



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108319820 B

(45)授权公告日 2020.04.14

(21)申请号 201810313290.3

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2018.04.09

G16B 40/00(2019.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 张媛媛

申请公布号 CN 108319820 A

(43)申请公布日 2018.07.24

(73)专利权人 中国科学院地球化学研究所

地址 550081 贵州省贵阳市观山湖区林城西路99号

(72)发明人 吴沿友 饶森 吴沿胜 方蕾

苏跃 李环 王瑞 王世杰

刘丛强

(74)专利代理机构 贵阳中新专利商标事务所

52100

代理人 刘艳

权利要求书1页 说明书10页

(54)发明名称

一种获取野外生境下植物重碳酸盐利用份额的方法

(57)摘要

本发明公开了一种获取野外生境下植物重碳酸盐利用份额的方法,属于农作物信息检测技术及生态环境治理领域,利用便携式光合仪获取胞外大气二氧化碳浓度和胞间二氧化碳浓度数据,同时测定不同环境下不同苗龄不同生育期的植物利用空气的二氧化碳和土壤的重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值,结合大气二氧化碳稳定碳同位素组成、植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成;依据双端元同位素混合模型获取不同环境下不同苗龄不同生育期的植物利用重碳酸盐利用份额的即时信息。不仅能够快速、便捷、精确、实时获取野外生境下不同苗龄不同生育期的植物利用大气二氧化碳利用份额,同时也能获取野外生境下植物重碳酸盐利用份额。

1. 一种获取野外生境下植物重碳酸盐利用份额的方法,其特征包括:

步骤一,选择在被考察的环境下生长的植物新枝上的第二展开叶的叶片,在晴朗天气下,利用便携式光合仪分别测定上午9:00-10:00的光合参数;

步骤二,从便携式光合仪中获取胞外大气二氧化碳浓度Ca和胞间二氧化碳浓度Ci的数据,计算植物叶片胞间二氧化碳浓度Ci与胞外大气二氧化碳浓度Ca的比值f;

步骤三,选择在被考察的环境下生长的植物新枝上的第一展开叶的叶片,利用常规方法测定植物叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值,记为 δ_{T} ;

步骤四,按常规方法获取被考察环境大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值,记为 δ_{a} ;

步骤五,按常规方法测定在被考察的环境下生长的植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值,记为 δ_{b} ;

步骤六,依据植物叶片胞间二氧化碳浓度Ci与胞外大气二氧化碳浓度Ca的比值f,计算在被考察的环境下生长的植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa ;

步骤七,依据在被考察的环境下生长的植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa ,计算在被考察的环境下生长的植物叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ;

步骤八,依据在被考察的环境下生长的植物叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_{T} 、被考察环境大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值 δ_{a} 、在被考察的环境下生长的植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_{b} 、在被考察的环境下生长的植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 、在被考察的环境下生长的植物叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ,计算植物重碳酸盐利用份额 f_{b} ;所述的植物重碳酸盐利用份额 f_{b} 的计算方法为:

$$f_{\text{b}} = \frac{\delta_{\text{T}} - \delta_{\text{a}} + \Delta a}{\delta_{\text{b}} + \Delta a - \delta_{\text{a}} - \Delta b}$$

2. 根据权利要求1所述的一种获取野外生境下植物重碳酸盐利用份额的方法,其特征在于:在第一步骤中,所述的植物新枝上的第二展开叶的叶片是依据从上往下的原则,以新枝上刚刚发育完全且完全展开的叶为第一完全展开叶,依次类推;分别为第二完全展开叶、第三完全展开叶。

3. 根据权利要求1所述的一种获取野外生境下植物重碳酸盐利用份额的方法特征在于:步骤二中所述的植物叶片胞间二氧化碳浓度Ci与胞外大气二氧化碳浓度Ca的比值f,计算方法为: $f = \frac{C_i}{C_a}$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种获取野外生境下植物重碳酸盐利用份额的方法,其特征在于:步骤六中所述的在被考察的环境下生长的植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 的计算方法为: $\Delta a = 4.4\% + (D - 4.4\%) f$,其中,D为Rubsico羧化作用时对无机碳的分馏,依据植物的不同取值不同,范围为27‰~29‰。

