



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109470826 A

(43)申请公布日 2019.03.15

(21)申请号 201811599468.1

(22)申请日 2018.12.26

(71)申请人 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 梁小兵

(74)专利代理机构 贵阳中新专利商标事务所
52100

代理人 刘艳

(51)Int.Cl.
G01N 33/00(2006.01)

权利要求书2页 说明书13页

(54)发明名称

一种获取野外生境下植物代谢水利用份额和实际需水量的方法

(57)摘要

本发明公开了一种获取野外生境下植物代谢水利用份额和实际需水量的方法,属于农作物信息检测技术、生态环境治理以及农作物节水灌溉领域,利用便携式光合仪获取净光合速率、蒸腾速率以及胞外大气二氧化碳浓度和胞间二氧化碳浓度信息,结合稳定碳同位素测定获取不同环境下不同苗龄不同生育期的植物重碳酸盐利用份额的信息。偶联净光合速率、蒸腾速率以及植物重碳酸盐利用信息,即可获得不同环境下不同苗龄不同生育期的植物实际水分利用效率和实际需水量,为喀斯特适生植物的筛选提供科学依据,为节水灌溉和水资源可持续利用提供科学支撑。

1. 一种获取野外生境下植物代谢水利用份额和实际需水量的方法,其特征在于包括:

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净光合速率Pn和蒸腾速率Tr的数据;

步骤三,随后,再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 δ_a 以及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 ;同时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 δ_T ;

步骤五,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;分别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 和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 ;

步骤六,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 ;

步骤七,依据植物重碳酸盐利用份额 f_b 来获得植物代谢水利用份额 f_w ;

步骤八,依据在被考察的环境下生长的植物重碳酸盐利用份额 f_b 、净光合速率Pn、蒸腾速率Tr的数据,获取在被考察的环境下生长的被考察植物的实际水分利用效率WUEa;

步骤九,依据在被考察的环境下生长的植物代谢水利用份额 f_w 、净光合速率Pn、蒸腾速率Tr,获取在被考察的环境下生长的被考察植物的实际需水量Q。

2. 根据权利要求1所述的一种获取野外生境下植物代谢水利用份额和实际需水量的方法,其特征在于:在第一步骤中,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。

3. 根据权利要求1所述的一种获取野外生境下植物代谢水利用份额和实际需水量的方法特征在于:步骤三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代谢水利用份额和实际需水量的方法,其特征在于:步骤五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: $\Delta a = 4.4\text{‰} + (D - 4.4\text{‰})f$,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‰; Δb 的计算方法为: $\Delta b = \Delta a - 4.4\text{‰} - 9.9\text{‰}$ 。

5. 根据权利要求1所述的一种获取野外生境下植物代谢水利用份额和实际需水量的方法,其特征在于:步骤六所述的植物重碳酸盐利用份额 f_b 的计算方法为: $f_b = \frac{\delta_T - \delta_a + \Delta a}{\delta_b + \Delta a - \delta_a - \Delta b}$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种获取野外生境下植物代谢水利用份额和实际需水量的方法,其特征在於:步骤七中植物代谢水利用份额 f_w : $f_w=f_b$ 。

7. 根据权利要求1所述的一种获取野外生境下植物代谢水利用份额和实际需水量的方法,其特征在於:步骤八中在被考察的环境下生长的被考察植物的实际水分利用效率WUEa,计算方法为: $WUEa = \frac{Pn}{Tr(1-f_b)}$ 。

8. 根据权利要求1所述的一种获取野外生境下植物代谢水利用份额和实际需水量的方法,其特征在於:步骤九中在被考察的环境下生长的被考察植物的实际需水量Q,计算方法为: $Q = \frac{A Tr(1-f_w)}{Pn}$,这里的A为植物合成1克干物质所蒸腾消耗的水分克数的单位转换数,A=600。

一种获取野外生境下植物代谢水利用份额和实际需水量的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及农作物信息检测技术、生态环境治理以及农作物节水灌溉领域,特别是涉及一种获取野外生境下植物代谢水利用份额和实际需水量的方法,可以实时测定不同苗龄不同生育期的植物代谢水利用份额和实际需水量的信息,为喀斯特适生植物的筛选提供科学依据,为节水灌溉和水资源可持续利用提供科学支撑。

