

贵州喀斯特石漠化类型及程度评价

王德炉¹, 朱守谦¹, 黄宝龙²

(1. 贵州大学林学院, 贵阳 550025; 2. 南京林业大学资源与环境学院, 南京 210037)

摘要: 由于碳酸盐岩岩性的不同, 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类型。在大量典型样地调查的基础上, 以岩性、小生境种数、小生境组合、裸露石面面积、石砾含量和土壤总量 6 个因子为指标, 通过聚类分析和主成分分析相结合的方法, 将喀斯特石漠化分为 2 大类型, 即显性石漠化和隐性石漠化, 分析比较了它们的主要特征。同时, 分别石漠化类型选择了程度评价指标, 用坐标综合评定法和欧氏距离公式建立了石漠化数量评价模型, 即石漠化程度指数模型, 用石漠化程度指数对样地的石漠化现状进行了评价, 将 64 个样地划分为未石漠化, 轻度、中度、强度和极强度 5 个等级。

关键词: 贵州; 喀斯特石漠化; 数量评价

文章编号: 1000-0933(2005)05-1057-07 **中图分类号:** P642.25, Q14, X171.1 **文献标识码:** A

Preliminary study on types and quantitative assessment of Karst rocky desertification in Guizhou Province, China

WANG De-Lu¹, ZHU Shou-Qian¹, HUANG Bao-Long² (1. Forestry college of Guizhou university, Guiyang 550025, China; 2. College of Forest Resources and Environment Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(5): 1057~1063.

Abstract: Karst rocky desertification is a special process and phenomenon that transforms a karst area into rocky landscape resulted from almost devoid of soils and vegetation. Different carbonate rocks have different types of weathering, soil pedogenesis and characteristics of hydrology, which leads to making different karst terrains and rocky desertification. Degrees of karst rocky desertification vary differently with changes in the types of disturbance, their intensity, timing, and magnitude. Due to a lack of understanding of the types and degrees of development of rocky desertification, research into its prevention, and the restoration of affected land, has been restricted to a considerable extent. In this study, data on lithology, surface micro-habitats, soil, vegetation, litter, gravel content, and above-ground biomass were collected from sixty-four 10m × 10m subjectively chosen sample plots (representing different types of rocky desertification) located in the center and south of Guizhou Province, China. The data were used to classify and quantify rocky desertification based on properties and characteristics of the land sampled.

Based on results of factor analyses, 6 factors out of 14 were selected as basic factors for classification. These were: lithology; numbers of micro-site types, micro-site combinations, area of bare rock, gravel content, and bulk of soil. Both cluster analysis and principal component analysis were also performed but gave similar classification results. Research on land properties and calculated results showed that land affected by rocky desertification could be classified into two types, termed as apparent and recessive types. Apparent rocky desertification developed in the areas where lithology was pure limestone, dolomitic limestone, or limy dolomite, with more than three micro-site categories, rock-ditch, high rate (%) of outcrop, and a variety of micro-sites. Recessive rocky desertification developed on dolomite lithology where there was little or no outcrop generally displayed better continuity of soil coverage, but is characterized of simple micro-site and higher gravel content.

基金项目: 贵州省省长人才基金资助项目(2003-04-12); 贵州大学人才基金资助项目

收稿日期: 2004-05-10; **修订日期:** 2004-11-21

作者简介: 王德炉(1970~), 男, 侗族, 贵州天柱人, 博士, 副教授, 主要从事喀斯特环境及森林培育研究. E-mail: deluwang@21cn.com

致谢: 贵州大学谢双喜教授、温佐吾教授、澳大利亚的 Yushan Long 博士对本文给予了极大帮助, 在此致谢!

Foundation item: the Excellent Person Program of Guizhou Province (2003-04-12) and the Excellent Person Program of Guizhou University

Received date: 2004-05-10; **Accepted date:** 2004-11-21

Biography: WANG De-Lu, Ph. D., Associate professor, mainly engaged in environment of Karst and silviculture. E-mail: deluwang@21cn.com

Through the quantitative assessment of the factors affecting rocky desertification, five factors (i. e. community biomass, community height, depth of weathered layer, soil depth, and coverage of over- and under-storey) were selected as quantitative assessment variables for classifying the intensities of rocky desertification; while the factors of the area of outcrop and gravel contents as assessment variables for classifying the two types of rocky desertification. This makes it into two assessment systems with six factors in each. Rocky Desertification Index (RDI) model was established by the coordinated-based integrating estimation and the Euclidean distance. The RDI expresses the degree to which land is degraded by rocky desertification. A higher RDI value indicates a higher degree of degradation. The values of RDI were divided into 5 classes using an optimal partitioning method. The range of RDI values represented by each class was: Class 0=0 to 0.20; Class 1=0.21—0.40; Class 2=0.41 to 0.60; Class 3=0.61 to 0.84; Class 4=0.85 to 1.00, indicating non-degraded, lightly degraded, moderately degraded, strongly degraded, and extremely degraded, respectively, by rocky desertification.

