

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4873753号
(P4873753)

(45) 発行日 平成24年2月8日 (2012.2.8)

(24) 登録日 平成23年12月2日 (2011.12.2)

(51) Int.Cl.

AO 1 G 7/00 (2006.01)

F I

AO 1 G 7/00 G O 3

請求項の数 4 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2008-251323 (P2008-251323)	(73) 特許権者	504205521
(22) 出願日	平成20年9月29日 (2008.9.29)		国立大学法人 長崎大学
(65) 公開番号	特開2009-95344 (P2009-95344A)		長崎県長崎市文教町 1 - 1 4
(43) 公開日	平成21年5月7日 (2009.5.7)	(74) 代理人	110001209
審査請求日	平成23年2月10日 (2011.2.10)		特許業務法人山口国際特許事務所
(31) 優先権主張番号	特願2007-255783 (P2007-255783)	(72) 発明者	下町 多佳志
(32) 優先日	平成19年9月28日 (2007.9.28)		長崎県長崎市文教町 1 番 1 4 号 国立大学
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		法人長崎大学内
早期審査対象出願		審査官	木村 隆一
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 植物体の適応応答測定装置及び植物体の適応応答測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

植物体に加わる外的ストレスによって生じた植物体の適応応答を測定する植物体の適応
応答測定装置において、

前記植物体の葉の測定箇所を一方の面と他方の面とで所定の圧力で挟むクリップ部と、
前記クリップ部の一方の面に、所定の距離の隙間を開けて配置した第 1 電極及び第 2 電
極と、

前記クリップ部の他方の面の前記第 1 電極及び第 2 電極と対向した位置に配置した、空
気に近い誘電特性を持つ材質よりなる押さえ部材と、

前記第 1 電極と前記第 2 電極に所定の電気信号を印加し、その印加した電気信号の特性
を測定する測定部と、

前記測定部で測定された結果を表示又は出力する結果告知部とを備え、

前記所定の圧力を、前記植物体の葉の硬さに応じて選定した圧力に設定することで、前
記植物体の葉がダメージを受けない状態で前記第 1 電極及び第 2 電極が安定して葉と接触
するようにし、

前記第 1 電極を非円形状とし、前記第 2 電極を前記第 1 電極の非円形状の外周と近
接して配置した環状形状とし、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間の前記隙間は、波打っ
た曲線を描いて一定間隔の隙間であることを特徴とする植物体の適応応答測定装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の植物体の適応応答測定装置において、

10

20

前記測定部は、前記電気信号の印加開始から予め決められた一定時間経過後の特性を測定することを特徴とする植物体の適応応答測定装置。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の植物体の適応応答測定装置において、

前記測定部は、印加した電気信号の特性として、リアクタンス成分と抵抗成分の少なくともいずれか一方を測定することで、外的ストレスが加わっていない植物体と、植物体に過去に外的ストレスが加わり、その後その外的ストレスが取り除かれた履歴がある植物体とを測定結果から区別することを特徴とする植物体の適応応答測定装置。

【請求項 4】

植物体に加わる外的ストレスによって生じた植物体の適応応答を測定する植物体の適応応答測定方法において、

前記植物体の葉の測定箇所を一方の面と他方の面とを有するクリップで所定の圧力で挟み、

前記挟んだ植物体の一方の面に、第 1 電極を非円形形状とすると共に第 2 電極を前記第 1 電極の非円形形状の外周と近接して配置した環状形状とし、前記第 1 電極と前記第 2 電極との間の前記隙間が波打った曲線を描いて一定間隔の隙間となるように前記第 1 電極と前記第 2 電極とを接触させ、

前記挟んだ植物体の他方の面に、空気に近い誘電特性を持つ材質よりなる押さえ部材を接触させ、

前記所定の圧力を、前記植物体の葉の硬さに応じて選定した圧力に設定することで、前記植物体の葉がダメージを受けない状態で前記第 1 電極及び第 2 電極が安定して葉と接触するようにして、

前記接触させた第 1 電極と第 2 電極を介して前記植物体に所定の電気信号を印加し、その印加した電気信号の特性を測定し、

前記測定された結果を表示又は出力することを特徴とする

植物体の適応応答測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、農作物、草花、花木、林産物などの植物体に加わった外的ストレスによって生じた適応応答を測定する適応応答測定装置及び適応応答測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、農作物、草花、花木及び林産物などの植物体の栽培において、水分および肥料の量や、これらを付与する時期を調節して適度なストレスを植物に与えて、例えば青果の味や花卉の色等の品質や、賞味期間、開花期間等の持ちを調節することが行われてきた。

【0003】

植物体の収穫後においても品質や持ちを向上させることを目的として、それぞれの植物体に適した輸送方法や管理方法がとられてきた。これらの栽培方法などの開発は、従来、農家等が自己の長年の経験に基づいて行っていた。

【0004】

青果等の購入者側も、市場や店頭に並んだ青果等の外観からその新鮮度や美味しさを推測して判断していた。

【0005】

このように従来は、外観などから植物体の状態を推測していただけであり、その植物体が現在受けているストレスや過去に受けたストレスを知ることは事実上不可能であった。従って、そのストレスをある程度の期間受けた結果として、植物体が枯れるなどの反応が出ることで、初めて過去にストレスを受けたことが判るものであり、植物がストレスを受けているときに、外観などから、そのことを従来正確に判断することは不可能であった。従来、農作物などの栽培農家は、これらのストレスを経験に基づいてそれなりに判断して

10

20

30

40

50

いたが、経験で判断するためには熟練が必要であり、誰にでも簡単に判断ができるものではなかった。

【 0 0 0 6 】

植物体が受けているストレスを数値化できれば便利であり、近年、非破壊の状態で植物体のストレス応答を測定する試みがなされるようになった。本願の発明者は、先に特許文献 1 に記載された「植物体の適応応答測定方法」を提案した。

この特許文献 1 に記載した「植物体の適応応答測定方法」は、植物体に対してマイクロウェーブを照射して、植物体から反射される信号を測定するものである。この先に発明した特許文献 1 に記載の方法によると、植物体を傷つけることなく、植物体のストレス適応応答の履歴を測定することができる効果を有する。

【特許文献 1】特開 2 0 0 6 - 6 7 9 5 4 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

ところで、本願の発明者が先に提案した特許文献 1 に記載した発明では、植物体に対して比較的高い周波数であるマイクロウェーブを照射して、その照射した植物体からの反射信号の測定で、植物体のストレス適応応答の履歴を測定できることを提案したが、実際に精度良く測定を行う上では種々の問題があった。

即ち、特許文献 1 ではマイクロウェーブの照射で植物体のストレス適応応答の履歴を測定する原理について記載したが、ストレス適応応答の履歴を正確に測定するためには、測定条件を正確に均一に設定する必要があり、例えば植物の葉の状態を測定する場合、その葉に対して、マイクロウェーブを照射してその反射波を取り出す条件を均一にする必要があるが、植物体にダメージを与えないで、常に均一な測定を行うためには、マイクロウェーブを照射し、反射波を取り出す位置などを正確に設定する必要がある。