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。植物利用碳酸氢根离子是通过碳酸酐酶将其转化成光合作用的底物水和二氧化碳来实现的,这种来自碳酸氢根离子的无机碳同化不需要通过气孔进入,因此相应地也免去同化这部分无机碳时气孔张开的失水,提高了水分利用率。同时,碳酸氢根离子转化的水,也可以作为代谢水直接参与水的光解,这又进一步提高了水分利用率。碳酸氢根离子转化的水和二氧化碳的化学计量关系为1:1,因此,植物利用碳酸氢根离子的份额也即是利用这种代谢水的份额。

[0003] 需水量(water requirement)又称蒸腾系数(transpiration coefficient),指植物合成1克干物质所蒸腾消耗的水分克数。需水量是一个无量纲数,值越大说明植物需水量越多,水分利用率越低。影响植物需水量的主要因素有:气象条件、植物种类以及土壤性质等。气温高,空气干燥,风速大,植物需水量就大;生长期长、叶面积大、生长速度快、根系发达以及蛋白质或油脂含量高的植物需水量就大;就生产等量的干物质而言,多数C3植物需水量大于C4植物。由于植物本身的生理节水与抗旱能力难以定量,目前常规方法所确定的植物需水量与植物实际需水量有一定的偏差,尤其是当植物利用来自土壤的碳酸氢根离子时,会免去一部分的气孔蒸腾失水,减少植物需水量,同化来自土壤的碳酸氢根离子时的有机物不需要消耗来自蒸腾作用的水分消耗,因此,在获取植物实际需水量的时候必须考虑这部分不消耗蒸腾水的碳酸氢根离子同化。

[0004] 本发明通过实时测定不同环境下不同苗龄不同生育期的植物的净光合速率和蒸腾速率,耦合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,最终获取不同环境下不同苗龄不同生育期的植物实际需水量信息,对正确评估植物的节水和抗旱能力,筛选高水分利用率的喀斯特适生植物品种,节水灌溉和水资源可持续利用具有重要的作用。

发明内容

[0005] 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代谢水利用份额的方法和植物实际需水量的方法,解决了当前无法定量植物利用来自重碳酸盐转化的代谢水份额的难题,克服了因未考虑植物利用代谢水而节水、表观需水量偏大的缺陷。

[0006] 本发明采取以下技术方案：它包括以下步骤：

[0007] 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；

[0008] 步骤二，从便携式光合仪中获取净光合速率 P_n 和蒸腾速率 T_r 的数据；

[0009] 步骤三，随后，再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： $f = \frac{C_i}{C_a}$ ；

[0010] 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 δ_a 以及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 δ_b ；同时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 δ_T ；

[0011] 步骤五，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 ；分别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 和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 ； Δa 的计算方法为： $\Delta a = 4.4\text{‰} + (D - 4.4\text{‰})f$ ，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‰~29‰； Δb 的计算方法为： $\Delta b = \Delta a - 4.4\text{‰} - 9.9\text{‰}$ ；

[0012] 步骤六，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 $\delta^{13}C$ 的值 δ_T 、被考察环境大气二氧化碳稳定碳同位素组成 $\delta^{13}C$ 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 $\delta^{13}C$ 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：

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

[0013] 步骤七，依据植物重碳酸盐利用份额 f_b 来获得植物代谢水利用份额 f_w ： $f_w = f_b$ ；

[0014] 步骤八，依据在被考察的环境下生长的植物重碳酸盐利用份额 f_b 、净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 的数据，获取在被考察的环境下生长的被考察植物的实际水分利用效率 WUE_a ，

计算方法为： $WUE_a = \frac{P_n}{T_r (1 - f_b)}$ ；

[0015] 步骤九，依据在被考察的环境下生长的植物代谢水利用份额 f_w 、净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r ，获取在被考察的环境下生长的被考察植物的实际需水量 Q ，计算方法为：

