



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102586097 B

(45) 授权公告日 2013.02.20

(21) 申请号 201210007361.X

学报》.2007, 第 27 卷 (第 04 期), 1273-1282.

(22) 申请日 2012.01.12

审查员 雷锋林

(73) 专利权人 中国科学院地理科学与资源研究所

地址 北京市朝阳区大屯路甲 11 号

(72) 发明人 于贵瑞 何念鹏 温学发 孙晓敏
王秋凤 王建林 王晶苑

(51) Int. Cl.

C12M 1/36(2006.01)

C12M 1/34(2006.01)

C12Q 1/02(2006.01)

(56) 对比文件

CN 101949919 A, 2011.01.19, 全文.

CN 201340354 Y, 2009.11.04, 全文.

高峻等. 多通道土壤呼吸长期自动测量系统的集成与性能测试. 《林业科学》. 2011, 第 47 卷 (第 09 期), 153-157.

张红星等. 用于测定陆地生态系统与大气间 CO2 交换通量的多通道全自动通量箱系统. 《生态

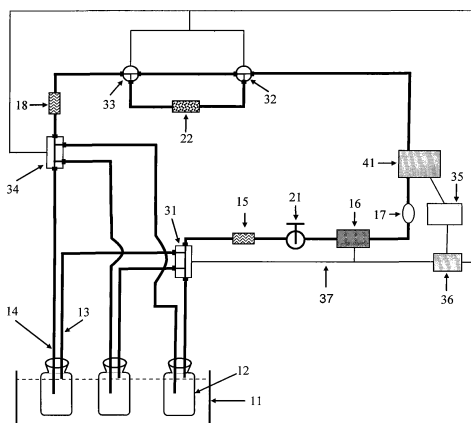
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种室内土壤微生物呼吸连续测定装置

(57) 摘要

本发明涉及机械领域,具体提供了一种土壤微生物呼吸自动连续测定装置,包括恒温培养系统、CO₂起始浓度控制及气体采样系统和 CO₂浓度分析仪。该装置可以根据需求调节开始测定时装置内的 CO₂浓度、气体流量和流速,并具有不同测试样品自动切换的功能。通过该装置,可成功实现室内对土壤微生物呼吸的高速在线连续测定,可广泛应用于土壤碳周转和微生物等相关领域。



1. 一种室内土壤微生物呼吸连续测定装置,其特征在于包括:

1) 恒温培养系统,包括恒温箱 (11) 和多个培养瓶 (12);

2) CO₂ 起始浓度控制及气体采样系统,包括精密流量计 (21)、碱石灰吸收管 (22)、一个三通电磁阀 (32) 和另一个三通电磁阀 (33)、数据采集器 (35)、继电器 (36)、进气管道 (13)、回气管道 (14)、一个气体过滤器 (15)、旁路气泵 (16)、压力调节阀 (17)、一个多通道电磁阀 (31) 和另一个多通道电磁阀 (34)、另一个气体过滤器 (18)、以及控制线路;

3) CO₂ 浓度分析仪 (41);

如上所述装置中,通过数据采集器 (35) 和继电器 (36) 来控制多通道电磁阀实现不同进气或回气管路间的切换;随后,测试气体经过一个气体过滤器 (15)、精密流量计 (21)、旁路气泵 (16)、压力调节阀 (17)、CO₂ 浓度分析仪 (41) 和另一个气体过滤器 (18),从而完成整个闭路气体通道;碱石灰吸收管 (22) 内的碱性物质去除通过该装置的 CO₂;在该装置中,利用数据采集器 (35) 和继电器 (36) 控制一个三通电磁阀 (32) 和另一个三通电磁阀 (33) 的开闭过程,实现正常通道和去除 CO₂ 通道的自动切换;随后,通过精密流量计 (21) 控制闭路循环的气体流量、利用数据采集器 (35) 和继电器 (36) 控制通过 CO₂ 去除通道的时间,从而准确地控制去除 CO₂ 的空气体积。

2. 如权利要求 1 所述的装置,其特征在于所述的 CO₂ 浓度分析仪为高精密红外 CO₂ 分析仪。

3. 权利要求 1 或 2 所述装置在土壤微生物呼吸自动、连续测定方面的应用。

一种室内土壤微生物呼吸连续测定装置

技术领域：

[0001] 本发明涉及农业机械领域，具体提供了一种室内土壤微生物呼吸自动、连续测定装置。

背景技术：

[0002] 土壤碳贮存与碳循环是当前国内外生态学、土壤学、环境科学等领域的研究热点；土壤微生物呼吸（培养实验也称为碳矿化）的研究对于揭示土壤有机质分解与周转、土壤碳源汇功能等具有重要作用。近年来，全球变化研究受到热捧，使土壤呼吸及其相关领域的研究工作受到世界各国科研工作者的广泛重视。

