

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.006

广西石漠化地区环境因子对土壤肥力的影响研究

邓 利, 彭小裕, 黎良财

(广西生态工程职业技术学院, 广西 柳州 545004)

摘要:以广西 17 个典型岩溶地貌县域的石漠化区域土壤为研究对象,采用野外取样调查和实验室检测分析方法,研究石漠化区域环境因子植被覆盖度、坡度、坡位对土壤肥力的影响。结果表明:土壤水解氮、速效磷和有机质随植被覆盖度增加而增加;坡度增加不利于有机质积累;坡位越低,土壤肥力各项指标越高。建议在坡度陡、坡位高的地方种植浅根性或攀爬类植物或农作物,增加植被覆盖度以提高土壤肥力,改善石漠化状况。

关键词:土壤肥力;植被覆盖度;坡度;坡位;广西石漠化地区

中图分类号:S714.8;P941.73 文献标识码:A 文章编号:1671-3168(2023)04-0039-05

引文格式:邓利,彭小裕,黎良财. 广西石漠化地区环境因子对土壤肥力的影响研究[J]. 林业调查规划,2023,48(4):39-43. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.006

DENG Li, PENG Xiaoyu, LI Liangcai. Effects of Environmental Factors on Soil Fertility in Rocky Desertification Area of Guangxi[J]. Forest Inventory and Planning, 2023, 48(4): 39-43. doi: 10.3969/j.issn.1671-3168.2023.04.006

Effects of Environmental Factors on Soil Fertility in Rocky Desertification Area of Guangxi

DENG Li, PENG Xiaoyu, LI Liangcai

(Guangxi Eco-engineering Vocational and Technical College, Liuzhou, Guangxi 545004, China)

Abstract: The effects of environmental factors such as vegetation coverage, slope, slope position on soil fertility were analyzed by means of field sampling and laboratory testing based on the soils of 17 typical counties in rocky desertification area of Guangxi. The results showed that soil hydrolyzed nitrogen, available phosphorus, and organic matter increased with the increase of vegetation coverage; the increase in slope was not conducive to the accumulation of organic matter; the lower the slope, the higher the various indicators of soil fertility. This paper suggested that shallow root types or climbing plants or crops should be planted on steep slopes and high slopes to increase vegetation coverage to improve soil fertility and improve environment of rocky desertification.

Key words: soil fertility; vegetation coverage; slope; slope position; rocky desertification area of Guangxi

石漠化是亚热带脆弱的喀斯特环境背景下,人类不合理的社会经济活动造成的土壤严重侵蚀、植

被破坏、基岩大面积裸露、土地生产力衰退,地表出现类似荒漠景观的土地退化过程^[1-2]。广西境内石

收稿日期:2022-01-07.

资助项目:广西林业厅项目(桂林办字[2017]12号).

第一作者:邓利(1979-),女,广西全州人,硕士,讲师.研究方向为森林资源与环境监测. Email:651378987@qq.com

责任作者:黎良财(1978-),男,湖北天门人,博士,教授,高级工程师.研究方向为3S技术在资源与环境监测中的应用. Email:42045552@qq.com

漠化区域分布广泛,其中有 29 个县列入全国集中连片特困地区的滇桂黔石漠化区,是全国土地石漠化最严重的省(区)之一^[3]。石漠化治理是维系广西可持续发展、实现全面建成小康社会目标和构建珠江上游生态屏障的根本大计。

土壤肥力是土壤各种理化性质的综合反映,是土壤的主要功能和本质属性。对广西 17 个典型石漠化县域的土壤肥力指标进行研究,并对其进行综合评价,分析植被覆盖度、坡度和坡位等因素对其影响,为改善石漠化区域土壤肥力,遏制石漠化进程,促进经济与生态协调发展提供科学依据。

