

文章编号 :1003-8701(2006)03-0044-04

不同二氧化碳浓度对玉米秸秆分解期间土壤微生物生物量碳的影响

关松 窦森*

(吉林农业大学资源与环境学院,长春 130118)

摘要:通过室内模拟试验,研究了不同二氧化碳浓度对玉米秸秆分解期间土壤微生物生物量碳(SMBC)的响应。研究表明:土壤添加玉米秸秆后,激发了土壤微生物的生长,在培养第1 d各处理SMBC达到了整个培养期的最高峰后迅速下降,90 d以后SMBC的下降趋势趋于平缓。在不同浓度的二氧化碳培养条件下,0~15 d短期培养期间,各处理SMBC间差异不显著。30~270 d长期培养期间,SMBC随着二氧化碳浓度的升高而减少,各处理之间差异显著。通过相关性分析,各处理的SMBC分别与土壤有机碳、腐殖物质、富里酸、胡敏素间均呈显著正相关。二氧化碳浓度为0.03%的SMBC与土壤可溶性有机碳呈显著正相关($r=0.649$, $P<0.05$),表明正常大气条件更有利于土壤微生物的活动。

关键词:二氧化碳;浓度;土壤微生物;生物量碳;相关性

中图分类号:S141.4

文献标识码:A

土壤有机质是土壤的重要组成部分,是评价土壤肥力的重要指标。为了保证农业土壤的持续生产,需要不断维持和提高土壤有机质的数量和质量,而土壤有机培肥(Improving soil fertility by organic materials,简称ISFOM)是培肥土壤和提高土壤质量最有意义的途径。有机物料在土壤中分解、转化以及形成土壤腐殖物质都离不开土壤微生物的作用。土壤微生物是土壤有机质和土壤养分转化和循环的动力,是土壤有机质转化的执行者,土壤微生物生物量碳(Soil microbial biomass carbon)是土壤有机碳的灵敏指示因子。土壤微生物与环境条件关系密切,它们的生命活动受环境因素的制约。有些学者认为,CO₂浓度升高,使输入土壤碳量增加,会刺激土壤微生物的生长和活性,从而加强了土壤的呼吸作用。还有一些学者认为,CO₂浓度升高增加了土壤的碳通量和碳氮比,但会导致微生物分解与合成所需的氮素缺乏,从而抑制了微生物的活性,这些研究多数是建立在土壤-植物系统内,但在土壤上无植物生长条件下,不同的CO₂浓度对土壤微生物生物量碳的动态影响研究较少。研究采用室内模拟方法对在特定条件下,土壤微生物生物量碳对不同的CO₂浓度升高的响应及与土壤有机碳及其各组间的相关性进行了分析,旨在阐明大气CO₂浓度升高条件下土壤生物化学过程的变化规律。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤于2003年8月采自吉林省农安县新刘家镇刘家村(N 44-11-39.7;E 125-07-58.5;H 200.0 m),为黑钙土,采样深度为0~40 cm。将土壤风干并过2 mm、1 mm、0.25 mm筛备用。土壤基本性质如下:土壤有机碳18.2 g/kg、全氮1.3 g/kg、碱解氮86.5 mg/kg、有效磷17.0 mg/kg,pH 8.0,C/N为14。玉米秸秆采自吉林农业大学试验站玉米田。烘干、粉碎,过60目筛。该玉米秸秆含有有机碳为442.3 g/kg、全氮

收稿日期:2006-04-19

基金项目:国家自然科学基金(49971052,40271069,40471076)和高等学校博士学科点专项科研基金资助课题(20040193002)

作者简介:关松(1969-),女,吉林省长春人,在读博士。主要从事土壤生物化学研究。

*通讯作者:窦森

为5.6g/kg, C/N约为79。

1.2 培养试验

设4个处理,3次重复。每个处理 O_2 浓度均设为 $21\% \pm 2\%$, CO_2 浓度分别为 C_0 0.03%(正常大气条件下培养), C_1 10% $\pm 2\%$, C_2 70% $\pm 2\%$, ck未加有机物料(正常大气条件下培养)。黑钙土(风干土)150g,玉米秸秆加入量为4%(玉米秸秆占风干土重的百分数)。将风干土在不加玉米秸秆的情况下加入蒸馏水调至田间持水量的70%左右,预培养1周以激活土壤微生物。然后将玉米秸秆和土壤混匀,加入硫酸铵调节土壤C/N为20,加蒸馏水至田间持水量的70%(实际含水量为 323 ± 20 g/kg),装入250 mL烧杯中。同时设对照(ck)。将各处理样品置于恒温25 及不同浓度二氧化碳培养条件下的密闭塑料桶内,在桶的两侧上下各打一个孔,插入套有胶管的玻璃管,并用凡士林密封,下孔通气,上孔排气。用氧气、二氧化碳测定仪(CYES 型,上海嘉定学联仪表厂)检测桶内氧气和二氧化碳的浓度。0~30 d每6 h调节桶内气体浓度,30~60 d每天调节1次气体浓度,60 d后每3 d调节1次气体浓度。每次取样后重新调节各处理的气体浓度。由于各处理样品置于密闭桶内,桶内湿度较为恒定,当水分减少3g时再行补水。动态取样时间为0.5、1、3、7、15、30、60、90、180、270 d。

