罗望子人工林土壤有机碳在不同团聚体中的特征

岳学文，彭 辉，钱坤建，李纪潮，潘志贤，方海东，闫帮国，纪中华
（云南省农业科学院 热区生态农业研究所，云南 元谋 651300）

摘 要：研究了干热河谷地区不同种植方式的罗望子人工林内 0—10，10—20，20—40 cm 土层土壤团聚体中的有机碳分布特征。结果表明，在所有样地中，1～0.5，0.5～0.25 mm 这 2 个径级的土壤团聚体有机碳最高，10～5 mm 团聚体有机碳最低。不同种植方式的人工林土壤团聚体有机碳差异较大，其中以罗望子＋乡土草本，罗望子＋百喜草 2 种种植方式的团聚体有机碳最高，罗望子＋余甘子混交林内最低，但罗望子＋乡土草本方式的团聚体有机碳高于罗望子＋百喜草方式。光板地土壤团聚体有机碳在 3 个土层的差异较小。

关键词：土壤团聚体；有机碳；罗望子
文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2013)01-0058-04 **中图分类号**：S157

Characteristics of Soil Organic Carbon in Different Sizes of Aggregates Under *Tamrindus* Artificial Forest

YUE Xue-wen, PENG Hui, QIAN Kun-jian, LI Ji-chao,
PAN Zhi-xian, FANG Hai-dong, YAN Bang-guo, JI Zhong-hua
(*Institute of Tropical Eco-agriculture, Yunnan Academy of Agricultural Sciences, Yuanmou, Yunnan* 651300, *China*)

Abstract: Characteristics of soil organic carbon for different sizes of soil aggregates within 0—10, 10—20 and 20—40 cm layers were studied under different planting patterns of *Tamrindus* in the dry-hot valley of the Jinsha River. Results showed that the content of soil organic carbon was the highest for 1～0.5 and 0.5～0.25 mm aggregates, but the lowest for 10～5 mm aggregates. There were significant variations in different planting patterns of *Tamrindus* artificial forest. The content of soil organic carbon was the highest in *Tamrindus* +local herbs and *Tamrindus*+*Paspalum natatu* artificial forest and however, the former was greater than the latter. The content of soil organic carbon was the lowest in *Tamrindus*+*Phyllanthi emblice* artificial forest. The content of soil organic carbon in the three layers had small change in bare land.

Keywords: soil aggregate; soil organic carbon; *Tamrindus*

土壤团聚体对土壤的理化性质有很大的影响[1]，特别是水稳性大团聚体，稳定的大团聚体内的有机碳含量明显多于微团聚体[2]，而小团聚体中的有机碳较大团聚体中的有机碳老化[3]。土地利用方式对新形成的土壤有机碳含量作用明显，1850—2000 年，由于土地利用和土地管理变化导致 156 Pg 的碳释放到大气中[4]。不同的土地利用方式，由于有机质的输入、输出及耕种方式的差异，影响了土壤有机碳的形成和积累。不同径级的土壤团聚体颗粒与土壤有机质的结合方式及结构方面存在差异，从而使各径级的团聚体中的有机碳矿化存在差异[4]。相关研究表明，不同植被类型下土壤有机碳密度存在明显差异[5-6]。豆科、禾本科作物轮作能提高 2～0.25 mm 的团聚体有机碳含量[7]。

金沙江干热河谷因其地貌、水文、气候组合的特殊性，是我国长江上游水土保持、天然林保护的重点区域，而不同土地利用方式对土壤团聚体有机碳的影响是当前有机碳研究的热点之一[8-10]。因此，深入研究干热河谷地区不同人工林的土壤团聚体固碳机理、固碳效益及影响因素，有利于优化和丰富该区域植被恢复与重建的理论基础，对干热河谷地区的生态建设具有重要的意义。

