

网络出版时间:2013-10-22 16:43
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20131022.1643.005.html>

缙云山土地利用方式对土壤有机碳及全氮的影响

李鉴霖^{1a,1b},江长胜^{1a,1b,2},郝庆菊^{1a,1b,2},祝滔^{1a,1b}
(1 西南大学 a 三峡库区生态环境教育部重点实验室,b 资源环境学院,重庆 400715;
2 重庆市农业资源与环境研究重点实验室,重庆 400716)

【摘 要】 【目的】研究西南地区缙云山不同土地利用方式下土壤有机碳(SOC)和全氮(TN)含量及储量的变化,以揭示土地利用方式对 SOC 和 TN 积累的影响。【方法】选取缙云山阳坡同一海拔高度处的亚热带常绿阔叶林地、坡耕地、果园和撂荒地,采集 0~60 cm 土层的土壤样品,对其进行 SOC、TN 以及土壤体积质量的测定分析。【结果】与林地相比,坡耕地和果园的 SOC 含量分别显著降低了 43.83%,21.57% ($P>0.05$);与坡耕地相比,撂荒地 SOC 含量极显著增加了 239.17% ($P=0.001$)。相同土壤质量下,不同土地利用方式 SOC 储量存在显著差异 ($P<0.05$),表现为撂荒地(108.06 Mg/hm²)>林地(62.21 Mg/hm²)>果园(54.54 Mg/hm²)>坡耕地(31.81 Mg/hm²)。撂荒地的 TN 含量及储量均显著高于其他土地利用方式,分别为 0.91 g/kg 和 8.64 Mg/hm²,而林地、果园、坡耕地三者之间的 TN 含量及储量不存在显著差异。不同土地利用方式的 SOC 含量与 TN 含量之间呈显著的正相关关系。4 种土地利用方式的 C/N 在 5.35~12.11,其中撂荒地的 C/N 最高,坡耕地最低。【结论】撂荒地比坡耕地更有利于 SOC 和 TN 的蓄积;虽然林地、果园和坡耕地 3 种土地利用方式对土壤 TN 的影响不显著,但林地比果园和坡耕地更有利于 SOC 的积累;撂荒地有机质的矿化分解程度最低,最有利于土壤中有有机质的积累。

【关键词】 土地利用方式;土壤有机碳;土壤全氮;缙云山
【中图分类号】 S158.3 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-9387(2013)11-0137-09

Effects of land use types on soil organic carbon and total nitrogen in Jinyun Mountain

LI Jian-lin^{1a,1b},JIANG Chang-sheng^{1a,1b,2},HAO Qing-ju^{1a,1b,2},ZHU Tao^{1a,1b}
(1 a Key Laboratory of Eco-environments in Three Gorges Reservoir Region of Ministry of Education,
b College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400715, China;
2 Chongqing Key Laboratory of Agricultural Resources and Environment, Chongqing 400716, China)

Abstract: 【Objective】 This paper studied contents and storages of soil organic carbon (SOC) and total nitrogen (TN) of different land use patterns in Jinyun Mountain in southwest China. 【Method】 The sub-tropical evergreen broad-leaved forest, sloping farmland, orchard and abandoned land were selected to collect soil samples from 0 to 60 cm depth at the same altitude of sunny slope in Jinyun Mountain and SOC, TN and soil density were analyzed. 【Result】 Compared to forest, SOC contents of sloping farmland and orchard decreased by 43.83% and 21.57%, respectively. Compared to sloping farmland, SOC content of abandoned land significantly increased by 239.17% ($P=0.001$). Under the same soil quality, SOC storages of different land use types showed significant differences ($P<0.05$), and their SOC storages were in a decreasing order of abandoned land (108.06 Mg/hm²) > woodland (62.21 Mg/hm²) > orchard (54.54

【收稿日期】 2012-12-13
【基金项目】 国家自然科学基金项目(41005069,40975095 和 40805050);中央高校基本科研业务费专项资金项目(XDJK2012A005);西南大学生态学重点学科“211”工程三期建设项目
【作者简介】 李鉴霖(1989—),男,四川江安人,硕士,主要从事农田生态系统碳氮循环研究。
【通信作者】 郝庆菊(1976—),女,山东肥城人,副教授,主要从事农田生态系统碳氮循环研究。E-mail: haoqingju@163.com

Mg/hm^2) > slope farmland ($31.81 \text{ Mg}/\text{hm}^2$). TN contents and storage of abandoned land ($0.91 \text{ g}/\text{kg}$ and $8.64 \text{ Mg}/\text{hm}^2$) were significantly higher than other land use types. There was no significant difference in TN contents and storages between woodland, orchard and sloping farmland. There was a significant correlation between soil SOC and TN. C/N ratio was in the range of 5.35 to 12.11. Abandoned land had the highest C/N ratio, while slope farmland had the minimum. 【Conclusion】 Abandoned land was more suitable for the accumulation of SOC and TN than farmland. Although there was no significant influence of forest land, farmland and orchard land on soil TN contents, forest was more suitable for the accumulation of SOC than orchard and sloping farmland. Abandoned land was in the lowest level of mineralization of organic matter, and it was the most favorable to the accumulation of organic matter in the soil.