【 0 0 0 8 】

即ち、特許文献 1 に記載の測定方法では、電子天秤のステージ上に板体を固定して、その板体上に植物体を載置させて、測定装置の同軸プローブをその植物体に接触させて、測定を行う構成としてある。ところが、このような同軸プローブを使用した測定では、植物体への接触状態などに注意して行う必要があり、実験室レベルでは正確な測定ができて、屋外の農場などで生育させている作物のストレス適応応答を正確に測定するためには、何らかの工夫が必要であった。

【 0 0 0 9 】

本発明はこれらの点に鑑みてなされたものであり、植物体のストレス応答が正確かつ簡単に測定できるようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

本発明の植物体の適応応答測定装置は、植物体の葉の測定箇所を一方の面と他方の面とで所定の圧力で挟むクリップ部と、クリップ部の一方の面に、所定の距離の隙間を開けて配置した第 1 電極及び第 2 電極と、クリップ部の他方の面の第 1 電極及び第 2 電極と対向した位置に配置した、空気に近い誘電特性を持つ材質よりなる押さえ部材と、第 1 電極と第 2 電極に所定の電気信号を印加し、その印加した電気信号の特性を測定する測定部と、測定部で測定された結果を表示又は出力する結果告知部とを備え、所定の圧力を、植物体の葉の硬さに応じて選定した圧力に設定することで、植物体の葉がダメージを受けない状態で第 1 電極及び第 2 電極が安定して葉と接触するようにし、第 1 電極を非円形状とし、第 2 電極を第 1 電極の非円形状の外周と近接して配置した環状形状とし、第 1 電極と第 2 電極との間の隙間は、波打った曲線を描いて一定間隔の隙間であることを特徴とする。

【 0 0 1 1 】

また本発明の植物体の適応応答測定方法は、植物体の葉の測定箇所を一方の面と他方の面とを有するクリップで所定の圧力で挟み、挟んだ植物体の一方の面に、第 1 電極を非円

10

20

30

40

50

形形状とすると共に第2電極を第1電極の非円形形状の外周と近接して配置した環状形状とし、第1電極と第2電極との間の隙間が波打った曲線を描いて一定間隔の隙間となるように第1電極と第2電極とを接触させ、挟んだ植物体の他方の面に、空気に近い誘電特性を持つ材質よりなる押さえ部材を接触させ、所定の圧力を、植物体の葉の硬さに応じて選定した圧力に設定することで、植物体の葉がダメージを受けない状態で第1電極及び第2電極が安定して葉と接触するようにして、接触させた第1電極と第2電極を介して植物体に所定の電気信号を印加し、その印加した電気信号の特性を測定し、測定された結果を表示又は出力することを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

10

本発明によると、所定の距離を開けて配置した第1電極と第2電極とが、ある程度の面積で植物体の一方の面と接触するようになり、植物体の表面と2つの電極との接触状態をほぼ均一にすることができ、しかもクリップ部で挟む圧力を比較的弱く設定することで、植物体にダメージを与えることなく、均一な状態で電気信号の植物体への印加と、その印加した電気信号の特性の測定とが行えるようになる。

従って、植物体のストレス適応応答を測定することが、高い精度で簡単に行えるようになる。例えば、農場で栽培中の植物体に対して、随時簡単にストレス適応応答を測定できるようになる。

【0013】

また、測定部で電気信号の印加開始から予め決められた一定時間経過後の特性を測定することで、測定開始から時間の経過で変動する可能性が高い植物体の電気的特性の測定が、常時一定の条件で精度良く行える。

20

【0014】

また、第1電極と第2電極との間の隙間を、波形などのある程度カーブした形状に形成させたことで、植物体の表面と2つの電極とが接触する状態が、異方性を持った植物葉部との接触状態を一様にした測定が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の一実施の形態を、添付図面を参照して説明する。

本実施の形態においては、植物体に対して与えられたストレスの履歴を測定する処理に適用したものである。

30

【0016】

まず、植物体に対して与えられるストレスについて説明すると、通常、生育中の農作物、草花、花木及び林産物などの植物体及び収穫後の農作物、草花、花木及び林産物などの植物体が、乾燥することによるストレス、塩によるストレス、高温または低温によるストレス、有害な薬剤やガスなどの化学物質によるストレス、葉や茎の損傷などの物理的ストレス、害虫や微生物によって受けるストレスなどの植物の正常な生育を阻害する外的ストレス(以下これらを植物体の外的ストレスという)、を受けると、植物体は、ストレス応答を起こし、自らストレス適応応答物質としてのアミノ酸、蛋白質および強電解質を生成することが知られている。これらのストレスによる応答を、植物体の外的ストレス適応応答反応という。この植物体の外的ストレス適応応答反応を、本実施の形態で測定するものである。

40

なお、本実施の形態において述べる植物体には、栽培中の植物体と収穫後の植物体の双方を含み、本実施の形態のストレス履歴測定処理は、栽培中の植物体と収穫後の植物体のいずれにも適用可能である。但し、後述する実験例はすべて栽培中の植物体に対して行った例である。

【0017】

図1は、本実施の形態によるストレス測定の全体構成例を示したものである。

図1に示すように、測定を行う植物1を用意し、その植物1の葉部1aを、クリップ部20で挟んで、その葉部1aのストレス適応応答を測定する。クリップ部20は、測定装

50

置 10 本体とケーブルで接続させてあり、測定装置 10 側での操作で、測定を行う。測定装置 10 には、表示部 15 を構成する表示パネルや、操作部 16 を構成する操作キーなどが配置してある。

【0018】

図 2 は、測定装置 10 の内部構成例を示した図である。測定装置 10 は、印加信号発生部 11 に電池 12 が接続してあり、印加信号発生部 11 で、植物体に印加する電気信号を生成させる。生成させる電気信号としては、100kHz から数 100MHz 程度の周波数の高周波信号である。信号の電圧は、植物体に影響を与えない比較的弱い電圧とする。

印加信号発生部 11 で生成された印加用信号は、ケーブルを介して、クリップ部 20 側の第 1 電極 22 と第 2 電極 23 とに供給する。クリップ部 20 側の構成については後述する。

10

【0019】

そして、第 1 電極 22 と第 2 電極 23 を介して印加した信号の電気的特性を、測定部 17 で検出する。測定部 17 で測定する電気的特性としては、本例では、リアクタンス成分である比誘電率 (C) と、抵抗成分である伝導率 (R) としてある。

測定部 17 で測定された比誘電率 (C) と伝導率 (R) の値は、演算部 13 に供給し、その演算部 13 での演算処理を行って、必要な測定値を得る。演算部 13 での演算処理としては、比誘電率 (C) と伝導率 (R) とを個別の測定値として得る場合と、伝導率 (R) を比誘電率 (C) で割った値 (R/C) とする場合と、伝導率 (R) と比誘電率 (C) とを乗算して平方根を得る値 (R/C) とする場合などがある。

20

【0020】

演算部 13 で得られた測定値は、メモリ 14 に記憶すると共に、表示部 15 で表示させる。表示部 15 での表示としては、測定して演算された数値をそのまま数字として表示させる。或いは、過去の測定値との差に基づいて、植物体のストレス履歴を推定して、その推定した結果 (ストレスの有無など) を表示させてもよい。

