



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108279335 A

(43)申请公布日 2018.07.13

(21)申请号 201810145125.1

(22)申请日 2018.02.12

(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 吴沿胜 黎明鸿 方蕾
于睿 苏跃 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

(51)Int.Cl.
G01R 27/26(2006.01)

权利要求书1页 说明书8页

(54)发明名称

一种测定特定频率下的植物生理电容的方法

(57)摘要

本发明公开了一种测定特定频率下的植物生理电容的方法,属于农业工程和农作物信息检测技术领域,该方法设定不同的频率,测定植物在不同频率下叶片的生理电容,建立不同频率下的植物叶片生理电容的耦合模型,依据模型获取被考察植物叶片在被考察的频率下的生理电容,找出理想的测定频率范围,同时还可以依据模型的参数,判别植物对环境的适应性。本发明不仅能快速找到合适的测定频率范围,而且还可以快速获得任一频率下的植物叶片的生理电容,使不同批次的测定结果具有可比性,为植物电生理研究的标准化提供技术支撑。

1. 一种测定特定频率下的植物生理电容的方法,其特征在于包括:

步骤一,选取生长在不同水分环境下植物同一叶位的完全展开叶叶片,并用湿棉花包住基部;

步骤二,迅速返回实验室,清理所述叶片表面灰尘后,采摘所述的同一叶位的完全展开叶叶片;

步骤三,将叶片夹在有导线连接的LCR测试仪的平行电极板之间,设置固定的测定电压,设定不同的测定频率测定待测植物叶片的生理电容;

步骤四,构建不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型,获得模型的各个参数;

步骤五,根据不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型的参数,获得待测植物合适的测定频率范围;

步骤六,将需要的被考察的频率,代入上述模型中,可计算获得被考察植物叶片在特定频率下的生理电容;

步骤七,依据生长在不同水分环境下不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型的参数判别待测植物对水分亏缺的适应性。

2. 根据权利要求1所述的一种测定特定频率下的植物生理电容的方法,其特征在于:步骤四所述的不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型方程为: $\ln C = -k \ln f + \ln C_1$,其中C为频率f下的电容, C_1 为频率为1Hz下的植物叶片的电容,k是参数, $\ln C$ 为电容C的自然对数, $\ln f$ 为频率f的自然对数, $\ln C_1$ 为 C_1 的自然对数。

3. 根据权利要求1所述的一种测定特定频率下的植物生理电容的方法,其特征在于:步骤五中所述的根据不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型的参数获得待测植物合适的测定频率范围的方法是,将C为50pF和2000pF分别代入 $\ln C = -k \ln f + \ln C_1$ 中,求出的频率f则是合适的测定频率上下限。

4. 根据权利要求1所述的一种测定特定频率下的植物生理电容的方法,其特征在于:步骤七中所述的依据生长在不同水分环境下不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型的参数判别待测植物对水分亏缺的适应性的方法是,以正常生长的植物为参照,比较参数k的相对大小,相对于参照,k值越大,则表明植物越适应该环境,k值越小,则表明植物越不适应该环境,用k值比来表示适应性,k值比 k_P 计算公式为: $k_P = k_0/k_R$,这里 k_P 为k值比, k_0 为被考察植物生长在特定的水分条件下的k值, k_R 为被考察植物生长在正常的水分条件下的k值,单位为%。

一种测定特定频率下的植物生理电容的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种测定特定频率下的植物生理电容的方法,属于农业工程和农作物信息检测技术领域,可以快速找到合适的测定频率范围,获得任一频率下的植物叶片的生理电容,判别植物对水分亏缺的适应性。

背景技术

[0002] 在利用LCR测试仪测定植物叶片的生理电容时,通常受到多种因素的影响,如测试电压、夹持力、极板尺寸、测试频率等多种因素的影响。其中由于仪器给定的测试频率范围极宽,不同的频率测试结果相差甚远,因此,必须要寻找一种方法使不同批次的测定结果具有可比性,使不同植物之间的测试结果具有可比性。

