

# 内蒙古东北部林区 CO<sub>2</sub> 含量变化规律研究

李彭俊<sup>1</sup> 李兴华<sup>1</sup> 韩 芳<sup>1</sup> 杨忠霞<sup>2</sup> 张存厚<sup>1</sup>

(1. 内蒙古生态与农业气象中心, 呼和浩特 010051; 2. 内蒙古阿尔山市气象局)

**提 要:** 在全球气候变暖和 CO<sub>2</sub> 浓度升高的背景下, 内蒙古森林和草原对碳汇循环的贡献越来越重要。从 CO<sub>2</sub> 浓度变化的角度, 利用 LI-7500 开路式 CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O 分析仪进行定位观测试验, 以天然状态下内蒙古东部林区的落叶松林为主要研究对象, 采用 SPSS 统计分析软件对 2004 年 5 月至 2007 年 5 月的 CO<sub>2</sub> 含量的观测数据与主要环境因子进行了分析研究。研究表明, 内蒙古东部林区的 CO<sub>2</sub> 含量具有明显的日变化特征, CO<sub>2</sub> 含量在每日正午 14 时前后达到最低, 日落后开始逐渐升高, 到日出前后达到最高; CO<sub>2</sub> 含量日变化与气温的日变化呈负相关关系, 相关系数为 -0.666; 与气压的日变化在夏季和冬季呈现正相关, 相关系数分别为 0.752 和 0.442; 降水量的季节分布与其季节含量的变化规律呈负相关关系, 相关系数分别为 -0.5464。CO<sub>2</sub> 含量的季节变化明显, 夏季的明显比其他三季低, 说明林区对 CO<sub>2</sub> 的吸收效应较强; CO<sub>2</sub> 含量的年代变化逐年增加的趋势明显, 且不同年份其变化特征也存在一定差异。

**关键词:** CO<sub>2</sub> 含量 SPSS 统计分析 全球变暖

## 引 言

随着全球气候变暖和温室气体排放量的增加, 全球温度在过去 140 年中升高了 0.6℃。如果全球变暖的趋势持续, 在未来 100 年中, 全球温度将上升 1.4~5.8℃。以增暖和大气温室气体浓度增加为特征的全球气候变化, 已成为当前国际社会各界关注的焦点。目前大气中 CO<sub>2</sub> 的浓度比地球间冰期的最大值还要高出 10<sup>-4</sup>, CO<sub>2</sub> 浓度的增长速率至少是过去四十万年来的 10 倍, 甚至可能达 100 倍<sup>[1]</sup>。施小英、徐祥德等通过对全国 600 个站气温的统计和模拟研究, 得出的气温在中国区域都有上升趋势, 这与全球气

候变暖的趋势相一致<sup>[2]</sup>。在碳交换的过程中, 森林生态系统作为陆地生态系统中主要的碳吸收和交换的场所, 在全球碳循环研究中具有着重要意义。

森林生态系统不但可以向社会提供林产品、生物资源和旅游资源, 而且还具有涵养水源、保持土壤、防止水土流失、调节气候、维护 CO<sub>2</sub> 平衡、净化大气、保护和维持生物多样性等方面的功能。具有更高的碳密度贮量和最高的生产力以及生物量积累, 森林与大气碳交换量占陆地生态系统与大气碳总交换量的 90% 以上<sup>[3]</sup>。王文杰等利用涡度协方差法和生理生态法在大兴安岭南部边缘开展落叶松林 CO<sub>2</sub> 通量的初步研究<sup>[4]</sup>。内蒙古自治区有森林总面积约 1866.7 万公

