

湖南衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复对土壤有机碳及全氮的影响

桂德志¹, 旷一明¹, 张卫国¹, 文东新²

(1.祁阳县挂榜山林场,湖南 祁阳 426100;2.中南林业科技大学理学院,湖南 长沙 410004)

摘要:采用“空间序列代替时间序列”的方法,将植被恢复阶段划分为演替前期、演替中期和演替后期,并测定每一演替阶段中0~10,10~20,20~30,30~40 cm土层的土壤有机碳与全氮.结果表明:1)随着演替进行,各土层的土壤有机碳与全氮均显著增加($P<0.05$),具体表现为后期(土壤有机碳,全氮)>中期(土壤有机碳,全氮)>前期(土壤有机碳,全氮);2)随着土层深度的增加,土壤有机碳与全氮均显著减小($P<0.05$),具体表现为0~10 cm土层(土壤有机碳,全氮)>10~20 cm土层(土壤有机碳,全氮)>20~30 cm土层(土壤有机碳,全氮)>30~40 cm土层(土壤有机碳,全氮).图1,表3,参29.

关键词:土壤有机碳;全氮;植被恢复;衡阳

中图分类号:S153.6 **文献标识码:**A

土地系统与植被是一个有机整体,二者相辅相成、相互影响.土壤系统为植物生长提供必须的营养物质,而植被生长又可改善土壤系统的结构和养分.在土壤系统中,土壤微生物作为土壤有机质和养分(N、P、S等)转化和循环的动力,参与有机质的分解、腐殖质的形成、养分的转化和循环等生化过程,在土壤生态系统的能量流动和养分转化起着重要作用^[1-2].陆地生态系统是一个巨大的C库,约含2500 PgC,近90%的C储存在土壤生态系统中,且分解缓慢.植被恢复是土壤有机碳(Soil organic carbon, SOC)与全氮(Total nitrogen, TN)改变的重要影响因素^[3-4],一方面,植被恢复提高了土壤的C与N素归还量;另一方面,植被恢复可改善土壤理化性质,加速土壤呼吸作用,而造成SOC与TN的损失^[5-6].因此,探讨植被恢复与SOC、TN的关系,对于C与N贮存的研究具有重大意义.

衡阳紫色土丘陵坡地面积 1.625×10^5 hm²,占据衡阳市总国土面积的25%.它是中国南方独有的土地类型,这类土地以其土壤特别的色泽、优良的自

然肥力等成为中国一种特有的、具有发展农业优势的宝贵土地资源.但是紫色土丘陵坡地生态问题和本身的生产性问题特别突出.紫色土丘陵坡地生态环境脆弱,气候干旱,水土流失严重;紫色土耐旱性差,土壤养分含量不协调,紫色土本身不耐侵蚀.在植被遭到破坏后,紫色土丘陵坡地表土很快被流失,土地大量荒芜,恢复林草植被十分困难,农林牧生产受到很大制约(图1).长期以来,该区域区域实施植被恢复及退耕还林、还草政策取得了良好的水土保持效果,但以往对水土保持效果的研究多集中于土壤水分、植被等方面的研究^[7-8].而对不同恢复阶段SOC与TN的变化研究相对薄弱,由于不同植被的生长方式不同,对土壤生态系统的影响存在差异,且在植被恢复过程中的不同阶段,土壤生态系统的变化也不尽相同.为此,研究采用时空互代的方法^[9-10],研究衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复对SOC与TN的影响,旨在该区域的植被恢复提供科学依据.

收稿日期:2016-09-15

基金项目:国家“十五”农业科技重大专项资助(编号:2001BA507A)

作者简介:桂德志(1977-),男,湖南祁阳人,助理工程师,研究方向:森林培育与森林生态.



图 1 研究区域土壤概况
Fig.1 Status of soils in the studied area

1 试验方法

1.1 样地的选择与取样方法

2009 年 8 月中旬,按群落演替的顺序选择坡度(向、位、形)和裸岩率等生态因子基本一致的植物群落,它们分别处于演替前期、演替中期和演替后期.在 3 个不同的演替阶段按样线法采用固定间距分别设置 15 个 20 cm×50 cm 的样方,共 45 个样方,测定每个样方内 0~10、10~20、20~30 与 30~40 cm 土层的 SOC 和 TN 的含量.样地基本概况见表 1.