5. 根据权利要求1所述的一种获取野外生境下植物重碳酸盐利用份额的方法,其特征在于:在第七步骤中,在被考察的环境下生长的植物叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值的计算方法为: $\Delta b = \Delta a - 4.4\% - 9.9\%$ 。

一种获取野外生境下植物重碳酸盐利用份额的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及农作物信息检测技术以及生态环境治理领域,特别是涉及一种获取野外生境下植物重碳酸盐利用份额的方法,可以无需繁琐地培养植物,就可实时测定不同苗龄不同生育期的植物利用重碳酸盐的信息,为喀斯特适生植物的筛选提供科学依据。

背景技术

[0002] 近年来,众多的实验已经证明,植物不仅能利用大气中的二氧化碳作为底物进行光合作用,而且也可以利用来自于土壤的重碳酸盐进行光合作用。尤其在具有高浓度的重碳酸盐的喀斯特石灰岩地区,仅用基于测定大气二氧化碳通量的光合仪来测定植物的无机碳同化能力,严重地低估了喀斯特地区植物的生产力。

[0003] 不同植物在同一条件下具有不同的重碳酸盐利用份额,同一植物在不同环境下,重碳酸盐利用份额也差异较大。尽管,有一些方法能够测定不论是野外的还是实验室培养的植物的重碳酸盐利用能力,但是,这些方法都难以实时测定不同环境下不同苗龄不同生育期的植物利用重碳酸盐的信息,因此,准确测定不同环境下不同苗龄不同生育期的植物利用重碳酸盐利用份额,对正确评估植物的生产力,筛选高生产力的喀斯特适生植物品种,用喀斯特适生植物来治理和恢复脆弱的喀斯特生态环境具有重要的作用。

发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是,提供一种获取野外生境下植物重碳酸盐利用份额的方法,不仅无需繁琐地培养植物就可实时测定不同苗龄不同生育期的植物重碳酸盐利用份额,而且还克服了现有技术不能批量获取植物重碳酸盐利用信息的缺陷。

[0005] 本发明采取以下技术方案:它包括以下步骤:

[0006] 步骤一,选择在被考察的环境下生长的植物新枝上的第二展开叶的叶片,在晴朗天气下,利用便携式光合仪分别测定上午9:00-10:00的光合参数;所谓植物新枝上的第二展开叶的叶片是依据从上往下的原则,以新枝上刚刚发育完全且完全展开的叶为第一完全展开叶,依次类推;分别为第二完全展开叶、第三完全展开叶;

[0007] 步骤二,从便携式光合仪中获取胞外大气二氧化碳浓度 C_a 和胞间二氧化碳浓度 C_i 的数据,计算植物叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f ,计算方法为: $f = \frac{C_i}{C_a}$;

[0008] 步骤三,选择在被考察的环境下生长的植物新枝上的第一展开叶的叶片,利用常规方法测定植物叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的值,记为 δ_T ;

[0009] 步骤四,按常规方法获取被考察环境大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的平均值,记为 δ_a ;

[0010] 步骤五,按常规方法测定在被考察的环境下生长的植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的值,记为 δ_b ;

[0011] 步骤六,依据植物叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f ;

计算在被考察的环境下生长的植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa ; 计算方法为: $\Delta a = 4.4\% + (D - 4.4\%)f$, 其中, D 为 Rubisco 羧化作用时对无机碳的分馏, 依据植物的不同取值不同, 范围为 $27\% \sim 29\%$;

[0012] 步骤七, 依据在被考察的环境下生长的植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa , 计算在被考察的环境下生长的植物叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ; 计算方法为: $\Delta b = \Delta a - 4.4\% - 9.9\%$;