1 研究区概况

选取桂西北、桂中多个典型石漠化区域(主要集中在百色市、河池市、崇左市、柳州市和来宾市)进行土壤采样(图 1)。

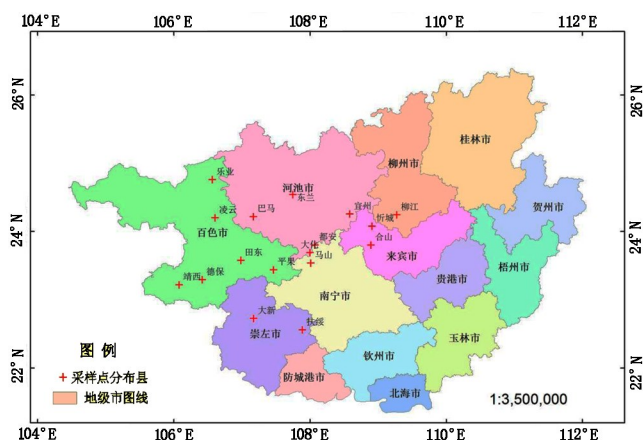


图 1 石漠化地区土壤采样分布

Fig. 1 Distribution of soil sampling in rocky desertification areas

2 研究方法

2.1 土壤样品采集

选择广西典型岩溶石漠化地区乐业、凌云、平果、靖西、德保、田东、大新、扶绥、东兰、巴马、宜州、马山、都安、大化、忻城、合山、柳江 17 个县(区)进行实地调查和采样,采样时间集中在 2020 年 9—10 月。为保证野外采样的科学性和可比性,采集多点混合样,并按四分法混匀对角取样。每个样地取 3 份土壤样品备用。采样共设置 55 个样点,每点取 1~15 cm 的表层土壤^[4],剔除土表中夹带的枯枝落叶、动物残体和石块,装入自封袋,带回实验室自然风干、研磨,95%通过 2 mm 和 0.15 mm 筛,保存备用。

2.2 土壤肥力指标测定方法

土壤样品肥力指标采用常规分析方法进行测定,具体采用的方法标准见表 1。

表 1 土壤肥力指标检测标准和方法

Tab. 1 Detection standards and methods of soil fertility

序号	指标	检测标准	检测方法
1	水解氮	《森林土壤氮的测定》 (LY/T 1228—2015)	碱解扩散吸收法
2	速效磷	《森林土壤磷的测定》 (LY/T 1232—2015)	钼锑抗分光光度法
3	速效钾	《森林土壤钾的测定》 (LY/T 1234—2015)	四苯硼钠比浊法
4	有机质	《森林土壤有机质的测定》 (LY/T 1237—1999)	重铬酸钾氧化-外加热法
5	pH	《森林土壤 pH 值的测定》 (LY/T 1239—1999)	电位计法
6	土壤含水率	—	烘干法

2.3 指标标准化

在计算和评价土壤肥力时,由于所选指标单位不同,具有不可加和性,不能直接进行数据计算,所以要先对其进行标准化计算,以消除各参数之间的量纲差异。标准化计算公式为:

当属性值为“差”,即 $C_i \leq X_a$ 时,

$$P_i = C_i / X_a \quad (P_i \leq 1) \quad (1)$$

当属性值为“中等”,即 $X_a < C_i \leq X_c$ 时,

$$P_i = 1 + (C_i - X_a) / (X_c - X_a) \quad (1 < P_i \leq 2) \quad (2)$$

当属性值为“较好”,即 $X_c < C_i \leq X_p$ 时,

$$P_i = 2 + (C_i - X_c) / (X_p - X_c) \quad (2 < P_i \leq 3) \quad (3)$$

当属性值为“好”,即 $C_i > X_p$ 时,

$$P_i = 3 \quad (4)$$

式中: C_i 为第 i 个指标的测定值; X_a 、 X_c 、 X_p 为分级指标; P_i 为第 i 个指标的肥力系数。各土壤属性值分级标准主要参照第二次全国土壤普查标准^[5]。

2.4 评价模型

采用修正的内梅罗综合指数法对土壤肥力质量进行综合评价。计算公式为:

$$P_j = \sqrt{(P_{i\text{平均}}^2 + P_{i\text{最小}}^2) / 2} \times \frac{n-1}{n} \quad (5)$$

