

云南省生态环境敏感性评价

李东梅^{1,2}, 吴晓青^{1,2}, 于德永^{1,*}, 高正文^{1,2}, 吴 钢¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:分别进行了云南省土壤侵蚀敏感性、石漠化敏感性和生境敏感性评价, 其中土壤侵蚀敏感性评价主要考虑了降水侵蚀力、地形、土壤质地和地表覆盖因素; 石漠化敏感性评价主要考虑了地形、地貌、植被盖度因素; 生境敏感性评价主要根据生态系统类型中物种丰富度, 以及国家与省级保护对象的分布数量进行评价。结果表明: 土壤侵蚀的轻度敏感、中度敏感地区分别占云南省面积($3.84 \times 10^5 \text{ km}^2$)的 35.61%、41.30%。石漠化不敏感地区、敏感地区分别占云南省面积的 65.09%、34.91%。生境不敏感地区、高度敏感地区及极度敏感地区分别占全省面积的 41.50%、39.69%、14.25%。

关键词:生态环境敏感性; 云南省; 评价

文章编号: 1000-0933(2008)11-5270-09 中图分类号: Q143 文献标识码: A

Evaluation on eco-environmental sensitivity of Yunnan Province

LI Dong-Mei^{1,2}, WU Xiao-Qing^{1,2}, YU De-Yong^{1,*}, GAO Zheng-Wen^{1,2}, WU Gang¹

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Science, Beijing 100085, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11): 5270 ~ 5278.

Abstract: This paper evaluated the sensitivity of soil erosion, stony desertification and environmental sensitivity. The evaluation on soil erosion sensitivity mainly considered the factors of the force of precipitation erosion, topography, soil texture and land covers. The evaluation on stony desertification sensitivity mainly considered the factors of topography, geomorphology and vegetation cover. The evaluation on environmental sensitivity mainly considered species richness and species quantity protected by the nation or Yunnan province. The results showed that the areas slightly sensitive and moderate sensitive to soil erosion make up 35.61% and 41.30% of the province ($3.84 \times 10^5 \text{ km}^2$), respectively. The regions not sensitive and sensitive to stony desertification comprise about 65.09% and 34.91% of the province, respectively. The areas with no, high and extreme environmental sensitivity make up 41.50%, 39.69% and 14.25% of the province.

Key Words: eco-environmental sensitivity; Yunnan province; evaluation

随着区域甚至全球范围内生态环境问题的日渐增多和日趋严重, 生态环境敏感性评价逐步受到国内外学者的关注和重视^[1]。生态环境敏感性是指生态系统对人类活动干扰和自然环境变化的反映程度, 说明发生区域生态环境问题的难易程度和可能性大小。例如, 如果在同样的人类活动强度影响或外力作用下, 各生态

基金项目: 云南省省院省校科技合作计划资助项目(2004YX43)

收稿日期: 2008-04-14; 修订日期: 2008-09-24

作者简介: 李东梅(1973~), 女, 黑龙江大庆人, 博士生, 主要从事生态系统生态学研究。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ydy@rcees.ac.cn

Foundation item: The project was financially supported by the technological cooperation project of Yunnan Province (No. 2004YX43)

Received date: 2008-04-14; Accepted date: 2008-09-24

Biography: LI Dong-Mei, Ph. D. candidate, mainly engaged in ecosystem ecology.

系统出现区域生态环境问题(如沙漠化、盐渍化、水土流失和酸雨)的概率大小^[2]等。生态环境敏感性评价实质就是在不考虑人类活动影响的前提下,评价具体的生态过程在自然状况下潜在的产生生态环境问题的可能性大小,敏感性高的区域,当受到人类不合理活动影响时,就容易产生生态环境问题,应该是生态环境保护和恢复建设的重点^[3]。目前对于生态环境敏感性的研究主要侧重于生态系统对酸沉降敏感性^[4~7]、流域生态系统的敏感性^[8]及恢复力分析^[9,10],分析各生态环境问题的形成与影响因素^[9,10]。以往的这些研究较多的是针对某一生态问题,综合研究较少。云南省是我国典型的生态环境脆弱和敏感地区,土壤侵蚀、石质荒漠化等问题严重,因此本文选择该区作为研究对象,研究区域生态环境敏感性,探索生态环境敏感性定量评价方法,明确生态环境敏感区域,为云南省生态环境建设和保护提供生态学基础。

