

安徽省几种主要土壤有机碳含量及其组分研究

石玲^{1,2}, 戴万宏¹

(1. 安徽师范大学 环境科学学院, 安徽 芜湖 241000; 2. 阜阳市国土资源局, 安徽 阜阳 236025)

摘要: 研究了安徽省 4 种主要类型土壤(砂姜黑土、潮土、水稻土和红壤)有机碳(SOC)、可溶性有机碳(DOC)和微生物量碳(MBC)的含量剖面分布及其相互关系。结果表明, 4 种土壤 SOC, DOC 和 MBC 含量存在明显差异, 但其剖面分布规律基本一致, 表层含量较高, 随着土壤层次加深而依次递减; 表层土壤 SOC 含量顺序为: 水稻土> 砂姜黑土> 潮土> 红壤, DOC 含量顺序为: 砂姜黑土> 潮土> 水稻土> 红壤, MBC 含量顺序为: 潮土> 砂姜黑土> 红壤> 水稻土。DOC 和 MBC 分别只占 SOC 的 4.92%~18.97% 和 1.86%~5.68%。土壤 SOC, DOC 与 MBC 之间存在着密切的关系, 3 者之间的相关性均分别达到了 10%, 5% 或 1% 的显著或极显著水平。

关键词: 土壤有机碳; 可溶性有机碳; 微生物量碳; 安徽省

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)02-0145-05

中图分类号: S153.6

Soil Organic Carbon and Its Fraction in Anhui Province

SHI Ling^{1,2}, DAI Wan-hong¹

(1. College of Environmental Science, Anhui Normal University, Wuhu, Anhui 24100, China;

2. Fugang Land Resources Bureau, Fugang, Anhui 236025, China)

Abstract: The contents of soil organic carbon (SOC), dissolved organic carbon (DOC), and microbial biomass carbon (MBC), as well as profile distribution and its relationships in the four main soil types (Lime concretion black soils (LS), Fluve-aquic soils (FS), Paddy soils (PS), and Red soils (RS)) in Anhui Province are studied. Results showed that the contents of SOC, DOC, and MBC were significantly different in the four soils, but the trend of their profile distributions was basically the same. The contents in topsoil were higher and decreased with soil depth increasing. The orders of SOC, DOC, and MBC in topsoil were PS> LS> FS> RS, LS> FS> PS> RS, and FS> LS> RS> PS, respectively. DOC and MBC were only a small part of SOC. The percentages of DOC and MBC over SOC were in the range from 4.92% to 18.97% and from 1.86% to 5.68%, respectively. There was a close relation among SOC, DOC, and MBC. The relationships between SOC and DOC, between SOC and DOC, and between DOC and MBC were all significant or very significant at 10%, 5% or 1% level, respectively.

Keywords: SOC; DOC; MBC; Anhui Province

土壤有机碳(SOC)是土壤的重要组成部分,它在土壤肥力、环境保护、农业可持续发展等方面都有着重要的作用和意义^[1-2]。

据估计,全球土壤有机碳库总量约为 1 200~2 500 Pg(1 Pg= 10¹⁵g),约是大气碳库的 2 倍,陆地生物圈碳库的 2~3 倍^[3-5]。因此,土壤有机碳库在全球碳循环和全球气候变化中也起着十分重要的作用,土壤有机碳库微小幅度的变动,都可通过向大气释放

CO₂ 而改变全球碳循环方向,加强温室效应,进而影响全球气候变化^[6]。

土壤有机碳包括土壤中各种动、植物残体,微生物体及其分解和合成的各种有机物质^[1]。土壤可溶性有机碳(DOC)是有机碳中具有一定溶解性、在土壤中移动比较快、不稳定、是较易被微生物利用分解的活性较高的部分^[7-8]。DOC 是土壤微生物可直接利用的有机碳源^[9],土壤微生物量碳(MBC)是土壤

收稿日期: 2007-12-14

修回日期: 2009-10-21

资助项目: 安徽教育厅自然科学基金(2006kj211B); 安徽师范大学博士基金和专项研究基金(2005XZX20)

