



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113176301 B

(45) 授权公告日 2024. 04. 30

(21) 申请号 202110489064.2

(22) 申请日 2021.04.30

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113176301 A

(43) 申请公布日 2021.07.27

(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 谢津津 邢德科 苏跃
张承 童成英 周英 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
专利代理师 刘艳

(51) Int. Cl.

G01N 27/04 (2006.01)

G01N 27/22 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 103592343 A, 2014.02.19

CN 108254621 A, 2018.07.06

CN 108508288 A, 2018.09.07

CN 108572195 A, 2018.09.25

CN 112305313 A, 2021.02.02

US 2011196619 A1, 2011.08.11

杜占池, 杨宗贵, 崔骁勇. 草原植物光合生理生态研究. 中国草地. 1999, (第03期), 全文.

吴沿友; 张明明; 邢德科; 周贵尧. 快速反映植物水分状况的叶片紧张度模型. 农业机械学报. 2015, (第003期), 全文.

审查员 裴芳莹

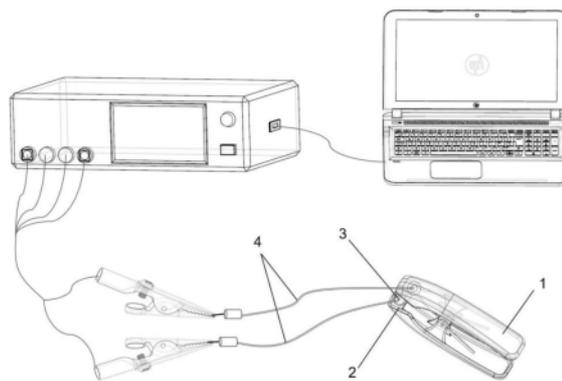
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法,属于植物生物物理信息检测领域。本发明利用两电极板将待测植物叶片夹住,连续监测待测植物叶片生理电容和生理电阻,以正弦函数来拟合植物电生理信号随时间的变化关系,建立植物叶片电生理信号随时间周期性变化动态模型,通过模型中的各参数值表征待测植物基于不同电生理信号的活化效率,耦合待测植物生理电容和生理电阻的活化效率表征植物的健康活力。本发明能便捷、无损、精确在线测定不同植物在不同的环境下的健康活力,测定结果可量化,不同批次具有可比性,为揭示植物的环境适应性、优化植物生长环境提供科学依据。



1. 一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法,其特征在于,包括步骤:

S1,选择待测环境下生长的待测植物叶片,将叶片表面清理干净;

S2,将测定装置连接LCR测试仪,再将LCR测试仪与PC机连接形成测试系统,将待测叶片夹在测定装置的两电极板之间,连续在线监测植物生理电容和生理电阻随时间变化的数据,所述连续在线监测植物生理电容和生理电阻随时间变化的数据的方法为:将待测叶片夹在测定装置的两电极板之间并保持不动,设置电压为1.5V,频率为3KHZ,从零点开始,每5min记录一次数据,连续监测24小时;

S3,以正弦函数拟合植物生理电容随时间变化关系,构建植物叶片生理电容随时间周期性变化动态模型,获得所述动态模型各参数值,包括正弦函数的波幅、周期、初相位和偏距;

S4,利用所述各参数值表征待测植物的基于生理电容的活化效率;

S5,以正弦函数拟合植物生理电阻随时间变化关系,构建植物叶片生理电阻随时间周期性变化动态模型,获得所述动态模型各参数值,包括正弦函数的波幅、周期、初相位和偏距;

S6,利用上述各参数值表征待测植物的基于生理电阻的活化效率;

S7,耦合待测植物生理电容和生理电阻的活化效率,表征植物的健康活力;

其中,所述生理电容随时间周期性变化动态模型为:

$$C = C_0 + a_1 \sin \left(\frac{2\pi t}{b_1} + c_1 \right)$$

其中:C为电容,参数 a_1 为正弦函数的波幅,t为时间, c_1 为 $t=0$ 时的初相位, C_0 为偏距, b_1 为周期;

