

腾格里沙漠民勤实验点夏季沙丘CO₂浓度变化

赵景波^{1,2}, 邵天杰¹, 郁科科¹, 李恩菊¹, 成爱芳¹, 孟静静¹, 董治宝^{1,3}

(1. 陕西师范大学旅游与环境学院, 西安 710062; 2. 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室, 西安 710075; 3. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000)

摘 要:为查明腾格里沙漠沙丘CO₂浓度和昼夜变化规律,利用红外CO₂监测仪在2009年夏季对腾格里沙漠西南部的民勤沙丘CO₂浓度变化进行了昼夜连续观测,研究了不同类型、不同深度沙丘CO₂浓度变化。研究得出:所有实验点CO₂浓度在深度上的变化与通常观测的不同,2 m和4 m处的CO₂浓度都比1 m处的大;固定沙丘的昼夜CO₂浓度累积值大于半固定沙丘的昼夜CO₂浓度累积值,而半固定沙丘的昼夜CO₂浓度累积值又大于流动沙丘的昼夜CO₂浓度累积值;沙丘白天CO₂浓度累积值高于夜间;在极端干旱的腾格里沙漠西南部,不论是固定沙丘、半固定沙丘还是流动沙丘,CO₂浓度在一昼夜内也具有清楚的变化规律,即从当日09:00左右到次日09:00点左右均呈现由低到高再到低的变化,但CO₂浓度升降相对于大气温度的升降具有一定的滞后性,滞后时间约1~3 h;沙丘CO₂浓度和大气温度之间存在显著的正相关关系,温度是决定CO₂昼夜浓度变化规律的主要因素。在极端干旱的民勤沙漠区,各类沙丘沙层中的CO₂浓度都明显高于空气CO₂浓度。

关 键 词:腾格里沙漠;沙丘CO₂浓度;昼夜变化规律;CO₂深度变化;CO₂释放;影响因素

大气中CO₂是造成温室效应和引起全球气候变暖的主要气体之一^[1]。它的源汇问题一直是全球气候变化与碳循环研究的焦点问题之一^[2-5]。人们对岩溶作用过程中CO₂循环^[2],农田^[5-6]、草地^[7-8]、湿地^[9-10]、冻原^[11-13]以及不同深度不同植被类型^[14-15]等生态系统的土壤CO₂浓度作过许多研究。已经认识到土壤是一个巨大的碳库,土壤释放的CO₂主要是由微生物和植被的根系呼吸以及,另有极少的部分来自于土壤中的化学氧化过程。CO₂释放量有增加农作物产量的作用^[16],也是促进植被生长和岩溶作用的积极因素^[17-18],但释放量的异常增加常常会给人们的生产和生活带来不利影响,甚至导致温室效应的发生。因此,CO₂释放量和释放规律的研究既有理论意义,又具有重要的实际意义。本文通过对民勤不同沙丘夏季CO₂浓度的连续昼夜观测,探讨该地夏季不同沙丘类型CO₂浓度的昼夜变化规律及其影响因素。

1 研究区自然概况及研究方法

腾格里沙漠跨越甘肃、宁夏、内蒙古三省区,东

西宽180 km,南北长240 km,总面积约4.3×10⁴ km²,是中国的第四大沙漠。民勤位于腾格里沙漠西北,地处河西走廊东段,石羊河下游,属于温带干旱气候区,具有典型的大陆性气候特点。民勤绿洲总面积约1.6×10⁴ km²,人口30.8×10⁴人,海拔1000~1936 m,南高北低,四周隆起,中部平缓,呈阶梯状地堑构造。多年平均降水量为110 mm左右,年蒸发量2419.6 mm,是降水量的20多倍,且降水多集中于7、8、9三个月,占全年降水量73%。全年盛行西北、西北偏西风,夏秋季东风也比较盛行。

采用便携式人工土钻在选定的沙丘上分别打出1 m、2 m、4 m深的测量孔,然后用GXH-3010D型红外线CO₂分析仪对每个深度和地面1 m高度空气中的CO₂浓度进行昼夜监测,监测间隔为1 h,同时记录地面1 m高度空气温度和地下1 m深处沙层的温度。

2 观测结果

2009年7月中旬对民勤治沙站3号塔附近沙丘不同深度的CO₂浓度进行了间隔为1 h的连续6个

收稿日期:2010-01; 修订日期:2010-07.