收稿日期：2012-02-21 修回日期：2012-04-12
资助项目：科技部“十二五”支撑计划项目“长江上游低山丘陵区生态综合整治技术与示范”(2011BAC09B05)；云南省科技计划项目“金沙江干热河谷生态修复技术集成与示范”(2011CA009)
作者简介：岳学文(1983—)，男(汉族)，云南省宣威市人，硕士研究生，主要研究方向为生态恢复。E-mail:46179535@qq.com。
通信作者：纪中华(1963—)，女(汉族)，山西省大同市人，研究员，研究方向为生态农业和生态恢复。E-mail:rjsjzh@163.com。

1　材料与方法

1.1　研究区概况

研究区位于金沙江干热河谷的典型区域——云南省元谋县,是典型的南亚热带季风河谷干热气候区[11],年均气温约 21.9 ℃,≥10 ℃年积温 7 786 ℃,年均降雨量约 630 mm,主要集中在 5—10 月,年均蒸发量约 3 910 mm,土壤水分亏缺严重。土壤主要为燥红土、紫色土和变性土。稀树灌草丛是适应金沙江干热河谷自然环境的顶极植物群落[12],在土层较厚、阴坡等立地环境有少量的乔木。草本植物种类较多,其中以扭黄茅(*Heteropogon cantortus*)、龙须草(*Enlariopsis binata*)、孔颖草(*Bothrichloa camus*)为主;灌木多为车桑子(*Dodonaea angustifolia*);乔木较少,常见的是攀枝花(*Gossampinus malabarica*)、罗望子(*Tamarindus indica*),余甘子(*Phyllanthus emblice*)。

1.2　研究方法

土壤采样于 2011 年 3 月底完成,4 月初进行分析,所有样品测定均由昆明诚尔信农业分析测试技术有限公司完成。本研究共设 4 个样地,1 个对照。样地是由罗望子组成的人工林,分别为:罗望子纯林(样地 A),罗望子+乡土草本(样地 B),罗望子+余甘子(样地 C),罗望子+百喜草(样地 D),对照为光板地。每个样地按 0—10,10—20,20—40 cm 土层单独取样。取样方式:在标准样地内按 S 型取样,每个样地取 3 个样,每个土层 3 个重复,每层的土样采用四分法混合后送检。土壤团聚体测定采用机械筛分法,共分 5 个径级,即 10～5,5～1,1～0.5,0.5～0.25 和 <0.25 mm。团聚体有机碳测定采用重铬酸钾容量法,数据分析在 SPSS 16.0,Microsoft Excel 2003 中进行。

2　结果与分析

2.1　不同种植方式的罗望子林团聚体有机碳特征

由图 1 可以看出,0—10 cm 的团聚体有机碳含量在所有样地的 3 个测量深度中均为最高,其中以样地罗望子+乡土草本复合群落最高,为 19.49 g/kg。其次为样地 D,土壤团聚体有机碳为 18.55 g/kg。样地 B 为余甘子与干热河谷乡土草的复合群落,物种多样性较高。而样地 D 为百喜草与罗望子的人工群落,群落内的主要草本植物为百喜草,物种相对单一。从这 2 个案例的对比中可以看出,罗望子与乡土草构成的人工群落对提高土壤团聚体有机碳的作用略强于罗望子与单一草本植物构成的群落。罗望子纯林内的团聚体有机碳略高于罗望子和余甘子的复合群落,即样地 A 高于样地 C。而在 4 个由罗望子构成的人工林内(样地 A,B,C,D),以罗望子+余甘子混交林的团聚体有机碳含量最低,而且在 3 个测量深度都低于样地 A,B,D,其中在 10—20 cm 和 20—40 cm 处,样地 C 的团聚体有机碳含量还低于光板地。