所述植物叶片生理电阻随时间周期性变化动态模型为:

$$R = R_0 + a_2 \sin \left(\frac{2\pi t}{b_2} + c_2 \right)$$

其中:R为电阻,参数 a_2 为正弦函数的波幅,t为时间, c_2 为 $t=0$ 时的初相位, R_0 为偏距, b_2 为周期。

2. 根据权利要求1所述的一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法,其特征在于,所述 C_0 表征基础电容 C_B , a_1 表征可变电容 C_V , C_0 与 a_1 之间的差值表征静息电容 C_R ; b_1 换算成时间周期 T_1 : $T_1 = 24b_1$, c_1 换算成时间为单位的初相位 IP_1 ,即 $IP_1 = \frac{24b_1c_1}{2\pi}$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法,其特征在于,所述 R_0 表征基础电阻 R_B , a_2 表征可变电阻 R_V , R_0 与 a_2 之和表征静息电阻 R_R ; b_2 换算成时间周期 T_2 : $T_2 = 24b_2$, c_2 换算成时间为单位的初相位 IP_2 ,即 $IP_2 = \frac{24b_2c_2}{2\pi}$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法,其特征在于,所述待测叶片为待测植物新枝上完全展开叶。

5. 根据权利要求1所述的一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法,其特征在于,所述待测植物的基于生理电容的活化效率 AR_C 的计算公式为: $AR_C = 0.5U^2C_VT_1^{-1}$,其中: AR_C 为基于生理电容的活化效率, C_V 为可变电容,U为测试电压, T_1 为时间周期。

6. 根据权利要求1所述的一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法,其特征在在于,所述待测植物的基于生理电阻的活化效率 AR_R 的计算公式为: $AR_R = U^2 R_V^{-1}$,其中: AR_R 为基于生理电阻的活化效率, R_V 为可变电阻, U 为测试电压。

7. 根据权利要求1所述的一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法,其特征在在于,所述耦合待测植物生理电容和生理电阻的活化率表征植物的健康活力 HA 的方法为:

$$HA = \sqrt{(AR_C)(AR_R)}。$$

一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及植物生物物理信息检测领域,具体涉及一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法。

背景技术

[0002] 地球围绕地轴的自转导致了环境的规律性变化。如光照、温度、湿度等都以近24h为基础,具有明显的日变化。生物体对地球物理学的周期性变化在行为和生理机能上产生有节律的反应,这种特性被称为生物钟。生物钟的输出,即生物节律,通常指生物昼夜节律,表现为运动周期近似自然界昼夜变化的节律性。生物节律是一种内在的、复杂而精细的生理调节系统,它使植物得以根据外界周期性变化来协调自身新陈代谢及各种生理过程。不同植物、不同生理生化变化生物钟表现的周期不同,植物的许多生理生化反应都表现出以约24h为周期的昼夜节律。生物节律的输出途径主要包括内在生理过程和外在生理过程,用传统方法不管从细胞水平还是生物体水平去研究植物的生物节律,其工作量大,操作复杂,且对植物具有破坏性。因此,找到一种简单、快速且无损的测定方法,对揭示自然条件下植物叶片内部生理信息生物节律及其发生规律具有重要意义。

[0003] 同时,生物节律紧密地与环境相关的,它也是体内代谢水平的反映,不同的生物节律特征也与它的不同代谢水平相关。测定不同植物在不同的环境下的健康活力,可为揭示植物的环境适应性、优化植物生长环境提供科学依据。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明提供了一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法,可以便捷、无损、精确在线量化不同植物在不同的环境下的健康活力,以克服现有技术中难以快速、无损地量化植物的健康活力,测定结果不具备可比性的缺陷。

[0005] 本发明是通过以下技术手段实现上述技术目的的。

[0006] 一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法,包括步骤:

[0007] S1,选择待测环境下生长的待测植物叶片,将叶片表面清理干净;

[0008] S2,将测定装置连接LCR测试仪,再将LCR测试仪与PC机连接形成测试系统,将待测叶片夹在测定装置的两电极板之间,连续在线监测植物生理电容和生理电阻随时间变化的数据;

[0009] S3,以正弦函数拟合植物生理电容随时间变化关系,构建植物叶片生理电容随时间周期性变化动态模型,获得所述动态模型各参数值,包括正弦函数的波幅、周期、初相位和偏距;