Key words: land use type; soil organic carbon; soil total nitrogen; Jinyun Mountain

随着全球碳循环研究的深入,土壤有机碳(SOC)成为全球碳循环研究的热点问题之一^[1]。SOC是土壤的重要组成部分,其不但是评价土壤质量的重要指标,还对增加作物的产量起着重要的作用^[2]。地表土壤大约含有 $2\,500 \text{ Pg}$ ($1 \text{ Pg}=10^{15} \text{ g}$) 的碳,其中 $1\,550 \text{ Pg}$ 为 SOC 库^[3]。由于库容巨大, SOC 储量的微弱变化都会导致大气圈中 CO_2 浓度发生较大变化^[4],从而对全球碳平衡产生巨大影响。土壤氮素营养是土壤肥力的重要物质基础,是植物生长必需的营养元素。土壤全氮(TN)包括所有形式的有机和无机氮素,是表征土壤氮素总量和供应植物有效氮素的源和库,综合反映了土壤的氮素供应状况^[5]。土壤氮元素的排放,也是温室效应的一个重要来源。

前人研究表明,不同土地利用方式对 SOC 和 TN 的含量有较大影响^[6]。王小利等^[7]指出,亚热带红壤低山生态景观单元内,林地开垦增加了水田 SOC 的积累和土壤微生物活性,但不同程度地降低了旱地和果园 SOC 的积累和微生物活性。王国强等^[8]指出,土地利用变化对 SOC 含量的影响,主要是通过改变凋落物的数量和质量及其环境条件来影响 SOC 的储存量、组成和稳定性。土地利用变化导致了 SOC 输入数量和质量的不同,从而对土壤 SOC、TN 含量有一定的影响。但是,由于土壤空间分布的变异性以及研究方法的差异,导致众多研究者得出的结论并不完全相同。作为国家级自然保护区,位于中国西南地区的缙云山是多种珍稀植物的生长地,土壤中 SOC 和 TN 的变化将会对该地区植物的生长环境产生很大的影响,关于不同土地利用方式对缙云山土壤 SOC 和 TN 影响的研究还较少。因此,本试验以缙云山为研究对象,分析不同土地利用方式下土壤 SOC 和 TN 含量及储量的变化,旨在为该地区土地管理及生态系统可持续发展提供理论

依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

缙云山位于重庆市境内,地理坐标为东经 $106^{\circ}22'$,北纬 $29^{\circ}49'$,海拔高度 $350\sim 951.5 \text{ m}$,属于亚热带季风湿润性气候,年均气温 13.6°C ,年均降水量 $1\,611.8 \text{ mm}$ 。缙云山主要植被为典型的中亚热带常绿阔叶林,地质岩层由三叠纪须家河组厚层砂岩夹薄层泥页岩和煤线组成,土壤类型主要为酸性黄壤,此外还有棕黄壤以及少量人为利用的水稻土。

1.2 试验设计与样品采集

土壤样品于 2011-06 采自缙云山阳坡同一海拔高度处,土壤为酸性黄壤。共选择林地、坡耕地、果园和撂荒地 4 种土地利用方式,其中林地为亚热带常绿阔叶林,主要树种为四川大头茶(*Gordonia acuminata*)、白毛新木姜子(*Neolitea aurata*)和四川杨桐(*Adinandra bockiana*);坡耕地为玉米地;果园为枣树和桔子种植园;撂荒地为弃耕多年的坡耕地,地面植被为生长旺盛的杂草,无灌木和乔木。每种土地利用方式设置 3 个样点,每个样点设置 3 个剖面采集土样,每个剖面分别采集土层深度为 $0\sim 10, 10\sim 20, 20\sim 30, 30\sim 40, 40\sim 50, 50\sim 60 \text{ cm}$ 的土壤样品,每个样点内 3 个剖面同一土层的土壤样品混合成一个土样。用四分法取出足够的样品,除去砾石和根系,风干后过孔径 0.147 mm 筛,用于测定 SOC 和 TN 及其他土壤理化性质(表 1)。

1.3 测定项目及方法

采用环刀法($100 \#$ 标准环刀(直径 $50.46 \text{ mm}\times$ 长度 50 mm))取样, 105°C 烘干称质量后测算土壤体积质量^[9]。采用重铬酸钾氧化法测定 SOC 含量,半微量凯式定氮法测定 TN 含量,硫酸-高氯

酸消解法测定全磷含量,碳酸氢钠法测定速效磷含量,火焰光度法测定速效钾含量,用 pHSJ-4A 型酸度计测定 pH(土水质量体积比为 1∶2)^[10],磷酸盐-乙酸浸提-硫酸钡比浊法测定土壤有效硫含量^[10]。

表 1 缙云山不同土地利用方式土壤的理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of tested soils from different land use types in Jinyun Mountain						
土地利用方式 Land use	土层深度/cm Soil depth	pH	全磷/ (mg·kg ⁻¹) TP	速效磷/ (mg·kg ⁻¹) AP	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) AK	有效硫/ (mg·kg ⁻¹) AS
林地 Forest	0~10	3.95	140.30	7.10	81.49	139.04
	10~20	3.88	82.29	3.30	71.73	125.40
	20~30	3.84	73.02	3.03	58.75	108.57
	30~40	3.97	66.83	2.53	52.66	92.48
	40~50	4.01	57.29	2.16	46.55	93.43
	50~60	4.13	51.42	1.87	41.96	79.47
	平均值 Average	3.96	78.52	3.33	58.86	106.40
撂荒地 Abandoned land	0~10	5.06	280.79	6.31	104.79	89.65
	10~20	5.30	238.09	5.49	91.18	54.53
	20~30	5.60	219.35	4.01	75.57	36.31
	30~40	5.74	238.73	3.67	65.66	28.78
	40~50	5.71	238.57	2.83	63.80	25.28
	50~60	5.68	171.58	2.37	58.86	21.64
	平均值 Average	5.51	231.19	4.11	76.64	42.70
果园 Orchard	0~10	7.66	261.70	35.29	115.80	36.44
	10~20	7.92	109.76	19.95	86.33	29.08
	20~30	7.93	108.75	16.88	59.98	27.00
	30~40	8.02	71.23	12.62	55.60	25.78
	40~50	8.03	70.16	11.42	51.19	24.21
	50~60	7.94	67.07	9.67	49.51	21.98
	平均值 Average	7.92	114.78	17.64	69.74	27.41
坡耕地 Sloping farmland	0~10	8.19	309.50	38.33	81.88	30.57
	10~20	8.28	238.29	17.19	76.86	26.05
	20~30	8.21	66.55	14.86	62.88	24.21
	30~40	8.14	34.87	7.93	61.56	22.73
	40~50	8.02	61.31	6.66	57.81	20.48
	50~60	8.02	54.20	6.48	56.51	17.29
	平均值 Average	8.14	127.45	15.24	66.25	23.55