[0003] 研究发现,植物组织的电容与频率的关系是曲线关系,电容容量随频率的增加而减小。利用模型拟合发现,不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型可用方程 $\ln C = -k \ln f + \ln C_1$ 很好地表征,这里的C为频率f下的电容, C_1 为频率为1Hz下的植物叶片的电容,k是参数, $\ln C$ 为电容C的自然对数, $\ln f$ 为频率f的自然对数, $\ln C_1$ 为 C_1 的自然对数。k值具有的生物学意义为,k值越大,作为电容属性的细胞致电效果越好,代谢也越旺盛。因此,本发明通过建立不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型,依据模型参数,获得任一频率下的植物叶片的生理电容,使不同批次的测定结果具有可比性,为植物电生理研究的标准化提供技术支撑。同时,通过解析模型参数的生物学意义,判别植物对环境的适应性。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种测定特定频率下的植物生理电容的方法,以克服现有技术中难以快速找到合适的测定频率范围,多次测定叶片受损,测定结果不具备可比性的缺陷,同时,也为植物对环境的适应性的判别提供便利。

[0005] 为了解决以上技术问题,本发明采用的具体技术方案如下:

[0006] 步骤一,选取生长在不同水分环境下植物同一叶位的完全展开叶叶片,并用湿棉花包住基部,以减缓水分散发;

[0007] 步骤二,迅速返回实验室,清理所述叶片表面灰尘后,采摘所述的同一叶位的完全展开叶叶片;

[0008] 步骤三,将叶片夹在有导线连接有LCR测试仪的平行电极板之间,设置固定的测定电压,设定不同的测定频率测定待测植物叶片的生理电容;

[0009] 步骤四,构建不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型,获得模型的各个参数,这里的所述的不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型方程为: $\ln C = -k \ln f + \ln C_1$,其中C为频率f下的电容, C_1 为频率为1Hz下的植物叶片的电容,k是参数, $\ln C$ 为电容C的自然对数, $\ln f$ 为频率f的自然对数, $\ln C_1$ 为 C_1 的自然对数;

[0010] 步骤五,根据不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型的参数,获得待测植物合适的测定频率范围,这里的所述的根据不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合

模型的参数获得待测植物合适的测定频率范围的方法是,将C为50pF和2000pF分别代入 $\ln C = -k \ln f + \ln C_1$ 中,求出的频率f则是合适的测定频率上下限。

[0011] 步骤六,将需要的被考察的频率,代入上述模型中,可计算获得被考察植物叶片在特定频率下的生理电容;

[0012] 步骤七,依据生长在不同水分环境下不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型的参数判别待测植物对水分亏缺的适应性,这里所述的依据生长在不同水分环境下不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型的参数判别待测植物对水分亏缺的适应性的方法是,以正常生长的植物为参照,比较参数k的相对大小,相对于参照,k值越大,则表明植物越适应该环境,k值越小,则表明植物越不适应该环境;用k值比来表示适应性,k值比 k_P 计算公式为: $k_P = k_0/k_R$,这里 k_P 为k值比, k_0 为被考察植物生长在特定的水分条件下的k值, k_R 为被考察植物生长在正常的水分条件下的k值,单位为%。

[0013] 本发明的基本原理为:

[0014] 电容与频率是离不开的,关系应该是很密切的,大容量的电容对高频的响应很差对低频的响应却好,而容量小的电容对低频的响应很差而对高频的响应却非常好。电容容量与频率是曲线关系,在谐振点之前,电容容量随频率的增加而减小,在谐振点之后,电容容量随频率的增加而增加。上面说的曲线关系,是电容量与频率的关系,即 $Z (= ESR + j\omega L - j/\omega C)$ 与频率的关系。在低频范围内,电容呈现容抗特性;中频范围内,主要是ESR特性;高频范围内,感抗占主导作用。简单得说,就是器件上不可避免得带有寄生电感和寄生电容。随着频率的提高,电容的电抗值将越来越接近0,而寄生电感的电抗值却逐渐增大,最后超过电容的电抗而使整个器件表现为电感性。容量越大的电容,其高频电抗值越接近0,就越容易被本身的寄生电感所超越。

