

重庆巫山县喀斯特石漠化与土地覆被关系研究^{*}

朱林富^{1,2}, 杨 华^{1,2}

(1. 重庆师范大学 地理与旅游学院; 2. GIS 应用研究重庆市高校重点实验室, 重庆 401331)

摘要:基于重庆市巫山县 2010 年的石漠化和土地覆被数据,运用 ArcGIS 空间分析和叠置分析定量研究了巫山县各区不同等级石漠化中土地覆被的分布规律和不同覆被的石漠化发生率。研究表明:土地覆被所占比例最高的是林地 53.71%,其次是草地 25.06%,耕地 16.13%;石漠化发育程度主要是潜在石漠化 26.36%、轻度石漠化 9.89%、中度石漠化 13.78%;不同程度石漠化中的土地覆被分布规律不同,轻度石漠化中耕地占 11.61%,中度石漠化中草地占 30.84%,强度石漠化中林地占 62.53%,极强度石漠化中其它占 4.21%;不同土地覆被类型的石漠化发生率存在较为明显的差异,林地、草地、湿地、其它分别有 14.48%,16.96%,9.89%,22.79%的面积发生中度石漠化,耕地、人工表面分别有 7.11%、7.85%的面积发生轻度石漠化;不同强度的石漠化与不同的土地覆被类型有着一定的相关性,但这种相关性因区域不同而具有差异性。

关键词:石漠化;土地覆被;GIS 空间分析;相关性

中图分类号:P931.5

文献标志码:A

文章编号:1672-6693(2015)04-0061-09

土地石漠化是岩溶地区在湿润、半湿润气候和脆弱的生态环境下,受人类不合理的社会经济活动及气候变化等因素的影响,地表植被退化、土壤侵蚀、地表水流失、岩石逐渐裸露、土地生产力衰退甚至丧失,形成类似石质荒漠景观的土地退化过程^[1-4]。

我国西南地区是石漠化连片分布面积最大、喀斯特发育程度较严重的地区,随着西部大开发特别是西部生态环境建设战略的实施,石漠化问题已引起社会广泛关注^[5]。作为一种特殊脆弱的环境,石漠化面积还在不断增加,而且伴随着一系列的水土流失、植被退化、土壤肥力下降等生态问题^[6-8]。

重庆是我国碳酸盐岩分布最广的省区之一,出露碳酸盐岩面积占土地总面积的 40.02%,有 34.6%的人在喀斯特地区居住^[9]。与其它地区相比,重庆的石漠化特点:发育程度较低,人口、产业相对密集,潜在石漠化面积大,社会经济发展与生态环境保护矛盾突出,已危及到三峡库区的生态安全^[9-10]。

20 世纪 90 年代至今,我国南方岩溶区土地石漠化的研究主要有石漠化的时空格局演变^[11-13]、驱动因子分析^[3,14]、敏感性评价^[15-16]、防治与恢复^[17-18]等方面,石漠化发生、发展演变受地质地貌、气候、植被等条件制约,同时人类活动、土地资源不合理利用等也会对石漠化产生影响,而在石漠化与土地利用/覆被的定量相关性^[19-20]方面研究还比较少。

因此,本文以重庆市巫山县为例,利用石漠化数据结合土地覆被等资料,探讨了不同土地利用/覆被类型与石漠化土地的生态功能关系的差异性,揭示了土地利用/覆被条件下的石漠化空间格局,以期为石漠化治理项目的布局和设计提供一些理论参考。

1 研究区概况

巫山县位于重庆市最东端,东经 109°33′~110°11′,北纬 30°45′~23°28′,地处三峡库区腹心,素有“渝东门户”之称。地跨长江巫峡两岸,东邻湖北巴东县,南连湖北建始县,西抵奉节县,北依巫溪县。全县辖 11 镇和 15 乡,县城位于大宁河与长江交汇处,幅员面积 2 956.8 km²。截止 2010 年末,巫山总人口 63.17 万人,其中农业人口 52.05 万人,占 72.86%。县境内耕地以旱坡耕地为主,其中坡度小于 6°的平坝耕地仅为 3.03%,6~15°的占 13.93%,

* 收稿日期:2014-07-31 修回日期:2015-03-02 网络出版时间:2015-4-20 09:30

资助项目:国家自然科学基金(No. 41271411;No. 40771135)

作者简介:朱林富,男,研究方向为资源环境遥感与 GIS 应用,E-mail:156340810@qq.com;通信作者:杨华,副教授,E-mail:csyanghua@263.net

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.n.20150420.0930.004.html>

15~25°的占 37.09%,大于 25°的占 45.68%。三峡库区的淹没和三峡移民使得人地关系甚为紧张。

巫山地形十分复杂,最低海拔 73.1 m,最高海拔 2 680 m。南北高中间低,地势陡峻,沟谷密布,峡谷幽深,岩溶发育,山地面积占 95.98%,丘陵平坝占 4.02%,全县地表 15°以上面积占 81.53%。巫山县属亚热带季风性湿润气候,气候温和,雨量充沛,土地覆被多样。因大巴山、巫山、七曜山三大山脉交汇于巫山县,立体气候较为明显,形成典型的喀斯特地貌。巫山独特的自然与地理环境蕴藏着丰富的自然、旅游、矿产、文化和农林特产等资源。