顷，占全国森林总面积的 11%，居全国第 1 位。内蒙古森林资源大部分集中在大兴安岭北部山地，原始森林占全区林地面积的 50%，林木蓄积量占全区林地活立木蓄积量的 75% 以上，被誉为“祖国的绿色宝库”。这里盛产的兴安落叶松、樟子松、白桦、黑桦、山杨、蒙古柞等，均为著名的优质木材。其中在呼伦贝尔市西北部和阿尔山的樟子松林仍保持着原始森林的特征，是区域环境变化的敏感地带。另外，阿尔山林区是草甸草原包围下的林区，多年来由于林区人烟稀少，监测站点稀疏，对森林气候的认识还不充分；随着国际上对  $\text{CO}_2$  排放量的限制，加强内蒙古林区和草原  $\text{CO}_2$  吸收、排放和通量的研究，确定对碳汇循环的贡献，对减缓气候变暖和国家争取外交的主动权具有重要意义。

## 1 研究方法

### 1.1 试验地点

监测地点位于大兴安岭西南麓阿尔山市，地理位置为  $47^{\circ}10'N$ 、 $119^{\circ}56'E$ ，海拔高度为 997.2m。地形特征为山地丘陵，监测区下垫面为森林及部分湿地，周围为群山环抱的森林，年降水量为 452.9mm 左右，蒸发量 1126.1mm，属于温带大陆性季风气候，冬季严寒、夏季凉爽湿润、气温年较差和日较差大、光照充足。年平均气温为  $-2.7^{\circ}\text{C}$ ，极端最高气温  $36.0^{\circ}\text{C}$ ，最低气温  $-44.5^{\circ}\text{C}$ ，年平均大风次数 29.9 次。监测区周围森林茂密，植被完好，森林覆盖率达 62%，是开展森林碳汇循环研究的理想场所。

### 1.2 试验方法与数据资料

利用 LI-7500 开路式  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$  分析仪

进行定位观测试验，仪器在 2004 年初安装并开始进行连续观测。

$\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ 、温度、气压等资料来自试验观测，降水资料来自当地气象台站的自动站观测资料。数据资料通过整理分析，将以秒为单位观测的资料按 30 分钟计算平均值，并对数据资料进行校正，当前后两个数的距平小于 50 时为正确，大于和等于 50 为错误，剔除错误数据，生成新的数据库。利用 SPSS 统计分析软件进行相关分析。

### 1.3 研究区季节的划分

研究区域的气候特点是冬季严寒漫长，夏季短促且雨热同季，有利与植物生长，春秋季节干旱少雨，气候干燥，容易发生森林火灾。根据温带森林和草原植物生长物候期特征，将研究区域的四季按照春季 5—6 月份，夏季 7—8 月份，秋季 9—10 月份，冬季 11—12 月及翌年 1—4 月进行划分。

## 2 结果与讨论

### 2.1 $\text{CO}_2$ 含量的日变化

研究区域  $\text{CO}_2$  含量的主要来源以外界空气流入的  $\text{CO}_2$  为主、其次为植物根系、土壤微生物、土壤动物等的土壤呼吸作用和植株细胞夜间呼吸作用产生的  $\text{CO}_2$ ，非生物过程的土壤有机质的化学氧化分解过程也产生少量的  $\text{CO}_2$ <sup>[5]</sup>。图 1 中显示，针叶林区  $\text{CO}_2$  含量的日变化具有明显“U”形和余弦曲线特征，每日的正午前后是  $\text{CO}_2$  含量的低值区，13—14 时  $\text{CO}_2$  含量达到最低；每日的清晨是  $\text{CO}_2$  含量的高值区；一般以每日的日出时间为分界线，日出前  $\text{CO}_2$  含量达到最高，日出后  $\text{CO}_2$  含量逐渐下降，日落后  $\text{CO}_2$  含量又逐渐上升，这说明林木利用光合作用降低大气中的  $\text{CO}_2$  浓度具有积

极的作用。CO<sub>2</sub> 含量最高值出现在夏季 4 时, 最小值出现在夏季 14 时; CO<sub>2</sub> 含量最大日较差出现在夏季, 为  $129.88 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 最小日较差出现在冬季, 为  $56.77 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 这说明针叶森林的光合作用在夏季最旺盛, 而冬季也没有完全停止。