操作部 16 は、測定の開始・終了や、測定条件の設定、過去の測定値の読み出しなどを行う操作を行う操作キーで構成される。

なお、図 2 の構成では、測定結果の告知は、表示部 15 での表示で行う構成としたが、測定結果やメモリの記憶データを出力する出力部を設けて、その出力部から出力された測定結果などのデータを、外部のデータ処理装置 (パーソナルコンピュータ装置など) に供給する構成としてもよい。

30

また、図 2 に示した構成では、測定装置 10 側で印加信号を発生させる処理や、測定処理を行う構成としたが、例えばクリップ部 20 内で高周波信号を発生させるための信号処理や増幅などを行ったり、或いは、クリップ部 20 内で測定のための処理を行う構成としてもよい。

【0021】

図 3 は、本例のクリップ部 20 の構成を示した斜視図である。測定する植物を挟むクリップ部 20 は、ケーブルを介して測定装置 10 本体と接続させてある。

クリップ部 20 は、細長形状の底板部 21 の先端 21a の上面に、第 1 電極 22 と第 2 電極 23 とが配置してある。第 1 電極 22 と第 2 電極 23 とは、それぞれ個別に測定装置 10 側と図 2 に示すように接続させてある。

40

【0022】

図 4 は、底板部 21 の先端 21a に配置された電極 22, 23 を拡大して示す図である。

第 1 電極 22 と第 2 電極 23 は、それぞれ導電性の金属を底板部 21 の先端 21a に貼り付けるなどして配置する構成としてある。

第 1 電極 22 は、ほぼ六角の星形状をした板状の電極部材であり、その第 1 電極 22 の外周に、第 2 電極 23 が配置してある。第 2 電極 23 は、円形の電極板の中央の縁部 23a を、第 1 電極 22 の縁部 22a の形状に対応した形状 (即ちほぼ六角の星形状) に抜き落としてあり、第 1 電極 22 の縁部 22a と、第 2 電極 23 の縁部 23a とは、全周

50

に亘って一定の距離（幅）を開けて、波形形状の曲線に対向した状態としてある。両電極 22, 23 の縁部 22a, 22b の対向する幅は、例えば 1mm 程度の距離としてある。本例の場合には、この幅は 1mm 程度の一定幅としてあるが、必ずしも一定である必要はない。外形が円形の第 2 電極 23 の直径は、例えば 0.5cm 程度のサイズである。

この図 4 に示す電極形状としたことで、植物体の表面と 2 つの電極との接触状態が異方性を持ち、植物体の測定が常時一定の状態で行えるようになる。

【0023】

図 3 の説明に戻ると、このように構成される第 1 電極 22 と第 2 電極 23 を配置した底板部 21 の上には、細長形状の可動部 25 が、軸部 24 を介して回転（揺動）できる状態に配置してある。軸部 24 は、底板部 21 のほぼ中央部に配置してあり、可動部 25 を揺動させることができる。なお、レバー 27 の軸部 24 への取り付け機構部には、可動部 25 の先端側が、底板部 21 の先端側と接触する最大の圧力を調整する機構を内蔵させてあり、レバー 27 であらかじめ面圧を設定し、可動部 25 の先端側を底板部 21 の先端側と接触させた際には、このレバー 27 の調整機構で調整された圧力で接する状態となる。

可動部 25 の先端 25a には、押さえ部材 26 が取り付けられている。この押さえ部材 26 は、底板部 21 側の第 1 電極 22 と第 2 電極 23 の配置位置に対向する位置に取り付けてあり、例えば発泡スチロールなどの比較的柔らかく、空気に近い誘電特性を持つ材質の部材で構成させてある。押さえ部材 26 の両電極 22, 23 と対向する面は、少なくとも第 2 電極 23 の直径とほぼ等しいか、それより若干大きな形状の平面としてある。

【0024】

そして、測定を行う際には、図 5 に示すように、測定する植物 1a（葉など）を底板部 21 の先端 21a に載せた状態で、可動部 25 の先端 25a を底板部 21 側に押し下げ、その押さえ部材 26 と底板部 21 とで植物を挟むようにし、植物 1a を第 1 電極 22 と第 2 電極 23 とに接触させる。

このように挟む際には、図 3 に示した可動部 25 を持って、可動部 25 の先端 25a を下げて、図 5 に示す状態とする。本例の場合には、先に説明した圧力調整機構で接触圧力が規制される構成としてあり、底板部 21 と可動部 25 とが接触する際の圧力が、ほぼ一定に維持されるようにしてある。このように測定時に挟む圧力を比較的弱いほぼ一定の圧力とすることで、挟まれた植物 1a がダメージを受けない状態で、一定状態で測定できるようにしてある。挟む際の圧力は、測定する植物体により適切な値を選定するのが好ましいが、基本的には、葉などの植物体の表面と電極との接触が安定して維持できる最低限の圧力であり、非常に弱い圧力で挟むものである。

【0025】

図 22 に、葉の硬さ（横軸）と、測定時にクリップ部 20 の可動部 25 の先端 25a で葉を挟む際の適切な加重（縦軸）との関係について示す。ここでは、図 3 に示した第 1 電極 23 の外形形状を直径 5mm の円形状電極とした場合の例である。

ミカン、洋ランのように葉が硬い植物の場合、葉の形状を一定に保とうとするために、電極を葉に馴染ませないと安定した計測が困難である。そのため、葉が硬いグループではグリップ部 20 の可動部 25 の先端 25a に加わる加重を比較的大きくする。具体的には、図 22 に示すように、加重を約 200N としたことで、安定した計測が行える。

これに対して、葉が柔らかいグループに属するカボチャ、ハツカダイコン、トマト、キク、ハウレンソウ等の植物では葉にダメージを与えるので、グリップ部 20 の可動部 25 の先端 25a に加わる加重を比較的小さくする。具体的には、図 22 に示すように、加重を約 100N としたことで、安定した計測が行える。

また、図 22 に示すように、カーネーションやバラのように、葉が硬いグループと柔らかいグループのほぼ中間に属する植物の場合には、加重を約 150N としたことで、安定した計測が行える。

【0026】

植物の成長状態に応じて適切な加重の値が変更になる可能性がある。すなわち、柔らかい新芽の場合に適切であった加重が、成長して加重が低すぎてしまうということが

10

20

30

40

50

あり得る。適切な加重であるか否かを確認するためには、複数回測定を繰り返し、測定値が正規分布になるか否かを検証すれば良い。適切な加重であれば測定値は正規分布するが、加重が不適切である場合には測定値は正規分布より外れることから、適正な圧力かどうかは容易に判断することが可能である。電極形状が異なると適切な加重は変化するが、同様に複数回数測定を繰り返してその分布が正規分布であれば、適切な加重であると判断して良い。

【 0 0 2 7 】

なお、図 4 の例では、2 つの電極の間を、波打った曲線形状としたが、例えば図 6 に示すように、単なる円形状で、2 つの電極の縁部が対向する形状としてもよい。

即ち、図 6 に示すように、底板部 2 1 上に 2 つの電極 2 2 , 2 3 を配置する。ここで、内側の電極 2 2 の外周の縁部 2 2 a を円形とし、さらに外側の電極 2 3 の内周の縁部 2 3 a についても円形として、2 つの電極の隙間が円形でほぼ一定間隔で対向するようにしてもよい。或いは、一定間隔でない形状としてもよい。

