

三峡库区重庆段不同土壤类型土壤侵蚀景观异质性分析

彭月^{1,3}, 王建力^{1,3}, 魏虹^{2,3}

(1. 西南大学 地理科学学院, 重庆 400715; 2. 西南大学 生命科学学院, 重庆 400715; 3. 三峡库区生态环境教育部重点实验室, 重庆 400715)

摘要:以三峡库区(重庆)为研究区域,以景观生态学原理为基础,借助 GIS 技术,重点探讨了研究区不同土壤类型的土壤侵蚀景观异质性。结果表明:(1)紫色土、黄壤、水稻土和石灰(岩)土是研究区的主要土壤类型,在空间上呈差异性分布。棕壤、黄壤和黄棕壤受脆弱的岩溶地理条件影响强烈,斑块形状相对复杂,紫色土更多受人为干扰的影响。(2)微度侵蚀、中度侵蚀、轻度侵蚀景观占有较大的优势。侵蚀等级较高,景观破碎化较严重:粗骨土中强度侵蚀的景观破碎化最强;黄褐土中为剧烈侵蚀;极强度侵蚀在其他各类土壤中均明显破碎,是影响景观破碎化的一个主要因素。(3)景观水平上,粗骨土、石灰(岩)上的土壤侵蚀景观异质性最高,土壤侵蚀景观最为稳定;棕壤、黄褐土上的土壤侵蚀景观异质性最低,土壤侵蚀景观稳定性最低。

关键词:三峡库区(重庆);土壤侵蚀;景观;异质性;岩溶

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)05-0007-06

Research on the Soil Erosion Landscape Heterogeneity of Different Soil Types in Three Gorges Reservoir (Chongqing)

PENG Yue^{1,3}, WANG Jian-li^{1,3}, WEI Hong^{2,3}

(1. School of Geography Science, Southwest China University, Chongqing 400715, China; 2. School of Life Science, Southwest China University, Chongqing 400715, China; 3. Key Laboratory of Ecosystems in Three Gorges Reservoir Region, Chongqing 400715, China)

Abstract:Based on the GIS technology and Landscape Ecology theory, we study the soil erosion landscape heterogeneity in different soil types of Three Gorges Reservoir (Chongqing). The results showed:(1) purple soils, yellow soil, paddy soil and limestone soil were the main types of study area, and clearly distributed in different space. The patch shape of brown soil, Yellow Soil and Yellow-brown Soil were more complex because of the natural geography conditions, but the purple soils was disturbed by human activity. (2) The landscape of tiny soil erosion, mid soil erosion and slight soil erosion were the dominant landscape in study area. The high soil erosion grade landscape had the severe fragmentation. The serious soil erosion in coarse soil had the most strong landscape fragmentation level, the same with the severe soil erosion in Yellow-Cinnamon Soils, in other soil types, the extreme soil erosion had the highest fragmentation level, it was the main drive force of the landscape fragmentation of study area. (3) From the landscape level, the soil erosion landscape in coarse soil and limestone soil had the higher landscape heterogeneity and the soil erosion landscape had the more strong stabilization, and the situation were reversed in brown soil and Yellow-Cinnamon Soils.

Key words:Three Gorges Reservoir (Chongqing); soil erosion; landscape; heterogeneity; karst

土壤侵蚀是地球上最为普遍的物质运动现象,在漫长的地质历史时期内,地球表层的侵蚀与堆积从未

停止过^[1]。土壤侵蚀在中国又称水土流失,而水土流失却是一个世界性的环境问题,主要由于受到降雨和

* 收稿日期:2009-03-02

基金项目:重庆市院士基金专项(2003-7835);中国博士后科学基金资助(2003033483);重庆市自然科学基金计划项目(CSTC, 2007BB7346);国家科技支撑计划课题(2006BAC01A16)