SOC 及 TN 储量采用等质量方法进行计算^[11], 计算公式如下:

$$M_{\text{soil}}=p\cdot T\cdot 10\,000,$$

(1)

$$T_{\text{add}}=[(M_{\text{soil,equit}}-M_{\text{soil,surf}})\times 0.000\,1]/p_{\text{subsurface}},$$

(2)

$$M_{\text{element}}=M_{\text{soil}}\cdot C_{\text{conc}}\cdot 0.001。$$

(3)

式中: M_{soil} 为土壤质量(Mg/hm^2); p 为土壤体积质量(g/cm^3); T 为土层深度(m); T_{add} 为达到相同质量土壤需要的土层深度(m); $M_{\text{soil,equit}}$ 为最大的土壤质量(Mg/hm^2); $M_{\text{soil,surf}}$ 为土壤质量小于 $M_{\text{soil,equit}}$ 处理的表层土壤质量之和(Mg/hm^2); $p_{\text{subsurface}}$ 为亚表层土壤体积质量(g/cm^3),在本试验中为 60~70 cm 土层的土壤体积质量; M_{element} 为 SOC 或 TN 储量(Mg/hm^2); C_{conc} 为 SOC 或 TN 含量(g/kg)。

1.4 数据处理

用 SPSS16.0 软件对不同土地利用方式之间以及同一土地利用方式不同土壤深度之间的 SOC 和

TN 含量及储量进行方差分析(ANOVA),当其通过方差齐次性检验时($P>0.05$),则进行均值间最小差异显著性(LSD)检验;若其不能通过方差齐次性检验($P<0.05$),则采用 Tamhane's T2 进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 土地利用方式对不同土层 SOC 含量及储量的影响

图 1 为缙云山不同土地利用方式下 SOC 含量的剖面分布。由图 1 可知,各土地利用方式的 SOC 含量均随土壤深度的增加而降低,但不同土地利用方式下 SOC 的剖面分布还存在一定的差异,其中林地和果园 SOC 表现出明显的表层富集现象。林地的 SOC 主要富集在 0~10 cm 土层(22.89 g/kg),是 10~60 cm 土层的 3.54~6.75 倍;而果园 SOC 主要富集在 0~20 cm 土层,0~10 cm 土层(12.10

g/kg)和 10~20 cm 土层(10.42 g/kg)的 SOC 含量均显著高于其他土层。而撂荒地和坡耕地 SOC 则不存在明显的表层富集现象,各土层的 SOC 含量无显著性差异,在土壤剖面的变化并不明显。

在 0~10 cm 土层,林地 SOC 含量最高,且显著

高于其他土地利用方式;其次为撂荒地和果园;坡耕地最低。在 20~60 cm 土层,撂荒地的 SOC 含量最高,并显著高于其他 3 种土地利用类型;其次是林地、果园,坡耕地最低,但林地、果园、坡耕地三者之间 SOC 含量差异并不显著。

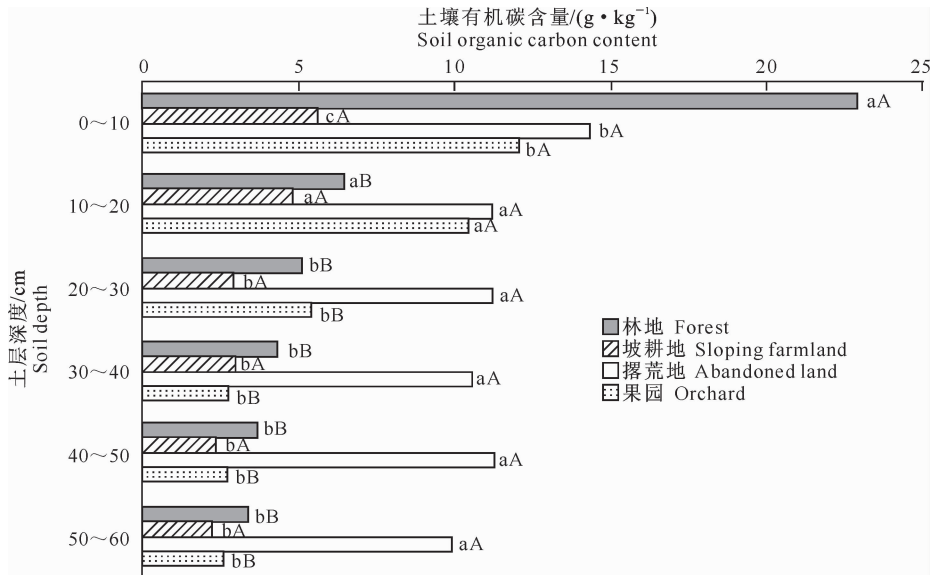


图 1 缙云山不同土地利用方式下 0~60 cm 土层 SOC 含量的变化

标不同小写字母者表示同一土壤深度下不同土地利用方式间在 $P=5\%$ 水平上存在显著差异,

标不同大写字母者表示同一土地利用方式下不同土层深度间在 $P=5\%$ 水平上存在显著差异,下同

Fig. 1 Variation of soil organic carbon contents at depth of 0—60 cm for different land use types in Jinyun Mountain Different lowercase letters indicate significantly difference at $P=5\%$ level for different land use types at the same soil depth,and different uppercase letters indicate significantly difference at $P=5\%$ level for different soil depths with the same land use type. The same below

