

## 桂西北喀斯特地区不同土地利用方式土壤的 有机碳含量及养分特征

宋希娟<sup>1,2</sup>, 王克林<sup>1,2\*</sup>, 刘淑娟<sup>1,2</sup>, 曾朝霞<sup>1,2</sup>, 寻瑞<sup>1</sup>

(1.中国科学院亚热带农业生态研究所, 湖南 长沙 410125; 2.中国科学院环江喀斯特农业生态系统研究观测站, 广西 环江 547200)

**摘 要:** 分析喀斯特峰丛洼地次生林(CL)、灌草丛(GC)、牧草地(MC)、玉米地(YM)共 4 种典型土地利用方式下土壤的有机质含量及养分特征, 探讨不同土地利用方式对土壤养分含量的影响。结果表明: 0~30 cm 土层土壤有机碳、全氮含量随土地利用强度的增加而降低, 与 YM 土壤相比, CL 土壤的有机质含量高 38.5%~100%, 全氮含量高 63%~130% ( $P < 0.05$ ); 4 种土壤的全磷含量间差异和全钾含量间差异均达极显著水平 ( $P < 0.01$ ); 速效磷含量受土地利用方式影响明显, CL 土壤的速效磷含量最低, GC 土壤的次之, YM 土壤的最高; 速效钾含量受植被覆盖和水土流失状况的影响较明显, CL 土壤和 GC 土壤的速效钾含量均高于 MC 土壤和 YM 土壤的; 土地利用方式是影响土壤有机碳、全氮、全磷、速效钾等养分含量变化的重要因素, 不同土地利用方式下, 土壤氮、磷、钾养分含量间的差异达显著水平 ( $P < 0.05$ ); 耕作、施肥等人类活动使土壤养分含量发生变化, 从而导致土壤退化, 而植被恢复等措施可以培肥土壤。

**关 键 词:** 土地利用方式; 土壤有机碳含量; 土壤养分; 桂西北; 喀斯特地区

中图分类号: S158.3

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2013)06-0655-05

## Soil organic carbon and nutrients content at different land use types in the karst region of Northwest Guangxi

SONG Xi-juan<sup>1,2</sup>, WANG Ke-lin<sup>1,2\*</sup>, LIU Shu-juan<sup>1,2</sup>, ZENG Zhao-xia<sup>1,2</sup>, XUN Rui<sup>1</sup>

(1.Key Laboratory of Subtropical Agriculture Ecology, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; 2.Huanjiang Observation and Research Station for Karst Ecosystems, Chinese Academy of Sciences, Huanjiang, Guangxi 547200, China)

**Abstract:** Four land use types (secondary forest land (CL), shrub land (GC), pasture land (MC) and corn field (YM)) were selected to research their effects on soil organic carbon and nutrients in karst region at Northwest of Guangxi province. The results showed that the content of soil organic matter (SOM) and total N (TN) in shrub land and secondary forest land were higher 38.5%–100% and 63%–130% than those of in pasture land and corn field, respectively. The contents of soil total P (TP) and total K (TK) in different land use types were significant difference. Soil available P (AP) content was mainly affected by fertilization, while soil available K (AK) content was controlled by vegetation cover and water & soil loss. Land use types were the dominant factors affecting the content of SOM, TN, TP and TK. Extensive cultivation could decrease soil nutrients content and resulted in soil degradation of cropland, on the contrast, ecological restoration could improve soil fertility. Therefore, in karst region, the measures as changing extensive cultivation into intensive farming, applying organic fertilizers, balance fertilization, and vegetation restoration will keep the sustainable utilization of land resources.

收稿日期: 2013-08-04

基金项目: 中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB3-10)

作者简介: 宋希娟(1982—), 女, 甘肃兰州人, 博士研究生, 主要从事区域生态研究, xijuansong@163.com; \*通信作者, kelin@isa.ac.cn

**Key words:** land use types; soil nutrients; soil organic matter; northwest Guangxi; karst region

研究不同土地利用方式下土壤的养分状况有助于了解土地利用方式对土壤质量的影响<sup>[1-6]</sup>。桂西北喀斯特地区是中国人地矛盾尖锐的地区之一<sup>[7]</sup>。居住于该地区的众多的少数民族长久以来形成了他们独特的土地利用方式与管理措施。受人口增长和社会经济发展以及国家“退耕还林”等的影响,土地利用和土地覆被的变化给当地生态环境带来了很大的影响。不合理的耕作和不科学的施肥使土壤自然恢复能力降低,最终导致石漠化加剧。笔者对桂西北喀斯特峰丛洼地4种典型土地利用类型的土壤养分含量进行研究,旨在为该地区石漠化防治和生态环境恢复与重建提供参考。

