

贵州喀斯特地区土壤中微生物量碳的季节性变化

朴河春, 洪业汤, 袁芷云, 周竞业 (中国科学院地球化学研究所, 环境地球化学国家重点实验室, 贵阳 550002)

摘要: 对于贵州喀斯特地区土壤中微生物量碳, 气温、土壤水份和土壤可溶性有机碳的为期一年的研究表明, 土壤微生物量碳与气温和土壤可溶性有机碳之间均存在负的相关性。夏季频繁的土壤干湿循环加快了土壤微生物量碳转换成可溶性有机碳的速度, 并不断地消耗微生物量碳, 从而使微生物量碳含量降低, 而可溶性有机碳含量增加。冬季的情况则与此相反。

关键词: 土壤微生物量碳; 土壤可溶性有机碳; 土壤干湿循环; 季节性变化; 喀斯特地区土壤

Seasonal changes of soil microbial biomass carbon in soils under karst areas of Guizhou province

PIAO Hechun, HONG Yetang, YUAN Zhiyun, ZHOU Jingye (The State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002)

Abstract: The seasonal responses of the soil microbial biomass carbon to air temperature, soil moisture and soil soluble organic matter were studied in soils under karst areas of Guizhou province during one year period. The results showed that the amounts of soil microbial biomass carbon were related negatively with both air temperature and soil soluble organic carbon. In summer, fluctuations of soil moisture (i. e. soil drying-rewetting cycles) were higher than those in winter because of the influence of air temperature. The frequent summerly soil drying-rewetting cycles accelerated the turnover of soil microbial biomass carbon into soluble organic carbon, thus decreasing microbial biomass carbon but increasing soluble organic carbon. The results for winter turned out contrary to those for summer. Therefore, the seasonal changes of soil microbial biomass carbon would be ascribed to change of its turnover rate caused by soil drying-rewetting cycles.

Keywords: soil microbial biomass carbon, soil soluble organic carbon, soil drying-rewetting, seasonal change, soils under karst areas.

1 前言

土壤微生物量是大多数陆地生态系统的必不可少的组成部分, 它控制着营养物的循环, 是植物可利用营养物的来源^[1], 并与生态系统的初级生产力有紧密的联系^[2]。土壤微生物量碳可作为一种土壤有机质状态变化的敏感的尺度^[3]。土壤微生物量碳含量与返还土壤的植物残留的数量有紧密的联系^[4]。

贵州喀斯特地区的土壤, 是风化相对较强、淋溶严重而贫瘠的土壤。由于当地的耕作习惯,

收稿日期: 1998-07-14; 修订日期: 1998-12-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(编号 49672173)

作者简介: 朴河春(1941—), 男, 研究员

返还耕地的植物残留物的数量很少. 有关微生物量碳对不同的耕作方式^[5]或不同的水份状态的季节性响应已有许多记述^[6], 但关于喀斯特地区土壤中微生物量碳含量的季节性变化的研究, 尤其是在返还土壤的植物残留物很少的情况下的土壤微生物量碳含量的季节性变化尚未见报导. 本研究的目的是检验气温和土壤水份是否会影响土壤微生物量碳的含量, 并证明微生物量碳与可溶性有机碳之间的相关性.

2 材料与方法

2.1 采样地点

选择位于贵阳市郊区某一小山坡上的 4 块彼此相连的旱地作为采样点. 土壤均为黄壤, 覆盖在石灰岩之上, 呈黄棕色, 土层比较薄. 尽管该地的年平均降雨量达 1200 mm, 但土壤干湿循环现象却经常出现, 原因是降雨量的季节性分布并不均匀; 由于受喀斯特地貌的影响, 地表径流量较大.

2.2 土壤和采样

采样土壤的部分参数见表 1. 每年底庄稼收割之后, 庄稼的茎秆茬连同谷物被运走, 或被焚烧, 返还土壤的植物残留物的数量很少. 每年春季, 这些旱地在种庄稼之前都施较少量的磷肥作底肥. 1997 年种的是玉米, 1998 年改种黄豆.

采用自制的有机玻璃采样器 (长 25 cm, 内径 5 cm), 在每块地上分别采集 3 份土壤表层 (0—10 cm) 样品. 从 1997 年 6 月至 1998 年 5 月, 共采样 17 次. 从样品中检出植物根系和岩屑后, 将每块地上采的 3 份土壤样品充分拌匀. 为了避免植物根系可能带来的影响, 土壤样品均采自不种庄稼的垄沟. 之后, 立即对仍处于野外原来水份状态下的

土壤样品进行微生物量碳和可溶性有机碳的测定. 而土壤有机碳、总 N 和土壤质地的测定则是在室内利用风干土壤进行的.

