

不同地貌环境下喀斯特石漠化与土地利用的关系

高渐飞^{1,3}, 熊康宁^{2,3}

(1. 贵州省山地资源研究所, 贵州 贵阳 550001; 2. 贵州师范大学 中国南方喀斯特研究院, 贵州 贵阳 550001; 3. 国家喀斯特石漠化防治工程技术研究中心, 贵州 贵阳 550001)

摘要: 为探明不同地貌环境条件下喀斯特石漠化分布的土地利用类型异同特征, 利用 2008 年 SPOT 影像数据(2.5 m 分辨率), 在 3S 技术支持下, 定量研究了喀斯特盆地、山地和峡谷 3 类环境石漠化分布的土地利用类型。结果表明: (1) 旱地、灌木林地、疏林地、天然草地、荒草地和裸岩地可能发生石漠化。其中: 灌木林地最严重, 为中度石漠化; 疏林地、天然草地和荒草地可能发生强度及以下石漠化; 旱地可发生各等级石漠化, 裸岩地 100% 为强度及以上石漠化。(2) 不同环境条件下的同一土地利用类型石漠化发生率及强度存在差异。(3) 总体上, 高原峡谷环境石漠化发生率最高, 等级最强, 盆地次之, 山地最小。(4) 峡谷环境和盆地环境石漠化演变主要表现在强度升高上, 喀斯特山地环境石漠化发生面积及强度都可能加大。

关键词: 3S 技术; 土地利用; 喀斯特石漠化; 地貌类型

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)03-0097-05

中图分类号: P951

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2014.03.019

Correlation of Karst Rock Desertification and Land Use Patterns in Different Geomorphologic Environment

GAO Jian-fei¹, XIONG Kang-ning^{2,3}

(1. Guizhou Institute of Mountainous Resources, Guiyang, Guizhou 550001, China;

2. Institute of South China Karst, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China;

3. State Engineering Technology, Research Center of Karst Rocky Desertification, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: In order to examine disparity and similarity of landuse types in karst rocky desertification area under different environmental conditions, a quantitative research on basin, mountain and gorge was made with support by 3S technology, using SPOT images(2.5 m resolution) in 2008. Results are as follows: (1) Rocky desertification would occur potentially in dryland, shrubland, sparse woodland, natural grassland, wild grassland and bared rocky area. In detail, shrubland would degrade into the moderate rocky desertification area; sparse woodland, natural grassland and wild grassland would degrade into the serious rocky desertification area or below; inferior ranks to it dryland would potentially degrade into any type of rocky desertification; and 100% bared rocky area would degrade into the serious rocky desertification area or worse. (2) There were different rocky desertification rates and strengths in the same landuse type under different environmental conditions. (3) Generally, the geomorphologic types, in order of decreasing rocky desertification rate, were gorge, basin and mountain. (4) Rocky desertification process in gorge and basin areas shows intensity increase, and the process possibly would also shows phenomenon as enlarge the area and increase intensity of rocky desertification in karst mountainous environment.

Keywords: 3S technologies; landuse type; karst rocky desertification; geomorphologic types

喀斯特发育受地质构造, 不同大地构造单元的影响, 因构造层分布与褶皱形态及断裂体系不同, 其地形发育及分布规律是不相同的, 这导致发育的喀斯特在生态环境因子的组合和质量上有较大的差异, 形成

了不同的石漠化等级, 这是开展治理的重要物质基础^[1-2]。土地石漠化以强烈的人类活动为驱动力。在宏观尺度上石漠化与岩性具有明显的相关性, 如强度石漠化主要分布在纯质碳酸盐岩地区^[3]; 不同土地利

收稿日期: 2013-05-30

修回日期: 2013-07-19

资助项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题“喀斯特高原峡谷石漠化综合治理技术与示范(2011BAC09B01)”; 贵州省科学技术基金项目“喀斯特石漠化综合治理工程的生态服务功能评价”[黔科合 J 字(2012)2217 号]

作者简介: 高渐飞(1985—), 男(汉族), 贵州省威宁县人, 硕士, 助理研究员, 研究方向为生态治理与资源利用。E-mail: gaojf2010@163.com。