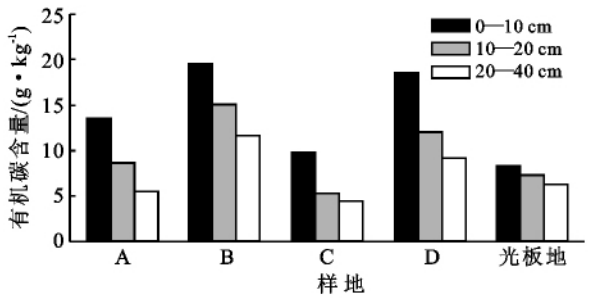


图 1　0－40 cm 不同样地的土壤团聚体有机碳特征

2.2　不同粒径的团聚体有机碳差异

在 0—10 cm 土层,粒径为 1～0.50,0.50～0.25 mm的团聚体有机碳在样地 A,B,C 内均为最高。而在样地 D 中,团聚体有机碳的最高值出现在土壤粒径为 0～0.25 和<0.25 mm 的土粒中。在样地 B 中团聚体有机碳含量的最高值对应的土壤粒径为 1～0.50 mm。团聚体有机碳的最小值为 7.74 g/kg,对应的土壤粒径为 5～1 mm。土壤团聚体有机碳主要集中在粒径为 2～0.053 mm 的土壤团聚体中,本研究得出的结论与参考文献[6]相似。团聚体有机碳在不同土壤粒径中表现出明显的差异性,其对应的最低值主要出现在粒径为 10～5 和 5～1 mm 的团聚体中。光板地中,土壤粒径对团聚体有机碳的影响较小,各径级的土粒中团聚体有机碳差异不显著(表 1)。

表 1　0－10 cm 土层土壤团聚体有机碳特征

样地	粒径/mm					标准差/(g·kg⁻¹)	均值/(g·kg⁻¹)	变异系数
	10～5	5～1	1～0.50	0.50～0.25	<0.25			
A	10.34	10.94	17.54	19.10	9.87	4.40	13.56	0.32
B	15.53	17.82	22.90	22.74	18.48	3.23	19.49	0.17
C	8.06	7.84	13.60	11.39	7.74	2.65	9.73	0.27
D	17.79	16.00	17.71	21.02	20.24	2.05	18.55	0.11
光板地	7.93	7.76	8.45	8.78	8.39	0.41	8.26	0.05

在 10—20 cm 土层，4 个样地的团聚体有机碳含量均比 0—10 cm 有明显减少。样地 A 中，最大值由 19.10 g/kg 下降到 12.86 g/kg，下降了 32.7%，而在样地 B 中，最大值由 22.90 g/kg 下降到 16.80 g/kg，下降了 26.6%。

样地 C 和样地 D 也表现出明显的下降，样地 C 在 10—20 cm 的团聚体有机碳含量甚至低于光板地，而光板地的变化不明显。在 10—20 cm 土层，样地 A，B，C 的团聚体有机碳最高值依旧出现在 1～0.50 和 0.50～0.25 mm 的土粒中，而样地 D 中，团聚体有机碳最高值也依旧出现在 0～0.25 和＜0.25 mm 粒径的土壤中（表 2）。

在 20—40 cm 土层，样地 A，B，C，D 和光板地中的团聚体有机碳的均值为 3 个测量深度的最低。而样地 C 的团聚体有机碳增加主要集中在粒径 10～5 和 5～1 mm 内，增幅分别为 8.6% 和 13.6%。在其他径级中，团聚体有机碳含量则是呈下降趋势。样地 B 在 20—40 cm 的团聚体有机碳含量甚至高于样地 A 中 10—20 cm 的团聚体有机碳，样地 B 的固碳能力明显强于样地 A，C，D 和光板地（表 3）。

表 2 10－20 cm 土层的团聚体有机碳特征

样地	粒径/mm					标准差/(g·kg^{-1})	均值/(g·kg^{-1})	变异系数
	10～5	5～1	1～0.50	0.50～0.25	＜0.25			
A	7.11	6.55	12.86	9.77	6.96	2.67	8.65	0.31
B	14.01	15.04	16.80	16.21	13.05	1.54	15.02	0.10
C	4.19	4.39	6.08	6.80	4.84	1.13	5.26	0.21
D	11.87	11.47	11.30	12.77	12.87	0.73	12.06	0.06
光板地	6.43	6.64	8.17	7.69	7.36	0.73	7.26	0.10

