



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103207258 B

(45) 授权公告日 2015.06.03

(21) 申请号 201310054146.X

(22) 申请日 2013.02.20

(73) 专利权人 中国科学院地球化学研究所
地址 550002 贵州省贵阳市观水路 46 号
专利权人 江苏大学

(72) 发明人 吴沿友 任睿 邢德科 王瑞
张开艳 赵宽 杭红涛 李海涛
刘莹

(74) 专利代理机构 贵阳中新专利商标事务所
52100
代理人 吴无惧

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

(56) 对比文件
CN 102550310 A, 2012.07.11, 全文.
SU 1409158 A1, 1988.07.15, 全文.
JP 特开 2004-146 A, 2004.01.08, 全文.
Wu Yanyou 等. Study on photosynthetic characteristics of *Orychopragmus violaceus* related to shade-tolerance.

《Scientia Horticulturae》. 2007, 第 113 卷 (第 2 期), 第 173-176 页.

左余宝等. 鲁北地区秸秆覆盖对冬小麦需水量、作物系数及水分利用效率的影响. 《水利与建筑工程学报》. 2010, 第 8 卷 (第 3 期), 第 12-15 页.

Bhattacharyya R. K. and Madhava Rao V. N., . Water requirement, undercrop coefficient and water-use efficiency of *Robusta* banana under different soil covers and soil moisture regimes. 《Scientia Horticulturae》. 1985, 第 25 卷 (第 3 期), 第 263-268 页.

G. Wriedt 等. Estimating irrigation water requirements in Europe. 《Journal of Hydrology》. 2009, 第 373 卷 (第 3-4 期), 第 527-544 页.

罗亚勇等. 及水分利用效率的影响. 《中国沙漠》. 2009, 第 29 卷 (第 4 期), 第 648-655 页.

审查员 帅丽

权利要求书1页 说明书9页

(54) 发明名称

利用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法

(57) 摘要

本发明公开一种利用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法,它包括以下步骤:第一,将指示植物与被考察植物用同样的栽培方法同时种植在同一环境下;利用便携式光合仪用常规方法分别测定被考察植物与指示植物叶片的光合作用的二氧化碳响应曲线;第二,依据便携式光合仪测得的二氧化碳响应曲线中的不同二氧化碳浓度下被考察植物与指示植物净光合速率和蒸腾速率,求出不同二氧化碳浓度下被考察植物与指示植物水分利用率;第三,将被考察植物的水分利用率的数据与对应二氧化碳浓度下指示植物水分利用率的数据拟合成正比例函数;获取上述方程的斜率,即为被考察植物水分利用系数;第四,利用便携式光合仪用常规方法分别测定被

考察植物叶片与指示植物叶片的净光合速率;第五,依据被考察植物水分利用系数、被考察植物叶片与指示植物叶片的净光合速率以及指示植物的需水量获得被考察植物需水量。

1. 利用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法,其特征在于:它包括以下步骤:

第一,将指示植物与被考察植物用同样的栽培方法同时种植在同一环境下;利用便携式光合仪用常规方法分别测定被考察植物与指示植物叶片的光合作用的二氧化碳响应曲线;

第二,依据上述测得的二氧化碳响应曲线中的不同二氧化碳浓度下被考察植物与指示植物净光合速率和蒸腾速率,求出不同二氧化碳浓度下被考察植物与指示植物水分利用率;

第三,将被考察植物的水分利用率的数据与对应二氧化碳浓度下指示植物水分利用率的数据拟合成正比例函数,获取该函数方程的斜率,即为被考察植物水分利用系数;

第四,利用便携式光合仪用常规方法分别测定被考察植物叶片与指示植物叶片的净光合速率;

第五,依据被考察植物水分利用系数、被考察植物叶片与指示植物叶片的净光合速率以及指示植物的需水量获得被考察植物需水量。

2. 根据权利要求 1 所述的利用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法,其特征在于:第一步骤中,选择的指示植物应是被研究得较多的、二氧化碳响应曲线易做的、植物需水量信息易获得的物种;指示植物与被考察植物生物学特性相似。

3. 根据权利要求 1 所述的利用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法,其特征在于:第二步骤中,不同二氧化碳浓度下植物水分利用率是对应二氧化碳浓度下对应植物的净光合速率和蒸腾速率的比值。