$Q = \frac{A T_r (1 - f_w)}{P_n}$ ，这里的 A 为植物合成1克干物质所蒸腾消耗的水分克数的单位转换数， $A =$

600。

[0016] 本发明的基本原理为：

[0017] 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 $\delta^{13}C$ (‰)表示，自然界中 $\delta^{13}C$ 的变化为-90‰~+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。

[0018] 双端元同位素混合模型可以表示为:

$$[0019] \quad \delta_T = \delta_A - f_b \delta_A + f_b \delta_B \quad (1)$$

[0020] 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。

[0021] 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)。

$$[0022] \quad \Delta a = a + (D - a) (C_i / C_a) \quad (2)$$

[0023] 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‰~29‰;令 $f = \frac{C_i}{C_a}$,将以上已知参数代入(2)式得:

$$[0024] \quad \Delta a = 4.4\text{‰} + (D - 4.4\text{‰}) f \quad (3)$$

[0025] 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:

$$[0026] \quad \delta_A = \delta_a - \Delta a \quad (4)$$

[0027] 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比值。

[0028] 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)。

$$[0029] \quad \Delta b = \Delta a - 4.4\text{‰} - 9.9\text{‰} \quad (5)$$

[0030] 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 与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 的差值,因此(5)式可以变成(6)式:

$$[0031] \quad \Delta_B = \delta_b - \Delta b \quad (6)$$

[0032] 将(4)式和(6)式代入到(1)式,可得:

$$[0033] \quad f_b = \frac{\delta_T - \delta_a + \Delta a}{\delta_b + \Delta a - \delta_a - \Delta b} \quad (7)$$

[0034] 获取胞间二氧化碳浓度 C_i 、空气中的二氧化碳浓度 C_a 和稳定碳同位素比值 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 。

[0035] 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。植物利用碳酸氢根离子是通过碳酸酐酶将其转化成光合作用的底物水和二氧化碳来实现的,这种来自碳酸氢根离子的无机碳同化不需要通过气孔进入,因此相应地也免去同化这部分无机碳时气孔张开的失水,提高了水分利用率。同时,碳酸氢根离子转化的水,也可以作为代谢水直接参与水的光解,这又进一步提高了水分利用率。碳酸氢根离子转化的水和二氧化碳的化学计量关系为1:1,因此,植物利用碳酸氢根离子的份额 f_b 也即是利用这种代谢水

的份额 f_w 。

[0036] 植物的水分利用效率通常被认为是净光合速率 P_n 与蒸腾速率 T_r 的比值。这是未考虑到植物利用来自根部的碳酸氢根离子。这必然低估了消耗单位水分所同化的无机碳量，也必然高估了产生单位有机碳所消耗的水量。因此，加入植物同化碳酸氢根离子的无机碳总同化量，植物的实际水分利用效率 WUE_a 则为： $WUE_a = \frac{P_n}{T_r (1-f_b)}$ 。同样，考虑植物代谢水的

补充作用，植物的实际需水量 Q 则为： $Q = \frac{A T_r (1-f_w)}{P_n}$ ，这里的 A 为植物合成1克干物质所蒸腾消耗的水分克数的单位转换数， $A = \frac{18 \times 1000}{30} = 600$ 。

[0037] 本发明的优点如下：

[0038] 1) 本发明不仅能够获取野外生境下植物对重碳酸盐的利用份额，而且也可以获取野外生境下植物代谢水利用份额。

[0039] 2) 本发明不仅能够获取野外生境下植物的实际水分利用效率，而且还可以获取植物的实际需水量。

[0040] 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的实际需水量。不仅能评价植物自身的节水能力，而且也能够正确评估植物的抗旱能力。

[0041] 4) 本发明还可为高水分利用率的喀斯特适生植物的筛选提供依据，为节水灌溉和水资源可持续利用提供技术支撑。

具体实施方式

[0042] 本发明的实施例：它包括以下步骤，

[0043] 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；

[0044] 步骤二，从便携式光合仪中获取净光合速率 P_n 和蒸腾速率 T_r 的数据；

[0045] 步骤三，随后，再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： $f = \frac{C_i}{C_a}$ ；

