

长白山枯落物碳分解动态研究

周永斌¹, 贾国晶^{1,2}, 周旺明², 郭彦彤³

(1. 沈阳农业大学 林学院, 辽宁 沈阳 110866; 2. 中国科学院 沈阳应用生态研究所, 辽宁 沈阳 130012;

3. 中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广东 广州 510990)

摘 要:在长白山地区选取典型植物红松、蒙古栎等枯落物进行室内培养试验, 对比各种枯落物冻融处理 CO₂ 排放速率和对照处理 CO₂ 排放速率, 并对培养结束后残留枯落物营养元素含量进行了测定。结果表明: 冻融处理下 CO₂ 排放速率低于对照处理下 CO₂ 排放速率, 不同枯落物的冻融处理和对照处理 CO₂ 排放速率整体都显示出随着培养时间增加呈下降的趋势, 而且冻融处理下不同枯落物种类在培养期间 CO₂ 排放速率波动趋势表现出较大差异。冻融处理下的残留枯落物有机碳含量大于对照处理下的残留枯落物有机碳含量。

关键词:CO₂ 排放速率; 冻融处理; 枯落物

中图分类号:S 153. 6⁺ 22 **文献标识码:**A **文章编号:**1001—0009(2012)11—0032—03

在森林生态系统中, 枯落物的分解对生态系统物质循环和能量流动过程具有重要的作用, 是维持生态系统功能的主要环节。枯落物的腐蚀分解, 可以释放大量的营养元素, 使营养物质能回归土壤, 增加土壤肥力, 促进林木的生长发育。在土壤中供植物吸收的养分, 有 90% 以上的氮和磷、60% 以上矿质元素来自植被凋落物的分解, 因此森林凋落物分解是沟通生物地球化学循环的桥梁和纽带, 其在改善林地生态环境、维护土壤肥力和提高森林生产力等方面具有十分重要的意义^[1-7]。

季节性冻融是北方高纬度地区重要的气候特征, 春季, 由于冬季地表积雪的融化, 土壤有冻层又导致地表水不能下渗, 使地表常常积水, 进而促使地表枯落物的含水量较高, 而地表的冻融波动现象又会改变森林枯枝落叶层的水分状况及其分布, 影响了枯落物碳的矿化和营养物质的活化^[7]。当前有关冻融交替作用对枯落物分解过程的研究还较少。因此, 该研究旨在通过室内培养研究冻融交替过程对枯落物分解及其内部碳含量的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

采红松(HS)、蒙古栎(MGL)和槭树(QS)3 种不同树种的凋落叶片, 带回实验室除去杂物, 样品分为二部分: 一部分风干, 用于测碳、氮、磷含量; 另一部分于-4℃条件下保存, 为冻融交替培养试验做准备。

第一作者简介:周永斌(1970-), 女, 博士, 教授, 现主要从事森林生态学等研究工作。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30900208)。

收稿日期:2012—03—09

1.2 试验地概况

试验地位于吉林省安图县二道白河镇境内的长白山森林生态系统定位研究站(128°28'E, 42°24'N), 海拔 763 m。长白山是一个以森林生态系统为主要保护对象的自然保护区, 气候受地势高低影响大, 冬季漫长寒冷, 夏季较短, 温暖湿润。年平均温度 3~7℃, 日照时数每年 2 300 h, 无霜期一般 100 d, 降水丰富且集中, 年平均降水量 700~1 400 mm。