Key words: Guizhou; Karst rocky desertification; quantitative assessment

喀斯特石漠化是西南地区碳酸盐岩发育的喀斯特地貌上所发生的土地极端退化现象,是人为干扰与自然环境综合作用的结果。它所带来的社会和生态危害,给当地经济发展和人民生存形成了极大障碍,引起了社会各界广泛的关注,亦成为喀斯特研究热点。

碳酸盐岩是以石灰岩、白云岩为代表,包括白云质石灰岩、灰质白云岩、燧石灰岩、泥质灰岩等在内的岩石总称,总体特征是可溶性物质含量高,以溶蚀风化为主,成土速度极慢。由于不同碳酸盐岩的组分不同,在风化方式、成土特性、水文地质等方面有较大差异,这种差异引起了不同岩性间地表生态环境因子的组合和质量的较大差别,形成了十分明显的喀斯特石漠化类型。迄今为止,喀斯特石漠化类型划分及类型特征研究除周政贤^[1]按地貌类型进行初步划分外,尚未见其它报道,对喀斯特石漠化现状的评价研究,亦少有展开^[2],制约了石漠化的治理及进一步研究。本文以大量典型样地调查资料为基础,根据土地的自然属性,将喀斯特石漠化土地划分成不同的类型单元,并进行了数量评价指标体系和评价方法的探讨,期望为喀斯特石漠化进一步研究和植被恢复与生态重建工作,以及分类治理提供参考。

1 实验方法

1.1 研究区自然概况

研究区设在喀斯特石漠化十分典型的贵州省安顺地区(安顺市、普定县、关岭县)和荔波县茂兰喀斯特森林自然保护区。

安顺地区位于贵州中部,地处东经 105°14′~107°17′,北纬 25°22′~27°21′。该区属亚热带气候,年平均降水量 1157.2~1392.8mm,多集中在夏、秋两季,特别是 5~8 月份,其降水量占全年的 55%以上,绝对值为 650~950mm,平均相对湿度 80%。

安顺地区在大地构造单元中,属扬子准地台的上扬子台褶皱带,处于 3 个构造褶皱束(黔中早古拱断褶皱束,黔南古陷褶皱束,威宁—紫云迭陷断束)的交汇处,地貌类型多,峰丛(峰林)洼地或丘陵洼地相互交错,间有峡谷、溶洞、地下河、天生桥等地貌发育,自然条件复杂。地层出露较全,岩性多样,以三叠系分布最广,出露面积最大,二迭系次之,其中,碳酸盐岩出露面积达 11747km²,占全区总面积的 78.9%,有极强的代表性。

荔波县地处东经 107°37′~108°18′,北纬 25°7′~25°39′,位于贵州高原南部斜坡,为贵州高原与桂东丘陵的过渡地带,平均海拔 758.8m,属中亚热带季风湿润气候,年平均气温 18.3℃,多年平均降雨量为 1320.5mm。石灰土面积 13.5 万 hm²,占土壤总面积的 56.47%。该县茂兰地区保存了原生性较强的典型喀斯特森林,总面积 2 万 hm²,全区除局部地段覆盖有少量砂页岩外,主要是由纯质石灰岩和白云岩构成的喀斯特地貌,基岩裸露率在 70%~80%以上。区内喀斯特地貌十分发育,喀斯特形态多种多样,以喀斯特峰丛、洼地、漏斗为主。

1.2 研究方法

在喀斯特石漠化典型地段,以典型样地调查作为获取数据的主要手段,共调查了 64 个样地。样地面积 10m×10m,用实测法调查岩性、小生境种类及数量、小生境的空间大小、植被、土壤厚度、枯落物厚度、土壤面积、石砾含量等因子。通过对上述因子的统计分析,得出裸岩率、土壤总量及样地小生境的组合类型。小生境分类按朱守谦^[3]方法,并将相对平坦,有腐殖质或土壤覆盖,又不足以达到土面生境规格的小生境称石台;地表平整均一、土表连续、砾石堆积的生境称碎石面。

草本层生物量以全割法(1m×1m 样方)实测,取样带回实验室 80℃恒温烘至恒重,称干重。乔木和灌木生物量采用公式^[4,5]计算,生物量均只包括地上部分。

1.3 分类、评价原则及因子选择

1.3.1 原则

(1)综合性及主导性原则 喀斯特石漠化土地差异主要是由岩性的不同引起,岩性是喀斯特石漠化类型划分的主导因子。岩

性所造成的差异表现形式多种多样,必需综合考虑到其表现形式和其它因子所造成的影响,在多种因子的综合作用下来进行喀斯特石漠化类型划分能更客观地反映这种差异。

喀斯特石漠化的形成和发展程度亦是多因素综合作用的结果,必须找出对喀斯特石漠化发展程度起控制作用的主导因子,选择主要的成因指标和表现特征指标,坚持综合性和主导性相统一。

(2)实用性原则 分类或评价的目的一是进一步深入研究,二是指导生产实践。特别是后者,如果因子过多,级别过细,在生产实践中部分因子不易获得或分类级别不易掌握,会造成分类困难和失误,不利于生产操作。此外,作为程度评价指标,还应与喀斯特石漠化程度有较好相关性,能准确地反映出土地退化程度,具有较强的代表性。