[0046] 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 δ_a 以及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 δ_b ；同时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 δ_T ；

[0047] 步骤五，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 ；分别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 和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 ； Δa 的计算方法为： $\Delta a = 4.4\% + (D - 4.4\%) f$ ，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‰~29‰； Δb 的计算方法为： $\Delta b = \Delta a - 14.3\%$ ；

[0048] 步骤六，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 $\delta^{13}C$ 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] 步骤七，依据植物重碳酸盐利用份额 f_b 来获得植物代谢水利用份额 f_w ： $f_w = f_b$ ；

[0050] 步骤八，依据在被考察的环境下生长的植物重碳酸盐利用份额 f_b 、净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 的数据，获取在被考察的环境下生长的被考察植物的实际水分利用效率 WUE_a ，计算方法为： $WUE_a = \frac{P_n}{T_r (1 - f_b)}$ ；

[0051] 步骤九，依据在被考察的环境下生长的植物代谢水利用份额 f_w 、净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r ，获取在被考察的环境下生长的被考察植物的实际需水量 Q ，计算方法为：

$$Q = \frac{600 T_r (1 - f_w)}{P_n}$$

[0052] 详细实施过程及内容如下：

[0053] 1) 贵阳市将军山七月份三个区域喜树实际水分利用效率和实际需水量的确定：

[0054] 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净光合速率 P_n 和蒸腾速率 T_r 的数据，如表1；随后，再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 ，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 、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： $\Delta a = 4.4\text{‰} + (D - 4.4\text{‰}) f$ ，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 ，计算喜树重碳酸盐利用份额 f_b ，如表2。依据喜树重碳酸盐利用份额 f_b 来获得喜树代谢水利用份额 f_w ，如表3；依据喜树重碳酸盐利用份额 f_b 、净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 的数据，获取喜树的实际水分利用效率 WUE_a ，如表3；随后再依据喜树代谢水利用份额 f_w 、净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 的数据，获取喜树的实际实际需水量 Q ，如表3。

[0055] 表1贵阳市将军山七月份三个区域喜树净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 、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

[0056]

样地	植株号	Pn $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Tr $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$	f	δ_a ‰	δ_T ‰	δ_b ‰
一区	CA-1	4.511	2.132	0.61	-11.98	-28.21	-9.19
一区	CA-2	6.687	3.538	0.66	-11.98	-29.44	-10.00
一区	CA-3	5.737	3.834	0.76	-11.98	-30.19	-10.76
一区	CA-4	4.982	2.644	0.69	-11.98	-31.06	-6.53
二区	CA-5	8.205	3.969	0.67	-11.98	-29.34	-9.00
二区	CA-6	5.546	2.887	0.73	-11.98	-30.81	-9.12
二区	CA-7	5.460	3.259	0.77	-11.98	-31.72	-8.89

[0057]

二区	CA-8	7.280	3.153	0.71	-11.98	-30.05	-5.81
三区	CA-9	6.790	3.752	0.75	-11.98	-30.50	-6.55
三区	CA-10	8.184	3.316	0.72	-11.98	-28.81	-8.33
三区	CA-11	9.124	3.227	0.68	-11.98	-29.08	-8.23
三区	CA-12	7.331	3.046	0.74	-11.98	-30.53	-9.68

[0058] 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

[0059]

样地	植株号	Δa ‰	Δb ‰	f_b %
一区	CA-1	18.19	3.89	11.4
一区	CA-2	19.32	5.02	11.4
一区	CA-3	21.58	7.28	21.7
一区	CA-4	19.99	5.69	4.6
二区	CA-5	19.54	5.24	12.6
二区	CA-6	20.90	6.60	12.1
二区	CA-7	21.80	7.50	11.9
二区	CA-8	20.45	6.15	11.6
三区	CA-9	21.35	7.05	14.4
三区	CA-10	20.67	6.37	21.4
三区	CA-11	19.77	5.47	14.8
三区	CA-12	21.12	6.82	15.5