表 1 样地概况

Tab.1 General situation of sampling plots

项目	前期	中期	后期
海拔/m	120	127	118
经度/N	26°12'45"	26°13'41"	26°32'57"
纬度/E	112°30'45"	111°54'27"	112°54'08"
坡向	SW26	SW25	SW27
坡度/°	24	32	19
演替年限/a	4~5	20~30	≈50
盖度/%	21	45	69

1.2 测定方法

SOC 采用重铬酸钾氧化—外加热法测定;TN 采用半微量凯氏法测定^[11-12].

1.3 数据处理

采用 Excel 软件处理基础数据,采用单因素方差分析法(one-way ANOVA)和最小显著差异法(LSD)分析不同演替阶段与不同土层之间的差异显著性($P<0.05$).表中所有数据均为 3 次重复的平均值.

2 结果与分析

2.1 植被恢复对 SOC 的影响

研究表明(表 2),在 0~10、10~20、20~30 与 30~40 cm 土层,随着演替的进行,SOC 均显著增加($P<0.05$),0~10 cm 土层,前期 SOC 含量分别为中期与后期的 92.64% 和 73.58%;10~20 cm 土层,91.12% 和 75.18%;20~30 cm 土层,76.10% 和 62.78%;30~40 cm 土层,76.82% 和 72.51%.在演替前期、中期与后期,0~10 cm 土层的 SOC 含量显著高于其他土层 SOC 含量($P<0.05$),前期,0~10 cm 土层的 SOC 含量分别为 10~20、20~30 与 30~40 cm土层的 1.14、1.53 和 1.54 倍;中期,1.12、1.26 和 1.28 倍;后期,1.17、1.31 和 1.52 倍.

表 2 不同演替阶段土壤有机碳含量的变化

Tab.2 The changes of soil organic carbon at different successive stages($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

土层/cm	前期	中期	后期
0~10	16.99 Ca	18.34 Ba	23.09 Aa
10~20	14.87 Bb	16.32 ABb	19.78 Ab
20~30	11.08 Bc	14.56 ABc	17.65 Ac
30~40	11.00 Cc	14.32 Bc	15.17 Ad

注:同行不同大写字母表示不同演替之间差异显著($P<0.05$),同列不同小写字母表示不同土层之间差异显著($P<0.05$).下同.

2.2 植被恢复对 TN 的影响

从表 3 可知,在衡阳紫色土丘陵坡地,随着演替进行,TN 显著增加($P<0.05$);随土层加深,TN 含量显著减小($P<0.05$).0~10 cm 土层,后期 TN 含量分别为前期和中期的 1.28 和 1.18 倍;10~20 cm 土层,1.33 和 1.26 倍;20~30 cm 土层,1.30 和 1.20 倍;30~40 cm 土层,1.17 和 1.05 倍.演替前期,10~20、20~30 与 30~40 cm 土层 TN 含量分别为 0~10 cm 土层的 84.50%、75.50% 和 71.50%;中期,82.03%、75.58 和 73.27%;后期,87.50%、76.56 和 65.23%.

表 3 不同演替阶段土壤全氮含量的变化

Tab.3 The changes of soil total nitrogen at different successive stages($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)

土层/cm	前期	中期	后期
0~10	2.00 Ca	2.17 Ba	2.56 Aa
10~20	1.69 Cb	1.78 Bb	2.24 Ab
20~30	1.51 Cc	1.64 Bc	1.96 Ac
30~40	1.43 Cd	1.59 Bd	1.67 Ad

3 讨论与结论

3.1 讨论

在演替前期,土壤裸露率高,水土流失严重,土壤水分蒸发量大,土壤含水量低^[13],植物枯枝落叶少,土壤微生物数量少,土壤基础呼吸弱,土壤的生化强度与酶活性低,影响土壤理化性质的改善,导致该阶段 SOC 与 TN 少^[14-17],该研究结果与高永恒等^[18]高山草甸的 C、N 格局的研究结果基本一致, Schuman 等^[19]在研究不同恢复年限各土层 SOC、TN 的变化规律时发现,0~60 cm 土层的总的 C、N 含量没有太大的变化,但 0~30 cm 根际土壤的 C、N 含量却显著增加,这主要与不同演替阶段的植物群落结构有关,土壤的性质受植被类型、多样性和盖度的差异影响较大,同时 SOC 与 TN 的变化也与土壤温度、水分、养分、土壤结构和 pH 值的影响较大。随着土层深度的增加, SOC 与 TN 含量显著减小 ($P < 0.05$),且表层的减小幅度比土壤深层要大,主要原因在于植被的枯枝落叶开始累积于土壤表层,深层土壤植物根系较少 SOC 与 TN 沿植物根系下渗至深层需要时间,另外,表层容易经受环境变化的扰动,微生物活性强烈,因此,表层的变化幅度较深层要大^[20-21]。