1 研究区概况

云南省地处祖国西南边陲,位于东经 $97^{\circ}31' \sim 106^{\circ}12'$,北纬 $21^{\circ}08' \sim 29^{\circ}15'$ 之间,东西宽 864.9 km,南北长 990 km,国土面积 38.321 万 km^2 。全省山地面积占总面积的 94%,河谷盆地仅占 6%。地势西北高,东南低。云南属于低纬高原季风气候,受到东亚季风和印度季风的交替影响,突出特点是年温差小,日温差大,干湿季分明,气温随地势高低呈垂直变化异常明显。全省大部分地区年降水量在 1000 mm 以上,但在季节上和地域上的分配极不均匀。云南省具有丰富的生态系统多样性和物种多样性,是世界上生物物种资源比较集中的重要地区之一。云南省是大江大河的上游地带,上游地区的生态保护与下游黄金经济带的生态安全密切相关。云南省的东部和东南部为大面积的石灰岩基质,与以石灰岩地貌为主的贵州和广西相连,是石漠化的高发区和危险区。到 2002 年底全省总人口达到 4287.40 万人,占全国人口总数的 3.3%,平均人口密度增至 111.3 人/ km^2 ,云南省是全国少数民族种类及人口最多的省区之一,居住着汉、彝、白等 27 个民族。改革开放以来,云南省的经济建设和社会的发展取得了巨大的成就。到 2003 年,实现了生产总值 2458.8 亿元,增速平均达 8.6%;人均国民生产总值 5647 元。

2 数据与方法

2.1 土壤侵蚀敏感性评价

2.1.1 土壤侵蚀的敏感因素

土壤侵蚀敏感性主要指自然环境条件所造成的易发生土壤侵蚀的程度。在自然环境中,影响土壤侵蚀的主要因素有:降水侵蚀力、土壤质地、地形和地表覆盖。

(1) 降水侵蚀力(R) 反映降雨对土壤侵蚀的影响。在土壤质地因子和地表覆盖因子相同的条件下, R 值越大土壤侵蚀敏感性等级越高。在一般情况下,单点暴雨对降雨侵蚀的影响程度最大。

(2) 地形(LS) 反映地形对土壤侵蚀的影响,包括坡度(S)和坡长(L)。主要影响因子为坡度。一般来讲,在其他因子条件相同的情况下, $35^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 的坡地土壤侵蚀量最大。

(3) 土壤质地(K) 土壤侵蚀主要与土壤质地因子 K 有关。 K 值的大小与土壤机械组成和有机质含量有关, K 值越大,土壤侵蚀敏感性等级越高。

(4) 地表覆盖(C) 地表覆盖主要反映植被类型及其覆盖状况对土壤侵蚀的影响,植被的郁闭度越高,防治土壤侵蚀的效果越好。

2.1.2 评价标准和分级

根据国家环境总局对土壤侵蚀敏感性评价的编制规范,结合云南省的实际情况,制定云南省各影响因子对土壤侵蚀敏感性评价等级和标准,见表 1。

按照表 1 的分级标准,根据云南省的情况,降雨侵蚀的因子(R)的选取以云南省水文站研制的 1:50 万多年平均降雨量等值线图为主要取值依据;地形因子以云南省 1:25 万的 DEM 为基础研制坡度图后取值; K 值的选取以 1:50 万的云南省土壤类型图为基础,根据土壤侵蚀的诺谟方程,结合云南省已有的典型地区水土流失定点观测研究结果进行计算后单独成图; C 值的选取以云南省 1:50 万土地利用现状图为依据,结合各种类型的地表覆盖度进行归类后成图。在 GIS 的支持下,将以上图层进行叠加,并按以下公式计算土壤侵蚀敏感

性综合评价等级。

$$SS_j = \sqrt[4]{\prod_{i=1}^4 C_i}$$

式中, SS_j 为 j 空间单元土壤侵蚀敏感性指数; C_i 为 i 因素敏感性等级值。

表 1 土壤侵蚀敏感性影响因子分级标准

Table 1 The classification standard of influence factors on soil erosion sensitivity