1.3 分析测定方法

土壤腐殖质分组用Kumada改进法。有机碳测定采用重铬酸钾容量法。土壤微生物生物量碳测定采用氯仿熏蒸浸提法。全氮:半微量开氏法。用Excel及DPS进行统计分析。

2 结果与讨论

2.1 土壤微生物生物量碳随时间的变化

从图1、图2可以看出,加有玉米秸秆的各处理与对照相比,在整个培养过程中土壤微生物生物量碳(SMBC)显著增加,在培养后第1 d各处理SMBC达到最高峰, CO_2 浓度分别为0.03%、10%、70%的处理,SMBC由0 d的876.21 mg/kg分别增至11 645.97 mg/kg、11 791.16 mg/kg和11 263.89 mg/kg,分别为原来的13.29、13.46、12.86倍。这主要是由于玉米秸秆本身含有较多的水溶性物质,它的加入使得培养初期的土壤水溶性物质数量明显提高,水溶性有机碳是微生物的速效碳源,从而激发了土壤微生物大量增殖。在3、7、15和30 d各处理SMBC迅速下降。这主要因为,一方面水溶性有机碳等易分解有机物质逐渐被微生物利用而减少,同时产生了相对较难利用的代谢物。另一方面由于底物的加入在开始一段时间内明显加速了土壤微生物生物量碳的周转,微生物自身降解速度大于合成速率最终导致微生物量迅速下降。60~90 d,SMBC有所波动。90 d以后SMBC的下降趋势趋于平缓。后期180~270 d由于易分解养分耗竭,微生物被迫分解土壤中较难降解的大分子有机质,分解缓慢,又不再有外部有机物质的投入,单位时间内合成的微生物量与分解的微生物量相等,因此,土壤中的微生物量处于一种潜在的相对平衡状态。

2.2 不同二氧化碳浓度对土壤微生物生物量碳的影响

从图1还可以看出,在短期培养0~15 d期间,加玉米秸秆的各处理之间SMBC差异不显著。在玉

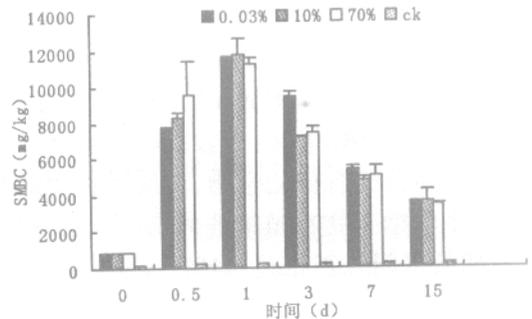


图1 短期培养期间不同 CO_2 浓度对SMBC的影响

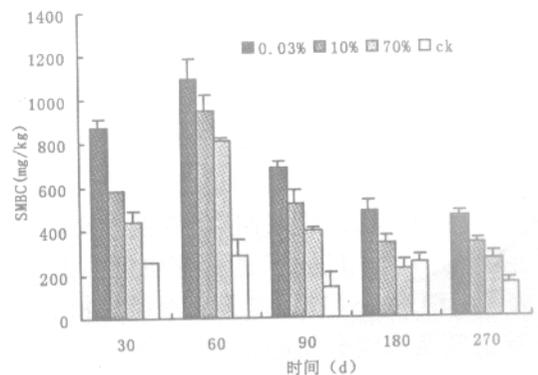


图2 长期培养期间不同 CO_2 浓度对SMBC的影响

米秸秆加入土壤短期内提供给土壤微生物的速效碳源大量增加,从而刺激了好气微生物的大量繁殖,好气微生物进行呼吸作用、微生物分解有机物质都会产生大量的 CO_2 充满在土壤空气中,因此在培养初期,外源有机质输入、土壤空气中都充满大量 CO_2 的前提下,各处理SMBC差异不显著。

