

不同方式秸秆还田对土壤呼吸的影响

王晓飞¹, 李志洪², 郭梦桥¹, 肖宇¹, 潘静¹

(1. 黑龙江省科学院大庆分院, 黑龙江大庆 163319; 2. 吉林农业大学资源与环境学院, 吉林长春 130118)

摘要 [目的]为了研究秸秆还田对土壤呼吸作用的影响。[方法]采取室内培养的方式,向不同层次土壤加入4%和8%的秸秆,在通气和不通气两种状态下测定土壤呼吸作用。[结果]不同形式的秸秆还田土壤CO₂释放量有所不同,但是整体的趋势相近。在烧杯培养中,A、B两层的土壤CO₂释放量一直处于降低的趋势,但是C层土壤有所不同,在1~4 d的时间内呈上升趋势,第5天开始下降。而在土柱培养中,第4~35天CO₂释放量下降的幅度最大。[结论]在同样质地的土壤,CO₂释放量受通气状态的影响,即受到土壤所处深度的影响,同时受加入有机物料的影响。

关键词 土壤呼吸; CO₂; 秸秆还田; 有机质

中图分类号 S141.4 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)13-080-03

Effects of Different Methods of Returning Straw on Soil Respiration

WANG Xiao-fei¹, LI Zhi-hong², GUO Meng-qiao¹ et al (1. Daqing Branch, Heilongjiang Academy of Sciences, Daqing, Heilongjiang 163319; 2. School of Resource and Environment, Jilin Agricultural College, Changchun, Jilin 130118)

Abstract [Objective] The research aimed to study the effects of straw returned to soil on the soil respiration. [Method] 4% and 8% straw had been added to different levels of soil by room culture method, and the respiration were determined in ventilation state and stuffy state. [Result] The carbon dioxide release amount of the different forms of soil treated with recycled straws was different. But the overall trend was similar. In the beaker culture, the carbon dioxide release amount of A layer and B layer of soil was in a reducing trend. But it was different to C layer, which was in a rising trend from the first day to the fourth day, but it began to decline on the fifth day. In the soil column culture, it had a biggest fall of carbon dioxide release amount in the fourth days to 35th day. The emission of carbon dioxide was influenced by aeration status. [Conclusion] In the same soil, the depth of soil was influenced by adding organic material.

Key words Soil respiration; Carbon dioxide; Returning straw; Organic matter

有机质是土壤微生物生命活动的能源,可以提高微生物多样性及其活动性,从而有助于改良以及保持土壤的物理、化学和生物学状态^[1-2]。有机质含量显著影响农业生态系统^[3]。研究土壤有机质的保持对于今后的农业可持续发展有重要的意义。大量的研究表明,秸秆中除含有丰富的N、P、K和有机碳养分外,还可提供相当数量的中量、微量元素和氨基酸、核酸、糖、维生素等有机营养成分^[4];秸秆还田能提高土壤有机质含量;秸秆分解释放CO₂,促进土壤微生物体固持或矿化释放无机氮,最终形成土壤有机质^[5-7];秸秆还田还能刺激土壤微生物活性,为微生物提供生活的基质,增加土壤微生物量^[8]。但是,以往的秸秆还田技术多数将秸秆施在土壤的表层,导致有机质的加速矿化,土壤养分得不到积累,下层土壤得不到更多的养分,导致土壤质量越来越差,植物根系下扎困难^[9]。通过在烧杯和土柱中加入大量的秸秆来模拟秸秆还田,笔者分析了不同层次土壤加入粉碎的秸秆后CO₂的释放情况,揭示土壤有机质矿化速度,为秸秆还田快速培肥提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 供试材料 供试土壤采自吉林农业大学以南的耕地黑土,分别采取0~20、20~40、40 cm三个层次,分别用A、B、C来表示。供试土壤是位于吉林农业大学南部的黑土耕地,种植玉米,前茬玉米。A层土壤全氮1.15 g/kg,全磷0.35 g/kg,碱解氮120 mg/kg, pH 6.27,有机质含量21.48 g/kg; B层土壤全氮1.05 g/kg,全磷0.31 g/kg,碱解氮115 mg/kg, pH