[0060] 表3贵阳市将军山七月份三个区域喜树代谢水利用份额 f_w 、实际水分利用效率 WUEa以及实际需水量Q

[0061]

样地	植株号	f_w %	WUEa $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$	Q
一区	CA-1	11.4	2.402	249.812
一区	CA-2	11.4	2.133	281.270
一区	CA-3	21.7	1.911	314.037
一区	CA-4	4.6	1.975	303.822
二区	CA-5	12.6	2.365	253.701
二区	CA-6	12.1	2.187	274.402
二区	CA-7	11.9	1.902	315.394
二区	CA-8	11.6	2.614	229.511
三区	CA-9	14.4	2.137	280.809
三区	CA-10	21.4	3.154	190.238
三区	CA-11	14.8	3.357	178.741
三区	CA-12	15.5	2.849	210.636
平均		13.6	2.416	256.86

[0062] 2) 贵阳市将军山七月份三个区域化香实际水分利用效率和实际需水量的确定:

[0063] 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净光合速率 P_n 和蒸腾速率 T_r 的数据,如表4;随后,再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 ,如表4;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 、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4;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5;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,计算化香叶片同化重碳酸盐的稳定碳同位素分馏值 Δb ,如表5;最后,依据化香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 、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5。依据化香重碳酸盐利用份额 f_b 来获得化香代谢水利用份额 f_w ,如表6;依据化香重碳酸盐利用份额 f_b 、净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 的数据,获取化香的实际水分利用效率WUEa,如表6;随后再依据化香代谢水利用份额 f_w 、净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 的数据,获取化香的实际实际需水量 Q ,如表6。

[0064] 表4贵阳市将军山七月份三个区域化香净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 、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

[0065]

样地	植株号	Pn $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Tr $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$	f	δ_a ‰	δ_T ‰	δ_b ‰
一区	PL-1	8.260	2.862	0.53	-11.98	-28.62	-7.38
一区	PL-2	7.149	2.850	0.58	-11.98	-28.77	-7.62
一区	PL-3	10.416	3.851	0.58	-11.98	-28.93	-7.50
二区	PL-4	8.942	4.079	0.66	-11.98	-29.51	-7.50
二区	PL-5	10.866	4.389	0.65	-11.98	-30.79	-10.17

[0066]

二区	PL-6	12.029	4.226	0.65	-11.98	-29.12	-9.12
二区	PL-7	9.989	3.467	0.64	-11.98	-27.63	-8.89
二区	PL-8	8.272	3.135	0.67	-11.98	-28.39	-5.81
三区	PL-9	10.366	2.964	0.56	-11.98	-28.34	-8.39
三区	PL-10	12.134	3.272	0.55	-11.98	-27.18	-7.16
三区	PL-11	11.360	3.156	0.57	-11.98	-26.59	-8.47
三区	PL-12	11.732	3.429	0.61	-11.98	-27.22	-7.18

[0067] 表5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

[0068]

样地	植株号	Δa ‰	Δb ‰	f_b %
一区	PL-1	17.44	3.14	4.2
一区	PL-2	18.67	4.37	10.0
一区	PL-3	18.67	4.37	9.1
二区	PL-4	20.64	6.34	16.5
二区	PL-5	20.39	6.09	9.8
二区	PL-6	20.39	6.09	19.0
二区	PL-7	20.14	5.84	25.9
二区	PL-8	20.88	6.58	21.8
三区	PL-9	18.18	3.88	10.2
三区	PL-10	17.93	3.63	14.3
三区	PL-11	18.42	4.12	21.4
三区	PL-12	19.41	5.11	21.8

[0069] 表6贵阳市将军山七月份三个区域化香代谢水利用份额 f_w 、实际水分利用效率 WUEa以及实际需水量Q

[0070]