通信作者: 熊康宁(1958—), 男(汉族), 贵州省威宁县人, 硕士, 教授, 主要从事喀斯特环境与石漠化治理研究。E-mail: xiongkn@163.com。

用方式和植被类型与石漠化等级也具相关性,轻、中度分别以灌丛、中覆盖度草地为主,强度及极强度石漠化发生在难利用地的比例最高^[2-6]。随着遥感数据精度的提高以及研究的深入,发现某些关于土地利用类型与石漠化发生及等级的认识^[2]与实际不吻合。究竟哪些土地利用类型可能发生石漠化、可能发生的等级需要明确,是否存在环境差异性应深究。本文选择喀斯特高原盆地贵州省清镇市王家寨小流域、高原山区七星关区石桥小流域和高原峡谷区贞丰县查耳岩小流域为研究区,在 3S 技术支持下,采用遥感影像的光谱特征自动提取和人机交互解译相结合的方法,获取研究区土地利用类型与石漠化等级空间分布,从石漠化发生率、等级结构、分布的土地利用类型差异特征等方面,探讨石漠化的土地利用类型分布规律与环境差异特征,以便为该区治理规划与工程布局提供参考。

1 研究区概况

1.1 王家寨小流域

属贵州省清镇市麦翁河支流区,面积 2.58 km²。区内出露三叠系筇头组(T₂It)和杨柳井组(T₂yI)的灰岩和白云岩,土壤以黄壤、黄色石灰土为主,为典型喀斯特峰丛洼地地貌,海拔 1 200~1 451 m。区内喀斯特作用强烈,裂隙断裂、地下水通道较发育,地表、地下二元三维空间结构特征明显,降雨迅速下渗,地表极易发生旱灾;而在洪水期因短时间大量降水使得流域内局部地区排水不畅,发生内涝。流域具有亚热带高原季风湿润气候特征,多年平均气温 14℃;降雨量 1 215 mm,其中 4—8 月降水量占全年降水量的 77.3%,旱灾春寒年发生率高(67%)。据调查统计,2008 年流域总人口 792 人 190 户,人口密度 357 人/km²,人均收入 4 352 元。其中,外出务工收入占 70.21%,整体上经济发展较好,但无务工收入的家庭贫困程度较深。

1.2 石桥小流域

位于毕节市东南部的鸭池镇乌江水系白浦河支流区,面积 8.42 km²。区内三叠系关岭组(T₂g)灰岩广布,土壤以石灰土和黄棕壤为主,为典型的中山高原山地地貌,山多(99%为山地),海拔 1 400~1 742 m,具有温凉山地气候特征,常年平均气温 12.8℃,雨水丰沛,平均降雨量 863 mm,其中 5—10 月降雨量占全年雨量的 82.3%,季节性缺水相当严重;域内地下管道(暗河)较为发育,地表径流全部渗入地下,地表缺水严重,尽管裂隙流出露较多,但多分布在中下游洼地底部,难以利用。调查统计 2008 年末流域

内总人口 4 410 人,人口密度高达 516 人/km²,其中,农业人口占 99%;人均纯收入 2 173 元,其中外出务工收入占 64%;处于“开垦种玉米—养猪—石漠化”的恶性循环中,生存条件恶劣,贫困趋势严峻。

1.3 查耳岩小流域

位于贵州省贞丰县北盘江镇北盘江干流花江峡谷的右岸倾斜大缓坡上,面积 16.41 km²,为三叠系关岭组(T₂g)和杨柳井组(T₂yI)泥晶灰岩分布区,土壤以石灰土为主,为典型喀斯特中山峡谷地貌。北盘江河谷深切达 928 m,海拔 445~1 373 m,生境要素垂直分异明显,具有典型干热河谷气候特征,冬春温暖干旱,夏秋湿热,年均温 18.4℃,极端最高气温为 32.4℃,极端最低气温 6.6℃,年均降水量 1 100 mm,5—10 月降水量占全年总降水量的 83%;区内垂直方向上裂隙、节理、溶蚀管道十分发育,地表降雨极易快速进入地下深处,难以利用,地表严重缺水,80%以上人口饮水困难。经调查 2008 年流域总人口 3 257 人,人口密度 198 人/km²,年人均纯收入 1 564 元,是贵州省生存条件最为恶劣的贫困区之一。