2 数据处理与研究方法

在 ArcGIS 平台上,以野外调查资料为基础,运用 GIS 技术对遥感图像进行解译、编辑处理,得出土地利用/覆被图和石漠化分布图,并结合行政区划及其它相关统计资料分析得出石漠化数据集,进行相关的数据处理和统计分析。

本文讨论的研究区遥感数据是基于空间分辨率 30 m 的 2010 年 Landsat TM 影像解译数据;石漠化解译^[21]主要是以 0.2 km² 的斑块中岩石裸露率(%),0.2 km² 的图斑中植被及土被覆盖率(%)(表 1)为指标;依据全国生态十年土地覆被分类系统^[22],划分了林地、草地、湿地、耕地、人工表面、其它共 6 大类土地覆被(表 2)。

表 1 石漠化强度分级表
Tab.1 The classification criterion of rocky desertification

石漠化等级	0.2 km ² 图斑中 岩石裸露率/%	0.2 km ² 图斑中植被 及土被覆盖率/%	辅助参考指标
无石漠化	< 20	> 80	坡度≤25°的非梯土化旱坡地,林灌草植被浓密,水土流失不明显,丘陵山地农业人口密度一般≤150 人/km ²
潜在石漠化	20~30	80~70	坡度>25°的非梯土化旱坡地,林灌草植被稀疏,水土流失明显,丘陵山地农业人口密度一般>150 人/km ²
轻度石漠化	31~50	69~50	坡度>25°的非梯土化旱坡地,林灌草植被较稀疏,水土流失明显,丘陵山地农业人口密度一般>200 人/km ²
中度石漠化	51~70	49~30	坡度>25°的非梯土化旱坡地,少量林灌草覆盖,水土流失极明显,丘陵山地农业人口密度一般>250 人/km ²
强度石漠化	71~90	29~10	坡度>25°的非梯土化旱坡地,地表基本无林灌草覆盖,岩石几乎完全裸露,水土流失严重,宜封山育林
极强度石漠化	> 90	< 10	坡度>25°的岩石裸露坡地,地表无土、无草,极严重水土流失,生态环境恶劣,不宜农居

表 2 全国生态十年土地覆被分类表
Tab.2 The classification of land cover of national ecological decade

分类	分类指标
林地	木本为主的植物群落,其郁闭度不低于 20%,高度在 0.3 m 以上,包括自然、半自然植被及集约化经营和管理的人工木本植被
草地	一年或多年生的草本植被为主的植物群落,茎多汁、较柔软,在气候不适应季节,地面植被全部死亡,草地覆盖度大于 20%以上,高度在 3 m 以下,乔木林和灌木林的覆盖度分别在 20%以下,包括人类对草原保护、放牧、收割等管理状态的土地
湿地	一年中水面覆盖在植被区超过 2 个月或长期在饱和水状态下、在非植被区超过 1 个月的表面,包括人工的、自然的表面,永久性的、季节性的水面,植被覆盖与非植被覆盖的表面
耕地	人工种植草本植物,1 年内至少播种一次,以收获为目的、有耕犁活动的植被覆盖表面
人工表面	人工建造的陆地表面,用于城乡居民点、工矿、交通等,不包括期间的水面和植被,由于人工表面常与绿地交叉,在制图单元内,人工表面占到 50%以上面积属于该类
其它	一年最大植被覆盖度小于 20%的地表、冰雪

3 结果与分析

3.1 各区域土地覆被与石漠化情况

依据土地利用、适宜性评价、土地质量以及社会经济指标,并结合农业区划、各部门发展用地需求量以及各

乡镇在区域经济中的地位和作用等将巫山县划分为 5 个区域^[23](表 3):城镇发展区(Ⅰ)、大宁河旅游资源开发区(Ⅱ)、沿江生态脆弱区(Ⅲ)、中山林业生态用地区(Ⅳ)、低山/丘陵粮-特-牧综合用地区(Ⅴ)。

Ⅰ区地貌是海拔 400 m 以下丘陵平坝和 400 ~ 800 m 的低山,土地利用率 85%以上。土壤母质以石灰岩风化的残积物、堆积物为主;小城镇及居民点密集,耕地和人工表面比例高,该区主要是新城和移民区的建设以及港口、交通的发展迅速,土地环境污染严重,要注意土地环境综合治理;Ⅱ区为低海拔的河谷地貌,旅游业发展时间长,需要扩大建设用地。同时,要注意生态环境保护和治理,大力发展特色农业及绿色农业,安排好城镇及工程建设用地,做好环境影响评价;Ⅲ区属河谷地貌,主要是海拔 400 ~ 800 m 低山,多为石灰土、棕壤,林地居多,农业生产水平低,城镇化低,生态环境脆弱,地质灾害频繁,该区要以生态建设为核心,加大退耕还林力度,积极推行生态移民和新农村建设,减少对脆弱环境的破坏;Ⅳ区境内山脉绵延、层峦叠嶂,低山、山岗和中山面积占 95%以上,海拔多在 600 m 以上。丘陵、谷地少,多为低中山林业用地,宜大力发展园林结合的生态林业;Ⅴ区地貌组成复杂,丘陵占 10.69%,河谷占 6.23%,其余为岗台地和低中山,河谷耕地复种指数高,丘陵林地面积大,宜发展农业产业化经营,延长产业链,推动农工商共同发展。