作者简介:彭月(1978-),男,湖南人湘西人,博士研究生,从事景观生态学研究。E-mail: pengyue@swu.edu.cn

通信作者:王建力(1969-),男,山东威海人,教授,博士生导师,主要研究方向为第四纪环境变迁。E-mail: wangjl@swu.edu.cn

地表条件(植被覆盖)的制约,全球的干旱区和半干旱区等生态环境较脆弱的地区更易受土壤侵蚀影响^[2]。岩溶地区本身生态系统脆弱,再加区域上人类的不合理经济活动作用,容易造成当地的植被破坏、岩石裸露,水土流失严重^[3]。而严重的水土流失不仅导致侵蚀区内土壤退化、土地资源遭到破坏、岩溶石山区石漠化,而且还会通过淤积河道、污染水质等过程来破坏下游地区的生态环境^[4]。因此,有效控制水土流失,恢复和保护环境是社会经济发展可持续发展的需要。而准确的生态价值评估则是恢复和保护环境的重要前提,土壤类型的景观异质性则又是生态价值评估所必须考虑的重要方面^[5-8]:不同土壤发生类型塑造了异质的景观格局,而土壤类型上不同的土壤侵蚀又对原有景观格局进行重建,土壤侵蚀反过来会影响土壤的特性和过程,是公认的农用地土质下降的主要原因之一,是影响作物产量的重要因素^[9]。岩溶区土壤景观格局正是岩溶区土壤自身演变和外在人为因素共同作用的结果^[10-11]。

三峡库区是我国水土流失严重的生态环境脆弱区之一,三峡库区(重庆)内有 16 个区县均有岩溶分布,面积约为 43 490.92 km²,占整个重庆岩溶区面积的 64.32%,库区土层瘠薄,保土保水能力极差。多年来,该区人口的过快增长、不合理的经济行为以及三峡工程和移民安置等造成库区土地利用变化范围广、速度快、随意性强,导致土地利用结构不合理、水土流失严重、人地关系紧张^[12]。因此,了解库区不同尺度下景观生态系统的土壤分布规律、不同土壤类型的土壤侵蚀强度也就十分必要。以三峡库区(重庆)为例,以 ArcGIS 为主要工具,选择能反映土壤侵蚀景观异质性特点的景观指数,探讨研究区内土壤类型的异质性以及不同土壤类型上土壤侵蚀景观的异质性,以期为研究区内合理的土地利用、水土流失提供相关的理论依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

三峡库区重庆段东起巫山县、西至江津市、南起武隆县、北至开县,位于 28°31' - 31°44' N、105°49' - 110°12' E(图 1)。包括重庆市的 22 个区、县(自治县、市),面积约 46 158.53 km²,其中有岩溶分布的区县有 16 个,占据研究区的绝大部分。三峡库区重庆段属亚热带季风性湿润气候区,多年平均气温 15 ~ 18℃,气温年较差和日较差大。多年平均降雨量为 1 150.26 mm,雨量充沛但空间分布不均匀。区内日照少,雾日多。三峡库区重庆段地跨大巴山断裂带、川东褶皱带和川鄂湘黔隆起褶皱带三大构造单元,地貌以山地、丘陵为主。全区土壤类型主要

有紫色土、黄壤、黄棕壤、棕壤、石灰土、潮土和水稻土等。区域森林覆盖率为 22.3%,地带性植被以亚热带常绿阔叶林、暖性针叶林为主^[13]。

三峡库区水土流失问题对于投资庞大的三峡工程的长期安全运行、长江中下游的防洪与生态安全具有特殊的、重要的战略意义。而重庆市域内三峡库区面积约占整个三峡库区面积的 80%,覆盖了大部分三峡库区范围,由此则凸现出其重要的生态地理位置。