4. 根据权利要求 1 所述的利用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法,其特征在于:在第三步骤中,被考察植物的水分利用率数据与对应二氧化碳浓度下指示植物水分利用率数据都是指二氧化碳饱和点下的植物水分利用率数据,选定 $850 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 二氧化碳浓度所对应的数据为上限,以被考察植物和指示植物水分利用率都大于 0 时的二氧化碳浓度下的数据为下限进行正比例函数的拟合。

5. 根据权利要求 1 所述的利用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法,其特征在于:在第四步骤中,在上午 9-11 时测定被考察植物叶片与指示植物同一叶位的完全展开叶的净光合速率。

6. 根据权利要求 5 所述的利用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法,其特征在于:在第五步骤中,被考察植物水分利用系数记为 C,被考察植物的净光合速率记为 $Pn-ob$,指示植物的净光合速率记为 $Pn-re$,指示植物的需水量记为 Q,被考察植物需水量 (Qob) 的计算则为 $Qob=Q\cdot Pn-ob\cdot C^{-1}/Pn-re$ 。

利用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及农业工程和园艺学领域,特别是涉及一种利用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法。

背景技术

[0002] 中国是水资源十分匮乏的农业大国,水资源贫乏的大国,目前,人均水资源量只有 2140m³,仅为世界平均水平的 1/4,北方和西部部分地区已出现重度缺水。而水对作物的生长至关重要,在保证农业稳产、高产的前提下,如何准确、简便、快速测得植物需水信息,做到适时灌水、停水,实现节水增产是当前十分紧迫而重要的任务。

[0003] 长期以来,人们对一些植物的需水信息进行了大量研究,获得了可靠的需水信息,能做到在植物需水时,及时、适度地灌溉,为农业节水增产做出了巨大的贡献。但是不同植物的需水信息差异较大,灌溉量和灌溉频次也不尽相同。同时,每种植物人类对其关注的多少也有较大差异,尤其是一些新的能源植物、园艺作物、药用植物、经济植物等。在这些新型植物的开发和利用中,由于研究基础相对薄弱,导致我们难以掌握它们的需水信息,以致不能做到节水灌溉,因此,依据现成植物的需水信息来指导灌溉可以事半功倍,节约研究成本和时间,对又好又快地发展节水农业具有重要的现实意义。

[0004] 影响作物需水量的因素有气象条件(温度、日照、湿度、风速)、土壤水分状况、作物种类及其生长发育阶段、土壤肥力、农业技术措施、灌溉排水措施等。这些因素对需水量的影响是相互联系的,也是错综复杂的,目前尚不能从理论上精确确定各因素对需水量的影响程度。在生产实践中,一方面是通过田间试验的方法直接测定作物需水量;另一方面常采用某些计算方法确定作物需水量。

[0005] 现有计算作物需水量的方法,大致可归纳为两类,一类是直接计算作物需水量,另一类是通过计算参照作物需水量来计算实际作物需水量。

[0006] 直接计算需水量的方法:该法是从影响作物需水量的诸因素中,选择几个主要因素(例如水面蒸发、气温、日照、辐射等),再根据试验观测资料分析这些主要因素与作物需水量之间存在的数量关系,最后归纳成某种形式的经验公式。目前常见的这类经验公式大致有以下几种:1、以水面蒸发为参数的需水系数法(简称“ α 值法”或称蒸发皿法),2、以产量为参数的需水系数法(简称“ κ 值法”)。

[0007] 通过计算参照作物需水量来计算实际作物需水量的方法:近代需水量的理论研究表明,作物腾发耗水是土壤-植物-大气系统的连续传输过程,大气、土壤、作物三个组成部分中的任何一部分的有关因素都影响需水量的大小。根据理论分析和试验结果,在土壤水分充足的条件下,大气因素是影响需水量的主要因素,其余因素对需水量的影响不显著;在土壤水分不足的情况下,大气因素和其余因素对需水量都有重要影响。目前,作物需水量的计算方法是通过计算参照作物的需水量来计算实际需水量。计算参照作物需水量的方法很多,大致可归纳为经验公式法、水气扩散法、能量平衡法等。其中以能量平衡原理比较成熟、完整。其基本思想是:将作物腾发看做能量消耗的过程,通过平衡计算求出腾发所消耗的能

量,然后再将能量折算为水量,即作物需水量。有了参照作物需水量,然后再根据作物系数 K_c 对 ET_0 进行修正,得到某种作物的实际需水量。在水分亏缺时,再用 K_p 进行修正,即可求出某种作物在水分亏缺时的实际需水量 ET_{ai} 。