本实验发现演替前期 SOC 有时偏高,与大多数学者的研究结果不一致^[22-23]。笔者认为,植被恢复对土壤影响的原因是比较复杂的,同时也与土壤对环境变化的响应具有一定的滞后性与缓冲性有关,说明植被恢复更有利于土壤微生物对土壤养分的吸收与利用^[24-26]。相关研究显示,土壤微生物生物量碳 (Soil microbial biomass carbon, SMBC) 与土壤微生物生物量氮 (Soil microbial biomass nitrogen, SMBN) 对环境的变化更敏感与强烈, SMBC 增长速率的变化与微生物的自然生长规律表现一致,当外界营养物质大量增加时,微生物急剧增加,当群落趋于稳定后,其增长速率则随之降低,植被恢复过程中,土壤养分与微生物量关系密切^[27-29]。因此,需要从碳氮组分入手对植被恢复的机制进行研究。

3.2 结论

采用时空互代法,在衡阳紫色土丘陵坡地研究不同恢复阶段与不同土层的 SOC 与 TN 的变化规律,得出以下主要结论:

1) 随着植被恢复的进行, SOC 与 TN 含量显著增加 ($P < 0.05$);

2) 随着土层深度的增加, SOC 与 TN 含量显著减小 ($P < 0.05$)。

参考文献:

- [1] 陈 璟, 杨 宁. 衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复对土壤活性有机碳库的影响[J]. 热带亚热带植物学报, 2016, 24(5): 568-576.
Chen J, Yang N. Effects of re-vegetation on active organic carbon pool of purple soils on sloping-land in Hengyang, Hunan Province, China[J]. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 2016, 24(5): 568-576.
- [2] 文东新, 杨 宁, 杨满元. 衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复对土壤微生物功能多样性的影响[J]. 应用生态学报, 2016, 27(8): 2 645-2 654.
Wen D X, Yang N, Yang M Y. Effects of re-vegetation on soil microbial functional diversity in purple soils at different re-vegetation stages in Hengyang, Hunan Province, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(8): 2 645-2 654.
- [3] Ghani A, Dexter M, Perrott K W. Hot-water extractable carbon in soils: A sensitive measurement for determining impacts of fertilization, grazing and cultivation[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2003, 35(9): 1 231-1 243.
- [4] 杨 宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地植被不同恢复阶段土壤微生物量碳的变化及其与土壤理化因子的关系[J]. 生态环境学报, 2013, 22(1): 25-30.
Yang N, Zou D S, Yang M Y, et al. The change of soil microbial biomass carbon and the relationship between it and soil physio-chemical factors in different restoration stages on sloping-land with purple soils in Hengyang[J]. Ecology and Environmental Sciences, 2013, 22(1): 25-30.
- [5] Smith C K, Munson A D, Coyea M R, et al. Nitrogen and phosphorous release from humus and mineral soil under black spruce forests in Central Quebec [J]. Soil Biology & Biochemistry, 1998, 30(12): 1 491-1 500.
- [6] 杨 宁, 杨满元, 邹冬生, 等. 紫色土丘陵坡地恢复过程中土壤微生物生物量碳与水溶性有机碳变化特征[J]. 草地学报, 2016, 24(4): 812-818.
Yang Ning, Yang Man-yuan, Zou Dong-sheng, et al. Dynamics of soil microbial biomass carbon and soil water soluble organic carbon along re-vegetation chronosequences on hillslope land with purple soils [J]. Acta Agrestia Sinica, 2016, 24(4): 812-818.
- [7] 向泽宇, 张 莉, 张全发, 等. 青海不同林分类型土壤养分与微生物功能多样性[J]. 林业科学, 2014, 50(4): 22-31.