式中: P_j 为土壤的综合肥力系数; $P_{i\text{平均}}$ 为土壤各属

性分肥力系数的平均值; $P_{i\text{最小}}$ 为土壤各属性分肥力系数的最小值; n 为参与评价的土壤属性个数。

2.5 数据处理与分析

采用 Excel 2010 软件和 OriginPro 9.1 软件进行绘图,采用 SPSS 16.0 软件进行方差分析和相关性分析。

3 结果与分析

3.1 植被覆盖度对石漠化地区土壤肥力的影响

植被与土壤之间存在密切关系,植被的生长演替会直接或间接地影响土壤肥力各指标含量。对不同植被覆盖度下石漠化地区土壤肥力指标进行统计分析,结果表明:植物覆盖度对土壤 pH 值影响较小,覆盖度为 30%~60%时,土壤 pH 平均值最大(可达 7.69),呈弱碱性,原因可能为植被覆盖率低,植被凋落物分解产生的 CO₂ 和有机酸较少,贡献的酸度减少^[6]。随着植被覆盖度的增加,土壤中自然含水量提高,最高可达 45.00%,这与植被覆盖度越高、枯枝落叶越多,土壤保水性越强的研究结果一致。水解氮、速效磷和有机质含量随着植被覆盖度增加而呈现增加的趋势,其中水解氮含量范围为 13.77~53.20 mg/kg,植被覆盖度大于 90%时,土壤水解氮含量最高;速效磷和有机质含量范围分别为 4.56~14.80 mg/kg 和 22.68~41.20 g/kg。植被覆盖度越大,植物凋落物量越多,凋落物的分解会促进有机质的积累,贡献了土壤中水解氮、速效磷和有机质的来源。速效钾含量总变化趋势为随植被覆盖度增加略有增加(表 2)。

表 2 不同植被覆盖度下石漠化区域土壤肥力指标特征

Tab. 2 Characteristics of soil fertility factors in rocky desertification area under different vegetation coverages

植被覆盖度 /%	土壤自然含水量 /%	pH	水解氮 / (mg · kg ⁻¹)	速效磷 / (mg · kg ⁻¹)	速效钾 / (mg · kg ⁻¹)	有机质 / (g · kg ⁻¹)
5≤~≤30	36.60	7.66	13.77	4.56	12.91	22.68
30<~≤60	39.20	7.69	22.49	5.82	13.01	25.74
60<~≤90	41.00	7.42	33.43	7.17	13.79	35.95
>90	45.00	7.55	53.20	14.80	12.90	41.20

结合修正的内梅罗公式,将调查区域内土壤肥力分为 4 个等级(P):土壤很肥沃, $P\geq 2.70$;土壤肥

沃, $1.80\leq P<2.70$;土壤肥力一般, $0.90\leq P<1.80$;土壤贫瘠, <0.90 。对土壤肥力指标进行综合性统计分析,结果表明:调查区域植被覆盖度低于 90%的土壤均为贫瘠土,而植被覆盖度大于 90%的土壤肥力一般,这是由于样本采集区域大多属于石漠化区,水土流失严重,土壤肥力不足,植被覆盖度增加一定程度上会增加土壤养分(表 3)。

表 3 不同植被覆盖度下土壤肥力综合评价结果

Tab. 3 Comprehensive evaluation of soil fertility under different vegetation coverages

植被覆盖度 /%	pH	水解氮 / (mg · kg ⁻¹)	速效磷 / (mg · kg ⁻¹)	速效钾 / (mg · kg ⁻¹)	有机质 / (g · kg ⁻¹)	$P_{i\text{最小}}$	$P_{i\text{平均}}$	P
5≤~≤30	1.66	0.23	0.91	0.26	2.27	0.23	1.07	0.62
30<~≤60	1.69	0.37	1.16	0.26	2.57	0.26	1.21	0.70
60<~≤90	1.42	0.56	1.43	0.28	3.00	0.28	1.34	0.77
>90	1.55	0.89	2.48	0.26	3.00	0.26	1.64	0.94

植被覆盖度、土壤肥力各指标间相关性分析结果表明:植被覆盖度与土壤自然含水量、水解氮、有机质呈显著正相关;土壤自然含水量与水解氮呈极显著正相关,与速效磷含量、土壤有机质呈显著正相关;水解氮与速效磷、有机质呈显著正相关(表 4)。

表 4 植被覆盖度、土壤肥力各指标相关性关系

Tab. 4 Correlation analysis between vegetation coverage and soil fertility factors

	土壤自然含水量	pH	水解氮	速效磷	速效钾	有机质	植被覆盖度
土壤自然含水量	1	-0.517	0.996**	0.953*	0.111	0.957*	0.987*
pH		1	-0.539	-0.347	-0.846	-0.736	-0.632
水解氮			1	0.967*	0.104	0.967*	0.981*
速效磷				1	-0.144	0.881	0.900
速效钾					1	0.342	0.267
有机质						1	0.981*
植被覆盖度							1

注:**表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关;*表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。下同。

植物不仅能从土壤中吸收供其生长发育所必需的营养物质,其本身的有机残体也是土壤有机质的重要来源之一,影响土壤营养物质的输入和输出,导致土壤肥力各指标有所差异。

3.2 坡度对石漠化地区土壤肥力的影响

坡度作为地形因素中的重要因子,影响物质在坡面分布的稳定性,不仅影响土壤自然含水量,还对土壤侵蚀过程有显著影响进而影响土壤的养分流失^[7]。不同坡度范围下石漠化区域土壤肥力特征情况见表 5。