[0013] 步骤八, 依据在被考察的环境下生长的植物叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_T 、被考察环境大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值 δ_a 、在被考察的环境下生长的植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_b ; 在被考察的环境下生长的植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 、在被考察的环境下生长的植物叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb , 计算植物重碳酸盐利用份额 f_b 的计算方法为:

$$f_b = \frac{\delta_T - \delta_a + \Delta a}{\delta_b + \Delta a - \delta_a - \Delta b}$$

[0014] 本发明的基本原理为:

[0015] 稳定碳同位素的强烈分馏特征是识别植物体内不同无机碳源的基础。自然界中碳元素有两种稳定同位素: ^{12}C 和 ^{13}C , 它们的天然平均丰度分别为 98.89% 和 1.11% 。稳定碳同位素组成通常用 $\delta^{13}\text{C}$ (‰) 表示, 自然界中 $\delta^{13}\text{C}$ 的变化为 $-90\% \sim +20\%$ 。稳定碳同位素的强烈分馏特征有利于识别植物体内不同无机碳来源。质量平衡原理以及同位素混合模型和化学计量学方法, 是定量识别植物体内不同无机碳来源的基础。

[0016] 双端元同位素混合模型可以表示为:

$$[0017] \quad \delta_T = \delta_A - f_b \delta_A + f_b \delta_B \quad (1)$$

[0018] 这里 δ_T 为被考察植物叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值, δ_A 为假定植物利用大气二氧化碳为唯一碳源时叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值, δ_B 为假定植物完全利用来自根部的重碳酸盐为唯一碳源时叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值, f_b 为该考察植物利用外源添加的碳酸氢根离子占植物利用总无机碳源的份额。

[0019] 植物在行使 C_3 途径时, 叶片对空气二氧化碳的分馏 Δa 满足下列关系 (2)。

$$[0020] \quad \Delta a = a + (D - a) (C_i / C_a) \quad (2)$$

[0021] 式 (2) 中, C_i 为胞间二氧化碳浓度, C_a 为空气中的二氧化碳浓度, a 为气孔扩散作用时对无机碳的分馏, 取值 4.4% , D 为 Rubisco 羧化作用时对无机碳的分馏, 依据植物的不同取值不同, 范围为 $27\% \sim 29\%$; 令 $f = \frac{C_i}{C_a}$, 将以上已知参数代入 (2) 式得:

$$[0022] \quad \Delta a = 4.4\% + (D - 4.4\%)f \quad (3)$$

[0023] 从 (3) 式可以看出, C_3 植物同化空气中的二氧化碳时对无机碳的分馏值与胞间二氧化碳浓度成正比。将 (3) 式变形为 (4) 式, 得:

$$[0024] \quad \delta_A = \delta_a - \Delta a \quad (4)$$

[0025] 式 (4) 中, δ_A 为假定植物利用大气二氧化碳为唯一碳源时叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值, δ_a 为空气中的二氧化碳稳定碳同位素平均值。

[0026] 二氧化碳水解成碳酸氢根离子时的无机碳分馏为 -9.9% , 植物利用的碳酸氢根离子来自于根部, 没有像二氧化碳气体进入气孔时存在的同位素扩散分馏, 因此, 叶片对来自根部的重碳酸盐的无机碳的分馏 Δb 满足下列关系 (5)。

$$[0027] \quad \Delta b = \Delta a - 4.4\% - 9.9\% \quad (5)$$

[0028] 植物叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb 可以换算成为植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_b 与植物完全利用来自根部的重碳酸盐为唯一碳源时叶片的 $\delta^{13}\text{C}$ 值 δ_B 的差值, 因此 (5) 式可以变成 (6) 式:

$$[0029] \quad \delta_B = \delta_b - \Delta b \quad (6)$$

[0030] 将 (4) 式和 (6) 式代入到 (1) 式, 可得:

$$[0031] \quad f_b = \frac{\delta_T - \delta_a + \Delta a}{\delta_b + \Delta a - \delta_a - \Delta b} \quad (7)$$