在 0~60 cm 土层,不同土地利用方式的 SOC 含量平均值为撂荒地(11.43 g/kg)>林地(7.65 g/kg)>果园(6.00 g/kg)>坡耕地(3.37 g/kg)。与林地相比,坡耕地和果园的 SOC 含量分别显著降低

了 43.83%,21.57% ($P>0.05$);与坡耕地相比,撂荒地 SOC 含量极显著增加了 239.17% ($P=0.001$)。

表 2 为不同土地利用方式下 0~60 cm 土层的土壤体积质量与土壤质量。

表 2 缙云山不同土地利用方式下 0~60 cm 土层的土壤体积质量与土壤质量
Table 2 Soil bulk density and soil quantity of soil at depth of 0—60 cm for different land use types in Jinyun Mountain

土层深度/cm Soil depth	土壤体积质量/(g·cm ⁻³) Soil bulk density				土壤质量/(Mg·hm ⁻²) Soil quantity			
	林地 Forest	坡耕地 Sloping farmland	撂荒地 Abandoned land	果园 Orchard	林地 Forest	坡耕地 Sloping farmland	撂荒地 Abandoned land	果园 Orchard
0~10	1.07	1.55	1.37	1.44	1 070.29	1 550.02	1 368.80	1 443.80
10~20	1.46	1.47	1.38	1.42	1 457.51	1 470.65	1 380.45	1 421.00
20~30	1.47	1.56	1.52	1.55	1 469.55	1 559.95	1 521.84	1 549.03
30~40	1.48	1.63	1.54	1.70	1 476.73	1 631.06	1 543.90	1 696.78
40~50	1.48	1.68	1.59	1.66	1 477.66	1 677.98	1 589.51	1 656.24
50~60	1.52	1.69	1.56	1.80	1 522.34	1 685.40	1 563.88	1 795.18
总和 Total					8 474.08	9 575.06	8 968.38	9 562.03

表 2 表明,在 0~60 cm 土层,坡耕地土壤体积质量大多明显高于其他土地利用方式,因而其土壤质量也最大,为 9 575.06 Mg/hm²。经计算,为使林地、撂荒地和果园达到与坡耕地相同的土壤质量,以

上三者相应增加的土层深度分别为 6.94,3.80 和 0.08 cm,随之增加的 SOC 储量分别为 3.73,6.03 和 0.03 Mg/hm²,因而,在相同土壤质量不同土地利用方式下,土壤 SOC 储量表现为撂荒地(108.06

Mg/hm²)>林地(62.21 Mg/hm²)>果园(54.54 Mg/hm²)>坡耕地(31.81 Mg/hm²)(表 3)。单因素方差分析结果表明,不同土地利用方式间的 SOC 储量差异达极显著水平($P<0.01$),撂荒地的 SOC 储量分别比坡耕地、林地、果园高 239.71%,73.7%

表 3 缙云山不同土地利用方式下 0~60 cm 土层的 SOC 储量

Table 3 Soil organic carbon storages of soil at depth of 0—60 cm for different land use types in Jinyun Mountain Mg/hm²

土层深度/cm Soil depth	林地 Forest	坡耕地 Sloping farmland	撂荒地 Abandoned land	果园 Orchard
0~10	24.49	8.71	19.58	17.46
10~20	9.42	7.04	15.50	14.81
20~30	7.56	4.60	17.08	8.41
30~40	6.38	3.82	16.33	4.67
40~50	5.46	3.91	17.99	4.49
50~60	5.16	3.74	15.55	4.65
0~60	58.48 B	31.81 D	102.03 A	54.51 C
相同土壤质量下的 SOC 储量 SOC storage under the same soil quantity	62.21 B	31.81 D	108.06 A	54.54 C

注:同行数据后标不同大写字母者表示差异极显著($P<0.01$)。
Note: Different uppercase letters in same lines indicate extremely significantly difference($P<0.01$).

2.2 土地利用方式对不同土层土壤 TN 含量及储量的影响

图 2 为各土地利用方式下土壤 TN 含量的剖面分布图。图 2 表明,4 种土地利用方式下土壤剖面中 TN 含量的分布趋势与 SOC 含量基本相同,即随土壤深度的增加,土壤 TN 含量逐渐降低,且林地和果园土壤 TN 含量也具有表层富集现象。在 0~10 cm 土层,林地土壤 TN 富集,TN 含量为 1.67 g/kg,为 10~60 cm 土层的 2.45~3.49 倍;果园土

和 98.13%;与林地相比,果园和坡耕地的 SOC 储量显著下降,分别减少了 12.33%和 48.87%。由此可以看出,与林地相比,坡耕地和果园不利于土壤有机碳的积累,而撂荒地则能较好地促进土壤中损失的有机碳的恢复,并积累有机碳。

壤 TN 同样富集在 0~20 cm 土层,0~10 cm 及 10~20 cm 土层 TN 含量分别为 1.19 和 0.89 g/kg,显著高于 20~60 cm 土层。在 0~60 cm 土层,坡耕地和撂荒地土壤 TN 含量大多差异不显著。在 0~10 cm 土层,林地土壤 TN 含量最高,显著高于其他 3 种土地利用方式,其次为果园和撂荒地,坡耕地最低,但果园、撂荒地和坡耕地之间并无显著差异;在 10~60 cm 土层,撂荒地土壤 TN 含量最高,林地最低或较低,但二者之间差异并不明显。