6.40,有机质含量20.26 g/kg; C层土壤全氮1.21 g/kg,全磷0.25 g/kg,碱解氮110 mg/kg, pH 6.51,有机质含量10.04 g/kg。试验所用的有机物料为粉碎的玉米秸秆。

1.2 试验设计 在500 ml烧杯中分别装入A、B、C土壤以及相当于土重4%和8%的粉碎秸秆,用硫酸铵调节碳氮比,分别在通气和不通气的条件下放入25℃的培养箱中进行培养,同时注意补充水分。分别在第4、10、20、35、55、80、90、100天测定CO₂释放量。另外,在土柱培养中,将混合好的土壤放入长30 cm的土柱中,每层10 cm。7个处理的土柱中从上到下分别为空白对照ABC、Ⅰ处理(A+R)BC、Ⅱ处理A(B+R)C、Ⅲ处理AB(C+R)、Ⅳ处理A(A+R)B、Ⅴ处理AA(A+R)、Ⅵ处理AA(B+R)、Ⅶ处理B(C+R)C。其中,+R代表加入4%的秸秆,A、B、C分别代表上、中、下三层土壤。土柱培养中,要注意控制土壤容重。

1.3 分析方法 土壤氮、磷、钾采用常规方法进行测定^[10]; 土壤pH用pH计直接测定;有机质采用重铬酸钾外加热法测定;全氮采用半微量开氏法消煮,凯氏定氮仪测定;全磷采用HClO₄-H₂SO₄法测定;碱解氮采用碱解扩散法测定;CO₂采用碱液隔离法^[11]测定。

2 结果与分析

2.1 A层土壤按照不同方式加入秸秆后对土壤呼吸的影响 由图1可知,在烧杯培养中A层土壤加入8%秸秆且处于通气状态的处理CO₂释放量最高,加入4%秸秆且处于不通气状态的处理CO₂释放量最低,随着培养时间的延长,土壤各个处理CO₂释放量降低,从培养当日第35天土壤CO₂释放量下降幅度较大,即4~10 d A+4%通气、A+4%不通气、A+8%通气、A+8%不通气处理分别下降40%、

作者简介 王晓飞(1983-),女,黑龙江双城人,硕士,从事草原学方面的研究。

收稿日期 2015-03-23

20%、10%、23%，10~20 d 各个处理 CO₂ 释放量分别比上一阶段降低了 57%、72%、73%、63%，20~35 d CO₂ 释放量分别比上一阶段降低了 42%、50%、52%、51%，35 d 以后各个处理 CO₂ 释放量均处于较低水平。

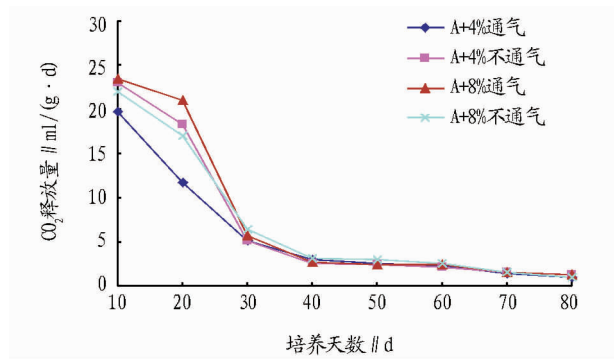


图1 烧杯培养中A层土壤不同处理CO₂释放量

2.2 B层土壤按照不同方式加入秸秆后对土壤呼吸的影响

由图2可知,在烧杯培养中B层土壤加入8%秸秆且处于通气状态的处理CO₂释放量最高,加入4%秸秆且处于不通气状态的处理CO₂释放量最低,随着培养时间的延长,土壤各个处理CO₂释放量降低,从培养当日至第35天土壤CO₂释放量下降幅度较大,即4~10 d B+4%通气、B+4%不通气、B+8%通气、B+8%不通气处理分别下降51%、42%、14%、23%,10~20 d 各个处理CO₂释放量分别比上一阶段降低了54%、50%、68%、61%,20~35 d CO₂释放量分别比上一阶段降低了43%、52%、54%、53%,35 d以后各个处理CO₂释放量均处于较低水平。