[0032] 获取胞间二氧化碳浓度 C_i 、空气中的二氧化碳浓度 C_a 和稳定碳同位素平均值 δ_a 、植物叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_T 、植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_b 即可计算植物重碳酸盐利用份额 f_b 。

[0033] 本发明的优点如下:

[0034] 本发明则是通过实时测定不同环境下不同苗龄不同生育期的植物利用空气的二氧化碳和土壤的重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值, 结合大气二氧化碳稳定碳同位素组成、植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成; 依据双端元同位素混合模型获取不同环境下不同苗龄不同生育期的植物利用重碳酸盐利用份额的即时信息。

[0035] 1) 本发明不仅能够获取野外生境下植物利用大气二氧化碳的稳定碳同位素分馏值, 而且也可以获取野外生境下植物利用来自土壤的重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值。

[0036] 2) 本发明不仅能够获取野外生境下植物对大气二氧化碳的利用份额, 同时也能获取野外生境下植物对重碳酸盐的利用份额。

[0037] 3) 本发明可快速、便捷、精确、实时测定不同苗龄不同生育期的植物重碳酸盐利用份额。

[0038] 4) 本发明不仅省却了繁琐地培养植物的过程, 而且还可以批量获取植物重碳酸盐利用信息

[0039] 5) 本发明还可为喀斯特适生植物的快速筛选提供依据, 为植物的环境适应性研究提供科学方法。

具体实施方式

[0040] 本发明的实施例: 它包括以下步骤,

[0041] 步骤一, 选择在被考察的环境下生长的植物新枝上的第二展开叶的叶片, 在晴朗天气下, 利用便携式光合仪用分别测定上午 9:00-10:00 的光合参数; 所谓植物新枝上的第二展开叶的叶片是依据从上往下的原则, 以新枝上刚刚发育完全且完全展开的叶为第一完全展开叶, 依次类推; 分别为第二完全展开叶、第三完全展开叶;

[0042] 步骤二, 从便携式光合仪中获取胞外大气二氧化碳浓度 C_a 和胞间二氧化碳浓度 C_i 的数据, 计算植物叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f , 计算方法为: $f = \frac{C_i}{C_a}$;

[0043] 步骤三, 选择在被考察的环境下生长的植物新枝上的第一展开叶的叶片, 利用常规方法测定植物叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值, 记为 δ_T ;

[0044] 步骤四, 按常规方法获取被考察环境大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值, 记为 δ_a ;

[0045] 步骤五,按常规方法测定在被考察的环境下生长的植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值,记为 δ_b ;

[0046] 步骤六,依据植物叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f ;计算在被考察的环境下生长的植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa ;计算方法为: $\Delta a=4.4\%+(D-4.4\%)f$,其中, D 为Rubsico羧化作用时对无机碳的分馏,依据植物的不同取值不同,范围为27%~29%;

[0047] 步骤七,依据在被考察的环境下生长的植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa ,计算在被考察的环境下生长的植物叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ;计算方法为: $\Delta b=\Delta a-4.4\%-9.9\%$;

[0048] 步骤八,依据在被考察的环境下生长的植物叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_T 、被考察环境大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值 δ_a 、在被考察的环境下生长的植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_b ;在被考察的环境下生长的植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 、在被考察的环境下生长的植物叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ,计算植物重碳酸盐利用份额 f_b 的计算方法为:

$$f_b = \frac{\delta_T - \delta_a + \Delta a}{\delta_b + \Delta a - \delta_a - \Delta b}$$

[0049] 详细实施过程及内容如下:

[0050] 1) 贵阳市将军山七月份三个区域喜树重碳酸盐利用份额的确定:

[0051] 将生长在贵阳市将军山的七月份三个区域喜树作为研究对象,在晴朗天气下,利用便携式光合仪用分别测定上午9:00-10:00的植物新枝上的第二展开叶的叶片的光合参数;从便携式光合仪中读取胞外大气二氧化碳浓度 C_a 和胞间二氧化碳浓度 C_i 的数据,计算植物叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f ,如表1;同时测定植物新枝上的第一展开叶的叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_T ,如表1;同时获取被考察环境大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值 δ_a 以及植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_b ,如表1;依据植物叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f ;计算植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa ,如表2;计算方法为: $\Delta a=4.4\%+(D-4.4\%)f$,其中, D 的取值为27%;随后,计算喜树叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ,如表2;最后,依据喜树叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_T 、大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值 δ_a 、根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_b 、喜树叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 、喜树叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ,计算植物重碳酸盐利用份额 f_b ,如表2。

[0052] 表1贵阳市将军山七月份三个区域喜树的叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f 、新枝上的第一展开叶的叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_T 、大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值 δ_a 以及植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_b

[0053]

样地	植株号	f	$\delta_a\%$	$\delta_T\%$	$\delta_b\%$
一区	XS-1	0.61	-11.98	-28.21	-9.19
一区	XS-2	0.66	-11.98	-29.44	-10.00
一区	XS-3	0.76	-11.98	-30.19	-10.76

一区	XS-4	0.69	-11.98	-31.06	-6.53
二区	XS-5	0.67	-11.98	-29.34	-9.00
二区	XS-6	0.73	-11.98	-30.81	-9.12
二区	XS-7	0.77	-11.98	-31.72	-8.89
二区	XS-8	0.71	-11.98	-30.05	-5.81
三区	XS-9	0.75	-11.98	-30.50	-6.55
三区	XS-10	0.72	-11.98	-28.81	-8.33
三区	XS-11	0.68	-11.98	-29.08	-8.23
三区	XS-12	0.74	-11.98	-30.53	-9.68

[0054] 表2贵阳市将军山七月份三个区域喜树叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 、同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb 以及重碳酸盐利用份额 f_b

[0055]

样地	植株号	$\Delta a\%$	$\Delta b\%$	$f_b\%$
一区	XS-1	18.19	3.89	11.4

[0056]

一区	XS-2	19.32	5.02	11.4
一区	XS-3	21.58	7.28	21.7
一区	XS-4	19.99	5.69	4.6
二区	XS-5	19.54	5.24	12.6
二区	XS-6	20.90	6.60	12.1
二区	XS-7	21.80	7.50	11.9
二区	XS-8	20.45	6.15	11.6
三区	XS-9	21.35	7.05	14.4
三区	XS-10	20.67	6.37	21.4
三区	XS-11	19.77	5.47	14.8
三区	XS-12	21.12	6.82	15.5

[0057] 2) 贵阳市将军山七月份三个区域化香重碳酸盐利用份额的确定:

[0058] 将生长在贵阳市将军山的七月份三个区域化香作为研究对象,在晴朗天气下,利用便携式光合仪用分别测定上午9:00-10:00的植物新枝上的第二展开叶的叶片的光合参数;从便携式光合仪中读取胞外大气二氧化碳浓度 C_a 和胞间二氧化碳浓度 C_i 的数据,计算植物叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f ,如表3;同时测定植物新枝上的第一展开叶的叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的值 δ_T ,如表3;同时获取被考察环境大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的平均值 δ_a 以及植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的值 δ_b ,如表3;依据植物叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f ;计算植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa ,如表4;计算方法为: $\Delta a = 4.4\% + (D - 4.4\%) f$,其中, D 的取值为29‰;随后,计算化香叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ,如表4;最后,依据化香叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的值 δ_T 、大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的平均值 δ_a 、根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的值 δ_b 、化香叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 、化香叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ,计算植物重碳酸盐利用份额 f_b ,如表4。

[0059] 表3贵阳市将军山七月份三个区域化香的叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二

氧化碳浓度Ca的比值f、新枝上的第一展开叶的叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_{T} 、大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值 δ_{a} 以及植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_{b}