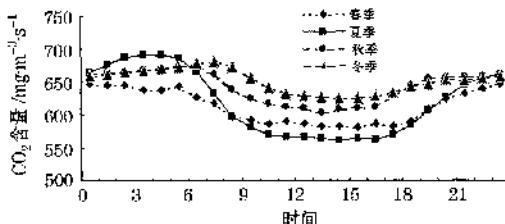


图 1 天然针叶林区四季 CO<sub>2</sub> 含量日变化图

将主要环境因子与 CO<sub>2</sub> 含量通过 SPSS 软件进行相关性分析得出, CO<sub>2</sub> 含量 ( $f$ ) 日变化与气温的日变化呈负相关关系, 相关系数为 -0.666, 并且通过了  $\alpha=0.01$  的 F 检验, 这说明在白天随着温度的升高, 由于林木的光合作用, 使 CO<sub>2</sub> 含量降低, 尤其每天 14 时为最高气温出现的时段, 也是 CO<sub>2</sub> 含量最低的时候; 清晨是一天中温度最低的时段, 也是 CO<sub>2</sub> 含量最高的时期。CO<sub>2</sub> 含量 ( $f$ ) 日变化与气压的日变化在夏季和冬季呈现正相关, 相关系数分别为 0.752 和 0.442, 并且通过了 0.05 的 F 检验, 而在春季和秋季呈现负相关, 相关系数分别为 -0.117 和 -0.268, 这是由于 CO<sub>2</sub> 含量变化与风速的大小相关更密切, 而春秋季节由于风大, 外界 CO<sub>2</sub> 流入量增加, 气压变化不均衡, 造成相关不密切; 在夏季和冬季由于风速小, 气压主要受到温度的影响, 而温度的变化与 CO<sub>2</sub> 含量呈负相关, 气温与气压呈负相关, 因此气压与 CO<sub>2</sub> 含量呈正相关关系。

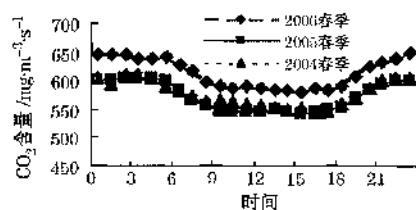
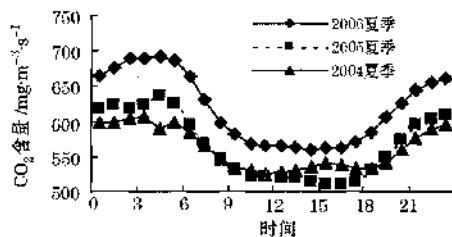
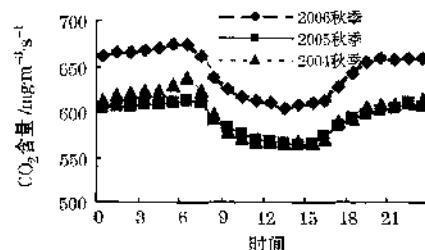
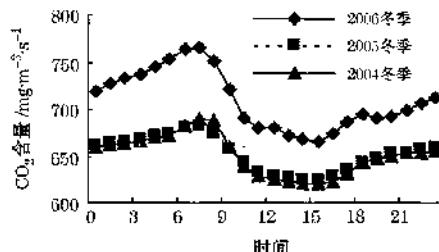
## 2.2 CO<sub>2</sub> 含量的季节变化

图 1 显示, 北方针叶林区 CO<sub>2</sub> 含量的

季节变化明显, 白天夏季 CO<sub>2</sub> 含量最低, 冬季最高, 秋季次高, 春季次低; 夜晚夏季的 CO<sub>2</sub> 含量最高, 其次是冬季和秋季, 春季的最低。这主要是由于夏季白天林木光合作用吸收了大量的 CO<sub>2</sub>, 而夜晚林木自身的呼吸作用、土壤的呼吸作用和土壤有机质的化学氧化分解作用比其他季节强, 因此出现白天低晚上高的现象。另外各季节 CO<sub>2</sub> 含量的变化趋势是一致的, 都是白天低晚上高, 与草地 CO<sub>2</sub> 含量的变化有明显的差别, 草地的 CO<sub>2</sub> 含量在冬季白天和夜间的变化不明显。