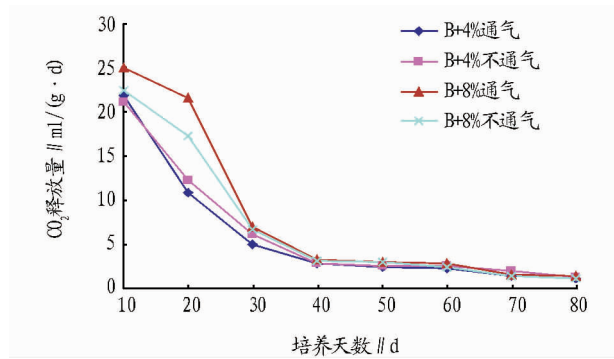


图2 烧杯培养中B层土壤不同处理CO₂释放量

2.3 C层土壤按照不同方式加入秸秆后对土壤呼吸的影响

由图3可知,与A、B两层土壤相比,C层土壤CO₂释放量的变化有所不同。在4~10 d CO₂释放量不是降低而是有所上升;在10 d以后,CO₂释放量下降,与前两种土壤规律相近。在烧杯培养中,C层土壤加入8%秸秆且处于通气状态的处理CO₂释放量最高,加入4%秸秆且处于不通气状态的处理CO₂释放量最低,4~10 d C+4%通气、C+4%不通气、C+8%通气、C+8%不通气处理分别上升12%、4%、6%、2%,10~20 d 各个处理CO₂释放量分别比上一阶段降低了78%、68%、71%、69%,20~35 d CO₂释放量分别比上一阶段降低了45%、48%、50%、52%,35 d以后各个处理CO₂释放量均处于较低水平。

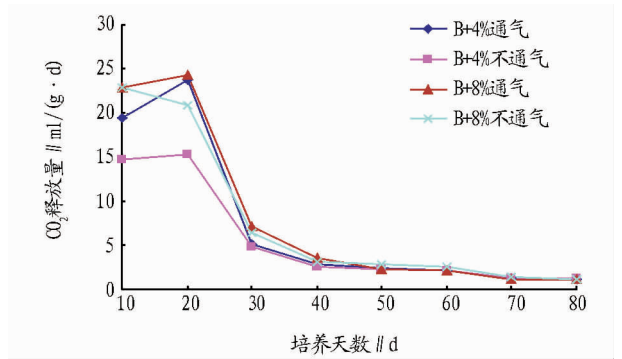


图3 烧杯培养中C层土壤不同处理CO₂释放量

2.4 土柱中不同处理CO₂释放量变化 由图4可知,随着培养时间的延长,土壤各个处理的CO₂释放量降低,从培养当日至第35天土壤CO₂释放量下降幅度较大,即4~10 d 各处理分别下降54.1%、51.2%、42.1%、37.3%、33.3%、27.4%、28.3%,10~20 d 各个处理CO₂释放量分别降低了37.1%、37.3%、53.0%、52.9%、62.16%、47.07%、50.2%,20~35 d CO₂释放量分别降低了61.5%、48.6%、33.9%、57.5%、35.7%、45.9%、22.3%,35 d以后各个处理CO₂释放量均处于较低水平。从图中还可以看出,不同处理同一时期CO₂释放量不同,其中处理I和处理IV最高,其次是处理II、处理V,最后是处理VI和处理VII。

