

不同有机肥料对土壤生物活性有机质组分的动态影响

倪进治^{1,2}, 徐建民¹, 谢正苗¹, 唐才贤¹

(1 浙江大学土水资源与环境研究所, 浙江杭州 310029;

2 中国科技大学地球与空间科学系, 安徽合肥 230026)

摘要:研究了红砂土中加入稻草秸秆和猪粪后土壤中微生物生物量碳、水溶性有机碳、溶解性酚等活性有机质组分的动态变化。有机肥处理一周后,微生物生物量碳、水溶性有机碳、溶解性酚等都达到最高值。随着培养时间的推移,不同处理的土壤中微生物生物量碳和水溶性有机碳含量都逐渐下降,而溶解性酚含量在整个培养过程中基本保持不变。相关分析表明,土壤中微生物生物量碳与水溶性有机碳和溶解性酚的含量都呈显著正相关,而水溶性有机碳和溶解性酚的含量不相关。

关键词:土壤生物活性有机质组分;微生物生物量碳;水溶性有机碳;溶解性酚

中图分类号:S141;S156.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-505X(2001)04-0374-05

生物活性有机质组分是指土壤中能被微生物快速利用和转化的有机质组分^[1]。土壤中生物活性有机质组分的含量和动态变化可以反映土壤有效养分库的大小及其在土壤中的周转。微生物生物量碳(SMBC)^[2]、水溶性有机碳(WSOC)^[3]以及溶解性酚(DP)^[4]等都为土壤中生物活性有机质组分。红壤约占我国国土面积的20%,向红壤中增施有机肥的研究很多,但主要集中于有机肥对土壤有机-无机复合体活性^[5,6]、土壤酶活性^[5~7]和养分循环^[8]等的影响方面,对土壤微生物生物量的影响也有少量报道^[9],而施有机肥后其它土壤生物活性有机质组分动态变化的研究还鲜见报道。为此,研究了施用稻草秸秆和猪粪对土壤微生物生物量碳、水溶性有机碳和溶解性酚等活性有机质组分在土壤中动态变化的影响,为增施有机肥以提高土壤质量,促进农业的持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤采自浙江省龙游县的桔园红砂土0~15cm表层土。新鲜土样过2mm筛后分成两部分,一部分置于4℃冰箱,供培养用;另一部分土样经风干后,用于土壤理化性质的分析。据测定,该土壤pH值为4.61,总有机碳和全氮含量分别为5.28和0.48g/kg,粘粒(<5 μ m)、粉粒(5~50 μ m)和砂粒(>50 μ m)含量分别为16.9%、12.9%和70.2%。

有机肥料采用猪粪和稻草秸秆两种,风干粉碎后,过1mm筛,供培养用。经测定,猪粪总有机C和全N的含量分别为265.40和36.49g/kg,C/N比为7.3;稻草秸秆总有机C和全N的含量分别为396.25和

收稿日期:2000-06-06

基金项目:国家重点基础发展规划项目课题(G1999011809);国家自然科学基金项目(39670421);浙江省自然科学基金项目(496027)资助。

作者简介:倪进治(1971-),男,安徽无为,人,博士,主要从事环境地球化学方面的研究。

13.36g/kg, C/N 比为 29.7。猪粪和稻草秸秆中水溶性有机 C 的含量分别为 30.84 和 19.00g/kg, 溶解性酚的含量分别为 4.85 和 8.55g/kg。

1.2 试验设计

新鲜土样于室温下放置 4d, 待微生物活化后, 按每千克土样 10g 有机肥料的比例分别加入稻草秸秆 (RS) 和猪粪 (MS), 混匀后将含水量调至田间持水量的 50%, 放入培养箱中, 在 25℃ 恒温条件下培养 8 周, 培养过程中损失的水分通过称重法给予补充, 重复 3 次。同时做空白对照 (CK)。

1.3 测试方法

土壤和有机肥料的理化性质采用常规分析方法测定^[10]。土壤微生物生物量碳采用氯仿熏蒸提取法^[11], 水溶性有机碳采用水提取法^[3], 提取液中的有机碳采用日本 Shimadzu 总有机碳自动分析仪 (TOC-500) 测定^[12]。土壤溶解性酚含量用 1mol/L NaOH 提取, 比色法测定^[13]。

