	1254
1983	15963	50092	72456	33985	2851	76	60791	1187
1992	22625	109202	52488	1246	111	0	50604	1125
2004	50335	104013	43714	1997	310	0	35562	1470

表 3 岳西县 1958—1983 年土壤侵蚀变化状况

1983 年	1958 年						
	微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强烈侵蚀	极强烈侵蚀	堆积	水域
微度侵蚀	7846	5682	1710	316	23	388	0
轻度侵蚀	16240	23406	6437	1718	116	2165	12
中度侵蚀	13208	30153	18613	5581	83	4711	110
强烈侵蚀	5397	13983	7874	4148	140	2292	153
极强烈侵蚀	177	1229	472	808	3	153	10
剧烈侵蚀	11	0	23	23	19	0	0
堆积	3386	11983	13070	8268	131	23345	610
水域	26	130	112	84	0	476	360

25 a 间岳西县土壤侵蚀经历了剧烈的变化,侵蚀程度弱的向更高侵蚀类型转化的比例大,中度侵蚀向两极转化的比例均等。强烈与极强烈侵蚀主要向较轻的侵蚀类型转化,但总体上向恶化的趋势发展。因为这一时期人为破坏植被严重及其不合理的土地利

用方式、不合理的工程建设导致水土流失日趋严重,形成恶性循环。

3.2.2 1983—1992 年土壤侵蚀的变化 从表 4 看出:岳西县 1983—1992 年土壤侵蚀状况逐渐好转。微度侵蚀类型有 45%面积转化为轻度侵蚀,3%的面

积成为中度侵蚀,没有出现强烈与极强烈侵蚀土壤。轻度侵蚀土壤中只有 16% 变成微度侵蚀类型,14% 成为中度侵蚀土壤,只有极少量成为强烈侵蚀的类型。在中度侵蚀土壤中,有 55% 转化为轻度侵蚀土壤,7% 成为微度侵蚀土壤。强烈侵蚀类型中转化为微度侵蚀、轻度和中度侵蚀的面积比分别为 4%,

44%,37%。极强烈侵蚀土壤只有 2% 无变化,88% 转化为低级别的侵蚀类型。而剧烈侵蚀的土壤类型完全消失。堆积类型中有 24% 转变成轻度侵蚀,19% 向中度侵蚀类型转变,只有少量成为微度侵蚀类型和水域。水域中有 40% 成为堆积类型,向轻度和中度侵蚀类型转变的各占 6%。

表 4 岳西县 1983—1992 年土壤侵蚀变化状况

hm²

1992 年	1983 年							
	微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强烈侵蚀	极强烈侵蚀	剧烈侵蚀	堆积	水域
微度侵蚀	7678	7869	4995	1384	416	63	225	0
轻度侵蚀	7213	31748	39626	14925	1044	6	14577	69
中度侵蚀	501	7000	20034	12521	1024	7	11334	71
强烈侵蚀	0	153	196	593	50	0	253	0
极强烈侵蚀	0	0	2	83	0	0	17	0
堆积	572	3318	7538	4371	310	0	34027	471
水域	0	6	67	109	8	0	359	577

这一时期岳西县土壤侵蚀变化呈现以下特点:微度侵蚀和轻度侵蚀类型土壤有接近一半和超过一半的面积无变化;中度、强烈、极强烈和剧烈侵蚀类型的土壤主要向侵蚀程度较弱的类型转化。总体趋势土壤侵蚀状况明显改观,主要原因是国家采取了相关的水土保持政策,岳西县政府重视水土保持工作,采取了相应的水土保持措施如植树造林、小流域综合治理等,并落实到位。

3.2.3 1992—2004 年土壤侵蚀变化 分析表 5 得出结论:岳西县 1992—2004 年土壤侵蚀程度逐渐减轻,生态环境进入全面恢复期。12 a 间土壤侵蚀变化的总特点:呈现两极分化的局面。具体表现在轻度、中度、强烈、极强烈侵蚀类型主要向低级别的侵蚀类型转变;轻度侵蚀向微度侵蚀转化的面积比例加大;和 1992 年相比,2004 年强烈侵蚀和极强烈侵蚀土壤面积有少量增加,但占全县总面积比例极小。

表 5 岳西县 1992—2004 年土壤侵蚀变化状况

hm²

2004 年	1992 年						
	微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强烈侵蚀	极强烈侵蚀	堆积	水域
微度侵蚀	10638	26970	6615	50	0	5998	64
轻度侵蚀	9561	53976	21772	338	7	18168	191
中度侵蚀	1545	15679	15594	305	82	1034	156
强烈侵蚀	104	513	560	417	0	404	0
极强烈侵蚀	43	189	41	0	0	37	0
堆积	73	11676	7668	136	13	15050	285
水域	0	204	242	0	0	595	429