【 0 0 2 8 】

次に、図 7 のフローチャートを参照して、植物の測定処理例を説明する。

まず、図 5 に示したように測定したい植物をクリップ部 2 0 で挟んだ状態で、測定装置 1 0 の操作部 1 6 として用意されたボタンなどを押して、測定開始の操作を行う。測定装置 1 0 内では、この測定開始操作があるか否かが判断し（ステップ S 1 1 ）、測定開始操作があると、クリップ部 2 0 の電極 2 2 , 2 3 を介した電圧の印加を開始させる（ステップ S 1 2 ）。

電圧の印加が開始されると、測定装置 1 0 内では、測定される値が立ち上がっているか判断して、ある値まで立ち上がった段階で測定の開始であると判断し、その測定開始と判断した経過時間が、予め決められた所定時間 t_1 となったか否かが判断する（ステップ S 1 3 ）。この所定時間としては、例えば 5 秒や 1 0 秒などの、測定値が安定する時間で、かつ比較的短い時間を選定するのが好ましい。

【 0 0 2 9 】

測定開始からこの所定時間 t_1 が経過したと判断すると、そのときの比誘電率（ C ）と伝導率（ R ）とを測定部 1 7 で取り込む（ステップ S 1 4 ）。測定値を取り込むと、取り込んだ測定値を使用して、表示用のデータを演算で算出し、その算出されたデータを、メモリ 1 4 に記憶させると同時に、表示部 1 5 に表示させる（ステップ S 1 5 ）。

また、測定装置 1 0 にパーソナルコンピュータ装置などの別体のデータ処理装置が接続されている場合には、その算出されたデータやメモリ 1 4 に記憶されたデータを出力して、データ処理装置に供給する。

【 0 0 3 0 】

ここで、図 7 のフローチャートに示した電圧印加開始から測定するまでの時間 t_1 の設定について、図 8 を参照して説明する。

図 8 は、特定の植物（トマトの苗の葉）をクリップ部 2 0 で挟んだ状態で、その挟んだ状態で高周波信号の印加を続けた状態で、連続して比誘電率（ C ）と伝導率（ R ）を測定した際の変化例を示したものである。横軸の経過時間は秒である。

図 8 に示した例で、黒丸で示した比誘電率 C_1 と伝導率 R_1 は、ストレスを与えていない植物の特性値の例であり、白丸で示した比誘電率 C_2 と伝導率 R_2 は、ストレスを与えた植物の特性値の例である。ストレスそのものについては、具体的な実験例を後述する際に例を説明する。

【 0 0 3 1 】

この図 8 を見ると判るように、高周波信号の印加を開始してからの経過時間で、それぞれの値が変化する。従って、信号印加開始から一定の時間 t_1 が経過したタイミングで、比誘電率（ C ）と伝導率（ R ）を測定することで、常時一定の条件で測定が可能となる。

例えば、図 8 の例では、時間 t_1 として、5 秒や 1 0 秒などの時間に設定することで、ストレスありの特性値とストレスなしの特性値を明確に区別することができる。

但し、図 8 に示すように測定値が安定するまでの時間は、植物体をクリップ部 2 0 で挟

10

20

30

40

50

む際の、その挟む圧力と関係があり、圧力が高いほど短時間で安定し、圧力が弱いほど時間がかかるとともにその測定値の安定性に影響する。従って、クリップ部 20 で植物体を挟む際の圧力を決める際には、クリップ部 20 で植物体を挟むことで、その植物体に与えるダメージを最小限にした上で、5 秒や 10 秒程度のように比較的短い時間で安定する圧力を選定するのが好ましい。

【0032】

図 8 では、葉の形状が電極の形状に沿って変形していく数十秒程度までの比較的短い時間での変化例を示したが、ストレスを与えたあと数時間に渡って植物の適応応答を測定した状態としては、例えば図 9 に示す状態となる。図 9 では、ストレスを与えてから 300 分間の変化を示したものである。

図 9 の例は、ほうれん草の出力値の経時変化を示したもので、ストレスを与えていない状態の例（比誘電率 C_1 , 伝導率 R_1 ）と、 0.1 mol/L の濃度の塩化ナトリウム（ NaCl ）によるストレスを与えた状態の例（比誘電率 C_2 , 伝導率 R_2 ）を示している。このようにほうれん草の場合には、ストレスありとストレスなしとで、図 8 の場合とは逆に、ストレスありのものの方が比誘電率と伝導率の双方ともに高くなっている。そして、経時変化としては、ストレスを与えてから 1 時間以内では、ストレスなしのものより比較的高い値が測定され、1 時間以上経過した後は、ストレスなしのものより若干高い程度の値が測定される状態となっている。

この図 8 から判るように、ストレスがある状態を良好に判定できる適正な測定時間は、測定する植物体の種類や状態（葉の厚さや表面の状態など）により異なる。また図 9 から、測定の結果得られる変化状態も植物体の種類やストレスの種類により全く異なり、それぞれの植物体で、どの程度の時間で測定して、どのような状態がストレスありで、どのような状態がストレスなしであるのか、該当する植物体で予め試験を行って判っている必要がある。

【0033】

次に、本実施の形態による測定装置 10 とクリップ部 20 を用意して、植物のストレスありの状態と、ストレスなしの状態を、長期間に亘って測定した例を、図 10 以降を参照して説明する。以下に説明する各測定例での 1 回の測定は、それぞれ図 7 のフローチャートに示した処理で測定した結果である。

【0034】

まず、植物としてトマトの苗を用意して栽培（水耕栽培）し、そのトマトの苗に対して、塩化ナトリウム（ NaCl ）を含んだ液肥を与えたものを、ここではストレスありとし、塩化ナトリウムを加えていない液肥を与えたもの（ストレスなし）と比較したのが、図 10 ~ 図 15 である。

図 10 は、比誘電率（ C ）と伝導率（ R ）をそのまま示した特性図であり、横軸は特性 C_{11} , C_{12} , C_{13} が比誘電率であり、特性 R_{11} , R_{12} , R_{13} が伝導率である。

図 10 において、黒丸でプロットした比誘電率 C_{11} 及び伝導率 R_{11} が、ストレスなしの特性であり、一重の白丸でプロットした比誘電率 C_{12} 及び伝導率 R_{12} が、 0.1 mol/L の濃度の塩化ナトリウムをストレスとして与えて、栽培した場合の特性であり、二重の白丸でプロットした比誘電率 C_{13} 及び伝導率 R_{13} が、 0.2 mol/L の濃度の塩化ナトリウムをストレスとして与えて、栽培した場合の特性である。但し、塩化ナトリウムによるストレスを選択的に与える期間は、6 日目から 12 日目までとしてあり、さらに 18 日目から 21 日目までは、すべての苗に対して、 0.1 mol/L の濃度の塩化ナトリウムをストレスとして与えてある。

各特性は、それぞれ第 9 枝（即ち下から 9 番目の枝）の葉を測定した例であり、2 本の苗の平均値としてある。

【0035】

この図 10 の例に示されるように、ストレスを与えてない特性 C_{11} , R_{11} の場合には、値の変化が少ないが、 0.1 mol/L の濃度の塩化ナトリウムをストレスとして与

10

20

30

40

50

えた特性C12, R12と、0.2mol/Lの濃度の塩化ナトリウムをストレスとして与えた特性C13, R13の場合には、ストレスを与え始めた直後に、大幅にそれぞれの値が低下している。