2 结果与讨论

2.1 微生物生物量碳

图 1 是不同有机肥处理下红砂土中微生物生物量碳的动态变化。培养一周后, 加稻草秸秆、猪粪和对照处理的土壤中, 微生物生物量 C 由原来的 22.6mg/kg 分别增加到 205.1、255.1 和 81.1mg/kg, 分别为原来的 9.1、11.3 和 3.6 倍。从第 1 周到第 6 周, 土壤微生物生物量 C 均为有机肥料处理的高于对照, 其中猪粪处理的又显著高于稻草秸秆处理的。第 6 周以后, 不同处理下土壤微生物生物量 C 的差异不显著。从第 1 周至第 8 周整个培养过程中, 两种有机肥料处理的土壤微生物生物量 C 均呈逐渐下降趋势, 对照土壤的微生物生物量 C 基本保持稳定。

不同处理之间土壤微生物生物量 C 的差异与加入的有机 C 源的生物有效性有关。加入的有机肥料中, 水溶性有机 C 的生物有效性较高^[14, 15], 它的加入激发了土壤微生物的大量生长, 因而有机肥处理的土壤中微生物生物量 C 的含量明显高于对照土壤。随着时间的推移, 水溶性有机 C 逐渐被微生物利用而减少, 所以土壤中微生物生物量 C 也呈逐渐下降趋势。整个试验过程中, 猪粪处理的土壤微生物生物量 C 明显高于稻草秸秆处理的土壤, 这与它们的 C/N 比值以及由此引起的有机物质不同的分解速率有密切的关系。猪粪的 C/N 比值为 7.3, 而稻草秸秆的 C/N 比值达 29.7, 是猪粪的 4 倍。与稻草秸秆相比, 猪粪更容易被微生物分解利用, 所以猪粪处理的土壤中微生物数量较多, 微生物生物量 C 也就较高。

2.2 水溶性有机碳 (WSOC)

土壤中 WSOC 很少超过 200mg/kg^[16], 但却是土壤微生物能够迅速利用的底物。土壤微生物的周转需要补充 WSOC 作为能源, 补充的途径可以是土壤胶体的解吸、落叶的腐解、植物根分泌物和剥落物或土壤不溶聚合物的水解等^[14]。

由图 2 知, 加猪粪处理的土壤培养一周后, WSOC 增加到最大, 由原来的 16.0 增加到 40.8mg/kg, 然后迅速下降; 稻草秸秆处理的土壤中 WSOC 含量在第 2 周时最高, 为

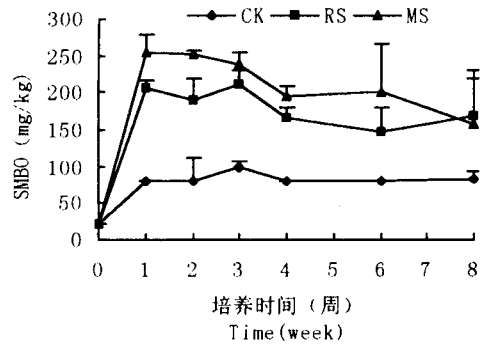


图 1 不同处理的土壤微生物生物量碳的动态变化
Fig. 1 Dynamic changes of soil microbial biomass carbon of different treatments

33.6mg/kg,此后开始下降;从第4周以后,有机肥处理土壤中的WSOC略有增加。对照土壤从培养开始至第4周,WSOC略呈降低趋势,第4周以后与有机肥处理的土壤一样,WSOC呈增加趋势。从第1到第4周,有机肥处理的土壤中WSOC的含量都显著高于对照土壤,猪粪处理的土壤中WSOC除第2周外都显著高于稻草秸秆处理的土壤。第6到第8周,不同处理的土壤中水溶性有机碳的含量差异不显著。

不同有机肥处理的土壤中WSOC的变化与加入的有机肥料中WSOC的含量及土壤中微生物的活性有关。WSOC可作为微生物的碳源来促进土壤微生物的周转,而微生物在周转过程中又通过分解有机肥料来增加土壤中WSOC的含量。所以,在有机肥料存在下,WSOC和微生物之间是一种相辅相成的关系。试验中第1到第4周WSOC逐渐下降,可能是土壤微生物利用了WSOC来满足自身的生长和繁殖;第6周到第8周WSOC呈上升趋势,可能是大量繁殖后的土壤微生物分解有机肥料过程中释放出WSOC之故。

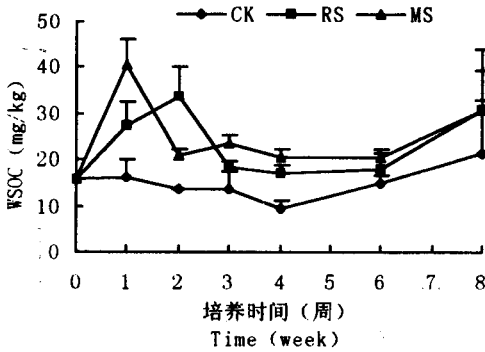


图2 不同处理的土壤水溶性有机碳的动态变化
Fig. 2 Dynamic of soil water soluble organic carbon with different treatments