2 数据的获取与处理

利用研究区域石漠化治理之前,2008 年 SPOT 卫星遥感影像数据(2.5 m 空间分辨率),石漠化解译标准根据 0.01 km² 的图斑中岩石裸露率(%),0.01 km² 的图斑中植被+土被覆盖率(%),将石漠化等级分为:无石漠化、潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化、强度石漠化和极强度石漠化^[5];依据全国土地分类(过渡期间适用),将土地利用类型划分为:水田、旱地、天然草地、园地、有林地、灌木林地、疏林地、河流域(包括河流、坑塘水面)、建筑用地(含农村居民地、城镇用地、公路用地及工矿用地)、荒草地和裸岩地。采用 3S 技术,通过 GPS 野外实地建立解译标志,用遥感影像的光谱特征自动提取和人机交互解译相结合的方法,同时叠加 1:1 万地形图,1:1 万土地利用图,1:1 万林业二次调查图(来源流域所在县国土、林业局)等图件综合分析,最后经过野外实地验证校正,正确率达到 95.6%,建立土地利用与石漠化空间分布及数据库,再将二者进行叠加分析,得到不同土地利用方式下的石漠化分布,以及不同等级石漠化的土地利用方式。

3 结果分析

3.1 不同地貌环境土地类型构成差异

由表 1 可知,喀斯特盆地环境中面积占比重在 10%以上的土地利用类型有水田、旱地、灌木林地、天

然草地和荒草地 5 类,喀斯特山地中只有旱地(占 54.4%)和灌木林地(占 22.3%)2 类,峡谷环境中 3 类,分别是旱地(占 22.3%)、灌木林地(占 25.8%)和荒草地(占 25.1%)。

表 1 不同地貌环境小流域各土地利用类型分布

土地利用类型	王家寨小流域(高原盆地)		石桥小流域(高原山地)		查耳岩小流域(高原峡谷)	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
水田	48.57	18.83	20.43	2.29	0	0
旱地	39.92	15.48	483.93	54.35	306.99	31.93
园地	17.67	6.85	0	0	0	0
有林地	5.03	1.95	47.04	5.28	30.12	3.13
灌木林地	58.38	22.64	198.77	22.32	248.27	25.82
疏林地	0	0	27.49	3.09	43.55	4.53
天然草地	47.46	18.40	2.16	0.24	0	0
河流域	0	0	6.98	0.78	0	0
建设用地	7.46	2.89	47.08	5.29	22.64	2.35
荒草地	26.94	10.45	34.37	3.86	241.23	25.09
裸岩地	6.47	2.51	22.14	2.49	68.70	7.14

喀斯特盆地环境 34.3% 土地为耕地,水田与旱地比重相当。喀斯特山地环境耕地占流域土地面积的 56.6%,以旱地为主,水田比重仅为 2.3%。喀斯特峡谷环境 31.9% 土地为耕地,与喀斯特盆地小流域相当,但没有水田分布。灌木林地在各类环境分布比重在 22%~25%,是占比大、环境间差异很小的利用类型。疏林地只有喀斯特山地和峡谷小流域分布,且面积比重较小。天然草地在喀斯特盆地和山地环境有分布,其中后者分布非常少。荒草地和裸岩地各环境中均有分布,其中喀斯特峡谷区 2 类土地面积比重最大。

3.2 不同地貌环境石漠化土地构成差异

喀斯特盆地环境中石漠化集中在灌木林地、天然草地和荒草地中,三者石漠化面积占流域石漠化总面积的 96.6%;山地环境中以旱地和灌木林地为主,二者占 79.5%;峡谷环境中以旱地、灌木林地和荒草地

为主,占 85.7%。总体上,灌木林地、旱地、天然草地和荒草地是石漠化发生的主要土地利用类型。其中,在 3 类环境中灌木林地发生石漠化的比重最大(>23%),是各类环境中石漠化分布的重要土地利用类型。