(3)科学性原则 喀斯特石漠化类型划分是喀斯特石漠化研究的基础,程度评价是治理措施制订的前提,不能凭主观判断和完全定性的方法进行,必须选择恰当的数学手段和主要的影响因子,用定量的方法客观划分和评价。

1.3.2 因子选择

(1)分类因子选择 喀斯特石漠化类型之间的差异是喀斯特石漠化土地本身自然属性的体现,不因时间和外界干扰而消失或减弱,具有相对稳定性,因而体现这种自然属性的因子也应具有相对稳定性和明显差异特征。

根据因子分析结果^①,裸露石面面积、小生境种数、土壤总量、小生境组合和石砾含量 5 个因子在时间序列上无明显的变化,有着相对的稳定性,而在地域空间上表现出规律性特征,差异明显,并受到岩性的控制,不同的岩性是其形成的基础。因此,本文选择了岩性、小生境种数、小生境组合、裸露石面面积、石砾含量和土壤总量 6 个因子作为分类的基本因子。其中岩性因子中只包括了纯质灰岩、白云岩、灰质白云岩和白云质灰岩 4 大类,它是贵州省出露碳酸盐岩的主要种类,在出露面积上占了绝大部分。其它如泥质灰岩、砂质灰岩、燧石灰岩等或因出露面积比例较低,或因岩石中杂质含量较高,成土性能较好(如泥质灰岩),较少形成喀斯特石漠化,故从略。

(2)评价因子选择 在喀斯特石漠化过程中,植被因子和土壤因子是变化最大的因子,也是引起喀斯特石漠化的主要原因^[6,7],同时考虑到喀斯特石漠化类型之间的主要差异,不同类型的喀斯特石漠化应分别进行评价,结合因子分析结果^①,筛选出群落生物量、群落高度、枯落物厚度、土层厚度和乔灌木层盖度 5 个因子作为 2 类石漠化程度评价的共同指标,而将裸露石面面积、石砾含量分别作为显性石漠化和隐性石漠化的类型差异指标,形成 2 套 6 因子评价指标体系。

2 结果与分析

2.1 石漠化类型划分

2.1.1 数量分类计算结果 以 64 个样地为实体,6 个分类因子为属性进行系统聚类 and PCA 分析,结果如图 1、图 2。

系统聚类结果分为 3 类。类 I 所含样地:01 02 03 04 09 10 11 12 13 14 15 16 40 41 42 43 44 51 66 67 68 69,共计 22 个;类 II 所含样地:05 17 18 19 20 21 22 26 32 33 34 37 39 52 60 61 62 63,共计 18 个;类 III 所含样地:06 23 24 25 28 29 30 31 35 36 38 45 46 47 48 49 50 53 54 55 56 57 58 59,共计 24 个。

从图 2 可知,在 P_1P_2 平面上,64 个样地聚合成 3 个集群,与系统聚类结果有极好的一致性。可以按此结果将 64 个样地划分为 3 类,各类基本特征见表 1。

2.1.2 类型划分及类型特征 根据计算结果和表 1 可知,类型 II 虽然具有较高的石砾含量,但高的裸岩率仍是其主要特征,其生境复杂程度和困难程度主要受到基岩裸露率的控制,有着与类 I 极其相似的特征,故把类 I、类 II 合并为 1 类。因此,将喀斯特石漠化土地分为 2 大类型,分别称显性石漠化和隐性石漠化。发育在纯质石灰岩、白云质灰岩或灰质白云岩上的基岩裸露率较高,小生境种数 3 种以上,小生境组合以石面-石沟型为主的归为显性石漠化类型,发育在白云岩上的基岩裸露率不高或基本

