

ACE-Net 多通道土壤呼吸观测系统

前言

ACE-Net 由 ACE 单机与 Master 中央控制单元（简称 Master）组成，是目前世界上唯一可大面积多点（多通道）持续同步化监测土壤呼吸的仪器设备。通过 Master 可连接最多 30 个 ACE 单机（可根据预算及研究需求选配 ACE 单机数量及测量模式如开放式测量、封闭式测量、透明呼吸室、非透明呼吸室），从而组成土壤呼吸监测网络，ACE 单机与 Master 通过一根电缆完成供电和数据传输功能，避免了因复杂的气路连接导致的气路滞留、响应时间慢、耗能大（需要大功率的气泵带动气流）、易损坏、不能大范围同步测量（没法进行时空分布格局研究）等缺点，ACE-Net 可同步化持续监测直径 200m 区域范围内的土壤呼吸时空分布格局。



上图为操作人员在实验现场对仪器进行设置和采样

应用领域

- 区域土壤通量长期自动化监测
- 土壤呼吸控制因子（温度、湿度、PH、土地类型）
- 土壤呼吸的时空变化特征（时间尺度、空间模式、梯度）
- 土壤呼吸对干扰的影响（气候变化、林火、耕作、施肥、污染）
- 生态系统碳平衡
- 区域及全球碳平衡

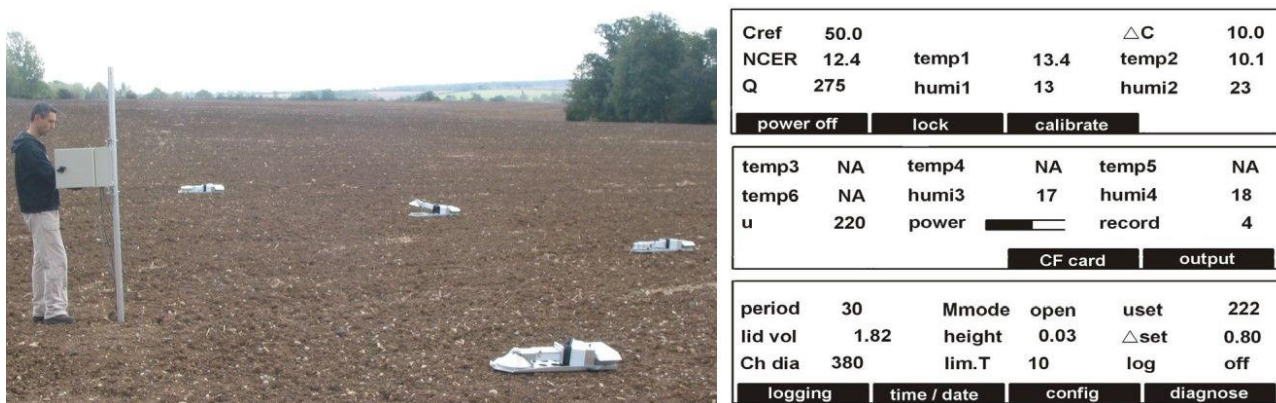
- 土壤呼吸对全球气候变化的影响
- 土壤呼吸模型的建立

功能特点

- 每个 ACE 单机既可进行独立自动点测量监测，又可与 Master 连接组成多通道区域网络化同步监测，是目前世界上唯一真正多通道同步化测量的仪器系统
- Master 与 ACE 单机之间只用一根电缆（负责信号传输、供电和遥控设置等）相连，无需气路，具备响应时间短、功耗低（蓄电池供电）、可在野外长期监测等优点，避免了因气路相连导致的阻塞或被动物踩踏、气体滞留（导致误差加大和响应时间拉长）及水汽凝结等问题
- Master 与 ACE 单机均具备 LCD 屏和功能操作键，通过显示屏设置和浏览数据等，通过存储卡保存数据，无需连接电脑或 PDA，从而实现真正的野外长时间自动监测
- 监测直径可达 200m，可用于土壤呼吸的区域异质性时空分布格局研究，不同土壤类型、不同植被类型或不同梯度的对比分析研究，通过选配透明呼吸室和非透明呼吸室分析评估生态系统的碳源碳汇功能等