[0015] 研究发现,植物组织的电容与频率的关系也是曲线关系,电容容量随频率的增加而减小。利用模型拟合发现,不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型可用方程 $\ln C = -k \ln f + \ln C_1$ 很好地表征,这里的C为频率f下的电容, C_1 为频率为1Hz下的植物叶片的电容,k是参数, $\ln C$ 为电容C的自然对数, $\ln f$ 为频率f的自然对数, $\ln C_1$ 为 C_1 的自然对数。k值具有的生物学意义为,k值越大,作为电容属性的细胞致电效果越好,代谢也越旺盛,因此,本发明通过构建不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型,依据模型计算任一所需的给定频率,而无需再次将叶片夹在有导线连接有LCR测试仪的平行电极板之间,避免多次夹持叶片的破坏以及结果的偏差。同时,还可以通过比较模型的参数,判别植物对环境的适应性。

[0016] 本发明具有有益效果

[0017] 1. 本发明可以测定特定频率下的植物生理电容,使不同批次的测定结果具有可比性。

[0018] 2. 本发明可以通过构建不同频率变化下的植物叶片生理电容的耦合模型计算任一测定频率下的植物生理电容,因此,减少了工作量,适用于对待测植物叶片的生理电容的首次测定研究。

[0019] 3. 本发明简便,可以快速找到合适的测定频率范围,避免多次测定叶片受损的缺陷。

[0020] 4. 本发明不仅适合高频的测定,也能不需要改变测定量程计算出低频下的植物叶片生理电容。

[0021] 5. 本发明还可以通过比较模型的参数, 判别植物对环境的适应性。

具体实施方式

[0022] 下面结合实施例对本发明作进一步说明。

[0023] 实施例: 测定生长在4种水分环境下诸葛菜和油菜以诸葛菜叶片在特定测定频率下的生理电容。

[0024] 步骤一, 分别选取实验室培育的生长在正常土壤水分(100%田间持水量)、轻度缺水土壤(55%田间持水量)、中度缺水土壤(40%田间持水量)以及重度缺水土壤(25%田间持水量)的诸葛菜和油菜, 采摘长势较为一致的同叶位的完全展开叶, 并用湿棉花包住叶片基部, 以减缓水分散发;

[0025] 步骤二, 迅速返回实验室, 清理所述叶片表面灰尘后, 采摘所述的同叶位的完全展开叶叶片;

[0026] 步骤三, 将叶片夹在有导线连接有LCR测试仪的平行电极板之间, 设置测定电压1.5伏, 设定不同的测定频率分别测定待测诸葛菜和油菜叶片的生理电容如表1和表2;

[0027] 步骤四, 分别构建不同频率变化下生长在不同水分环境下的诸葛菜和油菜叶片生理电容的耦合模型, 获得模型的各个参数, 如表3;

[0028] 步骤五, 将电容值为50pF和2000pF分别代入不同频率变化下生长在不同水分环境下的诸葛菜和油菜叶片生理电容的耦合模型中, 分别求出生长在不同水分环境下的诸葛菜和油菜的测定频率 f , 如表4;

[0029] 步骤六, 将需要的被考察的频率60Hz、3000Hz、5000Hz、20000Hz、32000Hz, 分别代入不同频率变化下生长在不同水分环境下的诸葛菜和油菜叶片生理电容的耦合模型中, 可分别获得诸葛菜和油菜叶片在频率60Hz、3000Hz、5000Hz、20000Hz、32000Hz下的生理电容, 如表5;

[0030] 步骤七, 依据生长在不同水分环境下不同频率变化下的诸葛菜和油菜叶片生理电容的耦合模型的参数判别诸葛菜和油菜对水分亏缺的适应性, 结果如表6。

[0031] 表1不同水分条件下生长的诸葛菜在不同频率下(f , 单位Hz)下的生理电容(C) (单位:pF)

[0032]