表 3 20－40 cm 土层的团聚体有机碳特征

样地	粒径/mm					标准差/(g·kg^{-1})	均值/(g·kg^{-1})	变异系数
	10～5	5～1	1～0.50	0.50～0.25	＜0.25			
A	4.87	5.15	6.50	6.45	3.89	1.11	5.37	0.21
B	10.70	10.40	12.40	14.17	10.48	1.65	11.64	0.14
C	4.55	4.99	5.72	2.62	3.88	1.18	4.35	0.27
D	8.51	8.98	8.51	10.01	9.80	0.71	9.16	0.08
光板地	6.16	6.11	6.48	6.67	6.08	0.26	6.30	0.04

2.3 团聚体间的有机碳特征

从表 4 可以看出，在 0—40 cm 土壤剖面，样地 A，B，C 中的大团聚体有机碳均大于微团聚体有机碳，而样地 D 则相反，微团聚体有机碳高于大团聚体有机碳。在光板地中，0—20 cm 是大团聚体内的有机碳小于微团聚体，而在 20—40 cm 大团聚体中的有机碳略微高一些。本研究中，所有样地的罗望子林下均是 5 a 未耕作，在 0—40 cm 剖面，样地 A，B，C 的大团聚体的固碳能力比微团聚体高。微团聚体有机碳含量及其比例越高，越有利于土壤有机质含量提高[8]。

表 4 团聚体间的团聚体有机碳差异 g/kg

样地	0—10 cm 土层		10—20 cm 土层		20—40 cm 土层	
	大团聚体有机碳	微团聚体有机碳	大团聚体有机碳	微团聚体有机碳	大团聚体有机碳	微团聚体有机碳
A	11.98	9.87	9.07	6.96	5.74	3.89
B	19.74	18.48	15.15	13.05	11.92	10.48
C	10.22	7.74	5.36	4.84	4.74	3.88
D	18.13	20.24	11.85	12.87	9.01	9.80
光板地	8.09	8.39	7.23	7.36	6.36	6.08

3 结 论

罗望子人工林土壤团聚体有机碳主要分布在土壤表层（0—10 cm），随着深度的增加，团聚体有机碳含量逐渐降低。1～0.5，0.5～0.25 mm 这 2 个径级的土壤团聚体有机碳最高。

不同种植方式下罗望子人工林内的团聚体有机碳差异显著，其中以罗望子＋乡土草本、罗望子＋百

喜草 2 种方式的团聚体有机碳含量最高,罗望子+余甘子混交林内的团聚体有机碳最低。罗望子+乡土草本和罗望子+百喜草林内的团聚体有机碳在 20—40 cm 仍高于光板地土壤表层的团聚体有机碳。

罗望子+乡土草本方式的团聚体有机碳高于罗望子+百喜草,但由于试验样方偏少,而干热河谷地区的外引草本植物较多,因此尚不能得出乡土草本与罗望子混交林的固碳效益高于引罗望子与百喜草人工林模式的结论。因此,深化干热河谷区不同生态恢复方式的土壤固碳效益研究将是以后工作的重点。

20—40 cm 处,样地 C 的团聚体有机碳在粒径 10～5 mm 和 5～1 mm 团聚体中出现小幅增加,这一现象在其他样地内没有出现过,这是否暗示着干热河谷地区罗望子+余甘子的复合群落对土壤表层的团聚体有机碳影响不显著,但对提高土壤深层大团聚体有机碳作用明显,导致该现象的原因尚需进一步研究。

[参 考 文 献]

[1] Tisdall J M, Oades J M. Organic matter and water-stable aggregates[J]. Journal of Soil Science, 1982(33):141-163.

[2] Jastrow J D, Boutton T W, Miller R M. Carbon dynamics of aggregate-associated organic matter estimated by 13 C natural abundance[J]. Soil Science Society of America Journal, 1996,60:801-807.

[3] Puget P, Chenu C, Balesdent J. Dynamics of soil organic matter as sociated with particle-size fractions of water-stable aggregates[J]. European Journal of Soil Science, 2000,51:595-605.