図10の例では、比較的弱いストレスである、0.1mol/Lの濃度の塩化ナトリウムをストレスとして与えた特性C12, R12の場合には、各値が低下した後、日が経過するに従って値が元に戻っていることが判る。ストレスを加えない状態に戻した場合には、ストレスなしの特性とほとんど同じに戻っている。

一方、比較的強いストレスである、0.2mol/Lの濃度の塩化ナトリウムをストレスとして与えた特性C13, R13の場合には、ストレスを与え続ける限り、ほとんど値が低下したままで復活せず、ストレスがない状態に戻しても、そのままの落ち込んだ特性である。

10

【0036】

図11は、図10の各特性を、伝導率(R)を比誘電率(C)で割った値(R/C)として示したものである。値R/C11は、図10の特性C11, R11から求めた値であり、値R/C12は、図10の特性C12, R12から求めた値であり、値R/C13は、図10の特性C13, R13から求めた値である。この図11に示すように、伝導率(R)と比誘電率(C)を、1つの値として示すことでも、ストレスありの状態と、ストレスなしの状態を、演算結果から識別することができる。

【0037】

図12は、図10の各特性を、伝導率(R)と比誘電率(C)を乗算して、平方根をとった値(CR)として示したものである。値(CR)11は、図10の特性C11, R11から求めた値であり、値(CR)12は、図10の特性C12, R12から求めた値であり、値(CR)13は、図10の特性C13, R13から求めた値である。この図12に示すように、伝導率(R)と比誘電率(C)を、1つの値として示すことでも、ストレスありの状態と、ストレスなしの状態を、演算結果から識別することができる。

20

【0038】

図13は、図10に示すように測定された伝導率(R)と比誘電率(C)の各特性のトマト苗の葉部の特性の分布を、ストレス付与前について、縦軸を伝導率(R)、横軸を比誘電率(C)として示したものである。この図13に示すように、ストレス付与前の場合には、どの例のものもほぼ同じ分布状態である。

30

これに対して、ストレス付与後の同じ測定値の分布を示したのが図14である。この図14に示すように、ストレスなしのものと、0.1mol/Lの濃度の塩化ナトリウムをストレスとして与えた特性と、0.2mol/Lの濃度の塩化ナトリウムをストレスとして与えた特性とで、それぞれ図中に囲って示すように、それぞれ異なる範囲に分布していることが判る。

【0039】

さらに、ストレスを除去した後の同じ測定値の分布を示したのが図15である。この図15に示すように、ストレスなしのものと、0.1mol/Lの濃度の塩化ナトリウムをストレスとして与えた特性と、0.2mol/Lの濃度の塩化ナトリウムをストレスとして与えた特性とで、それぞれ図中に囲って示すように、それぞれ異なる範囲に分布していることが判り、図14の例と同様に、ストレス有無が判る。

40

このように、図14に示すように、ストレスが与えられた状況とそうでない状況とが本例の測定結果から判るだけでなく、図15に示すように、ストレスを除去した後でも、過去にストレスがあったか否かが本例の測定結果から判るようになる。この例では塩化ナトリウムによるストレスの履歴が判るので、実際の植物の栽培に適用することで、塩害によるストレス履歴を判定(推定)できるようになる。

【0040】

図16~図21は、液肥の濃度を、通常濃度で栽培した例をストレスなしとしてあり、通常濃度の5倍の液肥を与えた例と、10倍の液肥を与えた例をストレスありとしてある。

50

図 1 6 は、測定された比誘電率 (C) と伝導率 (R) をそのまま示した特性図であり、横軸は特性 C 3 1, C 3 2, C 4 3 が比誘電率であり、特性 R 3 1, R 3 2, R 3 3 が伝導率である。

図 1 6 において、黒丸でプロットした比誘電率 C 3 1 及び伝導率 R 3 1 が、通常濃度で栽培したストレスなしの特性であり、一重の白丸でプロットした比誘電率 C 3 2 及び伝導率 R 3 2 が、5 倍の液肥をストレスとして与えて栽培した場合の特性であり、二重の白丸でプロットした比誘電率 C 3 3 及び伝導率 R 3 3 が、10 倍の液肥をストレスとして与えて栽培した場合の特性である。但し、液肥の濃度を変えてストレスを与える期間は、8 日目から 14 日目までとしてあり、その他の期間はすべて通常の濃度の液肥を与えてある。

各特性は、それぞれ第 9 枝 (即ち下から 9 番目の枝) の葉を測定した例であり、2 本の苗の平均値としてある。

【 0 0 4 1 】

この図 1 6 の例に示されるように、ストレスを与えてない特性 C 3 1, R 3 1 の場合には、値の変化が少ないが、5 倍の液肥をストレスとして与えた特性 C 3 2, R 3 2 と、10 倍の液肥をストレスとして与えた特性 C 3 3, R 3 3 の場合には、ストレスを与えることで、そのストレスを与えた直後から特性値が大きく低下している。その後、ストレスを与え続けると、徐々に特性値が元に戻っていくが、ストレスを除いた後でも、若干の特性値の低下がある。

図 1 7 は、図 1 6 の各特性を、伝導率 (R) を比誘電率 (C) で割った値 (R/C) として示したものである。値 R/C 3 1 は、図 1 6 の特性 C 3 1, R 3 1 から求めた値であり、値 R/C 3 2 は、図 1 6 の特性 C 3 2, R 3 2 から求めた値であり、値 R/C 3 3 は、図 1 6 の特性 C 3 3, R 3 3 から求めた値である。

図 1 8 は、図 1 6 の各特性を、伝導率 (R) と比誘電率 (C) を乗算して、平方根をとった値 (\sqrt{CR}) として示したものである。値 (\sqrt{CR}) 3 1 は、図 1 6 の特性 C 3 1, R 3 1 から求めた値であり、値 (\sqrt{CR}) 3 2 は、図 1 6 の特性 C 3 2, R 3 2 から求めた値であり、値 (\sqrt{CR}) 3 3 は、図 1 6 の特性 C 3 3, R 3 3 から求めた値である。この図 1 8 に示すように、伝導率 (R) と比誘電率 (C) を、1 つの値として示すことでも、ストレスありの状態と、ストレスなしの状態を、演算結果から識別することができる。

【 0 0 4 2 】

図 1 9 は、図 1 6 に示すように測定された伝導率 (R) と比誘電率 (C) の各特性のトマト苗の葉部の特性の分布を、ストレス付与前について、縦軸を伝導率 (R)、横軸を比誘電率 (C) として示したものである。このようにストレス付与前の特性分布については、どの例でもほぼ同じである。

これに対して、ストレス付与後の同じ測定値の分布を示したのが図 2 0 である。この図 2 0 に示すように、ストレスなしのものと、5 倍の液肥をストレスとして与えた特性と、10 倍の液肥をストレスとして与えた特性とで、それぞれ図中に囲って示すように、それぞれ異なる範囲に分布していることが判る。

さらに、ストレスを除去した後の同じ測定値の分布を示したのが図 2 1 である。この図 2 1 に示すように、ストレスなしのものの特性と、5 倍の液肥をストレスとして与えた特性と、10 倍の液肥をストレスとして与えた特性についても、ストレスを与える前から比較すると、それぞれ分布範囲が若干異なることが判る。

