

文章编号: 1008 - 2786 - (2014)4 - 509 - 04

一种可用于藏北高寒条件的土壤空气采集器

李卫朋^{1, 2, 3}, 程根伟¹, 孙建⁴, 沙玉坤^{1, 3}, 陈有超^{1, 3}

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 山地表生过程与生态调控重点实验室, 四川 成都 610041;

2. 西华师范大学国土资源学院, 四川 南充 637002; 3. 中国科学院大学, 北京 10049;

4. 中国科学院地理科学与资源研究所, 生态网络观测与模拟重点实验室, 北京 100101)

摘 要: 一般的土壤空气采集装置在藏北除不同程度存在着结构复杂、不便携带、土壤固液态杂质干扰等问题外, 适用性和经济性也受到了极大的限制。基于“原位防扰动、隔离降误差、手动便携更实用”的思想, 介绍了一种呈管状多层次嵌套结构且具有防水透气采气窗的便携式土壤空气原位采集器, 该装置能抽掉残留空气又能防止土壤水分入渗及土壤固体组分的干扰, 且工艺简单、便携易用、经济耐用, 适用于藏北高寒草原的复杂自然环境。

关键词: 土壤空气; 原位采集; 管状多层次嵌套结构; 防水透气采气窗; 藏北高寒高原

中图分类号: S151.9

文献标志码: A

土壤空气研究是土壤学、环境学、生态学、水文学、地质学、地理学、农学等学科研究中的一个重要方面, 而土壤空气的采集是土壤空气研究的基础。

沿土壤剖面垂直布设采集器的气井法是采集土壤空气最普遍的技术, 其中集气装置类型多样^[1], 例如, 胶塞 - 聚氯乙烯管组合采样器^[2]、外裹尼龙网的垂向多层位采样器^[3]、具有圆锥台状气室的土壤气体收集器^[4]、多孔高分子聚丙烯管、外套金属保护网的螺旋状硅胶管气体收集器^[5-6]、管状土壤剖面气体采集器^[7]、气筒式土壤剖面气体采集器^[8]和外套防水透气膜的惰性材料管^[9]等, 不同的集气装置适用的条件不同。对于藏北高寒草原而言, 采集原位土壤进行室内土壤空气提取以及集气箱等方法, 不能完全真实反映土壤中的实际环境, 采样器会残留大气成分, 对研究结果带来比较大的误差, 而且携带不便, 容易扰动、破坏土壤结构。也有的设备误差较小, 但是结构复杂, 或者过多的依赖电力等基础设施, 不适合环境条件复杂多变的野外携带与使用,

特别是对于类似藏北高寒区低温条件、缺氧条件和野外用电不便等自然条件下, 大多数手段和设备的适用性和经济性受到了极大的影响。因而具有实用性的便携式土壤空气原位采集装置及其采集方法成为藏北高寒区生态环境与农牧业研究中的一种迫切需求。本文介绍的就是参考上述诸法设计的一种新型的可用于藏北高寒草原的便携式土壤空气原位采集装置——便捷式土壤空气原位采集仪^[10]。

1 组成结构

1.1 试验材料

根据本装置的设计需求, 主体结构为硬管, 可选材料有陶瓷、不锈钢、硬质塑料等, 但考虑经济性与轻便性, 硬质塑料管最佳, 本实施例采用 PP-R 管; 土壤空气防水采集采用防水透气膜, 本实施例采用特氟龙材料; PP-R 管与防水透气膜之间夹一层不锈钢防护网。

收稿日期 (Received date): 2013 - 05 - 04。

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (31070405)、中国科学院西部行动计划项目 (KZCX2 - XB3 - 08) 和西华师范大学校基金项目 (12A024) 资助。[Supported by the National Natural Science Foundation of China (31070405), the Knowledge Innovation Program of the Chinese Academy of Sciences (KZCX2 - XB3 - 08), and the foundation of China West Normal University (12A024).]