样地	植株号	f_w %	WUEa $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$	Q
一区	PL-1	4.2	3.014	199.099
一区	PL-2	10.0	2.824	212.431
一区	PL-3	9.1	3.018	198.833
二区	PL-4	16.5	2.641	227.211
二区	PL-5	9.8	2.739	219.021
二区	PL-6	19.0	3.514	170.766
二区	PL-7	25.9	3.888	154.321
二区	PL-8	21.8	3.375	177.795
三区	PL-9	10.2	3.896	153.987
三区	PL-10	14.3	4.327	138.673
三区	PL-11	21.4	4.564	131.475
三区	PL-12	21.8	4.379	137.033
平均		15.3	3.515	176.72

[0071] 3) 贵阳市将军山八月份三个区域喜树实际水分利用效率和实际需水量的确定:

[0072] 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净光合速率 P_n 和蒸腾速率 T_r 的数据,如表7;随后,再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 ,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 $\delta^{13}\text{C}$ 的值 δ_T 、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8;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 ,计算喜树重碳酸盐利用份额 f_b ,如表8。依据喜树重碳酸盐利用份额 f_b 来获得喜树代谢水利用份额 f_w ,如表9;依据喜树重碳酸盐利用份额 f_b 、净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 的数据,获取喜树的实际水分利用效率WUEa,如表9;随后再依据喜树代谢水利用份额 f_w 、净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 的数据,获取喜树的实际实际需水量 Q ,如表9。

[0073] 表7贵阳市将军山八月份三个区域喜树净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 、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

[0074]

样地	植株号	Pn $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Tr $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$	f	δ_a ‰	δ_T ‰	δ_b ‰
一区	CA-1	5.545	2.571	0.62	-11.98	-29.34	-8.69
一区	CA-2	7.736	3.420	0.60	-11.98	-28.77	-8.62
一区	CA-3	10.895	5.155	0.66	-11.98	-28.13	-9.11

[0075]

一区	CA-4	6.002	2.432	0.54	-11.98	-28.25	-9.04
一区	CA-5	5.461	2.697	0.68	-11.98	-30.62	-6.18
二区	CA-6	5.641	1.846	0.56	-11.98	-29.23	-10.93
二区	CA-7	5.028	2.398	0.74	-11.98	-30.31	-10.07
二区	CA-8	3.879	1.698	0.65	-11.98	-28.76	-8.35
二区	CA-9	4.730	1.901	0.61	-11.98	-26.75	-7.98
三区	CA-10	4.989	1.616	0.63	-11.98	-27.72	-9.65
三区	CA-11	2.630	1.002	0.67	-11.98	-30.07	-8.49
三区	CA-12	6.686	2.965	0.80	-11.98	-30.64	-10.24

[0076] 表8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

[0077]

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

[0078] 表9贵阳市将军山八月份三个区域喜树代谢水利用份额 f_w 、实际水分利用效率 WUEa 以及实际需水量 Q

[0079]

样地	植株号	f_w %	WUEa $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$	Q
一区	CA-1	13.0	2.477	242.227
一区	CA-2	13.4	2.624	228.697
一区	CA-3	26.1	2.861	209.745
一区	CA-4	8.2	2.690	223.086
一区	CA-5	12.4	2.311	259.684
二区	CA-6	6.0	3.286	182.583
二区	CA-7	26.3	2.841	211.175
二区	CA-8	20.1	2.860	209.803
二区	CA-9	25.3	3.369	178.069
三区	CA-10	25.0	4.156	144.370
三区	CA-11	15.7	3.183	188.520

[0080]

三区	CA-12	33.8	3.408	176.064
平均		18.8	3.006	204.502

[0081] 4) 贵阳市将军山八月份三个区域化香实际水分利用效率和实际需水量的确定:

[0082] 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净光合速率 P_n 和蒸腾速率 T_r 的数据,如表10;随后,再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 ,如表10;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 、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10;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11;计算方法为: $\Delta a = 4.4\text{‰} + (D - 4.4\text{‰})f$,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11;最后,依据化香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 、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11。依据化香重碳酸盐利用份额 f_b 来获得化香代谢水利用份额 f_w ,如表12;依据化香重碳酸盐利用份额 f_b 、净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 的数据,获取化香的实际水分利用效率WUEa,如表12;随后再依据化香代谢水利用份额 f_w 、净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 的数据,获取化香的实际实际需水量 Q ,如表12。