3.3 不同地貌环境石漠化发生率与强度结构差异

由表 2 可知,整体上喀斯特峡谷区石漠化发生率最高,达 78.6%,其次为喀斯特盆地环境,为 49.1%,喀斯特山地环境最低,为 48.2%。采用中度及以上石漠化面积比重来衡量石漠化强度(或者退化程度),表现为喀斯特峡谷区石漠化最强,为 46.8%,近 1/2 土地发生了中度及以上石漠化;喀斯特盆地居中,为 27.5%,山地环境区最小,为 14.2%。相比较,喀斯特峡谷区石漠化面最广,程度也最深,生态环境退化广度和程度都是最高的;喀斯特盆地区石漠化广度和程度均居于中间;山地环境区二者都是最小的。

表 2 不同地貌环境小流域各石漠化类型分布

石漠化类型	王家寨小流域(高原盆地)		石桥小流域(高原山地)		查耳岩小流域(高原峡谷)	
	面积/hm ²	比重/%	面积/hm ²	比重/%	面积/hm ²	比重/%
无石漠化	117.00	45.37	160.94	20.39	99.60	10.36
潜在石漠化	14.20	5.50	247.70	31.37	106.26	11.05
轻度石漠化	55.88	21.67	268.59	34.02	305.45	31.77
中度石漠化	55.53	21.53	80.98	10.26	277.19	28.83
强度石漠化	15.30	5.93	31.30	3.96	131.12	13.64
极强度石漠化	0	0	0	0	41.87	4.35
已石漠化	126.70	49.13	380.87	48.24	755.63	78.59

注:已石漠化土地=轻度及以上石漠化土地(轻度+中度+强度+极强度)。

从不同等级石漠化发生情况来看,喀斯特盆地区居中,为 20.4%;峡谷区最小,仅为 10.4%。潜在与轻度石漠化发生率呈现喀斯特山地区最高,峡谷区次

之,盆地区最低;而中度和强度石漠化表现为喀斯特峡谷区最高,盆地区次之,山地区最低。

3.4 不同土地利用类型的石漠化发生率

3.4.1 旱地 由表 3—5 可知,喀斯特盆地环境只发生轻度石漠化,发生率较低,仅为 4.1%,是 3 类环境中最低的。其因为盆地环境洼地底部的耕地基本不会发生石漠化,而分布于峰丛坡地的耕地容易发生石漠化,且已经都是石漠化坡耕地了。喀斯特山地环境石漠化发生率为 34.1%,其中,轻度发生率为 26.3%,中度、强度分别为 6.6%和 1.9%,该环境耕地进一步石漠化空间最大,可能性也最高。喀斯特峡

谷环境 85.7%的耕地发生了石漠化,是 3 类环境类型中最高的。其中,轻度石漠化区耕地占 4.2%,处于中度、强度区的分别占 51.1%,18.1%,且有 12.3%处在极强度区,退化程度非常惊人。

3.4.2 灌木林地 是石漠化发生率较高的土地类型。以喀斯特山地环境石漠化率最高,达到 93.8%,盆地环境为 81.5%,峡谷环境为 71.6%。各类环境中都主要发生轻度石漠化,发生率分别为:喀斯特盆地环境 75.3%,山地环境 80.1%和峡谷环境 71.6%,中度石漠化发生率较少,没有强度及极强度石漠化发生。

表 3 王家寨小流域不同土地利用石漠化发生率

%

土地利用类型	无石漠化	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化	强度石漠化	已石漠化
水田	100.00	0	0	0	0	0
旱地	95.86	0	4.14	0	0	4.14
园地	100.00	0	0	0	0	0
有林地	100.00	0	0	0	0	0
灌木林地	0	18.48	75.27	6.25	0	81.52
天然草地	0	7.18	10.08	65.88	16.87	92.82
建设用地	100.00	0	0	0	0	0
荒草地	0	0	20.41	76.54	3.05	100.00
裸岩地	0	0	0	0	100.00	100.00

表 4 石桥小流域不同土地利用石漠化发生率

%

土地利用类型	无石漠化	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化	强度石漠化	已石漠化
水田	100.00	0	0	0	0	0
旱地	9.46	56.40	26.33	6.61	1.19	34.13
有林地	98.89	1.11	0	0	0	0
灌木林地	2.50	3.73	80.09	13.67	0	93.77
疏林地	3.69	4.37	88.91	2.76	0.27	91.94
天然草地	0	0	100.00	0	0	100.00
河流水域	100.00	0	0	0	0	0
建设用地	100.00	0	0	0	0	0
荒草地	0.41	0	2.64	90.63	6.31	99.59
裸岩地	0	0	0	0	100.00	100.00