分级 Grade	不敏感 Insensitivity	轻度敏感 Slight sensitivity	中度敏感 Moderate sensitivity	高度敏感 High sensitivity	极度敏感 Extreme sensitivity
降雨量 Rainfall (mm)	< = 900	900 ~ 1000	1000 ~ 1200	1200 ~ 1500	1500 ~ 2000
土壤质地 Soil texture	< = 0.099	0.099 ~ 0.160	0.160 ~ 0.228	0.228 ~ 0.329	0.329 ~ 0.475
地形 Terrain (°)	0 ~ 8	8 ~ 15	15 ~ 25	25 ~ 35	> 35
地面覆盖 Surface cover	冰川及永久积雪、城镇、灌溉水田、河流水面、湖泊、坑塘水面、裸岩、石砾地、农村居民点、	改良草地、果园、人工草地、疏林地、天然草地、橡胶园、有林地	菜地、茶园、灌木林、其它园地、桑园、未成林造林地、	荒草地、迹地、	旱地、裸土地、其它未利用土地、水浇地、滩涂、特殊用地、独立工矿用地
分级赋值 Rank value	1	3	5	7	9
分级标准 Grade standard	1.0 ~ 2.0	2.1 ~ 4.0	4.1 ~ 6.0	6.1 ~ 8.0	> 8.0

* k 为土壤可蚀性系数,取值范围 0 ~ 1

2.2 石漠化敏感性评价

2.2.1 石漠化敏感性因素

石漠化是云南省的主要生态环境问题之一。近年来,随着滇东南和滇东岩溶地区森林植被破坏的加剧和土地垦殖强度的加大,石漠化现象越来越严重地威胁着这些地区的生态安全。根据石漠化的成因,引起石漠化的主要敏感性因素是:地形、地貌、植被盖度。

地形:反映地形对石漠化的影响,包括坡度和坡长,主要影响因子为坡度。一般来讲,在其他因子条件相同的情况下,坡度在 25° 以上的坡地是石漠化程度最大的区域。地形因子的选择以云南省 1:25 万的 DEM 空间数据生成的坡度图为基础。

地貌:在营力因素、构造因素、岩石因素和时间因素共同作用下形成的地貌是石漠化的主要因子。其中,喀斯特地貌是引起石漠化的首要原因,云南省喀斯特地貌主要分布在滇东南、滇东、滇东北地区 and 滇西南和滇西北的局部区域,非喀斯特地貌地区均为石漠化不敏感区域。地貌的选择以云南省 1:50 万的地貌类型图为基础。

植被盖度:良好的植被覆盖是防止喀斯特地貌出现石漠化的重要前提,植被的郁闭度越高,防治石漠化的效果越好。植被覆盖的选择以云南省 1:50 万的土地利用现状图为基础,根据云南省的实际进行划分后重新成图。

2.2.2 评价标准和分级

根据国家环境总局对石漠化敏感性评价的编制规范,结合云南省的实际情况,云南省石漠化敏感性评价的分级标准见表 2。

3.3 生境敏感性评价

云南省的生境敏感性评价以生物多样性保护的敏感性为主。生态多样性包括 3 个层次,即遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性。在 3 个生物多样性保护的层次中,生态系统多样性是遗传多样性和物种多样性的载体。根据云南省的生态特征和生物多样性的分布规律,以植被类型为主要表征的生态系统多样性是生

境敏感性在地域上的具体体现。根据国家环境总局对生境敏感性评价的编制规范,以物种保护为依据的生境敏感性评价的标准与分级见表3。

表2 石漠化敏感性影响因子分级标准

Table 2 The classification standard of influence factors on stony

敏感性 Sensitivity	不敏感 Insensitivity	轻度敏感 Slight sensitivity	中度敏感 Moderate sensitivity	高度敏感 High sensitivity	极敏感 Extreme sensitivity
喀斯特地形 Karstic feature	不是	是	是	是	是
坡度 Slope(°)		< 15	15 ~ 25	25 ~ 35	> 35
植被覆盖 Vegetation cover(%)		> 70	50 ~ 70	20 ~ 30	< 20

表3 生物多样性的生境敏感性评价标准

Table 3 The classification standard of environmental sensitivity of biodiversity

国家与省级保护物种	生境敏感性等级 Grade of eco-sensitivity
国家一级 National First level	极敏感 Extreme sensitivity
国家二级 National second level	高度敏感 High sensitivity
其它国家与省级保护物种 Another National and Provincial Protected Species	中度敏感 Moderate sensitivity
其它地区性保护物种 Another Regional Protected Specoes	轻度敏感 Slight sensitivity
无保护物种 Species without protection	不敏感 Insensitivity