表 3 巫山县土地利用功能分区表
Tab. 3 The function partition of land use in Wushan county

区域	区域名称	包括乡镇名称
Ⅰ区	城镇发展区	巫峡镇、福田镇、骡坪镇、官渡镇
Ⅱ区	大宁河旅游资源开发区	大昌镇、双龙镇、官阳镇
Ⅲ区	沿江生态脆弱区	抱龙镇、两坪乡、建坪乡、曲尺乡、大溪乡、三溪乡、培石乡
Ⅳ区	中山林业生态用地区	红椿乡、龙井乡、金坪乡、平河乡、邓家乡、笃坪乡
Ⅴ区	低山/丘陵粮-特-牧综合用地区	庙宇镇、龙溪镇、铜鼓镇、庙堂乡、当阳乡、竹贤乡

各分区土地覆被见封二彩图 1 和表 4,可以看出:各区土地覆被所占比例最高的是林地,其次是草地,耕地第三;林地比例Ⅳ区最高,61.67%,Ⅰ区最低,48.76%;草地比例Ⅱ区最高,33.98%,Ⅳ区最低,21.62%;湿地比例Ⅲ区最高,5.02%,Ⅳ区最低,仅有 0.33%;耕地比例Ⅰ区最高,20.17%,Ⅱ区最低,13.84%;人工表面比例Ⅰ区最高,达 2.05%,Ⅲ区最低,仅为 0.56%;其它比例Ⅱ区最高,为 3.04%,最低的Ⅴ区仅有 0.45%。由此表明,不同功能区的土地利用/覆被存在着比较明显的差异。

表 4 巫山县各分区土地覆被统计表

Tab. 4 The statistics of land cover of all subareas in Wushan county %

区域	林地	草地	湿地	耕地	人工表面	其它
Ⅰ区	48.76	24.82	3.14	20.17	2.05	1.06
Ⅱ区	44.86	33.98	3.48	13.84	0.80	3.04
Ⅲ区	51.65	24.80	5.02	16.33	0.56	1.64
Ⅳ区	61.67	21.62	0.33	13.94	0.77	1.67
Ⅴ区	61.51	21.64	0.49	15.23	0.68	0.45

各分区石漠化情况见封二彩图 2 和表 5,从表中可以得出:Ⅰ区潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化、强度石漠化比例最低,分别为 17.16%,4.36%,8.29%,1.02%;Ⅱ区中度石漠化、极强度石漠化比例最高,分别为 25.37%,4.29%;Ⅲ区轻度石漠化比例最高,14.71%,极强度石漠化比例最低,0.43%;Ⅳ区强度石漠化比例最高,8.06%;Ⅴ区潜在石漠化比例最高,达 38.67%。不同的区域,石漠化的强度有着很大的差异。

表 5 巫山县各分区石漠化统计表
Tab. 5 The statistics of rocky desertification of all subareas in Wushan county %

区域	非喀斯特	无石漠化	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化	强度石漠化	极强度石漠化
Ⅰ区	56.76	11.13	17.16	4.36	8.29	1.02	1.29
Ⅱ区	33.02	0.26	18.23	12.63	25.37	6.19	4.29
Ⅲ区	30.89	2.47	31.58	14.71	11.92	8.01	0.43
Ⅳ区	40.40	0.41	22.93	9.58	18.09	8.06	0.52
Ⅴ区	20.30	17.19	38.67	8.17	9.46	3.96	2.24

从表 6 中可以看出,巫山县石漠化土地覆被中以林地、草地、耕地为主,这与全县土地覆被比例一致。在不同等级的石漠化中,土地覆被面积比例差异:在潜在石漠化中林地、草地和其它分别占 69.32%,19.28%,1.20%;在轻度石漠化中湿地、耕地和人工表面分别占 0.44%,11.61%,0.78%;在中度石漠化中林地和草地各占 56.44%,30.84%;在强度石漠化中,人工表面占 0.29%;在极强度石漠化中湿地、耕地和其它各占 2.03%,5.30%,4.21%。这说明不同石漠化程度的土地覆被分布表现出一定的差异性。

由表 7 可知,巫山县不同土地覆被发生石漠化的程度主要为潜在、轻度和中度。石漠化发生面积比例高的有:林地有 34.02%的面积发生潜在石漠化,其它分别有 13.67%,22.79%,6.67%,4.59%的面积发生轻度、中度、强度和极强度石漠化。石漠化发生面积比例低的有:耕地分别有 6.73%,0.53%的面积发生中度和极强度石漠化;湿地有 1.68%的面积发生轻度石漠化,人工表面分别有 12.18%,1.56%的面积发生潜在和强度石漠化。由此看出,不同的土地覆被石漠化发生率存在较大的差异性。