2.3 微生物量碳和可溶性有机碳的分析

土壤微生物量碳的测定用氯仿-烟熏萃取技术^[7]; 称取 3 份 25 g 土壤样品装入 100 mL 烧杯中, 放进真空干燥器里, 用不含酒精的氯仿在 25℃ 下烟熏 24 h. 接着, 把烧杯移到干净的真空干燥器里, 抽真空 20 min, 以去除土壤中剩余的氯仿, 然后, 用 100 mL (0.5 mol/L) K_2SO_4 溶液萃取 1 h. 将 2 份未经过烟熏的土壤同样也用 0.5 mol/L K_2SO_4 萃取. 土壤萃取液中有机碳浓度的测定采用重铬酸钾氧化法, 并用文献^[7]的计算方法求出土壤微生物量碳的含量.

用 0.5 mol/L K_2SO_4 溶液来萃取土壤可溶性有机碳. 其测量平均值用线性回归, 并用 t 检验来确定显著性差异 ($P < 0.05$).

3 结果与讨论

3.1 微生物量碳、可溶性有机碳和气温的关系

表 1 4 块采样地黄壤的部分参数

Table 1 Parameters of soils for four sampling site

编号	pH*	有机 C, %	总 N, %	容重, g/cm ³	粘土, %	粉粒, %
1	7.24	2.05	0.099	1.17	20.4	77.9
2	7.25	2.10	0.070	1.18	21.9	75.5
3	7.24	1.97	0.104	1.13	21.2	74.1
4	7.25	2.00	0.104	1.17	24.0	74.5

* pH 值的测定在 1:2 (W/W) 的土/水比中进行

McGill(1986)等指出气温的变化只影响土壤微生物的活性,而不会影响其数量之多寡^[8].然而,土壤微生物量碳和可溶性有机碳则分别与气温显著相关(图1和图2):微生物量碳与气温之间呈负的相关性($r = -0.732, P < 0.001$);而可溶性有机碳与气温之间呈正的相关性($r = 0.608, P < 0.01$).最高和最低土壤微生物量碳含量分别出现在冬季和夏季,其值的波动范围为 $269.6 \mu\text{g/g} \sim 644.4 \mu\text{g/g}$.在冬季,可溶性有机碳的浓度比较一致,其范围从 $71.8 \mu\text{g/g}$ 至 $75.5 \mu\text{g/g}$,并且都比其它季节的值要低.

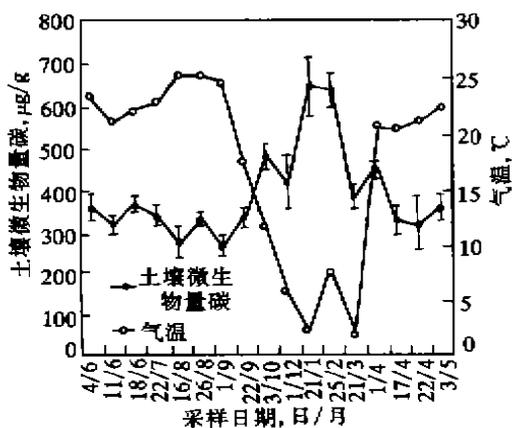


图1 土壤微生物量碳与气温的关系图

采样日期:1997年6月4日—1998年5月3日.误差标志线表示每一次采样时4块地的平均值标准偏差.

Fig. 1 Relationship between soil microbial biomass carbon and atmospheric temperature

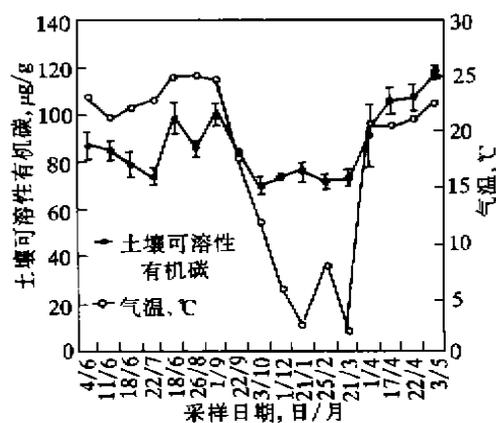


图2 $0.5 \text{ mol/L K}_2\text{SO}_4$ 萃取的土壤可溶性有机碳与气温关系图

Fig. 2 Relationship between soil soluble organic matter extracted with $0.5 \text{ mol/L K}_2\text{SO}_4$ and atmospheric temperature

土壤微生物量碳含量似乎与土壤水份有关(图3).但在17次采的全部土壤样品中未发现统计学意义上的相关性.在夏季7月22日至9月22日5次所采的土壤水份含量与此有显著的相关性($r = 0.964, P < 0.01$),这表明土壤微生物量碳含量受土壤水份含量波动的影响较大,此时的土壤水份含量从18.3%变化到32.2%,比冬季土壤水份含量的波动范围(25.0%—29.1%)大得多.