	样地	植株号	f	$\delta_{\text{a}}\text{‰}$	$\delta_{\text{T}}\text{‰}$	$\delta_{\text{b}}\text{‰}$
[0060]	一区	HX-1	0.53	-11.98	-28.62	-7.38
	一区	HX-2	0.58	-11.98	-28.77	-7.62
[0061]	一区	HX-3	0.58	-11.98	-28.93	-7.50
	二区	HX-4	0.66	-11.98	-29.51	-7.50
	二区	HX-5	0.65	-11.98	-30.79	-10.17
	二区	HX-6	0.65	-11.98	-29.12	-9.12
	二区	HX-7	0.64	-11.98	-27.63	-8.89
	二区	HX-8	0.67	-11.98	-28.39	-5.81
	三区	HX-9	0.56	-11.98	-28.34	-8.39
	三区	HX-10	0.55	-11.98	-27.18	-7.16
	三区	HX-11	0.57	-11.98	-26.59	-8.47
	三区	HX-12	0.61	-11.98	-27.22	-7.18

[0062] 表4贵阳市将军山七月份三个区域化香叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 、同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb 以及重碳酸盐利用份额 f_{b}

	样地	植株号	$\Delta a\text{‰}$	$\Delta b\text{‰}$	$f_{\text{b}}\%$
[0063]	一区	HX-1	17.44	3.14	4.2
	一区	HX-2	18.67	4.37	10.0
	一区	HX-3	18.67	4.37	9.1
	二区	HX-4	20.64	6.34	16.5
	二区	HX-5	20.39	6.09	9.8
	二区	HX-6	20.39	6.09	19.0
	二区	HX-7	20.14	5.84	25.9
	二区	HX-8	20.88	6.58	21.8
	三区	HX-9	18.18	3.88	10.2
	三区	HX-10	17.93	3.63	14.3
	三区	HX-11	18.42	4.12	21.4
	三区	HX-12	19.41	5.11	21.8

[0064] 3) 贵阳市将军山八月份三个区域喜树重碳酸盐利用份额的确定:

[0065] 将生长在贵阳市将军山的八月份三个区域喜树作为研究对象,在晴朗天气下,利用便携式光合仪用分别测定上午9:00-10:00的植物新枝上的第二展开叶的叶片的光合参数;从便携式光合仪中读取胞外大气二氧化碳浓度Ca和胞间二氧化碳浓度Ci的数据,计算植物叶片胞间二氧化碳浓度Ci与胞外大气二氧化碳浓度Ca的比值f,如表5;同时测定植物新枝上的第一展开叶的叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_{T} ,如表5;同时获取被考察环境大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值 δ_{a} 以及植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_{b} ,如表5;依据植物叶片胞间二氧化碳浓度Ci与胞外大气二氧化碳浓度

Ca的比值 f ;计算植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa ,如表6;计算方法为: $\Delta a = 4.4\text{‰} + (D - 4.4\text{‰})f$,其中, D 的取值为 29‰ ;随后,计算喜树叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ,如表6;最后,依据喜树叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_T 、大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值 δ_a 、根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_b 、喜树叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 、喜树叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ,计算植物重碳酸盐利用份额 f_b ,如表6。

[0066] 表5贵阳市将军山八月份三个区域喜树的叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f 、新枝上的第一展开叶的叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_T 、大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的平均值 δ_a 以及植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_b

[0067]

样地	植株号	f	$\delta_a\text{‰}$	$\delta_T\text{‰}$	$\delta_b\text{‰}$
一区	XS-1	0.62	-11.98	-29.34	-8.69
一区	XS-2	0.60	-11.98	-28.77	-8.62
一区	XS-3	0.66	-11.98	-28.13	-9.11
一区	XS-4	0.54	-11.98	-28.25	-9.04
一区	XS-5	0.68	-11.98	-30.62	-6.18
二区	XS-6	0.56	-11.98	-29.23	-10.93
二区	XS-7	0.74	-11.98	-30.31	-10.07
二区	XS-8	0.65	-11.98	-28.76	-8.35
二区	XS-9	0.61	-11.98	-26.75	-7.98
三区	XS-10	0.63	-11.98	-27.72	-9.65
三区	XS-11	0.67	-11.98	-30.07	-8.49
三区	XS-12	0.80	-11.98	-30.64	-10.24