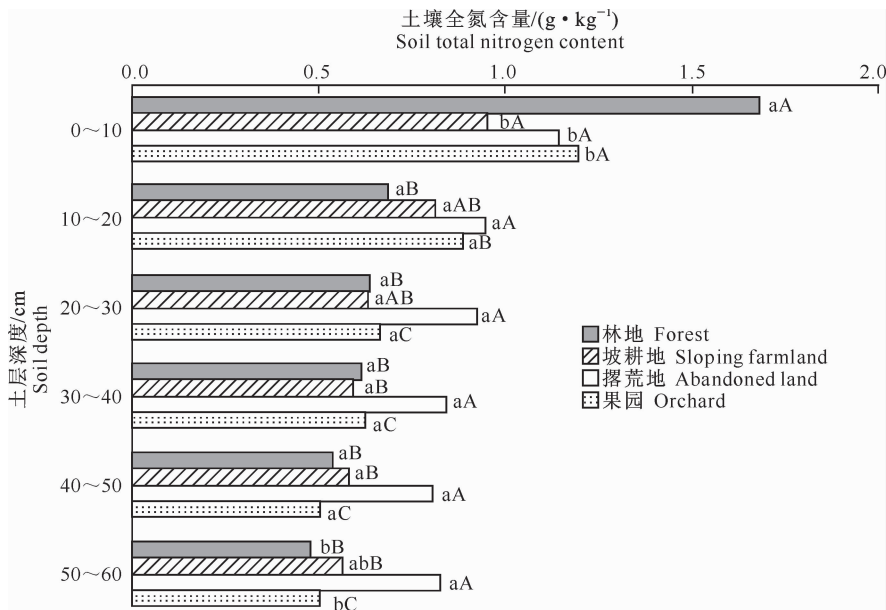


图 2 缙云山不同土地利用方式下 0~60 cm 土层土壤 TN 含量的变化

Fig. 2 Variation of soil total nitrogen contents of soil at depth of 0—60 cm for different land use types in Jinyun Mountain

在 0~60 cm 土层,撂荒地土壤的 TN 含量平均值最高(0.91 g/kg),其次为林地(0.77 g/kg)和果园(0.73 g/kg),坡耕地(0.69 g/kg)最低。与坡耕地相比,撂荒地土壤 TN 含量增加了 31.88% ($P<0.05$);而与林地相比,果园和坡耕地土壤 TN 含量分别下降了 5.19% 和 10.39%,但三者之间差异并不显著。

表 4 为不同土地利用方式下的土壤 TN 储量。计算结果表明,为使林地、撂荒地和果园与坡耕地的土壤质量相同,则以上三者相应增加的土地深度分

表 4 缙云山不同土地利用方式下 0~60 cm 土层土壤的 TN 储量

土层深度/cm Soil depth	林地 Forest	坡耕地 Sloping farmland	撂荒地 Abandoned land	果园 Orchard
0~10	1.79	1.47	1.56	1.72
10~20	0.99	1.19	1.31	1.26
20~30	0.94	0.98	1.41	1.03
30~40	0.90	0.97	1.30	1.06
40~50	0.79	0.98	1.28	0.83
50~60	0.73	0.95	1.29	0.90
0~60	6.15 b	6.53 b	8.14 a	6.80 b
相同土壤质量下的 TN 储量 TN storage under the same soil quantity	6.68 b	6.53 b	8.64 a	6.81 b

注:同行数据后标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$)。
Note: Different lowercase letters in same lines indicate extremely significantly difference ($P<0.05$).

2.3 土地利用方式对土壤 C/N 的影响

C/N 是评价土壤有机质分解的一个重要指标,当其发生变化时,土壤中的微生物环境则会相应地发生变化,从而使微生物对有机质的分解活动受到影响。C/N 高,说明土壤中有有机质的分解程度较弱,且氮素的矿化程度较低;C/N 低,说明土壤中有有机质的分解程度较高,并且氮素的矿化程度也较高^[12]。通常认为,当土壤 C/N 小于 25 : 1 时,土壤中的氮素会出现净矿化,是微生物分解的最佳值^[13]。本研究中,各个土地利用方式下不同土层的 C/N 平均值为 5.35~12.11(图 3),说明其土壤中都出现了净矿化,有机质的分解程度都较高。

将土壤 TN 含量作为横坐标,SOC 含量作为纵坐标,各个土地利用方式的斜率即为 C/N 值(图 3)。由图 3 可以看出,不同土地利用类型土壤的 C/N 平均值为 5.35~12.11,林地、撂荒地、果园及坡耕地土壤的 C/N 值分别为 11.46,12.11,8.96 和 5.35,说明坡耕地土壤有机质的矿化程度较高,而林地和撂荒地土壤有机质的矿化程度则相对较低。因此,与坡耕地相比,林地和撂荒地更有利于土壤中有有机质的积累。进行相关关系分析后发现,4 种土地利用方式下,SOC 与 TN 含量均呈极显著的正相关关

别为 6.94,3.80 和 0.08 cm,则随之增加的土壤 TN 储量分别为 0.53,0.50 和 0.01 Mg/hm²,因而相同土壤质量下不同土地利用方式的土壤 TN 储量为撂荒地(8.64 Mg/hm²)>果园(6.81 Mg/hm²)>林地(6.68 Mg/hm²)>坡耕地(6.53 Mg/hm²)。单因素方差分析表明,撂荒地土壤 TN 储量显著高于其他 3 种土地利用方式($P<0.05$),而后 3 种土地利用方式之间并不存在显著性差异。由此可以看出,坡耕地撂荒可以显著增加土壤的 TN 储量,而林地、果园和坡耕地对土壤 TN 储量并无明显影响。

系(图 3),说明土壤中 TN 含量与 SOC 含量有关,且 SOC 含量越高, TN 含量也越高。

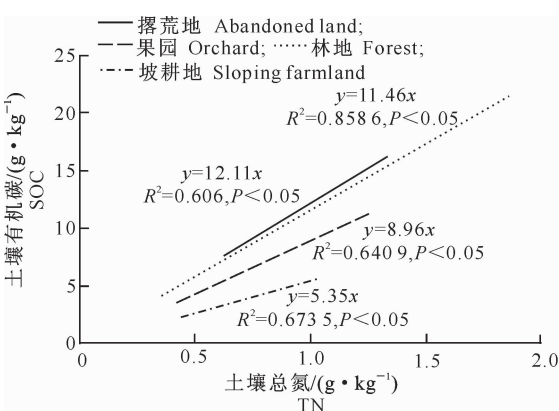


图 3 缙云山不同土地利用方式下土壤 SOC 与 TN 含量的关系

Fig. 3 Relationship between SOC and TN contents for different land use types in Jinyun Mountain