[0008] 所谓参照作物需水量 ET_0 (Reference Crop Evapotranspiration) 是指高度一致、生长旺盛、地面完全覆盖、土壤水分充足的绿草地(8-15cm 高)的蒸发蒸腾量,一般是指在这种条件下的苜蓿草的需水量,因为这种参照作物需水量主要受气象条件的影响,所以都是根据当地的气象条件分阶段计算的。

[0009] 所谓作物系数 K_c 是指某一阶段的作物需水量与相应阶段内的参考作物蒸发蒸腾量的比值,它反映了作物本身的生物学特性、产量水平、土壤耕作条件等对作物需水量的影响。根据各地的试验,作物系数 K_c 不仅随作物而变化,更主要的是随作物的生育阶段而异,生育初期和末期的 K_c 较小,而中期的 K_c 较大。

[0010] 由上可以看出,获取作物需水量是较繁琐的工作,尤其是对新型植物来说,没有过多的研究,确定植物的需水量,进而确定灌水量是极为困难的。本发明开发出一种采用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法,能够快速、便捷、精确地获取被考察植物实时需水量。

发明内容

[0011] 本发明要解决的技术问题是,提供一种利用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法,能够快速、便捷、精确、实时地获取被考察植物需水量。

[0012] 本发明采取以下技术方案:它包括以下步骤:

[0013] 第一,将指示植物与被考察植物用同样的栽培方法同时种植在同一环境下;利用便携式光合仪用常规方法分别测定被考察植物与指示植物叶片的光合作用的二氧化碳响应曲线;

[0014] 第二,依据上述测得的二氧化碳响应曲线中的不同二氧化碳浓度下被考察植物与指示植物净光合速率和蒸腾速率,求出不同二氧化碳浓度下被考察植物与指示植物水分利用率;

[0015] 第三,将被考察植物的水分利用率的数据与对应二氧化碳浓度下指示植物水分利用率的数据拟合成正比例函数,获取该方程的斜率,即为被考察植物水分利用系数;

[0016] 第四,利用便携式光合仪用常规方法分别测定被考察植物叶片与指示植物叶片的净光合速率;

[0017] 第五,依据被考察植物水分利用系数、被考察植物叶片与指示植物叶片的净光合速率以及指示植物的需水量获得被考察植物需水量。

[0018] 在第一步骤中,选择的指示植物应是被研究得较多的、二氧化碳响应曲线易做的、植物需水量信息易获得的物种;指示植物与被考察植物生物学特性相似。

[0019] 在第二步骤中,不同二氧化碳浓度下植物水分利用率是对应二氧化碳浓度下对应植物的净光合速率和蒸腾速率的比值。

[0020] 在第三步骤中,被考察植物的水分利用率数据与对应二氧化碳浓度下指示植物水分利用率数据都是指二氧化碳饱和点下的植物水分利用率数据,选定 $850 \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 二氧化碳浓度所对应的数据为上限,以被考察植物和指示植物水分利用率都

大于 0 时的二氧化碳浓度下的数据为下限进行正比例函数的拟合。

[0021] 在第四步骤中,在上午 9-11 时测定被考察植物叶片与指示植物同一叶位的完全展开叶的净光合速率。

[0022] 在第五步骤中,被考察植物水分利用系数记为 C,被考察植物的净光合速率记为 $Pn-ob$,指示植物的净光合速率记为 $Pn-re$,指示植物的需水量记为 Q,被考察植物需水量 (Qob) 的计算则为 $Qob=Q \cdot Pn-ob \cdot C^{-1} / Pn-re$ 。

[0023] 本发明的有益效果:

[0024] 利用指示植物的需水信息确定被考察植物需水量的方法的原理:

[0025] 作物水分利用率是指农田蒸散消耗单位重量水所制造的干物质量。作物水分利用率 (WUE) 可分为作物大田群体的水分利用率、作物单株水分利用率和叶片水分利用率三种,其计算方法如下:

[0026] 作物大田群体的水分利用率 = 经济产量 / 耗水量

[0027] 作物单株水分利用率 = 生物产量 / 耗水量

[0028] 叶片水分利用率 = 净光合速率 / 蒸腾速率

[0029] 两种生物学特性相似的植物,当它们用同样的栽培方法同时种植在同一环境时,它们的大田群体的水分利用率与叶片水分利用率显然成正比,因此可以用植物叶片的水分利用率来表征它们大田群体的水分利用率。