表 5 查耳岩小流域不同土地利用石漠化发生率

%

土地利用类型	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	已石漠化
旱地	12.65	1.61	4.26	51.06	18.09	12.33	85.74
有林地	95.22	4.78	0	0	0	0	0
灌木林地	1.17	27.25	70.63	0.95	0	0	71.58
疏林地	1.36	8.38	89.05	1.21	0	0	90.26
建设用地	100.00	0	0	0	0	0	0
荒草地	2.47	11.85	32.43	48.74	4.52	0	85.69
裸岩地	0	0	0	0	94.16	5.84	100.00

3.4.3 疏林地和天然草地 是石漠化率都较高的土地类型,在 90%以上。喀斯特盆地环境中没有疏林地分布,在峡谷和山地环境中,疏林地以发生轻度石漠化为主;在山地环境中,天然草地 100%发生轻度

石漠化,而盆地环境中则以发生中度石漠化为主。

3.4.4 荒草地 是极容易发生石漠化的土地类型。3 类环境石漠化发生率表现为:喀斯特峡谷(85.7%)<山地(99.6%)<盆地(100%)。从不同石漠化等级

情况来看,喀斯特盆地环境的轻、中、强度发生率分别为 20.4%,76.5%和 3.1%;山地环境中 2.6%发生轻度石漠化,90.6%和 6.3%发生中度和强度石漠化;峡谷环境中 32.4%发生轻度石漠化,48.7%和 4.5%表现为中、强度区。

3.4.5 裸岩地 所占国土面积比重较小,喀斯特峡谷区最高,为 7.1%,山地流域最低,为 2.5%。裸岩地 100%为强度及以上石漠化,是石漠化率最高,程度最强的土地类型。

3.5 不同等级石漠化在各土地类型中的分布

3.5.1 轻度石漠化 喀斯特盆地环境以灌木林地为主,占 78.6%;山地环境以旱地和灌木林地为主,分别占 41.7%和 50.0%;峡谷环境以灌木林地和荒草

地为主,分别占 57.4%和 25.6%(图 1)。

3.5.2 中度石漠化 喀斯特盆地区域以天然草地和荒草地为主,分别占 56.3%和 37.1%;喀斯特山地区以旱地、灌木林地和荒草地为主,比例分别为 34.8%,26.1%和 38.5%,仅有 0.4%分布在疏林地中;峡谷环境中以荒草地和旱地为主,比重为 56.5%和 32.4%,仅有 0.9%和 0.2%分布于灌木林地和疏林地(图 1)。

3.5.3 强度与极强度石漠化 喀斯特盆地环境中主要土地类型为天然草地和裸岩地,二者之和为 94.6%,仅有 5.4%分布于荒草地;山地环境中主要发生在裸岩地中,比重高达 83.4%;峡谷环境中强度石漠化以旱地和裸岩地为主,二者之和占 91.3%。极强度石漠化只发生在喀斯特峡谷区的少许旱地和裸岩地中(图 1)。