3 讨论

3.1 不同土地利用方式对土壤 SOC 含量及储量的影响

土壤有机碳含量取决于有机物料的投入与分解之间的平衡,在自然生态系统中,地表枯枝落叶及细

微根系的周转,是土壤有机质输入的主要途径^[14]。本研究发现,不同土地利用方式下,SOC 的剖面分布存在一定的差异,即林地和果园表现出明显的表层富集现象,而撂荒地和坡耕地各土层深度的 SOC 含量分化并不明显。林地和果园表层覆盖有大量的枯枝落叶,可为土壤表层提供丰富的有机质来源,但位于土壤表层之下的树木根系粗大,难以分解,土壤有机质来源缺乏,从而导致 SOC 含量较低。而坡耕地由于翻耕,使土壤表层的有机质进入到更深层次的土壤中,从而使得 SOC 在 0~60 cm 土层分布更均匀^[15]。Baker 等^[16]研究发现,翻耕使得植物根系进入土壤的深度增加,从而使土壤中因根系带来的有机质能出现在更深的土层中,因此导致坡耕地 SOC 含量在 0~60 cm 土层变化并不明显。撂荒地则可能是因为其地表植被主要是草本植物,每年因地上部分枯死而形成的枯枝落叶可为土壤表层提供大量的碳源,而且草本植物的根系特别是细根分布较浅,根系的腐解转化快,使得在 0~60 cm 土层 SOC 含量都比较高,且各土层间的差异不明显。

SOC 含量及其储量由诸多因素共同影响而决定,而不同的土地利用方式使得其土壤表面的管理、凋落物以及环境因素各不相同^[8]。林地的腐殖层较厚,使得其 SOC 含量较高。而果园因为周围居住的大多为山民,由于运输不便以及经济较为落后等原因,山民依靠果树的剪枝作为木柴的主要来源,再加上果实的收获等,使得果园 SOC 的含量和储量都较林地小。王小利等^[7]发现,将林地开垦为果园降低了土壤 SOC 的积累。本研究结果也表明,与林地相比,果园 0~60 cm 土层的 SOC 储量降低了 12.33% ($P<0.05$)。

本研究中,与林地相比,坡耕地的 SOC 含量和储量分别降低了 43.83% 和 48.87%。这是由于坡耕地常年翻耕,减弱了表层土壤的水土保持能力,加剧了土壤表面的水土流失现象,使得土壤中 SOC 流失严重;并且人为翻耕增加了土壤的通透性,使 SOC 的矿化程度增加,而且坡耕地由于作物的收获,致使植物中的碳不能还田,以上原因都不利于坡耕地 SOC 的积累,从而使其 SOC 的含量和储量降低。毛艳玲^[17]指出,林地开垦为农业用地之后,SOC 大幅度下降,损失最高达 80%,下降的主要原因是由较大团聚体中碳含量减少引起的。而徐汝民等^[18]也指出,原始林地转变为农田后(开垦年限 <10 年),0~10 cm 和 10~20 cm 土层的 SOC 含量分别下降了 68.5%,76.8%,这与本研究结果基本一

致。

本研究中,撂荒地的 SOC 储量极显著高于其他几种土地利用方式,分别比坡耕地、林地和果园高出了 239.71%,73.7% 和 98.13% ($P<0.01$)。李忠武等^[19]对南方红壤丘陵区的研究结果显示,土地利用方式对 SOC 含量的影响较明显,松林 SOC 含量大于闲置 8 年的荒地;吴建国等^[20]通过对比分析六盘山林区典型天然次生林与农田、草地的 SOC 含量和储量发现,草地 SOC 含量比天然次生林低 27%。而在本研究结果中,撂荒地的 SOC 储量大于林地。其原因可能在于森林生态系统的生物量大多集中在地上部分,地下部分较少且根系的周转率较低,从而使得其对 SOC 的贡献主要集中在土壤表面的腐殖层。而撂荒地主要为草地生态系统,地表植被每年都要枯死,死亡周转率要远大于林地植被,经过 14 年的弃耕撂荒,植被的还田生物量可能要高于林地,从而导致 SOC 储量较高^[21]。

3.2 不同土地利用方式对土壤 TN 含量及储量的影响

土地利用方式的不同,一方面导致进入土壤的肥料及植物残体的数量和性质各异,另一方面由于土壤水分管理、耕作方式等农艺措施的差异,影响了土壤氮素的矿化、运输以及植物的吸收利用,最终造成土壤中氮素含量和储量存在差异^[22-24]。Peterjohn 等^[25]通过对氮、磷、钾流失的分析发现,自然植被及其土壤系统的营养循环能力远高于玉米地。张兴昌等^[26]研究发现,植被覆盖能有效减少流域土壤侵蚀和 TN 流失,坡地退耕还林草可显著减少流域土壤氮素流失。

本研究中,在 0~10 cm 土层中,林地的 TN 含量最高,这与其地表分布着大量的枯枝落叶等凋落物有关。与 SOC 不同,撂荒地、果园以及坡耕地三者之间 TN 含量并不存在显著差异,这可能与坡耕地以及果园施用氮肥从而提高了土壤氮含量有关。

4 种土地利用方式中,撂荒地的土壤 TN 含量平均值最高,其次为林地和果园,坡耕地最低。与坡耕地相比,撂荒地土壤 TN 含量的平均值增加了 31.88%,而与林地相比,果园和坡耕地土壤 TN 含量的平均值有一定程度减少,但差异不显著。与 TN 含量的分布规律相同,撂荒地的 TN 储量同样显著高于其他 3 种土地利用方式,较果园、林地、坡耕地分别高出 26.87%,29.34% 和 32.31% ($P<0.05$),但后三者之间不存在显著性差异。这与朱霞等^[23]以及李新爱等^[27]的研究结果一致。主要原因