【 0 0 4 3 】

以上説明したように、本実施の形態による測定装置で測定を行うことで、植物体に対してストレスが与えられているか否かを測定することができると共に、ストレス除去後にも、過去にストレスが加わったか否かを測定することができ、植物の生育中のストレスの付与状態や、過去のストレスの付与の有無が測定できる。このように植物に対して加わったストレスを測定できることで、その植物の現在の生育状態が適正か否か、栽培している者に容易に判断できるようになる。例えば、果物や野菜などの場合には、種類によっては果実を甘くするために適度のストレスを与えた方が好ましい場合があるが、そのようなことも本実施の形態による測定装置によると正確に判断できるようになる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

特に本実施の形態によると、図 3 などに示した構成のクリップ部 20 を用意して、そのクリップ部 20 に設けた電極 22, 23 で植物体に高周波信号を印加して、その特性を測定するようにしたので、安定した良好な特性測定が可能である。即ち、測定物としての植物の一方の面と接触する 2 つの電極 22, 23 の隙間を、曲線を持って波打った形状としたことで、被測定対象である異方性を持っている植物体を挟んだ位置が、1 回ごとに多少異なる位置であっても、電極形状によって植物体を挟む位置が、毎回正確に同じ位置でなくても、ほぼ均一な状態で植物体に対して電圧を印加することができ、ばらつきの少ない非常に良好な測定結果が得られる。

なお、図 3 などに示した 2 つの電極 22, 23 の形状は、一例を示したものであり、同様な効果が得られる電極形状であれば、その他の形状であってもよい。

10

【 0 0 4 5 】

また、上述した実施の形態で説明した例では、生育中の植物に対して与えたストレスに対する測定を行う例としたが、例えば、収穫した野菜や切花などに対して、輸送や保管する際に加わったストレスの有無を、測定することもできる。

【 0 0 4 6 】

また、測定結果の表示や出力としては、測定された伝導率 (R) と比誘電率 (C) の値をそのまま表示させる他に、これらの値を演算して得た上述した各値を表示させるようにすればよいが、その表示形態としては、測定値や演算値そのものを表示させる他に、過去の値と比較した表示を行うようにしたり、測定値や演算値の傾向を表示させるなど、種々の表示形態 (出力形態) が適用可能である。例えば、図 10 から図 15 などに示した過去からの傾向を示すグラフのようにして表示させてもよい。

20

【 0 0 4 7 】

また、上述した実施の形態では、伝導率 (R) と比誘電率 (C) の双方を測定するようにしたが、いずれか一方の測定を行うようにしてもよい。或いは、その他の電気的特性を測定するようにしてもよい。

【 0 0 4 8 】

さらに、上述したように各測定結果をそのまま表示させるのではなく、例えば様々な種類の植物体の様々な外的ストレス適応応答反応の測定パターンを、この測定装置がデータベースとして持つようにして、測定装置で測定する植物やストレスの種類などを選択することで、その選択された状態に対するデータベースと測定装置内で比較して、ストレスのない状態か、或いはストレスのある状態かを判定して、その判定結果そのものを表示などで告知するようにしてもよい。

30

このストレスの有無やそのストレスの程度などの判定については、例えば測定装置をパーソナルコンピュータ装置に接続して、その接続されたパーソナルコンピュータ装置に測定データを送り、パーソナルコンピュータ装置側で行うようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 9 】

【図 1】本発明の一実施の形態による全体構成例を示す説明図である。

【図 2】本発明の一実施の形態による装置構成例を示すブロック図である。

40

【図 3】本発明の一実施の形態によるクリップ部の構成例を示す斜視図である。

【図 4】図 3 の電極部を拡大して示す一部破断拡大図である。

【図 5】本発明の一実施の形態によるクリップ部で植物体を挟んだ状態の例を示す説明図である。

【図 6】図 3 の電極部の形状の変形例を示す一部破断拡大図である。

【図 7】本発明の一実施の形態による測定処理例を示すフローチャートである。

【図 8】本発明の一実施の形態による測定時間による変化例 (数十秒での変化例) を示す特性図である。

【図 9】本発明の一実施の形態による測定時間による変化例 (数時間での変化例) を示す特性図である。

50

【図 1 0】本発明の一実施の形態による測定例（塩化ナトリウムを与えた場合のトマト葉部の出力 C の経日変化例）を示す特性図である。

【図 1 1】本発明の一実施の形態による測定例（塩化ナトリウムを与えた場合のトマト葉部の出力 R / C の経日変化例）を示す特性図である。

【図 1 2】本発明の一実施の形態による測定例（塩化ナトリウムを与えた場合のトマト葉部の出力 R / C の経日変化例）を示す特性図である。

【図 1 3】本発明の一実施の形態による測定例（ストレス付与前の出力 R の例）を示す特性図である。

【図 1 4】本発明の一実施の形態による測定例（ストレス付与後の出力 R の例）を示す特性図である。

10

【図 1 5】本発明の一実施の形態による測定例（ストレス除去後の出力 R の例）を示す特性図である。

【図 1 6】本発明の一実施の形態による測定例（液肥濃度ストレスによるトマト葉部の出力 C の経日変化例）を示す特性図である。

【図 1 7】本発明の一実施の形態による測定例（液肥濃度ストレスによるトマト葉部の出力 R / C の経日変化例）を示す特性図である。

【図 1 8】本発明の一実施の形態による測定例（液肥濃度ストレスによるトマト葉部の出力 R / C の経日変化例）を示す特性図である。

【図 1 9】本発明の一実施の形態による測定例（ストレス付与前の出力 R の例）を示す特性図である。

20

【図 2 0】本発明の一実施の形態による測定例（ストレス付与後の出力 R の例）を示す特性図である。

【図 2 1】本発明の一実施の形態による測定例（ストレス除去後の出力 R の例）を示す特性図である。

【図 2 2】本発明の一実施の形態による植物の種類とクリップ部の最適加重の関係の例を示す特性図である。

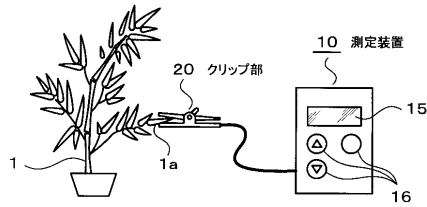
【符号の説明】

【 0 0 5 0 】

1 ... 植物、1 a ... 葉部、1 0 ... 測定装置、1 1 ... 印加信号発生部、1 2 ... 電源、1 3 ... 演算部、1 4 ... メモリ、1 5 ... 表示部、1 6 ... 操作部、1 7 ... 電気特性測定部、2 0 ... クリップ部、2 1 ... 底板部、2 1 a ... 先端、2 2 ... 第 1 電極、2 2 a ... 電極縁部、2 3 ... 第 2 電極、2 3 a ... 電極縁部、2 4 ... 軸部、2 5 ... 可動部、2 5 a ... 先端、2 6 ... 押さえ部材、2 7 ... レバー