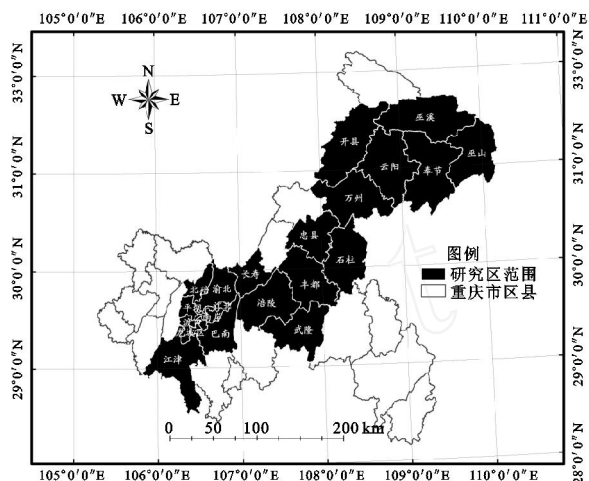


图 1 研究区位置图

1.2 数据来源及预处理

以重庆市 1:10 万土壤侵蚀图(2002 年)、重庆市 1:60 万土壤类型分布图为基础,利用 ArcGIS 9.0 分别进行矢量化,生成数字文件,利用 georeferencing 工具进行空间配准,在 ArcToolbox 里进行投影坐标的定义和转换(Krasovsky_1940_Albers),使土壤侵蚀图和土壤类型分布图空间上完全叠加。通过 Analysis tool 里的 clip 工具,切割出三峡库区重庆段的数据,生成相应的研究区 2002 年土壤侵蚀图(微度、轻度、中度、强度、极强度及剧烈)(图 2)和土壤类型分布图(图 3)。

通过 Conversion tools 将矢量化文件转换成栅格文件(Grid),利用国际上流行的景观格局指数计算软件 Fragstats 3.3 进行相关景观格局指数的计算。该文采用的景观格局指数有:类型面积(Class Area, CA)、周长(Perimeter, PE)、斑块数目(Patch Number, PN)、斑块平均大小(Mean area, MA)、形状指数(Shape index)、斑块密度(Patch density, PD)、边界密度(Edge Density, ED)、分维数(Fractal Dimension Index, FRAC)、最大斑块指数(Largest Patch Index, LPI)、多样性(Shannon's Diversity Index, SHDI)、均匀度(Shannon's Evenness Index, SHED)、丰富度(Patch Richness, PR)等^[14]。

