



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108489867 B

(45)授权公告日 2020.01.31

(21)申请号 201810351531.3

G01N 27/02(2006.01)

(22)申请日 2018.04.19

G01N 27/04(2006.01)

G01N 27/22(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108489867 A

(56)对比文件

CN 107091862 A,2017.08.25,

CN 102415253 A,2012.04.18,

CN 107748233 A,2018.03.02,

CN 1466681 A,2004.01.07,

(43)申请公布日 2018.09.04

(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

审查员 王旭昭

(72)发明人 吴沿友 吴沿胜 黎明鸿 方蕾

饶森 苏跃 王瑞

(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 13/00(2006.01)

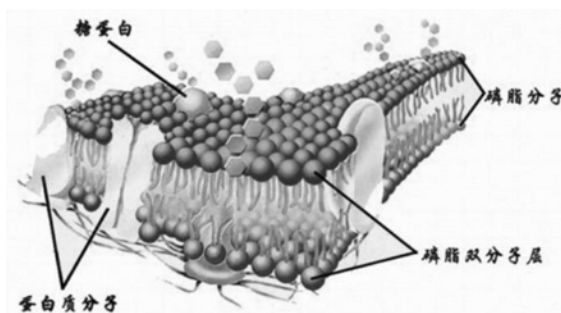
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种测定植物叶片细胞运输能力的方法

(57)摘要

本发明公开了一种测定植物叶片细胞运输能力的方法,属于农业工程和农作物信息检测技术领域,测定装置包括支架、泡沫板、电极板、导线、铁块、塑料棒,镶嵌有电极板的泡沫板分别粘在支架底端和塑料棒上,使用时极板通过导线与LCR测试仪连接,两电极板将待测量植物叶片夹持住,并联模式测定植物叶片生理电阻、生理阻抗和生理电容,根据植物叶片生理电容计算生理容抗;进一步计算出植物叶片生理感抗;以植物叶片生理电阻倒数为参照,获得植物叶片细胞的相对致电能力和相对运载能力;进一步获取植物叶片细胞运输能力。本发明可以快速、无损、在线定量检测不同植物叶片细胞运输能力,填补了用生物物理指标来表征细胞运输能力的空白,为细胞膜功能的定量提供一个模式。



1. 一种测定植物叶片细胞运输能力的方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一,将测定装置与LCR测试仪连接;

步骤二,选取不同处理条件下的待测植物长势较为一致的叶片;

步骤三,清理叶片,将叶片夹在测定装置平行电极板之间,设置测定电压、频率,并联模式测定植物叶片生理电阻、生理阻抗、生理电容;

步骤四,根据植物叶片生理电容计算生理容抗;

步骤五,依据植物叶片生理电阻、生理阻抗和生理容抗,计算植物叶片生理感抗;

步骤六,计算植物叶片生理电阻、生理容抗和生理感抗的倒数;

步骤七,以植物叶片生理电阻倒数为参照,获得植物叶片细胞的相对致电能力和相对运载能力;

步骤八,依据植物叶片细胞的相对致电能力和相对运载能力,获取植物叶片细胞运输能力。

2. 根据权利要求1所述的一种测定植物叶片细胞运输能力的方法,其特征在于:所述测定装置包括支架(1)、泡沫板(2)、电极板(3)、导线(4)、铁块(5)、塑料棒(6)及固定夹(7),支架(1)为矩形框架结构、且一侧开放,支架(1)上端开有通孔,供塑料棒(6)伸入,支架(1)下端朝内一侧及塑料棒(6)底端分别粘有两个泡沫板(2),泡沫板(2)内镶嵌电极板(3),两个电极板(3)各自引出一根导线(4),塑料棒(6)的泡沫板(2)上可放置固定质量的铁块(5),塑料棒(6)位于支架内部的一端由固定夹(7)进行固定。

3. 根据权利要求1所述的一种测定植物叶片细胞运输能力的方法,其特征在于:所述步骤四中,植物叶片生理容抗的计算公式: $X_c = \frac{1}{2\pi f C}$,其中 X_c 为植物叶片生理容抗, C 为植物叶片生理电容, f 为测试频率, π 是圆周率等于3.1416。