基金项目:教育部“长江学者”特聘教授项目(801813)。

作者简介:赵景波(1953-),男,山东滕州人,博士,教授,博士生导师。主要从事第四纪和区域环境学研究。

E-mail: zhaojb@snnu.edu.cn

昼夜观测。观测时间段内天气始终晴好。现将观测结果介绍如下。

2.1 固定沙丘CO₂浓度变化

2009年7月13日17:40至14日16:40对固定沙丘a₁不同深度的CO₂浓度进行了间隔为1 h的连续昼夜观测(图1a₁)。通过对观测结果分析可知,2 m深处的24 h CO₂浓度的平均值最大,为0.192%,变化范围为0.176%~0.21%,1 m深处24 h CO₂浓度平均值最小,只有0.127%,变化范围为0.11%~0.139%,3 m深处的24 h CO₂浓度平均值为0.183%,介于2 m和1 m深度之间,变化范围为0.167%~0.198%。相同时间段固定沙丘不同深度的CO₂浓度在一昼夜内的变化有很大差异。虽然

不同深度CO₂浓度的低值段都出现在19:40至次日09:40时段内,但是CO₂浓度的最小值出现时间不同,1 m处由于受气温等因素的影响较大,CO₂浓度的最小值出现在次日05:40,而2 m和3 m深度相对较深,受气温等因素的影响比较小,其CO₂浓度的最小值分别出现在06:40和07:40。不同深度CO₂浓度的高值段都出现在08:40至19:40时段内,且最大值都出现在12:40至15:40之间。

2009年7月15日18:00至16日17:00对固定沙丘a₂不同深度CO₂浓度进行间隔为1 h的连续昼夜观测(图1a₂)。通过对观测结果分析可知,固定沙丘a₂与a₁不同,4 m深处24 h CO₂浓度平均值最高,为0.136%,变化范围为0.116%~0.15%;1 m深处24 h

