

长期定位施肥对设施土壤团聚体内 颗粒有机碳含量的影响

陈茜¹, 梁成华¹, 杜立宇¹, 陈新之¹, 王峰²

(1. 沈阳农业大学土地与环境学院, 沈阳 110161; 2. 中国科学院遥感所, 北京 100101)

摘要:以长期定位施肥的设施土壤为材料, 采用土壤有机碳物理分组方法, 研究了长期定位施肥对团聚体内颗粒有机碳(POM C)含量的影响。结果表明, 有机肥和有机无机肥配施处理下的土壤大团聚体内微团聚体之间的粗 POM 和单施无机肥处理的粗 POM 平均碳含量要比不施肥高 6.97 倍和 4.85 倍。施肥对细 POM C 浓度的影响没有明显规律。长期施用有机肥料或配施无机肥(除 AN 处理外)还提高了大团聚体包裹的微团聚体内(intra-mM)的和游离微团聚体内的(free intra-m)POM C 含量, 而无机肥的施用却导致了 intra-mM 和 free intra-m POM C 含量下降 22.5%~21.1%。

关键词:长期定位施肥; 土壤团聚体; 颗粒有机碳; 有机碳物理分组

中图分类号: S158.3; S152.4 文献标识码: A 文章编号: 1002-2767(2008)04-0037-03

Effect of Long-term Localized Fertilization on Soil Intra-aggregate Particulate Organic Carbon Content

CHEN Qian¹, LIANG Cheng-hua¹, DU Li-yu¹, CHEN Xin-zhi¹, WANG Feng²

(1. Soil and Environment College, Shenyang Agriculture University, Shenyang 110161; 2. Institute of Remote Sensing, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Abstract: A long-term field experiment was carried out in Shenyang City, Liaoning Province, China. The objective of this study was to use soil organic matter (SOM) fractionation techniques to study the effect of long-term application of fertilizers on soil intra-aggregate particulate organic carbon content. The results indicated that application of organic manure or inorganic fertilizer improved inter-microaggregate within 250-2000 μ m macroaggregate POM C content, average coarse POM C content were increase 6.97 and 4.85 times compare with no fertilizer. The fine POM C content was an erratically change in different fertilization treatment. The POM C content was significantly higher in fine POM than coarse POM. In addition, Application of organic manure or combined with inorganic fertilizers significantly increased intra-microaggregate within 250-2000 μ m macroaggregate and free intra-microaggregate POM C content (except AN treatment). However, inorganic fertilizers resulted in POM C content decrease by 22.5%~21.1%.

Key words: long-term fertilization; soil aggregate; particulate organic carbon; physical fractionation

土壤有机碳(SOC)对土壤质量具有较大的影响。它增强了土壤团聚性、增加了水分的滞留、提供营养物质、增强土壤中有机体的活性, 并可以改善土壤的肥力和生产力^[1]。同时 SOC 也是陆地碳库储量的主要组成部分, 其微小的变化就能影响大气中 CO₂ 和气候变化, 对全球温室效应具有深远的影响^[2]。土壤颗粒有机物(POM)是土壤有机碳库中

活动性较大的碳库。POM 的形成对提高土壤碳库和缓解大气 CO₂ 的升高具有重要意义^[3]。

迄今为止, 对土壤团聚体有机碳分布的研究主要集中于森林土壤^[4]、旱地土壤^[5], 对设施土壤的研究较少。因此, 本文以长期施用不同肥料的设施土壤为研究材料, 借助物理和化学分析方法, 测定不同粒级团聚体中颗粒有机碳含量, 明确颗粒有机碳在团聚体中的分布状况, 从而了解不同施肥处理对设施土壤团聚体内颗粒有机碳含量的影响, 研究结果将对我们今后进一步全面了解设施土壤有机碳的稳定机制, 选择合理的施肥措施, 提高设施土壤有机碳储备提供借鉴。

收稿日期: 2008-05-17
基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30571266)
第一作者简介: 陈茜(1982-), 女, 天津人, 硕士, 从事农业生态与环境方面的研究。Tel: 13842025704; E-mail: qianqian0702@yeah.net.
通讯作者: 梁成华, E-mail: (liang110161@163.com)。