作者简介: 石玲(1982-),女(汉族),安徽省淮北市人,硕士,研究实习员,主要从事土壤有机碳研究。E-mail: shiling620@163.com。

通信作者: 戴万宏(1965-),男(汉族),陕西省西安市人,博士,教授,主要从事土壤物质循环和土壤环境污染研究。E-mail: dw65001@yahoo.com.cn。

中体积小于 $5 \sim 105 \mu\text{m}^3$ 活的细菌、真菌、藻类和土壤微动物体含碳量,是土壤有机碳中最活跃和最易变化的部分^[8]。MBC 是土壤生物肥力的重要标志^[10]。DOC 和 MBC 虽然分别只占 SOC 的很少一部分,但它们与 SOC 之间可以在一定条件下相互转化,始终处于动态平衡之中^[11]。DOC 和 MBC 都是活性有机碳,容易分解,在提供土壤养分方面起着重要作用^[12]。DOC 对土壤中元素生物地球化学循环及铝、重金属元素的毒性和迁移有着深刻影响,具有重要的环境意义^[13-14]。因此,土壤有机碳及其组分的研究,不仅是土壤资源可持续利用的重要基础,而且对全球环境变化研究具有重要意义。

安徽省位于我国中东部,面积广阔,地形地貌复杂,气候多变,土壤类型众多,是我国自然地理和土壤分布的重要过渡省份。本研究通过分析安徽省几种主要土壤有机碳及其组分,揭示土壤有机碳及其组分的剖面分布规律及其相互关系,以期为土壤碳循环和全球环境变化研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

安徽省位于中国东南部,南北长约 570 km,东西宽约 450 km,总面积 $1.40 \times 10^5 \text{ km}^2$, 约占国土面积的 1.45%。

安徽省地形地貌呈现多样性,长江和淮河自西向东横贯全境,将全省分为淮北、江淮、江南 3 大自然区。淮河以北地势坦荡辽阔,为华北大平原的一部分。中部江淮之间,山地岗丘逶迤曲折,丘波起伏,岗冲相间;长江两岸和巢湖周围地势低平,属于著名的长江中下游平原。南部以山地、丘陵为主。安徽省地处暖温带与亚热带过渡地区,气候温暖湿润,四季分明,气候条件和植被分布南北差异明显。年平均气温

在 $14 \text{ }^\circ\text{C} \sim 17 \text{ }^\circ\text{C}$ 之间,平均降水量 $800 \sim 1\ 800 \text{ mm}$ 。

安徽省的自然环境造就其土壤类型的多样性和自然地域分布特征。据第二次全国土壤普查资料统计,安徽省主要土壤类型及其面积百分比为:水稻土为 28.10%,砂姜黑土为 14.86%,红壤为 12.99%,潮土为 11.69%,黄褐土为 8.8%,粗骨土为 6.64%,黄棕壤为 4.81%,石灰(岩)土为 2.66%,紫色土为 2.13%。因此,本研究选取 4 种土壤(砂姜黑土、潮土、水稻土、红壤)分别代表淮河以北、江淮之间以及江南 3 大安徽省自然区域的主要土壤类型,4 种土壤类型的分布面积占据了安徽省土地面积的近 70%。

1.2 土样采集

土壤样品采集于 2007 年 4 月上旬,根据第二次全国土壤普查确定的安徽典型砂姜黑土、潮土、水稻土和红壤土种剖面的具体位置,在各自的具体位置附近,选择较为开阔的典型地块采取土样。砂姜黑土采自怀远县张店乡谢家村的小麦田,质地为黏壤土;潮土采自濉溪县百善区龙桥乡龙北村张庄的小麦田,质地为壤质黏土;水稻土采自无为县二坝镇附近的水稻田,质地为粉砂质黏土;红壤采自宣州市金坝乡附近的预留春地,质地为壤质黏土。