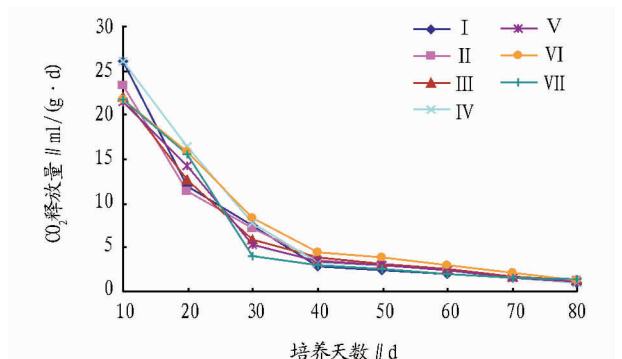


图4 土柱培养中不同处理CO₂释放量

3 结论与讨论

秸秆还田可以使土壤养分增加,但是所加入的秸秆并不能全部转化为土壤的营养物质。主要的损失途径就是以CO₂的形式释放到空气中。在一般情况下,作物秸秆以碳占绝大部分,直接施入土壤会刺激微生物迅速繁殖,导致大量土壤有效氮被暂时固定。因此,在生产中,秸秆还田往往要配施一定数量的氮肥,使得秸秆物料的C/N达到一定的数值^[12]。

试验证明,不同形式的秸秆还田土壤的CO₂释放量是有所不同的,但是整体的趋势一致,在第4~35天CO₂释放量的下降幅度最大,土柱培养中4~10 d 各处理下降范围为28.3%~54.1%,10~20 d 各个处理的CO₂释放量降低范围为37.1%~62.16%,在第20~35天CO₂释放量的降低范围为22.3%~61.5%,35 d以后各个处理的CO₂释放量均处于较低水平。由于较深层通气性较低,分解转化变缓,更利于有机质的积累^[8]。不同处理同一时期的CO₂释放量不同,

其中Ⅰ处理和Ⅳ处理最高,其次是Ⅱ处理、Ⅴ处理,最后是Ⅵ处理和Ⅶ处理。

在烧杯培养中 A、B 两层的土壤 CO_2 释放量一直降低,但是 C 层土壤有所不同,0~4 d 呈上升趋势。这主要是由于 C 层土壤为母质土壤,其土壤结构性差,微生物量少且活性低,当加入秸秆以后微生物有了充足的养分,数量与活性增加,分解有机物的能力也随之增加。所以,在 10 d 以后 CO_2 释放量达到最大值。另外,随着加入秸秆量的增大, CO_2 的释放量也在增加。