[0010] S4,利用所述各参数值表征待测植物的基于生理电容的活化效率;

[0011] S5,以正弦函数拟合植物生理电阻随时间变化关系,构建植物叶片生理电阻随时间周期性变化动态模型,获得所述动态模型各参数值,包括正弦函数的波幅、周期、初相位和偏距;

[0012] S6,利用上述各参数值表征待测植物的基于生理电阻的活化效率;

[0013] S7,耦合待测植物生理电容和生理电阻的活化效率,表征植物的健康活力。

[0014] 进一步,所述连续在线监测植物生理电容和生理电阻随时间变化的数据的方法为:将待测叶片夹在测定装置的两电极板之间并保持不动,设置电压为1.5V,频率为3KHZ,从零点开始,每5min记录一次数据,连续监测24小时;

[0015] 进一步,所述生理电容随时间周期性变化动态模型为:

$$[0016] \quad C = C_0 + a_1 \sin \left(\frac{2\pi t}{b_1} + c_1 \right)$$

[0017] 其中:C为电容,参数 a_1 为正弦函数的波幅,t为时间, c_1 为 $t=0$ 时的初相位, C_0 为偏距, b_1 为周期。

[0018] 更进一步,所述 C_0 表征基础电容 C_B , a_1 表征可变电容 C_V , C_0 与 a_1 之间的差值表征静息电容 C_R ; b_1 换算成时间周期 $T_1:T_1=24b_1$, c_1 换算成时间为单位的初相位 IP_1 ,即 $IP_1 = \frac{24b_1c_1}{2\pi}$ 。

[0019] 进一步,所述植物叶片生理电阻随时间周期性变化动态模型为:

$$[0020] \quad R = R_0 + a_2 \sin \left(\frac{2\pi t}{b_2} + c_2 \right)$$

[0021] 其中:R为电阻,参数 a_2 为正弦函数的波幅,t为时间, c_2 为 $t=0$ 时的初相位, R_0 为偏距, b_2 为周期。

[0022] 更进一步,所述 R_0 表征基础电阻 R_B , a_2 表征可变电阻 R_V , R_0 与 a_2 之和表征静息电阻 R_R ; b_2 换算成时间周期 $T_2:T_2=24b_2$, c_2 换算成时间为单位的初相位 IP_2 ,即 $IP_2 = \frac{24b_2c_2}{2\pi}$ 。

[0023] 进一步,所述待测叶片为待测植物新枝上完全展开叶。。

[0024] 进一步,所述待测植物的基于生理电容的活化效率 AR_C 的计算公式为: $AR_C = 0.5U^2C_VT_1^{-1}$,其中: AR_C 为基于生理电容的活化效率, C_V 为可变电容,U为测试电压, T_1 为时间周期。

[0025] 进一步,所述待测植物的基于生理电阻的活化效率 AR_R 的计算公式为: $AR_R = U^2R_V^{-1}$,其中: AR_R 为基于生理电阻的活化效率, R_V 为可变电阻,U为测试电压。

[0026] 进一步,所述耦合待测植物生理电容和生理电阻的活化率表征植物的健康活力HA的方法为: $HA = \sqrt{(AR_C)(AR_R)}$ 。

[0027] 进一步,所述的测试系统包括测定装置、LCR测试仪和PC机,测定装置与LCR测试仪连接,LCR测试仪又与PC机连接;PC机根据测定装置和LCR测试仪在线监测的植物生理电容和生理电阻随时间变化的数据分别构建植物叶片生理电容和生理电阻随时间周期性变化动态模型,获得所述动态模型各参数值。

[0028] 更进一步,所述测定装置包括塑料夹、泡沫板、电极板和导线,两个泡沫板分别粘在塑料夹夹持端与待夹持物接触的两个面上,两个电极板分别镶嵌在塑料夹上夹持端的两个泡沫板内,两个电极板各自连出一根导线。

[0029] 本发明的有益效果为:

[0030] (1)本发明通过测定植物叶片电生理信号昼夜变化情况来获取植物电生理信号的昼夜节律,方法简单、快速,工作量小,且不会对植物造成伤害;