在样品的采集过程中,为保证样品的代表性,在采样地块中按“S”形布设 5~8 个采样点,每个样点分别用土钻采取 0—10 cm, 10—20 cm, 20—40 cm, 40—60 cm, 60—80 cm, 80—100 cm 共 6 层剖面样品,然后按照层次进行混合,得到每种土壤的混合剖面土样。

土样带回实验室后,除去明显的动、植物残体和碎石等,一部分新鲜土样置于 $0 \text{ }^\circ\text{C} \sim 4 \text{ }^\circ\text{C}$ 保存,用于测定土壤微生物量碳;其余土样风干后过 2 mm 筛,用于土壤总有机碳、可溶性有机碳等测定。供试土样的理化性状如表 1 所示。

表 1 供试土壤的基本理化性质

土壤类型	容重/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	pH	有机质/ $(\text{g} \cdot \text{kg}^{-1})$	土壤颗粒组成		
				砂粒/ %	粉粒/ %	黏粒/ %
砂姜黑土	1.29	7.7	20.45	40.50	36.57	23.93
潮土	1.21	8.6	20.67	22.15	32.85	45.00
水稻土	1.37	7.5	23.74	26.84	21.73	51.43
红壤	1.31	4.8	16.17	17.10	42.70	40.20

1.3 测定方法与数据处理

土壤有机碳测定采用重铬酸钾外加热法^[15]。土壤可溶性有机碳的测定首先称取 10 g 风干土样,按照水土比 2:1 加入蒸馏水浸提,在 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 下恒温振荡

30 min,然后用 $0.45 \mu\text{m}$ 滤膜抽滤,滤液用 TOG-1020A 有机碳分析仪测定^[7]。土壤微生物量碳测定采用氯仿熏蒸— K_2SO_4 提取法^[16],提取液用 TOG-1020A 有机碳分析仪测定。

数据处理利用方差分析检验土壤有机碳及其不同组分之间的差异, 利用相关分析得到土壤有机碳、DOC 和 MBC 之间的相关关系, 所有统计分析用 Excel 软件完成。

2 结果与分析

2.1 土壤有机碳含量特征及其剖面分布

安徽省 4 种主要类型土壤(砂姜黑土、潮土、水稻土和红壤)有机碳含量及其剖面分布如图 1 所示。可以看了, 不同土壤及同一土壤不同土层间有机碳含量变化很大, 变化范围为 3.31~13.77 g/kg。

总体来看, 4 种土壤的有机碳含量在剖面上的分布具有相似的规律, 土壤有机碳含量在表层(0—10 cm)最高, 随着土层加深, 土壤有机碳含量依次减少, 至最底层(80—100 cm)土壤有机碳含量达到最低, 上部土层间有机碳递减很快, 下部土层间递减较缓。说明土壤有机碳主要集中在耕作层(0—20 cm), 而耕作层以下土壤有机碳含量较低。这主要是由于土壤外来有机物(包括植物枯枝落叶、人工施用有机肥等)主要集中在土壤表层, 植被根系也主要分布于土壤表层, 随着土层加深, 植被根系分布减少, 因此使得土壤有机碳主要积累在土壤表层, 而且有随着土层加深而含量明显降低的剖面分布趋势。

4 种土壤之间, 有机碳含量也有明显差异, 耕作层(0—20 cm)土壤有机碳含量为水稻土(11.46 g/kg) > 砂姜黑土(11.10 g/kg) > 潮土(9.47 g/kg) > 红壤(8.78 g/kg), 而 0—100 cm 土层平均有机碳含量除红壤较低(5.11 g/kg)外, 其它 3 种土壤差别不大(水稻土为 6.33 g/kg, 砂姜黑土为 6.11 g/kg, 潮土为 6.55 g/kg)。这主要和 4 种土壤所处地理、气候和植被等环境因素有关。同时在剖面分布上, 水稻土有机碳含量沿土层深度递减速度最快, 而其它 3 种土壤的递减速率相似, 这主要和土壤淹水种植水稻, 加速表层有机碳积累的耕作种植方式有关。