表 7 巫山县不同土地覆被的石漠化发生率

Tab. 7 The occurrence ratio of rocky desertification of different land cover in Wushan county

	非喀斯特	无石漠化	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化	强度石漠化	极强度石漠化
林地	29.43	3.36	34.02	10.66	14.48	6.24	1.81
草地	38.33	6.01	20.29	10.73	16.96	5.84	1.84
湿地	36.42	30.34	17.37	1.68	9.89	3.05	1.25
耕地	54.92	15.43	13.10	7.11	6.73	2.17	0.53
人工表面	55.70	15.11	12.18	7.85	6.92	1.56	0.68
其它	30.23	0.89	21.16	13.67	22.79	6.67	4.59

3.2 各区不同石漠化程度的土地覆被分布情况

I 区里潜石漠化中林地和湿地各占 70.85%,0.05%;轻度石漠化中林地、耕地和人工表面分别占 50.91%,13.72%,1.17%;中度石漠化中草地、耕地、人工表面和其它分别占 36.75%,6.26%,0.64%,0.69%;在强度石漠化中其它占 3.45%;在极强度石漠化中草地和湿地各占 15.15%,6.73%。

II 区潜石漠化中草地、湿地、耕地和人工表面各占 26.90%,13.64%,10.58%,1.12%;轻度石漠化中湿地仅占 0.01%;强度石漠化土地覆被中林地、人工表面和其它分别占 59.95%,0.14%,2.50%;极强度石漠化中林地、草地、耕地和其它分别占 45.64%,41.07%,4.13%,8.21%。

III 区潜石漠化中林地和湿地各占 62.55%,0.64%;中度石漠化中湿地和其它各占 3.92%,2.79%;强度石漠化中草地、耕地和人工表面分别占 32.34%,4.43%,0.14%;极强度石漠化中林地、草地、耕地、人工表面和其

表 6 巫山县不同石漠化程度的土地覆被分布表

Tab. 6 The statistics of land cover in the different rocky desertification in Wushan county

	林地	草地	湿地	耕地	人工表面	其它
非喀斯特	43.63	26.52	2.64	24.46	1.51	1.24
无石漠化	26.71	22.29	11.77	36.83	2.19	0.20
潜在石漠化	69.32	19.28	1.73	8.02	0.45	1.20
轻度石漠化	57.91	27.20	0.44	11.61	0.78	2.06
中度石漠化	56.44	30.84	1.88	7.88	0.49	2.46
强度石漠化	62.53	27.30	1.50	6.53	0.29	1.86
极强度石漠化	59.69	28.37	2.03	5.30	0.41	4.21

表 8 I 区不同石漠化程度的土地覆被分布表

Tab. 8 The statistics of land cover in the different rocky desertification in subarea I

I 区	林地	草地	湿地	耕地	人工表面	其它
非喀斯特	44.42	24.50	3.59	23.72	2.65	1.12
无石漠化	29.02	25.66	7.94	34.33	2.63	0.42
潜在石漠化	70.85	17.83	0.05	9.36	0.72	1.18
轻度石漠化	50.91	31.98	0.53	13.72	1.17	1.69
中度石漠化	54.56	36.75	1.10	6.26	0.64	0.69
强度石漠化	51.32	36.38	1.05	6.80	1.00	3.45
极强度石漠化	69.26	15.15	6.73	6.81	0.89	1.17

表 9 II 区不同石漠化程度的土地覆被分布表

Tab. 9 The statistics of land cover in the different rocky desertification in subarea II

II 区	林地	草地	湿地	耕地	人工表面	其它
非喀斯特	32.79	39.49	0.81	23.62	1.21	2.07
无石漠化	37.82	24.01	32.92	1.74	2.35	1.16
潜在石漠化	44.89	26.90	13.64	10.58	1.12	2.87
轻度石漠化	59.86	28.19	0.01	8.74	0.33	2.87
中度石漠化	49.34	35.48	2.14	8.78	0.50	3.77
强度石漠化	59.95	26.66	1.08	9.68	0.14	2.50
极强度石漠化	45.64	41.07	0.55	4.13	0.41	8.21

它分别占 50.54%,22.12%,24.06%,0.26%。

Ⅳ区潜石漠化中林地、草地、耕地和其它分别占 75.73%,14.80%,8.52%,0.54%;轻度石漠化中人工表面占 2.15%;中度石漠化中湿地占 0.76%;强度石漠化中湿地为 0.00%;极强度石漠化中林地、草地、耕地、人工表面和其它分别占 54.13%,29.54%,6.61%,0.00%,9.66%。

Ⅴ区潜石漠化中林地、草地和湿地分别占 80.66%,14.89%,0.06%;轻度石漠化中林地、耕地、人工表面和其它分别占 53.67%,18.80%,0.48%,1.48%;中度石漠化中草地和人工表面各占 30.59%,0.08%;极强度石漠化中湿地、耕地和其它分别占 1.71%,1.69%,0.10%。

3.3 各区不同土地覆被石漠化发生情况

Ⅰ区林地有 24.94%的面积发生潜在石漠化;草地有 12.27%的面积发生中度石漠化;湿地分别有 0.28%,0.73%,0.34%,2.76%的面积发生潜在、轻度、强度和极强度石漠化;耕地分别有 2.57%,0.34%,0.43%的面积发生中度、强度和极强度石漠化;其它分别有 6.94%,3.30%的面积发生轻度和强度石漠化。

