

温带干旱地区

近地层CO₂浓度和土壤CO₂

量

高程达 孙向阳·著



黄河出版传媒集团
阳光出版社

温带干旱地区

近地层CO₂浓度和土壤CO₂通量

Concentrations at the Soil Surface and
CO₂ Flux between Soil and
Atmosphere in Temperate-Arid Regions

高程达 孙向阳·著



黄河出版传媒集团
阳光出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

温带干旱地区近地层CO₂浓度和土壤CO₂通量 / 高程达, 孙向阳著.——银川: 阳光出版社, 2012.9
ISBN 978-7-5525-0417-0

I. ①温… II. ①高… ②孙… III. ①温带-干旱区-近地面层-二氧化碳-研究 ②温带-干旱区-土壤空气-二氧化碳-研究 IV. ①P421.31 ②S152.6

中国版本图书馆CIP数据核字 (2012) 第236026号

温带干旱地区近地层CO₂浓度和土壤CO₂通量 高程达 孙向阳 著

责任编辑 王 燕 金佩霞

封面设计 李巧娜

责任印制 郭迅生

黄河出版传媒集团
阳光出版社 出版发行

地 址 银川市北京东路139号出版大厦 (750001)

网 址 <http://www.yrpubm.com>

网上书店 <http://www.hh-book.com>

电子信箱 yangguang@yrpubm.com

邮购电话 0951-5044614

经 销 全国新华书店

印刷装订 银川金利丰彩色印刷有限责任公司

印刷委托书号 (宁) 0012658

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 10.5

字 数 200千

印 数 1000册

版 次 2012年10月第1版

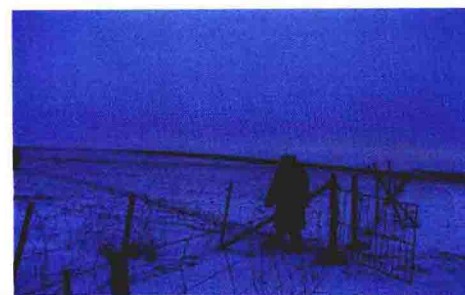
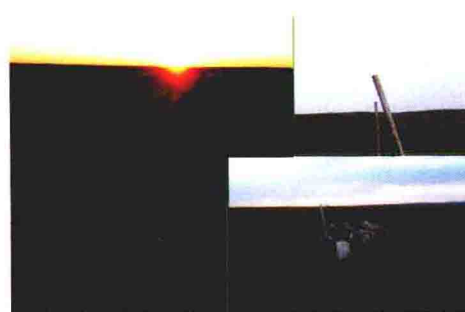
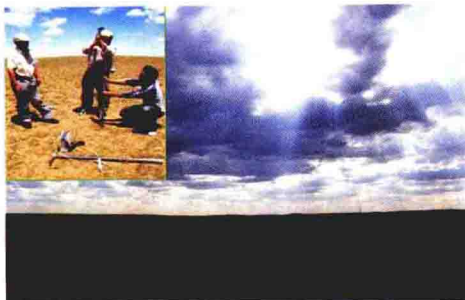
印 次 2012年10月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5525-0417-0/N·1

定 价 36.00元

版权所有 侵权必究

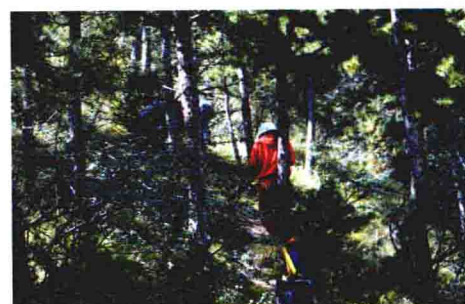
典型草原 / 栗钙土



荒漠草原 / 灰钙土



油松林 / 山地灰褐土



灰树林 / 粗骨土



序

碳元素是组成有机物质的骨架。碳循环研究是指对含碳化合物在地球各个圈层(包括岩石圈、土壤圈、水圈、大气圈和生物圈)的储存、转化、转移过程和相互作用的研究,它是人们认识地球环境状况、解决人类生存、资源供应和减轻自然灾害等重大问题的基础工作之一。降低碳排放量现在是在全世界各国政府都在努力奋斗的目标,并制定了一些国际公约,例如《全球气候变化框架》《京都议定书》等。我国政府为达到“节能、减排、增汇、低碳”这个目标也制定了各项政策和具体目标。世界各国人民也都在为之积极地行动起来,“低碳生活”成为现今的流行语,也是人们理想的生活方式。