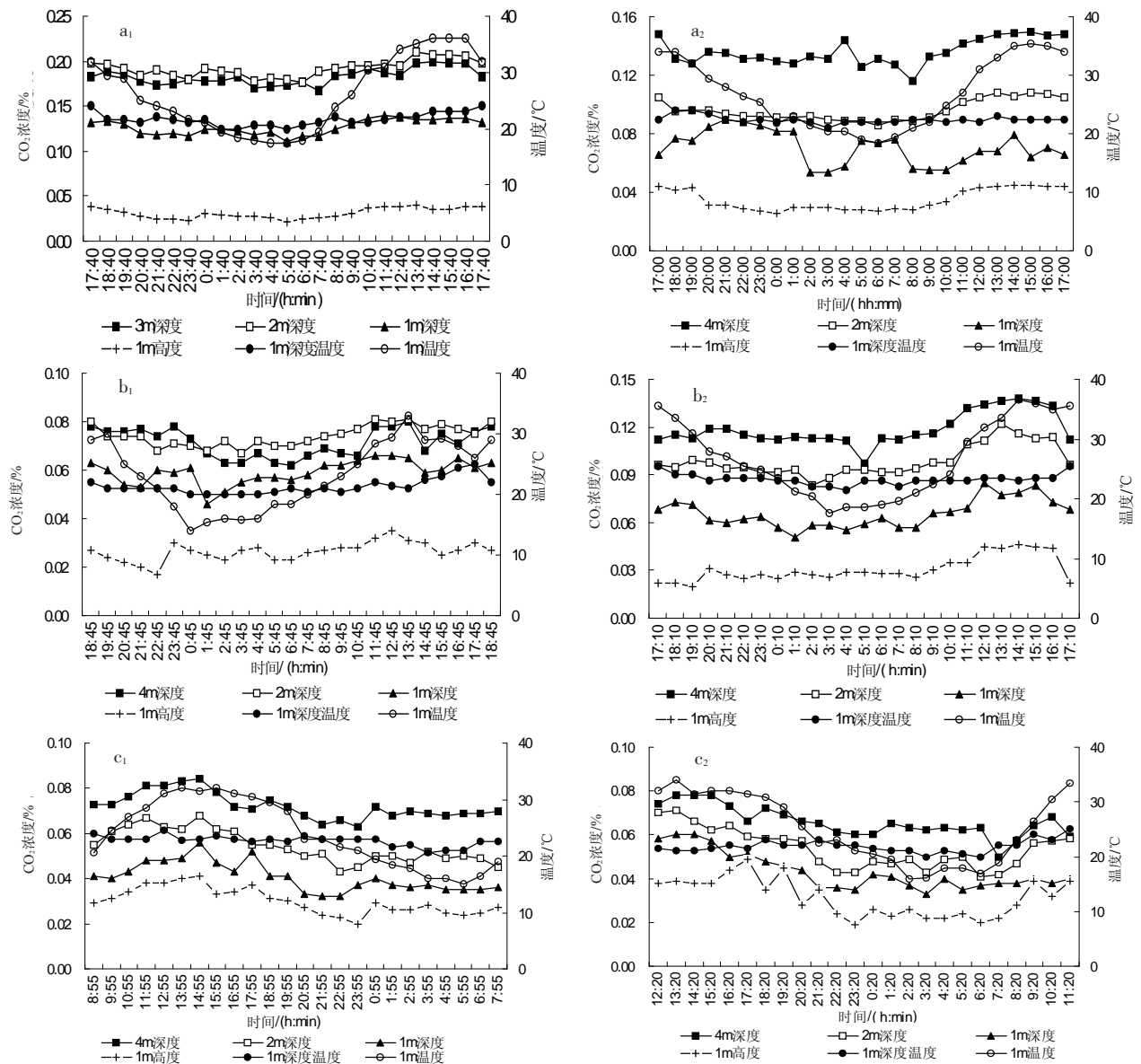


图1 2009年7月民勤沙丘CO₂浓度与气温的昼夜变化

Fig.1 Change of temperature and CO₂ concentration from dunes in Minqin County in 24 hours in July, 2009

CO₂浓度的平均值最低,只有0.071%,变化范围为0.054%~0.09%;2 m深处24 h CO₂浓度平均值为0.096%,介于4 m和1 m深度间,变化范围为0.086%~0.108%。观测结果还显示1 m、2 m和4 m深度的CO₂浓度的最小值分别出现在次日02:00~03:00、06:00和08:00。结合温度的昼夜观测结果可知,固定沙丘不同深度CO₂浓度高低时段与温度高低时段存在一定的对应关系。固定沙丘1 m深度CO₂浓度高低时段的变化与1 m高度气温高低时段的变化基本一致,固定沙丘的2 m、3 m和4 m深处CO₂浓度在白天的峰值时段变化比温度的峰值时段变化有一定的滞后性,滞后约1~3 h。白天太阳辐射强,地表升温迅速,沙丘的1 m深度的沙层温度和1 m高度的气温升降迅速,而2 m和3 m处的沙层深度较大,沙层温度升降缓慢,且持续时间较长。由此可见,固定沙丘的CO₂浓度与温度呈现正相关关系。

2.2 半固定沙丘CO₂浓度变化

2009年7月11日18:45至12日17:45对半固定沙丘b₁不同深度的CO₂浓度进行间隔为1 h的连续昼夜观测(图1b₁)。通过对观测结果分析可知,半固定沙丘b₁同固定沙丘a₁一样是2 m深处24 h CO₂浓度的平均值最大,为0.074%,变化范围为0.067%~0.081%;1 m深处24 h CO₂浓度的平均值最小,只有0.059%,变化范围为0.046%~0.066%;4 m深处24 h CO₂浓度的平均值为0.072%,介于2 m深和1 m深度之间,变化范围为0.062%~0.08%。相同时间段半固定沙丘不同深度CO₂浓度在一昼夜内的变化也有一定差异。虽然不同深度CO₂浓度的低值段都出现在夜间,但是低值段开始时间和结束时间不同,1 m深处CO₂浓度低值段出现最早,为20:45至次日07:45;2 m深处和4 m深处的CO₂浓度低值段出现依次要晚些,分别为22:45至次日07:45和次日01:45至10:45。由于受气温等因素的影响程度不同,CO₂浓度最小值出现时间也不同,1 m深处CO₂浓度的最小值出现在次日01:45,而2 m深处和4 m深处所处深度大一些,受气温等因素的影响比较小,CO₂浓度的变化相对缓慢,其CO₂浓度的最小值分别出现在次日03:45和06:45,均滞后于00:45出现的空气最低温度。不同深度的CO₂浓度的高值段都出现在光照强烈、温度较高的白天。1 m、2 m和4 m深处CO₂浓度的最大值均出现在中午,分别为次日12:45、13:45、13:45。