[0083] 表10贵阳市将军山八月份三个区域化香净光合速率 P_n 、蒸腾速率 T_r 、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

[0084]	样地	植株号	Pn $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Tr $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$	f	δ_a ‰	δ_T ‰	δ_b ‰
[0085]	一区	PL-1	8.844	4.345	0.65	-11.98	-26.25	-10.49
	一区	PL-2	7.44	2.351	0.58	-11.98	-28.49	-7.98
	二区	PL-3	4.993	1.619	0.59	-11.98	-28.28	-10.10
	二区	PL-4	8.966	2.642	0.59	-11.98	-28.46	-10.07
	二区	PL-5	6.8	2.337	0.64	-11.98	-29.08	-11.49
	二区	PL-6	4.243	1.928	0.72	-11.98	-30.60	-8.35
	二区	PL-7	5.874	2.317	0.68	-11.98	-29.46	-7.98
	二区	PL-8	8.878	3.491	0.69	-11.98	-28.58	-6.01
	三区	PL-9	9.827	3.729	0.68	-11.98	-28.92	-7.53
	三区	PL-10	9.942	3.04	0.65	-11.98	-27.80	-9.04
	三区	PL-11	8.657	2.435	0.62	-11.98	-29.92	-10.32
	三区	PL-12	6.644	2.719	0.73	-11.98	-27.95	-9.10

[0086] 表11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

[0087]

样地	植株号	Δa ‰	Δb ‰	f_b %
一区	PL-1	19.09	4.79	30.5
一区	PL-2	17.51	3.208	5.5
二区	PL-3	17.73	3.434	8.9
二区	PL-4	17.73	3.434	7.7
二区	PL-5	18.86	4.564	11.9
二区	PL-6	20.67	6.372	11.5
二区	PL-7	19.77	5.468	12.5
二区	PL-8	19.99	5.694	16.8
三区	PL-9	19.77	5.468	15.1
三区	PL-10	19.09	4.79	19.0
三区	PL-11	18.41	4.112	3.0
三区	PL-12	20.90	6.598	28.7

[0088] 表12贵阳市将军山八月份三个区域化香代谢水利用份额 f_w 、实际水分利用效率 WUE_a 以及实际需水量 Q

[0089]

样地	植株号	f_w %	WUEa $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$	Q
一区	PL-1	30.5	2.937	204.312
一区	PL-2	5.5	3.349	179.147
二区	PL-3	8.9	3.385	177.237
二区	PL-4	7.7	3.677	163.170
二区	PL-5	11.9	3.318	180.842
二区	PL-6	11.5	2.540	236.210
二区	PL-7	12.5	2.895	207.264
二区	PL-8	16.8	3.070	195.458

[0090]

三区	PL-9	15.1	3.125	192.009
三区	PL-10	19.0	4.049	148.171
三区	PL-11	3.0	3.695	162.388
三区	PL-12	28.7	3.466	173.128
平均		14.3	3.292	184.945

[0091] 本发明的实施效果如下：

[0092] 从表3、表6、表9、表12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，代谢水利用份额均不相同。对比表3和表9，对于喜树来说，七月份的代谢水利用份额明显小于八月份，与此相匹配的，七月份的实际水分利用效率也低于八月份，实际需水量是七月份高于八月份，这与八月份的温度明显高于七月份，且土壤水分含量也是七月高于八月，导致八月份，喜树的水分利用率高，这与实际情况相符的。而对于化香来说，无论是代谢水利用份额，还是实际水分利用效率以及实际需水量，七八月份之间无明显差异。

[0093] 从表3、表6、表9、表12的结果中还可以看出，贵阳市将军山七月份三个区域喜树代谢水利用份额从4.6%到21.7%，平均值为13.6%，化香代谢水利用份额从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代谢水利用份额从6.0%到33.8%，平均值为18.8%，化香代谢水利用份额从3.0%到30.5%，平均值为14.3%。由此可以看出，植物在代谢水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代谢水的利用，从而适应环境。