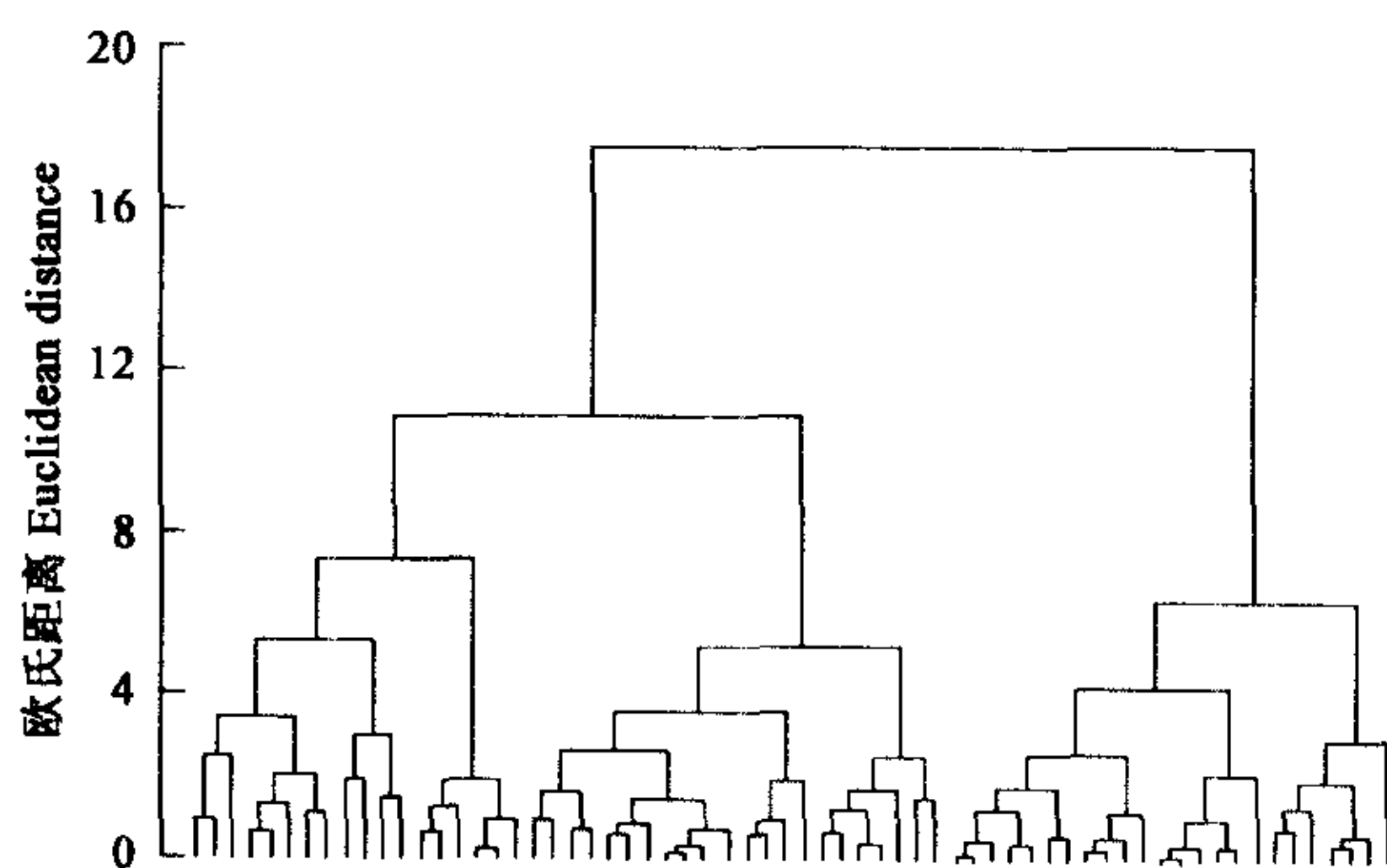


图 1 64 个样地的系统聚类结果

Fig. 1 Cluster analysis results of 64 sample plots

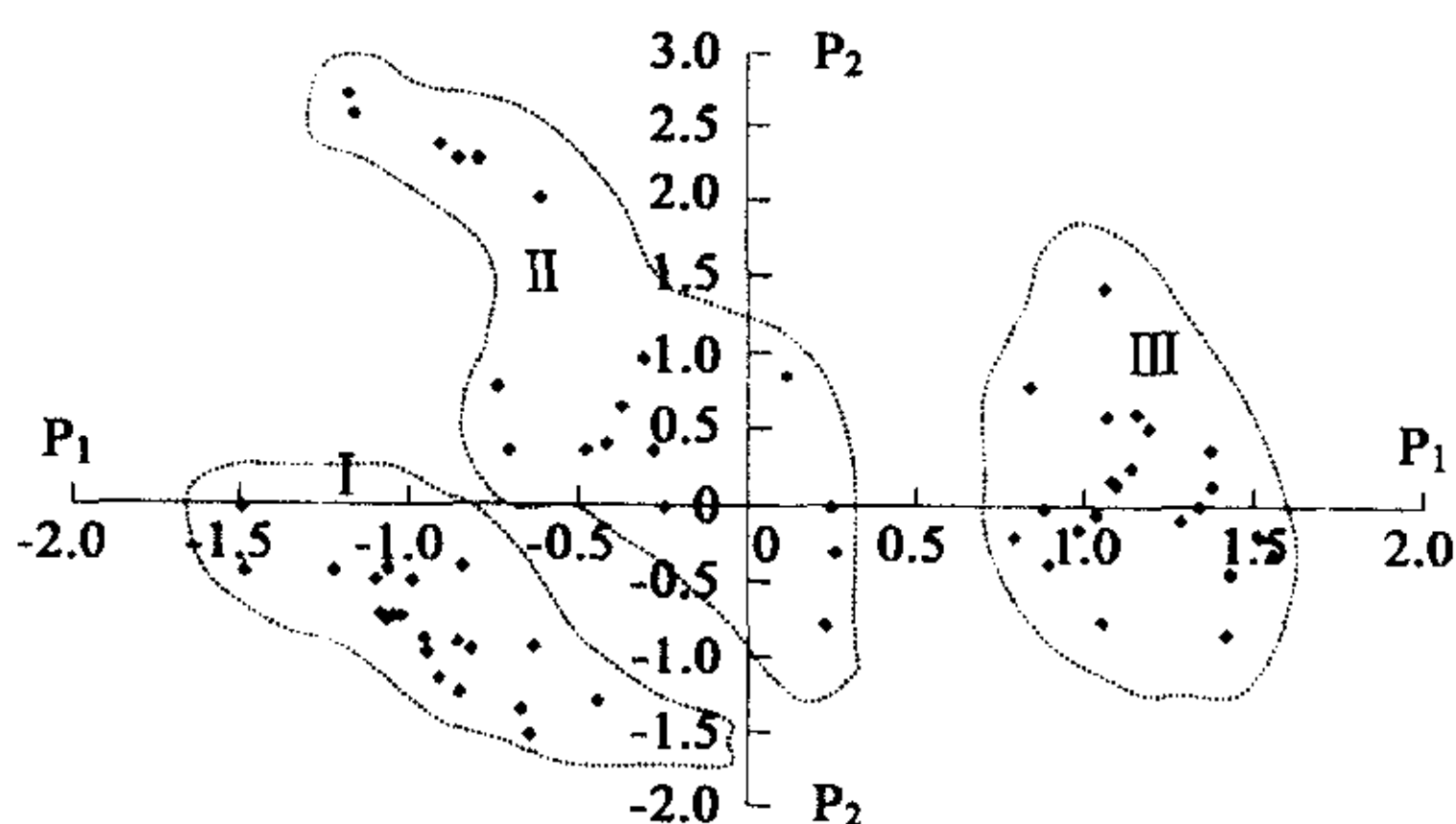


图 2 64 个样地的 PCA 排序结果

Fig. 2 Principle component analysis results of 64 sample plots

① 王德炉,喀斯特石漠化的形成过程及防治研究,南京林业大学博士学位论文,2003

不裸露,土体较连续,石砾含量极高,小生境组合单调的为隐性石漠化类型。

表 1 计算结果的初步分类
Table 1 Primary classified based on calculation results

分类 Classify	岩性 Lithology	小生境组合 Micro-site combinations	小生境种数 Number of micro-site types				裸岩率% Area of bare rock				石砾含量% Gravel Content			
			平均	最大	最小	CV	平均	最大	最小	CV	平均	最大	最小	CV
			Average	Max.	Min.		Average	Max.	Min.		Average	Max.	Min.	
I	1	石面-石沟 Rock-ditch	5.45	7	4	0.17	58.45	95.29	23.10	0.27	4.36	30.00	0.00	2.02
II	2	石面-石沟	5.61	7	3	0.20	49.90	94.30	7.42	0.48	21.67	60.00	0.00	0.85
	3	Rock-ditch												
III	4	土面 Mantlerock	1.25	2	1	0.35	3.33	20.00	0.00	1.91	53.54	90.00	5.00	0.50
		石面-土面 Rock-mantlerock												
土层厚度(cm)Soil depth			土壤总量(m ³ /100m ²)Bulk of soil											