表 10 Ⅲ区不同石漠化程度的土地覆被分布表
Tab.10 The statistics of land cover in the different rocky desertification in subarea Ⅲ

Ⅲ区	林地	草地	湿地	耕地	人工表面	其它
非喀斯特	39.28	22.10	5.43	31.25	0.91	1.03
无石漠化	1.29	4.75	92.54	1.34	0.00	0.08
潜在石漠化	62.55	24.01	0.64	10.66	0.46	1.68
轻度石漠化	53.93	31.74	0.73	11.10	0.46	2.05
中度石漠化	58.45	24.47	3.92	9.95	0.43	2.79
强度石漠化	57.74	32.34	3.40	4.43	0.14	1.95
极强度石漠化	50.54	22.12	2.12	24.06	0.90	0.26

表 11 Ⅳ区不同石漠化程度的土地覆被分布表
Tab.11 The statistics of land cover in the different rocky desertification in subarea Ⅳ

Ⅳ区	林地	草地	湿地	耕地	人工表面	其它
非喀斯特	51.14	23.80	0.40	22.29	0.83	1.55
无石漠化	18.00	49.63	0.00	32.37	0.00	0.00
潜在石漠化	75.73	14.80	0.15	8.52	0.25	0.54
轻度石漠化	73.01	15.53	0.01	7.39	2.15	1.92
中度石漠化	60.81	27.47	0.76	7.30	0.73	2.92
强度石漠化	65.62	22.27	0.00	9.76	0.44	1.92
极强度石漠化	54.13	29.54	0.05	6.61	0.00	9.66

表 12 Ⅴ区不同石漠化程度的土地覆被分布表
Tab.12 The statistics of land cover in the different rocky desertification in subarea Ⅴ

Ⅴ区	林地	草地	湿地	耕地	人工表面	其它
非喀斯特	50.37	28.59	0.75	19.08	0.72	0.49
无石漠化	29.47	22.42	0.82	44.92	2.31	0.06
潜在石漠化	80.66	14.89	0.06	3.75	0.18	0.46
轻度石漠化	53.67	24.86	0.71	18.80	0.48	1.48
中度石漠化	62.86	30.59	0.81	5.39	0.08	0.27
强度石漠化	74.74	22.02	0.07	2.44	0.35	0.37
极强度石漠化	77.32	19.07	1.71	1.69	0.10	0.10

表 13 Ⅰ区不同土地覆被的石漠化发生率
Tab.13 The occurrence ratio of rocky desertification of different land cover in subarea Ⅰ

Ⅰ区	非喀斯特	无石漠化	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化	强度石漠化	极强度石漠化
林地	51.71	6.62	24.94	4.55	9.27	1.07	1.83
草地	56.01	11.50	12.33	5.62	12.27	1.49	0.79
湿地	64.87	28.12	0.28	0.73	2.90	0.34	2.76
耕地	66.77	18.94	7.97	2.97	2.57	0.34	0.43
人工表面	73.48	14.32	6.06	2.49	2.59	0.50	0.56
其它	59.54	4.35	19.08	6.94	5.37	3.30	1.42

Ⅱ区林地分别有 16.86%,8.28%的面积轻度和中度石漠化;湿地分别有 71.54%,0.04%,15.61%,0.67%的面积发生潜在、轻度、中度和极强度石漠化;耕地有 13.94%的面积发生潜在石漠化;人工表面有 1.04%的面积发生强度石漠化;其它分别有 31.48%,11.61%的面积发生中度和极强度石漠化。

表 14 II 区不同土地覆被的石漠化发生率

Tab. 14 The occurrence ratio of rocky desertification of different land cover in subarea II %

II 区	非喀斯特	无石漠化	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化	强度石漠化	极强度石漠化
林地	24.13	0.22	18.24	16.86	27.90	8.28	4.37
草地	38.37	0.18	14.43	10.48	26.49	4.86	5.19
湿地	7.74	2.46	71.54	0.04	15.61	1.93	0.67
耕地	56.35	0.03	13.94	7.98	16.09	4.33	1.28
人工表面	49.73	0.76	25.37	5.14	15.80	1.04	2.16
其它	22.54	0.10	17.23	11.95	31.48	5.09	11.61

III 区林地有 38.24% 的面积发生潜在石漠化;草地分别有 18.82%,10.45% 的面积发生轻度和强度石漠化;湿地分别有 3.99%,2.14% 的面积发生潜在和轻度石漠化;耕地有 7.26% 的面积发生中度石漠化;人工表面分别有 2.01%,0.68% 的面积发生强度和极强度石漠化;其它分别有 20.27%,0.07% 的面积发生中度和极强度石漠化。

表 15 III 区不同土地覆被的石漠化发生率

Tab. 15 The occurrence ratio of rocky desertification of different land cover in subarea III %