2009年7月15日17:10至16日16:10对半固定沙丘b₂不同深度的CO₂浓度进行间隔为1 h的连续昼夜观测(图1b₂)。通过对观测结果分析可知,半固定沙丘b₂同固定沙丘a₂一样也是4 m深处的24 h CO₂浓度的平均值最大,为0.119%,变化范围为0.097%~0.138%;1 m深处24 h CO₂浓度平均值最小,只有0.066%,变化范围为0.051%~0.085%;2 m深处的24 h CO₂浓度的平均值为0.099%,介于4 m深处和1 m深度之间,变化范围为0.083%~0.122%。相同时间段内,半固定沙丘不同深度CO₂浓度在一昼夜内的变化差异主要表现为低值段开始的时间不同,1 m深处的CO₂浓度低值段出现最早,2 m和4 m深处的CO₂浓度低值段出现依次要晚些,而且4 m深处的CO₂浓度低值段结束时间是最晚的,1 m、2 m和4 m深处的CO₂浓度低值段分别为20:10至次日08:10;分别为21:10至次日08:10和22:10至次日09:10。此外,CO₂浓度最小值出现时间也不同,1 m深处CO₂浓度的最小值出现在次日01:10,而2 m和4 m所处深度相对较大,受气温、风、光照等因素的影响比较小,CO₂浓度的变化相对缓慢,其CO₂浓度的最小值分别出现在次日02:10和05:10。不同深度的CO₂浓度的高值段都出现在光照强烈、温度较高的白天。1 m、2 m和4 m深处CO₂浓度的最大值均出现的时间分别为次日12:10、13:00、14:10。

2.3 流动沙丘CO₂浓度变化

2009年7月13日08:55至14日07:55对流动沙丘c₁不同深度的CO₂浓度进行了间隔为1 h的连续昼夜观测(图1c₁)。分析观测结果可知,流动沙丘c₁4 m深度24 h CO₂浓度最大,平均值为0.072%,变化范围为0.063%~0.084%;1 m深处的24 h CO₂浓度的平均值最小,只有0.041%,变化范围为0.032%~0.056%;2 m深处的24 h CO₂浓度的平均值介于2 m深处和1 m深处之间,为0.054%,变化范围为0.043%~0.067%。流动沙丘c₁不同深度的CO₂浓度昼夜平均值要小于前面的固定沙丘和半固定沙丘。同固定沙丘和半固定沙丘相似,流动沙丘c₁处4 m深度和2 m深度CO₂浓度的低值段出现时间比1 m深处要晚些。不同深度CO₂浓度的高值段出现在光照强烈、温度较高的白天。1 m、2 m和4 m深处CO₂浓度最大值均出现在午后的14:55。

2009年7月13日12:20至14日11:20对流动沙丘c₂不同深度的CO₂浓度进行间隔为1 h的连续昼夜观测(图1c₂)。通过对观测结果分析可知,该处的

CO₂浓度总体较小,是6个实验点中最小的一个。其中4 m深处24 h CO₂浓度的平均值最大,也仅为0.066%,变化范围0.050 ~ 0.078%;1 m深处24 h CO₂浓度的平均值最小,只有0.043%,变化范围为0.033% ~ 0.06%;2 m深处24 h CO₂浓度平均值为0.054%,介于2 m和1 m深处之间,变化范围为0.041% ~ 0.071%。相同时间段流动沙丘不同深度的CO₂浓度在一昼夜内的变化主要是4 m深处CO₂浓度低值段比2 m和1 m深处的CO₂浓度低值段出现要晚。此外,由于受气温、风、光照等因素的影响程度不同,CO₂浓度的最小值出现时间也不同,1 m深处CO₂浓度的最小值出现在次日03:20,而2 m深处和4 m深处受气温、风、光照等因素的影响比较小,CO₂浓度的变化相对缓慢,其CO₂浓度的最小值分别出现在次日06:20和07:20。同其它类型的沙丘一样,流动沙丘c₂不同深度CO₂浓度高值段也出现在光照强烈、温度较高的白天。1 m、2 m和4 m深处CO₂浓度的最大值分别出现在13:20、13:20、14:20。

3 讨论

3.1 CO₂浓度在深度上的变化

固定沙丘a₁实验点2 m深处的CO₂浓度的昼夜累积值是所有观测点中最大的,为4.795%,而CO₂浓度昼夜最小的积值出现在流动沙丘c₁实验点的1 m深处,为0.974%,仅为前者的1/5左右。在所有实验点中2 m和4 m深处的CO₂浓度都比1 m深处的大(图1)。这是由于沙丘沙层中CO₂主要是微生物分解有机质产生的,所以植被发育好的沙丘有机物含量高,为CO₂的产生提供了物质条件。沙丘的结构疏松多孔,利于微生物活动和CO₂的产生。在地下2 ~ 4 m沙层中温度适宜,不受蒸发作用的影响,含水量较高,利于微生物活动,所以沙丘之下4 m左右深处CO₂含量仍较高。1 m深度沙层中含水量较低,微生物数量少,其活动产生的CO₂也较少。