经观测,土壤可溶性有机碳含量与土壤水份含量之间也有类似的情况:在全部17次所采样品中,两者之间未发现统计学意义上的相关性.然而,在平均气温超过 20°C 时11次所采的样品中,两者都存在负的相关性($r = -0.612, P < 0.05$).最高的可溶性有机碳含量出现在干燥的季节(1998年4月10日至5月3日)采的土壤样品中,其值从91.4至 $118.5 \mu\text{g/g}$.此时土壤水份含量达到最低点(16.2%).

土壤水份含量的变化能够引起土壤微生物量碳的快速转换^[9,10],这是由于很多土壤微生物不能忍耐低的土壤水份含量^[11]所致.本研究发现,在土壤水份含量波动较大且气温较高的条件下,土壤样品中出现明显的微生物量碳的转换,并且相互间呈统计学意义上的相关性.

3.2 土壤微生物量碳含量与可溶性有机碳含量之间相关性

很多研究结果^[12,13]表明,土壤的干湿循环能够促进微生物量碳的变化.土壤微生物量碳含量与可溶性有机碳之间存在负的相关性(图4).这表明,当土壤微生物量碳减少时,可溶性

有机碳含量增加, 用 $0.5 \text{ mol/L K}_2\text{SO}_4$ 溶液萃取获得的有机碳的数量明显地与微生物量碳相关, 并且强烈地与基础呼吸作用(basic respiration)相关, 表明容易矿化的那一部分有机碳与容易萃取的那一部分碳之间具有相关性^[14].

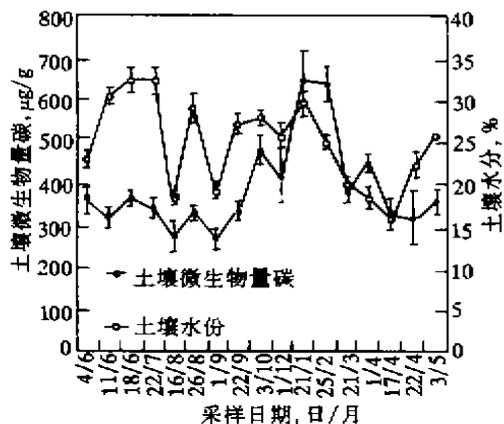


图3 土壤微生物量碳与土壤水份关系图

Fig. 3 Relationship between soil microbial biomass carbon and soil moisture

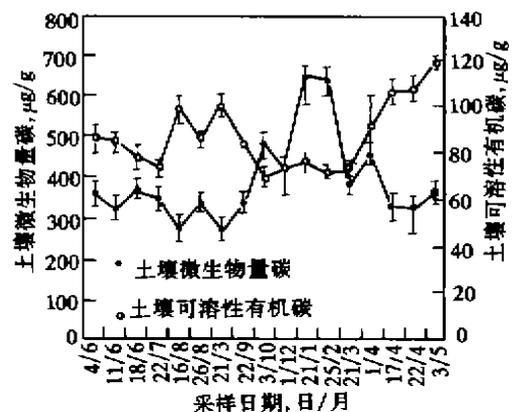


图4 土壤微生物量碳与可溶性有机碳关系图

Fig. 4 Relationship between soil microbial biomass carbon and soluble organic carbon

Van Gestel(1993)^[15]指出, ^{14}C 标记的植物材料的利用和随后的 CO_2 、微生物量和土壤的标记证明, 土壤的干燥、重新潮湿和培育会对所加入到土壤中的植物材料的分解作用产生影响, 这种影响主要是通过微生物量中积累的、来源于植物的有机碳来实现的。

我们认为, 冬季土壤中微生物量碳积累的原因有以下几种情况: ① 与其它季节相比, 冬季土壤水份相对稳定, 不经常出现明显的土壤干湿循环, 结果对微生物量碳转换速度的影响很小. 冬季里土壤中可溶性有机碳较少的现象证明微生物量碳的转换产物是很少的. 冬季的低温会降低微生物的活性, 但微生物量碳的含量增加, 这归因于冬季里土壤水份波动较少. ② 在冬季, 土壤微生物量碳的消耗明显低于其它季节.