参考文献

- PEVERILL KI, JUDSON GJC. Soil Analysis. An Interpretation Manua[M]. Collingwood: Australian Soil and Plant Analysis Council Inc, 1999: 319-323.
- SOMBROEK WG, NACHTERGAELE FO, HEBEL A. Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils[J]. Am Bio, 1993, 22: 417-425.
- 孙星, 刘勤, 王德建, 等. 长期秸秆还田对剖面土壤肥力质量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(3): 587-592.
- 吴东旭. 现阶段中国耕地的现状、分类及保护措施[J]. 产业与科技论坛, 2009(5): 30-32.
- 周卫军, 王凯荣, 刘鑫. 有机质循环对红壤稻田土壤 N 矿化的影响[J]. 生态学杂志, 2004, 23(1): 39-43.
- 杨景成, 韩兴国, 黄建辉, 等. 土壤有机质对农田管理措施的动态响应[J]. 生态学报, 2003, 23(4): 787-796.
- 胡喜巧, 杨文平, 陈翠玲. 玉米秸秆还田对土壤养分及小麦产量的影响[J]. 河南科技学院学报: 自然科学版, 2013(1): 6-8.
- 强学彩, 袁红莉, 高旺盛. 秸秆还田量对土壤 CO_2 释放和土壤微生物量的影响[J]. 应用生态学报, 2004, 15(3): 469-472.
- 矫丽娜, 李志洪, 殷程程, 等. 高量秸秆不同深度还田对黑土有机质组成和酶活性的影响[J/OL]. 土壤学报, <http://www.cnki.net/kcms/detail/10.11766/trxb20140312016.html>.
- LIU X H, WANG A L, GAO W S. Summarize of the domestic and oversea research of crop in corporation[M]//LIU X H, GAO W S, ZHU W S. The Mechanism and Technological Pattern of Crop Incorporation. Beijing: China Agricultural Press, 2001: 55-61.
- 陈素英, 胡春胜. 太行山前平原农田生态系统土壤呼吸速率的研究[J]. 生态农业研究, 1997, 5(2): 44-48.
- 杨志谦, 王维敏. 秸秆还田后碳、氮在土壤中的积累与释放[J]. 土壤肥料, 1991(5): 43-46.
- (上接第 76 页)
- BONWMANN A F, GERMON J C. Special issue: Soils and climate change: introduction[J]. Biology and Fertility of Soils, 1998, 27: 219.
- RAICH J W, SCHLESINGER W H. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate[J]. Tellus B, 1992, 44(2): 81-99.
- 李明峰, 董云社, 耿元波, 等. 草原土壤的碳氮分布与 CO_2 排放通量的相关性分析[J]. 环境科学, 2004, 25(2): 7-11.
- 鲍芳, 周广胜. 中国草原土壤呼吸作用研究进展[J]. 植物生态学报, 2010, 34(6): 713-726.
- 师广旭, 耿浩林, 王云龙, 等. 克氏针茅草原土壤呼吸及其影响因子[J]. 生态学报, 2008, 28(7): 3408-3415.
- FORL KING S, GOULDEN M L, WOFSY S C, et al. Modelling temporal variability in the carbon balance of a spruce/mossboreal forest[J]. Glob Change Biol, 1996, 2(4): 343-366.
- OOMES M J M, KUIKAMN P J, JACOBS F H H. Nitrogen availability and uptake by grassland in mesocosm sat twowater levels and twowater qualities[J]. Plant Soil, 1997, 192(2): 249-259.
- 常宗强, 史作民, 冯起, 等. 黑河流域山区牧坡草地土壤呼吸的时间变化及水热因子影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(9): 1603-1606.
- 王铭, 刘兴士, 李秀军, 等. 松嫩平原西部草甸草原典型植物群落土壤呼吸动态及影响因素[J]. 应用生态学报, 2014, 25(1): 45-52.
- 王妮, 郭继勋. 东北松嫩平原羊草群落的土壤呼吸与枯枝落叶分解释放 CO_2 贡献量[J]. 生态学报, 2002, 22(5): 655-660.
- 张盼弟, 王旭, 陈宝瑞, 等. 呼伦贝尔地区贝加尔针茅草甸草原土壤 CO_2 排放特征[J]. 应用生态学报, 2014, 25(2): 387-393.
- 陈全胜, 李凌浩, 韩兴国, 等. 典型温带草原群落土壤呼吸温度敏感性与土壤水分的关系[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 831-835.