[0031] (2) 本发明可以通过构建植物电生理信号随时间的动态变化模型,判断植物内部生理信息日变化情况,其结果直观、可靠;

[0032] (3) 本发明可以通过模型的各项参数值预测出不同时间段植物电生理值信号,避免了不同测量时间结果难以比较的缺陷,为植物电生理指标测量的标准化提供指导和科学依据;

[0033] (4) 本发明可以在线、快速、有效地监测出基于电生理信号的不同植物的昼夜节律,不同批次结果具有可比性。

[0034] (5) 本发明不仅可以比较不同植物在不同环境下的活化效率,同时也可以比较不同植物在不同环境下的健康状况,为优化植物生长环境提供科学依据。

[0035] 本发明的基本原理为:

[0036] 植物电生理信号是植物生长发育过程中的重要生理信号,是与植物生理过程及与体内传送信息相关的主要植物生理信号,它不仅能反映植物自身的生长状况,也能反映植物生长环境状况,当外界环境变化是,将激发植物细胞或组织的电位变化,从而引起植物电信号的波动。一天之中随着日变化的进程,植物随着时间的变化它的电生理信号也会发生相应的变化,植物内部生理信息也会发生相应改变,通过建立植物电生理信号与时间的变化关系,来快速获取基于电生理信号的植物昼夜节律。

[0037] 生物节律通常表现为正弦波或者余弦波,具备周期、相位、振幅等数学上的定义,因此我们用正弦函数方程来拟合植物电生理信号随时间的变化关系。用激发植物代谢的可变电容和可变电阻的做功率可以表征植物的活化效率,耦合植物生理电容和生理电阻的活化效率来可以表征植物的健康活力。

附图说明

[0038] 图1为本发明所述的基于电生理节律的植物健康活力的测试系统结构示意图;

[0039] 图中:1-塑料夹,2-泡沫板,3-电极板,4-导线。

具体实施方式

[0040] 下面结合附图以及具体实施例对本发明作进一步的说明,但本发明的保护范围并不限于此。

[0041] 如图1所示,一种基于电生理节律的植物健康活力检测的测试系统,包括测定装置、LCR测试仪和PC机,测定装置与LCR测试仪连接,LCR测试仪连接与PC机连接,测定装置包括塑料夹1、泡沫板2、电极板3和导线4;两个泡沫板2分别粘在塑料夹1夹持端与待夹持物接触的两个面上,以避免塑料夹1夹持力太大,同时也保证待测量植物叶片受力均匀,两个电极板3分别镶嵌在塑料夹1上夹持端的两个泡沫板2内,并保持当塑料夹1夹持端合在一起时,两个电极板3能完全对应在一起,两个电极板3各自连出一根导线4,用于与LCR测试仪连接。电极板3为圆形极板,从而减少电极的边缘效应;电极板3材质为铜。

[0042] 一种基于电生理节律的植物健康活力的检测方法,具体包括如下步骤:

[0043] 步骤(1),选择待考察植物新枝上完全展开叶的叶片作为待测叶片,将叶片表面清理干净;植物新枝上完全展开叶是指新枝上发育完全且完全展开的叶片。

[0044] 步骤(2),在不摘取叶片的情况下,将待测植物叶片用测定装置的两电极板3夹住,

设置固定的测定电压、频率、时间,连续在线监测植物生理电阻、生理电容、生理阻抗随时间的变化,所述连续在线监测植物生理电阻、生理电容、生理阻抗随时间的变化的方法为:选择好待测叶片后,夹在两个电极板3之间,并保持不动,设定测定电压、频率、时间,分别设置为:电压为1.5V,频率为3KHz,每5min记录一次数据,从零点开始,连续监测24小时。

[0045] 步骤(3),以正弦函数拟合植物生理电容随时间变化关系,构建植物叶片生理电容随时间周期性变化动态模型,获得所述动态模型各参数值。具体如下:所述生理电容随时间周期性变化动态模型为: $C = C_0 + a_1 \sin(\frac{2\pi t}{b_1} + c_1)$,其中:C为电容,参数 a_1 为正弦函数的波幅,t为时间, c_1 为 $t=0$ 时的初相位, C_0 为偏距, b_1 为周期。进一步, C_0 表征基础电容 C_B , a_1 表征可变电容 C_V , C_0 与 a_1 之间的差值表征静息电容 C_R ; b_1 换算成时间周期 T_1 : $T_1 = 24b_1$, c_1 换算成时间为单位的初相位 IP_1 ,即 $IP_1 = \frac{24b_1c_1}{2\pi}$ 。