[0030] 由于叶片水分利用率是指叶片的光合速率与蒸腾速率比值,而蒸腾速率是指植物在一定时间内单位叶面积蒸腾的水量,因此蒸腾速率可以表征植物叶片的蒸腾失水量,根据物质平衡原理,蒸腾失水量可以表征为植物的需水量。

[0031] 指示植物的净光合速率记为 $Pn-re$,指示植物的需水量记为 Q,被考察植物的净光合速率为 $Pn-ob$,被考察植物的需水量为 Qob ,指示植物的叶片水分利用率记为 $WUEre$,被考察植物的叶片水分利用率记为 $WUEob$,因此,

[0032] $Pn-ob \cdot Qob / Pn-re \cdot Qob = WUEob / WUEre = C$ (1)

[0033] (1) 式中 C 为被考察植物水分利用系数,表示被考察植物水分利用率与指示植物水分利用率的比值。

[0034] 利用植物叶片的光合作用的测定仪器如 Li-6400 便携式光合仪可以测得不同二氧化碳浓度下植物叶片的水分利用率。被考察植物的水分利用率与对应二氧化碳浓度下指示植物水分利用率成良好的正比例函数关系,其方程的斜率即为被考察植物水分利用率与指示植物水分利用率的比值,也即为被考察植物水分利用系数 C,

[0035] (1) 式也即改写为: $Qob=Q \cdot Pn-ob \cdot C^{-1} / Pn-re$ 。

[0036] 本发明的优点如下:

[0037] 1) 本方法使用的指示植物与被考察植物生物学特性相似,栽培方法和栽培环境相同,它消除了用常规方法计算植物需水量时因参照作物与被考察植物生物学特性、栽培方法以及生长环境差异带来的误差,结果更可信;

[0038] 2) 本方法在测定植物的光合参数时,就可以获得被考察植物的需水量,节约研究成本和时间;

[0039] 3) 本方法需要的仪器价格相对便宜,操作相对简单,工作量小。

具体实施方式

[0040] 本发明的实施例：它包括以下步骤，第一，将指示植物与被考察植物用同样的栽培方法同时种植在同一环境下；利用便携式光合仪用常规方法分别测定被考察植物与指示植物叶片的光合作用的二氧化碳响应曲线；第二，依据便携式光合仪测得的二氧化碳响应曲线中的不同二氧化碳浓度下被考察植物与指示植物净光合速率和蒸腾速率，求出不同二氧化碳浓度下被考察植物与指示植物水分利用率；第三，将被考察植物的水分利用率的数据与对应二氧化碳浓度下指示植物水分利用率的数据拟合成正比例函数；获取上述方程的斜率，即为被考察植物水分利用系数；第四，利用便携式光合仪用常规方法分别测定被考察植物叶片与指示植物叶片的净光合速率；第五，依据被考察植物水分利用系数、被考察植物叶片与指示植物叶片的净光合速率以及指示植物的需水量获得被考察植物需水量。

[0041] 详细实施过程及内容如下：

[0042] 1) 利用油菜的需水信息确定诸葛菜的需水量

[0043] 诸葛菜是一种极有前途的保健蔬菜、花卉以及能源植物，是一种具有较大开发价值的潜力型植物，相对于常规作物油菜，它的各方面研究还很薄弱，尤其是需水信息的研究，更是寥寥无几。为了节省有限的研究成本和时间，可以通过油菜的需水信息确定诸葛菜的需水量。具体方法如下：