系统组成

ACE 单机，网络控制主机，外接土壤温度和土壤水分传感器。中央控制箱通过电缆与单机相联，对每个单机供电、数据传输和遥控，可与 30 个单机相联组成区域网络监测，从而实现直径 200 米范围内土壤呼吸空间异质性的同步化监测研究。

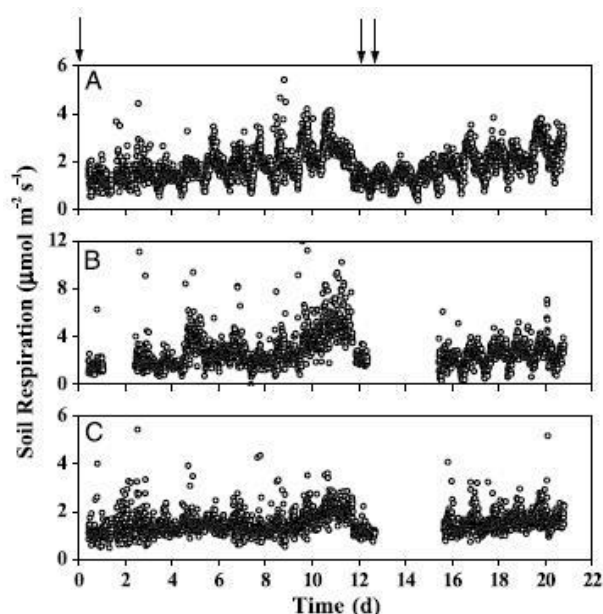


上图左为操作人员现场查看数据，上图右为数据界面

技术指标

1. 测量单机：网络主机可连接 30 台单机，单机独立均具分析器
2. 测量区域范围：直径 200m，同步化监测，优于顺序测量
3. 红外气体分析仪：测量范围标准配置为 $40.0 \text{ mmols m}^{-3}$ (0-896ppm)，可选配 0-2000ppm；分辨率为 1ppm；带有自动零校准装置
4. 数据纪录：1G 移动存储卡 (CF)，可存储 400 万组数据
5. 电源供应：外用电池、太阳能板或风力供应，单机 12V、40Ah 蓄电池最长可持续供电 28 天，ACE-Net 单机内部蓄电池 1.0Ah
6. 显示屏：240×64 点阵 LCD 屏幕，程序界面友好，通过 5 键控制
7. 数据查看：主机具备图表显示功能，可以得到实时的曲线图，可视化土壤呼吸的变化趋势，便于更直观地进行监测
8. 数据下载：CF 卡自动复制，也可用 RS232 传输
9. PAR 传感器：0-3000 $\mu \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ，硅光传感器，每台单机均已配置
10. 土壤温度传感器：每台单机可接 6 个土壤温度传感器，测量范围：-20~50°C
11. 土壤水分探头：每台单机可接 4 个土壤水分探头，选配 Theta 土壤水分探头，测量范围 0-1.0 $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ，精度±1%，探针 60mm 长
12. 呼吸室流量控制：200-5000ml/min ($137\text{-}3425 \mu \text{mol sec}^{-1}$)，流速精度±3%
13. 测量模式：开放式和闭合式两种模式可选，不同单机可混合使用
14. 呼吸室体积：密封室体积 2.6 L，开放室体积 1.0 L
15. 呼吸室罩类型：透明和金属可选
16. 土壤呼吸罩直径：23 cm
17. 单机尺寸：82×33×13cm，重量：9.0 kg
18. 网络控制主机尺寸：40×40×20cm，重量：12kg
19. 防水防尘：IP66

应用案例



在 Zhongbing Lin 等（2011）的研究中，使用多台 ACE 单机组成网络对不同样地的土壤呼吸进行测量。同时 ACE 自带的温度传感器和 IMKO 公司的 TDR 土壤水分传感器测量样地的温度和土壤含水量。研究显示高含水量时土壤呼吸和土壤含水量呈负相关（ $P < 0.01$ ）。土壤呼吸和土壤温度之间有明显的迟滞效应，不考虑迟滞效应将低估 q_{10} 。