4. 根据权利要求1所述的一种测定植物叶片细胞运输能力的方法,其特征在于:所述步骤五中,植物叶片生理感抗的计算公式: $X_l = \frac{1}{Z} - \frac{1}{R} - \frac{1}{X_c}$,其中 X_l 为植物叶片生理感抗, X_c 为植物叶片生理容抗, Z 为植物叶片生理阻抗, R 为植物叶片生理电阻。

5. 根据权利要求1所述的一种测定植物叶片细胞运输能力的方法,其特征在于:所述步骤六中,植物叶片生理感抗倒数 X_l^- 的计算公式: $X_l^- = \frac{1}{X_l}$,植物叶片生理容抗倒数 X_c^- 的计算公式: $X_c^- = \frac{1}{X_c}$,植物叶片生理电阻倒数 R^- 的计算公式: $R^- = \frac{1}{R}$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种测定植物叶片细胞运输能力的方法,其特征在于:所述步骤七中,植物叶片细胞的相对致电能力 EI 的计算公式: $EI = \frac{X_c^-}{R^-}$,植物叶片细胞的相对运载能力 CC 的计算公式: $CC = \frac{-X_l^-}{R^-}$ 。

7. 根据权利要求1所述的一种测定植物叶片细胞运输能力的方法,其特征在于:所述步骤八中,植物叶片细胞运输能力 TC 即为植物叶片细胞的相对致电能力 EI 与植物叶片细胞的相对运载能力 CC 之和,计算公式: $TC = EI + CC$ 。

一种测定植物叶片细胞运输能力的方法

技术领域

[0001] 本发明属于农业工程和农作物信息检测技术领域,具体涉及一种测定植物叶片细胞运输能力的方法,可以快速、无损的检测植物叶片细胞运输能力,判断植物叶片细胞水分代谢和光合产物的运输能力。

背景技术

[0002] 细胞膜主要由脂质(主要为磷脂)(约占细胞膜总量的50%)、蛋白质(约占细胞膜总量的40%)和糖类(约占细胞膜总量的2%~10%)等物质组成;其中以蛋白质和脂质为主。磷脂双分子层是构成细胞膜的基本支架,见图1。在电镜下可分为三层,即在膜的靠内外两侧各有一条厚约2.5nm的电子致密带(亲水部分),中间夹有一条厚2.5nm的透明带(疏水部分)。

[0003] 细胞膜对穿过它的电流所呈现的电阻称为膜电阻。由于细胞膜主要是由蛋白质和脂质构成,因此电阻率较大,因而细胞膜成为提供了生物组织电阻的主要部分。

[0004] 磷脂双分子层是构成细胞膜的基本支架。膜的靠内外两侧为亲水部分,中间为疏水部分。膜蛋白质主要以两种形式同膜脂质相结合:分内在蛋白和外在蛋白两种。内在蛋白以疏水的部分直接与磷脂的疏水部分共价结合,两端带有极性,贯穿膜的内外;外在蛋白以非共价键结合在固有蛋白的外端上,或结合在磷脂分子的亲水头上。如载体、特异受体、酶、表面抗原。占20%~30%的表面蛋白质(外周蛋白质)以带电的氨基酸或基团——极性基团与膜两侧的脂质结合;占70%~80%的结合蛋白质(内在蛋白质)通过一个或几个疏水的 α -螺旋(20~30个疏水氨基酸吸收而形成,每圈3.6个氨基酸残基,相当于膜厚度。相邻的 α -螺旋以膜内、外两侧直链肽连接)即膜内疏水羟基与脂质分子结合。这样的细胞膜结构导致其具有电容性和电感性。其中表面蛋白质(外周蛋白质)的种类和数量决定其电容的大小,结合蛋白质(内在蛋白质)尤其是其中的转运蛋白的种类和数量决定其电感的大小。

[0005] 细胞膜上存在两类主要的转运蛋白,即:载体蛋白(carrier protein)和通道蛋白(channel protein)。载体蛋白又称做载体(carrier)、通透酶(permease)和转运器(transporter),能够与特定溶质结合,通过自身构象的变化,将与它结合的溶质转移到膜的另一侧,载体蛋白有的需要能量驱动,如:各类APT驱动的离子泵;有的则不需要能量,以自由扩散的方式运输物质,如:缬氨酶素。通道蛋白与所转运物质的结合较弱,它能形成亲水的通道,当通道打开时能允许特定的溶质通过,所有通道蛋白均以自由扩散的方式运输溶质。