是:1)撂荒地的地表为杂草,杂草地上部分每年枯死,使得植物残体中的有机氮通过分解重新补回到土壤中;2)杂草根系较细,腐解转化较林地粗大的根系快,因而土壤 TN 储量最高。果园和坡耕地虽然存在因果实收获或农作物收割导致的氮素流失,但由于氮肥的施用,导致其与林地的 TN 储量差异并不显著。

3.3 不同土地利用方式对土壤 C/N 的影响

土壤中 SOC 和 TN 的分解与微生物密切相关,因此,土壤 C/N 成为评价土壤微生物活性以及 SOC 矿化程度的一个重要指标^[28]。较低的 C/N 有利于微生物在有机质分解过程中的养分释放,而输入土壤的凋落物量和分解速率的改变将引起土壤 C/N 的变化,从而影响土壤微生物的呼吸和土壤 CO₂ 的释放^[29],进而影响 SOC 和 TN 的积累。宇万太等^[30]对潮棕壤在不同土地利用方式下 0~100 cm 土层 C/N 值的研究发现,林地土壤的 C/N 相对较高,而农田生态系统土壤的 C/N 较低。本研究中,坡耕地的 C/N 值较低,主要是因为坡耕地常年翻耕,受土壤结构物理保护的有机质与空气接触更充分,进行有机质分解的微生物更加活跃,从而使得有机质的分解程度较高。同时宇万太等^[30]还发现,荒地增加 SOC 储量方面有很大潜力。同样,在本研究中,撂荒地因为土壤表面较多的生物量及土壤通透性较低,因此土壤中有机质的矿化分解程度最低,C/N 也最高,因此最有利于土壤中有机质的积累。

4 结 论

1)不同土地利用方式下,SOC 含量及储量由高到低依次均为撂荒地>林地>果园>坡耕地,而且土地利用方式对 SOC 含量及储量均有显著性影响,说明林地比果园和坡耕地更有利于 SOC 的积累,撂荒地也比坡耕地更有利于 SOC 的蓄积。

2)撂荒地土壤的 TN 含量以及 TN 储量均显著高于其他土地利用方式,而林地、果园和坡耕地三者之间并无显著差异。说明撂荒地比坡耕地更有利于土壤 TN 的积累,而林地、果园和坡耕地 3 种土地利用方式对土壤 TN 的影响不显著。

3)不同土地利用方式下,SOC 含量与 TN 含量之间呈显著的正相关关系。4 种土地利用方式下土壤的 C/N 为 5.35~12.11,其中撂荒地的 C/N 最高,坡耕地最低。说明坡耕地不能有效地抑制 SOC 和 TN 的分解,积累碳氮的能力较弱,而撂荒地则最有利于 SOC 和 TN 的积累。

[参考文献]

- [1] 姜 勇,庄秋丽,梁文举.农田生态系统土壤有机碳库及其影响因素[J].生态学杂志,2007,26(2):278-285.
Jiang Y,Zhuang Q L,Liang W J. Soil organic carbon pool and its affecting factors in farmland ecosystem [J]. Chinese Journal of Ecology,2007,26(2):278-285. (in Chinese)
- [2] Stevenson F J,Cole M A. Cycles of soil:Carbon,nitrogen,phosphorus,sulfur,micronutrients [M]. 2nd edition. New York: John Wiley,1999.
- [3] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security [J]. Science,2004,304(5677):1623-1627.
- [4] 苏永红,冯 起,朱高峰,等.土壤呼吸与测定方法研究进展[J].中国沙漠,2008,28(1):57-65.
Su Y H,Feng Q,Zhu G F,et al. Progress in research on soil respiration [J]. Journal of Desert Research,2008,28(1):57-65. (in Chinese)
- [5] 李菊梅,王朝辉,李生秀.有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义[J].土壤学报,2003,40(2):232-238.
Li J M,Wang Z H,Li S X. Significance of soil organic matter, total N and mineralizable nitrogen in reflecting soil N supplying capacity [J]. Acta Pedologica Sinica,2003,40(2):232-238. (in Chinese)
- [6] Fang X,Xue Z J,Li B C,et al. Soil organic carbon distribution in relation to land use and its storage in a small watershed of the Loess Plateau,China [J]. Catena,2012,88(1):6-13.
- [7] 王小利,苏以荣,黄道友,等.土地利用对亚热带红壤低山区土壤有机碳和微生物碳的影响[J].中国农业科学,2006,39(4):750-757.
Wang X L,Su Y Y,Huang D Y,et al. Effects of land use on soil organic C and microbial biomass C in Hilly Red Soil Region in subtropical China [J]. Scientia Agricultura Sinica,2006,39(4):750-757. (in Chinese)
- [8] 王国强,毛艳玲.土地利用变化对亚热带土壤有机碳的影响[J].中国高新技术企业,2008(19):123-126.
Wang G Q,Mao Y L. Effects of land use on soil organic carbon in subtropical China [J]. China High Technology Enterprises,2008(19):123-126. (in Chinese)
- [9] 郭国双.谈谈土壤容重的测定[J].灌溉排水,1983,2(2):38-40.
Guo G S. Determination of the bulk density of soil [J]. Journal of Irrigation and Drainage,1983,2(2):38-40. (in Chinese)
- [10] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000:146-166,289-295.
Lu R K. Analysis methods of soil agricultural chemistry [M]. Beijing:Chian Agricultural Science and Technology Press,2000:146-166,289-295. (in Chinese)
- [11] Ellert B H,Bettany J R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes [J]. Canadian Journal of Soil Science,1995,75(4):529-538.
- [12] Parton W J,Stewart J W B,Cole C V. Dynamics of C,N,P and S in grassland soils:A model [J]. Biogeochemistry,1988,5