## 1 研究区域概况

研究区位于广西环江毛南族自治县下南乡古周村(E107°56'48"~107°57'28.5", N24°54'42.6"~24°55'17.8"),为典型喀斯特峰丛洼地,属亚热带季风气候区,多年平均气温16.5~20.5℃,平均降水量1389.1mm,雨季平均持续130~140d,主要集中在4—9月,尤以6月中旬至7月中旬最多,常出现涝灾,10月至翌年3月为旱季,又常受到干旱威胁。研究区地形起伏较大,最低点海拔高376m,最高点

海拔816m。土地总面积186.7hm<sup>2</sup>,其中,耕地17.3hm<sup>2</sup>。研究区土壤主要为碳酸盐岩发育的石灰土,土质较黏重,土被分布极不均匀,基岩多数裸露,特别是坡地平均裸岩率达80%以上,植被退化较为严重,森林覆盖率仅为13%。研究区农业以旱作耕地为主,有较长的耕作历史,种植作物有玉米、牧草、黄豆等,主要分布在洼地。坡脚主要为退耕地,种植木豆和板栗。木豆和板栗种植时间约为3~4年,其中板栗尚未成林。耕地的耕作管理以农户为基本单位,每年11月底普遍对玉米地和黄豆地进行翻耕。肥料主要施用农家肥、草木灰、人粪尿、尿素等,此外还施用少量钙镁磷肥和过磷酸钙或氯化钾等化肥,施用量因农户而异。牧草地施肥情况与玉米地相似,但一般不施用草木灰和人粪尿<sup>[7]</sup>。

## 2 方法

### 2.1 样地的选取与样品的采取

2009年7月,于研究地选取次生林地、灌丛地、玉米地、人工草地4种典型的样地,其基本情况如表1所示。在每个样地布置10m×10m的样方,在样方内用土钻“S”分层取10个点的土样混合,装入聚乙烯塑料袋中作为1个样品,每种类型3个重复。土样采好后带回实验室自然风干,过筛,待测。

表1 样地基本概况

Table 1 the outlines of the study sites

利用方式	坡位	坡度	坡向	裸岩率/%	植被优势种	利用管理措施
次生林(CL)	下坡位	35°18'	N-E 15°	82	羊蹄甲、香椿、菜豆树	自然恢复约15年左右,之前有砍柴活动。
灌草丛(GC)	中下坡位	34°30'	W-S 27°	45	蔓生秀竹、五节芒、有少量羊蹄甲、盐肤木等	撂荒5年
玉米地(YM)	下坡位	21°10'	N-E 20°	25	玉米间种红薯	种植历史达10年以上,每年11月翻耕,年玉米产量1499~1949kg/hm <sup>2</sup> ,红薯产量2249~2998kg/hm <sup>2</sup>
牧草(MC)	中坡位	37°20'	N-E 16°	32	桂牧一号	多年生牧草,2006年种植多年无翻耕,每次刈割完后施农家肥和化肥

### 2.2 样品处理与分析

样品中的有机碳(SOC)、全氮(TN)、全磷(TP)、全钾(TK)、速效磷(AP)、速效钾(AK)含量的测定方法分别为重铬酸钾-外加加热法(GB9834—88)、半微量凯式法(GB7173—87)、氢氧化钠碱熔-钼锑抗比

色法(GB7852—87)、氢氧化钠碱熔-火焰光度计法(GB7854—87)、盐酸-硫酸浸提法(GB7853—87)和乙酸铵浸提法(GB7856—87)。

### 2.3 数据处理与分析

土壤有机碳和氮密度的计算参考文献[8]。对于

共分为  $m$  层的某土壤剖面,若其第  $j$  层中土壤有机碳或全氮含量为  $c$  (g/kg),平均容重为  $p$  (g/cm<sup>3</sup>),砾石的体积分数为  $\delta$ ,厚度为  $d$  (cm),则此剖面土壤有机碳或氮密度  $T_{\text{SOC}}$  (kg/m<sup>2</sup>)为: $T_{\text{SOC}}=(1-\delta)cpd/100$ 。