[0006] 细胞膜是防止细胞外物质自由进入细胞的屏障,它保证了细胞内环境的相对稳定,使各种生化反应能够有序运行。但是细胞必须与周围环境发生信息、物质与能量的交换,才能完成特定的生理功能,因此细胞必须具有一套物质转运体系,用来获得所需物质和排出代谢废物。据估计细胞膜上与物质转运有关的蛋白占核基因编码蛋白的15~30%,细胞用在物质转运方面的能量达细胞总消耗能量的三分之二。由此,也可以看出,细胞的运输能力是由细胞膜中表面蛋白质和结合蛋白质的种类和数量决定的。

[0007] 植物叶片细胞的运输能力与植物的水分代谢、光合产物的运输以及硝酸盐还原等众多生理活动有关。目前还没有测定植物叶片细胞运输能力方法的报道。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种测定植物叶片细胞运输能力的方法,填补了用生物物理指标来表征细胞运输能力的空白,为细胞膜功能的定量提供一个模式。

[0009] 为了解决以上技术问题,本发明采用的具体技术方案如下:

[0010] 一种测定植物叶片细胞运输能力的方法,包括以下步骤:

[0011] 步骤一,将测定装置与LCR测试仪连接;

[0012] 步骤二,选取不同处理条件下的待测植物长势较为一致的叶片;

[0013] 步骤三,清理叶片,将叶片夹在测定装置平行电极板之间,设置测定电压、频率,并联模式测定植物叶片生理电阻、生理阻抗、生理电容;

[0014] 步骤四,根据植物叶片生理电容计算生理容抗;

[0015] 步骤五,依据植物叶片生理电阻、生理阻抗和生理容抗,计算植物叶片生理感抗;

[0016] 步骤六,计算植物叶片生理电阻、生理容抗和生理感抗的倒数;

[0017] 步骤七,以植物叶片生理电阻倒数为参照,获得植物叶片细胞的相对致电能力和相对运载能力;

[0018] 步骤八,依据植物叶片细胞的相对致电能力和相对运载能力,获取植物叶片细胞运输能力。

[0019] 进一步,所述步骤一中的测定装置包括支架、泡沫板、电极板、导线、铁块、塑料棒及固定夹,支架为矩形框架结构、且一侧开放,支架上端开有通孔,供塑料棒伸入,支架下端朝内一侧及塑料棒底端分别粘有两个泡沫板,泡沫板内镶嵌电极板,两个电极板各自引出一根导线,塑料棒的泡沫板上可放置固定质量的铁块,塑料棒位于支架内部的一端由固定夹进行固定。

[0020] 进一步,所述步骤四中,植物叶片生理容抗的计算公式: $X_c = \frac{1}{2\pi f C}$,其中 X_c 为植物叶片生理容抗, C 为植物叶片生理电容, f 为测试频率, π 是圆周率等于3.1416。

[0021] 进一步,所述步骤五中,植物叶片生理感抗的计算公式: $X_l = \frac{1}{Z} - \frac{1}{R} - \frac{1}{X_c}$,其中 X_l 为植物叶片生理感抗, X_c 为植物叶片生理容抗, Z 为植物叶片生理阻抗, R 为植物叶片生理电阻。

[0022] 进一步,所述步骤六中,植物叶片生理感抗倒数 X_l^- 的计算公式: $X_l^- = \frac{1}{X_l}$,植物叶片生理容抗倒数 X_c^- 的计算公式: $X_c^- = \frac{1}{X_c}$,植物叶片生理电阻倒数 R^- 的计算公式: $R^- = \frac{1}{R}$ 。

[0023] 进一步,所述步骤七中,植物叶片细胞的相对致电能力 EI 的计算公式: $EI = \frac{X_c^-}{R^-}$,植物叶片细胞的相对运载能力 CC 的计算公式: $CC = \frac{-X_l^-}{R^-}$ 。

[0024] 进一步,所述步骤八中,植物叶片细胞运输能力 TC 即为植物叶片细胞的相对致电能力 EI 与植物叶片细胞的相对运载能力 CC 之和,计算公式: $TC = EI + CC$ 。

[0025] 本发明具有有益效果:本发明以生理电阻为参照,通过测定植物叶片细胞膜表面蛋白及活动态结合蛋白质的相对数量,获得植物叶片细胞的相对致电能力和相对运载能力,从而获得植物叶片细胞输运能力,依据植物叶片细胞输运能力,判断植物叶片细胞水分代谢和光合产物的运输能力。具体优点如下:

[0026] 1. 本发明可以快速、无损、在线定量检测不同植物叶片细胞输运能力。

[0027] 2. 本发明使用具有可比性的相对指标,能够比较不同环境下不同植物的植物叶片细胞输运能力。

[0028] 3. 本发明以生物物理指标来分别表征植物叶片细胞的相对致电能力和相对运载能力,为对比不同植物在不同环境下细胞膜功能的变化提供定量数据。

[0029] 4. 本发明简便,适用性广,需要的仪器价格低廉。

附图说明

[0030] 图1细胞膜的结构模型;

[0031] 图2为本发明的结构示意图;

[0032] 图中:1. 支架;2. 泡沫板;3. 电极板;4. 电导线;5. 铁块;6. 塑料棒;7. 固定夹。

具体实施方式

[0033] 下面结合附图与实施例对本发明作进一步说明。

[0034] 本发明的基本原理为:

[0035] 植物叶片生理容抗的计算公式: $X_c = \frac{1}{2\pi f C}$, 其中 X_c 为植物叶片生理容抗, C 为植物叶片生理电容, f 为测试频率, π 是圆周率等于3.1416。

[0036] 由于采用并联模式测定植物叶片的生理电阻、生理阻抗和生理电容;因此,植物叶片生理感抗的计算公式: $\frac{1}{X_l} = \frac{1}{Z} - \frac{1}{R} - \frac{1}{X_c}$, 其中 X_l 为植物叶片生理感抗, X_c 为植物叶片生理容抗, Z 为植物叶片生理阻抗, R 为植物叶片生理电阻。

[0037] 植物的生理电阻 R 的计算公式: $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$, 其中 R_1 、 R_2 、 R_3 、...、 R_n 为各个单位细胞膜的电阻,假定各个单位细胞膜的电阻相等,也即 $R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n = R_0$,那么植物的生理电阻的计算公式: $\frac{1}{R} = \frac{n}{R_0}$, 其中 n 则可以表征为引起生物组织电阻的蛋白质和脂质的数量。

[0038] 植物的生理容抗 X_c 的计算公式: $\frac{1}{X_c} = \frac{1}{X_{c1}} + \frac{1}{X_{c2}} + \frac{1}{X_{c3}} + \dots + \frac{1}{X_{cp}}$, 其中 X_{c1} 、 X_{c2} 、 X_{c3} 、...、 X_{cp} 为各个单位细胞膜的容抗,假定各个单位细胞膜的容抗相等,也即 $X_{c1} = X_{c2} = X_{c3} = \dots = X_{cp} = X_{c0}$,那么植物的生理容抗的计算公式: $\frac{1}{X_c} = \frac{p}{X_{c0}}$, 其中 p 则可以表征为引起生物组织容抗的蛋白质尤其是表面蛋白质(外周蛋白质)的数量。

[0039] 植物的生理感抗 X_l 的计算公式: $\frac{1}{X_l} = \frac{1}{X_{l1}} + \frac{1}{X_{l2}} + \frac{1}{X_{l3}} + \dots + \frac{1}{X_{lq}}$, 其中 X_{l1} 、 X_{l2} 、 X_{l3} 、...、 X_{lq} 为各个单位细胞膜的感抗,假定各个单位细胞膜的感抗相等,也即 $X_{l1} = X_{l2} = X_{l3}$

$= \dots = X1_q = X1_0$, 那么植物的生理感抗的计算公式: $\frac{1}{X1} = \frac{q}{X1_0}$, 其中q则可以表征为引起生物组织感抗的蛋白质-结合蛋白质(内在蛋白质)尤其是其中的转运蛋白的数量。

[0040] 植物叶片生理感抗倒数 $X1^-$ 的计算公式: $X1^- = \frac{1}{X1}$, 植物叶片生理容抗倒数 Xc^- 的计

算公式: $Xc^- = \frac{1}{Xc}$, 植物叶片生理电阻倒数 R^- 的计算公式: $R^- = \frac{1}{R}$ 。 $\frac{Xc^-}{R^-} = \frac{\frac{q}{Xc_0}}{\frac{1}{R_0}} = \frac{q R_0}{n Xc_0}$, 同一种