土壤水分 100%		土壤水分 55%		土壤水分 40%		土壤水分 25%	
频率	电容	频率	电容	频率	电容	频率	电容
实验 1		实验 1		实验 1		实验 1	
1000	202.95	1000	898.23	1000	497.12	1000	332.96
10000	96.24	10000	428.94	10000	176.51	10000	155.16
50000	53.16	50000	228.42	50000	118.34	50000	122.64
100000	43.74	100000	221.56	100000	108.52	100000	95.81
200000	36.19	200000	152.62	200000	79.25	200000	68.26
400000	30.35	400000	124.76	400000	58.74	400000	63.42

[0033]

实验 2		实验 2		实验 2		实验 2	
1000	202.95	1000	898.23	1000	497.12	1000	332.96
30000	64.33	30000	293.19	30000	128.62	30000	134.69
70000	48.67	70000	222.19	70000	115.36	70000	111.72
150000	38.56	150000	166.35	150000	101.42	150000	77.53
300000	32.22	300000	133.47	300000	59.47	300000	66.47
900000	25.86	900000	107.84	900000	49.84	500000	58.47

[0034] 表2不同水分条件下生长的油菜在不同频率下(f , 单位Hz)下的生理电容(C) (单位:pF)

[0035]

土壤水分 100%		土壤水分 55%		土壤水分 40%		土壤水分 25%	
频率	电容	频率	电容	频率	电容	频率	电容
实验 1		实验 1		实验 1		实验 1	
1000	125.43	1000	82.34	1000	642.68	1000	194.42
10000	65.35	10000	34.46	10000	356.48	10000	119.53
50000	26.03	30000	21.48	50000	210.89	50000	89.63
100000	15.24	50000	17.16	100000	172.34	100000	80.16
200000	13.42	200000	11.27	200000	140.28	200000	41.09
500000	10.76	300000	10.28	400000	118.79	400000	36.73
实验 2		实验 2		实验 2		实验 2	
1000	125.43			1000	642.68	1000	194.42
30000	38.42			30000	249.06	30000	87.62
70000	15.6			70000	190.81	70000	89.14
150000	14.46			150000	152.93	150000	45.64
300000	12.26			300000	125.81	300000	37.54
900000	10.14			700000	100.36	700000	32.26

[0036] 表3不同水分条件下(正常:100%田间持水量、T1:55%田间持水量,T2:40%田间持水量;T3:25%田间持水量)生长的诸葛菜和油菜不同频率变化下的叶片生理电容的耦合模型及参数

[0037]

植物	环境	方程和参数
----	----	-------

[0038]

		k	lnC ₁	方程
诸葛菜	正常 实验 1	0.323	7.526	lnC=-0.323lnf+7.526 R ² =0.997, P<0.0001, n=6
诸葛菜	正常 实验 2	0.310	7.399	lnC=-0.310 lnf+7.399 R ² =0.992, P<0.0001, n=6
诸葛菜	T1 实验 1	0.329	9.073	lnC=-0.329 lnf+9.073 R ² =0.992, P<0.0001, n=6
诸葛菜	T1 实验 2	0.321	8.989	lnC=-0.321 lnf+8.989 R ² =0.995, P<0.0001, n=6
诸葛菜	T2 实验 1	0.337	8.447	lnC=-0.337lnf+8.447 R ² =0.981, P=0.0001, n=6
诸葛菜	T2 实验 2	0.340	8.512	lnC=-0.340 lnf+8.512 R ² =0.978, P=0.0002, n=6
诸葛菜	T3 实验 1	0.276	7.685	lnC=-0.276 lnf+7.685 R ² =0.981, P=0.0001, n=6
诸葛菜	T3 实验 2	0.284	7.794	lnC=-0.284 lnf+7.794 R ² =0.993, P<0.0001, n=6
油菜	正常 实验 1	0.429	7.884	lnC=-0.429lnf+7.884 R ² =0.972, P=0.0003, n=6
油菜	正常 实验 2	0.394	7.489	lnC=-0.394 lnf+7.489 R ² =0.947, P=0.0011, n=6
油菜	T1 实验 1	0.371	6.938	lnC=-0.371 lnf+6.938 R ² =0.995, P<0.0001, n=6
油菜	T2 实验 1	0.288	8.477	lnC=-0.288lnf+8.477 R ² =0.998, P<0.0001, n=6
油菜	T2 实验 2	0.285	8.440	lnC=-0.285 lnf+8.440 R ² =1.000, P<0.0001, n=6
油菜	T3 实验 1	0.274	7.282	lnC=-0.274 lnf+7.282 R ² =0.909, P=0.0032, n=6