表 5 不同坡度下石漠化区域土壤肥力指标特征

Tab. 5 Characteristics of soil fertility in rocky desertification areas under different slopes

坡度 /(°)	土壤自然 含水量 /%	pH	水解氮 /(mg· kg ⁻¹)	速效磷 /(mg· kg ⁻¹)	速效钾 /(mg· kg ⁻¹)	有机质 /(g· kg ⁻¹)
15≤~≤20 (缓坡)	27.33	7.52	51.65	13.75	12.89	69.23
20<~≤30 (斜坡)	25.80	7.57	33.56	5.60	8.00	33.86
30<~≤60 (陡坡)	25.00	7.78	29.22	5.57	13.29	31.45
>60 (急坡)	21.00	7.58	35.00	44.60	6.90	22.00

结果表明:坡度越陡,土壤自然含水量越低,从缓坡到急坡,土壤水分减少了 6.00%,含水量流失得越严重。土壤坡度变化对 pH 值影响较小。有机质含量随坡度升高逐渐降低,最高值出现在缓坡处,为 69.23 g/kg。水解氮、速效磷、速效钾含量随坡度增加总体呈现降低趋势,与有机质含量随坡度改变一致。这是由于随坡度升高,土壤含水量流失越严重,土壤水中往往会携带一部分营养物质,因此坡度大的区域,土壤养分相对较少,而坡度小的区域,土壤养分较多。从整体上看,坡度变大,泥沙流失严重,养分流失量会增大。

不同坡度下土壤肥力综合评价结果表明:缓坡处,土壤肥力一般,而斜坡、陡坡和急坡的土壤肥力属于贫瘠类型(表 6)。

通过对坡度、土壤肥力各指标相关性分析可知:仅坡度与土壤自然含水量呈现显著负相关,其余各指标间均无相关性(表 7)。

3.3 坡位对石漠化地区土壤肥力的影响

坡位不同,植被状况、人为干扰、土壤侵蚀程度

表 6 不同坡度下土壤肥力综合评价结果

Tab. 6 Comprehensive evaluation of soil fertility under different slopes

坡度 /(°)	pH	水解 氮/ (mg· kg ⁻¹)	速效 磷/ (mg· kg ⁻¹)	速效 钾/ (mg· kg ⁻¹)	有机 质/ (g· kg ⁻¹)	$P_{i\text{最小}}$	$P_{i\text{平均}}$	P
15≤~≤20 (缓坡)	1.52	0.86	2.37	0.26	3.00	0.26	1.60	0.92
20<~≤30 (斜坡)	1.57	0.56	1.12	0.16	3.00	0.16	1.28	0.73
30<~≤60 (陡坡)	1.78	0.49	1.11	0.27	3.00	0.27	1.33	0.77
>60 (急坡)	1.58	0.58	3.00	0.14	2.20	0.14	1.50	0.85

表 7 坡度、土壤肥力各指标相关性关系

Tab. 7 Correlation analysis between slope and soil fertility factors

	土壤自 然含水 量	pH	水解 氮	速效 磷	速效 钾	有机 质	坡度
土壤自然 含水量	1	-0.129	0.498	-0.843	0.666	0.801	-0.980*
pH		1	-0.723	-0.317	0.415	-0.462	0.274
水解氮			1	0.045	0.303	0.905	-0.511
速效磷				1	-0.601	-0.367	0.806
速效钾					1	0.613	-0.504
有机质						1	-0.775
坡度							1

及水土流失情况不同,从而导致不同坡位土壤养分的分布差异。坡下部土壤自然含水量、pH 值、水解氮、速效磷、速效钾和有机质均高于坡中部和坡上部(表 8)。

表 8 不同坡位下石漠化区域土壤肥力指标特征

Tab. 8 Characteristics of soil fertility in rocky desertification areas under different slope positions

坡位	土壤自然 含水量 /%	pH	水解氮 /(mg· kg ⁻¹)	速效磷 /(mg· kg ⁻¹)	速效钾 /(mg· kg ⁻¹)	有机质 /(g· kg ⁻¹)
坡上部	33.00	7.46	33.60	14.49	7.05	65.93
坡中部	34.00	7.56	56.40	24.87	12.82	72.12
坡下部	35.67	7.77	58.56	43.08	12.93	105.18