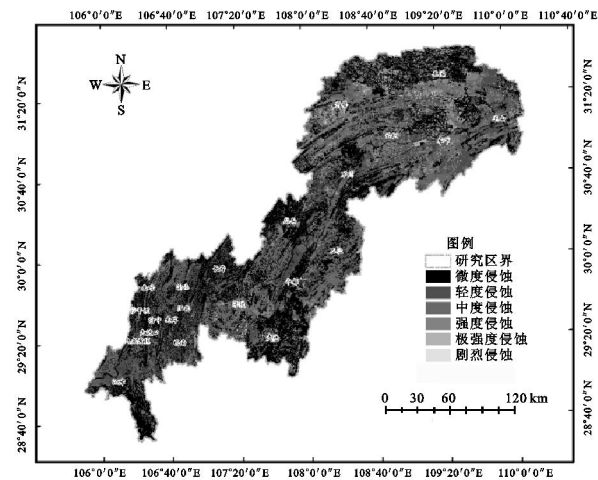


图 2 研究区土壤侵蚀等级图

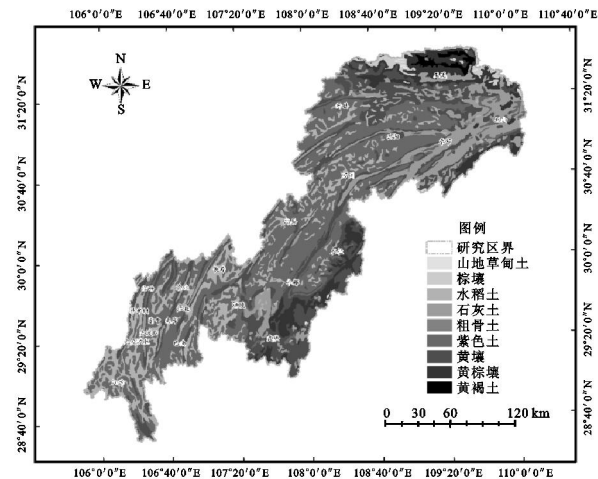


图 3 研究区土壤类型分布图

表 1 三峡库区(重庆)土壤类型统计

土壤类型	山地草甸土	棕壤	水稻土	石灰(岩)土	粗骨土	紫色土	黄壤	黄棕壤	黄褐土
面积/ km ²	69.36	646.37	6149.21	5758.44	53.66	18409.22	10687.72	4000.69	395.61
面积比/ %	0.15	1.40	13.32	12.47	0.12	39.87	23.15	8.67	0.86

2.2 不同土壤类型与土壤侵蚀异质性(类型水平)

由表 2 看出,除了粗骨土以中度侵蚀和微度侵蚀占优势,石灰(岩)土以微度侵蚀和轻度侵蚀占优势,黄褐土则以微度侵蚀和强度侵蚀占优,其他类型土壤都是以微度侵蚀和中度侵蚀为优势景观类型。而极强度侵蚀和剧烈侵蚀相对分布较少,物别是剧烈侵蚀在山地草甸土、棕壤、粗骨土中没有分布。总体来看,微度侵蚀、中度侵蚀和轻度侵蚀是研究区主要的斑块类型,但由于各类土壤的理化性质及分布特点不同,3类斑块在各类土壤上的比例及平均斑块大小上各不相同,其中研究区的 8 类土壤(粗骨土除外)都是以微度侵蚀占绝对优势,其平均斑块大小在和类土壤中分布的顺序为黄褐土>黄棕壤>棕壤>黄壤>石灰(岩)土>山地草甸土>紫色土>水稻土>粗骨土。微度侵蚀景观在各类土壤中的面积都大于其他侵蚀等级景观,其中在紫色土中分布面积最多,达到

2 结果分析

2.1 土壤类型与分布

三峡库区(重庆)的土壤类型总面积约为 46 170 km²,其面积构成见表 1。从表 1 中看出,三峡库区(重庆)的土壤类型中以紫色土面积最大,为 18 409.22 km²,占整个研究区土壤面积的39.87%,分布在除巫山县以外的长江沿岸区县境内,特别在研究区中部的涪陵、丰都、忠县、万州和开县等地分布密集。其次为黄壤,面积为 10 687.72 km²,占研究区土壤面积的 23.15%,武隆、石柱和开县等岩溶分布较多的区县。再次为水稻土,面积为 6 149.21 km²,占研究区土壤面积的 13.32%,主要分布在研究区西部的重庆市都市区及其周边的区县,这里地势较平缓,经济相对较发达。石灰(岩)土面积为 5 758.44 km²,占研究区土壤面积的 12.47%,主要分布在研究区东部的巫山和奉节等区县,另在涪陵也有部分石灰(岩)土的分布。其他类型土壤面积较小,且分布较为零散。

紫色土、黄壤、水稻土和石灰(岩)土是研究区内主要的土壤类型,且均有成片的分布,紫色土集合中部与中西部;黄壤则在东北及东南部;水稻土主要分布在研究区西部区县;石灰(岩)土在研究区东部分布明显。这几种类型面积较大,占整个研究区土壤面积的 88.81%,共同起着支配作用。

7 114.98 km²,其他依次为黄壤>水稻土>黄棕壤>石灰(岩)土>棕壤>山地草甸土>黄褐土>粗骨土;中度侵蚀在山地草甸土、水稻土、粗骨土、紫色土和黄壤占优势,分别为 49.47%,56.65%,42.88%,42.56%,52.01%。轻度侵蚀在石灰(岩)土中分布较多,占该类型土壤面积的 27%,强度侵蚀在黄褐土分布仅次于微度侵蚀,面积比例为 13.32%。其他侵蚀等级面积较小,在各类土壤中的比例较低。