植物 $\frac{R_0}{n Xc_0}$ 一定, 由于 $EI = \frac{Xc^-}{R^-}$, 因此EI可以表征为引起生物组织容抗的蛋白质尤其是表面蛋

白质(外周蛋白质)的数量, 也即植物叶片细胞的相对致电能力。 $\frac{-X1^-}{R^-} = -\frac{\frac{p}{X1_0}}{\frac{1}{R_0}} = -\frac{p R_0}{n X1_0}$, 同一

种植物 $\frac{R_0}{n X1_0}$ 一定, 由于 $CC = \frac{-X1^-}{R^-}$, 因此CC可以表征为引起生物组织感抗的蛋白质-结合蛋白

质(内在蛋白质)尤其是其中的转运蛋白的数量, 也即植物叶片细胞的相对运载能力。

[0041] 一种测定植物叶片细胞输运能力的方法的测定装置, 如图2所示, 由支架1、泡沫板2、电极板3、电导线4、铁块5、塑料棒6、固定夹7组成; 支架1为矩形框架结构、且一侧开放, 支架1上端开有通孔, 供塑料棒6伸入, 支架1下端朝内一侧及塑料棒6底端分别粘有两个泡沫板2, 泡沫板2内镶嵌电极板3, 两个电极板3各自引出一根导线4, 用于与 LCR测试仪(HIOKI 3532-50型, 日本日置)连接, 塑料棒6的泡沫板2上可放置固定质量的铁块5, 并联模式测定植物叶片的生理电阻、生理阻抗、生理电容; 塑料棒6位于支架内部的一端由固定夹7进行固定, 当塑料棒下端与支架端合在一起时, 两个电极板3就完全对应在一起; 电极板3为材质为铜的圆形极板, 以减少电极的边缘效应。

[0042] 本发明的使用步骤如下: 使用时先将本发明装置的两根导线4与LCR测试仪的9140四端子测试探头相连, 再抬起塑料棒6, 使两电极板3将待测量的植物叶片夹持住, 电极板的直径2mm, 设置测定电压1.5伏, 测定频率为3000Hz, 塑料棒与电极片的质量为0.017 kg, 铁块5的质量为0.3kg, 并联模式测定植物叶片生理电阻、生理阻抗、生理电容。

[0043] 实施例1

[0044] 以构树为例。在江苏大学校园内采摘新鲜枝条上长势较为一致的叶片, 迅速返回实验室, 清理所述新鲜枝条上叶片的表面灰尘后, 立即将叶片分别放在①pH为7.0溶液处理4小时, ②pH为7.0溶液处理6小时, ③pH为9.0溶液处理4小时, 将测定装置与LCR测试仪连接, 清理叶片, 将上述处理后的叶片夹在平行板之间, 设置测定电压1.5伏, 测定频率为3000Hz, 并联模式测定构树植物叶片生理电阻、生理阻抗、生理电容(如表1); 随后, 依据公

式: $Xc = \frac{1}{2\pi f C}$ (其中 Xc 为构树植物叶片生理容抗, C 为构树植物叶片生理电容, f 为测试频

率, π 是圆周率等于3.1416), 计算构树植物叶片生理容抗(如表1); 接着依据公式:

$\frac{1}{X1} = \frac{1}{Z} - \frac{1}{R} - \frac{1}{Xc}$ (其中 $X1$ 为构树植物叶片生理感抗, Xc 为构树植物叶片生理容抗, Z 为构树

植物叶片生理阻抗, R 为构树植物叶片生理电阻), 计算构树植物叶片生理感抗 $X1$; 再接着计算构树植物叶片生理电阻、生理容抗和生理感抗的倒数(如表2); 以构树植物叶片生理电阻倒数为参照, 获得构树植物叶片细胞的相对致电能力EI和相对运载能力CC; 最后依据构树

植物叶片细胞的相对致电能力和相对运载能力,获取构树植物叶片细胞输运能力TC(如表3)。

[0045] 表1不同处理下构树植物叶片生理电阻R(单位:KΩ)、生理阻抗Z(单位:KΩ)、生理电容C(单位:pF)和生理容抗Xc(单位:KΩ)

处理	生理电阻R	生理阻抗Z	生理电容C	生理容抗Xc
①pH为7.0溶液处理4小时	244.00	162.20	245.79	215.85
②pH为7.0溶液处理6小时	244.78	163.72	247.85	214.05
③pH为9.0溶液处理4小时	452.70	296.62	124.99	424.43