用 Excel 2003 及 SPSS13.0 对试验数据进行分析。

### 3 结果与分析

#### 3.1 不同土地利用方式土壤的 pH 和水分含量

由表 2 可以看出,不同土地利用方式下土壤 pH 随着土层的加深均呈现出逐渐变大的趋势,且变化趋势基本一致。在喀斯特地区,由于土层浅薄,降

表 2 不同土地利用方式土壤的水分含量及 pH

土地利用方式	土层深度/cm	pH	水分含量/%
CL	0~10	6.33	27.4
	> 10~20	6.82	26.2
	> 20~30	7.17	26.7
GC	0~10	6.55	26.3
	> 10~20	6.94	25.9
	> 20~30	7.06	26.4
YM	0~10	6.73	23.4
	> 10~20	6.92	24.6
	> 20~30	7.13	26.7
MC	0~10	6.48	24.9
	> 10~20	6.95	24.9
	> 20~30	7.06	25.9

雨入渗系数大,土壤储水量的变化对植被的存活和生长具有重要意义。4 种土地利用方式土壤含水量随土层深度表现出先减小后增大的趋势。CL 地土壤水分含量随土层深度的变化最大。这与地表植被的种类及覆盖度相关。

#### 3.2 不同土地利用方式土壤的有机碳含量

表 3 显示,在 0~30 cm 土层,CL、GC、YM 和 MC 土壤有机碳平均含量分别为 33.76、27.60、18.14、29.59 g/kg;表层土壤有机碳含量呈现出同样的变化规律。这是因为:

1) CL 与 GC 的植被属于自然恢复植被。自然恢复植被的土壤有机质含量主要来源于动植物残体及土壤微生物<sup>[9-10]</sup>,所以,CL 和 GC 土壤有机碳含量相对较高。YM 和 MC 属于耕作土壤,其自然植被已不复存在,栽培作物的大部分被收获,可以回归土壤的有机碳非常有限,所以,耕作土壤的碳源主要依赖人工施入。MC 的有机碳相对较高是因为施肥的缘故。

2) CL 与 GC 上的植被生长良好,根系发达,且广泛分布于地表,因而其土壤有机碳含量高;MC 和 YM 植被的地上部分多被移出,且无枯落物回归土壤,地下根系也因翻耕等农作方式被部分或全部移出,所以,土壤的有机碳含量较低。

表 3 不同土地利用方式土壤层的碳密度和碳储量

利用方式	深度/cm	容重/(g·cm <sup>-2</sup> )	有机碳含量/(g·kg <sup>-1</sup> )	碳密度/(kg·m <sup>-2</sup> )	碳储量/(kg·m <sup>-2</sup> )
CL	0~10	0.81	44.29	0.646	1.674Dd
	> 10~20	0.96	32.54	0.562	
	> 20~30	1.06	24.44	0.466	
GC	0~10	1.09	36.26	2.174	5.413Bb
	> 10~20	1.18	27.70	1.798	
	> 20~30	1.39	18.86	1.442	
YM	0~10	1.23	22.13	2.041	5.084Bc
	> 10~20	1.27	17.63	1.679	
	> 20~30	1.24	14.66	1.363	
MC	0~10	0.97	31.98	2.109	6.541Aa
	> 10~20	1.05	29.84	2.131	
	> 20~30	1.18	27.56	2.211	

表 3 结果表明, 4 种土地利用方式下, 同一深度土壤有机碳含量以 CL 的最高, GC 的次之, YM 的最低; 各样地土壤有机碳含量均随土壤深度的增加而降低, MC 的降低幅度最小, 为 13.82%, YM 的为 33.76%, CL 和 GC 的变化幅度较高, 分别为 44.82% 和 47.99%。造成这种现象的原因是 MC 样地为草本植被, 根系分布浅, 植被根系对土壤有机碳含量的影响小; YM 样地为农耕地, 翻耕和施肥等活动破坏了土壤有机碳含量分层; CL 和 GC 地表植被丰富, 不仅地表有充足的碳源, 且植被根系分布深广, 整个土壤有机碳含量较丰富。

由表 3 可以看出, 0~30 cm 土层 MC 土壤的有机碳储量最高, CL 土壤的最低; 4 种土地利用方式土壤有机碳储量差异显著 ( $P < 0.05$ )。这主要是由于 YM 和 MC 是耕作样地, 其岩石裸露率较低, 而 CL 与 GC