此外,植物根系的呼吸会产生一定的CO₂,这也是植物发育好的沙丘中CO₂浓度高的原因之一。

3.2 不同类型沙丘CO₂浓度差异

不同类型、不同深度沙丘昼夜CO₂浓度的累积值具有较大的差异。固定沙丘的昼夜CO₂浓度的累积值大于半固定沙丘的昼夜CO₂浓度的累积值,而半固定沙丘的昼夜CO₂浓度累积值又大于流动

沙丘昼夜CO₂浓度累积值(图2)。流动沙丘c₁和c₂相同深度的CO₂浓度昼夜累积值很接近,而固定沙丘a₁和a₂、半固定沙丘c₁和c₂相同深度CO₂浓度的昼夜累积值却存在着较大的差异,如固定沙丘a₁实验点2 m深处的CO₂浓度昼夜累积值约是a₂实验点2 m深处CO₂浓度昼夜累积值的两倍。造成这种差异的主要原因是不同类型沙丘上发育的植被和植物密度不同,流动沙丘上几乎没有植物分布,也就不会受到植物分布位置和稠密状况的影响,固定沙丘和半固定沙丘相同深度CO₂浓度的昼夜累积值却常常会因为植被分布的位置和稠密状况的不同而有很大的差异,植物密集之处CO₂浓度比植物稀疏之处的高。土层和沙层CO₂主要是微生物分解有机物产生的,约有60%的CO₂是这样产生的^[19]。植物的生长为微生物活动提供了物质条件,所以植物分布较多的沙丘中CO₂浓度较高,裸露沙丘中CO₂浓度较低。

3.3 沙层昼夜温度变化与CO₂浓度变化规律

前人对草原区、半湿润地区和湿润地区CO₂昼夜浓度变化开展了许多研究,认识到从当日早晨到次日早晨,土壤CO₂浓度具有从低到高再到低的变化规律^[20-25]。然而在环境极端干旱恶劣的沙漠区和裸露沙层丘上CO₂浓度是否存在昼夜规律的变化尚不明确。

民勤沙漠地区的观测资料表明,沙丘的CO₂浓度白昼高,夜间低。白天12 h内沙丘CO₂浓度累积值占52% ~ 58%左右,而夜间12 h占42% ~ 48%左右。不论是固定沙丘、半固定沙丘还是无植物生长的裸露的流动沙丘,CO₂的浓度在一昼夜内从当日09:00左右到次日09:00左右均呈现由低到高再到低的变化规律,这种变化与昼夜温度从低到高再到低的变化相一致。这是沙漠区沙层CO₂浓度变化

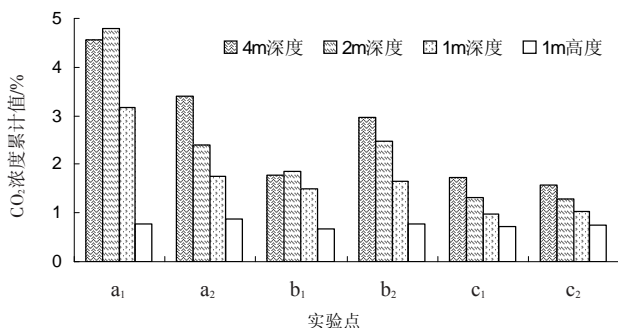


图2 不同类型、不同深度沙丘昼夜CO₂浓度累积值对比
Fig.2 Comparison of the cumulative value of CO₂ concentration from different types of dunes in 24 hours at different depths

的普遍规律。究其原因,这是大气温度变化造成的。早晨大气温度开始升高,到下午14:00左右温度上升到最高,之后开始降低,并一直持续到次日早晨。在一昼夜内,大气温度从当日早晨到次日早晨呈现由低变高再变低的规律,这是沙丘深层CO₂在一昼夜内呈现由低到高再到低的主要原因。由于沙丘沙层厚度大,深层温度的升降相对于大气温度的升降具有滞后性,一般滞后1~3 h,这就导致了两者具有不同步变化的现象。

所有实验观测点不同深度沙丘CO₂浓度和大气温度之间有着相似的变化规律(图1)。不同深度沙丘CO₂浓度和大气温度之间的相关性分析结果表明,在4 m深度以内,除固定沙丘a₂测点1 m深度外,其它沙丘CO₂浓度和大气温度之间均存在显著

的线性正相关关系(图3)。不同深度沙丘CO₂浓度和大气温度之间具有如此显著的相关性,是因为沙丘中的微生物活动主要受温度的影响。温度升高,微生物活动加强,加速了沙丘中有机质的分解和CO₂的产生,同时沙丘中生物的呼吸作用也会加强,这些都促使了沙丘CO₂浓度的增大。