通过斑块密度可以一定程度上反应其破碎化,强度侵蚀在粗骨土中斑块密度最大,剧烈侵蚀在黄褐土中斑块密度最大,除此以外,极强度侵蚀在各类土壤中的斑块密度都最大,表明粗骨土中级强度侵蚀斑块破碎化严重,而在黄褐土中剧烈侵蚀景观破碎化最高,其他土壤类型中极强度侵蚀景观最为破碎。从最大斑块所占比例来看,在石灰(岩)土和紫色土中轻度侵蚀最大斑块所占比例最高,其他土壤

类型中微度侵蚀最大斑块比例最大,在石灰(岩)土在,而其他土壤类型中微度侵蚀的最大斑块对景观和紫色土中,轻度侵蚀的最大斑块对景观的影响最起着主要的控制作用。

表 2 三峡库区(重庆)土壤类型上的土壤侵蚀景观格局指数(类型水平)

土壤类型	斑块类型	面积/ km ²	周长/ km	数目/ 个	平均大小/ km ²	形状 指数	斑块密度/ (个·km ⁻²)	边界密度/ (km·km ⁻²)	分维数	最大斑 块指数
山地 草甸土	微 度	34.31	261.522	32	1.07	12.03	0.93	0.428	1.0874	0.0189
	轻 度	11.70	64.413	6	1.95	5.41	0.51	0.084	1.0999	0.0166
	中 度	17.03	180.189	51	0.33	12.13	2.99	0.347	1.0763	0.0155
	强 度	6.10	88.306	29	0.21	10.08	4.75	0.17	1.0895	0.0032
	极强度	0.21	5.134	4	0.05	3.19	18.83	0.01	1.0791	0.0003
棕壤	微 度	365.89	1859.611	147	2.49	27.63	0.40	7.409	1.0856	0.3662
	轻 度	100.88	300.454	25	4.04	8.41	0.25	1.201	1.0980	0.2272
	中 度	119.44	1100.772	152	0.79	27.41	1.27	2.597	1.1075	0.0521
	强 度	44.45	516.373	110	0.40	22.59	2.47	0.973	1.1046	0.0187
	极强度	15.30	249.468	99	0.15	18.38	6.47	4.959	1.0899	0.0050
水稻土	微 度	2636.97	21241.122	3832	0.69	111.90	1.45	15.788	1.0919	0.1886
	轻 度	1307.17	12024.817	2854	0.46	92.65	2.18	9.489	1.0880	0.1158
	中 度	1649.53	13646.35	2499	0.66	96.74	1.51	11.027	1.0895	0.1036
	强 度	479.89	4559.417	1075	0.45	60.31	2.24	3.692	1.0914	0.0217
	极强度	71.59	936.113	277	0.26	31.88	3.87	0.788	1.0978	0.0027
	剧 烈	3.91	65.778	32	0.12	9.72	8.18	0.054	1.0899	0.0004
石灰 (岩)土	微 度	1760.38	10946.436	1211	1.45	67.25	0.69	8.789	1.0882	0.1751
	轻 度	1550.70	9761.782	1061	1.46	67.59	0.68	8.681	1.0921	0.2110
	中 度	1258.87	9015.168	1431	0.88	71.86	1.14	8.288	1.0920	0.0723
	强 度	807.27	7919.503	1942	0.42	80.87	2.41	7.768	1.0956	0.0358
	极强度	341.83	4492.554	1223	0.28	70.42	3.58	4.55	1.0978	0.006
	剧 烈	23.76	324.334	108	0.22	19.65	4.54	0.337	1.0924	0.0019
粗骨土	微 度	12.93	118.777	22	0.59	9.40	1.70	1.132	1.1001	0.0531
	轻 度	7.43	71.013	15	0.50	7.26	2.02	0.682	1.0939	0.0194
	中 度	21.79	162.509	20	1.09	9.70	0.92	1.594	1.0962	0.0676
	强 度	6.22	80.186	28	0.22	9.00	4.50	0.836	1.0834	0.0135
	极强度	5.32	68.686	15	0.35	8.53	2.82	0.708	1.1087	0.0158
紫色土	微 度	7114.98	52559.025	6686	1.06	162.61	0.94	35.325	1.0999	0.2247
	轻 度	3956.52	31497.456	4123	0.96	139.19	1.04	23.283	1.0943	0.2401
	中 度	4628.77	33573.165	4308	1.07	141.23	0.93	24.974	1.0937	0.1951
	强 度	2160.22	19439.105	2844	0.76	122.28	1.32	15.354	1.1098	0.1045
	极强度	506.22	5816.043	1090	0.46	75.45	2.15	4.692	1.1168	0.0261
	剧 烈	42.32	610.379	157	0.27	27.24	3.71	0.499	1.1208	0.0018
黄壤	微 度	4547.55	27351.347	2865	1.59	105.79	0.63	16.433	1.0936	0.3969
	轻 度	1799.80	13823.29	1986	0.91	91.62	1.10	9.402	1.0876	0.1552
	中 度	2449.48	17218.473	2775	0.88	97.63	1.13	11.479	1.0915	0.0543
	强 度	1385.31	14543.394	3262	0.42	112.76	2.35	10.744	1.0984	0.0209
	极强度	464.49	6159.897	1541	0.30	82.53	3.32	4.649	1.1030	0.0062
	剧 烈	39.24	593.378	194	0.20	27.27	4.94	0.454	1.0942	0.0016