III 区	非喀斯特	无石漠化	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化	强度石漠化	极强度石漠化
林地	23.49	0.06	38.24	15.35	13.49	8.95	0.42
草地	27.53	0.47	30.58	18.82	11.76	10.45	0.38
湿地	33.37	45.60	3.99	2.14	9.30	5.42	0.18
耕地	59.12	0.20	20.62	10.00	7.26	2.18	0.63
人工表面	50.16	0.02	25.96	12.10	9.06	2.01	0.68
其它	19.36	0.12	32.28	18.39	20.27	9.52	0.07

IV 区林地有 28.16% 的面积发生潜在石漠化;湿地分别有 0.37%,41.26%,0.01% 的面积发生轻度、中度和强度石漠化;耕地有 9.47% 的面积发生中度石漠化;人工表面有 26.82% 的面积发生轻度石漠化;其它分别有 7.41%,9.27%,3.02% 的面积发生潜在、强度和极强度石漠化。

表 16 IV 区不同土地覆被的石漠化发生率

Tab. 16 The occurrence ratio of rocky desertification of different land cover in subarea IV %

IV 区	非喀斯特	无石漠化	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化	强度石漠化	极强度石漠化
林地	33.50	0.12	28.16	11.34	17.84	8.58	0.46
草地	44.47	0.95	15.70	6.88	22.99	8.31	0.71
湿地	47.83	0.00	10.45	0.37	41.26	0.01	0.07
耕地	64.59	0.96	14.02	5.07	9.47	5.64	0.25
人工表面	43.67	0.00	7.59	26.82	17.26	4.66	0.00
其它	37.58	0.00	7.41	11.03	31.69	9.27	3.02

V 区林地有 50.71% 的面积发生潜在石漠化;湿地分别有 4.61%,15.53%,0.55%,7.80% 的面积发生潜在、中度、强度和极强度石漠化;耕地分别有 3.35%,0.25% 的面积发生中度和极强度石漠化;人工表面有 5.77% 的面积发生轻度石漠化;其它有 26.67% 的面积发生轻度石漠化。

表 17 V 区不同土地覆被的石漠化发生率

Tab. 17 The occurrence ratio of rocky desertification of different land cover in subarea V %

V 区	非喀斯特	无石漠化	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化	强度石漠化	极强度石漠化
林地	16.62	8.24	50.71	7.13	9.67	4.82	2.82
草地	26.82	17.81	26.60	9.39	13.37	4.03	1.97
湿地	30.99	28.68	4.61	11.84	15.53	0.55	7.80
耕地	25.43	50.71	9.53	10.09	3.35	0.64	0.25
人工表面	21.69	58.69	10.35	5.77	1.09	2.08	0.33
其它	22.01	2.32	39.65	26.67	5.57	3.26	0.51

4 结论与讨论

巫山地处喀斯特山地地区,环境脆弱,地表起伏大,土地覆被差异大,土地石漠化发生差异明显:

1) 各区土地覆被所占比例最高的是林地,其次是草地,耕地第三;石漠化发育程度主要是潜在、轻度及中度石漠化,强度和极强度石漠化比例较低。

2) 各区不同程度石漠化中的土地覆被分布规律不同,林地和草地所占比例最高。此外,Ⅰ区轻度石漠化中耕地占 13.72%;Ⅱ区潜在石漠化中湿地占 13.64%,Ⅲ区极强度石漠化中耕地占 24.06%,Ⅳ区强度石漠化中耕地占 9.76%,Ⅴ区轻度石漠化中耕地占 18.80%。由此看出,各级石漠化中土地覆被主要是林地、草地和耕地,但不同区域其比例有明显差异。

3) 不同土地覆被类型的石漠化发生率存在较为明显的差异。Ⅰ区草地有 12.27%的面积发生中度石漠化,Ⅱ区林地有 27.90%的面积发生中度石漠化,Ⅲ区草地有 18.82%的面积发生轻度石漠化,Ⅳ区有湿地 41.26%的面积发生中度石漠化,Ⅴ区湿地有 15.53%的面积发生中度石漠化;此外,土地覆被其它发生轻度和中度石漠化面积的比例也较高。

从以上分析可以看出,石漠化的发生与土地覆被关系较为密切。在自然岩溶过程的基础上,人类不合理的土地利用是石漠化形成的重要原因。巫山县大多仍以传统农业为主,高陡坡种植、过度的放牧,甚至原始的刀耕火种、毁林开荒等粗放的耕作方式导致林草植被的恢复力降低,造成水土流失,基岩裸露,形成石漠化。可见,人为因素的影响使得在石漠化中林地、草地、耕地等土地覆被比例比较高,某些区域湿地及其它发生石漠化的比例也较大。

不同强度的石漠化与不同的土地覆被类型有一定的相关性,但这种相关性因区域不同而具有差异性。巫山县的社会经济发展有着较大的差异,从而土地利用也呈现明显的地域分异。不同土地覆被对生态系统的干扰是不一样的,从而导致石漠化发展过程、程度及特征有所不同。比如,Ⅱ区属于旅游开发区,旅游度假村、农家乐等城建和旅游业的盲目发展对生态环境的污染和影响较大,石漠化中湿地覆被比例较高;Ⅳ区、Ⅴ区主要为林牧用地,湿地发生石漠化的比例大,这说明在林牧业发展中,对生物资源和水资源的过度利用及污染破坏了森林和草本湿地的内环境平衡。因此,在进行石漠化治理项目的布局和设计时,要注重与当地自然环境和社会经济条件相结合,生态治理和工程治理同时推进。