根据不同森林类型的敏感性等级分类标准,以云南省 1:50 万的森林类型图为依据,进行重新分类,生成新的图层,借助于 GIS 空间分析功能进行空间分析和统计。

3 结果与分析

3.1 云南省土壤侵蚀敏感性评价

GIS 叠加分析和统计的结果表明,根据云南省的自然环境条件,云南省大部分地区均为土壤侵蚀的轻度敏感和中度敏感地区,其中轻度敏感地区面积为 136598.30 km²,占全省面积的 35.61%,主要分布在迪庆、丽江、楚雄、大理、玉溪、昆明大部以及曲靖、红河、保山和怒江地区;中度敏感地区面积为 158431.60 km²,占全省面积的 41.30%,主要分布在昭通、文山、版纳、思茅、临沧、德宏大部和曲靖、红河、保山、怒江、昆明、大理的部分地区;不敏感地区的面积为 50205.32 km²,占全省面积的 13.09%,主要分布在曲靖、昆明、文山、红河、玉溪以及大理、保山、德宏的部分区域;高度敏感地区的面积为 38377.01 km²,占全省面积的 10.00%,分布在红河、思茅、临沧、文山、曲靖、昭通等紫色土集中分布的区域,极度敏感地区分布的面积极小。云南省土壤侵蚀的敏感性程度及其分布面积见表4,各地州的土壤侵蚀程度及面积见表5。

表4 云南省土壤侵蚀敏感性程度及分布面积(km²)

Table 4 The extent and area of different soil erosion sensitivity in Yunnan province

敏感性等级 Sensitivity level	斑块数(个) Patch number	斑块比例 Patch proportion(%)	斑块平均面积 Average patch area(km ²)	面积 Area(km ²)	面积百分比 Area proportion(%)
1	4572	27.93	10.71	48955.92	12.76
3	2653	16.21	51.62	136953.79	35.70
5	4909	29.99	32.65	160268.60	41.78
7	4234	25.87	8.84	37433.92	9.76
合计 Total	16368	100.00		383612.24	100.00

土壤侵蚀的敏感性是表示自然环境条件的组合,对土壤侵蚀发生的敏感程度,并不等于现行的土壤侵蚀状况。在以上分析的各类敏感区域中,最危险的是中度以上的敏感区域,这些区域也是云南省人口较为密集、开发强度较大的区域,从目前的情况来看,这些地区也是云南省水土流失较为严重的地区,应作为水土流失防治的重点区域。

4.2 石漠化敏感性评价

云南省喀斯特地貌主要分布在滇东、滇东北大部分地区 and 滇东南地区、滇西北的香格里拉县以及和滇西南和滇西北的局部区域,滇中、滇西南的大部分地区的非喀斯特地貌地区均为石漠化不敏感区域。

GIS 叠置分析和统计结果表明:就云南省的地形地貌和基质条件而言,云南省的大部分地区为对石漠化不敏感的区域,面积为 249708.92km²,占云南省国土面积的 65.09%,主要分布在滇西。滇西南和滇中地区。

表 5 云南省各地州土壤侵蚀敏感性程度及分布面积(km²)

Table 5 The extent and area of different soil erosion sensitivity for different regions in Yunnan province

地州名称 State	不敏感 Insensitivity	轻度敏感 Slight sensitivity	中度敏感 Moderate sensitivity	高度敏感 High sensitivity
西双版纳	2473.85	2407.15	11740.43	2563.99
保山	2487.72	5012.64	9587.14	1931.81
楚雄	3339.69	20007.82	4175.54	840.54
德宏	1846.46	374.59	7922.40	993.53
大理	3076.42	15449.96	8883.17	877.19
迪庆	1466.99	18827.53	2656.16	195.58
红河	5801.83	8978.99	12112.03	5213.99
昆明	4884.13	9524.62	6081.43	458.13
临沧	1901.77	3856.36	13004.86	4816.08
丽江	1381.27	13683.21	4685.56	792.66
怒江	320.98	4186.71	8774.53	1257.79
曲靖	7330.34	9827.69	9783.49	1921.78
思茅	2570.29	6339.56	25285.49	9970.49
文山	6215.10	4204.33	17622.22	3323.14
玉溪	2158.76	7687.35	4406.26	646.24
昭通	1563.87	6203.40	13101.12	1525.88