续表 2										
土壤类型	斑块类型	面积/ km ²	周长/ km	数目/ 个	平均大小/ km ²	形状 指数	斑块密度/ (个·km ⁻²)	边界密度/ (km·km ⁻²)	分维数	最大斑 块指数
黄棕壤	微 度	2080.49	10951.188	730	2.85	60.35	0.35	12.225	1.0840	0.5448
	轻 度	539.74	2451.204	285	1.89	29.85	0.53	2.976	1.0923	0.2071
	中 度	843.90	5382.016	719	1.17	51.13	0.85	6.709	1.0948	0.2417
	强 度	275.92	3427.691	942	0.29	59.29	3.41	4.813	1.0986	0.0406
	极强度	251.01	3797.122	924	0.27	68.51	3.68	5.415	1.1096	0.0036
	剧 烈	8.88	137.835	62	0.14	13.37	6.99	0.2000	1.0780	0.0009
黄褐土	微 度	249.17	1713.969	93	2.68	31.61	0.37	125.357	1.0718	16.8747
	轻 度	2.32	30.76	15	0.15	6.04	6.45	2.448	1.0871	0.0883
	中 度	48.96	573.56	112	0.44	20.64	2.29	38.485	1.1005	0.8226
	强 度	52.73	697.113	170	0.31	27.60	3.22	53.536	1.1054	0.2568
	极强度	42.04	607.696	148	0.28	27.18	3.52	47.123	1.1079	0.1825
	剧 烈	0.37	7.382	4	0.09	3.49	10.87	0.589	1.0942	0.0095

2.3 不同土壤类型的土壤侵蚀景观格局分析(景观水平)

2.3.1 斑块形状分析 从表 3 可知,三峡库区(重庆)不同土壤类型上土壤侵蚀景观斑块数从粗骨土的 79 个到紫色土的 14 792 个,形状指数从山地草甸土的 0.46 到紫色土的 58.10,二者变化幅度都较大,且二者的变化趋势也基本一致,紫色土>黄壤>水稻土>石灰(岩)土>黄棕壤>黄褐土>棕壤>山地草甸土,表明景观斑块基本上随着数目的增加而形状相应增加,对应的斑块的形状也趋于复杂。研究区内景观分维数整体比较低(<1.1),景观斑块几何形状较简单,棕壤、紫色土、黄壤和黄棕壤的分维数与平均斑块大小的值相对较高,表明这几种类型的景观斑块较其他类型相对复杂。这是因为棕壤、黄壤和黄棕壤主要分布在研究区的东北与东南的岩溶山区,这里受地形地貌的影响相对较大,而紫色土在所有土壤类型中分布面积最大,且成片分布在研究区中部及西部,这里经济发展更快,开发更为严重,受到的人为干扰也更强烈。