本研究所使用的土地覆被数据来源于全国生态环境十年变化评估数据库系统,该数据为全国 30 m 分辨率的生态系统分类数据,利用 Landsat TM 和资源环境卫星的影像数据,经过地面矫正和辐射矫正后,采用面向对象分类方法遥感分类简析得到;石漠化数据同样是利用 30 m 分辨率的 Landsat TM 数据,经过矫正后采用室内人工解译和野外考察相结合得到;最后在 ArcGIS 平台支持下采用叠置分析得到所需分析数据集。因此,整个数据处理流程数据精度均有保障,从而使文中数据分析还是具有较高的可信度。

参考文献:

- [1] 李森,王金华,王兮之,等. 30a 来粤北山区土地石漠化演变过程及其驱动力——以英德、阳山、乳源、连州四县(市)为例[J]. 自然资源学报,2009,24(5):816-826.
Li S, Wang J H, Wang X Z, et al. A study of rock desertification processes and their driving forces in northern part of Guangdong, China, from 1974 to 2004——a case study on four counties of Yingde, Yangshan, Ruyuan and Lianzhou [J]. Journal of Natural Resources, 2009, 24(5): 816-826.
- [2] 张宝军,马玉玲,李仪. 我国自然灾害分类的标准化[J]. 自然灾害学报,2013,22(5):8-12.
- [3] Zhang B J, Ma Y L, Li Y. Standardization of natural disaster classification in China[J]. Journal of Natural Disasters, 2013, 22(5): 8-12.
- [4] Wang S J, Liu Q M, Zhang D F. Karst rocky desertification in southwestern China: geomorphology, landuse, impact and rehabilitation[J]. Land Degradation & Development, 2004, 15(2): 115-121.
- [5] Yuan D X, Zhu D H, Liu Z H, et al. Karst of China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991.
- [6] 黄秋昊,蔡运龙,王秀春. 我国西南部喀斯特地区石漠化研

- 究进展[J]. 自然灾害学报, 2007, 16(2): 106-111.
- Hung Q H, Cai Y L, Wang X C. Progress of research on rocky desertification in karst areas of southwestern China [J]. Journal of Natural Disasters, 2007, 16(2): 106-111.
- [6] 李生, 任华东, 姚小华, 等. 典型石漠化地区不同植被类型地表水土流失特征研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(2): 1-6.
- Li S, Ren H D, Yao X H, et al. Study on characteristics of runoff and nutrition loss between different vegetation land in typical karst rock desertification zone[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2009, 23(2): 1-6.
- [7] 李阳兵, 王世杰, 容丽. 关于中国西南石漠化的若干问题[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(6): 593-598.
- Li Y B, Wang S J, Rong L. Problems of karst rocky desertification in southwest China[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2003, 12(6): 593-598.
- [8] 于飞, 谷晓平, 袁淑杰, 等. 贵州省农业生态安全性评价[J]. 自然灾害学报, 2011, 20(4): 165-171.
- Yu F, Gu X P, Yuan S J, et al. Evaluation of agroecological safety in Guizhou province[J]. Journal of Natural Disasters, 2011, 20(4): 165-171.
- [9] 郑红雷, 谢世友, 夏凯生, 等. 重庆南川石漠化及对策研究[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2010, 35(1): 197-201.
- Zheng H L, Xie S Y, Xia K S, et al. The rocky desertification and countermeasures in Nanchuan of Chongqing municipality[J]. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science, 2010, 35(1): 197-201.
- [10] 刘春霞, 李月臣, 杨华. 三峡库区(重庆段)石漠化敏感性评价及空间分异特征[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(3): 291-297.
- Liu C X, Li Y C, Yang H. Sensitivity assessment of karst rocky desertification in Three Gorges Reservoir area of Chongqing and its spatial differentiation characteristics [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2011, 20(3): 291-297.
- [11] 李森, 魏兴琥, 张素红, 等. 典型岩溶山区土地石漠化过程—以粤北岩溶山区为例[J]. 生态学报, 2010, 30(3): 674-684.
- Li S, Wei X H, Zhang S H, et al. The processes of land rocky desertification in typical karst mountain area: a case study in the karst mountain area of north Guangdong[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(3): 674-684.
- [12] 白晓永, 王世杰, 陈起伟, 等. 贵州土地石漠化类型时空演变过程及其评价[J]. 地理学报, 2009, 64(5): 609-618.
- Bai X Y, Wang S J, Chen Q W, et al. Spatio-temporal evolution process and its evaluation method of karst rocky desertification in Guizhou province [J]. Acta Geographica Sinica, 2009, 64(5): 609-618.
- [13] 陈起伟, 熊康宁, 陈许. 贵州岩溶地区石漠化时空变化规律及发展趋势研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2009.
- Chen Q W, Xiong K N, Chen H. Research on rocky desertification variation and development trends of Guizhou karst area [D]. Guiyang: Guizhou Normal University, 2009.
- [14] 李瑞玲, 王世杰, 周德全, 等. 贵州岩溶地区岩性与土地石漠化的相关分析[J]. 地理学报, 2003, 58(2): 314-320.
- Li R L, Wang S J, Zhou D Q, et al. The correlation between rock desertification and lithology in karst area of Guizhou[J]. Acta Geographica Sinica, 2003, 58(2): 314-320.
- [15] 胡宝清, 严志强, 廖赤眉. 基于 GIS 的喀斯特土地退化灾害风险评价——以广西都安瑶族自治县为例[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(4): 100-106.
- Hu B Q, Yan Z Q, Liao C M. GIS-based risk evaluation of karst land degradation disaster: a case of Du'an Yao Autonomous county[J]. Journal of Natural Disasters, 2006, 15(4): 100-106.
- [16] 肖荣波, 欧阳志云, 王效科, 等. 中国西南地区石漠化敏感性评价及其空间分析[J]. 生态学报, 2005, 24(5): 551-554.
- Xiao R B, Ouyang Z Y, Wang X K, et al. Sensitivity of rocky desertification and its spatial distribution in southwestern China[J]. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(5): 551-554.
- [17] 兰安军, 熊康宁. 基于 GIS-RS 的贵州喀斯特石漠化空间格局与演化机制研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2003.
- Lan A J, Xiong K N. Study on spatial patterns and evolutionary mechanism of the karst rock desertification in Guizhou province based on GIS-RS[D]. Guiyang: Guizhou Normal University, 2003.
- [18] 向悟生, 李先琨, 何成新, 等. 石漠化山地复合生态系统评价——以广西平果县龙何屯生态重建示范区为例[J]. 长江流域资源与环境, 2007, 16(6): 826-830.
- Xiang W S, Li X K, He C X, et al. Assessment of the rocky desertification mountain compound ecosystem——taking the Longhe ecological restoration demonstration area in Pingguo county, Guangxi Autonomous region as an example[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2007, 16(6): 826-830.