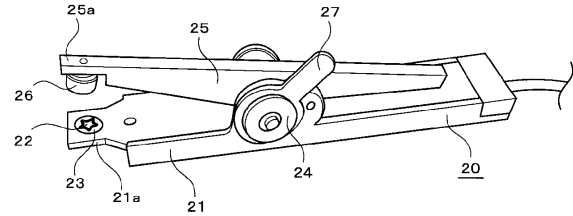
30

【図 1】



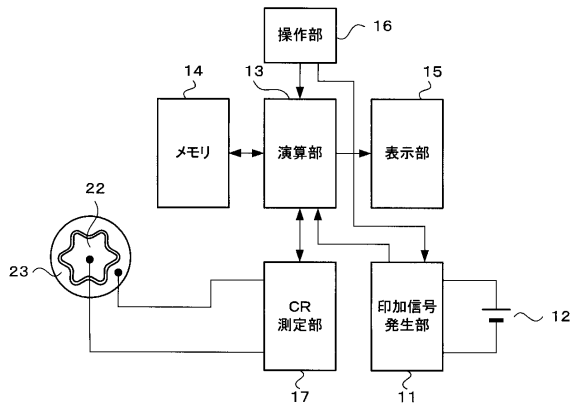
全体構成例

【図 3】

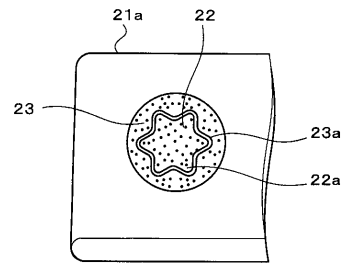


クリップ部の構成例

【図 2】

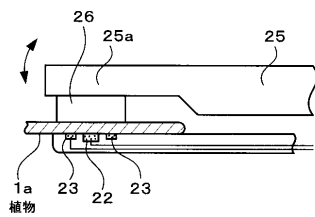


【図 4】



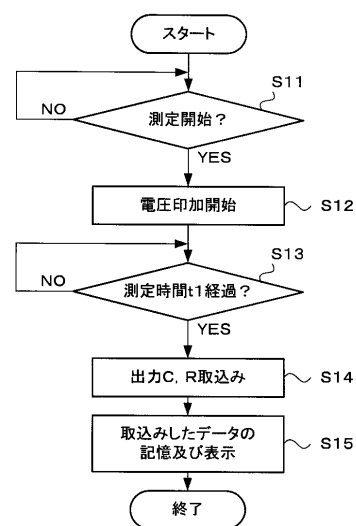
電極部の構成例

【図 5】



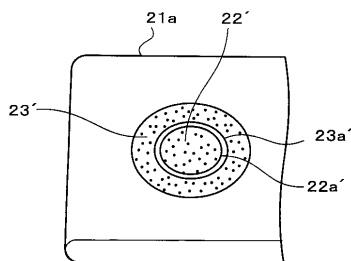
クリップ部で挟んだ状態の例

【図 7】



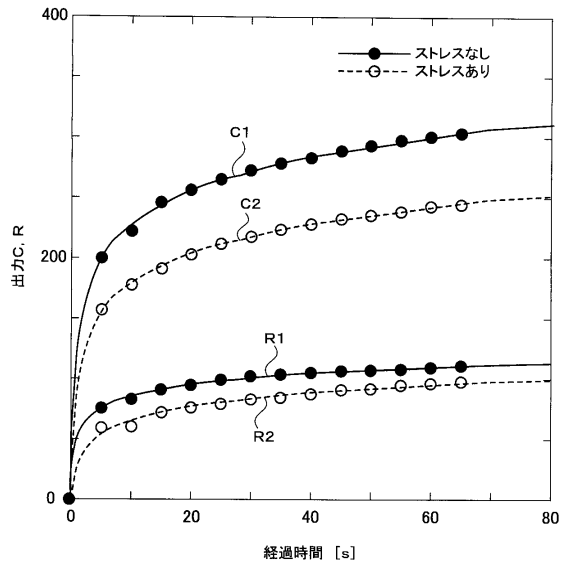
測定処理例

【図 6】



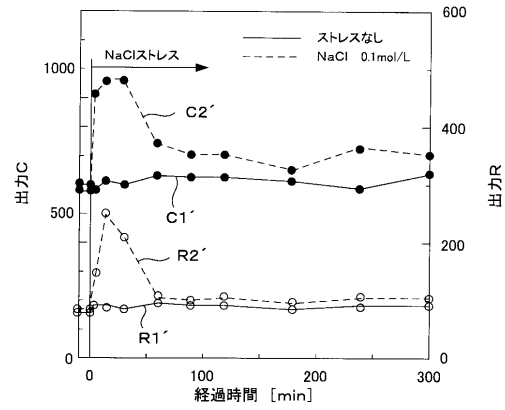
電極部の他の例

【図 8】



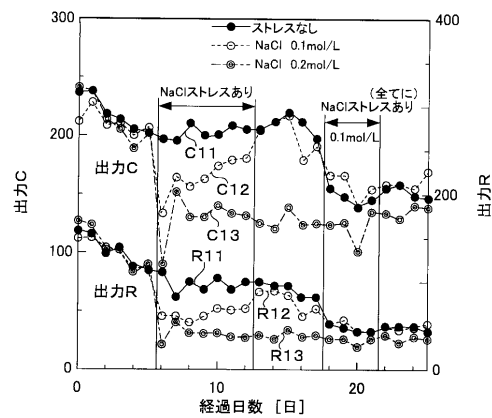
測定時間による変化例

【図 9】



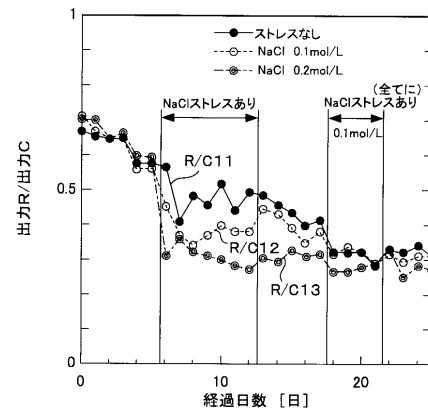
NaClストレスによるホウレンソウの出力値の経時変化

【図 10】



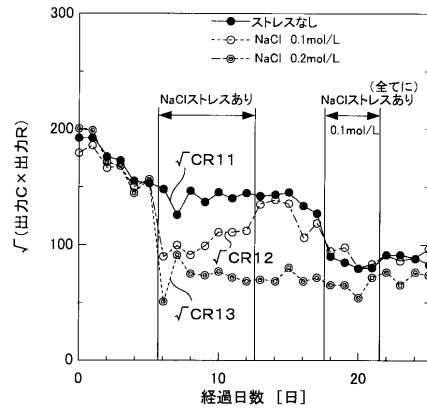
NaClストレスによるトマト葉部のセンサ出力の経日変化

【図 11】

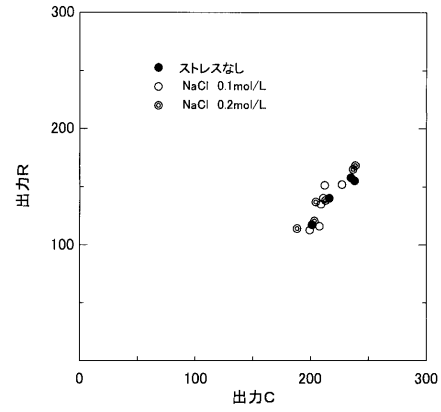


NaClストレスによるトマト葉部のセンサ出力(R/C)の経日変化

【図 12】

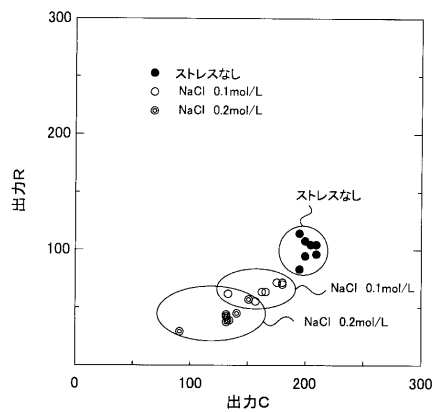
NaClストレスによるトマト葉部のセンサ出力(\sqrt{CR})の経日変化

【図 13】



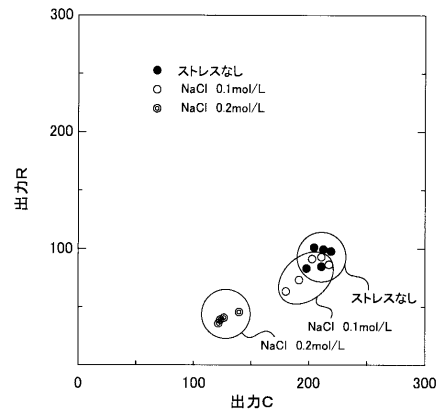
NaClストレス負荷前のトマト葉部のセンサ出力