作者简介 (Biography): 李卫朋 (1983 -), 男, 陕西蓝田人, 博士研究生, 主要从事水文水资源和生态水文研究。[Li Weipeng (1983 -), male, born in Lantian of the Shanxi Province, candidate for Ph D, mainly engaged in research on hydrology and water Resources, and ecohydrology.]
E-mail: wpliwenli@163.com

1.2 采样器结构

基于制作工艺简单、实用、易用、耐用、便携的出发点,根据土壤空气原位采样基本特点和要求,以管状多层次嵌套结构为主体,设计了便携式土壤空气原位采样装置,竖向自下向上主要由以下几部分构成(图1、图2):管帽(1)、采气窗(2)、集气室(3)、地面护套(4)、气压计(5)、堵头(6)、气阀(7)和导气管(8),其中集气室(3)一端用管帽(1)封住,另一端用堵头(6)封住,堵头(6)上安装导气管(8),导气管(8)上配有气阀(7),地面护套(4)处设置气压计(5)。

其中采气窗(2)沿横截面由内向外设置有相互嵌套的5层,依次为:集气室内管壁筛状支护层(2.1)、内层不锈钢网支护层(2.2)、防水透气膜夹层(2.3)、外层不锈钢网支护层(2.4)和集气室外管壁筛状支护层(2.5)。采气窗(2)上沿到地面护套(4)的高度与采气窗(2)下沿到地面护套(4)的高度,分别代表采样深度的上、下限;采气窗(2)下沿到集气室(3)底部之间部分以备作土壤空气中气态水凝结汇集,其具体高度根据采样点土壤水分含量高低略有不同。本土壤空气采集装置的尺度、规格、各部件的相对比例与层次结构的层数根据具体研究需要略有不同。附属部件有真空泵、土钻。

2 应用步骤及其工作过程

参考前人的研究^[11],将该土壤空气原位采集器

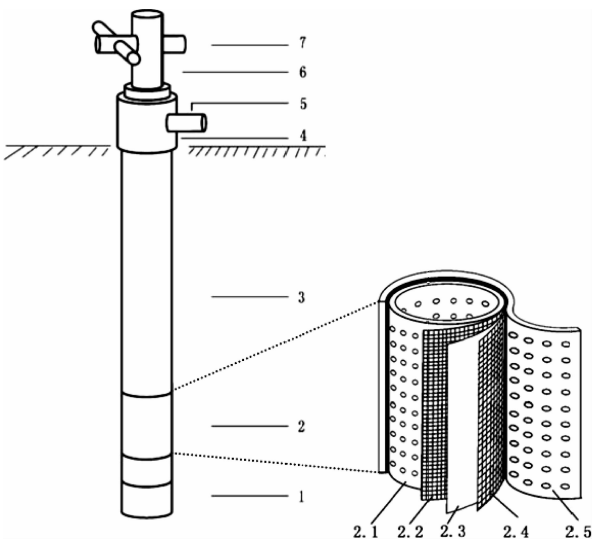


图1 便携式土壤原位采集器外观及其采气窗剖面

Fig. 1 The outlook and the adopted transom of the portable soil air in-situ collector

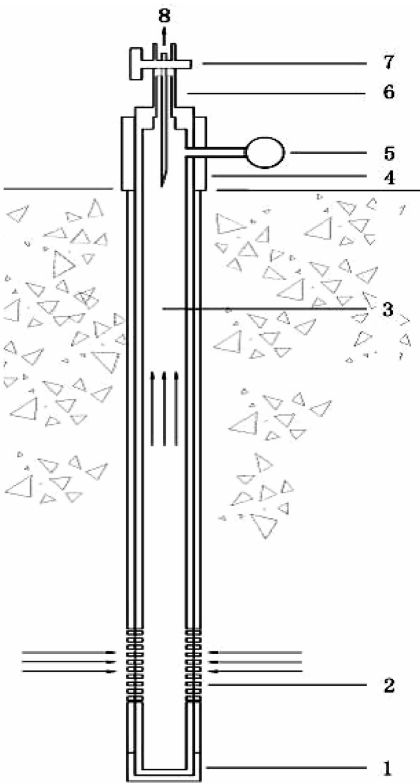


图2 便携式土壤原位采集器垂直剖面及其工作原理
(箭头指向示意土壤空气的流向)

Fig. 2 The longitudinal sectional view and the inner workings of the soil air collection device

的应用归纳为以下步骤。

防水透气性检验:将组装好的采集器地面护套(4)以下垂直浸入水中,如果没有水渗入,表明装置防水性能良好;然后向采样器中注入气体,如果有大量气泡从采气窗(2)冒出,则表明透气性能良好。

布设采集器:先用土钻(口径比采集器外径略小)在采样点钻取深度与采样器地面护套(4)以下长度相当的小钻孔(保证集气室外壁与围土密实接触),插入采样器(若土壤含水量过高,如沼泽,湿地,可先灌入些许砂子以防止泥浆堵塞采气窗),用围土夯实。