不同深度沙丘CO₂浓度与大气温度的线性拟合模型和指数分布模型如图3所示,图3中线性拟合模型和指数分布模型的曲线几乎完全重合,同样显示大气温度与沙丘CO₂浓度具有显著的正相关关系。不同深度沙丘CO₂浓度和大气温度的线性拟合模型和指数分布模型的相关系数如表1所示。

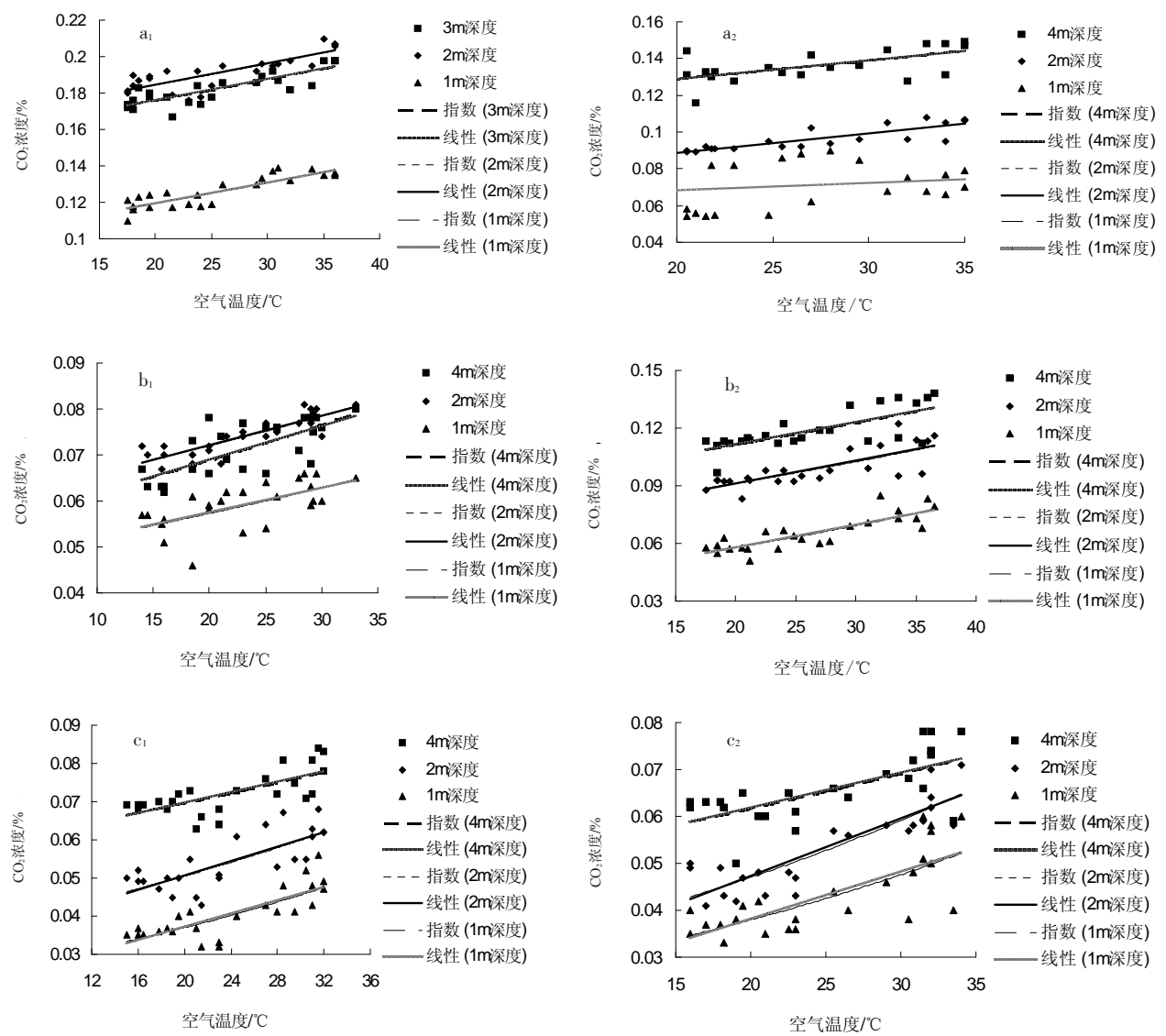


图3 大气温度与不同深度沙丘CO₂浓度的线性拟合模型和指数分布模型
Fig.3 The linear correlation between air temperature and dune CO₂ concentration at different depths