2.3.2 斑块破碎化分析 斑块密度可以反映景观的破碎程度,而边界密度则表示了景观被边界分割的程度。粗骨土的斑块密度为 1.47,边界密度为 9.33,都高于其他类型,景观破碎化最强,被边界分割的程度也最高,景观异质性最高,而棕壤的斑块密度为 0.52,边界密度为 6.23,低于其他类型,其破碎化最低,被边界分割的程度也最低,景观异质性最低。其他景观类型斑块密度和边界密度相差不大,其景观破碎化和被边界分割程度相近,景观异质性居中。

2.3.3 景观多样性、均匀度和优势度分析 整体

上,三峡库区(重庆)土壤类型上的土壤侵蚀景观多样性较低,均匀度也不高,说明研究区土壤侵蚀景观的多样化和空间异质化程度不高,各类景观分布比例也不均匀,有少数一种或几种景观在整体中起支配性作用(表 3),景观多样性和均匀度趋势一致,石灰(岩)土和粗骨土的多样性和均匀度都较高,这两类土壤上的土壤侵蚀景观多样性更高且斑块分布更为均匀,其景观异质性较高,而棕壤和黄褐土的景观多样性和均匀度指标较低,景观多样性较小,且斑块分布不均匀,景观异质性低。各类型的丰富度指数差别不大,但黄褐土的最大斑块指数远高于其他类型,其最大斑块的优势最为明显。

3 结 论

(1)紫色土、黄壤、水稻土和石灰(岩)土是研究区的主要土壤类型,在空间上差异性分布。紫色土面积最广,主要在研究区的中部及西部;黄壤在东部及东南部;水稻土则在西部;石灰(岩)土在东部。

(2)微度侵蚀、中度侵蚀、轻度侵蚀和强度侵蚀占有较大的优势,其中微度侵蚀景观最为明显,中度侵蚀其次,主要在山地草甸土、水稻土、粗骨土、紫色土和黄壤中分布较多;而轻度侵蚀则集中在石灰(岩)土,强度侵蚀则在黄褐土。研究发现,侵蚀等级较高的景观类型中破碎化较严重:粗骨土中强度侵蚀的景观破碎化最强,黄褐土中为剧烈侵蚀,极强度侵蚀在其他各类土壤中均明显破碎。极强度侵蚀是研究区内景观破碎化的一个主要因素,这与景观生态学中关于干扰对景观破碎化的影响原理一致:一定的干扰会加剧景观破碎,超过程度时则会减少景观破碎,极强度侵蚀满足这个条件^[15]。

表 3 三峡库区(重庆)土壤类型上的土壤侵蚀景观格局指数(景观水平)

土壤类型	周长/ km	斑块 个数/个	平均大小/ km ²	分维 数	形状 指标	斑块密度/ (个·km ⁻²)	边界密度/ (km·km ⁻²)	多样性	均匀度	丰富 度	最大斑 块指数
山地草甸土	599.57	63	1.10	1.0836	0.46	0.91	8.64	1.2248	0.761	5	0.0189
棕壤	4026.68	339	1.91	1.0971	4.64	0.52	6.23	1.1969	0.7436	5	0.3662
水稻土	52473.60	6869	0.90	1.0904	24.40	1.12	8.53	1.3008	0.726	6	0.1886
石灰(岩)土	42459.78	5004	1.15	1.0934	20.08	0.87	7.39	1.5151	0.8456	6	0.211
粗骨土	501.17	79	0.68	1.095	0.85	1.47	9.33	1.4614	0.908	5	0.0676
紫色土	143495.18	14792	1.24	1.0999	58.10	0.80	7.79	1.4092	0.7865	6	0.2401
黄壤	79689.78	8858	1.21	1.0946	32.93	0.83	7.46	1.4230	0.7942	6	0.3969
黄棕壤	26147.06	2772	1.44	1.0969	14.38	0.69	6.54	1.3103	0.7313	6	0.5448
黄褐土	3630.48	386	1.02	1.0987	14.84	0.98	9.18	1.0933	0.6102	6	16.8747