根据图2,30~270 d各处理SMBC大小顺序为:0.03%>10%>70%。随着培养时间的延长,外源有机质逐渐耗尽,在微生物活动不旺盛的情况下,环境中恒定的 CO_2 含量高低势必会影响土壤空气中 CO_2 含量,从而影响到土壤微生物生物量。一方面,在微生物的合成过程中,尽管好气微生物的碳源只有很少量来自 CO_2 ,但它又是必要的,因此 CO_2 浓度升高可能会导致土壤微生物体内C/N的增加,当N素供应不足时,土壤微生物的呼吸会受到抑制,从而影响土壤微生物生物量。另一方面, CO_2 浓度升高,增加了大气中的 CO_2 分压,土壤空气与大气之间产生压力梯度,促使土壤空气与大气之间进行气体交换,使土壤空气中 CO_2 浓度增加,由于土壤空气中, CO_2 与 O_2 浓度是相互消长的, CO_2 浓度增加, O_2 浓度就会降低,再加上好氧微生物活动耗氧,氧化还原电位下降,必然会抑制土壤微生物的活性。因此,SMBC随着 CO_2 浓度的增加而减少。

2.3 土壤微生物生物量碳与土壤有机碳及其组分间的相关性分析

有机物料在土壤中分解期间,一部分碳被微生物同化,一部分碳则被微生物利用合成腐殖物质。因此SMBC与土壤有机质的不同组分,必然存在着某种关联,了解各组分间的相关性有助于更好的认识土壤的生物化学过程。

根据表1,在不同浓度的 CO_2 培养条件下,加有玉米秸秆的各处理SMBC与土壤有机碳间呈显著正相关,表明土壤有机碳是土壤微生物的碳源。汪清奎等^[18]研究也认为,土壤微生物生物量碳与土壤有机碳之间的相关性达到了显著的水平($r=0.644$, $P<0.05$)。SMBC与腐殖物质、富里酸间均呈显著正相关,腐殖物质是有机物料在微生物、酶的作用下形成的一类特殊类型的高分子有机化合物,土壤添加玉米秸秆后,土壤有机碳的增加促进了微生物的活性,增强了微生物合成腐殖物质的能力,使腐殖物质随着土壤有机碳、SMBC的增加而增加。但随着培养时间的延长,土壤有机碳不断分解转化,微生物可利用的碳源减少,SMBC下降:一方面微生物合成腐殖物质的能力减弱;另一方面,微生物由于缺乏能源,而被迫分解高分子有机化合物,使腐殖物质随着土壤有机碳、SMBC的减少而减少。这也正表明了生态系统中土壤微生物在植物残体降解、腐殖物质形成及养分转化与循环中扮演着十分重要的角色。SMBC与胡敏素间呈正相关,表明HM的形成与分解也离不开土壤微生物的作用。

表1 不同浓度 CO_2 条件下SMBC与土壤有机碳及其组分间的相关系数

二氧化碳浓度	土壤有机碳	土壤水溶性有机碳	腐殖物质	胡敏酸	富里酸	胡敏素
0.03%	0.822**	0.649*	0.930**	-0.158	0.979**	0.866**
10%	0.869**	0.533	0.916**	-0.071	0.902**	0.822**
70%	0.905**	0.515	0.867**	0.053	0.899**	0.816**
ck	0.330	0.372	0.368	0.149	0.190	-0.002

注: ** $P<0.01$; * $P<0.05$; $n=10$

由表1可以看出,不同浓度的 CO_2 处理各组分间虽存在着上述的共性,但个别处理也表现出某些特性:在正常大气培养条件下(C_0),SMBC与土壤水溶性有机碳呈正相关,而 CO_2 浓度升高处理(C_1 、 C_2)没有体现出这种相关性。这表明 CO_2 浓度升高抑制了土壤微生物的活性,正常的大气 CO_2 浓度更有利于土壤微生物的活动。Liang等的研究也证实了土壤微生物生物量碳与土壤水溶性有机碳呈极显著正相关。表明土壤水溶性有机碳是土壤微生物的有效碳源。以上所讨论的加有玉米秸秆的各处理SMBC与土壤有机碳及其组分间的相关性,在对照中没有体现出来,说明对照处理由于原土未添加有机物料,土壤腐殖化程度较高,有机质及其各组分间的分解与转化已趋于平衡态。

3 小 结

土壤添加玉米秸秆后,激发了土壤微生物的生长,在培养第1 d各处理SMBC达到了整个培养期的最高峰后迅速下降。90 d以后SMBC的下降趋势趋于平缓。在不同浓度的 CO_2 培养条件下,0~15 d短期