- Xiang Ze-yu, Zhang Li, Zhang Quan-fa, et al. Soil nutrients and microbial functional diversity of different stand types in Qinghai Province [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2014, 50(4): 22-31.
- [8] 杨 宁, 付美云, 杨满元, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地不同土地利用模式下土壤种子库特征 [J]. *西北植物学报*, 2014, 34(11): 2 324-2 330.
- Yang N, Fu M Y, Yang M Y, et al. Soil seed bank properties under different land-used models on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China [J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2014, 34(11): 2 324-2 330.
- [9] 吴则焰, 林文雄, 陈志芳, 等. 中亚热带森林土壤微生物群落多样性随海拔梯度的变化 [J]. *植物生态学报*, 2013, 37(5): 397-406.
- Wu Ze-yan, Lin Wen-xiong, Chen Zhi-fang, et al. Variations of soil microbial community diversity along an elevational gradient in mid-subtropical forest [J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2013, 37(5): 397-406.
- [10] 周 桔, 雷 霆. 土壤微生物多样性影响因素及研究方法的现状与展望 [J]. *生物多样性*, 2007, 15(3): 306-311.
- Zhou Ju, Lei Ting. Review and prospects on methodology and affecting factors of soil microbial diversity [J]. *Biodiversity Science*, 2007, 15(3): 306-311.
- [11] Holt J A. Grazing pressure and soil carbon, microbial biomass and enzyme activities in semi-arid northeastern Australia [J]. *Applied Soil Ecology*, 1997(5): 143-149.
- [12] 杨 宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复阶段土壤特性的演变 [J]. *生态学报*, 2014, 34(10): 2 693-2 701.
- Yang N, Zou D S, Yang M Y, et al. Changes of the soil properties in re-vegetation stages on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(10): 2 693-2 701.
- [13] 范 适, 杨 宁. 亚热带5个生态系统土壤微生物学性质比较 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2016, 24(6): 635-641.
- Fan Shi, Yang Ning. Comparison of soil microbiology characteristics in five subtropical ecosystems [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2016, 24(6): 635-641.
- [14] 杨 宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复阶段土壤酶活性特征研究 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2013, 19(6): 1 516-1 524.
- Yang N, Zou D S, Yang M Y, et al. Soil enzyme activities in different re-vegetation stages on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, China [J]. *Journal of Plant Nutrition and Fertilizer*, 2013, 19(6): 1 516-1 524.
- [15] 陈 璟, 杨 宁. 衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段土壤基础呼吸及代谢熵的变化 [J]. *热带亚热带植物学报*, 2013, 21(6): 514-520.
- Chen J, Yang N. Changes in SBR and qCO_2 at different re-vegetation stages on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2013, 21(6): 514-520.
- [16] 魏 媛, 喻理飞, 张金池. 退化喀斯特植被恢复过程中土壤微生物活性研究 [J]. *林业科学*, 2008, 44(7): 6-10.
- Wei Yuan, Yu Li-fei, Zhang Jin-chi. Soil microbial characteristics during succession of degraded Karst vegetation [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 2008, 44(7): 6-10.
- [17] 杨满元, 杨 宁. 衡阳紫色土丘陵坡地植被恢复过程中土壤生化强度变化 [J]. *生态环境学报*, 2015, 24(7): 1 125-1 127.
- Yang M Y, Yang N. Dynamic changes of soil biochemical intensity along re-vegetation on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China [J]. *Ecology and Environmental Sciences*, 2015, 24(7): 1 125-1 127.
- [18] Gao Y H, Schumann M. Impacts of grazing intensity on soil carbon and nitrogen in an alpine meadow on the eastern Tibetan Plateau [J]. *Food, Agriculture & Environment*, 2009(7): 749-754.
- [19] Schuman G E, Reeder J D, Manley J T, et al. Impact of grazing management on the carbon and nitrogen balance of a mixed-grass rangeland [J]. *Ecological Applications*, 1999, 9(1): 65-71.
- [20] 杨 宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地不同恢复阶段植被特征与土壤性质的关系 [J]. *应用生态学报*, 2013, 24(1): 90-96.
- Yang Ning, Zou Dong-sheng, Yang Man-yuan, et al. Relationships between vegetation characteristics and soil properties at different restoration stages on slope land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(1): 90-96.
- [21] 杨 宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地恢复过程中土壤微生物生物量与土壤养分演变 [J]. *林业科学*, 2014, 50(12): 144-150.
- Yang N, Zou D S, Yang M Y, et al. Dynamic changes of soil microbial biomass and soil nutrients along re-vegetation on sloping-land with purple soils in Hengyang of Hunan Province, South-central China [J]. *Scientia Silvae*