[0003] 土壤室内培养实验 (Incubation experiment) 可精确控制各种实验因素，如温度、水分、底物添加等，与野外受控实验相比更有利于深入揭示土壤微生物呼吸及其调控机理，受到广大科研人员的高度重视。土壤微生物呼吸（或碳矿化）的传统研究更多是采用碱液吸收法和气相色谱法。前者成本低廉，但测试结果的精度和准确度均不高；后者分析精度高，但由于耗时、耗力且分析成本高，很难实现大规模测试。总之，受分析仪器的限制，土壤微生物呼吸速率的实验室测定一直受到限制，此类培养实验很难大规模进行。

[0004] 近年来，红外线 CO₂ 分析仪测试土壤微生物呼吸的方法，因其精度较高受到了国内外科研人员的青睐。但是，目前科研人员主要采用单通道或手动方式来完成相关的测试工作，多通道、自动切换的土壤微生物呼吸的快速、连续测定装置并未得到开发和研制，使分析测试工作无法大量进行，未从根本上解决土壤微生物呼吸（土壤碳矿化）测试工作的限制因素。有鉴于此，本专利重点开发和研制的多通道、自动切换的土壤微生物呼吸测定系统，为科研人员提供一整套准确、高速的连续测试系统，满足大批量测试样品的分析需求。

发明内容：

[0005] 为了满足土壤碳循环和土壤微生物等相关领域的研究需求，本发明提供了一种室内土壤微生物呼吸自动、连续测定装置。

[0006] 该装置可根据实验需求调节装置内开始测定时的 CO₂ 浓度（最大程度地模拟自然状态下大气 CO₂ 浓度，降低传统培养实验测试时环境 CO₂ 浓度对土壤微生物呼吸的促进或抑制效应），通过程序设计完成不同测试样品间的自动切换，从而实现室内实验样品土壤微生物呼吸的连续或重复测定。

[0007] 本发明提供如下技术方案：

[0008] 室内土壤微生物呼吸连续测定装置包括恒温培养系统、CO₂ 起始浓度控制及气体采样系统和 CO₂ 浓度分析仪（如图 1 所示）。

[0009] 具体包括：

[0010] 1) 恒温培养系统，包括恒温箱 11 和多个培养瓶 12；

[0011] 2) CO₂ 起始浓度控制及气体采样系统，包括精密流量计 21、碱石灰吸收管 22、三通电磁阀 32 和 33、数据采集器 35、继电器 36、进气管道 13、回气管道 14、气体过滤器 15、旁路

气泵 16、压力调节阀 17、多通道电磁阀 31 和 34、气体过滤器 18、以及控制线路；

[0012] 3) CO₂ 浓度分析仪 41, 可以为高精密红外 CO₂ 分析仪或其它类似的 CO₂ 浓度快速分析仪。

[0013] 如上所述装置中, 通过数据采集器 35 和继电器 36 来控制多通道电磁阀 31 和 34 来实现不同进气或回气管路间的切换 (即实现不同测试样品间的测试); 随后, 测试气体经过气体过滤器 15、精密流量计 21、旁路气泵 16、压力调节阀 17、CO₂ 浓度分析仪 41、气体过滤器 18, 从而完成整个闭路气体通道 (图 1)。

[0014] 恒温箱可提供实验需要的理想温度; 气体过滤器 15 和 18 主要是对闭路循环管道内的气体进行过滤, 既可维持气体通道畅通, 又降低了气体杂质对分析测试结果的影响。

[0015] 在该装置中, 首先, 基于所设置的程序, 利用数据采集器 35 和继电器 36 控制三通电磁阀 32 和 33 的开闭过程, 实现正常通道和去除 CO₂ 通道的自动切换; 随后, 通过精密流量计 21 控制闭路循环的气体流量、利用数据采集器 35 和继电器 36 控制通过 CO₂ 去除通道的时间 (它利于碱石灰管内的碱性物质去除通过该装置的 CO₂), 从而可准确地控制去除 CO₂ 的空气体积。这样, 科研人员就可根据实验需求控制起始 CO₂ 浓度, 避免培养实验 CO₂ 起始浓度过高所带来的不利影响; 大量研究均表明: 当闭路循环内气体 CO₂ 浓度过高时, 会抑制土壤微生物呼吸及其 CO₂ 释放速率, 而当闭路循环内气体 CO₂ 浓度过低时, 会对土壤微生物呼吸产生明显的促进效果。