抽真空:将手动真空泵接在导气管(8)上,打开气阀(7),开始抽真空,当气压计(5)数值稳定下来,表明已经达到当前环境采样的适宜真空度,集气室内残余的空气在土壤空气采集前已被清除干净。关闭气阀(7),取下真空泵。

气体采集:由于集气室内有负压,土壤空气将自动进入集气室(3),气压计(5)读数将逐渐回弹,当气压计(5)读数再次稳定下来,表明集气室(3)内所采集的土壤气体与土壤环境中的土壤气体已经充分

平衡。

气体转移:完成采样。

将室内已编号并抽过真空的集气瓶或集气袋接在导气管(8)上,打开气阀(7),待气压计(5)数值稳定时,密封集气瓶或集气袋,同时关闭气阀(7),取下集气瓶或集气袋以备带回室内测试。

3 结 语

本文介绍了一种高效、省力、低成本、对土壤结构仅有微创的便捷式土壤空气原位采集器。该装置可克服以往土壤空气采样易破坏土壤结构、采样不纯的缺陷。具体如下:

1. 本装置所选硬管、钢网、防水透气膜等,保证了该装置的经济性、轻便性,同时具有耐高寒区冻融温差变化以及防止水沙淤塞的基本性能,适合青藏高原高寒条件使用。

2. 层次嵌套结构在工艺上较包裹结构更易于实现,更严密、更经济、更耐用。

3. 采气窗的多层结构中,防水透气膜夹层可以防止土壤水分渗入集气室;防水透气膜夹层内外侧的不锈钢网支护层在抽真空时分别可以抵抗负压,支护防水透气膜夹层,并隔挡土壤中固体细粒物质损坏防水透气膜而进入集气室;集气室内管壁筛状支护层和集气室外管壁筛状支护层可防止防水透气膜夹层与土壤之间的直接摩擦,起到固定保护作用;多层次嵌套结构与防水透气采气窗的组合,很好地解决了土壤中水分对土壤空气采样的干扰以及抽真空时土壤中细粒固体物质的影响这两大问题。

4. 土钻和真空泵的介入,使得该装置更实用、省时、省力、高效。开始采集土壤气体前,气压计可以用来检测抽真空时的真空度,确保集气室内残余的空气在土壤空气采集前已被清除干净;在采集土壤气体过程中可显示土壤气体采集是否充分。

致谢:广西大学杨云川博士在设计阶段给予了有益的探讨与宝贵意见,中国科学院寒区旱区环境与工程研究所魏彦强博士在图件绘制方面提供了帮助,在此一并表示感谢。

参考文献 (References)

[1] Sheng Hao, Luo Sha, Zhou Ping, et al. Dynamic observation, sim-

ulation and application of soil CO₂ concentration: A review [J].

Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(10):2916-2922

[盛浩,罗莎,周萍,等.土壤CO₂浓度的动态观测、模拟和应用[J].应用生态学报,2012,23(10):2916-2922]

[2] Diao Yiwei, Zheng Xunhua, Wang Yuesi, et al. Measurement of CO₂ profiles in non-waterlogged soil in a FACE study. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(10):1249-1252 [刁一伟,郑循华,王跃思,等.开放式空气CO₂浓度增高条件下旱地土壤气体CO₂浓度廓线测定[J].应用生态学报,2002,13(10):1249-1252]

[3] Burton D L and Beauchamp E G. Profile nitrous oxide and carbon dioxide concentrations in a soil subject to freezing. Soil Science Society of America Journal, 1994, 58:115-122

[4] Yang Zhijie, Zhong Xiaojian, Xie Jinsheng, et al. Gas collector for collecting soil gas: China, ZL 201110198618X[P]. 2012-2-15 [杨智杰,钟小剑,谢锦升,等.一种收集土壤气体的气体收集器:中国,ZL 201110198618X[P]. 2012-2-15].

[5] Kammann C, Grünhage L, Jäger H J. A new sampling technique to monitor concentrations of CH₄, N₂O and CO₂ in air at well-defined depths in soils with varied water potential [J]. European Journal of Soil Science, 2001, 52(2):297-303.