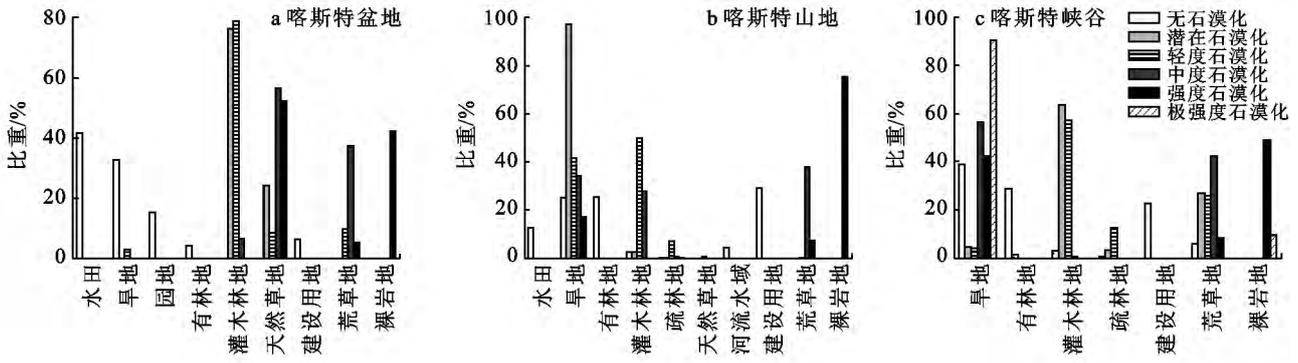


图 1 不同地貌环境石漠化土地类型分布

4 不同地貌环境中石漠化治理对策

(1) 尽管喀斯特峡谷和盆地环境石漠化扩张空间有限,但其等级强度仍然会加重,应以治理为主。根据环境特点:盆地环境一边易发生旱灾,一边内涝严重,导致基本农田遭受灾害,耕作空间不得不向坡地蔓延;坝子地农田水利配套差,生产物资靠人工或牲口运输,家禽传统散养破坏了生态环境^[7]。治理时应首要解决洼地排涝问题,保护基本农田;开发洼地地下水资源,通过提水至山顶高位调蓄水池,连接管网灌溉,发展城郊生态农业,促进经济增收,实现区域经济持续快速发展。峡谷环境地表水稀缺、土地破碎、产量低,水土流失隐患极大,生态环境遭受开垦、薪材砍伐、放牧等多种方式破坏。治理时应以坡面屋顶雨水蓄集、表层喀斯特水联合开发为核心,解决水资源缺乏问题;沟洼间耕地区域梯化,保住水土,利用干热河谷气候优势,发展特色经济林木,热带水果等,促进全面退耕,将群众生计压力转到依靠生态产业上来,实现生态建设产业化发展。

(2) 喀斯特高原山地环境石漠化扩大趋势最强,在广度和程度两个方面都有可能发展,危险性极高,

应坚持“防治结合,以防为主”的策略。该环境坡耕地比重大,产量低且不稳定,人口压力大,过度垦殖破坏生态,尤其导致耕地严重石漠化,治理工程应从转变耕作方式入手。针对谷洼地间排水不畅通问题,修建排水(洪)沟,有效利用土地资源,减少新的开垦^[8];在土层相对较厚的坡耕地,将石埂坡改梯和植物篱护埂相结合,进行保土蓄水耕作;在流域下游地势较平坦区域推广混农林—草复合经营,短期保障农民基本口粮,并可发展林产业与草地畜牧业,以短养长,长短结合,促进生态建设^[9]。

5 结论

(1) 由喀斯特盆地、山地和峡谷环境石漠化分布的土地类型发现,石漠化主要发生在旱地、灌木林地、疏林地、天然草地、荒草地和裸岩地 6 种土地上,水域及建设用地不存在石漠化现象。其中,旱地可能发生各种类型石漠化;有林地主要为无石漠化,仅少数潜在石漠化;灌木林发生中度及以下等级石漠化;疏林地、天然草地及荒草地可能发强度及以下等级石漠化;裸岩地 100%为强度石漠化。

(下转第 140 页)