[0016] 通过精密流量计 21 来控制闭路气体的流速, 既能满足测试分析时对流速和气体混合时间的需求, 又能适当控制内部气压; 除此之外, 压力调节阀 17 可将闭路气体内气压调节至 1 个大所压或接近 1 个大气压, 从而降低了因闭路循环或测试样品间切换时所产生的气压对分析测试结果的影响。

[0017] 上述的室内土壤微生物呼吸连续测定装置主要用于室内培养条件下土壤微生物呼吸或动植物呼吸速率的连续测定。

[0018] 本发明提供的装置及其用途具有如下的技术效果: 通过精密流量计 21 和气压调节阀 17 的设计, 有效地剔除了气体气路转换或气体流动时所造成的压力短暂变化对分析测试结果的影响; CO₂ 起始浓度控制装置可精确地按比例降低闭路循环气体内的 CO₂ 起始浓度, 改善了传统培养实验因起始浓度无法控制而对土壤微生物呼吸产物的抑制或促进作用, 达到精确测定的目标; 自动切换装置可同时控制多个电磁阀 (31、32、33 和 34), 实现整体气路的自动切换, 达到连续测试不同样品、或定期重复测试相同样品的功能。本发明提供了的装置适宜室内条件的、能够自动、连续地测试多个样品土壤微生物呼吸 (或土壤碳矿化)。

[0019] 本发明所提供的装置可根据需求调节装置内起始 CO₂ 浓度、并实现不同测试样品间的自动切换, 从而成功实现了对各种培养瓶 (或培养器) 内的土壤微生物呼吸连续、自动测定功能, 可广泛应用于土壤碳周转和微生物研究等相关领域对微生物呼吸速率的批量测定或连续测定。

附图说明:

[0020] 图 1 是室内土壤微生物呼吸快连续测定装置的组装示意图。

[0021] 注: 11 恒温箱; 12 培养瓶; 13 进气管道; 14 回气管道; 15 气体过滤器; 16 旁路气

泵 ;17 压力调节阀 ;18 气体过滤器 ;21 精密流量计 ;22 碱石灰吸收管 ;31 和 34 多通道电磁阀 ;32 和 33 三通电磁阀 ;35 数据采集器 ;36 继电器 ;37 控制电路 ;41 CO₂ 分析仪。此外,图中粗直线表示气体导管。细直线表示传感器的连接导线。

具体实施方式 :

[0022] 以下描述仅表示本发明的一种具体实施方式,是为了进一步对本发明进行说明,而不是对本发明进行限制。

[0023] 室内土壤微生物呼吸连续测定装置,包括以下四个部分 :1) 恒温培养系统,包括恒温箱 11 和多个培养瓶 12 ;2) CO₂ 起始浓度控制及气体采样系统,包括精密流量计 21、碱石灰吸收管 22、三通电磁阀 32 和 33、数据采集器 35、继电器 36、进气管道 13、回气管道 14、气体过滤器 15、旁路气泵 16、压力调节阀 17、多通道电磁阀 31 和 34、气体过滤器 18、以及控制线路 ;3) CO₂ 浓度分析仪 41,可以为高精密度红外 CO₂ 分析仪或其它类似的 CO₂ 浓度快速分析仪。

[0024] 如图 1 所示,恒温箱 11 位于左下方,培养瓶 12 置于恒温箱 11 内,通过恒温箱提供实验所需的温度,并实现对实验温度的准确控制 ;为了加速培养瓶 12 内气体的混合速度,进气管 13 和回气管 14 插入培养瓶 12 内的浓度应不一致,其中培养瓶 12 内离瓶口较近的气体导管为进气管道 13,而离培养瓶口较远的管道为回气管道 14 ;整个气路设计按逆时针方向循环。

[0025] 利用数据采集器 35、继电器 36 和编写的控制程序,可控制多通道电磁阀 31 和 34,实现分析测试在不同培养瓶间的自动切换 ;此外,通过数据采集器 35、继电器 36 和编写的控制程序,控制三通电磁阀 32 和 33 的开闭顺序及时间,实现常规循环气路和 CO₂ 去除循环气路的自动切换。另外,该装置还可通过精密流量计 21,精确地控制闭路循环的气体流量,再通过控制三通电磁阀 32 和 33 来控制通过去除 CO₂ 浓度通道的时间,从而可准确地控制去除 CO₂ 的气体体积,实现调节起始 CO₂ 浓度的需求。