岳西县自 1991 年实施林业发展规划后,消灭了荒山,森林覆盖率有明显提高。2000 年后,岳西县又进行二次创业,分类管理,保护生态林,近山则规划为经济林。在整地方法上基本杜绝全垦造林,改为带状整地。同时结合工程措施如整修加固和恢复各类堤岸。这些具体措施对减轻水土流失都起到很大作用。

3.2.4 岳西县土壤侵蚀程度变化分析 据图 1 分析,1958—2004 年岳西县土壤侵蚀程度无变化的面积经历了先下降后上升的过程,土壤侵蚀程度等级增加的面积先显著扩大再逐步下降,而土壤侵蚀程度等级下降的面积先减少后增加,陆地与水域也是相互转化,反映了研究区土壤侵蚀复杂的变化过程。

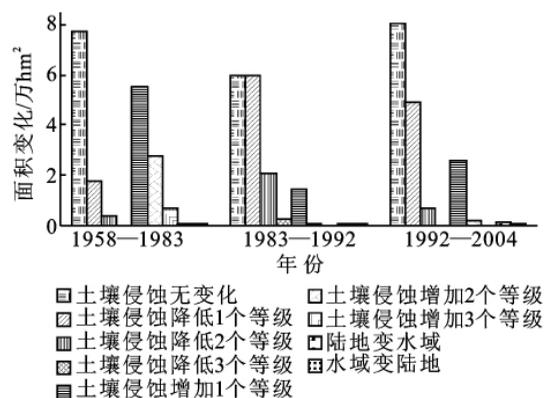


图 1 岳西县土壤侵蚀程度变化

3.3 岳西县土壤侵蚀的动态变化预测

土壤侵蚀的动态演变具有马氏过程的性质,因此

利用马尔柯夫过程模型^[14]研究土壤侵蚀的动态演变比较适宜。运用马尔柯夫过程模型的关键在于确定各侵蚀等级之间相互转化的初始转移概率矩阵 P 。计算初始转移概率矩阵 P ,就是求出从每个状态转移到其他任何状态的状态转移概率 $P_{ij} (i, j = 1, 2, \dots,$

$n)$ 。为了求出每个 P_{ij} ,一般采用频率近似概率的思想进行计算。

3.3.1 初始转移概率矩阵的确定 根据岳西县 1992—2004 年土壤侵蚀类型面积转化,计算出了各土壤侵蚀等级的转移概率矩阵(表 6)。

表 6 岳西县 1992—2004 年土壤侵蚀转移概率矩阵

土壤侵蚀等级	微度侵蚀	轻度侵蚀	中度侵蚀	强烈侵蚀	极强烈侵蚀	堆积	水域
微度侵蚀	47.01	42.25	6.83	0.46	0.20	3.25	0
轻度侵蚀	24.70	49.42	14.36	0.47	0.17	10.69	0.19
中度侵蚀	12.60	41.48	29.70	1.07	0.08	14.61	0.46
强烈侵蚀	4.01	27.17	24.48	33.44	0	10.9	0
极强烈侵蚀	0	6.48	80.75	0	0	12.77	0
堆积	11.85	35.90	20.46	0.81	0.07	29.74	1.17
水域	5.72	17.01	13.83	0	0	25.31	38.13

3.3.2 岳西县土壤侵蚀变化趋势预测分析 根据表 6,应用马尔柯夫模型进行预测,得出岳西县 2016 年土壤侵蚀各等级出现的概率(表 7),并计算出该县 2016 年各等级土壤侵蚀的面积状况(表 8)。

表 7 岳西县土壤侵蚀各等级面积比例变化的马尔柯夫预测值

土壤侵蚀等级	实际值		预测值
	1992 年	2004 年	2016 年
微度侵蚀	9.530	21.203	27.051
轻度侵蚀	45.996	43.813	44.267
中度侵蚀	22.110	18.413	15.609
强烈侵蚀	0.524	0.841	0.888
极强烈侵蚀	0.046	0.131	0.149
堆积	21.320	14.98	11.566
水域	0.474	0.619	0.47

表 8 岳西县土壤侵蚀各等级面积变化的马尔柯夫预测值 hm^2

土壤侵蚀等级	实际值		预测值
	1992 年	2004 年	2016 年
微度侵蚀	22626	50335	64221
轻度侵蚀	109207	104013	105090
中度侵蚀	52491	43714	37056
强烈侵蚀	1246	1997	2108
极强烈侵蚀	111	310	354
堆积	50606	35562	27455
水域	1125	1470	1116