云南省石漠化敏感的区域面积为 133903.31 km²,占云南省国土面积的 34.91%,以滇东南和滇东地区分布最广。在石漠化敏感区域中,轻度敏感地区面积为 42258.71km²,占全省面积的 11.02%,主要分布在滇东南文山、滇东曲靖以及红河、思茅、临沧、保山、红河、大理、丽江一带;中度敏感地区面积为 19411.36km²,占全省面积的 5.06%,主要分布在文山、红河、临沧、保山一带以及迪庆的香格里拉、维西和三坝地区;高度敏感地区的面积为 71939.31km²,占全省面积的 18.75%,分布在红河、思茅、临沧、文山、曲靖、昭通、昆明、玉溪以及迪庆等地区。极度敏感地区分布的面积极小,在文山和昭通、迪庆、昆明、红河有少量分布。云南省石漠化的敏感性程度及其分布面积见表 6。

表 6 云南省石漠化敏感性程度及分布面积(km²)

Table 6 The extent and area of different stony desertification in Yunnan province

石漠化敏感性分级 Sensitivity level of rocky desertification	斑块数(个) Patch number	斑块比例 Patch proportion(%)	面积 Area(km ²)	面积比例 Area proportion(%)
不敏感	28	0.69	249708.92	65.09
轻度敏感	1461	35.9	42258.71	11.02
中度敏感	1606	39.46	19411.36	5.06
高度敏感	906	22.26	71939.31	18.75
极敏感	69	1.7	293.94	0.08
合计	4070	100	383612.24	100

石漠化是云南省的主要生态环境问题之一。除滇西北地区以外,云南省的石漠化敏感地区均是云南省人口较为密集的地区,特别是在滇东北的镇雄、彝良以及滇西南的西畴、富宁、广南、砚山一带,人多地少,土地垦

殖强度大,加之地处石漠化敏感地带,过度的土地垦殖和土地利用不当极易带来严重的石漠化。目前,这些地区是云南省石漠化的重灾区,石漠化已严重地威胁着这些地区的生态安全及人民的生产和生活。

云南省各地州石漠化敏感性程度及分布面积见表 7。在云南省的 16 个地州中,对石漠化完全不敏感的地区有西双版纳州、德宏州和怒江州。石漠化敏感面积在 10000 km² 以上的地州依次为文山、曲靖、红河、昭通、昆明和临沧。高度敏感面积超过 8000 km² 的地州依次为曲靖、文山、昭通和红河。由此可见。云南省防治石漠化的重点地区应为滇东地区的曲靖、昭通和东南地区的文山、红河。

表 7 云南省各地州石漠化敏感性程度及分布面积(km²)

Table 7 The extent and area of stony desertification in Yunnan province

地州名称 State	不敏感 Insensitivity	轻度敏感 Slight sensitivity	中度敏感 Moderate sensitivity	高度敏感 High sensitivity	极度敏感 Exterme sensitivity	敏感面积合计 Total sensitivity area
西双版纳	19185.42					
保山	13536.51	1817.47	936.62	2728.71		5482.8
楚雄	28320.47	16.11	13.09	13.91		43.1
德宏	11136.98					
大理	27066.30	453.40	359.45	406.00	1.58	1220.43
迪庆	20354.17	128.94	1224.42	1399.42	39.31	2792.09
红河	14558.26	5674.22	3120.52	8720.56	33.28	17548.58
昆明	7959.49	5798.00	752.71	6408.52	30.34	12989.57
临沧	13300.88	3412.52	1535.82	5323.16	6.68	10278.18
丽江	19130.09	454.52	380.21	577.89		1412.62
怒江	14540.02					
曲靖	3459.08	7055.03	938.55	17399.60	11.03	25404.2
思茅	37704.58	3027.40	345.10	3088.75		6461.25
文山	2002.15	9649.34	7749.93	11943.27	20.12	29362.66
玉溪	8055.67	2984.89	1022.06	2834.60	1.40	6842.95
昭通	8702.80	1669.07	978.78	10894.25	149.38	13691.48

3.3 生境敏感性评价

根据云南省生态系统类型的分布特点、在生态保护中的重要性 and 特殊性以及国家环境总局对生境敏感性评价的编制规范,将云南全省划分为 17 类生态系统,各生态系统的生境敏感性等级见表 8。

各种生态系统类型的生境敏感性如下:

(1) 灌木林 包括从寒温性灌木林到热带灌木林在内的各种灌木、小乔木组成的植物群落,含多种国家一级保护物种。如玉龙蕨、红豆杉、苏铁等,生境敏感性等级为极度敏感。

(2) 果木林 包括苹果、梅、核桃、板栗、芒果林等栽培果木,生境敏感性等级为不敏感。

(3) 寒温性阔叶林 包括高山栎林、红桦林、白桦林、山杨林、黄背栎林等,含国家二级保护植物多种,如松茸、金干桦等,生境敏感性等级为高度敏感。

(4) 寒温性针叶林 包括云杉林、冷杉林、大果红杉等,含国家二级保护植物油吊麦云杉,省级保护植物多种,如贝母、百合、砖地风等,生境敏感性等级为中度敏感。

(5) 农地(包括其他地类) 人工栽培植被,生境敏感性等级为不敏感。

(6) 暖热性阔叶林 包括季风常绿阔叶林、落叶阔叶林,含国家二级保护植物多种,如蒜头果、黑黄檀、董棕和枫香留念等,生境敏感性等级为高度敏感。

(7) 暖热性针叶林 包括思茅松林、翠柏林,含国家二级保护植物翠柏,数量较多,分布面积也较大,思茅松林为云南特有,生境敏感性等级为高度敏感。

(8) 暖性阔叶林 包括中山湿性常绿阔叶林、半湿润常绿阔叶林、山地苔藓常绿阔叶林、落叶阔叶林以及云南松林、油杉等组成的针阔叶混交林,蓝桉、黑荆树、人工材等。含多种国家二级保护植物,如水青树、三棱栎、大叶木兰、扇蕨等,生境敏感性等级为高度敏感。

(9) 暖性针叶林 包括云南松林、油杉林、黄杉林、秃杉林、杉木林、柏类林等,含国家二级保护植物多种,如黄杉、台湾杉等,云南松林为中国西南季风控制区特有林类型,生境敏感性等级为高度敏感。

(10) 其他园地森林 包括马桑、咖啡、茶及其他经济林,含省级名木古树多种多株,生境敏感性等级为轻度敏感。

(11) 热性阔叶林 包括热带雨林中的湿润雨林、季节雨林、山地雨林;季雨林中的常绿阔叶林、落叶季雨林和石山季雨林。含国家一级保护植物和动物,如望天树、藤枣以及龙脑香科的多种植物等;动物有亚洲象、野牛等,生境敏感性为极度敏感。

(12) 水域 包括湖泊、河流、沟、渠、坝塘等。含多种国家一级保护植物如水韭、莼菜等和国家二级保护植物野茛,湖滨及河流湿地生物多样性极为丰富,生境敏感性等级为极度敏感。

(13) 温凉性阔叶林 包括槭树林、榉栎林、石栎苔藓矮林,含国家一级保护植物珙桐、光叶珙桐等,生境敏感性等级为极度敏感。

(14) 温凉性针叶林 包括铁杉林、高山松林、华山松林,含多种国家级保护植物,如红豆杉、巧家五针松等,生境敏感性等级为极度敏感。

(15) 橡胶林 人工橡胶林为引入栽培的人工林。生境敏感性等级为不敏感。

(16) 竹林 ,包括直径 2cm 以上的各种竹类组成的竹林,含省级保护植物山香竹(高黎贡山)、马关香竹(滇东南马关县)等,生境敏感性等级为中度敏感。

云南省生境敏感性程度及分布面积见表 9。云南省生境敏感性以不敏感的地区和高度敏感的地区为主,不敏感地区面积为 136598.30km², 占全省面积的 41.50%, 主要分布在滇东北地区的昭通以南,曲靖市以西,昆明、红河、文山的大部分地区以及思茅、临沧、德宏部分地区;高度敏感地区面积为 152259.61 km², 占全省面积的 39.69%, 主要分布在思茅、楚雄、版纳、大理大部 and 临沧、德宏、红河、保山、怒江一部。极度敏感地区的面积为 54658.73 km², 占全省面积的 14.25%, 主要分布在西双版纳、文山州南部地区、红河、怒江地区和玉溪的元江、新平以及大理、临沧、丽江、迪庆的一部分区域。