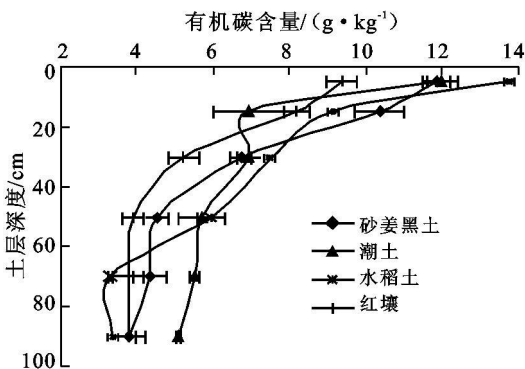


图 1 土壤有机碳含量剖面分布

2.2 可溶性有机碳含量特征及其剖面分布

可溶性有机碳虽只占土壤有机碳的很少部分, 但它是土壤微生物能直接利用的碳源, 对土壤有机碳的周转及生态环境有着重要意义^[7-14]。图 2 给出了安徽省 4 种主要土壤可溶性有机碳含量及其剖面分布。

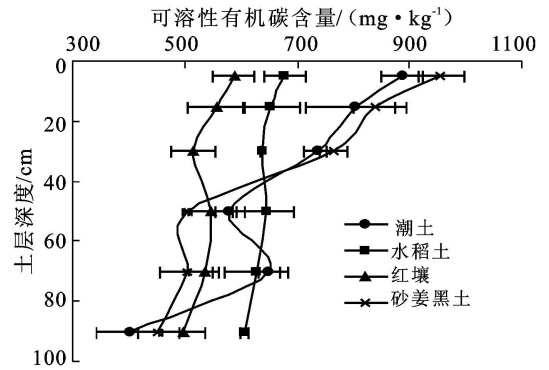


图 2 土壤可溶性有机碳含量剖面分布

由图 2 可以看出, 4 种土壤可溶性有机碳(DOC)含量的剖面分布趋势差别明显, 其中长江以南红壤和水稻土的可溶性有机碳含量在剖面上分布比较均匀, 虽然有随土层加深而降低的趋势, 但上下土层间差异不明显, 其平均含量分别为红壤 532.9 mg/kg 和水稻土 636.4 mg/kg; 而安徽北部沙姜黑土和潮土可溶性有机碳含量的剖面分布与红壤和水稻土截然不同, 随土层加深呈明显地降低趋势, 即 0—10 cm 表层含量很高(砂姜黑土 956.3 mg/kg, 潮土 887.2 mg/kg), 随着土层加深急剧下降, 80—100 cm 底层最低(砂姜黑土 452.5 mg/kg, 潮土 402.5 mg/kg)。这与土壤剖面上土壤有机碳含量随土层深度增加而减小的规律是一致的。主要是由于土壤外来有机物(包括植物枯枝落叶、人工施用有机肥等)主要集中在土壤表层, 植被根系也主要分布于土壤表层, 随着土层加深, 植被根系分布减少; 因此表现为土壤有机碳主要积累在土壤表层, 且呈随土层加深含量明显降低的剖面分布趋势, 这种土壤有机碳的剖面分布趋势也相应地导致了土壤溶解性有机碳含量在土壤剖面分布呈上高下低的趋势。同时, 土壤的其它性状(如土壤含水量、微生物区系、土壤结构和质地以及通透性等)、不同的人为管理、耕作方式也会影响到土壤溶解性有机碳含量高低和剖面分布, 关于这方面的研究还需要进一步探讨。

安徽省 4 种主要土壤可溶性有机碳含量也有明显差别(图 2)。0—40 cm 土层可溶性有机碳含量差异明显, 平均值为砂姜黑土(831.3 mg/kg) > 潮土(791.0 mg/kg) > 水稻土(651.8 mg/kg) > 红壤(543.2 mg/kg); 而 40 cm 以下土层可溶性有机碳含量除水稻土明显大于红壤外, 其余土类间差异不很明显。

2.3 土壤微生物量碳及其剖面分布

土壤微生物量碳(MBC)是土壤有机质中最活跃和最易变化的部分,土壤MBC的高低是土壤生物肥力的重要标志^[10]。图3为4种安徽省主要土壤微生物量碳及其剖面分布图。