[0046] 步骤(4),以正弦函数拟合植物生理电阻随时间变化关系,构建植物叶片生理电阻随时间周期性变化动态模型,获得所述动态模型各参数值。具体如下:所述植物叶片生理电阻随时间周期性变化动态模型为: $R = R_0 + a_2 \sin(\frac{2\pi t}{b_2} + c_2)$,其中:R为电阻,参数 a_2 为正弦函数的波幅,t为时间, c_2 为 $t=0$ 时的初相位, R_0 为偏距, b_2 为周期。进一步, R_0 表征基础电阻 R_B , a_2 表征可变电阻 R_V , R_0 与 a_2 之和表征静息电阻 R_R ; b_2 换算成时间周期 T_2 : $T_2 = 24b_2$, c_2 换算成时间为单位的初相位 IP_2 ,即 $IP_2 = \frac{24b_2c_2}{2\pi}$ 。

[0047] 步骤(5),待测植物的基于生理电容的活化效率 AR_C 的计算公式为: $AR_C = 0.5U^2C_VT_1^{-1}$,其中: AR_C 为基于生理电容的活化效率, C_V 为可变电容,U为测试电压, T_1 为时间周期。待测植物的基于生理电阻的活化效率 AR_R 的计算公式为: $AR_R = U^2R_V^{-1}$,其中: AR_R 为基于生理电阻的活化效率, R_V 为可变电阻,U为测试电压。

[0048] 步骤(6),耦合待测植物生理电容和生理电阻的活化率表征植物的健康活力HA的方法为: $HA = \sqrt{(AR_C)(AR_R)}$ 。实施例

[0049] 本实验以构树、桑树两年生苗为材料,在日光温室中栽培,用正常配方的Hoagland营养液培养植物。选择选择植株大小差异不大且长势较为一致构树和桑树,分别分成两组,一组继续用正常浓度的Hoagland营养液培养,另一组用PEG60 g/L配制成Hoagland营养液进行培养,处理时间均为7天。

[0050] 实施例1

[0051] 以构树为例,分别选择晴天、阴天以及PEG处理下晴天生长下的植株开展测定,选取植株新枝上完全展开叶,将测定装置的导线与LCR测试仪相连接,设置测定电压为1.5V、频率为3KHz,每5min记录一次数据,从零点开始,连续在线监测。以正弦函数拟合植物叶片电生理信号随时间变化关系所得出的拟合方程和各参数值如表1、表3所示,依据表1模型各参数值获取构树的基础电容、可变电容、静息电容、时间周期以及时间为单位的初相位(表2),依据表3模型各参数值获取构树的基础电阻、可变电阻、静息电阻、时间周期以及时间为单位的初相位(表4)。依据表2和表4即可获得基于生理电容的活化效率 AR_C 、基于生理电阻的活化效率 AR_R 和植物的健康活力HA(表10)。

[0052] 表1不同生长条件下构树植物叶片生理电容C(F)随时间变化的耦合模型及参数(P

<0.0001)

不同条件	方程和参数			
	a_1	C_0	R^2	拟合方程
PEG 处理	2.97×10^{-10}	1.35×10^{-9}	1.000	$C=1.35 \times 10^{-9} + 2.97 \times 10^{-10} \sin(\frac{2\pi}{1.12}t - 0.26)$
[0053] 阴天 1	4.65×10^{-9}	6.99×10^{-9}	0.836	$C=6.99 \times 10^{-9} + 4.65 \times 10^{-9} \sin(\frac{2\pi}{1.16}t + 1.09)$
阴天 2	5.16×10^{-9}	6.53×10^{-9}	0.857	$C=6.53 \times 10^{-9} + 5.16 \times 10^{-9} \sin(\frac{2\pi}{1.16}t + 1.04)$
晴天 1	1.49×10^{-9}	6.66×10^{-9}	0.918	$C=6.66 \times 10^{-9} + 1.49 \times 10^{-9} \sin(\frac{2\pi}{0.99}t + 0.49)$
[0054] 晴天 2	1.22×10^{-9}	6.81×10^{-9}	1.000	$C=6.81 \times 10^{-9} + 1.22 \times 10^{-9} \sin(\frac{2\pi}{0.93}t + 0.03)$

