

· (微)生物地球化学过程与物质循环 ·

## 喀斯特集水区地表水暴雨尺度 $\delta^{13}\text{C}$ -DIC 变化及其控制因素初探

丁 虎<sup>1,2</sup>, 刘丛强<sup>1</sup>, 郎赞超<sup>1</sup>,  
李思亮<sup>1</sup>, 刘文景<sup>1,2</sup>, 李海涛<sup>1,2</sup>, 李龙波<sup>1,2</sup>

1. 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;

2. 中国科学院 研究生院 北京 100049

水体中溶解无机碳(DIC)含量和 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化反映了碳的地球化学行为和生物地球化学循环特征,主要受水岩反应、土壤二氧化碳的溶解、有机质降解和 $\text{CO}_2$ 在水气间交换的控制。喀斯特地区的岩溶作用强烈,降水下渗经过表层土壤和包气带到达含水层后对基岩产生溶蚀作用,DIC含量和 $\delta^{13}\text{C}$ 值将随之发生改变。因此,研究降雨时喀斯特集水区水体的水化学及碳同位素组成的变化有助于深入了解岩溶作用和碳循环间的联系。本研究在中国科学院环江喀斯特农业生态系统观测研究站内开展,以了解降雨期间喀斯特水体中物质的循环特征及影响因素。2007年8月21日、8月23日至24日,我们采集了降雨前及降雨时集水区总出口处地表水,讨论了降雨前后水体的水化学变化及其影响因素,并用环境同位素进行了示踪研究,本文主要讨论降雨时水体 $\delta^{13}\text{C}$ -DIC的变化及其控制因素。

研究区出露白云岩,土壤为棕色石灰土、黑色石灰土及石灰性水稻土,水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 型。集水区地表水的pH值和电导率(EC)及主要无机离子浓度在降雨时均有降低,变幅与雨强有关,水化学变化主要受雨水稀释作用以及土壤 $\text{CO}_2$ 效应等因素的影响。

所采集样品中,降雨时集水区地表水的 $\delta^{13}\text{C}$ -DIC为 $-11.6\text{‰}\sim-12.6\text{‰}$ (期间最低值是降雨停止时的值),均值为 $-12.1\text{‰}$ 。而采样期间降雨前样品的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-10.3\text{‰}$ 。碳酸盐岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值均值为 $3.2\text{‰}$ (两个样品,采自出露岩石和土壤与基岩界面岩石),区内生长的植被主要是C3植物,植物

呼吸生成的 $\text{CO}_2$ 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值和土壤有机质氧化分解生成的 $\text{CO}_2$ 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值基本一致,一般约 $-26.0\text{‰}$ 。再因为土壤中 $\text{CO}_2$ 的扩散会导致土壤中 $\text{CO}_2$ 的 $\delta^{13}\text{C}$ 值升高 $3\text{‰}$ 左右。因此土壤 $\text{CO}_2$ 溶解碳酸盐矿物所形成的 $\delta^{13}\text{C}$ -DIC约为 $-10.0\text{‰}$ (与无降雨时水中的 $\delta^{13}\text{C}$ -DIC值接近),而土壤 $\text{CO}_2$ 直接溶于水所形成的DIC的 $\delta^{13}\text{C}$ 值约 $-16\text{‰}$ ,即其来源的DIC成分增加,会导致水体的 $\delta^{13}\text{C}$ -DIC变负。因此可以看出,降雨时大量土壤 $\text{CO}_2$ 被雨水带入水体,使土壤 $\text{CO}_2$ 直接溶于水中形成的DIC的比例明显增加,从而使水体 $\delta^{13}\text{C}$ -DIC值变小。但是由于影响因素较多,比如我们对样品DOC的分析发现,在降雨时DOC明显增加,最高时浓度达到 $4.7\text{ mg/L}$ ,远大于无降雨时水体中的含量( $1\text{ mg/L}$ ),而DOC浓度的升高,意味着水体中有机酸增多,有可能促进岩石风化,从而使碳同位素组成发生改变。另外,降雨时水体中的硫酸根对岩石的风化过程也可能有影响,这同样可以导致碳同位素组成的变化。因此,精确估算不同来源的DIC所占比例,还需要进一步的分析。

综上所述,集水区地表水的化学和碳同位素组成对降雨过程的响应快而程度显著:降雨时,大量土壤 $\text{CO}_2$ 和土壤溶解有机碳进入水体,加速矿物岩石的溶解,致使土壤可交换态矿质养分的大量洗脱流失。我们的研究结果在揭示喀斯特环境物质水文地球化学循环规律的同时,更有意义的是深化了对喀斯特生态系统演化与养分循环的关系的理解,并为喀斯特生态系统的管理提供了科学依据。

基金项目:中国科学院西部行动计划项目(KZCX2-XB2-08);国家重点基础研究发展规划项目(2006CB403200);国家自然科学基金资助项目(40721002)