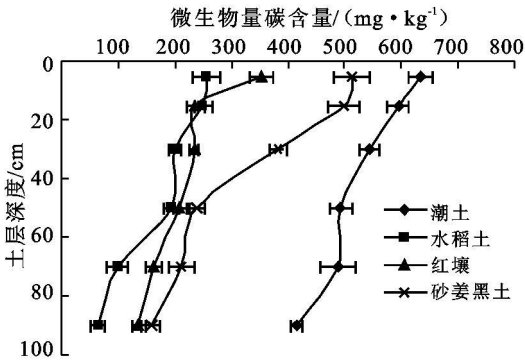


图3 土壤微生物碳含量的剖面分布

由图3可以看出,4种土壤微生物量碳的剖面分布趋势基本相似,土壤微生物量碳含量有明显地随土壤深度加深而减小的趋势,这与土壤有机碳和可溶性

有机碳的剖面分布趋势一致。说明土壤微生物的种群数量是与土壤有机碳和可溶性有机碳在剖面上的分布是相适应的。

但是,土壤有机碳的质量也会对微生物的分布产生明显影响,潮土微生物量碳明显高于砂姜黑土、水稻土和红壤,砂姜黑土微生物量碳在剖面上随土层深度增加的递减速度明显高于其它土壤,而长江以南地区的水稻土与红壤微生物量碳剖面分布基本相似,但水稻土微生物量碳最小,这可能与其淹水环境有关。总体来看,土壤微生物量碳的大小顺序为:潮土>砂姜黑土>红壤>水稻土。

2.4 土壤有机碳与各组分之间的关系

土壤有机碳包括土壤中所有含碳的有机物,土壤可溶性有机碳是容易被微生物利用、活性较高的土壤有机碳,土壤微生物量碳是活体土壤微生物所含的有机碳,是土壤有机碳中最活跃和最易变化的部分。虽然土壤可溶性有机碳(DOC)和微生物量碳(MBC)分别只占土壤有机碳(SOC)很小一部分(表2),但是它们之间却存在着密切的相关关系。

表2 土壤可溶性有机碳、微生物量碳占总有机碳的百分数

土层深度/ cm	砂姜黑土		潮土		水稻土		红壤	
	DOC/ %	MBC/ %	DOC/ %	MBC/ %	DOC/ %	MBC/ %	DOC/ %	MBC/ %
0—10	7.48	4.32	7.40	3.94	4.92	1.86	6.26	3.76
10—20	7.77	4.83	11.57	5.46	7.14	2.74	7.00	2.89
20—40	10.94	5.68	10.61	5.18	8.46	2.66	9.82	4.47
40—60	12.72	5.24	10.10	5.62	10.78	3.25	13.96	5.34
60—80	14.85	4.85	11.77	4.95	18.97	3.00	14.16	4.32
80—100	10.59	4.17	7.90	4.51	18.00	1.92	13.01	3.58

由表2可以看出,安徽省4种主要土壤可溶性有机碳占有有机碳的百分比范围为4.92%~18.97%,明显高于微生物量碳占有有机碳的百分数(1.86%~5.68%)。不同土壤可溶性有机碳和微生物量碳占有有机碳的百分数也有明显差别,4种土壤可溶性有机碳占有有机碳百分比分别为砂姜黑土7.48%~14.85%,潮土7.40%~11.77%,水稻土4.92%~18.97%和红壤6.26%~14.16%,且总体上呈随土层深度增加而升高的趋势;4种土壤微生物量碳占有有机碳百分比分别为砂姜黑土4.17%~5.68%,潮土3.94%~5.62%,水稻土1.86%~3.25%和红壤2.89%~5.34%,在土壤剖面上基本呈表层百分比小,随着土层深度增加百分比出现先增大后减小的趋势。相关性分析结果表明,土壤有机碳、可溶性有机碳和微生物量碳之间存在着密切的关系。砂姜黑土、潮土和水稻土三者之间的相关关系均达到了1%极显著水平