[0055] 表2不同生长条件下构树植物叶片基于生理电容昼夜节律特征

不同条件	特征参数				
	C_B	C_V	C_R	T_1	IP_1
PEG 处理	1.35×10^{-9}	2.97×10^{-10}	1.05×10^{-9}	26.88	-1.11
[0056] 阴天 1	6.99×10^{-9}	4.65×10^{-9}	2.34×10^{-9}	27.84	4.83
阴天 2	6.53×10^{-9}	5.16×10^{-9}	1.37×10^{-9}	27.84	4.61
晴天 1	6.66×10^{-9}	1.49×10^{-9}	5.17×10^{-9}	23.76	1.85
晴天 2	6.81×10^{-9}	1.22×10^{-9}	5.59×10^{-9}	22.32	0.11

[0057] 表3不同生长条件下构树植物叶片生理电阻R(Ω)随时间变化的耦合模型及参数(P<0.0001)

不同条件	方程和参数			
	a_2	R_0	R^2	拟合方程
PEG 处理	22668.5	71694.6	0.940	$R=71694.6 + 22668.5 \sin(\frac{2\pi}{1.11}t - 2.36)$
[0058] 阴天 1	9357.7	12795.7	0.984	$R=12795.7 + 9357.7 \sin(\frac{2\pi}{1.03}t + 3.93)$
阴天 2	12873.3	15699.4	0.906	$R=15699.4 + 12873.3 \sin(\frac{2\pi}{1.08}t + 3.82)$
晴天 1	2747.9	9915.6	0.954	$R=9915.6 + 2747.9 \sin(\frac{2\pi}{1.03}t - 2.62)$
晴天 2	1904.0	10279.9	0.967	$R=10279.9 + 1904.0 \sin(\frac{2\pi}{0.91}t - 3.15)$

[0059] 表4不同生长条件下构树植物叶片基于生理电阻昼夜节律特征

	不同条件	特征参数				
		R _B	R _V	R _R	T ₁	IP ₁
[0060]	PEG 处理	71694.6	22668.5	94363.1	26.64	-10.01
	阴天 1	12795.7	9357.7	22153.4	24.72	15.46
	阴天 2	15699.4	12873.3	28572.7	25.92	15.76
	晴天 1	9915.6	2747.9	12663.5	24.72	-10.31
	晴天 2	10279.9	1904.0	12183.9	21.84	-10.95

[0061] 表5不同生长条件下构树基于生理电容的活化效率AR_C($\times 10^{-12}$)、基于生理电阻的活化效率AR_R($\times 10^{-6}$)和植物的健康活力HA($\times 10^{-9}$)

	不同条件	AR _C	AR _R	HA
[0062]	PEG 处理	12.4	99.3	35.1
	阴天 1	187.9	240.4	212.6
	阴天 2	208.5	174.8	190.9
	晴天 1	70.5	818.2	240.2
[0063]	晴天 2	61.5	1181.7	269.6

[0064] 实施例2

[0065] 以桑树为例,分别选择晴天、阴天以及PEG处理下晴天生长下的植株开展测定,选取植株新枝上完全展开叶,将测定装置的导线与LCR测试仪相连接,设置测定电压为1.5V、频率为3KHz,每5min记录一次数据,从零点开始,连续在线监测。以正弦函数拟合植物叶片电生理信号随时间变化关系所得出的拟合方程和各参数值如表6、表8所示,依据表6模型各参数值获取桑树的基础电容、可变电容、静息电容、时间周期以及时间为单位的初相位(表7),依据表8模型各参数值获取桑树的基础电阻、可变电阻、静息电阻、时间周期以及时间为单位的初相位(表9)。依据表7和表9即可获得基于生理电容的活化效率AR_C、基于生理电阻的活化效率AR_R和植物的健康活力HA(表10)。