表 8 云南省生态系统类型敏感性等级评价

Table 8 The classification standard of sensitivity of the ecosystem types

生态系统类型 Ecosystem type	敏感性等级 Sensitivity level
灌木林 Shrub	极度敏感 Extreme sensitivity
果木林 Fruit forest	不敏感 Insensitivity
寒温性阔叶林 Frigid-temperate broad-leaved forest	高度敏感 high sensitivity
寒温性针叶林 Frigid-temperate coniferous forest	中度敏感 Moderate sensitivity
农地 Farm	不敏感
暖热性阔叶林 Subtropical broad-leaved forest	高度敏感
暖热性针叶林 Subtropical coniferous forest	高度敏感
暖性阔叶林 Warm temperate broad-leaved forest	高度敏感
暖性针叶林 Warm temperate coniferous forest	高度敏感
其他地类 The other ground	不敏感
其他园地森林 The other garden and forest	轻度敏感
热性阔叶林 Tropical broad-leaved forest	极度敏感
水域 Water area	极度敏感
温凉性阔叶林 Cool temperate broad-leaved forest	极度敏感
温凉性针叶林 Cool temperate coniferous forest	极度敏感
橡胶林 Rubber forest	不敏感
竹林 Bamboo forest	中度敏感

表 9 云南省生境敏感性程度及分布面积

Table 9 The extent and area of environmental sensitivity in Yunnan province

敏感性等级 Sensitivity level	斑块数(个) Patch number	斑块比例 Patch proportion(%)	面积 Area(km ²)	面积比例 Area proportion(%)
不敏感	3035	41.63	159188.66	41.50
轻度敏感	218	2.99	1145.85	0.30
中度敏感	221	3.03	16359.39	4.26
高度敏感	2083	28.57	152259.61	39.69
极度敏感	1734	23.78	54658.73	14.25
合计	7291	100.00	383612.24	100.00

云南省各地州生境敏感性程度及分布面积见表 10。在云南省的 16 个地州(市)中,生境高度和极高度敏感的区域主要集中分布在西双版纳、迪庆、思茅、文山州南部,这些地区的高度和极高度敏感的地区都在 10000km² 以上,是云南省生物多样性保护极为敏感和极为重要的地区。

表 10 云南省各地州生境敏感性程度及分布面积(km²)

Table 10 The extent and area of environmental sensitivity for different regions in Yunnan province

地州名称 State	不敏感 Insensitivity	轻度敏感 Slight sensitivity	中度敏感 Moderate sensitivity	高度敏感 High sensitivity	极度敏感 Extreme sensitivity
西双版纳	5312.87	198.33	413.73	7939.45	5271.90
保山	7280.77	35.68	149.15	9202.62	2344.47
楚雄	7318.19	8.52	1.38	17263.88	3763.75
德宏	3208.26	84.53	51.44	7048.76	706.69
大理	8714.73		893.69	13632.03	5046.28
迪庆	6089.34		9458.16	3278.09	4299.70
红河	16696.88	0.27	32.50	11329.97	4011.32
昆明	11265.40		57.79	7176.41	1449.18
临沧	11658.79	125.59	109.19	9187.53	2467.53
丽江	7076.16		2357.22	5814.07	5285.47
怒江	2055.39		2629.00	4514.65	5312.44
曲靖	19948.36	26.86		8366.72	493.02
思茅	15072.82	547.54	33.01	26856.71	1615.00
文山	14224.40	46.57		9543.77	7493.62
玉溪	5440.76	68.44	19.73	7796.63	1573.04
昭通	17241.59		75.55	2834.45	2189.77

4 结论与讨论

(1) 云南省土壤侵蚀敏感性评价

云南省大部分地区均为土壤侵蚀的轻度敏感和中度敏感地区,其中轻度敏感地区面积为 136598.30km², 占全省面积的 35.61%;中度敏感地区面积为 158431.60 km²,占全省面积的 41.30%;不敏感地区的面积为 50205.32 km²,占全省面积的 13.09%;高度敏感地区的面积为 38377.01km²,占全省面积的 10.00%;极度敏感地区分布的面积积极小。最危险的是中度以上的敏感区域,应作为水土流失防治的重点区域。

(2) 石漠化敏感性评价

云南省的大部分地区为对石漠化不敏感的区域,面积为 249708.92 km²,占云南省国土面积的 65.09%。云南省石漠化敏感的区域面积为 133903.31 km²,占云南省国土面积的 34.91%。在石漠化敏感区域中,轻度敏感地区面积为 42258.71 km²,占全省面积的 11.02%;中度敏感地区面积为 19411.36 km²,占全省面积的 5.06%;高度敏感地区的面积为 71939.31km²,占全省面积的 18.75%;极度敏感地区分布的面积积极小。在云南省的 16 个地州中,对石漠化完全不敏感的地区有西双版纳州、德宏州和怒江州。高度敏感面积超过 8000 km²的地州一次为曲靖、文山、昭通和红河,这些地区为云南省防治石漠化的重点地区。