- (1);109-131.
- [13] Prescott C E, Chappell H N, Vesterdal L. Nitrogen turnover in forest floors of coastal douglas-fir at sites differing in soil nitrogen capital [J]. *Ecology*, 2000, 81(7):1878-1886.
- [14] Zhong L, Zhao Q G. Organic carbon content and distribution in soils under different land uses in tropical and subtropical China [J]. *Plant and Soil*, 2001, 231(2):175-185.
- [15] 李 辉, 张军科, 江长胜, 等. 耕作方式对紫色水稻土有机碳和微生物生物量碳的影响 [J]. *生态学报*, 2012, 32(1):247-255.
- Li H, Zhang J K, Jiang C S, et al. Long-term tillage effects on soil organic carbon and microbial biomass carbon in a purple paddy soil [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(1):247-255. (in Chinese)
- [16] Baker J M, Ochsner T E, Venterea R T, et al. Tillage and soil carbon sequestration: What do we really know? [J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2007, 118(1/4):1-5.
- [17] 毛艳玲. 土地利用变化对土壤团聚体碳组分的影响 [D]. 福州: 福建师范大学, 2008:17-29.
- Mao Y L. Effects of land use change on carbon fractions in soil aggregate [D]. Fuzhou: Fujian Normal University, 2008:17-29. (in Chinese)
- [18] 徐汝民, 李忠佩, 车玉萍, 等. 土地利用方式转变后灰色森林土有机碳矿化的温度响应特征 [J]. *应用生态学报*, 2009, 20(5):1020-1025.
- Xu R M, Li Z P, Che Y P, et al. Temperature sensitivity of organic C mineralization in gray forest soils after land use conversion [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2009, 20(5):1020-1025. (in Chinese)
- [19] 李忠武, 郭 旺, 王晓燕, 等. 南方红壤丘陵区不同土地利用方式下土壤有机碳分布特征及其与草本生物量的关系 [J]. *应用生态学报*, 2012, 23(4):867-874.
- Li Z W, Guo W, Wang X Y, et al. Effects of land use type on the distribution of organic carbon in different sized soil particles and its relationships to herb biomass in hilly red soil region of South China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2012, 23(4):867-874. (in Chinese)
- [20] 吴建国, 张小全, 徐德应. 土地利用变化对土壤有机碳贮量的影响 [J]. *应用生态学报*, 2004, 15(4):593-599.
- Wu J G, Zhang X Q, Xu D Y. Impact of land-use change on soil carbon storage [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15(4):593-599. (in Chinese)
- [21] 宇万太, 姜子绍, 周 桦, 等. 不同土地利用方式对潮棕壤微生物量碳及其周转率的影响 [J]. *生态学杂志*, 2008, 27(8):1302-1306.
- Yu W T, Jiang Z S, Zhou H, et al. Effect of different land use patterns on soil microbial biomass carbon and its turnover rate in an aquic soil [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2008, 27(8):1302-1306. (in Chinese)
- [22] Bedard-Haughn A, Matson A L, Pennock D J. Land use effects on gross nitrogen mineralization, nitrification, and N_2O emissions in ephemeral wetlands [J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2006, 38(12):3398-3406.
- [23] 朱 霞, 韩晓增. 不同土地利用方式下黑土氮素含量变化特征 [J]. *江苏农业学报*, 2008, 24(6):843-847.
- Zhu X, Han X Z. Effect of land use on nitrogen content in black soil [J]. *Jiangsu J of Agr Sci*, 2008, 24(6):843-847. (in Chinese)
- [24] 罗为检, 王克林, 刘 明. 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, 11(2):156-158.
- Luo W J, Wang K L, Liu M. Research progress on impact of land use and its pattern change on ecoenvironment [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2003, 11(2):156-158. (in Chinese)
- [25] Peterjohn W T, Correll D L. Nutrient dynamics in an agricultural watershed: Observations on the role of a riparian forest [J]. *Ecology*, 1984, 65(5):1466-1475.
- [26] 张兴昌, 邵明安. 黄土丘陵区小流域土壤氮素流失规律 [J]. *地理学报*, 2000, 55(5):617-626.
- Zhang X C, Shao M A. Soil Nitrogen loss by erosion as affected by vegetation cover and comprehensive managements in Zhifanggou catchment of Hilly Loess Plateau [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(5):617-626. (in Chinese)
- [27] 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、全氮以及微生物生物量碳和氮的影响 [J]. *应用生态学报*, 2006, 17(10):1827-1831.
- Li X A, Xiao H A, Wu J S, et al. Effects of land use type on soil organic carbon, total nitrogen, and microbial biomass carbon and nitrogen contents in Karst region of south China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(10):1827-1831. (in Chinese)
- [28] 姚槐应, 何振立, 陈国潮, 等. 红壤微生物量在土壤-黑麦草系统中的肥力意义 [J]. *应用生态学报*, 1999, 10(6):725-728.
- Yao H Y, He Z L, Chen G C, et al. Fertility significance of microbial biomass in red soil ryegrass system [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(6):725-728. (in Chinese)
- [29] 彭少麟, 李跃林, 任 海, 等. 全球变化条件下的土壤呼吸效应 [J]. *地球科学进展*, 2002, 17(5):705-713.
- Peng S L, Li Y L, Ren H, et al. Progress in research on soil respiration under the global change [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2002, 17(5):705-713. (in Chinese)
- [30] 宇万太, 姜子绍, 李新宇, 等. 不同土地利用方式对潮棕壤有机碳含量的影响 [J]. *应用生态学报*, 2007, 18(12):2760-2764.
- Yu W T, Jiang Z S, Li X Y, et al. Effects of land use type on soil organic carbon storage in aquic brown soil [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2007, 18(12):2760-2764. (in Chinese)