[0044] 在种植诸葛菜时，同时种植一小区的油菜用以作指示植物。在天气晴朗的 2012 年 11 月 20 日上午，利用便携式光合仪如 Li-6400 便携式光合仪自动 ACi-curve 曲线测定功能，分别测定诸葛菜与油菜第二片完全展开叶的叶片对 CO_2 浓度的响应特征；测定时用 LI-6400 光合作用分析系统的 CO_2 注入系统控制 CO_2 浓度，将红蓝光源 LED 设定光强为饱和光， CO_2 浓度梯度设定如表 1，测定不同 CO_2 浓度下叶片的净光合速率和蒸腾速率如表 1。依据上述测得的二氧化碳响应曲线中的不同二氧化碳浓度下诸葛菜与油菜净光合速率 (P_n) 和蒸腾速率 (T_r)，求出不同二氧化碳浓度下诸葛菜与油菜植物水分利用率 (WUE) ($WUE=P_n/T_r$) 如表 1；将不同二氧化碳浓度 (二氧化碳饱和点下)：120、150、200、400、600、800 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 下诸葛菜水分利用率 (WUE_{ob}) 数据与对应二氧化碳浓度下油菜水分利用率 (WUE_{re}) 的数据拟合成正比例函数；获取上述方程的斜率，即为诸葛菜水分利用系数 C ；在天气晴朗的 2012 年 11 月 20 日上午 9:00-11:00，利用便携式光合仪如 Li-6400 便携式光合仪分别测定诸葛菜与油菜第二片完全展开叶的净光合速率，分别记为 P_n-ob 和 P_n-re ， $P_n-ob=1.82$ ， $P_n-re=3.65$ ；根据前期的实验得知，油菜 11 月份的需水量 $Q=30.00$ mm，依据诸葛菜水分利用系数、诸葛菜叶片与油菜叶片的净光合速率以及油菜的需水量获得诸葛菜需水量。

[0045] 本实施例中，诸葛菜是被考察植物，油菜是指示植物；不同二氧化碳浓度下油菜和诸葛菜叶片净光合速率 (P_n ， $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、蒸腾速率 (T_r ， $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 以及水分利用率 (WUE ， $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$) (C_a 为设定的二氧化碳浓度， $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$) 如表 1：

[0046] 表 1 不同二氧化碳浓度下油菜和诸葛菜叶片净光合速率 (P_n ， $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、蒸腾速率 (T_r ， $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 以及水分利用率 (WUE ， $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$) (C_a 为设定的二氧化碳浓度， $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)

[0047]

	植物材料	Pn	Tr	Ca	WUE
指示植物	油菜	10.2	1.33	2000	7.67
		9.16	0.934	1800	9.81
		9.44	0.716	1500	13.18
		8.64	0.635	1200	13.61
		8.12	0.566	1000	14.35
		7.18	0.542	800	13.25
		5.9	0.563	600	10.48
		4.08	0.678	400	6.02
		2.01	0.834	200	2.41
		1.37	1.09	150	1.26
		0.75	1.23	120	0.61
被考查植物	诸葛菜	11.33	0.74	1500	15.38
		8.52	0.66	1200	12.95
		6.37	0.61	1000	10.48
		5.05	0.58	800	8.68
		3.69	0.59	600	6.30
		2.31	0.62	400	3.75
		1.72	0.68	300	2.53
		1.02	0.78	200	1.30
		0.61	0.92	150	0.66
		0.38	1.09	120	0.35
		0.02	1.26	100	0.02
-0.21	1.45	80	-0.15		

[0048] 将不同二氧化碳浓度(二氧化碳饱和点下):120、150、200、400、600、800 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$

[0049] 下诸葛菜水分利用率(WUEob)数据与对应二氧化碳浓度下油菜水分利用率(WUEre)的数据拟合成正比例函数为:

[0050] $Y=0.6309X$ ($R^2=0.9955, n=6$) (2)

[0051] (2)式中Y为诸葛菜水分利用率(WUEob),X为油菜水分利用率(WUEre),从(2)式中可以看出诸葛菜水分利用系数C=0.6309。

[0052] 由此,可计算诸葛菜11月份的需水量Qob, $Q_{ob}=Q\cdot P_{n-ob}\cdot C^{-1}/P_{n-re}=23.45\text{ mm}$ 。表明11月份的诸葛菜耗水不到油菜的3/4,这是有些冬季水分不足、不宜生长油菜的环境仍然适合生长诸葛菜的原因,也即诸葛菜更耐旱,这符合生产实际。