(3) 生境敏感性评价

云南省生境敏感性以不敏感的地区和高度敏感的地区为主,不敏感地区面积为 136598.30 km²,占全省面积的 41.50%;高度生境敏感地区面积为 152259.61 km²,占全省面积的 39.69%;极度敏感地区的面积为 54658.73 km²,占全省面积的 14.25%。在云南省的 16 个地州(市)中,生境高度和极高度敏感的区域主要集中在西双版纳、迪庆、思茅、文山州南部,是云南省生物多样性保护极为敏感和极为重要的地区。

不敏感地区土地利用方式主要以森林和耕地为主,可作为适宜发展区,通过积极措施实现社会经济可持续发展。中度敏感地区可实行严格保护下的适度利用与开发,应找出导致生态环境恶化趋势的因素并进行有

效治理。高度敏感地区生态环境的抗干扰能力差,生态环境问题正在扩大,土地开发项目实施前要经过严格的生态环境影响评价和论证,实施中后期要有相应的生态环境保护 and 恢复的积极措施,防止高度敏感区向极度敏感区转变。极度敏感地区土地生态环境抗干扰能力极差,生态环境很脆弱,土地已严重退化,这些地区不适合进行大力开发,应加强生态环境的保护与恢复工作。

References:

- [1] The natural conservation department of the ministry of environmental conservation. Report of Ecological problems in China. Beijing: China Environmental Science Press, 1999.
- [2] Ouyang Z Y, Wang X K, Miao H. China's eco-environmental sensitivity and its spatial heterogeneity. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, 20(1): 9—12.
- [3] Liu K, Ouyang Z Y, Wang X K. Eco-environmental sensitivity and its spatial distribution in Gansu Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(12): 2711—2718.
- [4] Tao F, Feng Z. Terrestrial ecosystem sensitivity to acid deposition in South China. *Water, Air & Soil Pollution*, 2000, 118: 231—243.
- [5] Hao J M, Duan L, Xie S D. Mapping the Relative Sensitivity of Soils to Acid Deposition in China. *Chinese Journal of Environmental Science*, 1999, 20(4): 1—5.
- [6] Wang J H, Zhang X N, Yu T R. Study on sensitivity of red soils to acid rain in south China. *Acta Pedologica Sinica*, 1994, 31(4): 348—354.
- [7] He L H, Yang H W, Zhou X P. Geographic information system and the estimation of ecosystem's relative sensitivity to acid deposition. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1998, 18(2): 177—180.
- [8] Muzik I. Sensitivity of hydrologic system to climate. *Canadian Water Resources Journal*, 2001, 26(2): 233—252.
- [9] Zhu A G, Lin C H, Yang H M. A Study on Synthetical Evaluation Influencing Factor of Soil and Water Loss in Guizhou Mountainous Area. *Journal of Soil and Water Conservation*, 1994, 8(4): 17—24.
- [10] Fan Z L, Hu W K, Ji F. Problems, protection and improvement of ecological environment in Xinjiang. *Arid Land Geography*, 2000, 23(4): 298—303.

参考文献:

- [1] 国家环境保护总局自然保护局. 中国生态问题报告. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.
- [2] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究. *生态学报*, 2000, 20(1): 9—12.
- [3] 刘康, 欧阳志云, 王效科. 甘肃省生态环境敏感性评价及其空间分布. *生态学报*, 2003, 23(12): 2711—2718.
- [5] 郝吉明, 段雷, 谢绍东. 中国土壤对酸沉降的相对敏感性区划. *环境科学*, 1999, 20(4): 1—5.
- [6] 王敬华, 张效年, 于天仁. 华南红壤对酸雨敏感性的研究. *土壤学报*, 1994, 31(4): 348—354.
- [7] 何隆华, 杨宏伟, 周修萍. 地理信息系统与生态系统对酸沉降相对敏感性评价. *环境科学学报*, 1998, 18(2): 177—180.
- [9] 朱安国, 林昌虎, 杨宏敏, 等. 贵州山区水土流失影响因素综合评价研究. *水土保持学报*, 1994, 8(4): 17—24.
- [10] 樊自立, 胡文康, 季方, 等. 新疆生态环境问题及保护治理. *干旱区地理*, 2000, (4): 298—303.