1.3 试验方法

采用室内培养法对采集的枯落物进行冻结和融化交替培养, 培养期间固定日期测定枯落物呼吸释放的 CO₂ 量, 待整个培养周期结束后取出培养的叶片测定碳元素的含量。

1.3.1 枯落物呼吸释放的 CO₂ 量测定 将枯落物分别设置单一枯落物分解和混合分解 2 种处理: HS、MGL、QS 和 HS+MGL+QS, 单一处理每种枯落物 1.2 g, 3 种混合为每种 0.4 g。将叶片去除叶柄, 剪成约 1 cm² 长条或细片, 于清水中浸泡 12 h 后取出, 沥干水分后放入培养瓶中, 在每个培养瓶中放入装有 10 mL NaOH (0.2 mol/L) 的塑料小瓶, 用于吸收枯落物分解过程中所释放的 CO₂, 每个处理设 3 次重复。把培养瓶每 24 h 经过-15~15℃的冻融循环 1 次; 分别在 1、3、7、14、21、35 d 取出 NaOH 塑料小瓶, 同时换上装有新鲜 NaOH 溶液的塑料小瓶。将取出的 NaOH 溶液转移到三角瓶中, 滴加过量的 BaCl₂ 溶液后, 采用 HCl(0.1 mol/L) 反滴定的方法确定 NaOH 溶液所吸收的 CO₂ 量。对照处理为把培养瓶放在 15℃培养箱中培养处理。

1.3.2 残留的碳含量测定 35 d 培养试验结束后, 取出枯落物称重并分析残留的碳含量^[8]。

1.4 数据分析

试验结果均以 3 次样品测定的平均值表示,采用 SPSS 软件进行统计检验,相关性分析采用 Eexcel 2003 和 Origin7.5 软件。

2 结果与分析

2.1 冻融处理对枯落物有机碳矿化速率的影响

由表 1 可知,整个培养期间所有枯落物类型冻融处理的 CO_2 排放速率显著低于对照处理的 CO_2 排放速率。图 1A-B 为 4 种不同枯落物种类在培养期间(35 d) CO_2 排放速率。不同枯落物的冻融处理和对照处理 CO_2 排放速率整体都显示出随着培养时间增加呈下降趋势,在培养前中期(1~21 d 以前) CO_2 排放速率下降较快,到培养后期(21~35 d)逐渐趋于平稳;冻融处理的枯落物前

期(1~14 d) CO_2 排放速率波动较大,后期(21~35 d)逐渐趋于平稳。

冻融处理下不同枯落物种类在培养期间 CO_2 排放速率波动趋势表现出较大差异,冻融处理下红松和冻融处理下混合枯落物在开始培养第 1 天 CO_2 排放速率升高,到第 3 天达到 CO_2 排放速率高峰,第 3 天后随着培养时间的增加 CO_2 排放速率逐渐下降(图 1-A)。冻融处理下蒙古栎和冻融处理下槭树叶片在培养第 1 天后 CO_2 排放速率下降,到第 3 天达到低峰,第 3 天后 CO_2 排放速率开始上升,第 7 天达到高峰,第 7 天后随着培养时间的增加 CO_2 排放速率逐渐下降(图 1-B)。而对照处理培养期间 CO_2 排放速率波动不大。

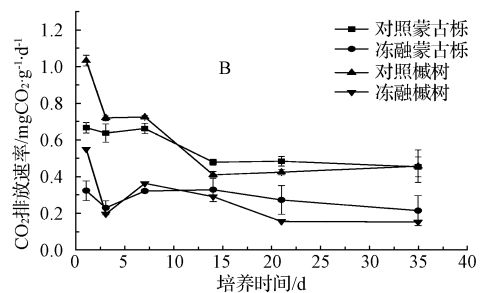
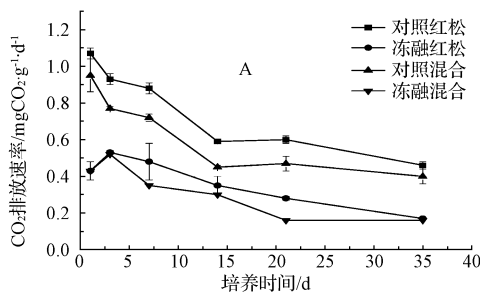