高程达和孙向阳的新著《温带干旱地区近地层 CO₂ 浓度和土壤 CO₂ 通量》一书将要出版了,这是我国在碳循环研究方面的一个新成果、新贡献。作者从野外实地观测入手,通过巧妙的试验设计,定时观测近地层二氧化碳浓度和土壤二氧化碳通量的变化。对于这项研究成果,我愿意强调如下几点。第一,作者的研究对象属于温带干旱地区,这个地区可以说是我国有关土壤二氧化碳循环研究的一个空白点,我国学者既往的类似研究多集中于比较湿润的东部地区。现在有了这方面的研究结果,我们就可以将干旱地区的资料和湿润地区的

资料结合起来,从而使我们得以认识和比较我国不同地理区域土壤二氧化碳循环的区别和特点,从这个方面来说,作者的工作是大有裨益的。第二,作者所设计的土壤二氧化碳野外观测的仪器和方法,也是独具匠心颇具新意的,具有比较广泛的借鉴意义。第三,作者研究发现,大气与土壤之间的二氧化碳气体存在双向转移机制:二氧化碳气体不仅从土壤向大气转移,而且也从大气向土壤转移,土壤可能是大气二氧化碳最好的“汇”。热量在地球表面的地域性差异,导致北温带地区的土壤具有平衡大气二氧化碳浓度的功能,是北温带地区二氧化碳气体通量变化的显著特征。作者的这个科学结论具有重要意义。第四,作者对于生产实践所提出的指导意见值得我们特别重视,那就是,在可能条件下,尽量保持土壤的天然状态,尽量避免人为的干扰破坏,例如避免开垦、耕作、放牧、砍伐以及工程性土方施工等。这对于如何发挥土壤“汇”的功能是十分重要的。

对于土壤碳循环这个大课题还需要做很多很多的工作。我期待作者在这个大有可为的方向上取得更大的成绩。

北京林业大学生态学教授 徐化成

2011年12月9日

目 录

1 引言	001
2 国内外研究进展	004
2.1 CO ₂ 的一般性质	004
2.1.1 物理性质	004
2.1.2 化学性质	005
2.1.3 CO ₂ 与人身安全和健康	007
2.2 大气 CO ₂	008
2.2.1 起源和演化	008
2.2.2 近代研究史	010
2.2.3 当前大气组分及其度量单位	011
2.2.4 浓度的变化及其原因	012
2.2.5 浓度增大的后果	013
2.2.6 重要性	014
2.2.7 应对措施	016
2.3 土壤 CO ₂	016
2.3.1 组成和来源	016

2.3.2	分布和变化特征	017
2.3.3	通量及其度量单位	018
2.3.4	运动机理、条件及其影响因子	019
2.3.5	研究意义	020
2.3.6	研究评述	022
2.4	存在问题	024
2.4.1	增汇、减排	024
2.4.2	“碳失汇”之谜	025
3	研究目的、基本思路、研究内容和技术路线	027
3.1	研究目的	027
3.2	基本思路	027
3.3	研究内容	029
3.3.1	土壤表面 CO ₂ 通量的原位观测方法及其装置	029
3.3.2	土壤剖面 CO ₂ 通量的原位观测方法及其装置	029
3.3.3	近地层空气 CO ₂ 浓度的变化特征	029
3.3.4	土壤表面(土壤—大气界面)CO ₂ 通量的变化特征	029
3.3.5	土壤剖面 CO ₂ 通量的变化特征	029
3.4	技术路线	030
4	自然概况和试验设计	031
4.1	地点选定原则	031