表1 不同深度沙丘CO₂浓度与气温的线性关系和指数关系

Tab.1 The linear correlation coefficient and exponential correlation between temperature and dune CO₂ concentration at different depths

沙丘类型	孔深/m	线性模型 相关系数	指数模型判 定系数	沙丘类型	孔深 /m	线性模型 判定系数	指数模型 判定系数
固定沙丘	3	0.848	0.845	固定沙丘	4	0.678	0.671
a ₁	2	0.819	0.813	a ₂	2	0.882	0.887
半固定沙丘	1	0.884	0.879	b ₂	1	0.197	0.225
b ₁	4	0.718	0.720	流动沙丘	4	0.719	0.714
c ₁	2	0.853	0.851	c ₂	2	0.769	0.773
	1	0.622	0.605		1	0.837	0.840
	4	0.711	0.704		4	0.679	0.663
	2	0.765	0.761		2	0.867	0.867
	1	0.794	0.792		1	0.759	0.768

4 结论

根据对民勤不同类型、不同深度沙丘中CO₂浓度的昼夜观测资料 and 理论分析,可得出以下结论:

(1) 在所有实验点中2 m深度和4 m深度CO₂浓度都比1 m深度的大。这与通常对细粒土层观测得出的4 m深度土层CO₂浓度小于1 m不同,这应该是所观测的沙丘上生长的植物根系比细粒土层植物根深和1 m之上沙层含水量较低的结果。

(2) 由于受到植被分布不同的影响,不同类型、不同深度沙丘昼夜CO₂浓度具有较大的差异。植物分布稠密的固定沙丘的CO₂浓度大于半固定沙丘的CO₂浓度,植物分布较多的半固定沙丘的CO₂浓度又大于植物稀少的流动沙丘的CO₂浓度。

(3) 沙丘白昼CO₂浓度略大于夜间。民勤沙漠区沙层CO₂浓度明显高于大气CO₂浓度,表明该区可能是CO₂的释放区。

(4) 不论是固定沙丘、半固定沙丘还是流动沙丘,CO₂浓度在一昼夜内从当日09:00左右到次日09:00左右均呈现由低到高再到低的变化规律,这种变化与昼夜温度从低到高再到低的变化相一致。但由于沙丘沙层厚度大,深层温度的升降相对于大气温度的升降具有滞后性,一般滞后1~3 h,这就导致了两者的变化具有不同步性的现象。

(5) 沙丘CO₂浓度和大气温度之间存在显著的正相关关系。温度是决定CO₂昼夜浓度变化规律的主要因素。

参考文献

[1] 彭少麟,李跃林,任海,等. 全球变化条件下的土壤呼吸效应. 地球科学进展, 2002, 17(5): 705-713.

[2] 袁道先. 碳循环与全球岩溶. 第四纪研究, 1993, 13(1): 17-24.

[3] Keeling R F. Global and he mispherical CO₂ sinks deduced from changes in atmospheric concentration. Nature, 1996, 381: 218-221.

[4] 郎一环,王礼茂,王冬梅. 能源合理利用与CO₂减排的国际经验及其对我国的启示. 地理科学进展, 2004, 23(4): 28-34.

[5] 葛全胜,戴君虎,何凡能,等. 过去300年中国土地利用、土地覆被变化与碳循环研究. 中国科学: D辑, 2008, 38(2): 197-210.

[6] 李俊,于强,孙晓敏,等. 华北平原农田生态系统碳交换及其环境调控机制. 中国科学: D辑, 2006, 36(增刊I): 210-223.

[7] 王庚辰,杜睿,孔琴心,等. 中国温带草原土壤呼吸特征的实验研究. 科学通报, 2004, 49(7): 692-696.

[8] 石培礼,孙晓敏,徐玲玲,等. 西藏高原草原化嵩草草甸生态系统CO₂净交换及其影响因子. 中国科学: D辑, 2006, 36(增刊I): 194-203.

[9] 杨青,吕宪国. 三江平原湿地生态系统土壤呼吸动态变化的初探. 土壤通报, 1999(6): 254-256.

[10] 孙伟, David Williams. 利用稳定性同位素区分河岸C₄草地生态系统夜晚碳通量. 湿地科学, 2008, 6(2): 271-278.

[11] 张金霞,鲁广民,周党卫,等. 草毡寒冻锥形土CO₂释放特征. 生态学报, 2001, 21(4): 544-549.

[12] 李月梅,王跃思,曹广民,等. 开垦对高寒草甸土壤有机碳影响的初步研究. 地理科学进展, 2005, 24(6): 59-65.