[0026] 压力调节阀 17 主要用于调节通过 CO₂ 分析仪的气体压力,从而降低因闭路循环气体流动和不同气路间切换时所产生的气压对分析测试结果的影响。

[0027] 通常,为了保证测试结果的精准性,测试期间样品瓶内 CO₂ 浓度应不太偏离原有 CO₂ 浓度,否则将会因为瓶内 CO₂ 浓度过度或过低而对土壤微生物呼吸产生抑制或促进效应。

[0028] 确定闭路循环气体通过 CO₂ 浓度去除通道时间 :根据预实验的估算,如果测试 5 分钟内,测试瓶内 CO₂ 浓度会上升 50%,应想办法降低 25% 的起始 CO₂ 浓度,这样测试开始时 CO₂ 浓度相对偏低,测试结束时 CO₂ 浓度相对较高,从而避免 CO₂ 浓度过高或过低的抑制或促进效应。通过测试,如果整个闭路气体体积为 1 升,气泵流速 0.8 升 / 分钟,如要降低 CO₂ 起始浓度 25%,则需要将气体通过 CO₂ 气体去除通道 18.75 秒 (= 1 × 0.25 / 0.8 × 60)。一旦获得了准确的 CO₂ 起始浓度去除时间,则可通过数据采集器 35、继电器 36 和编制的程序精确控制三通电磁阀 32 和 33 的切换时间。

[0029]

$$t_{\text{CO}_2\text{去除时间}} = \frac{V_{\text{闭路气体体积}} \times a_{\text{降低比率}}}{V_{\text{闭路气体流速}}} \quad (1)$$

[0030] 其中, $a_{\text{降低比率}}$ 应根据预实验的结果或实验需求来进行估测, $V_{\text{闭路气体体积}}$ 根据实际情况进行测试或各部分进行加和, $v_{\text{闭路气体流速}}$ 是通过精密气体流量计来进行控制并获得具体数值。

[0031] 确定测试时间和平衡时间: 由于该系统具有控制 CO_2 起始浓度的功能, 加之气体闭路通道内原有气体的存在, 当不同样品并进行切换后, 需要一个气体平衡时间, 否则其测试结果可能存在较大误差。然而, CO_2 分析仪具有快速反应的特点 (20 赫兹), 使我们可根据预实验的测试结果来进行估计。

[0032] 具体估计办法如下: 1) 通过调节气体流速 (21) 和调节经过 CO_2 去除通道的时间, 达到控制整个闭路循环内的气体浓度波动强度; 通常, 气体 CO_2 浓度波动越大, 所需平衡时间也越长; 2) 通过调节闭路循环的体积也可调节平衡所需的时间; 3) 通过即时观测 CO_2 分析仪的测试数据, 当测试值呈直线上升后, 基本可判断达到内部气体平衡状态, 从开始切换至观测到平衡所需的时间即为平衡时间; 在实际操作中, 为了稳妥起见, 应将最终确定的平衡时间适当延长, 以保证测试结果的准确性。

[0033] 确定好平衡时间后, 需要进一步确定测试所需时间。根据前人的研究结果, 当测试气体 CO_2 浓度过低时, 会促进土壤微生物呼吸; 当测试气体 CO_2 浓度过高时, 会抑制土壤微生物呼吸。因此, 我们必需根据 CO_2 分析仪的数据, 再结合 CO_2 起始浓度降低值, 尽量保证测试结束时气体浓度的升高幅度不远远超过起始 CO_2 浓度的降低值, 从而避免因测试时 CO_2 浓度剧烈升高或剧烈降低对土壤呼吸的抑制 / 促进效应, 更准确地获得测试结果。

[0034] 在确定好 CO_2 起始浓度降低范围、气体通过 CO_2 去除通道的时间、闭路气体所需的平衡时间、所需的测试时间等几个关键参数后, 我们可以获得各个环节的准确控制时间; 通过编写程序, 让数据采集器 35 和继电器 36 来精准地控制四个多通道电磁阀 31, 32, 33 和 34, 实现准确、快速、自动地测试多个测试样品瓶内的土壤微生物呼吸速率。

[0035] 土壤微生物呼吸速率的计算方法:

[0036]

$$R_{\text{micorbe}} = \frac{C_{\text{CO}_2\text{浓度升高速率}} \times V_{\text{闭路气体循环体积}} \times \alpha_{\text{CO}_2\text{气体转化为质量的系数}} \times \beta_{\text{时间转化系数}}}{m_{\text{培养瓶内土壤质量}}} \quad (2)$$