从我们获得的土壤微生物量碳和可溶性有机碳的数据中不难发现, 微生物量碳含量的波动远大于可溶性有机碳的波动, 说明土壤微生物量碳除了有一部分转变成可溶性有机碳外, 还有一部分转换成由土壤表层释放的 CO_2 . 我们已发现, 土壤微生物量碳与土壤表层 CO_2 的释放之间存在负的相关性.

4 结论

在所研究的喀斯特生态系统中, 土壤水份含量在低气温季节里的波动较小和在较高气温季节里的较大波动, 不同程度地对土壤微生物量碳产生影响. 其结果是, 与夏季相比, 冬季里土壤的微生物量碳含量较高, 从而引起明显的微生物量碳的季节性变化. 因此, 土壤微生物量碳与气温之间具有相关性, 这归因于土壤水份含量的波动. 土壤的干燥和潮湿, 即土壤水份含量的波动, 会明显地影响微生物量的转换. 因此, 当土壤微生物量碳被消耗时, 土壤中留下的可溶性有机碳会增加, 并引起土壤表层 CO_2 的释放量也增加.

参考文献:

- [1] Singh J S, Raghubansu A S, Singh R S, *et al.* Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna[J]. *Nature*, 1989, 338:499—500
- [2] Zak D R, Grigal D F, Gleeson S, *et al.* Carbon and nitrogen cycling during old-field succession: constraints on soil and microbial biomass[J]. *Biogeochem*, 1990, 11:111—129
- [3] Powlson D S, Brookes P C, Christensen B T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of change in total soil organic matter due to straw incorporation[J]. *Soil Biol Biochem*, 1987, 19:159—164
- [4] He Z L, Wu J, O'Donnel, *et al.* Seasonal responses in microbial biomass carbon, phosphorus and sulphur in soils under pasture[J]. *Biol Fertil Soils*, 1997, 24:421—428
- [5] Chander K, Goyal S, Mundra M C, *et al.* Organic matter, microbial biomass and enzyme activity of soils under different crop rotations in the tropics[J]. *Biol Fertil Soils*, 1997, 24:306—310
- [6] Salinas-Garcia J R, Hons F M, Matocha J E. Long-term effects of tillage and fertilization on soil organic matter dynamics[J]. *Soil Sci Soc Am J*, 1997, 61:152—159
- [7] Voroney R P, Winter J P, Beyaert R P. Soil microbial biomass C and N[A]. In: carter M R (eds). *Soil sampling and methods of analysis*[C]. *Can Soc Soil Sci*; Lewis Publishers, 1993, 277—286
- [8] McGill W B, Cannon K P, Robertson J A. Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Breton L after 50 years of cropping to two rotation[J]. *Can J Soil Sci*, 1986, 66:1—19
- [9] Bottner P. Response of microbial biomass to alternate moist and dry conditions in a soil incubated with ¹⁴C and ¹⁵N-labelled plant material[J]. *Soil Biol Biochem*, 1985, 17:329—337
- [10] Schnurer J, Clarchom M, Bostrom S. Effects of moisture on soil microorganisms and nematodes: a field experiment[J]. *Microbial Ecology*, 1986, 12:217—230
- [11] Harris R F. Effect of water potential on microbial growth and activity[A]. In: Parr J F, *et al.* (eds). *Water potential relation in soil microbiology*[C]. *Soil Sci Soc Am*, Madison, 1981, 23—95
- [12] Wardle D A, Parkinson D. Interactions between microclimatic variables and the soil microbial biomass[J]. *Biol Fertil Soils*, 1990, 9:273—280
- [13] Ross D J. Soil microbial biomass estimated by the fumigation-incubation procedure; seasonal fluctuations and influence of soil moisture content[J]. *Soil Biol Biochem*, 1987, 19:397
- [14] Katz R, Hagin J, Kurtz L T. Participation of soluble and oxidizable soil organic compounds in denitrification[J]. *Biol Fertil Soils*, 1985, 1:209—213
- [15] Van Gestel M, Merck R, Vlassax K. Soil drying and rewetting and the turnover of ¹⁴C labeled plant residues; first order decay rates of biomass and non-biomass ¹⁴C[J]. *Soil Biol Biochem.*, 1993, 25:125—134