[0068] 表6贵阳市将军山八月份三个区域喜树叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 、同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb 以及重碳酸盐利用份额 f_b

[0069]

样地	植株号	$\Delta a\text{‰}$	$\Delta b\text{‰}$	$f_b\%$
一区	XS-1	19.65	5.35	13.0
一区	XS-2	19.16	4.86	13.4
一区	XS-3	20.64	6.34	26.1
一区	XS-4	17.68	3.38	8.2
一区	XS-5	21.13	6.83	12.4
二区	XS-6	18.18	3.88	6.0
二区	XS-7	22.60	8.30	26.3
二区	XS-8	20.39	6.09	20.1
二区	XS-9	19.41	5.11	25.3
三区	XS-10	19.90	5.60	25.0
三区	XS-11	20.88	6.58	15.7
三区	XS-12	24.08	9.78	33.8

[0070] 4) 贵阳市将军山八月份三个区域化香重碳酸盐利用份额的确定:

[0071] 将生长在贵阳市将军山的八月份三个区域化香作为研究对象,在晴朗天气下,利用便携式光合仪用分别测定上午9:00-10:00的植物新枝上的第二展开叶的叶片的光合参数;从便携式光合仪中读取胞外大气二氧化碳浓度 C_a 和胞间二氧化碳浓度 C_i 的数据,计算植物叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f ,如表7;同时测定植物新枝上的第一展开叶的叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的值 δ_T ,如表7;同时获取被考察环境大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的平均值 δ_a 以及植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的值 δ_b ,如表7;依据植物叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f ;计算植物叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa ,如表8;计算方法为: $\Delta a = 4.4\% + (D - 4.4\%)f$,其中, D 的取值为27‰;随后,计算化香叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ,如表8;最后,依据化香叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的值 δ_T 、大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的平均值 δ_a 、根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的值 δ_b 、化香叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 、化香叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ,计算植物重碳酸盐利用份额 f_b ,如表8。

[0072] 表7贵阳市将军山八月份三个区域化香的叶片胞间二氧化碳浓度 C_i 与胞外大气二氧化碳浓度 C_a 的比值 f 、新枝上的第一展开叶的叶片的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的值 δ_T 、大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的平均值 δ_a 以及植物的根际土壤重碳酸盐的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 的值 δ_b

[0073]

样地	植株号	f	$\delta_a\%$	$\delta_T\%$	$\delta_b\%$
一区	HX-1	0.60	-11.98	-28.70	-6.94
一区	HX-2	0.65	-11.98	-26.25	-10.49
一区	HX-3	0.58	-11.98	-28.49	-7.98
二区	HX-4	0.59	-11.98	-28.28	-10.10
二区	HX-5	0.59	-11.98	-28.46	-10.07
二区	HX-6	0.64	-11.98	-29.08	-11.49
二区	HX-7	0.72	-11.98	-30.60	-8.35
二区	HX-8	0.68	-11.98	-29.46	-7.98
二区	HX-9	0.69	-11.98	-28.58	-6.01
三区	HX-10	0.68	-11.98	-28.92	-7.53
三区	HX-11	0.65	-11.98	-27.80	-9.04
三区	HX-12	0.62	-11.98	-29.92	-10.32
三区	HX-13	0.73	-11.98	-27.95	-9.10

[0074] 表8贵阳市将军山八月份三个区域化香叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 、同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb 以及重碳酸盐利用份额 f_b

[0075]