[0053] 2)利用爬山虎的需水信息确定牵牛花的需水量

[0054] 爬山虎和牵牛花都是藤本植物。为了节省有限的研究成本和时间,可以通过爬山

虎的需水信息确定牵牛花的需水量。具体方法如下：

[0055] 在种植牵牛花时,同时种植一小区的爬山虎用以作指示植物。在天气晴朗的 2011 年 10 月 28 日上午,利用便携式光合仪如 Li-6400 便携式光合仪自动 ACi-curve 曲线测定功能,分别测定爬山虎和牵牛花第二片完全展开叶的叶片对 CO_2 浓度的响应特征;测定时用 LI-6400 光合作用分析系统的 CO_2 注入系统控制 CO_2 浓度,将红蓝光源 LED 设定光强为饱和光, CO_2 浓度梯度设定如表 2,测定不同 CO_2 浓度下叶片的净光合速率和蒸腾速率如表 2。依据上述测得的二氧化碳响应曲线中的不同二氧化碳浓度下爬山虎和牵牛花净光合速率(P_n)和蒸腾速率(T_r),求出不同二氧化碳浓度下爬山虎和牵牛花植物水分利用率(WUE)($WUE=P_n/T_r$)如表 2;将不同二氧化碳浓度(二氧化碳饱和点下):80、100、120、150、200、300、400、600、800 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 下牵牛花水分利用率(WUE_{ob})数据与对应二氧化碳浓度下爬山虎水分利用率(WUE_{re})的数据拟合成正比例函数;获取上述方程的斜率,即为牵牛花水分利用系数 C ;在天气晴朗的 2011 年 10 月 28 日 9:00-11:00,利用便携式光合仪如 Li-6400 便携式光合仪分别测定爬山虎和牵牛花第二片完全展开叶的净光合速率,分别记为 P_n-ob 和 P_n-re , $P_n-ob=5.80$, $P_n-re=3.75$;根据前期的实验得知,爬山虎 10 月份的日需水量 $Q=2.00$ mm,依据牵牛花水分利用系数、牵牛花叶片与爬山虎叶片的净光合速率以及爬山虎 10 月份的日需水量获得牵牛花 10 月份的日需水量。

[0056] 本实施例中,牵牛花是被考察植物,爬山虎是指示植物;不同二氧化碳浓度下爬山虎和牵牛花叶片净光合速率(P_n , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、蒸腾速率(T_r , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)以及水分利用率(WUE , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{mmol}^{-1}\cdot\text{H}_2\text{O}$) (C_a 为设定的二氧化碳浓度, $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$) 如表 2:

[0057] 表 2 不同二氧化碳浓度下爬山虎和牵牛花叶片净光合速率(P_n , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、蒸腾速率(T_r , $\text{mmol}\cdot\text{H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)以及水分利用率(WUE , $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{mmol}^{-1}\cdot\text{H}_2\text{O}$) (C_a 为设定的二氧化碳浓度, $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)

[0058]

	植物材料	R_n	T_x	Ca	WUE
被考察植物	牵牛花	14.92	3.76	1500	3.97
		15.74	3.33	1200	4.73
		15.76	3.17	1000	4.98
		15.19	3.03	800	5.01
		11.50	3.09	600	3.72
		8.52	3.14	400	2.72
		6.61	3.31	300	2.00
		4.03	3.56	200	1.13
		2.77	3.87	150	0.72
		1.78	4.15	120	0.43
		1.13	4.39	100	0.26
		0.45	4.59	80	0.10
指示植物	爬山虎	10.39	0.50	1500	20.96
		11.57	0.43	1200	26.99
		8.68	0.43	1000	20.41
		7.00	0.44	800	15.98
		5.58	0.44	600	12.55
		3.82	0.48	400	8.01
		3.01	0.52	300	5.80
		2.01	0.56	200	3.58
		0.91	0.60	150	1.52
		0.58	0.62	120	0.94
		0.54	0.64	100	0.84
		0.14	0.67	80	0.21

[0059] 将不同二氧化碳浓度(二氧化碳饱和点下):80、100、120、150、200、300、400、600、800 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 下牵牛花水分利用率(WUE_{ob})数据与对应二氧化碳浓度下爬山虎水分利用率(WUE_{re})的数据拟合成正比例函数为:

$$[0060] \quad Y=0.3147X \quad (R^2=0.9917, n=9) \quad (3)$$

[0061] (3)式中Y为牵牛花水分利用率(WUE_{ob}),X为爬山虎水分利用率(WUE_{re}),从(3)式中可以看出牵牛花水分利用系数C=0.3147。

[0062] 由此,可计算牵牛花10月份的日需水量Q_{ob}, $Q_{ob}=Q\cdot P_{n-ob}\cdot C^{-1}/P_{n-re}=9.83\text{ mm}$ 。表明10月份的牵牛花日需水量大约是爬山虎的5倍,表明牵牛花是需水植物,而爬山虎具有很强的耐旱性,这也符合生产实际。

[0063] 3)利用桑树的需水信息确定构树的需水量

[0064] 桑树和构树都是属于桑科的木本植物。桑树的研究远多于构树,为了节省有限的研究成本和时间,可以通过桑树的需水信息确定构树的需水量。具体方法如下:

[0065] 在种植构树时,同时种植一小区的桑树用以作指示植物。在天气晴朗的 2012 年 4 月 10 日上午,利用便携式光合仪如 Li-6400 便携式光合仪自动 ACi-curve 曲线测定功能,分别测定桑树和构树第二片完全展开叶的叶片对 CO_2 浓度的响应特征;测定时用 LI-6400 光合作用分析系统的 CO_2 注入系统控制 CO_2 浓度,将红蓝光源 LED 设定光强为饱和光, CO_2 浓度梯度设定如表 3,测定不同 CO_2 浓度下叶片的净光合速率和蒸腾速率如表 3。依据上述测得的二氧化碳响应曲线中的不同二氧化碳浓度下桑树和构树净光合速率(Pn)和蒸腾速率(Tr),求出不同二氧化碳浓度下桑树和构树植物水分利用率(WUE)($\text{WUE}=\text{Pn}/\text{Tr}$)如表 3;将不同二氧化碳浓度(二氧化碳饱和点下): 100、120、150、200、300、400、600、800 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 下构树水分利用率(WUE_{ob})数据与对应二氧化碳浓度下桑树水分利用率(WUE_{re})的数据拟合成正比例函数;获取上述方程的斜率,即为构树水分利用系数 C ;在天气晴朗的 2012 年 4 月 10 日 9:00-11:00,利用便携式光合仪如 Li-6400 便携式光合仪分别测定桑树和构树第二片完全展开叶的净光合速率,分别记为 Pn_{ob} 和 Pn_{re} , $\text{Pn}_{\text{ob}}=2.52$, $\text{Pn}_{\text{re}}=1.98$;根据前期的实验得知,桑树 4 月份的日需水量 $Q=3.00$ mm,依据构树水分利用系数、构树叶片与桑树叶片的净光合速率以及桑树 4 月份的日需水量获得构树 4 月份的日需水量。

[0066] 本实施例中,构树是被考察植物,桑树是指示植物;不同二氧化碳浓度下桑树和构树叶片净光合速率(Pn , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、蒸腾速率(Tr , $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)以及水分利用率(WUE , $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$) (C_a 为设定的二氧化碳浓度, $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$) 如表 3:

[0067] 表 3 不同二氧化碳浓度下桑树和构树叶片净光合速率(Pn , $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)、蒸腾速率(Tr , $\text{mmol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)以及水分利用率(WUE , $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}$) (C_a 为设定的二氧化碳浓度, $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)

[0068]

植物材料	Pn	Tr	Ca	WUE
被考察植物	11.30	0.69	1500	16.28
	9.93	0.68	1200	14.67
	8.99	0.71	1000	12.66
	7.94	0.80	800	9.93
	6.58	0.91	600	7.26
	4.52	1.03	400	4.39
	3.48	1.17	300	2.97
	2.03	1.30	200	1.56
	1.40	1.42	150	0.99
	0.93	1.54	120	0.61
	0.62	1.66	100	0.37
	0.31	1.80	80	0.17
	指示植物	10.30	0.40	1500
7.48		0.32	1200	23.52
4.68		0.23	1000	20.53
3.60		0.23	800	15.86
2.83		0.25	600	11.19
2.09		0.33	400	6.26
1.86		0.47	300	4.00
1.33		0.62	200	2.15
0.90		0.79	150	1.14
0.52		0.94	120	0.55
0.32		1.06	100	0.30
-0.03		1.14	80	-0.03

[0069] 将不同二氧化碳浓度(二氧化碳饱和点下): 100、120、150、200、300、400、600、800 $\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ 下构树水分利用率(WUEob)数据与对应二氧化碳浓度下桑树水分利用率(WUEre)的数据拟合成正比例函数为:

$$[0070] \quad Y=0.6458X \quad (R^2=0.9934, n=8) \quad (4)$$

[0071] (4)式中Y为构树水分利用率(WUEob),X为桑树水分利用率(WUEre),从(4)式中可以看出构树水分利用系数C=0.6458。

[0072] 由此,可计算构树4月份的日需水量Qob, $Q_{ob}=Q\cdot P_{n-ob}\cdot C^{-1}/P_{n-re}=5.91\text{ mm}$ 。表明4月份的构树日需水量大约是桑树的2倍,这有待于实践的检验,可以指导构树的种植。