1 材料与方法

1.1 供试材料

1.1.1 试验地概况 研究区位于沈阳农业大学园艺学院蔬菜保护地长期定位肥料试验基地(北纬 $41^{\circ}31'$, 东经 $123^{\circ}24'$), 土壤类型为草甸土。该长期定位试验已经连续进行了 19 a, 栽培蔬菜为番茄和黄瓜, 试验连续进行至今^[6]。本研究的供试土壤采自不施肥(B)、施用无机肥(BN、BNPK)、有机肥(A)和有机无机肥配施(AN、ANPK)6 个处理小区。

1.1.2 采样方法 土样于 2007 年 4 月播种前采集, 每个小区随机采集 5 点, 取样深度为 0~20 cm, 混匀、风干、过筛备用。

1.2 分析方法

1.2.1 团聚体和游离轻组的分离 团聚体的分离采用 Elliott^[7] 的湿筛分法。将风干土样依次通过一个连续的三个大小为 2000、250 和 $53\text{ }\mu\text{m}$ 的筛子, 获得四个粒级的团聚体。游离轻组(LF)的分离采用 Dalal 等的方法^[8]。与不同粒级大小团聚体联合在一起的 LF, 通过 $2.0\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 的溴仿进行密度浮选而被分离。分离 LF 后, 剩下的土壤用 95% 酒精洗去重液, 用于下一步的试验。

1.2.2 分离大团聚体内的微团聚体 分离粗 POM、细 POM、微团聚体内部的 POM 采用 Six 等的^[9]方法。10.000 g 大团聚体浸入顶部有 $250\text{ }\mu\text{m}$ 网眼筛子的去离子水中, 加入 50 个玻璃珠(直径 4 mm)轻轻摇动。同时注入一个连续平稳的水流, 确保所释放出来的微团聚体被立即冲进一个 $53\text{ }\mu\text{m}$ 筛子, 避免被玻璃珠的进一步破坏。当所有大团聚体被破碎完全后, 仅仅粗 POM 仍留在 $250\text{ }\mu\text{m}$ 网眼的筛子上。细 POM、微团聚体内的 POM 采用密度浮选和分散法被分离。

1.2.3 有机碳测定 分离得到的各组分的颗粒有机碳含量采用元素分析仪测定(Elementar II, 德国), 其原理是土壤有机碳在高温条件下燃烧释放出 CO_2 , 并用 TCD 监测器检测其碳含量。

1.2.4 统计分析 所有测定结果应用 Excel 2003、SPSS13.0 统计软件进行统计分析。

2 结果与分析

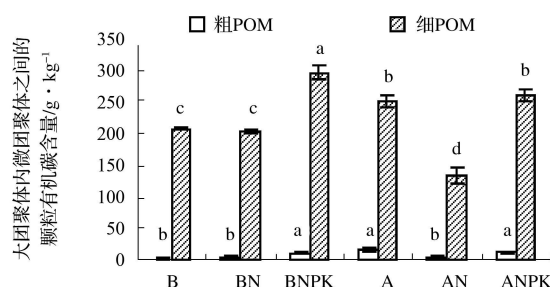
由于 $>2000\text{ }\mu\text{m}$ 团聚体在全土中的百分含量很低(1.63%~4.91%), 无法对这部分团聚体做进一步分析, 因此本文仅就 $250\sim2000\text{ }\mu\text{m}$ 和 $53\sim250\text{ }\mu\text{m}$ 粒级团聚体中颗粒有机物进行分析。

2.1 $250\sim2000\text{ }\mu\text{m}$ 大团聚体内微团聚体之间(inter-mM)的颗粒有机物(POM)

相对于不施肥处理来说, 长期施用无机肥料或有机肥提高了土壤粗 POM C 含量(见图 1)。每个施肥处理内的粗 POM C 含量的增加是按照不施肥<施无机肥<施有机肥的顺序。有机肥和有机无机肥配施处理下的土壤粗 POM ($10.81\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)和单施无机肥处理的($7.52\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)粗 POM 平均碳含

量要比不施肥($1.55\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)高 6.97 倍和 4.85 倍。土壤细 POM C 含量的变化规律与粗 POM C 不尽相同, BNPK 处理对细 POM 的影响最为显著, 土壤细 POM C 含量最高, 达到 $296.7\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, 其次为 ANPK($261.05\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)和 A ($251.95\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$)处理, 而 AN 处理含量最小, 仅为 $133.25\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 显著低于不施肥处理, 这可能是由于不同肥料在土壤中的分解速率和残留量上的差异以及对作物生长影响形成的有机残茬的不同, 导致不同施肥处理、同一粒级团聚体中有机碳含量因施肥种类而异。