【図 14】



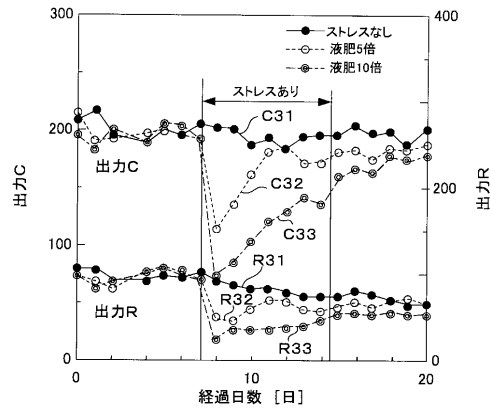
NaClストレス負荷時のトマト葉部のセンサ出力

【図 15】



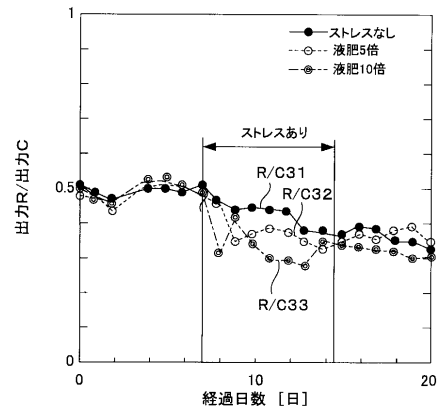
NaClストレス除去後のトマト葉部のセンサ出力

【図 16】



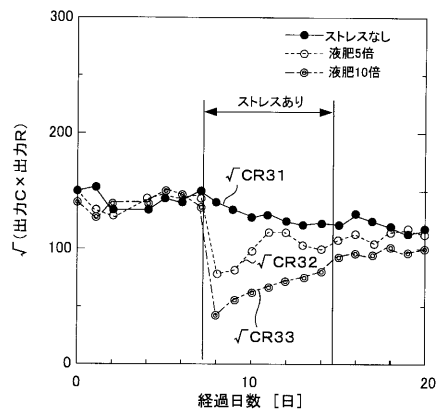
液肥濃度ストレスによるトマト葉部のセンサ出力の経日変化

【図 17】



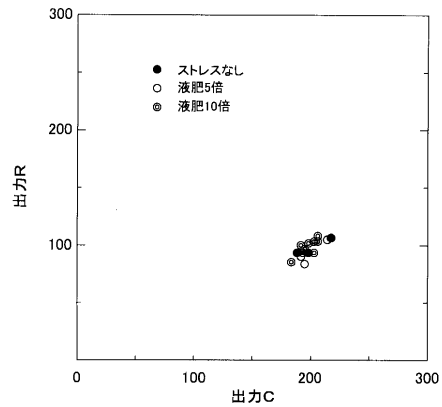
液肥濃度ストレスによるトマト葉部のセンサ出力(R/C)の経日変化

【図 18】



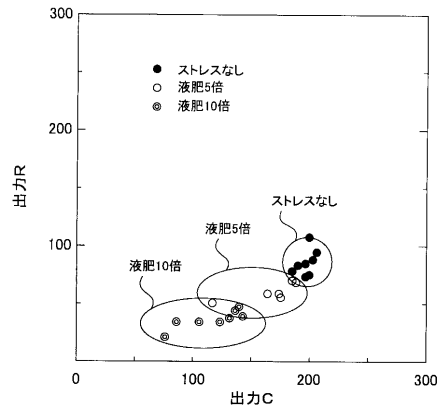
液肥濃度ストレスによるトマト葉部のセンサ出力(√CR)の経日変化

【図 19】



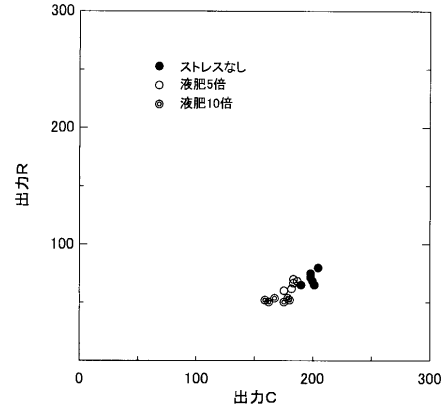
液肥濃度ストレス負荷前のトマト葉部のセンサ出力

【図 20】



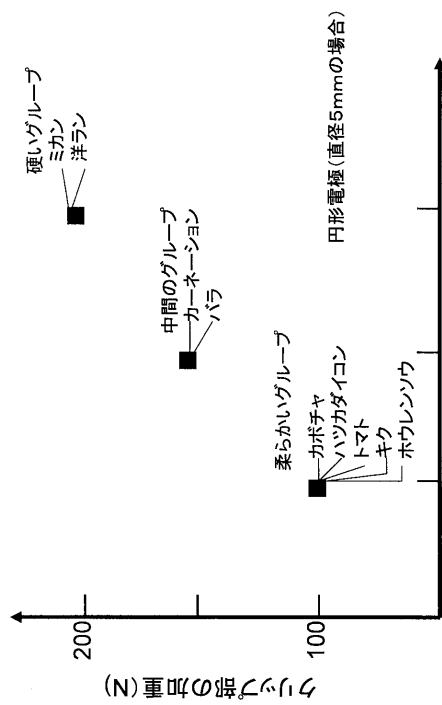
液肥濃度ストレス負荷時のトマト葉部のセンサ出力

【図 21】



液肥濃度ストレス除去後のトマト葉部のセンサ出力

【図 22】



測定対象とする植物の葉の硬さ

測定対象とする植物とクリップ部の最適加重との関係

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平10-215683(JP,A)
特開平09-056258(JP,A)
特開2006-067954(JP,A)
特開2002-156351(JP,A)
実開昭63-137694(JP,U)
特開平10-325821(JP,A)
特開平11-056101(JP,A)
実開平06-053970(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A01G	7/00
G01N	27/00 - 27/30