为自然恢复样地, 其岩石裸露率远高于耕作样地。

### 3.3 不同土地利用方式下土壤的养分含量

#### 3.3.1 土壤的氮素含量与碳氮比

由表 4 可见, 不同土地利用方式下土壤全氮含量间的差异均为极显著 ( $P < 0.01$ ), 且土壤全氮平均值呈现出 CL 最高, MC 次之, GC 最低的变化。植被覆盖对土壤氮素肥力具有重要的保护效应<sup>[11]</sup>, CL 的植被覆盖度远高于 GC, 因此, 二者土壤氮含量间的差异极显著 ( $P < 0.01$ )。YM 和 MC 为耕作土地, 土壤氮含量不仅受地上生物量影响, 还受耕作、施肥等多项管理措施影响。施肥增加了土壤中氮素的输入, 而耕作加速了氮素的循环<sup>[12-13]</sup>。0~10 cm 土层氮含量与 10~20、20~30 cm 土层氮含量间的差异达极显著水平, 而后两者间的差异无统计学意义。

表 4 不同土地利用方式下的土壤的养分含量

Table 4 TN, TN / TP, TP, Olsen phosphorus(OP), TK, AP at different land uses

土层深度/cm	土地利用方式	含量/(g·kg <sup>-1</sup> )			碳氮比	含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )	
		全氮	全磷	全钾		速效磷	速效钾
0~10	CL	4.90	1.20	7.73	9.04	7.68	75.68
	GC	2.13	2.81	8.89	17.02	8.34	65.68
	MC	4.12	2.29	6.87	7.74	10.84	58.81
	YM	2.52	2.33	12.42	8.78	13.85	72.46
10~20	CL	3.95	1.24	7.78	8.24	7.06	47.24
	GC	1.76	2.46	8.06	15.74	8.45	39.82
	MC	3.25	2.13	6.50	9.18	9.83	31.57
	YM	2.22	2.06	11.06	7.94	13.04	54.66
20~30	CL	3.10	1.16	8.08	7.88	6.22	41.52
	GC	1.55	2.23	6.96	12.17	7.34	34.09
	MC	3.11	1.95	7.85	8.86	8.64	30.86
	YM	2.03	1.85	8.44	7.22	11.30	43.84
方差分析	利用方式	**	**	**	**	**	**
	土层深度	**	*	NS	**	**	**
	利用方式×土层深度	**	*	**	**	**	**

\*示  $P < 0.05$  水平; \*\*示  $P < 0.01$  水平; NS 示差异无统计学意义。

不同土地利用方式下土壤碳、氮比间的差异显著(表 4,  $P < 0.05$ ), 0~30 cm 土层碳、氮比平均值 GC 的最大, CL 的次之, MC 的最小。多重比较结果表明, GC 的碳、氮比极显著高于其他 3 种土地利用类型, 而其余三者之间的差异无统计学意义。YM 地与 MC 地均为耕地, 但二者的碳、氮比差异极显著 ( $P < 0.01$ )。YM 地在玉米收割后种植黄豆。豆科

植物的固氮作用会使土壤氮素积累加快, 同时, 耕地土壤的耕作会加速有机碳的释放<sup>[14]</sup>。

#### 3.3.2 土壤的磷素含量

由表 4 可看出, 不同土地利用方式下土壤全磷含量间的差异极显著; 随土层深度的增加, 全磷含量间的差异达极显著水平。土壤速效磷含量的变化趋势与全磷含量的变化趋势相同。4 种土地利用方

式土壤的速效磷含量最高值都出现在表层,显示出明显的表聚现象,这主要是因为岩溶区富钙环境下的磷酸钙类化合物不易从土壤剖面上层淋溶下移。速效磷含量 YM 土壤的最高,MC 的次之,CL 的最低,其原因初步认为是其受施肥和耕作的影响较大,耕作可加速土壤有机质含量矿化,而长期施用磷肥和有机肥可以显著提高土壤速效磷的含量。

### 3.3.3 土壤的钾素含量

由表 4 可以看出,4 种土地利用方式下 YM 土壤的全钾含量最高,MC 的最低,这主要是由施肥量导致的。YM 是当地主要的耕地,对其施用化肥、农家肥以及草木灰的量都相对较高,而 MC 地的每年地上生物量约为 YM 地的 4~7 倍,所以,MC 地需钾量较其他土地利用类型更多。