样地	植株号	$\Delta a\%$	$\Delta b\%$	$f_b\%$
一区	HX-1	17.96	3.66	6.4

[0076]	一区	HX-2	19.09	4.79	30.5
	一区	HX-3	17.51	3.208	5.5
	二区	HX-4	17.73	3.434	8.9
	二区	HX-5	17.73	3.434	7.7
	二区	HX-6	18.86	4.564	11.9
	二区	HX-7	20.67	6.372	11.5
	二区	HX-8	19.77	5.468	12.5
	二区	HX-9	19.99	5.694	16.8
	三区	HX-10	19.77	5.468	15.1
	三区	HX-11	19.09	4.79	19.0
	三区	HX-12	18.41	4.112	3.0
	三区	HX-13	20.90	6.598	28.7

[0077] 本发明的实施效果如下：

[0078] 从表2、表4、表6、表8的结果可以看出，不同的植物在不同的区域、同一植物在不同区域、甚至同一植物在同一区域的不同时间，重碳酸盐利用份额均不相同。归纳表2、表4、表6、表8的结果得表9。从表2、表4、表6、表8以及表9中可以看出，不同植物同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值明显不同，但同一植物在不同的月份同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值差异较小，所有材料的同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值与20‰均接近；不同的植物在不同的区域、同一植物在不同区域、甚至同一植物在同一区域的不同时间，同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值均不相同，这说明植物重碳酸盐的利用具有较高的变异性，喀斯特适生植物可能正是利用灵活多变的重碳酸盐来适应环境的。同时，从表2、表4、表6、表8以及表9中还可以看出，贵阳市将军山七月份三个区域喜树重碳酸盐利用份额从4.6%到21.7%，平均值为13.6%，化香重碳酸盐利用份额从4.2%到25.9%，平均值为15.3%。贵阳市将军山八月份三个区域喜树重碳酸盐利用份额从6.0%到33.8%，平均值为18.8%，化香重碳酸盐利用份额从3.0%到30.5%，平均值为13.7%。喜树的这些结果与我们实验室的双向同位素示踪培养技术所得的结果相似。由此可以看出，植物在无机碳利用方面也表现了适应多样化环境的特征，也即植物依据环境来改变无机碳的利用，从而适应环境。

[0079] 表9贵阳市将军山七、八月份三个区域喜树、化香叶片同化二氧化碳的稳定碳同位素分馏值 Δa 、同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb 以及重碳酸盐利用份额 f_b

[0080]	植物（月份）	样地	Δa （‰）		Δb （‰）		f_b （%）	
			平均值	SE	平均值	SE	平均值	SE
	喜树（七月）	一区	19.77	0.71	5.47	0.71	12.3	3.5

[0081]

喜树（七月）	二区	20.67	0.47	6.37	0.47	12.1	0.2
喜树（七月）	三区	20.72	0.35	6.42	0.35	16.5	1.6
喜树（七月）	全区	20.39	0.31	6.09	0.31	13.6	1.3
化香（七月）	一区	18.26	0.41	3.96	0.41	7.8	1.8
化香（七月）	二区	20.49	0.13	6.19	0.13	18.6	2.7
化香（七月）	三区	18.49	0.32	4.19	0.32	16.9	2.8
化香（七月）	全区	19.26	0.34	4.96	0.34	15.3	1.9
喜树（八月）	一区	19.65	0.60	5.35	0.60	14.6	3.0
喜树（八月）	二区	20.15	0.93	5.85	0.93	19.4	4.7
喜树（八月）	三区	21.62	1.26	7.32	1.26	24.8	5.2
喜树（八月）	全区	20.31	0.51	6.01	0.51	18.8	2.5
化香（八月）	一区	18.19	0.47	3.89	0.47	14.1	8.2
化香（八月）	二区	19.13	0.50	4.83	0.50	11.6	1.3
化香（八月）	三区	19.54	0.54	5.24	0.53	16.5	5.3
化香（八月）	全区	19.04	0.31	4.74	0.31	13.7	2.3

。