平均 Average	最大 Max.	最小 Min.	CV	平均 Average	最大 Max.	最小 Min.	CV	土体构型 Section structure of pedon						
12.88	24.89	4.60	0.38	5.31	10.89	0.61	0.52	A-D,A-B-D						
10.71	24.10	3.40	0.41	5.59	15.80	0.32	0.69	A-D,A-B-D						
9.75	15.40	5.70	0.26	9.47	15.40	4.56	0.28	A-C						

* CV 变异系数;1 石灰岩,2 白云质灰岩,3 灰质白云岩,4 白云岩 CV means coefficient of variation; 1 linemstone, 2 dolomitic limestone, 3 limy dolomite, 4 dolomite

石灰岩的主要成分为方解石(CaCO₃),可溶性极强,风化方式以直接溶解作用为主,纯度越高,溶蚀越强,残留物极少,成土极其困难,致使土层十分浅薄、稀少,且零星分散,留存于石沟、石缝、石槽、石坑、石洞等负地形中。故显性石漠化最典型的特征就是基岩大面积裸露于地表,22个样地中裸露率平均达58.45%,溶蚀沟、缝、坑等十分发育,地表十分破碎。小生境十分复杂,共有8种之多,平均达5.5种(22个样地),组合多样,岩层产状平缓时多以石面-石沟-石台型组合为主,否则,以石面-石沟型组合为主。在地形地貌上,石灰岩分布区多数形成了尖削而陡峭的呈塔状、锥状的山峰,组成了连绵不断的峰林或峰丛洼地。又由于地下水的溶蚀,溶洞及地下河极为发育,虽水量丰富,但渗漏强烈,分布极不均匀。在这种类型中,石面生境所占比例最大,也最严酷,但在石沟和土面等负地形中却有着相对较优越的条件,土质疏松肥沃,石砾含量一般低于10%,土壤剖面构型为A-D型或A-B-D型。丰富多样的负地形在喀斯特石漠化的极端阶段亦能保持一定的适宜环境,为植被天然更新和人工恢复提供了条件。

由白云质灰岩或灰质白云岩发育的显性石漠化,由于方解石含量仍较高,溶蚀强度虽不如纯质石灰岩,溶蚀作用仍十分强烈,基岩大面积裸露于地表,表现出与纯质石灰岩发育的显性石漠化有相同的地貌形态和地表景观特征。可见,复杂多样的小生境、高的裸岩率和破碎的地表仍是其主要生境特征。又由于白云岩崩解作用的存在,土壤中石砾含量平均可达21.67%(18个样地),但并未成为生境的主要表现因子。