培养期间,各处理SMBC间差异不显著,长期培养期间,SMBC随着CO₂浓度的升高而减少,各处理之间差异显著。

土壤微生物在玉米秸秆分解、腐殖物质形成与转化过程中起着重要的作用。添加玉米秸秆的各处理虽然在不同的CO₂浓度培养条件下,但SMBC与土壤有机碳各组分间的相关性存在着共性:各处理SMBC分别与土壤有机碳、腐殖物质、富里酸、胡敏素间均呈显著正相关。CO₂浓度为0.03%的SMBC与土壤可溶性有机碳呈显著正相关($r=0.649$, $P<0.05$),正常大气条件更有利于土壤微生物的活动。

参考文献:

- [1] 单秀枝,等.土壤有机质含量对土壤水动力学参数的影响[J].土壤学报,1998,35(1):1-9.
- [2] 奚森,等.持续发展农业与土壤有机培肥[A].张继宏,颜丽,奚森.农业持续发展的土壤培肥研究[C].沈阳:东北大学出版社,1995,19-25.
- [3] 沈宏,等.施肥对不同农田土壤微生物活性的影响[J].农村生态环境,1997,13(4):29-35,54.
- [4] 马红亮,等.植物地上部分对大气CO₂浓度升高的响应[J].生态环境,2004,13(3):390-393.
- [5] 徐国强,等.开放式空气CO₂浓度增高对稻田微生物的影响[J].应用生态学报,2002,13(10):1358-1359.
- [6] 罗艳.土壤微生物对大气CO₂浓度升高的响应[J].生态环境,2003,12(3):357-360.
- [7] Hu S, et al. Nitrogen limitation of microbial decomposition in a grassland under elevated CO₂ [J]. Nature, 2001, 409:188-191.
- [8] Entry JA, et al. Influence of CO₂ enrichment and nitrogen fertilization on tissue chemistry and carbon allocation in longleaf pine seedlings [J]. Plant Soil, 1998, 200:3-11.
- [9] Gorissen A. Elevated CO₂ evokes quantitative and qualitative changes in carbon dynamics in a plant/soil system: Mechanism and implications [J]. Plant Soil, 1998, 197:289-298.
- [10] 关松.特定培养条件下土壤腐殖质形成与转化的研究[D].吉林:吉林农业大学,2005.
- [11] 劳家桢.土壤农化分析手册[M].北京:农业出版社,1988,237-239.
- [12] Vance E D, An extraction method for measuring soil microbial biomass C[J]. Soil Biol. Biochem, 1987, 19:703-707.
- [13] 林启美,等.熏蒸法测定土壤微生物量碳的改进[J].生态学杂志,1999,18(2):63-66.
- [14] 陈国潮,等.红壤微生物生物量C周转及其研究[J].土壤学报,2002,39(2):152-159.
- [15] 李阜棣.土壤微生物学[M].北京:中国农业出版社,1993.28-30.
- [16] 王清奎,等.杉木人工林土壤活性有机质变化特征[J].应用生态学报,2005,7(16):1270-1274.
- [17] Stevenson.F.J.夏荣基译.腐殖质化学[M].北京:北京农业大学出版社,1994,144-162.
- [18] A C Kennedy et al. Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils [J]. Plant and Soil, 1995, 170:75-86.
- [19] 倪进治,等.不同有机肥料对土壤生物活性有机质组分的动态影响[J].植物营养与肥料学报,2001,7(4):374-378.

Effect of Carbon Dioxide Concentration to Soil Microbial Biomass Carbon during Corn Stalk Decomposition

GUAN Song and DOU Sen

(Faculty of Resources and Environment, Jilin Agricultural University, Changchun, 130118, China)

Abstract: Response of soil microbial biomass carbon (SMBC) to different concentration of carbon dioxide was investigated during corn stalk decomposition by incubation experiment in laboratory. The results showed that the addition of corn stalk in soil stimulated the growth of soil microorganism. The SMBC in each treatment reached peak of whole incubation period on first day and then dropped rapidly. SMBC decreased slowly after 90d. Under the condition of different carbon dioxide incubation, the difference among different treatments was not notable during 0d to 15d incubation. SMBC decreased as the concentration of carbon dioxide increased and the differences were significant during 30d to 270d incubation. Soil organic carbon, humus, fulvic acid and humin were positively correlated with SMBC respectively. SMBC was positively correlated with water-soluble organic carbon ($r=0.649$, $p<0.05$) for carbon dioxide concentration of 0.03%, which indicated that normal atmosphere condition is more advantageous to the activity of soil microorganism.

Key words: Concentration of carbon dioxide; Soil microorganism; Biomass carbon; Correlation