产地：英国

选配技术方案

- 1) 可选配土壤氧气测量模块
- 2) 可选配高光谱成像以评估土壤微生物呼吸作用
- 3) 可选配红外热成像研究土壤水分、温度变化对呼吸影响
- 4) 可选配 ECODRONE®无人机平台搭载高光谱和红外热成像传感器进行时空格局调查研究

部分参考文献

1. Noe S. M., Kimmel V., Hüve K., Copolovici L., Portillo-Estrada M., Püttsepp U., Jõgiste K., Niinemets U., Hörtnagl L. and Wohlfa. Ecosystem-scale biosphere–atmosphere interactions of a hemiboreal mixed forest stand at Järvselja, Estonia. *Forest Ecology and Management*, In Press, Corrected Proof, Available online
2. Lin, Zhongbing; Zhang, Renduo; Tang, Jia; Zhang, Jiaying (2011). Effects of High Soil Water Content and Temperature on Soil Respiration” *Soil Science*: March 2011 – Volume 176 – Issue 3 – pp.
3. Nicoletta Cannone, Giorgio Binelli, M. Roger Worland, Peter Convey, Mauro Guglielmin (2012). CO₂ fluxes among different vegetation types during the growing season in Marguerite Bay (Antarctic Peninsula)” *Geoderma* Volumes 189–190, November 2012, Pages 595–605.
4. K. Krištof, T. Šima*, L. Nozdrovický and P. Findura (2014). The effect of soil tillage intensity on carbon dioxide emissions released from soil into the atmosphere” *Agronomy Research* 12(1), 115–120.
5. Xinyu Jiang, Lixiang Cao, Renduo Zhang (2014). Changes of labile and recalcitrant carbon pools under nitrogen addition in a city lawn soil. *Journal of Soils and Sediments*, March 2014, Volume 14, Issue 3, pp 515-524.
6. Cannone, N., Augusti, A., Malfasi, F., Pallozzi, E., Calfapietra, C., Brugnoli, E. (2016). The interaction of biotic and abiotic factors at multiple spatial scales affects the variability of CO₂ fluxes in polar environments” *Polar Biology* September 2016, Volume 39, Issue 9, pp 1581–1596.
7. Liu, Yi, et al. (2016). Soil CO₂ Emissions and Drivers in Rice–Wheat Rotation Fields Subjected to Different Long - Term Fertilization Practices.” *CLEAN – Soil, Air, Water* (2016). DOI: 10.1002/clen.201400478.
(<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/clen.201400478/abstract>).
8. Xubo Zhang, Minggang Xu, Jian Liu, Nan Sun, Boren Wang, Lianhai Wu (2016). Greenhouse gas emissions and stocks of soil carbon and nitrogen from a 20-year fertilised wheat & maize intercropping system: A model approach” *Journal of Environmental Management*, Volume

- 167, Pages 105-114, ISSN 0301-4797, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.014>.
(<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479715303686>).
9. Altikat S., H. Kucukerdem K., Altikat A. (2018). Effects of wheel traffic and farmyard manure applications on soil CO₂ emission and soil oxygen content” Thesis submitted from the “İğdir University Agriculture Faculty Department of the Biosystem Engineering”.
 10. Cannone, N. Ponti, S., Christiansen, H.H., Christensen, T.R., Pirk, N., Guglielmin, M. (2018). “Effects of active layer seasonal dynamics and plant phenology on CO₂ land atmosphere fluxes at polygonal tundra in the High Arctic, Svalbard” CATENA, Vol 174. (March 2019) 142-153. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816218305009> .
 11. Uri, V., Kukumägi, M. Aosaar, J., Varik, M., Becker, H., Auna, K., Krasnova, A., Morozova, G., Ostonen, I., Mander, U., Lõhmus, K., Rosensvald, K., Kriiska, K., Soosaarb, K., (2018). The carbon balance of a six-year-old Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) Forest Ecology Management 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.012>