4.1.1	干旱地区的原则	031
4.1.2	典型植被类型的原则	033
4.1.3	代表性的原则	034
4.2	自然概况	035
4.2.1	内蒙古部分	035
4.2.2	宁夏部分	037
4.3	样地设计和布局	040
4.3.1	典型草原/栗钙土	040
4.3.2	荒漠草原/灰钙土	042
4.3.3	灰榆林/粗骨土	043
4.3.4	油松林/山地灰褐土	043
5	土壤表面 CO ₂ 通量的原位观测方法及装置*	044
5.1	导言	044
5.2	实验部分	047
5.2.1	测试原理	047
5.2.2	测试装置	048
5.2.3	操作步骤	049
5.2.4	结果计算	049
5.3	案例	049
5.4	结果与讨论	050
5.4.1	持续和间断供电	050
5.4.2	测定间隔时间问题	051
5.4.3	技术细节问题	051
5.5	小结	052

6	土壤剖面 CO ₂ 通量的原位观测方法及装置*	054
6.1	导言	054
6.2	实验部分	056
6.2.1	测试原理	056
6.2.2	装置构成	056
6.2.3	操作步骤	057
6.2.4	结果计算	058
6.3	案例	059
6.4	结果与讨论	060
6.4.1	使用范围及条件	060
6.4.2	取样问题	061
6.4.3	技术细节问题	061
6.5	小结	063
7	近地层空气 CO ₂ 浓度的变化特征*	064
7.1	导言	064
7.2	方法和仪器	066
7.2.1	观测地点简述	066
7.2.2	CO ₂ 浓度的观测	066
7.2.3	空气湿度和温度的观测	067
7.2.4	数据统计和分析	067
7.3	结果和分析	067
7.3.1	本底浓度	067
7.3.2	植被类型变化	067
7.3.3	季节变化	070
7.3.4	日变化	072

7.4	讨论	076
7.4.1	本底浓度	076
7.4.2	植被类型变化	078
7.4.3	季节变化	079
7.4.4	日变化	080
7.5	小结	082
7.5.1	本底浓度	082
7.5.2	植被类型变化	082
7.5.3	季节变化	082
7.5.4	日变化	082
8	土壤表面(土壤—大气界面)CO ₂ 通量的变化特征*	083
8.1	导言	083
8.2	方法和仪器	085
8.2.1	观测样地概况	085
8.2.2	观测方法及其仪器	087
8.2.3	数据统计和分析	089
8.3	结果和分析	089
8.3.1	土壤类型的变化	089
8.3.2	季节变化	091
8.3.3	日变化	093
8.3.4	环境因子的影响	098
8.4	讨论	100
8.4.1	土壤类型的变化	100
8.4.2	季节变化	102
8.4.3	日变化	103

8.4.4	环境因子的影响	104
8.5	小结	106
8.5.1	土壤类型变化	106
8.5.2	季节变化	106
8.5.3	日变化	106
8.5.4	环境因子的影响	107
8.5.5	建议	107
9	土壤剖面 CO ₂ 通量的变化特征*	108
9.1	导言	108
9.2	方法、仪器装置及数据统计分析	109
9.2.1	观测样地概况	109
9.2.2	CO ₂ 通量的观测方法	109
9.2.3	环境因子的观测	110
9.2.4	数据统计和分析	110
9.3	结果和分析	111
9.3.1	CO ₂ 通量变化	111
9.3.2	土壤类型变化	111
9.3.3	环境因子影响	119
9.4	讨论	119
9.4.1	CO ₂ 通量变化	119
9.4.2	土壤类型变化	121
9.4.3	环境因子影响	123
9.5	小结	123
9.5.1	CO ₂ 通量变化	123
9.5.2	土壤类型变化	124

9.5.3	环境因子影响	124
9.5.4	建议	124
10	结论与建议	125
10.1	结论	125
10.1.1	土壤表面 CO ₂ 通量的原位观测方法及装置	125
10.1.2	土壤剖面 CO ₂ 通量的原位观测方法及装置	125
10.1.3	近地层空气 CO ₂ 浓度的变化特征	125
10.1.4	土壤表面(土壤—大气界面)CO ₂ 通量的变化 特征	126
10.1.5	土壤剖面 CO ₂ 通量的变化特征	127
10.2	建议	128
	参考文献	130
	致谢	154