- 齐玉春, 董云社, 刘立新, 等. 内蒙古锡林河流域主要针茅属草地土壤呼吸变化及其主导因子[J]. 中国科学: 地球科学, 2010, 40(3): 341-351.
- 阿木日吉日嘎拉, 红梅, 韩国栋, 等. 不同放牧强度对短花针茅荒漠草原土壤呼吸的影响[J]. 土壤通报, 2013, 44(2): 321-327.
- 吴琴, 胡启武, 曹广民, 等. 高寒矮嵩草甸冬季 CO_2 释放特征[J]. 生态学报, 2011, 31(18): 5107-5112.
- 李红琴, 李英年, 张法伟, 等. 基于静态箱式法和生物量评估海北金露梅灌丛草甸碳收支[J]. 生态学报, 2014, 34(4): 925-932.
- 严俊霞, 李君剑, 李洪建, 等. 亚高山草甸土壤呼吸的空间异质性研究[J]. 环境科学, 2013, 4(10): 3992-3998.
- 王跃思, 纪宝明, 黄耀, 等. 农垦与放牧对内蒙古草原 N_2O 、 CO_2 排放和 CH_4 吸收的影响[J]. 环境科学, 2001, 22(6): 7-13.
- 董云社, 齐玉春, 刘纪远, 等. 不同降水强度 4 种草地群落土壤呼吸通量变化特征[J]. 科学通报, 2005, 50(5): 473-479.
- 崔晓勇, 陈四清, 陈佐忠. 大针茅典型草原土壤 CO_2 排放规律的研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 390-394.
- 王旭, 闫玉春, 闫瑞瑞, 等. 降雨对草地土壤呼吸季节变异性的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(18): 5631-5635.
- 贾丙瑞, 周广胜, 王凤玉, 等. 放牧与围栏羊草草原生态系统土壤呼吸作用比较[J]. 应用生态学报, 2004, 15(9): 1611-1615.
- 杜睿, 王庚辰, 吕达仁, 等. 静态箱法原位观测草原 CO_2 通量的探讨[J]. 生态学报, 2002, 22(12): 2167-2173.
- 田玉强, 高琼, 张智才, 等. 青藏高原高寒草地植物光合与土壤呼吸研究进展[J]. 生态环境学报, 2009, 18(2): 711-721.
- 张东秋, 石培礼, 何永涛, 等. 西藏高原草原化小嵩草甸生长季. 土壤微生物呼吸测定[J]. 自然资源学报, 2006, 21(3): 458-464.
- BOTTNER P, AUSTRUI F, CORTEZ J. Decomposition of ^{14}C - and ^{15}N -labelled plant material, under controlled condition, in coniferous forest soils from a north-south climatic sequence in Western Europe[J]. Soil Bio Biochem, 1998, 30: 597-610.
- 王启兰, 曹广民, 王长庭. 高寒草甸不同植被土壤微生物数量及微生物生物量的特征[J]. 生态学杂志, 2007, 26(7): 1002-1008.
- 李志刚, 侯扶江. 黄土高原不同地形封育草地的土壤呼吸日动态与影响因子分析[J]. 草业学报, 2010, 19(1): 42-49.
- 栗杰, 依艳丽, 张大庚, 等. 磁场对土壤呼吸强度的影响[J]. 土壤通报, 2004, 35(6): 812-814.
- 贾丙瑞, 周广胜, 王凤玉, 等. 放牧与围栏羊草草原土壤呼吸作用及其影响因子[J]. 环境科学, 2005, 26(6): 1-7.
- 曹广民, 李英年, 张金霞, 等. 环境因子对暗沃寒冻锥形土壤 CO_2 释放速率的影响[J]. 草地学报, 2001, 9(4): 307-312.
- 邓钰, 柳小妮, 闫瑞瑞, 等. 呼伦贝尔草甸草原土壤呼吸及其影响因子对不同放牧强度的响应[J]. 草业学报, 2013, 22(2): 22-29.
- 罗光强, 耿元波. 羊草草原和贝加尔针茅草原生态系统呼吸的差异分析[J]. 环境科学, 2010, 31(11): 2732-2737.
- BUYANOVSKY G A, KUCERA C L, WAGNER G H. Comparative analyses of carbon dynamics in native and cultivated ecosystems[J]. Ecology, 1987, 68: 2023-2031.
- REPNEVSKAYA M A. Liberation of CO_2 from soil in the pine stands of the Kola Peninsula[J]. Soil Science, 1967, 68: 1067-1072.
- 朱天鸿, 程淑兰, 方华军, 等. 青藏高原高寒草甸土壤 CO_2 排放对模拟氮沉降的早期响应[J]. 生态学报, 2011, 31(10): 2687-2696.
- 孙振中, 王吉顺, 潘国艳, 等. 刈割对华北平原人工草地土壤呼吸速率的影响[J]. 自然资源学报, 2012, 27(5): 809-818.
- 仲延凯, 包清海, 孙维. 内蒙古白锡勒牧场地区天然草场合理割草制度的研究[J]. 生态学报, 1991, 11(3): 242-249.
- 方精云, 王妮. 作为地下过程的土壤呼吸: 我们理解了多少? [J]. 植物生态学报, 2007, 31(3): 345-347.
- 崔晓勇, 陈佐忠, 陈四清. 草地土壤呼吸研究进展[J]. 生态学报, 2001, 21(2): 315-322.
- 史晶晶, 耿元波. 内蒙古羊草草原根呼吸和土壤微生物呼吸区分的研究[J]. 环境科学, 2014, 35(1): 341-347.