隐性石漠化发育的基质是白云岩。在非裸露条件下,主要通过渗透—溶蚀—分解—淋滤—崩解并不断加剧的过程来进行,在这一过程中,物理破坏量大于化学溶解量^[8],致使白云岩的风化深度和程度都大大超过灰岩,风化壳风化过渡带(即从粘土至新鲜母岩)比较明显,厚度较大,可达1m至数米,甚至几十米至百余米,或一座山体全部风化,可见其物理风化十分强烈,远远大于溶蚀量。由于白云岩强烈的崩解作用,使其不易形成尖削陡峭的山峰,多形成馒头状、浑圆状较为平缓的溶蚀残丘,地下水类型多为基岩裂隙水,水量稳定,含水均匀丰富,是良好的含水层,成孔率极高但极少有地下河发育。地表堆积物相对发育,成土相对于石灰岩而言较容易,常表现为中等岩溶化。地表光滑平整,小生境多为土面或碎石面,少石面,亦极少石沟等负地形积累区,环境较为一致。景观上表现似常态地貌,但事实上土层亦十分浅薄,极高的石砾含量是其典型特征,24个样地平均达53.54%,土壤剖面构型以A-C-D型为主,少有A-B-C-D型。较为单一的地表特征和高的石砾含量使生境的恶劣程度相对一致,局部的阴湿环境极少,对植物的繁殖和存活十分不利,人工恢复的困难程度较显性石漠化高。两种不同类型石漠化的相关特征比较见表2。

灰岩、白云岩的原生结构非常致密,是不透水层,之所以形成强烈渗漏现象,是由于地壳运动构造应力的作用使岩石产生劈理、节理裂隙的结果。由于结构组成的不同,二者在形成节理裂隙时有较大差异^[8],是造成不同石漠化类型水文特征差异的主要原因。白云岩主要由中粒状白云石组成,具镶嵌结构,不含充填胶结物,晶间孔隙发育;灰岩主要由方解石基质和颗粒组成,含有

方解石胶结物,对颗粒起着胶结作用。因此,当岩石受力破坏后,白云岩极易沿晶间孔隙在不同方向上产生密集且均匀的节理裂隙,而灰岩则沿岩石颗粒长轴方向产生不均匀的张性节理裂隙。

表 2 不同类型喀斯特石漠化土地的基本特征

Table 2 Primary characters of different rocky desertification types

石漠化类型 Types of K. R. D.	发育基质 Lithology	小生境种数 Numbers of micro-site type	小生境组合 Micro-site combinations	基岩裸露率(%) Area of bare rock	石砾含量(%) Gravel content	土层厚度(cm) Soli depth	土壤总量 (m ³ /100m ²) Bulk of soil	土体构型 Section structure of pedon
显性 Apparent	纯质灰岩 Limestone	6	石面-石沟 Rock-ditch	54.60	12.1	11.90	5.44	A-D A-B-D
	灰质白云岩 Limy dolomite							
	白云质灰岩 Dolomitic limestone							
隐性 Recessive	白云岩 Dolomite	1~2	土面 Mantlerock	3.33	53.5	9.75	9.47	A-C-D
			土面-石面 Rock-mantlerock					A-B-C-D

2.2 石漠化程度评价

2.2.1 评价原理和方法 评价是以喀斯特石漠化的形成、类型及特征研究为基础的。衡量喀斯特石漠化土地指征与未发生石漠化土地指征间的差异,用差异大小来表征喀斯特石漠化程度。多因子指征的复合,构成了指征的多维空间。坐标综合评定法是根据多维空间 E^n 多向量理论^①,用简单的欧式距离表达多维空间中实体间距离。在 i 个样本, j 个指标所构成的数据矩阵中,不是以某一个具体样地为理论原点,而是以每一个指标中的最大值(标准化后为 1)构成新的理论原点,作为其余样地比较的标准点,样地点与标准点之间的距离即表示所研究石漠化土地与标准样地的相异程度。则各样地与标准点的欧氏距离值 DI (Distance index)可用下式表示:

$$DI_{0,i} = \sqrt{\sum_j W_j (1 - a_{ij})^2}$$
 (1)

式中, $DI_{0,i}$ 为喀斯特石漠化土地在时刻 0 与 i 时的欧氏距离; W_j 为 j 指标用层次分析法计算的权重; a_{ij} 为样地 i 时刻指标值的集合。

按照类型划分结果分类型将样地数据代入公式 1 计算时,为避免因指标量纲不同造成的评价偏倚,对各指标的原始数据进行了极差标准化^[9]。

不同类型喀斯特石漠化的评价指标虽有差异,但评价标准是相同的。又由于本文所收集的样地数据中,既包含了未发生石漠化的喀斯特顶极乔林阶段,也包含了石漠化的中间阶段和极端退化阶段,形成了一个完整的退化过程,因此,将所有样地 DI 值从小到大进行排序,构成了喀斯特土地的石漠化程度序列,而 DI 值可以用来表示喀斯特石漠化土地与未退化土地之间的绝对距离值,即样地实体的实际退化程度,称为石漠化指数,用 RDI (Rocky desertification index) 表示,则 $RDI = DI$ 。为了直观地表示退化程度,对 RDI 值作了极差标准化处理,使其值域为 0~1.0 之间。 RDI 数值越大,石漠化程度越高,反之越低。