[0039]	油菜	T3 实验 2	0.284	7.330	$\ln C = -0.284 \ln f + 7.330$ $R^2 = 0.933, P = 0.0017, n = 6$
--------	----	------------	-------	-------	--

[0040] 表4生长在不同水分环境下(正常:100%田间持水量、T1:55%田间持水量,T2:40%田间持水量;T3:25%田间持水量)生长的诸葛菜和油菜的测定频率范围(注:取两个实验的平均值计算)

[0041]

植物	生长环境	上限	下限
诸葛菜	正常	73263.7	0.6
诸葛菜	T1	6925345.1	81.5
诸葛菜	T2	711306.3	13.4
诸葛菜	T3	865745.6	1.6
油菜	正常	9327.5	1.2
油菜	T1	3485.2	0.2
油菜	T2	7595947.3	19.9
油菜	T3	191912.0	0.3

[0042] 表5不同水分条件下(正常:100%田间持水量、T1:55%田间持水量,T2:40%田间持水量;T3:25%田间持水量)生长的诸葛菜和油菜在频率为60、3000、5000、20000和32000Hz下的叶片生理电容(注:取两个实验的平均值计算)

[0043]

植物	生长环境	60Hz	3000Hz	5000Hz	20000Hz	32000Hz
诸葛菜	正常	475.85	137.69	117.10	75.46	65.01
诸葛菜	T1	2209.09	619.51	524.74	334.41	287.04
诸葛菜	T2	1202.33	319.21	268.45	167.79	143.08
诸葛菜	T3	730.39	244.26	211.70	143.60	125.89
油菜	正常	403.48	80.51	65.23	36.85	30.36
油菜	T1	225.65	52.86	43.73	26.15	21.96
油菜	T2	1456.69	473.98	409.35	274.98	240.28
油菜	T3	475.17	159.53	138.34	93.97	82.41

[0044] 表6不同水分条件下(正常:100%田间持水量、T1:55%田间持水量,T2:40%田间持水量;T3:25%田间持水量)生长的诸葛菜和油菜不同频率变化下的叶片生理电容的耦合模型参数k的比较

[0045]

植物	生长环境	k的平均值	k值比%
诸葛菜	正常	0.317	100.0
诸葛菜	T1	0.325	102.5
诸葛菜	T2	0.339	106.9
诸葛菜	T3	0.280	88.3
油菜	正常	0.412	100.0

油菜	T1	0.371	90.0
油菜	T2	0.287	69.7
油菜	T3	0.279	67.7

[0046] 本发明的实施效果如下：

[0047] 从表3中可以看出，我们构建的不同水分条件下生长的诸葛菜和油菜不同频率变化下的叶片生理电容的耦合模型能够很好地表征叶片生理电容随测定频率变化的关系 ($P < 0.005$)。能够找出生长在不同水分环境下生长的诸葛菜和油菜的测定频率范围，这与我们常常实际使用的测定频率3000Hz是相符的。表5为只需将测试频率代入到相应的模型就可算出的，并不需要多次夹持叶片测定，减少了因多次夹持造成的叶片损坏，测定的结果与实际测定也相符的。

[0048] 另外，从表6中可以看出，与正常水分条件上生长的植物相比，诸葛菜在轻度和中度干旱下，都有着较高的k值，k值比都超过100%，说明诸葛菜对轻度和中度干旱都有着较好的适应性。相反，与正常水分条件上生长的油菜相比，油菜在轻度、中度和重度干旱下，都有着较低的k值，k值比都小于100%，并随着干旱程度的增加，k值比在减小，说明油菜对干旱不具有适应性。