[0066] 表6不同生长条件下桑树植物叶片生理电容C(F)随时间变化的耦合模型及参数(P<0.0001)

	不同条件	方程和参数			
		a ₁	C ₀	R ²	拟合方程
[0067]	PEG 处理	1.87 $\times 10^{-12}$	1.71 $\times 10^{-10}$	1.000	C=1.71 $\times 10^{-10}$ +1.87 $\times 10^{-12}$ sin($\frac{2\pi}{0.09}t + 6.28$)
	阴天 1	2.03 $\times 10^{-9}$	4.18 $\times 10^{-9}$	0.887	C=4.18 $\times 10^{-9}$ +2.03 $\times 10^{-9}$ sin($\frac{2\pi}{1.17}t + 1.17$)
	阴天 2	2.59 $\times 10^{-9}$	4.36 $\times 10^{-9}$	0.797	C=4.36 $\times 10^{-9}$ +2.59 $\times 10^{-9}$ sin($\frac{2\pi}{1.58}t + 2.03$)
	晴天 1	4.22 $\times 10^{-12}$	1.88 $\times 10^{-9}$	1.000	C=1.88 $\times 10^{-9}$ +4.22 $\times 10^{-12}$ sin($\frac{2\pi}{0.04}t + 0.34$)
	晴天 2	3.42 $\times 10^{-12}$	1.85 $\times 10^{-9}$	1.000	C=1.85 $\times 10^{-9}$ +3.42 $\times 10^{-12}$ sin($\frac{2\pi}{0.08}t - 0.83$)

[0068] 表7不同生长条件下桑树植物叶片基于生理电容昼夜节律特征

不同条件	特征参数				
	C_B	C_V	C_R	T_1	IP_1
PEG 处理	1.71×10^{-10}	1.87×10^{-12}	1.69×10^{-10}	2.16	2.16
[0069] 阴天 1	4.18×10^{-9}	2.03×10^{-9}	2.15×10^{-9}	28.08	5.23
阴天 2	4.36×10^{-9}	2.59×10^{-9}	1.77×10^{-9}	37.92	12.25
晴天 1	1.88×10^{-9}	4.22×10^{-12}	1.88×10^{-9}	0.96	0.05
晴天 2	1.85×10^{-9}	3.42×10^{-12}	1.85×10^{-9}	1.92	-0.25

[0070] 表8不同生长条件下桑树植物叶片生理电阻 R (Ω) 随时间变化的耦合模型及参数 ($P < 0.0001$)

不同条件	方程和参数			
	a_2	R_0	R^2	拟合方程
PEG 处理	84099.9	341166.3	0.89	$R = 341166.3 + 84099.9 \sin(\frac{2\pi}{1.13}t - 1.96)$
阴天 1	19024.6	25331.2	0.942	$R = 25331.2 + 19024.6 \sin(\frac{2\pi}{1.05}t + 3.96)$
[0072] 阴天 2	28220.0	27538.3	0.861	$R = 27538.3 + 28220.0 \sin(\frac{2\pi}{1.52}t - 1.15)$
晴天 1	8683.8	60339.9	0.934	$R = 60339.9 + 8683.8 \sin(\frac{2\pi}{0.95}t - 2.91)$
晴天 2	6828.0	61572.2	0.790	$R = 61572.2 + 6828.0 \sin(\frac{2\pi}{0.96}t + 3.66)$

[0073] 表9不同生长条件下桑树植物叶片基于生理电阻昼夜节律特征

不同条件	特征参数				
	R_B	R_V	R_R	T_1	IP_1
PEG 处理	341166.3	84099.9	425266.2	27.12	-8.46
[0074] 阴天 1	25331.2	19024.6	44355.8	25.2	15.88
阴天 2	27538.3	28220.0	55758.3	36.48	-6.68
晴天 1	60339.9	8683.8	69023.7	22.8	-10.56
晴天 2	61572.2	6828.0	68400.2	23.04	13.42