表 3 最优分割法对 RDI 值按 5 组划分结果

Table 3 The result of optimal section divided on RDI

分组 Groups	包含样地 No. of sample plot	RDI 范围 Range of RDI values
1	11,12,33,35,38,66,67,68,69	0~0.16
2	5,13,20,21,22,34,37,41,46	0.236~0.39
3	01,04,06,39,40,50	0.416~0.539
4	02,03,09,10,14,17,19,23,24,25,26, 28,29,30,31,42,44,45,47,52,53,57, 58,61	0.631~0.835
5	15,16,18,32,36,43,48,49,51,54,55, 56,59,60,62,63	0.851~1.00

2.2.2 石漠化程度评价 本评价方法是一种以空间代替时间,综合各指标测定值,对各评价单元的石漠化程度进行排序、归类的相对评价方法。计算结果表明,64 个评价单元中 RDI 值在 0~0.20、0.21~0.40、0.41~0.60、0.61~0.80、0.81~1.00 分别为 9、9、6、18 和 22 个,占 14.1%、14.1%、9.3%、28.1%和 34.4%。

① 顾万春. 林业试验统计. 1984,349~353

将各样地 *RDI* 值视为一有序样本,用最优分割法^[10]划分为 5 个等级组,其结果如表 3 所示。根据各组的 *RDI* 范围,经整化后确定为 0~0.20、0.21~0.40、0.41~0.60、0.61~0.84、0.85~1.00,分别命名为未石漠化、轻度石漠化、中度石漠化、强度石漠化和极强度石漠化 5 个等级,用 0~4 表示(表 4),结果表明,64 个样地中 0~4 各等级的样地分别为 9、9、6、24、16 个,占 14.1%、14.1%、9.3%、37.5%和 25.0%。与前述按 *RDI* 等距划组归并结果相比,第 1、2、3 个等级组完全一样,第 4、5 等级组略有差异。显然按有序样本最优分割法划分的结果更客观些。

采用马氏距离判别法将样地数据按 5 类进行距离计算,按最小距离归类,结果表明,64 个样地中,错判率为 0,划组归并结果可信,可以按表 4 标准对石漠化土地进行评价,划分为不同的程度等级。不同类型、不同程度喀斯特石漠化土地综合特征见表 5。表 5 结果同时也反映了类型之间明显的特征差异。

表 4 石漠化程度等级划分标准

Table 4 Divided standard of rocky desertification degree					
石漠化程度 Degree of K. R. D.	未退化 Non- degraded	轻度 Lightly	中度 Moderately	强度 Strongly	极强度 Extremely
石漠化指数 <i>RDI</i>	0~0.20	0.21~0.40	0.41~0.60	0.61~0.84	0.85~1.0
代码 Code	0	1	2	3	4

表 5 不同程度石漠化基本特征

Table 5 Characters of different rocky desertification degrees											
石漠化类型 Types of K. R. D.	石漠化等级 Grades of K. R. D.	小生境种数 Numbers of micro-site types	裸岩率(%) Rate of bare rock	乔灌层盖度 Coverage of over- and under-storey	群落高 (m) Community height	枯落物厚 (cm) Depth of weathered layer	生物量 (t/hm ²) Community biomass	石砾含 量(%) Gravel content	土厚 (cm) Soil depth	土壤总量 (m ³ /100m ²) Bulk of soil	程度指数 <i>RDI</i>
显性 Apparent	0	6	59.49	0.88	8.67	6.81	80.66	1	17.89	7.22	0.113
	1	5	45.12	0.81	5.80	6.28	38.75	23	11.67	6.36	0.310
	2	5	49.21	0.79	2.95	7.03	17.88	18	12.58	6.43	0.491
	3	5	52.00	0.39	0.96	2.69	1.90	14	10.34	5.17	0.770
	4	6	75.03	0.07	0.45	0.92	0.59	6	10.27	2.59	0.933
隐性 Recessive	0	2	2.65	0.85	7.23	7.60	65.37	22	12.60	12.28	0.090
	1	2	3.71	0.85	5.83	4.73	49.62	35	12.10	11.81	0.311
	2	2	5.00	0.80	2.43	4.65	17.62	45	12.15	11.60	0.486
	3	1	3.33	0.58	1.43	0.53	8.20	51	9.37	9.08	0.742
	4	1	4.29	0.33	0.58	0.00	3.57	79	8.49	8.18	0.932

3 结论

3.1 喀斯特石漠化因岩性的不同,而具有不同的发育特征,引起了地貌形态、地表小生境、岩石裸露率、土壤等各方面特别是生态因子及其组合上有较大的差异。因此,本文通过系统聚类分析和 PCA 分析,依据其自然属性将喀斯特石漠化土地分为 2 大类型,即显性石漠化和隐性石漠化。显性石漠化是以复杂多样的小生境和高的裸岩率为主要标志,而隐性石漠化是以高的石砾含量和较单一的地表特征为主要标志。