与坡位相对应的土壤肥力综合评价结果表明:坡上部土壤呈现贫瘠状态,而坡中部和坡下部土壤肥力一般(表 9)。

表 9 不同坡位下土壤肥力综合评价结果
Tab. 9 Comprehensive evaluation of soil fertility under different slope positions

坡位	pH	水解 氮/ (mg · kg ⁻¹)	速效 磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效 钾/ (mg · kg ⁻¹)	有机 质/ (g · kg ⁻¹)	$P_{\text{最小}}$	$P_{\text{平均}}$	P
坡上部	1.46	0.56	2.49	0.14	3.00	0.14	1.53	0.87
坡中部	1.56	0.94	3.00	0.25	3.00	0.25	1.75	1.00
坡下部	1.77	0.98	3.00	0.26	3.00	0.26	1.80	1.03

坡位、土壤肥力各指标相关性关系统计结果表明:土壤自然含水量与 pH 值呈显著正相关关系;速效磷与土壤自然水含量呈极显著正相关,与 pH 值呈显著正相关(表 10)。

表 10 坡位、土壤肥力各指标相关性关系
Tab. 10 Correlation analysis between slope position and soil fertility factors

	土壤自 然含水 量	pH	水解 氮	速效 磷	速效 钾	有机 质	坡位
土壤自然 含水量	1	0.998*	0.831	1.000**	0.742	0.973	0.990
pH		1	0.798	0.999*	0.702	0.985	0.980
水解氮			1	0.824	0.989	0.681	0.902
速效磷				1	0.733	0.976	0.988
速效钾					1	0.568	0.831
有机质						1	0.930
坡位							1

4 结 论

1)植被覆盖度会影响石漠化地区土壤肥力的各项指标。植被覆盖度越大,调查区域土壤中水解氮、速效磷、有机质、速效钾的含量增加,土壤养分提高。植被覆盖度与土壤肥力因子的相关性分析表明,植被覆盖度与土壤自然含水量、水解氮、有机质

呈显著正相关。

2)地形因子坡度和坡位对土壤肥力各项指标具有一定的影响。有机质、水解氮、速效磷、速效钾含量随坡度的增加呈现降低的趋势,即坡度的增加导致了土壤养分一定程度上的流失。下坡位的土壤自然含水量、pH 值、有机质、水解氮、速效磷和速效钾均高于中坡位和上坡位。坡位与土壤肥力因子的相关性分析表明,土壤自然水含量与 pH 值呈显著正相关。

3)植被覆盖度、坡度和坡位会影响土壤肥力综合评价结果。植被覆盖度大于 90%的土壤肥力一般,小于 90%的土壤肥力属于贫瘠类型;缓坡的土壤肥力为一般,而斜坡、陡坡和急坡的土壤肥力为贫瘠类型;上坡位的土壤呈贫瘠状态,而中坡位和下坡位土壤肥力为一般。

综上所述,增加土壤贫瘠地区的植被覆盖度能极大地提升土壤肥力,在斜坡、陡坡和急坡等地势可种植适宜的经济作物,在改善土壤养分的同时创造收益。

参考文献:

[1] 景宜然,邓湘雯,魏辉,等. 湘西南石漠化地区灌丛植物叶 N、P 化学计量特征[J]. 应用生态学报,2017,28(2):415-422.

[2] 王霖娇,汪攀,盛茂银,等. 西南喀斯特典型石漠化生态系统土壤养分生态化学计量特征及其影响因素[J]. 生态学报,2018,38(18):6580-6593.

[3] 陈燕丽,莫建飞,莫伟华,等. 近 30 年广西喀斯特地区石漠化时空演变[J]. 广西科学,2018,25(5):625-631.

[4] 周传艳,陈训,周国逸,等. 不同土地利用方式及开垦时间对岩溶山区土壤养分空间分布的影响[J]. 应用与环境生物学报,2011,17(1):63-68.

[5] 张连金,赖光辉,孔颖,等. 基于因子分析法的北京九龙山土壤质量评价[J]. 西北林学院学报,2016,31(3):7-14.

[6] 董佳琦,张勇,傅伟军,等. 香榧主产区林地土壤养分空间异质性及其肥力评价[J]. 生态学报,2021,41(6):2292-2304.

[7] 陈昊轩,刘欣蕊,孙天雨,等. 太白山栎属树种叶片生态化学计量特征沿海拔梯度的变化规律[J]. 生态学报,2021,41(11):4503-4512.

责任编辑: 杨焱熔