[6] Lu Xing, Ju Xiaotang, Zhang Fusuo, et al. Use of silicone tubes as a simple method to measure in situ soil gas N₂O concentrations and fluxes [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16(2):457-464 [陆星,巨晓棠,张福锁,等.硅胶管气样原位采集技术研究土壤N₂O浓度及通量变化[J].植物营养与肥料学报,2010,16(2):457-464]

[7] Hu Chunsheng, Zhang Yuming, Wang Yuying, et al. A soil section air collector: China, ZL 2007201005192 [P]. 2008-01-09 [胡春胜,张玉铭,王玉英,等.一种土壤剖面气体采集器:中国,ZL2007201005192 [P]. 2008-01-09]

[8] Liu Wenjie, Zhao Jing, Zhao Aiguo, et al. Air cylinder type soil profile gas collector: China, ZL 201110066486 [P]. 2012-9-19 [刘文杰,赵晶,赵爱国,等.一种土壤剖面气体采集器:中国,ZL 201110066486 [P]. 2012-9-19]

[9] DeSutter T M, Sauer T J, Parkin T B, Heitman J L. A subsurface, closed-loop system for soil carbon dioxide and its application to the gradient efflux approach [J]. Soil Science Society of America Journal, 2008, 72(1):126-134

[10] Sun Jian, Cheng Genwei, Li Weipeng, et al. Portable soil air in-situ collector: China, ZL 2012204146009 [P]. 2013-10-02 [孙建,程根伟,李卫朋,等.便携式土壤空气原位采集器:中国[P]. ZL 2012204146009 [P]. 2013-10-02]

[11] Zheng Leping. Development of a soil gas sampling device [J]. Geology - Geochemistry, 1999, 27(1):113-114 [郑乐平.土壤气体采样装置的研制[J].地质地球化学,1999,27(1):113-114]

The Design and Application of a Portable Soil Air In-situ Collector under Conditions of Alpine-cold, in the Grassland, Northern Tibetan Plateau

LI Weipeng^{1, 2, 3}, CHENG Genwei¹, SUN Jian⁴, SHA Yukun^{1, 3}, CHEN Youchao^{1, 3}

(1. Key Laboratory of Mountain Environment Evolution and Regulation, Institute of Mountain Hazards and Environment,

Chinese Academy of Sciences, Chengdu, 610041, China;

2. Land and Resources College, China West Normal University, Nanchong 637002, China;

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

4. Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101, China)

Abstract: In the alpine-cold grassland of Northern Tibetan Plateau, ordinary soil air collectors would show a limitation of suitability and economic, besides the deficiencies of complex structure, inconvenience to carry, interferences from soil impurities, etc. Based on the thought of “collection in-situ to damp disturbance, impurity removal to control errors and portable for more practicality”, a portable soil air in-situ collector with a tubular multi-level nested structure and a waterproof and breathable transom was presented, which only has minimally invasive on soil structure, can effectively remove the outer air, reduce the impact of soil moisture and soil fine particles of solid matter, and is applicable under the complex conditions of the grassland, Northern Tibetan Plateau.

Key words: in-situ soil air collector; tubular multi-level nested structure; waterproof and breathable transom; Alpine-cold grassland; Northern Tibetan Plateau

封面照片: 羌塘高原申扎县格仁错湿地

“羌塘”藏语全称为“羌东门梅龙东”,既“北方高平地”之意。羌塘高原是青藏高原的组成部分,亦为高原最大的内流区,是青藏高原内海拔最高、高原形态最典型地域。其平均海拔4 800 m,相对高度一般200 ~ 500 m,气候寒冷而干燥,年平均气温大都在0℃以下,最暖的7月平均气温6 ~ 10℃,年均降水量50 ~ 300 mm,寒冻风化与冻融活动等形成的冰缘地貌普遍,为北半球中低纬度地带多年冻土最为发育地区。

羌塘高原拥有世界上湖泊数量最多、湖面最高的高原湖区。面积总合超过25 000 km²,是中国湖泊总面积的25%。据统计,羌塘境内有近500个面积超过1 km²的湖泊和300多个面积超过5 km²的湖泊,其中比较大的湖泊有纳木错(1 920 km²)、色林错(1 640 km²)、扎日南木错(1 023 km²)等,这些湖的湖面均超过1 000 km²。湖泊除少数为风沙沉积物堵塞或冰川作用形成外,多属构造湖。

照片为羌塘高原的那曲地区申扎县格仁错湿地,湖面海拔4 650 m,面积475.9 km²。湖泊形状呈东北-西南走向的长条状。湖水主要是冈底斯山冰川与积雪融化的补给,湖水矿化度低,适于水生生物与水禽的生长和繁衍。尤其是低洼湖区内广泛分布沼泽草甸滩地,使这里发育着良好的内陆湿地和水域生态系统,并成为国家一级保护动物黑颈鹤的理想栖息环境,是国内现有7个黑颈鹤保护区中海拔最高、面积最大的一个。

(吴建波)