1 引言

人类活动引起温室气体过度增长已成为不争的事实。气候变暖正在影响并将继续影响地球生态系统,影响人类生存和可持续发展,已经超越科学技术范畴,渗透到政治、经济、外交以及文化教育等社会领域。应对气候变暖已经被提到议事日程,各个国家正在积极研究和落实对策。造成气候变暖加剧的主要原因是人类过度使用化石燃料和土地利用/覆盖变化。过多产生温室气体以至于加剧温室效应,将导致冰川融化、海平面抬升、生物多样性丧失、异常天气频频发生、干旱或洪涝程度加强、传染疾病增多、人类生存环境恶化等严重后果,影响了人类的生存及可持续发展,成为当前国际社会共同面临的危机和重大课题。

减缓和适应是应对气候变暖的主要策略。就减缓气候变暖趋势而言,主要为减“源”和增“汇”两个方面,目前被国际社会认可的具体措施有三个:一是减少温室气体排放“源”(简称减排),通过减少化石能源消耗、开发清洁能源、提高能源利用效率等途径来实现,但在短期内可能延缓经济和社会发展进程;二是碳捕获和封存(Carbon Capture and Storage, CCS),将二氧化碳(CO₂)收集并安全存贮,要求有发达的经济和先进的技术做支撑;三是增加碳“汇”(简称碳汇),具体通过造林和再造林方式,增加森林植被和提高森林质

量,吸收大气中的二氧化碳,放出氧气,即“林业碳汇”。

林业碳汇,具有成本低、效益好、易操作、发展前景广阔等特点,但是,周期长,还没有得到公众社会足够的认识。森林是陆地生态系统的主体。森林巨大的生物量可以在一定时期内起到减少大气温室气体、调节气候的重要作用。同时,森林还有促进生物多样性保护、生产木质和非木质林产品、美化环境、净化空气和水质,防风固沙,涵养水源等多种生态系统服务功能,这是其他减排和替代减排措施所难以或无法达到的。《京都议定书》特别强调了森林经营活动或造林和再造林的碳固定作用。

土壤也具有储碳、固碳能力,已被美国、加拿大等国家的研究所证实。《京都议定书》没有认同土壤“碳汇”,主要原因是验证土壤储存和固定碳的行为和计量比较困难,即土壤储存和固定碳的研究还欠成熟。

在全球碳循环研究过程中,“碳失汇”成为世界科学家困惑之迷,大量的研究认为谜底可能在北温带地区;但是,目前的科学技术及其数据积累尚不足以揭开谜底,碳汇问题仍存在着相当大的不确定性。

我国绝大部分陆地处在地球的北温带,温带草原占去 41%。草原的植被类型大部分为多年生草本植物,地下存储了丰富的生物量,尤其在中西部地区,气候干旱,土壤碳积累速度缓慢,分解速度一样缓慢,一旦积累,就难以分解,研究中西部干旱地区土壤“碳源”“碳汇”能力及机制具有重要意义。

本研究涉及生物圈、大气圈、土壤圈的二氧化碳转换、循环及其观测方法和装置。在我国温带干旱地区,选定典型草原、荒漠草原、榆树林和油松林四种不同植被类型下的干旱土壤:依次对应于栗钙土、灰钙土、粗骨土和山地灰褐土,做定点原位观测和研究;设计和研制两套测定土壤表面(水平)和剖面(垂直)两个方向原位观测近地层空气二氧化碳浓度、土壤二氧化碳通量的方法和装置,并用于实施观

测,从而揭示干旱地区近地层空气二氧化碳浓度(本底)、土壤表面和剖面二氧化碳通量变化特征。

由于作者在知识的积累和掌握、科学研究等方面的局限性,遗漏和错误在所难免,敬请读者不吝指正(email: gaochd@bjfu.edu.cn)。