经比较,研究结果与客观实际相符,真实地反映了不同岩性之间差异,为喀斯特石漠化分类治理和分类研究奠定了基础。

3.2 对于一个评价单元,通过抽样调查,获取相应资料,应用本评价原理和方法,可得到该评价单元喀斯特石漠化程度及分布的相对评定结果。当抽样调查获取的资料包括了从未退化到极端退化各种状态时,本方法相对评价的结果接近于绝对评定的结果。当依据本研究原理和方法进行大量调查及结果评定,能制定判断喀斯特石漠化程度的直接判断指标时,即可根据这些指标直接评定各对象单元的石漠化程度。

References:

[1] Zhou Z X, Mao Z Z, Yu L F, *et al.* The study on degraded land and its vegetation restoration models of desertification in Guizhou. *Guizhou Science*, 2002, **20**(1):1~6

[2] Xiong K N, Li P, Zhou Z F, *et al.* *GIS typical research—Remote sensing on Karst rocky desertification*. Beijing: Geological Press, 2002. 23~28

[3] Zhu S Q, He J X, Zhu X K, *et al.* Studies on the features of micro-habitata of Karst forest. In: *Ecological research on Karst forest* (1). Guiyang: Technological Press of Guizhou, 1993. 52~61.

[4] Zhu S Q, Wei L M, Zhang C G, *et al.* A preliminary study on growth features of tree species in Maolan Karst forest. In: *Ecological research on Karst forest* (1). Guiyang: Technological Press of Guizhou, 1997. 55~64.

- [5] Yu L F, Zhu S Q, Ye J Z, *et al.* Study on evaluation and degrade of Karst forest community with human disturbance. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, **13**(5): 529~532.
- [6] Wang D L, Zhu S Q, Huang B L. Study on changes of vegetation features of rocky desertification process in Karst area of Guizhou. *Jouranal of Nanjing Forestry University (Natural sciences edition)*, 2003, **27**(3): 26~30.
- [7] Wang D L, Zhu S Q, Huang B L. Primary study on soil physical and chemical properties in rocky desertification process. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 2003, **22**(3): 204~207, 213
- [8] Nie Y P. Karst development characteristics under the lithologic control of carbonate rocks——A case study in south-central Guizhou. *Carsologica Sinica*, 1994, **13**(1): 31~36.
- [9] Yang H X, Lu Z Y. *Quantitative classified methods of vegetation ecology*. Beijing: Scientific Press, 1981. 16~32.
- [10] Lang K J, *et al.* *Collection of PC series programs——mathematical statistics and management principles of investigative programming*. Beijing: Chinese forestry Press, 1989.
- [11] Li R L, Wang S J, Zhou D Q, *et al.* The correlation between rock desertification and lithology in Karst area of Guizhou. *Acta Geographica Sinica*, 2003, **58**(2): 314~320.
- [12] Zheng Y C, Wang S J. Geological cause of calcareous soil erosion and land rocky desertification in Karst area, Guizhou Province. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2002, **11**(5): 461~465.

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. 贵州科学, 2002, **20**(1): 1~6.
- [2] 熊康宁, 黎平, 周忠发, 等著. 喀斯特石漠化的遥感-GIS 典型研究. 北京: 地质出版社, 2002. 23~28
- [3] 朱守谦, 何纪星, 祝小科, 等. 喀斯特森林小生境特征初步研究. 见: 朱守谦主编. 喀斯特森林生态研究(Ⅰ). 贵阳: 贵州科技出版社, 1993. 52~61.
- [4] 朱守谦, 魏鲁明, 张丛贵, 等. 茂兰喀斯特森林树种生长特点初步研究. 见: 朱守谦主编. 喀斯特森林生态研究(Ⅱ). 贵阳: 贵州科技出版社, 1997. 55~64.
- [5] 喻理飞, 朱守谦, 叶镜中, 等. 人为干扰与喀斯特森林群落退化及评价研究. 应用生态学报, 2002, **13**(5): 529~532.
- [6] 王德炉, 朱守谦, 黄宝龙. 贵州喀斯特区石漠化过程中植被特征的变化. 南京林业大学学报(自然科学版), 2003, **27**(3): 26~30.
- [7] 王德炉, 朱守谦, 黄宝龙. 石漠化过程中土壤理化性质变化的初步研究. 山地农业生物学报, 2003, **22**(3): 204~207, 213.
- [8] 聂跃平. 碳酸盐岩性因素控制下喀斯特发育特征——以黔中南为例. 中国岩溶, 1994, **13**(1): 31~36.
- [9] 阳含熙, 卢泽愚. 植物生态学的数量分类方法. 北京: 科学出版社, 1981. 16~32.
- [10] 郎奎健, 等. IBM PC 系列程序集-数理统计, 调查规划经营原理. 北京: 中国林业出版社, 1989.
- [11] 李瑞玲, 王世杰, 周德全, 等. 贵州岩溶地区岩性与石漠化的相关分析. 地理科学, 2003, **58**(2): 314~320.
- [12] 郑永春, 王世杰. 贵州山区石灰土侵蚀及石漠化的地质原因分析. 长江流域资源与环境, 2002, **11**(5): 461~465