## 4 结论与讨论

本研究结果表明:

a. 桂西北喀斯特地区不同土地利用方式土壤 pH 间的差异无统计学意义。这与张伟<sup>[7]</sup>的研究结果一致。土壤含水量与植物根系分布层次及密度有关系,CL 与 GC 样地植被的覆盖度高,而 YM 的最小,这与耕地植被盖度较小和耕翻活动强烈有关。这与张继光等<sup>[15]</sup>的研究结果一致

b. 喀斯特地区特有的地表、地下双层空间结构,使得该地区地表水漏失严重,加上可溶岩造壤能力低,山坡岩石裸露,土层瘠薄、保水性差,因此,植被覆盖度、人为干扰、土壤结构状况成为影响土壤养分的重要因素。本试验中,CL 样地的 SOC、TN 均高于其他样地。

c. 土壤实际供应钾素的能力表现为含钾矿物分解成能被植物吸收的钾离子的速率和数量,耕作方式及施肥活动也可以改变土壤中钾素供应水平。速效钾含量是可被作物直接吸收利用的部分,是反映钾肥肥效高低的主要标志之一<sup>[12]</sup>。根据土壤速效钾含量划分标准<sup>[15]</sup>(<80 mg/kg 为严重缺钾;80~125 mg/kg 为缺钾;>125~155 mg/kg 为钾适量;>155 mg/kg 为富钾),该区土壤均属于严重缺钾型。

d. 土壤 SOC、TN、AP、AK 含量受土地利用方式的影响显著。土地利用方式是影响土壤养分含

量变化的重要因素。

### 参考文献:

- [1] Shaffer M J, Ma L W, Hansen S. Modeling Carbon and Nitrogen Dynamics for Soil Management Boca Raton[M]. FL: Lewis Publishers, 2001: 1-10.
- [2] 李新爱,肖和艾,吴金水,等.喀斯特地区不同土地利用方式对土壤有机碳、全氮以及生物量碳和氮的影响[J].应用生态学报,2006(17): 1827-1831.
- [3] Angela B H, Amanda L M, Dan J P. Land use effects on nitrification and N<sub>2</sub>O emissions in Ephemeral wetland[J]. Biology & Biochemistry, 2006, 38: 3398-3402.
- [4] Abdul H, Inubushl K, Purnomo E. Effect of land-rise changes on nitrous oxide(N, O)emission from tropical peatlands[J]. Chemosphere Global Change Science, 2000(2): 347-358.
- [5] 罗为检,王克林,刘明,等.土地利用及其格局变化的环境生态效应研究进展[J].中国生态农业学报,2003(2): 150-152.
- [6] 巨晓棠,刘学军,张福锁,等.不同氮肥施用后土壤各氮库的动态研究[J].中国生态农业学报,2004(1): 91-94.
- [7] 张伟,陈洪松,王克林,等.种植方式和裸岩率对喀斯特洼地土壤养分含量空间分异特征的影响[J].应用生态学报,2007(7): 1439-1463.
- [8] 金峰,杨浩,蔡祖聪,等.土壤有机碳密度及储量的统计研究[J].土壤学报,2001(4): 522-528.
- [9] 吕家珑,张一平,王旭东.农田生态对土壤肥力的保护效应[J].生态学报,2001(4): 613-616.
- [10] 化党领,介晓磊,张一平,等.有机肥对石灰性土壤肥力属性的长期影响[J].生态学杂志,2005(9): 1053-1057.
- [11] 袁海伟,苏以荣,郑华,等.喀斯特峰丛洼地不同土地利用类型土壤有机碳和氮素分布特征[J].生态学杂志,2007(10): 1579-1584.
- [12] 杨培岭.土壤与水资源学基础[M].北京:中国水利水电出版社,2005: 54-55.
- [13] 林明珠,谢世友,林玉石.喀斯特山地不同土地利用方式土壤养分含量特征研究[J].中国水土保持,2009(9): 8-10.
- [14] 许联芳,王克林,朱捍华.桂西北喀斯特移民区土地利用方式对土壤养分含量的影响[J].应用生态学报 2008(5): 1013-1018.
- [15] 张继光,陈洪松,苏以荣,等.喀斯特地区典型峰丛洼地表层土壤水分空间变异及合理取样数研究[J].水土保持学报,2006(2): 114-117.

责任编辑: 王赛群

英文编辑: 王 库