[0047] 表2不同处理下构树植物叶片生理感抗Xl(单位:KΩ)、生理电阻倒数R⁻(单位:KΩ⁻¹)、生理容抗倒数Xc⁻(单位:KΩ⁻¹)和生理感抗倒数Xl⁻(单位:KΩ⁻¹)

处理	生理感抗 Xl	生理电阻 倒数R ⁻	生理容抗 倒数Xc ⁻	生理感抗倒数 Xl ⁻
①pH为7.0溶液处理4小时	-389.70	0.0041	0.0046	-0.0026
②pH为7.0溶液处理6小时	-377.47	0.0041	0.0047	-0.0027
③pH为9.0溶液处理4小时	-837.67	0.0022	0.0024	-0.0012

[0050] 表3不同处理下构树植物叶片细胞相对致电能力EI、相对运载能力CC以及细胞输运能力TC

处理	相对致电能力 EI	相对运载能力CC	细胞输运能力 TC
①pH为7.0溶液处理4小时	1.1304	0.6261	1.7565
②pH为7.0溶液处理6小时	1.1436	0.6485	1.7921
③pH为9.0溶液处理4小时	1.0666	0.5404	1.6070

[0052] 实施例2

[0053] 以桑树为例。在江苏大学校园内采摘新鲜枝条上长势较为一致的叶片,迅速返回实验室,清理所述新鲜枝条上叶片的表面灰尘后,立即将叶片分别放在①pH为5.0溶液处理2小时,②pH为6.0溶液处理2小时,③pH为7.0溶液处理2小时,④pH为8.0溶液处理2小时,⑤pH为9.0溶液处理2小时,⑥pH为5.0溶液处理4小时,⑦pH为6.0溶液处理4小时,⑧pH为7.0溶液处理4小时,⑨pH为8.0溶液处理4小时,⑩pH为9.0溶液处理4小时;将测定装置与LCR测试仪连接,清理叶片,将上述处理后的叶片夹在平行板之间,设置测定电压1.5伏,测定频率为3000Hz,并联模式测定桑树植物叶片生理电阻、生理阻抗、生理电容(如表4);随后,依据公式: $Xc = \frac{1}{2\pi f C}$ (其中Xc为桑树植物叶片生理容抗,C为桑树植物叶片生理电容,f为测试频率, π 是圆周率等于3.1416),计算桑树植物叶片生理容抗(如表4);接着依据公式:

$\frac{1}{Xl} = \frac{1}{Z} - \frac{1}{R} - \frac{1}{Xc}$ (其中Xl为桑树植物叶片生理感抗,Xc为桑树植物叶片生理容抗,Z为桑树植

物叶片生理阻抗, R 为桑树植物叶片生理电阻), 计算桑树植物叶片生理感抗 X_l ; 再接着计算桑树植物叶片生理电阻、生理容抗和生理感抗的倒数(如表5); 以桑树植物叶片生理电阻倒数为参照, 获得桑树植物叶片细胞的相对致电能力 EI 和相对运载能力 CC ; 最后依据桑树植物叶片细胞的相对致电能力和相对运载能力, 获取桑树植物叶片细胞输运能力 TC (如表6)。

[0054] 表4不同处理下桑树植物叶片生理电阻 R (单位: $K\Omega$)、生理阻抗 Z (单位: $K\Omega$)、生理电容 C (单位: pF)和生理容抗 X_c (单位: $K\Omega$)

处理	生理电阻 R	生理阻抗 Z	生理电容 C	生理容抗 X_c
① pH 为 5.0 溶液处理 2 小时	75.41	51.13	786.87	67.42
② pH 为 6.0 溶液处理 2 小时	51.79	39.19	882.65	60.11
③ pH 为 7.0 溶液处理 2 小时	116.87	98.10	309.54	171.39
④ pH 为 8.0 溶液处理 2 小时	107.59	73.20	544.30	97.47
⑤ pH 为 9.0 溶液处理 2 小时	50.16	33.44	1180.84	44.93
⑥ pH 为 5.0 溶液处理 4 小时	67.19	46.31	836.19	63.44
⑦ pH 为 6.0 溶液处理 4 小时	41.22	31.43	1098.15	48.31
⑧ pH 为 7.0 溶液处理 4 小时	116.87	98.10	311.68	170.21
⑨ pH 为 8.0 溶液处理 4 小时	181.62	122.55	322.07	164.72
⑩ pH 为 9.0 溶液处理 4 小时	22.55	16.92	2150.88	24.67