(3) 研究区各土壤类型上的土壤侵蚀景观斑块形状相对较简单,棕壤、黄壤和黄棕壤由于多分布在岩溶区,受其脆弱的自然条件影响强烈,斑块形状相对复杂;而紫色土多分布在研究区中西部的经济发展速度区域,更多受人为干扰的影响,便得其斑块形状也趋于复杂。

(4) 从土壤类型的景观水平来看,粗骨土上的土壤侵蚀景观最为破碎,且分布最为均匀,石灰(岩)土的土壤侵蚀景观多样性最高,呈均匀分布,这两类土壤类型上的景观异质性最高,土壤侵蚀景观最为稳定。棕壤破碎化程度,景观多样性及丰富度都较低,黄褐土的景观破碎程度相对较高,但其景观多样性最低,且分布得最不均匀,这两类土壤类型上的土壤侵蚀景观异质性最低,景观也最不稳定,易受外界干扰的影响。

参考文献:

[1] 景可,张信宝. 长江中上游自然侵蚀量及其估算方法[J]. 地理研究,2007,26(1):67-74.

[2] 张小文,张世强,蔡迪花. 黄土高原西部不同土地利用与土壤侵蚀的相互作用[J]. 兰州大学学报,2008,44(2):9-14.

[3] 袁道先,蔡桂鸿. 岩溶环境学[M]. 重庆:重庆出版社,1988:93-96.

[4] 梁彬,朱明秋,梁小平. 湖南洛塔岩溶山区水土流失影响因素分析[J]. 中国岩溶,2004,23(1):7-13.

[5] Camargo J A. On the concept of pedodiversity and its measurement[J]. Geoderma,1999,93(3/4):335-338.

[6] 张学雷,陈杰,檀满枝,等. 土壤多样性理论方法的新近发展与应用[J]. 地球科学进展,2003,18(3):374-379.

[7] Guo Y Y, Gong P, Amundson R. Pedodiversity in the United States of America[J]. Geoderma,2003,117,122:99-115.

[8] 张学雷,陈杰,龚子同. 土壤多样性理论在欧美的实践及在我国土壤景观研究中的应用前景[J]. 生态学报,2004,24(5):1063-1072.

[9] 张素梅,王宗明,闫百兴,等. 辉发河流域景观格局与土壤侵蚀的关系研究[J]. 水土保持学报,2008,26(3):29-35.

[10] 李阳兵,王世杰,李瑞玲. 岩溶生态系统的土壤[J]. 生态环境,2004,13(3):434-438.

[11] Tooth A F, Fairchild I J. Soil and karst aquifer hydrological controls on the geochemical evolution of speleothem forming drip waters, Crag Cave, southwest Ireland[J]. Journal of Hydrology,2003,273,124:51-68.

[12] 邵怀勇,仙巍,杨武年. 三峡库区近 50 年间土地利用/覆被变化[J]. 应用生态学报,2008,19(2):453-458.

[13] 李月臣,刘春霞,赵纯勇. 三峡库区重庆段水土流失的时空格局特征[J]. 地理学报,2008,63(5):503-513.

[14] 王子芳,屈双容,李阳兵,等. 重庆岩溶地区不同土壤类型的土地利用多样性分析[J]. 水土保持学报,2006,24(6):153-156.

[15] 傅伯杰,陈利项,马克明,等. 景观生态学原理与应用[M]. 北京:科学出版社,2004:79-81.