## 2.3 CO<sub>2</sub> 含量的年变化

图 2~5 显示, 北方针叶林区 CO<sub>2</sub> 含量的年度变化呈现逐年递增的趋势。其中 2004 年和 2005 年的 CO<sub>2</sub> 含量年变化接近; 而 2006 年的 CO<sub>2</sub> 含量年变化显著增加, 平均增加幅度为  $50.49 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ 。在各季节 CO<sub>2</sub> 含量年增加幅度中春季 CO<sub>2</sub> 含量增幅最小, 为  $40.49 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 而冬季最高为  $57.22 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 夏季次高为  $53.77 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 秋季次低为  $50.47 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 年最大增幅距平为  $16.73 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 从时间变化看, 夜间的年增幅明显比白天的增加幅度大, 春季昼夜最大距平为  $12.88 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 夏季昼夜最大距平为  $15.05 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 秋季昼夜最大距平为  $25.86 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 冬季昼夜最大距平为  $43.01 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 这说明林区 CO<sub>2</sub> 含量的增加主要是由于大气中 CO<sub>2</sub> 含量的增加所造成的, 不是由于森林内部排放造成的。春夏昼夜距平较小说明森林对降低大气中的 CO<sub>2</sub> 含量具有明显的作用。降水量的季节分布与 CO<sub>2</sub> 含量的季节变化规律呈负相关关系, 相关系数为 -0.5464。

图2 春季CO<sub>2</sub>含量年度对比图图3 夏季CO<sub>2</sub>含量年度对比图图4 秋季CO<sub>2</sub>含量年度对比图图5 冬季CO<sub>2</sub>含量年度对比图

### 3 小结

通过对2004—2007年三个观测年度资

料的统计分析，初步得出内蒙古东北部针叶林区的CO<sub>2</sub>含量具有明显的日变化特征，CO<sub>2</sub>含量在每日正午14时前后达到最低，日落后CO<sub>2</sub>含量开始逐渐升高，到日出前后达到最高；CO<sub>2</sub>含量的季节变化明显，夏季的明显比其他三季低，说明林区对CO<sub>2</sub>的吸收效应较强；最小日较差出现在冬季，为56.77 mg·m<sup>-3</sup>·s<sup>-1</sup>，说明针叶森林的光合作用在夏季最旺盛，而冬季也没有完全停止。CO<sub>2</sub>含量的年代变化逐年增加的趋势明显，且不同年份其变化特征也存在差异。CO<sub>2</sub>含量(f)日变化与气温的日变化呈负相关关系，相关系数为-0.666；与气压的日变化在夏季和冬季呈现正相关，相关系数分别为0.752和0.442；降水量的季节分布与其季节含量的变化规律呈负相关关系，相关系数分别为-0.5464。

### 参考文献

- [1] Canadell J G, Dickinson R, Hobbie K, et al. 2003. The Global Carbon Project Science Framework and Implementation [R]. Earth System Partnership (IGBP, IHDP, WCRP, DIVERSITAS) Report No. 1: Global Carbon Project No. 1, 2003, Canberra.
- [2] 施小英, 徐祥德, 徐影. 中国600个站气温和IPCC模式产品气温的比较[J]. 气象, 2005, 31(7): 49-53.
- [3] 周玉荣, 于振良, 赵士洞. 我国主要森林生态系统碳贮量和碳平衡[J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 518-522.
- [4] 王文杰, 祖元刚, 王辉民, 等. 基于涡度协方差法和生理生态法对落叶松林CO<sub>2</sub>通量的初步研究[J]. 植物生态学报, 2007, 31(1): 118-128.
- [5] 曲达仁, 陈佐忠等主编. 内蒙古半干旱草原土壤—植被—大气相互作用[M]. 北京: 气象出版社, 353-361.