另外, 由于土壤团聚体中的不同粒径有机碳含量受土壤有机质平衡与矿化速率的影响^[10], 所以不同粒级团聚体中颗粒有机碳含量因粒径而异(图 1), 本试验结果表明, 从粗 POM 到细 POM, 团聚体粒径愈细, 有机碳含量愈高, 土壤细 POM C 的含量远远大于粗 POM C 的。这一结果进一步表明土壤细 POM C 的分解速率比粗 POM C 慢很多, 对有机碳固持极其重要。



小写字母的不同表示不同处理同一组分间分析差异显著 ($p < 0.05$), 下同

图 1 不同施肥处理对大团聚体内微团聚体之间的颗粒有机碳含量的影响

国内外许多研究表明, 施肥等管理措施的影响一般首先体现在大团聚体上^[11-12]。肥料的分解残体是形成 POM 的基础, 施入肥料后其分解残体激发微生物活性, 形成真菌和多糖^[13], 这些物质胶结土壤颗粒形成大团聚体^[14]。在这一过程中, 粗 POM 不但形成且合并成大团聚体, 随后粗 POM 进一步分解破碎成细 POM。由于团聚体内的物理保护, 包含在大团聚体内细 POM 的分解以一个较慢的比率发生, 因此细 POM 形成了稳定的团聚体, 它有助于施肥条件下碳的累积, 同时也可以作为碳累积的指示者。试验结果显示, 应用有机肥或配施化肥显著增加了大团聚体内微团聚体之间的 POM C 的含量特别是对细 POM 影响显著。这表明在作物系统中, 应用有机肥对 SOC 的固定和积累具有很强的影响。这与其他长期试验结果相一致^[15-19]。本研究进一步支持了大团聚体内微团聚体之间的 POM 特别是细 POM 对不同施肥措施响应非常灵敏的观点。

2.2 $250\sim2000\text{ }\mu\text{m}$ 大团聚体包裹的微团聚体内(intra-mM)及 $53\sim250\text{ }\mu\text{m}$ 游离微团聚体内(intra-m)的 POM

不同施肥处理对 $250\sim2000\text{ }\mu\text{m}$ (intra-mM)大

团聚体包裹的微团聚体及游离微团聚体(intra-m)内的 POM 产生了影响(见图 2)。在 250 ~ 2 000 μm (intra-mM)大团聚体包裹的微团聚体内的 POM 中,除 AN 处理外,A 和 ANPK 处理与 B 处理有显著的差异,intra-mM POM C 含量增幅为 1.29%和 1.20%。53 ~ 250 μm 游离微团聚体内(intra-m)的 POM 中,有机肥和有机无机肥配施明显提高了 POM C 含量,但与不施肥处理相比差异不显著。单独应用无机肥料对提高 intra-mM 和 intra-m POM C 没有明显的效果而且与不施肥相比,会导致 POM C 浓度下降 22.5%~21.1%。

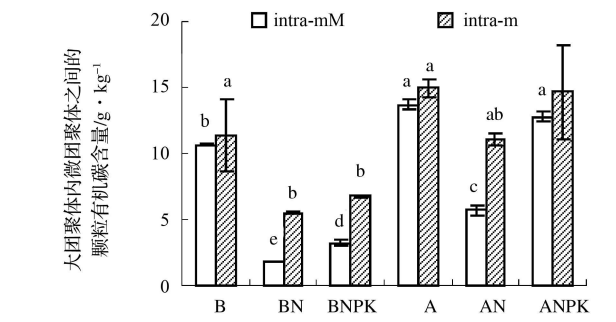


图 2 不同施肥处理对大团聚体包裹的微团聚体及游离微团聚体内的颗粒有机碳含量的影响

上述结果表明,长期单独施用无机肥料对土壤碳固定没有明显的效果。这一结果与 Yang^[17]的试验所得结果相同。近来很多研究陆续阐述了大团聚体内 POM 在微团聚体形成和稳定中的地位及微团聚体对有机碳储备和稳定的作用^[9, 18]。本研究中,有机肥的施用没有显著增加游离微团聚体结合的 POM C,而是显著增加了大团聚体内与微团聚体结合的 POM C。这说明有机肥的施用促进大团聚体内的细 POM 与粘土矿物颗粒和微生物副产物形成了新的大团聚体内的微团聚体,受大团聚体保护的微团聚体更为稳定,它有利于碳的累积。同时大量的 POM C 也积累在游离微团聚体内,intra-mM POM 以及 free intra-m POM 的总和组成了微团聚体内部总的稳定的 POM 组分,由于微团聚体保护的有机碳周转速率低,在长期有机碳稳定和储备中具有重要作用^[19]。