[13] 王一博,王根绪,程玉菲,等. 青藏高原典型寒冻土壤对高寒生态系统变化的响应. 冰川冻土, 2006, 28(5): 633-642.

[14] Arnone J A, Zaller J G, Spehn E M, et al. Dynamics of root systems in native grasslands: Effects of elevated atmospheric CO₂. New Phytologist, 2000, 147(1): 73-85.

[15] Pritchard S G, Rogers H H, Davis M A, et al. The influence of elevated atmospheric CO₂ on fine root dynamics in an intact temperate forest. Global Change Biology, 2001, 7(7): 829-837.

[16] 刘绍辉,方精云. 土壤呼吸的影响因素及全球尺度下温度的影响. 生态学报, 1997, 17(5): 469-476.

- [17] Matamala R, William S H. Effects of elevated atmospheric CO₂ on fine root production and activity in an intact temperate forest ecosystem. *Global Change Biology*, 2000, 6(8): 967-979.
- [18] 何师意. 岩溶土壤 CO₂ 浓度、水化学观测及其与岩溶作用的关系. *中国岩溶*, 1997, 16(4): 319-323.
- [19] 麦克拉伦 A D, 波得森·斯库金斯 G H. 闵九康, 译. 土壤生物化学. 北京: 农业出版社, 1984: 490-492.
- [20] 郑聚锋, 张旭辉, 潘根兴, 等. 水稻土基底呼吸与 CO₂ 排放强度的日动态及长期不同施肥下的变化. *植物营养与肥料学报*, 2006, 12(4): 485-494.
- [21] 秦小光, 蔡炳贵. 土壤温室气体昼夜变化及其环境影响因素研究. *第四纪研究*, 2005, 25(3): 376-389.
- [22] 刘洪升, 刘华杰, 王智平, 等. 土壤呼吸的温度敏感性. *地理科学进展*, 2008, 27(4): 51-64.
- [23] 董云社, 章井申, 齐玉春, 等. 内蒙古典型草地 CO₂, N₂O, CH₄ 通量的同时观测及其日变化. *科学通报*, 2000, 45(3): 318-322.
- [24] 张金霞, 曹广民, 周党卫, 等. 退化草地暗沃寒冻锥形土 CO₂ 释放的日变化和季节动态. *土壤学报*, 2001, 38(1): 32-40.
- [25] Savage K E, Davidson E A. Intramural variation of soil respiration in two New England forests. *Global Biogeochemical Cycles*, 2001, 15(2): 337-350.

Study on the Change of Dune CO₂ Concentration in Summer at Minqin in Tengger Desert

ZHAO Jingbo^{1,2}, SHAO Tianjie¹, YU Keke¹, LI Enju¹, CHENG Aifang¹, MENG Jingjing¹, DONG Zhibao^{1,3}

(1. College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062; China;

2. Institute of Earth Environment, CAS, State Key Laboratory of Loess and Quaternary Geology, Xi'an 710075, China;

3. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, CAS, Lanzhou 730000, China)

Abstract: We have measured the diurnal changes of dune CO₂ concentration under different depth by using the infrared monitoring instruments in Minqin County in 2009, and combined the results with simultaneous temperature data. The results show that the CO₂ concentration of -2 m and -4 m always greater than that of -1 m. The diurnal CO₂ cumulative concentration from this research can be ranked as fixed dunes > semi-fixed dune > moving dune. The CO₂ cumulative concentration is greater at daytime than at nighttime. For fixed, semi-fixed and moving sand dunes, the CO₂ concentration has a changing law of “low to high and then to low” from the morning to the next morning, which is basically the same as the change of temperature, but the change of the former is later than that of the latter. There is a significant positive correlation between the CO₂ concentration of dunes and atmospheric temperature, and temperature is the main factor determining the changing law of the dune CO₂ concentration. In addition, the diurnal concentration of CO₂ can be changed due to the difference in soil conditions, such as soil moisture, light and wind speed. So, it is of great significance to conduct research into the cause of global warming and the impacts of destruction of vegetation on atmospheric CO₂, which can help to find out the changing law of dune CO₂ concentration in 24 hours.

Key words: Tengger Desert; dune CO₂ concentration; the law of diurnal change; the change of CO₂ concentration at different depths; CO₂ release; influencing factors

本文引用格式:

赵景波, 邵天杰, 郁科科, 等. 腾格里沙漠民勤实验点夏季沙丘 CO₂ 浓度变化. *地理科学进展*, 2010, 29(11): 1368-1374.