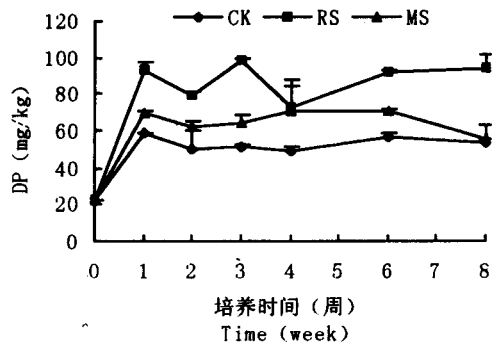


图3 不同处理的土壤中溶解性酚的动态变化
Fig. 3 Dynamic changes of dissolved phenols in soil with different treatments

2.3 溶解性酚(DP)

稻草秸秆、猪粪和对照处理的土壤培养一周后,DP的含量都有较大幅度的增加,由原来的22.8mg/kg分别增加到93.4、69.2和58.6mg/kg,此后直到试验结束,不同处理下土壤中DP的总量变化不大。整个培养过程中稻草秸秆处理的土壤中DP的含量均显著高于猪粪和对照处理,这是由于稻草秸秆的DP含量显著高于猪粪。整个培养过程中,不同处理下DP的含量变化不大,说明土壤中的DP主要来自有机肥料和植物残体(图3)。

2.4 土壤中生物活性有机质组分间的相关性

对不同处理和不同时间测得的土壤中SMBC、WSOC和DP的含量进行了相关性分析表明,土壤中SMBC与WSOC和DP含量都呈极显著正相关(图4,a和b),而WSOC与DP含量不相关,这表明了两者都是土壤微生物的有效碳源,但它们对微生物的有效程度可能不同。Liang等研究表明,SMBC与WSOC、碳水化合物C呈显著性正相关,而与长脂肪链碳的呈负相关,这说明了SMBC不仅与WSOC的数量有关,而且与其质量也有关^[3]。McGill等研究表明,作为土壤微生物周转的底物,WSOC每年需更新26~39次,这说明了它是最有

活性的土壤有机质组分^[15]。Sparling 等研究表明,向土壤中加入酚酸(5mg/g)会增加土壤的呼吸速率,并且土壤微生物能够象利用葡萄糖一样地来利用酚酸^[4]。

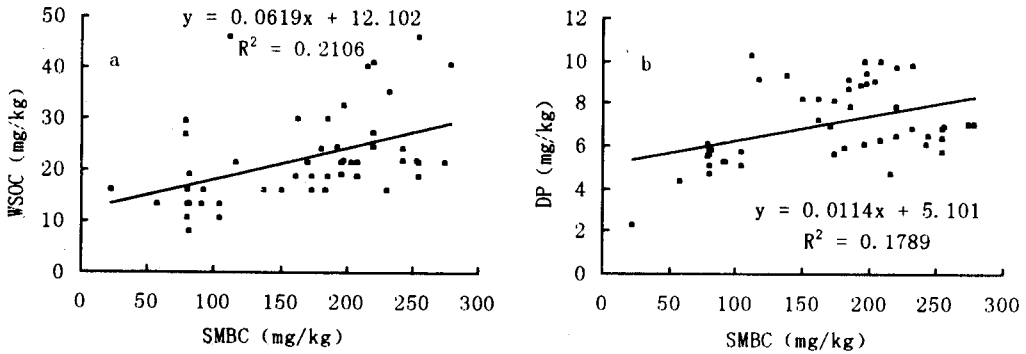


图4 微生物生物量碳与水溶性有机碳(a)和溶解性酚(b)的相关性, n=41

Fig. 4 Correlation of SMBC with WSOC(a) and DP(b), n=41

3 小结

红砂土中加入稻草秸秆和猪粪后,微生物生物量碳、水溶性有机碳和溶解性酚的含量与对照相比都有较大幅度的提高,这表明了施有机肥能够增加土壤中的活性有机质组分,尤其是在有机肥加入后第一周效果比较明显。随着培养时间的推移,土壤中微生物生物量碳和水溶性有机碳都逐渐降低,而溶解性酚含量变化不大;到试验结束时,加有有机肥料处理的土壤中微生物生物量碳和水溶性有机碳与对照相比都无显著差异,表明了有机肥料中的有效碳已被利用完。相关性分析表明,土壤中微生物生物量碳的含量与水溶性有机碳和溶解性酚的含量都呈极显著正相关,表明了水溶性有机碳和溶解性酚都是土壤微生物的有效碳源。有机肥料加入土壤后,这些土壤生物活性有机质组分的动态变化对土壤养分的有效性会有重要的影响。