3 结论

3.1 长期不同施肥处理提高了大团聚体内微团聚体之间的粗颗粒有机物和细颗粒有机物的碳含量,有机肥和有机无机肥配施处理下的颗粒有机物平均碳含量要比单施无机肥高。

3.2 长期施肥对大团聚体包裹的微团聚体内(intra-mM)的和游离微团聚体内的(free intra-m)颗粒有机物的碳含量产生了影响。有机肥料或配施无机肥(除 AN 处理外)提高了其含量,而无机肥的施用却导致了碳含量下降。

参考文献:

[1] Karlen D L, M ausbach M J, Doran J W, et al. Soil quality; an

concept definition and framework for evaluation[J] . Soil Sci. Soc. Am. J., 1997, 61: 4-10.

[2] 李忠佩. 低丘红壤有机碳库的密度及变异[J] . 土壤, 2004, 36 (3): 292-297.

[3] 李江涛, 张斌, 彭新华, 等. 施肥对红壤性水稻土颗粒有机物形成及团聚体稳定性的影响[J] . 土壤学报, 2004, 41(6): 912-917.

[4] 徐秋芳, 徐建明, 姜培坤. 集约经营毛竹林土壤活性有机碳库研究[J] . 水土保持学报, 2003, 17(4): 15-21.

[5] 赵兰坡, 杨学明, 路立平. 长期连作玉米的黑钙土、风沙土中有机-无机复合体组成及有机碳分布的特征[J] . 土壤通报, 1996, 27(3): 120-123.

[6] 杜立宇, 潘大伟, 张鸿玲, 等. 蔬菜保护地不同施肥处理对土壤钾含量的影响[J] . 土壤通报, 2006, 37(5): 945-949.

[7] Elliott E T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils[J] . Soil Sci. Soc. Am. J., 1986, 50: 627-633.

[8] Dalal R C, Mayer R J. Long-term trends in fertility of soil under continuous cultivation and cereal cropping in southern queensland IV. Loss of organic carbon from different density fractions[J] . Aust. J. Soil Res., 1986, 24: 301-309.

[9] Six J, Elliott E T, Paustian K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: A mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture[J] . Soil Biol. Biochem., 2000, 32: 2099-2103.

[10] 张旭辉, 李恋卿, 潘根兴. 不同轮作制度对淮北白浆土团聚体及其有机碳的积累与分布的影响[J] . 生态学杂志, 2001, 20 (2): 16-19.

[11] Post W M, Kwon K C. Soil carbon sequestration and land use change: Processes and potential[J] . Global Change Biol., 2000, 6: 317-327.

[12] Whalen J K, HU Quancai, LIU Aiguo. Com post applications in crease water-stable aggregates in conventional and no-tillage systems[J] . Soil Sci. Soc. Am. J., 2003, 67: 1842-1847.

[13] Guggenberge G S, Frey D, Six J, et al. Bacterial and fungal cell-wall residues in conventional and no-tillage agroecosystems[J] . Soil Sci. Soc. Am. J., 1999, 63: 1188-1198.

[14] Mikha M M, Rice C W. Tillage and manure effects on soil and aggregate-associated carbon and nitrogen[J] . Soil Sci. Soc. Am. J., 2004, 68: 809-816.

[15] Kanchikenmath M, Singh D. Soil organic matter and biological properties after 26 years of maize-wheat-cowpea cropping as affected by manure and fertilization in a Cambisol in semiarid region of India[J] . Agr. Ecosyst. Environ., 2004, 86: 155-162.

[16] Rudrappa L, Purakayastha T J, Dhyani S, et al. Long-term manuring and fertilization effects on soil organic carbon pools in a Typic Haplustept of semiarid sub-tropical India[J] . Soil Tillage Res., 2005, 88: 180-192.

[17] Yang X M, Zhang X B, Fang H J. Long-term effects of fertilization on soil organic carbon changes in continuous corn of northeast China: RothC model simulations[J] . Environ. Manag., 2003, 32: 459-465.

[18] Six J, Elliott E T, Paustian K, et al. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grass land soils[J] . Soil Sci. Soc. Am. J., 1998, 62: 1367-1377.

[19] Besnard E, Chenu C, Balesdent J, et al. Fate of particulate organic matter in soil aggregates during cultivation[J] . European Journal of Soil Science, 1996, 47: 495-503.