- [19] 李阳兵,白晓永,邱兴春,等. 喀斯特石漠化与土地利用相关性研究[J]. 资源科学,2006,28(2):67-73.
Li Y B,Bai X Y,Qiu X C,et al. The correlation analysis of desertification of karst rock and land use patterns[J]. Resources Science,2006,28(2):67-73.
- [20] 李阳兵,白晓永,周国富,等. 中国典型石漠化地区土地利用与石漠化的关系[J]. 地理学报,2006,61(6):624-632.
Li Y B,Bai X Y,Zhou G F,et al. The relationship of land use with karst rocky desertification in a typical karst area, China[J]. Acta Geographica Sinica,2006,61(6):624-632.
- [21] 苏锋,何丙辉,熊友胜,等. 基于“3S”技术的奉节县喀斯特石漠化调查及精度评价[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2007,32(6):60-65.
Su F,He B H,Xiong Y S,et al. Investigation and evaluation of rocky desertification based on “3S” technology in Fengjie county[J]. Journal of Southwest China Normal University :Natural Science,2007,32(6):60-65.
- [22] 全国生态环境十年变化评估数据库系统,[EB/OL]. [2014-06-20]. <http://wps1.gscloud.cn/index.shtml>.
National Ecological Environment Decade Change Assessment Database System,[EB/OL]. [2014-06-20]. <http://wps1.gscloud.cn/index.shtml>.
- [23] 明泓,廖和平,彭征,等. 重庆市巫山县土地利用功能分区研究[J]. 安徽农业科学,2006,34(20):5342-5343,5375.
Ming H,Liao H P,Peng Z,et al. Research on regional function division of land use at Wushan county in Chongqing[J]. Journal of Anhui Agri Sci,2006,34(20):5342-5343,5375.

Resources, Environment and Ecology in Three Gorges Area

Study the Relationship of Rocky Desertification and the Land Cover in Karst Area at Wushan County in Chongqing

ZHU Linfu^{1,2}, YANG Hua^{1,2}

(1. College of Geography Science, Chongqing Normal University;

2. Key Laboratory of GIS Application, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: Based on the data of Rocky desertification and land cover in 2010, the law of distribution of Karst land is revealed and occurrence ratio of rocky desertification in Wushan County is explored quantitatively. Results show that the proportion of land cover is woodland(53.71%) and grass(25.06%) and farmland(16.13%). the key rocky desertification are Intense(26.36%), slight(9.89%) and moderate(13.78%). The law of distribution of land cover in different rocky desertification is different. The proportion of farmland in slight is 11.61% and grass in moderate is 30.84% and woodland in intense is 62.53% and others in extreme is 4.21%. The occurrence ratio of rocky desertification of different land cover is obvious differences. The ratio of woodland, grass, wetland and others in moderate is 14.48%, 16.96%, 9.89% and 22.79%, while the farmland and artificial surface is 7.11% and 7.85%. Different rocky desertification has some relevance with land cover, but the correlation in different regions is different.

Key words: rocky desertification; land cover; GIS analysis; relativity

(责任编辑 陈 琴)