[0057] 表5不同处理下桑树植物叶片生理感抗 X_l (单位: $K\Omega$)、生理电阻倒数 R^{-1} (单位: $K\Omega^{-1}$)、生理容抗倒数 X_c^{-1} (单位: $K\Omega^{-1}$)和生理感抗倒数 X_l^{-1} (单位: $K\Omega^{-1}$)

处理	生理感抗 X_l	生理电阻 倒数 R^{-1}	生理容抗 倒数 X_c^{-1}	生理感抗倒数 X_l^{-1}
① pH 为 5.0 溶液处理 2 小时	-117.18	0.0133	0.0148	-0.0085
② pH 为 6.0 溶液处理 2 小时	-95.90	0.0193	0.0166	-0.0104
③ pH 为 7.0 溶液处理 2 小时	-238.24	0.0086	0.0058	-0.0042
④ pH 为 8.0 溶液处理 2 小时	-169.71	0.0093	0.0103	-0.0059
⑤ pH 为 9.0 溶液处理 2 小时	-81.34	0.0199	0.0223	-0.0123
⑥ pH 为 5.0 溶液处理 4 小时	-110.51	0.0149	0.0158	-0.0090
⑦ pH 为 6.0 溶液处理 4 小时	-76.06	0.0243	0.0207	-0.0131
⑧ pH 为 7.0 溶液处理 4 小时	-235.98	0.0086	0.0059	-0.0042
⑨ pH 为 8.0 溶液处理 4 小时	-292.65	0.0055	0.0061	-0.0034
⑩ pH 为 9.0 溶液处理 4 小时	-38.75	0.0444	0.0405	-0.0258

[0059] 表6不同处理下桑树植物叶片细胞相对致电能力 EI 、相对运载能力 CC 以及细胞输

运能力TC

	处理	相对致电能力 EI	相对运载能力 CC	细胞运输能力 TC
[0060]	① pH 为 5.0 溶液处理 2 小时	1.1185	0.6436	1.7621
	② pH 为 6.0 溶液处理 2 小时	0.8616	0.5400	1.4016
	③ pH 为 7.0 溶液处理 2 小时	0.6819	0.4906	1.1725
	④ pH 为 8.0 溶液处理 2 小时	1.1039	0.6340	1.7379
	⑤ pH 为 9.0 溶液处理 2 小时	1.1164	0.6167	1.7331
[0061]	⑥ pH 为 5.0 溶液处理 4 小时	1.0591	0.6080	1.6671
	⑦ pH 为 6.0 溶液处理 4 小时	0.8532	0.5419	1.3951
	⑧ pH 为 7.0 溶液处理 4 小时	0.6866	0.4953	1.1819
	⑨ pH 为 8.0 溶液处理 4 小时	1.1026	0.6206	1.7232
	⑩ pH 为 9.0 溶液处理 4 小时	0.9140	0.5818	1.4958

[0062] 本发明的实施效果如下：

[0063] 从表3可以看出，构树在pH为7.0溶液处理4小时和pH为7.0溶液处理6小时的结果极为相近，说明本发明测试结果可重复；而在pH为9.0溶液处理4小时，无论是细胞相对致电能力以及相对运载能力，还是细胞运输能力都小于pH为7.0的溶液处理时的结果。

[0064] 从表6中可以看出，桑树在pH为7.0溶液处理2小时和pH为7.0溶液处理4小时的结果也极为相近；再次说明本发明测试结果可重复，具有可靠性。而在酸性环境下或碱性环境下，无论是细胞相对致电能力以及相对运载能力，还是细胞运输能力都大于pH为7.0 的溶液处理时的结果。

[0065] 综合表3和表6可以看出，在pH为7.0溶液处理下，构树无论是细胞相对致电能力以及相对运载能力，还是细胞运输能力都大于桑树，说明构树的细胞膜的功能大于桑树，光合产物输出得快，这可能是构树没有明显的“光合午睡”现象的原因之一，与实际是相符的。同时，综合表3和表6还可以看出，不同环境下，同一种植物叶片细胞运输能力明显不同，同一环境下，不同植物叶片细胞运输能力明显不同，这为研究植物的环境适应性提供了有力工具。对比构树和桑树对高pH的反应发现，构树在高pH下，细胞相对致电能力、相对运载能力以及细胞运输能力下降得较少；而桑树在高pH或低pH下，细胞相对致电能力、相对运载能力以及细胞运输能力却有较大的提高，这可能与细胞膜的透性变化有关；构树的细胞膜透性对高pH不敏感，而桑树在高pH或低pH下细胞膜透性增加，这有可能与桑树在高pH或低pH下细胞膜受到伤害有关，这与构树适应高pH的喀斯特环境的事实相符。