[0075] 表10不同生长条件下桑树基于生理电容的活化效率 AR_C ($\times 10^{-12}$)、基于生理电阻的活化效率 AR_R ($\times 10^{-6}$) 和植物的健康活力 HA ($\times 10^{-9}$)

不同条件	AR_C	AR_R	HA
PEG 处理	1.0	26.8	5.1
[0076] 阴天 1	81.3	118.3	98.1
阴天 2	76.8	79.7	78.3
晴天 1	4.9	259.0	35.8
晴天 2	2.0	329.5	25.7

[0077] 根据表5和表10可以看出,构树的基于生理电容的活化效率 $AR_C (\times 10^{-12})$ 、基于生理电阻的活化效率 $AR_R (\times 10^{-6})$ 和植物的健康活力 $HA (\times 10^{-9})$ 都比同样条件下生长的桑树的高,PEG处理的基于生理电容的活化效率 $AR_C (\times 10^{-12})$ 、基于生理电阻的活化效率 $AR_R (\times 10^{-6})$ 和植物的健康活力 $HA (\times 10^{-9})$ 都比其他条件下生长的植物要低,说明PEG处理要明显降低植物的活力,这与实际情况相吻合的。基于生理电容的活化效率 $AR_C (\times 10^{-12})$ 是阴天大于晴天,这与晴天会造成植物产生一定的水分亏缺有关,晴天基于生理电阻的活化效率 $AR_R (\times 10^{-6})$ 要大于阴天,这说明生物膜活动是晴天大于阴天。总体的植物健康活力,构树为晴天大于阴天大于PEG处理,桑树为:阴天大于晴天大于PEG处理。通过测定基于生理电容的活化效率 $AR_C (\times 10^{-12})$ 、基于生理电阻的活化效率 $AR_R (\times 10^{-6})$ 和植物的健康活力 $HA (\times 10^{-9})$,可以定量出植物的水分状态、代谢活跃强度以及健康状况,为植物的环境适应性以及优化植物生长环境提供科学依据。

[0078] 所述实施例为本发明的优选的实施方式,但本发明并不限于上述实施方式,在不背离本发明的实质内容的前提下,本领域技术人员能够做出的任何显而易见的改进、替换或变型均属于本发明的保护范围。

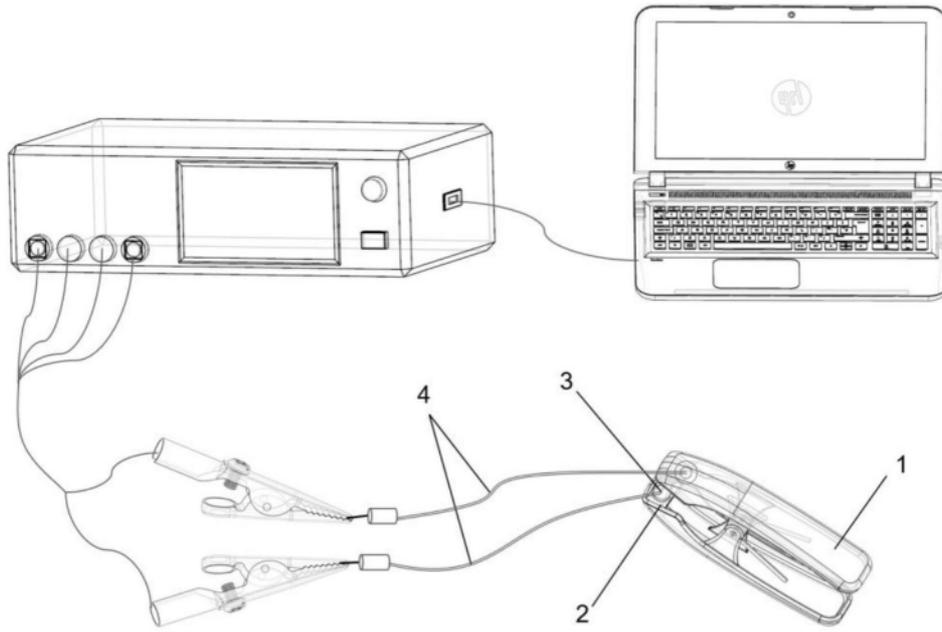


图1