($P < 0.01$),潮土和红壤除土壤有机碳与可溶性有机碳的相关关系较弱(达到10%显著水平)外,土壤有机碳与微生物碳及土壤可溶性有机碳与微生物碳之间的相关性均达到5%以上显著水平。这与前人的研究结果一致^[8,11],也说明了土壤有机碳及其组分可溶性有机碳和微生物量碳是可以相互转化、处于相对平衡状态,相互之间关系密切,呈较好的正相关关系。

3 结论

砂姜黑土、潮土、水稻土和红壤4种土壤有机碳、可溶性有机碳和微生物量碳之间有明显差异,但其剖面分布规律基本一致。4种土壤表层SOC,DOC和MBC含量均较高,其中砂姜黑土表层SOC,DOC和MBC分别为11.86 g/kg,956.3 mg/kg和512.4 mg/kg;潮土表层分别为11.99 g/kg,887.2 mg/kg和634.4 mg/kg;水稻土分别为13.77 g/kg,677.8

mg/kg 和 255.9 mg/kg; 红壤分别为 9.38 g/kg, 587.3 mg/kg 和 352.7 mg/kg; 随着土壤层次加深, SOC, DOC 和 MBC 含量依次明显减少。

土壤可溶性有机碳和微生物量碳分别只占土壤有机碳的 4.92%~18.97% 和 1.86%~5.68%。除潮土和红壤有机碳与可溶性有机碳的相关关系较弱(达到 10% 显著水平)外,其余土壤有机碳与微生物碳、有机碳与可溶性有机碳及可溶性有机碳与微生物碳之间的相关性均达到 5% 显著水平或 1% 极显著水平。

[参 考 文 献]

- [1] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社, 2004: 32-50.
- [2] 唐晓红, 黄雪夏, 魏朝富. 不同尺度土壤有机碳空间分布特征研究综述[J]. 土壤肥料科学, 2005(21): 224-228.
- [3] Amundson R. The carbon budget in soils[J]. Annual Review of Earth & Planetary Sciences, 2001, 29(4): 535-562.
- [4] Post W M, Emanuel W R, Zinke P J, et al. Soil carbon pools and world life zones[J]. Nature, 1982, 298(2): 156-159.
- [5] Eswaran H, Van Den B E, Reich P. Organic carbon in soils of the world[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1993, 57(1): 192-194.
- [6] Batjes N H. Carbon and nitrogen in the soils of the world[J]. European Journal of Soil Science, 1996, 47(2): 151-163.
- [7] 李忠佩, 张桃林, 陈碧云, 等. 土壤可溶性有机碳含量动态及其与有机碳矿化的关系研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(4): 544-551.
- [8] 徐秋芳. 森林土壤活性有机碳库的研究[D]. 浙江: 浙江大学, 2003.
- [9] Liang C, Mackenzi A F, Schnitzer M, et al. Management-induced change in labile soil organic matter under continuous corn in eastern Canadian soils[J]. Biology and Fertility of Soils, 1997, 26(2): 88-94.
- [10] 刘文娜, 吴文良, 王秀斌, 等. 不同土壤类型和农业用地方式对土壤微生物量碳的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(3): 406-411.
- [11] 柳敏, 余万太, 姜子绍, 等. 土壤溶解性有机碳(DOC)的影响因子及生态效应[J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 758-764.
- [12] 刘淑霞, 刘景双, 赵明东, 等. 土壤活性有机碳与养分有效性及作物产量的关系[J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(5): 539-543.
- [13] Haynes R J. Labile organic matter as an indicator of organic matter quality in arable and pastoral soil in New Zealand[J]. Soil Biol & Biochem, 2000, 32(2): 211-219.
- [14] Ivarsson H, Jansson M. Temporal variations in the concentration and character of dissolved organic matter in a highly colored stream in the coastal zone of Northern Sweden[J]. Arch. Hydrobiol., 1994, 132(1): 45-55.
- [15] 中科院南京土壤所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科技出版社, 1978: 132-136.
- [16] 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, 1999.