- tion and evapotranspiration over 88 years in the eastern US deciduous forest[J]. *International Journal of Biometeorology*, 1999, 42(3):139-145.
- [16] De Beurs K M, Henebry G M. Trend analysis of the Path finder AVHRR Land(PAL) NDVI data for the deserts of central Asia[J]. *Geoscience and Remote Sensing Letters, IEEE*, 2004, 1(4):282-286.
- [17] Rogier de Jong, Sytze de Bruin, Allard de Wit. Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2011, 115(2):692-702.
- [18] White M A, Thornton P E, Running S W. A continental phenology model for monitoring vegetation responses to interannual climatic variability[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 1997, 11(2):217-234.
- [19] Jones M O, Kimball J S, Jones L A. Satellite passive microwave detection of North America start of season[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2012, 123:324-333.
- [20] Moulin S, Kergoat L, Viovy N, et al. Global-scale assessment of vegetation phenology using NOAA/AVHRR satellite measurements[J]. *Journal of Climate*, 1997, 10(6):1154-1170.
- [21] Zhang Xiaoyang, Friedl M A, Schaaf C B, et al. Monitoring vegetation phenology using MODIS[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 84(3):471-475.
- [22] Reed B C, White M, Brown J F. Remote sensing phenology[M]// Schwartz M D. *Phenology: An Integrative Environmental Science*. Dordrecht, The Netherlands; Kluwer Academic Publishing, 2003.
- [23] 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.
- [24] Hirsch R M, Slack J R, Smith R A. Techniques of trend analysis for monthly water quality data[J]. *Water Resources Research*, 1982, 18(1):107-121.
- [25] Alcaraz-Segura D, Liras E, Tabik S, et al. Evaluating the consistency of the 1982—1999 NDVI trends in the Iberian Peninsula across four time-series derived from the AVHRR Sensor: LTDR, GIMM S, FASIR, and PAL(II)[J]. *Sensors*, 2010, 10(2):1291-1314.
- [26] 邱海军, 曹明明. 基于 SPOT VEGETATION 数据的中国植被覆盖时空变化分析[J]. *资源科学*, 2011, 33(2):335-340.
- [27] 程殿龙. 2000 年旱灾与抗旱工作[J]. *防汛与抗旱*, 2001(1):30-35.
- [28] 民政部救灾处. 2001 年全国自然灾害和救灾工作情况[J]. *中国减灾*, 2002(1):30-33.
- [29] 朴世龙, 方精云. 最近 18 年来中国植被覆盖的动态变化[J]. *第四纪研究*, 2001, 21(4):294-302.
- [30] 李双双, 延军平, 万佳. 近 10 年陕甘宁黄土高原区植被覆盖时空变化特征[J]. *地理学报*, 2012, 67(7):960-970.
- [31] 何太蓉, 庄红娟, 刘存东. 秦岭—黄淮平原交界带中东部近 50 年气候变化特征与趋势[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(14):6532-6534.
- [32] 王强, 张勃, 戴声佩. 基于 GIMMS AVHRR NDVI 数据的三北防护林工程区植被覆盖动态变化[J]. *资源科学*, 2011, 33(8):1613-1620.

(上接第 101 页)

(2) 从石漠化土地组成看, 灌木林地、旱地、天然草地和荒草地都是石漠化主要发生的土地利用类型。旱地和灌木林地主要以轻度石漠化为主; 荒草地与疏林地多为中度石漠化; 强度主要为裸岩地。

(3) 不同环境条件下同一土地利用类型石漠化发生率及强度存在差异。以旱地为例, 喀斯特盆地石漠化发生率仅为 4.1%, 而山地为 34.1%, 峡谷则高达 85.7%。总体上, 高原峡谷环境石漠化发生率最高、等级最强, 盆地居中, 山地最小。

[参 考 文 献]

- [1] 周政贤, 毛志忠, 喻理飞, 等. 贵州石漠化退化土地及植被恢复模式[J]. *贵州科学*, 2002, 20(1):1-6.
- [2] 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.
- [3] 黄秋昊, 蔡运龙. 基于 RBFN 模型的贵州省石漠化危险度评价[J]. *地理学报*, 2005, 60(5):771-778.
- [4] 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.
- [5] 熊康宁, 黎平, 周忠发, 等. 岩溶石漠化的遥感: GIS 典型研究[M]. 北京:地质出版社, 2002:33-182.
- [6] 彭建, 杨明德. 贵州花江喀斯特峡谷水土流失状态分析[J]. *山地学报*, 2001, 19(6):511-515.
- [7] 高渐飞, 熊康宁, 吴克华. 典型喀斯特石漠化小流域小型农田水利配套技术与模式[J]. *中国农村水利水电*, 2012(8):16-23.
- [8] 高渐飞, 熊康宁, 苏孝良, 等. 喀斯特小流域石漠化综合治理技术研究: 以贵州毕节市石桥小流域为例[J]. *水土保持通报*, 2011, 31(2):117-121.
- [9] 周玮, 熊康宁, 高渐飞, 等. 贵州毕节石桥小流域喀斯特石漠化耕地治理研究[J]. *贵州农业科学*, 2010, 38(9):110-113.