结果表明,如果现在的土壤侵蚀状况继续维持下去,到 2016 年微度侵蚀土壤面积增加到 $64\ 221\ hm^2$,占全县总面积的 27.051%;轻度侵蚀与中度侵蚀土壤面积减少,尤其中度侵蚀类型面积明显下降,占总面积的 15.609%,比 2004 年减少 $6\ 658\ hm^2$;强烈侵蚀与极强烈侵蚀面积在局部地区有所增加,但这种变化不是很明显。堆积类型面积呈显著下降趋势,面积减少到 $27\ 455\ hm^2$,占总面积的 11.566%;与此同

时,水域面积有所减少。从总体趋势看岳西县土壤侵蚀状况向好的方向发展,说明目前的水土保持工作措施得当,效果显著。但局部地区土壤侵蚀有加重的潜在危险,需要引起水土保持部门的重视。

4 结论

(1)近 50 a 来,岳西县土壤侵蚀经历了急剧恶化到逐渐恢复的过程。1958—1983 年土壤侵蚀不断加剧;1983—1992 年土壤侵蚀逐渐恢复;1992—2004 年土壤侵蚀进入全面恢复期。

(2)相邻时段的土壤侵蚀图叠加结果分析表明,不同时期土壤侵蚀各等级相互转化的变化特征如下:

①1958—1983 年的 25 a 间,岳西县土壤侵蚀经历了剧烈的变化,侵蚀程度弱的向更高侵蚀类型转化的比例大,中度侵蚀向两极转化的比例均等。强烈与极强烈侵蚀主要向较轻的侵蚀类型转化。但总体上向恶化的趋势发展。

②1983—1992 年的 9 a 间,岳西县微度侵蚀和轻度侵蚀类型土壤约有一半的面积无变化;中度、强烈、极强烈和剧烈侵蚀类型的土壤主要向侵蚀程度较弱的类型转化,土壤侵蚀状况有了明显改观。

③1992—2004 的 12 a 间,土壤侵蚀程度逐渐减轻,生态环境进入全面恢复期。这一时期土壤侵蚀变化呈现两极分化的局面,具体表现在轻度、中度、强烈、极强烈侵蚀类型主要向低级别的侵蚀类型转变;轻度侵蚀向无明显侵蚀转化的面积比例加大;强度侵蚀和极强度侵蚀土壤面积有少量增加,但占全县总面积比例极小。

(3)1958—2004 年岳西县土壤侵蚀程度无变化的面积经历了先下降后上升的过程,土壤侵蚀等级增加的面积先显著扩大再逐步下降,而土壤侵蚀程

度等级下降的面积先减少后增加,陆地与水域也是相互转化,反映了研究区土壤侵蚀复杂的变化过程及土壤侵蚀状况的演变趋势。

(4)马尔柯夫模型预测结果表明,如果现在的土壤侵蚀状况继续维持,到 2016 年微度侵蚀土壤面积增加,占全县总面积的 27.051%,中度侵蚀类型面积明显下降;强烈侵蚀与极强烈侵蚀土壤在局部地区有所增加,但这种变化不明显。堆积类型面积呈显著下降趋势,水域面积有所减少。从总体趋势看土壤侵蚀状况向良性循环方向发展。但这种状况的维持及改观需要有关部门继续高度重视土壤侵蚀的防治工作,切不可掉以轻心。

参考文献:

- [1] 谢永生. 长江中游洞庭湖、鄱阳湖流域水土流失与防治对策[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(1):8-12.
- [2] 南秋菊,华瑛. 国内外土壤侵蚀研究进展[J]. 首都师范大学学报:自然科学版,2003,24(2):86-95.
- [3] 彭珂珊. 中国土壤侵蚀影响因素及其危害分析[J]. 水利水电科技进展,2000,20(4):15-18.
- [4] 赵晓丽,张增祥,周全斌,等. 中国土壤侵蚀与其地理环境背景的空间关系[J]. 山地学报,2002,20(3):277-283.
- [5] 姚华荣,杨志峰,崔保山. GIS 支持下的澜沧江流域云南段土壤侵蚀空间分析[J]. 地理研究,2006,25(3):421-429.
- [6] 潘剑君,张桃林,赵其国. 应用遥感技术研究余江县土壤侵蚀时空演变[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(4):81-84.
- [7] 高彦华,汪宏清,周旭. 兴国县土壤侵蚀变化的遥感监测与分析[J]. 地球信息科学,2005,7(3):21-24.
- [8] 李德成,徐彬彬,石晓日. 利用马氏过程模拟和预测土壤侵蚀的动态演变:以安徽省岳西县为例[J]. 环境遥感,1995,10(2):89-96.
- [9] 杨子生,刘彦随,Liang Luohui,等. 金沙江下游近 40 年来土壤侵蚀变化:以云南彝良为例[J]. 山地学报,2005,23(2):144-152.
- [10] 王库,史学正,于东升,等. 江西省兴国县土壤侵蚀动态演变趋势分析[J]. 土壤通报,2005,63(1):113-117.
- [11] 史德明,石晓日,李德成,等. 应用遥感技术监测土壤侵蚀动态的研究[J]. 土壤学报,1996,33(1):48-58.
- [12] 潘剑君,赵其国,张桃林. 江西省兴国县、余江县土壤侵蚀时空变化研究[J]. 土壤学报,2002,39(1):58-64.
- [13] 周为峰,吴炳方,李强子. 官厅水库上游近 20 年土壤侵蚀强度时空变化分析[J]. 水土保持研究,2005,12(6):183-186,267.
- [14] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [1] 谢永生. 长江中游洞庭湖、鄱阳湖流域水土流失与防治对策[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(1):8-12.
- [2] 南秋菊,华瑛. 国内外土壤侵蚀研究进展[J]. 首都师范大学学报:自然科学版,2003,24(2):86-95.
- [3] 彭珂珊. 中国土壤侵蚀影响因素及其危害分析[J]. 水利水电科技进展,2000,20(4):15-18.
- [4] 赵晓丽,张增祥,周全斌,等. 中国土壤侵蚀与其地理环境背景的空间关系[J]. 山地学报,2002,20(3):277-283.
- [5] 姚华荣,杨志峰,崔保山. GIS 支持下的澜沧江流域云南段土壤侵蚀空间分析[J]. 地理研究,2006,25(3):421-429.
- [6] 潘剑君,张桃林,赵其国. 应用遥感技术研究余江县土壤侵蚀时空演变[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(4):81-84.
- [7] 高彦华,汪宏清,周旭. 兴国县土壤侵蚀变化的遥感监测与分析[J]. 地球信息科学,2005,7(3):21-24.
- [8] 李德成,徐彬彬,石晓日. 利用马氏过程模拟和预测土壤侵蚀的动态演变:以安徽省岳西县为例[J]. 环境遥感,1995,10(2):89-96.
- [9] 杨子生,刘彦随,Liang Luohui,等. 金沙江下游近 40 年来土壤侵蚀变化:以云南彝良为例[J]. 山地学报,2005,23(2):144-152.
- [10] 王库,史学正,于东升,等. 江西省兴国县土壤侵蚀动态演变趋势分析[J]. 土壤通报,2005,63(1):113-117.
- [11] 史德明,石晓日,李德成,等. 应用遥感技术监测土壤侵蚀动态的研究[J]. 土壤学报,1996,33(1):48-58.
- [12] 潘剑君,赵其国,张桃林. 江西省兴国县、余江县土壤侵蚀时空变化研究[J]. 土壤学报,2002,39(1):58-64.
- [13] 周为峰,吴炳方,李强子. 官厅水库上游近 20 年土壤侵蚀强度时空变化分析[J]. 水土保持研究,2005,12(6):183-186,267.
- [14] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [1] 祝列克. 中国荒漠化和沙化动态研究[M]. 北京:中国农业出版社,2006:124-132.
- [2] 国家林业局. 中国荒漠化和沙化公报[N]. 2005.
- [3] 国家林业局. 中国荒漠化和沙化简况[R]. 2005.
- [4] 颜长珍,王一谋,冯毓荪,等. 在全数字方式下对宁夏草地覆盖的遥感宏观研究[J]. 中国沙漠,2000,20(3):298-300.
- [5] 王金花,李森,李辉霞,等. 石漠化土地分级指征及其遥感影像特征分析[J]. 中国沙漠,2007,27(5):765-770.
- [6] 刘树林,王涛. 浑善达克沙地的土地沙漠化过程研究[J]. 中国沙漠,2007,27(5):719-724.
- [7] 裴浩,李云鹏,乌日娜,等. 应用卫星遥感技术监测生态建设工程[J]. 遥感技术与应用,2003,18(4):221-226.
- [8] 额尔敦布和,恩和,双喜. 内蒙古草原荒漠化问题及其防治对策研究[M]. 呼和浩特:内蒙古大学出版社,2002.
- [9] 世界环境与发展委员会. 我们共同的未来[M]. 长春:吉林人民出版社,1997.

(上接第 30 页)

5 结论

对研究区 5 a 来沙化土地分析表明,区域沙化土地整体呈现减少态势,其中以流动沙地减少最为明显,流动沙地主要转化为固定沙地和半固定沙地。分析认为,自然因素对沙化土地动态变化影响较小,人为因素是促使区域沙化土地好转的主要因素。沙化土地好转主要取决于各项生态建设工程,取决于人为因素对环境破坏作用的减少,研究区目前的沙化土地治理取得了初步成效,生态环境处于一个总体好转的状态。

参考文献:

- [1] 祝列克. 中国荒漠化和沙化动态研究[M]. 北京:中国农