图 1 2 种不同枯落物种类在培养期间(35 d) CO_2 排放速率

2.2 冻融作用对枯落物有机碳含量的影响。

图 2 为分解 35 d 后残留枯落物的有机碳含量,4 种枯落物类型间的有机碳含量差异极显著,处理类型和枯落物类型的交互作用不显著(表 2),冻融处理有机碳含量显著高于对照处理。其中红松的有机碳含量最高,达到 360.46 mg/kg(对照处理)和 372.13 mg/kg(冻融处理),蒙古栎有机碳含量最低,为 307.70 mg/kg(对照处理)和 319.02 mg/kg(冻融处理);槭树和混合的有机碳含量分别为 335.92 mg/kg 和 336.90 mg/kg,高于对照处理的 327.97 mg/kg 和 335.31 mg/kg。

表 1 4 种不同枯落物种类在培养期间(35 d)

CO_2 排放速率

变异来源	自由度	均方	F 值	P 值
枯落物类型	3	0.164	78.265 **	<0.001
处理类型	1	3.831	1 832.707 **	<0.001
培养时间	5	0.503	240.629 **	<0.001
枯落物类型×处理类型	3	0.007	3.262 **	<0.05
枯落物类型×培养时间	15	0.035	16.705 **	<0.001
处理类型×培养时间	5	0.081	38.915 **	<0.001
枯落物类型×处理类型×培养时间	15	0.009	4.289 **	<0.001

注: * 代表 0.05 水平差异显著; ** 代表 0.01 水平差异显著。下同。

表 2 残留枯落物碳含量方差分析

变异来源	自由度	均方	F 值	P 值
枯落物类型	3	2 886.840	34.862 **	<0.001
处理类型	1	396.443	4.783 *	<0.05
枯落物类型×处理类型	3	32.690	0.395	>0.05

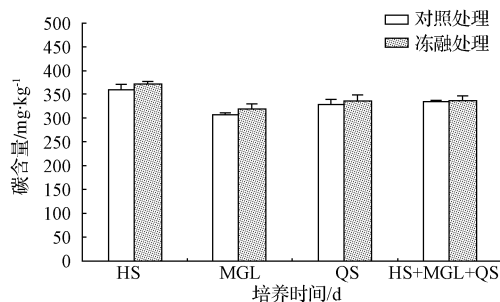


图 2 4 种不同枯落物培养结束后(35 d) 残留叶片碳含量

3 结论与讨论

3.1 枯落物碳矿化速率

该试验表现出冻融处理的 CO_2 排放速率总体上低于对照处理 CO_2 的排放速率。可能由于在一定温度范围内,温度越高,微生物的代谢活动越旺盛,随着温度的升高,土壤 CO_2 排放速率会增强,所以对照处理的 CO_2 排放速率整体高于冻融处理^[9]。该研究对照处理的环境温度控制在 15℃,冻融处理的环境温度在-15℃(冻结)和+15℃(融化)每隔 12 h 交替 1 次。由于低温原因抑制了枯落物中微生物活性和酶活性,导致冻融处理 CO_2 排放速率低于对照处理。

分析 2 种处理 CO_2 排放速率整体趋势,得出对照处理 CO_2 排放速率随着培养时间增加呈整体下降趋势,冻

融处理在第1次(红松和混合)和第3次(蒙古栎和槭树)冻融后 CO₂ 排放速率增加,到第3天(红松和混合)和第5天(蒙古栎和槭树)达到峰值,然后随着培养时间增加呈下降趋势。引起这一现象的原因可能是,冻融作用可以通过机械破碎作用和对微生物的作用^[8],影响枯落物的 CO₂ 排放速率。第1次冻融会导致大量微生物死亡,死亡微生物^[10]残体释放 CO₂,第1次冻融结束后大部分微生物已经可以适应温度的剧烈变化,微生物死亡数量减少,CO₂ 排放高峰逐渐消失。

该试验中冻融处理下的红松和混合枯落物比蒙古栎和槭树枯落物早达到各自的 CO₂ 排放速率高峰值,以及4种枯落物的 CO₂ 排放速率都存在极显著的差异。说明枯落物的性质是决定分解的本质要素^[11],同时也与枯落物中微生物的种类和性质有关。