[0066] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述，但并非对本发明保护范围的限制，所属领域技术人员应该明白，在本发明的技术方案的基础上，本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

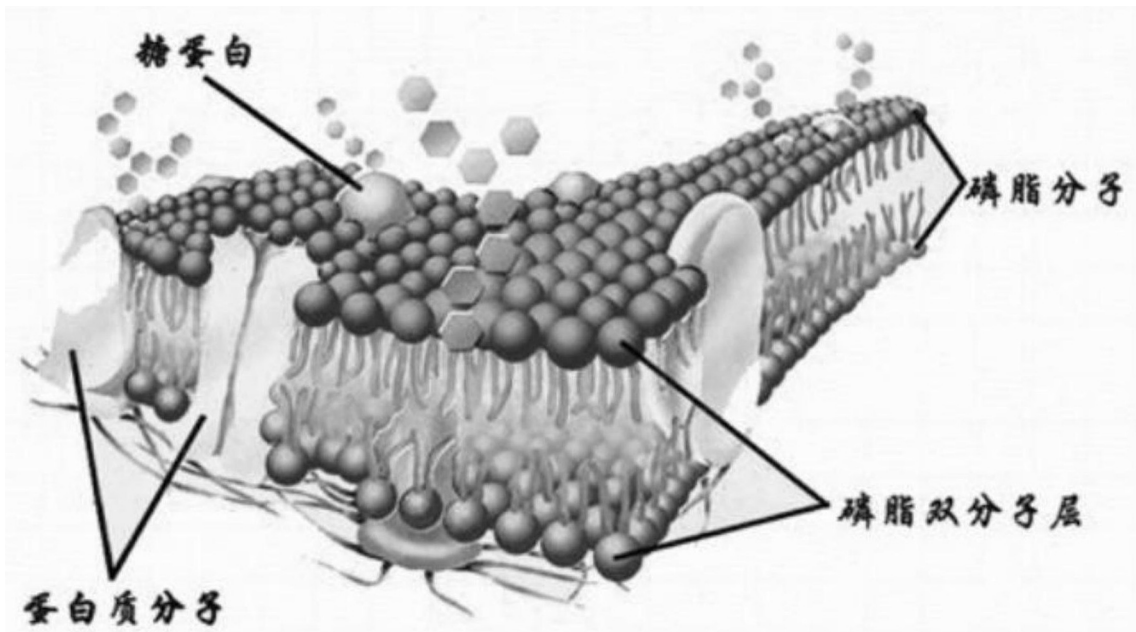


图1

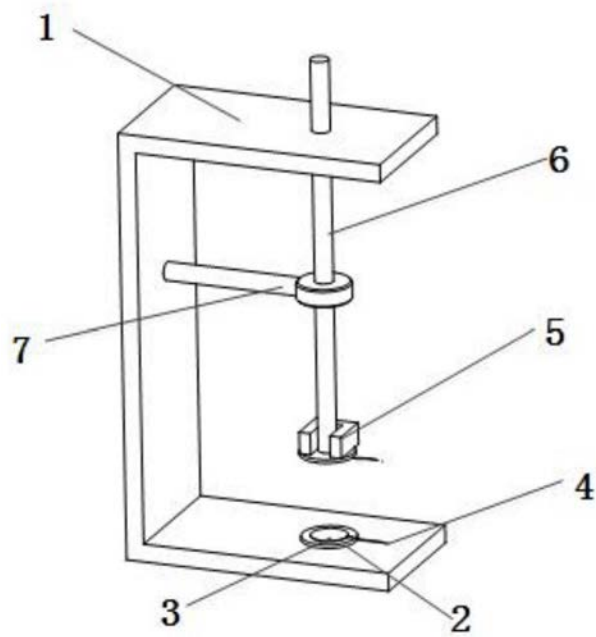


图2