[4] 罗友进,魏朝富,李渝,等. 土地利用对石漠化地区土壤团聚体有机碳分布及保护的影响[J]. 生态学报,2011,31(1):257-266.

[5] 解宪丽,孙波,周慧珍,等. 不同植被下中国土壤有机碳的储量与影响因子[J]. 土壤学报,2004,41(5):687-699.

[6] 梁爱珍,张晓平,杨学明,等. 黑土颗粒态有机碳与矿物结合态有机碳的变化研究[J]. 土壤学报,2010,47(1):153-158.

[7] 李恋卿,潘根兴,张旭辉. 退化红壤植被恢复中表层土壤微团聚体及有机碳分布变化[J]. 土壤通报,2000,31(5):193-195.

[8] 陈志杰,廖翠华,黄仕凤. 土地利用变化对土壤团聚体有机碳的影响[J]. 安徽农业科学,2010,38(24):13203-13204.

[9] 毛艳玲,杨玉盛,邹双全,等. 土地利用变化对亚热带山地红壤团聚体有机碳的影响[J]. 山地学报,2007,25(6):706-713.

[10] 孔雨光,张金池,张东海,等. 土地利用变化对土壤及团聚体结合有机碳的影响[J]. 中南林业科技大学学报,2009,29(2):39-44.

[11] 王克勤,沈有信,陈奇伯,等. 金沙江干热河谷人工植被土壤水环境[J]. 应用生态学报,2004,15(5):809-813.

[12] 何毓蓉,徐建忠,黄成敏. 金沙江干热河谷区变性土的特征及系统分类[J]. 土壤学报,1995,32(S):102-103.

(上接第 57 页)

[参 考 文 献]

[1] 姜志林. 森林生态系统蓄水保土的功能[J]. 生态学杂志,1984,6(3):58-63.

[2] 陈卓梅,郑郁善,黄先华,等. 秃杉混交林水源涵养功能的研究[J]. 福建林学院学报,2002,22(3):266-269.

[3] 张国防. 闽江流域洪灾与森林的水文效应[J]. 福建林业科技,2000,27(1):63-65.

[4] 张雷燕,刘常富,王彦辉,等. 宁夏六盘山地区不同森林类型土壤的蓄水和渗透能力比较[J]. 水土保持学报,2007,21(1):95-98.

[5] 赵世伟,周印东,吴金水. 子午岭北部不同植被类型土壤水分特征研究[J]. 水土保持学报,2002,16(4):119-122.

[6] 张光灿,夏江宝,王贵霞,等. 鲁中花岗山区人工林土壤水分物理性质[J]. 水土保持学报,2005,19(6):44-48.

[7] 李德生,张萍,张水龙,等. 黄前库区经济林土壤水文效益研究[J]. 水土保持研究,2004,11(1):141-143.

[8] 王燕,王兵,赵广东,等. 江西大岗山 3 种林型土壤水分物理性质研究[J]. 水土保持学报,2008,2(1):32-34.

[9] 李灵,张玉,孔丽娜,等. 武夷山风景区不同林地类型土壤水分物理性质及土壤水库特性[J]. 水土保持通报,2011,31(3):15-17.

[10] 安兴琴,陈玉春. 浅议西北地区生态环境建设的气候效应[J]. 干旱地区农业研究,2002,20(1):116-119.

[11] 付为国,李萍萍,吴沿友. 镇江内江湿地不同演替阶段植物群落小气候日动态[J]. 应用生态学报,2006,17(9):1699-1704.

[12] 宋键,金秉福,张云吉. 烟台门楼水库氮磷营养盐的分布及其成因分析[J]. 水土保持研究,2007,14(3):321-324.

[13] 李如忠,汪家权,钱家忠. 基于灰色动态模型群法的河流水质预测研究[J]. 合肥工业大学学报,2002,22(4):10-12.

[14] 张远东,刘世荣,罗传文,等. 川西亚高山林区不同土地利用与土地覆盖的地被物及土壤持水特征[J]. 生态学报,2009,29(2):627-635.