3.2 冻融对有机碳的影响

分析培养35 d后的残留枯落物,得出了冻融处理有机碳含量大于对照处理有机碳含量的结论,说明冻融作用有利于残留枯落物的有机碳积累,这与培养期间表现出的冻融处理 CO₂ 排放速率低于对照处理的 CO₂ 排放速率正好相吻合。这一研究结果为季节性冻融区不同枯落物碳循环和周转提供了科学理论依据^[12]。红松枯落物的有机碳含量高于蒙古栎枯落物、槭树枯落物和混合枯落物的有机碳含量。这与耿晓源^[13]对长白山不同树种分解残留叶片的有机碳含量与该研究部分结论相似,如红松分解残留叶片有机碳含量高于蒙古栎分解残留叶片有机碳含量等。

参考文献

- [1] Melillo J M, Auer J D, Steudler P A, et al. Nitrogen and lignin control of hardwood leaf litter decomposition dynamics[J]. Ecology, 1982, 63: 621-626.
- [2] Adams M B, Anger T R. Decomposition and nutrient dynamics of hardwood leaf litter in the Femow whole-watershed acidification experiment[J]. Forest Ecology and Management, 1996, 83(1): 61-69.
- [3] Chapin F S, Matson P A, Mooney H A. Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology[M]. New York: Springer Verlag, 2002.
- [4] 孙景波, 孙禄瑞, 王春, 等. 人工针阔混交林枯落物的分解动态[J]. 防护林科技, 2009(2): 19-20.
- [5] 张浩, 庄雪影. 华南4种乡土阔叶树种枯落叶分解能力[J]. 生态学报, 2008, 28(5): 2395-2403.
- [6] 林开敏, 章志琴, 叶发茂, 等. 杉木人工林下杉木、楠木和木荷凋落物分解特征及营养元素含量变化的动态分析[J]. 植物资源与环境学报, 2010, 19(2): 34-39.
- [7] 王凤友. 森林凋落量研究综述[J]. 生态学进展, 1989, 6(2): 82-89.
- [8] Ozato T, Fayetorbay F. Effect of freezing and thawing processes on soil aggregate stability[J]. Catena, 2003, 52: 1-8; 753-760.
- [9] Sjörsen H, Michelsen A, Holmström M. Effects of freeze thaw cycles and thawing on Microarthropods and nutrient availability in a sub-arctic soil[J]. Applied Soil Ecology, 2005, 28: 79-93.
- [10] Bolter M, Soethe N, Horn R, Uhlir C. Seasonal development of microbial activity in soils of northern Norway[J]. Pedosphere, 2005, 15: 716-727.
- [11] 刘白贵. 全川闽江河口湿地3种主要植物冬春季枯落物分解特征[J]. 福建师范大学学报, 2008(2): 86-91.
- [12] 方精云, 王效科, 刘国华. 北京地区辽东栎呼吸量的测定[J]. 生态学报, 1955, 15(3): 235-244.
- [13] 耿晓源. 长白山某些树种叶子的分解动态研究[J]. 植物生态学与植物学学报, 1993(1): 90-96.

Study on Decomposition Dynamics of Carbon of Changbai Mountain Litter

ZHOU Yong-bin¹, JIA Guo-jing^{1,2}, ZHOU Wang-ming², GUO Yan-tong³

(1. College of Forestry, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866; 2. Shenyang Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, Liaoning 130012; 3. Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510990)

Abstract: The new tune of a typical plant leaves red pine, *Quercus mongolica*, in Changbai Mountain area were selected, for indoor culture experiments. The change of CO₂ emissions of leaves freezing and thawing type and CK treatment were compared at the end of experiments, the residual leave nutrient element were determined. The results showed that freezing and thawing type CO₂ emission rate lower than the CK treatment. Different leaves freezing and thawing processing and CK processing of CO₂ emission rate as a whole showed a downward trend with increasing incubation time, and freeze-thaw processing of different leaves in cultivation the CO₂ emissions rate showed a greater differences. The freeze and thaw type organic carbon content higher than the control treatment.

Key words: CO₂ emission rate; freezing and thawing; leaves