参考文献:

- [1] Wander M M, Traina S J, Stinner B R *et al.* Organic and conventional management effects on biologically active organic matter pools[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1994, 58: 1130-1139.
- [2] Sparling G P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter[J]. Aust. J. Soil Res., 1992, 30: 195-207.
- [3] Liang B C, Mackenzie A F, Schnitzer M *et al.* Management-induced change in labile soil organic matter under continuous corn in eastern Canadian soils[J]. Biol. Fertil. Soils, 1998, 26: 88-94.
- [4] Sparling G P, Ord B G, Vaughan D. Changes in microbial biomass and activity in soils amended with phenolic acids[J]. Soil Biol. Biochem., 1981, 13: 455-460.
- [5] 刘振兴, 方红, 邱孝煊, 等. 长期施用有机肥对红壤性水稻土肥力的影响[J]. 福建省农科院学报, 1995, 10(2): 48-53.
- [6] 甘海华, 徐盛荣. 施肥对红壤有机-无机复合体活性的影响[J]. 土壤, 1995, 27(6): 311-313.
- [7] 何念租, 林咸永, 倪吾钟. 有机肥料对红壤垦植过程中酶活性的影响[J]. 浙江农业大学学报, 1995, 21(4): 389-392.
- [8] 李忠佩, 唐永良. 不同施肥制度下红壤稻田的养分循环与平衡规律[J]. 中国农业科学, 1998, 31(1): 46-54.
- [9] 薛惠仙. 秸秆还地的土壤微生物效应[J]. 江西农业学报, 1990, 2(1): 47-52.

- [10] 南京农业大学. 土壤农化分析(第二版)[M]. 北京: 农业出版社出版, 1992.
- [11] Vance E D, Brooks P C, Jenkinson D S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C[J]. *Soil Biol. Biochem.*, 1987, 19: 703-707.
- [12] Wu J, Joergensen R G, Pommerening B *et al.* Measurement of soil microbial biomass C-an automatic procedure[J]. *Soil Biol. Biochem.*, 1990, 22: 1167-1169.
- [13] Gallet C, Keller C. Phenolic composition of soil solutions: comparative study of lysimeter and centrifuge waters[J]. *Soil Biol. Biochem.*, 1999, 31: 1151-1160.
- [14] McGill W B, Hunt H W, Woodmansee R G *et al.* PHOENIX, A model of the dynamics of carbon and nitrogen in grassland soils[A]. In: Clark F E and Rosswall T(eds.). *Terrestrial nitrogen cycles*[C]. *Ecol Bull. (Stoc kholm)*, 1981, 33: 49-115.
- [15] McGill W B, Cannon K R, Robertson J A *et al.* Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Berton L after 50 years of cropping to two rotations[J]. *Can. J. Soil Sci.*, 1986, 66: 1- 19.
- [16] Burford J R, Bremner J M. Relationships between denitrification capacities of soils and total water soluble and readily decomposable soil organic matter[J]. *Soil Biol. Biochem.*, 1975, 7: 389-394.

Effects of different organic manure on biologically active organic fractions of soil

NI Jin-zhi^{1,2}, XU Jian-min¹, XIE Zheng-miao¹, TANG Cai-xian¹

(1 *Inst. of Soil and Water Resour. and Envir. Sci., Zhejiang Univ., Hangzhou 310029, China*;
2 *Dept. of Earth and Space Sci., Univ. Of Sci. and Tech. of China, Hefei 230026, China*)

Abstract: Dynamic changes of biologically active organic fractions of soil such as microbial biomass carbon (SMBC), water soluble organic carbon(WSOC) and dissolved phenols(DP) in a red sand soil as affected by rice straw (RS) and pig manure (MS) were studied. All of these soil organic fractions reached the highest value at seven day after addition of organic manures. Soil microbial biomass and water soluble organic carbon in different treatments decreased gradually with incubation time. However, the contents of dissolved phenols in all treatments nearly keep constant during the whole incubation period. Correlation analysis showed that soil microbial biomass had a significantly positive correlation with both water soluble organic carbon and dissolved phenols, and there was no significant correlation between water soluble organic carbon and dissolved phenols.

Key words: biologically active soil organic fractions; microbial biomass carbon; water soluble organic carbon; dissolved phenols