[0037] 公式中: R_{micorbe} 为土壤微生物呼吸速率 ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{g}_{\text{soil}}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$), $C_{\text{CO}_2\text{浓度升高速率}}$ 即测试时间内 CO_2 浓度变化的直线斜率 (前人的研究结果已经表明, 当测试时间相对较短或 CO_2 浓度不太偏离初始状况时, 直线回归所获得的斜率可很好地拟合该时间段的呼吸速率; 我们预实验结果也表明直线回归可很好地拟合出土壤微生物呼吸速率 ($R^2 > 0.99$, $P < 0.0001$), $V_{\text{闭路循环的气体体积}}$ 是指包括培养瓶和管线等所有体积, m 是指培养瓶内的土壤干重, α 和 β 是将土壤微生物呼吸速率转化为标准单位的系数。

[0038] 通过上述质量控制过程, 本发明提供的装置及其用途具有如下的技术效果: 通过精密流量计 21 和压力调节阀 17 的设计, 有效的剔除了分析气体气路转换或气体流动时所造成的压力短暂变化的影响; CO_2 起始浓度控制装置可精确地按比例降低闭路循环气体内的 CO_2 起始浓度, 降低传统培养实验因起始浓度无法控制而对微生物呼吸产物的抑制或促进作用, 可满足精确测定的需求; 自动切换装置通过同时控制四个多通道电磁阀 31, 32, 33 和 34, 实现整体气路的自动切换, 达到连续测试不同样品、或定期重复测试同一样品的功能。

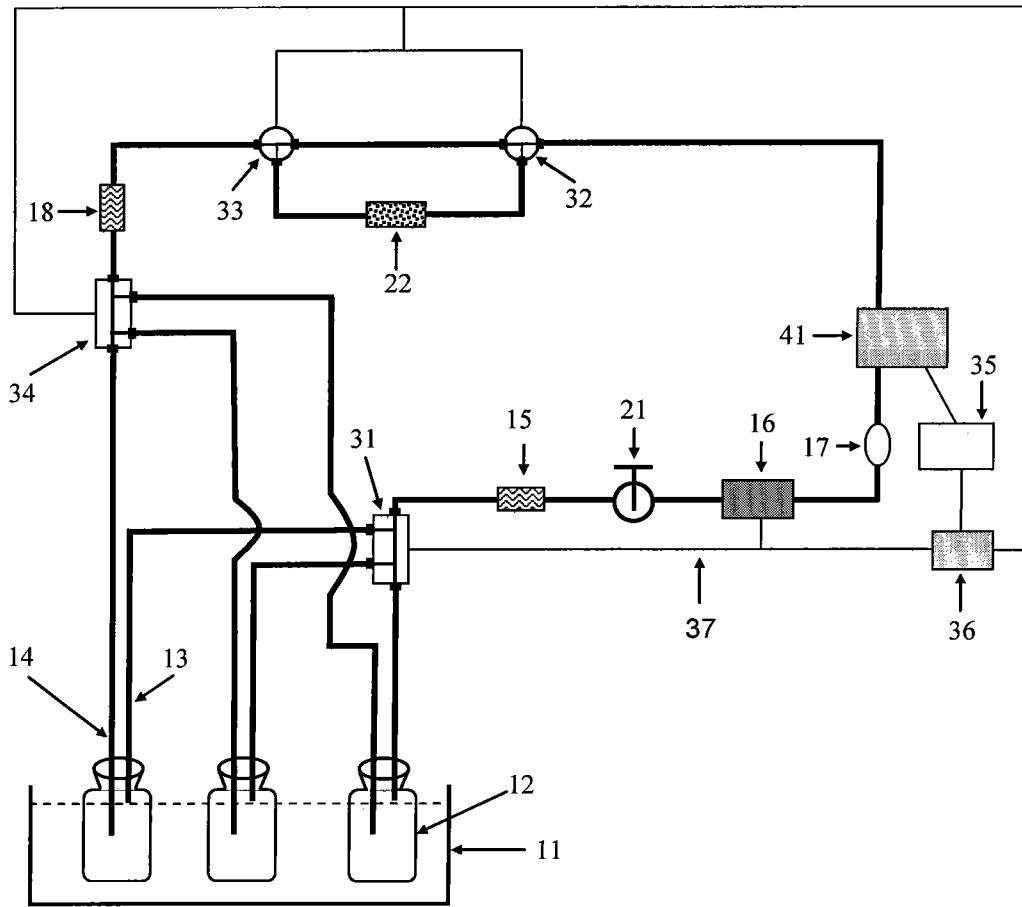


图 1