- Sinicae, 2014, 50(12): 144-150.
- [22] Bauer A, Cole C V, Black A L. Soil property comparisons in virgin grasslands between grazed and nongrazed management systems[J]. Soil Science Society of America Journal, 1987, 51: 176-182.
- [23] Desjardins T, Andreux F, Volkoff B, et al. Organic carbon and ^{13}C contents in soils and soil size fractions, and their changes due to deforestation and pasture installation in eastern Amazonia[J]. Geoderma, 1994, 61: 103-113.
- [24] 杨 宁, 邹冬生, 李建国. 衡阳盆地紫色土丘陵坡地植被恢复模式建设[J]. 草业科学, 2010, 27(10): 10-16.
- Yang N, Zou D S, Li J G. The vegetation restoration mode construction in sloping-land with purple soils in Hengyang basin[J]. Pratacultural Science, 2010, 27(10): 10-16.
- [25] Holt J A, Bristow K L, McIvor J G. The effects of grazing pressure in soil animals and hydraulic properties of two soils in semi-arid tropical Queensland[J]. Australia Journal of Soil Research, 1996, 34: 69-79.
- [26] 杨 宁, 邹冬生, 付美云, 等. 紫色土丘陵坡地恢复中土壤团聚体特征及其与土壤性质的关系[J]. 生态学杂志, 2016, 35(9): 2 361-2 368.
- Yang N, Zou D S, Fu M Y, et al. Properties of soil aggregates in purple soils during re-vegetation on sloping land in relation to soil characteristics [J]. Chinese Journal of Ecology, 2016, 35(9): 2 361-2 368.
- [27] 刘朝辉, 杨 宁. 湖南省衡阳市紫色土丘陵坡地不同恢复阶段植物群落稳定性 [J]. 湖南生态科学学报, 2016, 3(1): 7-12.
- Liu C H, Yang N. Stability of plant communities in different re-vegetation stages on sloping-land with purple soils in Hengyang City, Hunan Province[J]. Journal of Hunan Ecological Science, 2016, 3(1): 7-12.
- [28] 陈 璟, 杨 宁. 衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复过程中土壤水文效应 [J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(5): 590-597.
- Chen J, Yang N. Soil hydrological function at different vegetation restoration stages in purple soil slopelands in Hengyang[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2013, 21(5): 590-597.
- [29] 杨 宁, 邹冬生, 杨满元, 等. 衡阳紫色土丘陵坡地不同植被恢复阶段土壤微生物群落多样性的变化 [J]. 林业科学, 2016, 52(8): 146-156.
- Yang N, Zou D S, Yang M Y, et al. Variations of soil microbial community diversity in purple soils at different re-vegetation stages on sloping-land in Hengyang, Hunan Province, South-central China [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2016, 52(8): 146-156.

Effects of Re-vegetation on Soil Organic Carbon and Total Nitrogen in Purple Soils on Sloping-land in Hengyang of Hunan

GUI De-zhi¹, KUANG Yi-ming¹, ZHANG Wei-guo¹, WEN Dong-xin²

(1. Qiyang County Guabang Mountain Forest Farm, Qiyang 426100, China; 2. College of Science, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: The re-vegetation stages were classified into successive early stage, middle stage and later stage by using an approach of spatial sequence instead of temporal sequence, and the soil organic carbon (SOC) and total nitrogen (TN) in 0~10, 10~20, 20~30 and 30~40 cm soil layer of three successive stages were respectively measured. The results showed that: 1) In the process of re-vegetation, the contents of SOC and TN in each soil layer significantly increased ($P < 0.05$), which order followed as later stage (SOC, TN) > middle stage (SOC, TN) > early stage (SOC, TN); 2) With increase of soil depth, SOC and TN significantly decreased ($P < 0.05$), which order followed as 0~10 cm soil layer (SOC, TN) > 10~20 cm soil layer (SOC, TN) > 20~30 cm soil layer (SOC, TN) > 30~40 cm soil layer (SOC, TN). 1 fig., 3 tabs., 29 refs.

Keywords: soil organic carbon (SOC); total nitrogen (TN); re-vegetation; Hengyang.

Biography: GUI De-zhi, male, born in 1977, assistant engineer, research direction: forest cultivation and forest ecology.