

同期検波による植物生体内水分測定法

鹿野快夫*・長谷部信也*・嶋村俊樹**・大政謙次***

*東京農工大学工学部・**同、現在日本電気株式会社・***国立公害研究所

Measurement of Water Content in Living Plant
by Phase Sensitive DetectorYoshio KANO,* Shinya HASEBE,* Toshiki SHIMAMURA**
and Kenji OHMASA****Faculty of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology,
Koganei 184, Japan

**The same above (NEC now)

***The National Institute for Environmental Studies,
Tukuba 305, Japan

It is important to measure water content for analyzing plant physiology and controlling plant growth. There are some reports about measurement of it. They are the capacitance method that detects change of capacitance between two electrodes on a stem in proportion to the change of amount of water in a stem.

It is tried to measure the capacitance between the two electrodes on a stem by the easy electric circuit using the phase sensitive detector with analog switches and IC operational amplifier. The output voltage of this electric circuit is in good proportion to the change of the known capacitance and shows the response of water content in the stem of the poinsettia with vibration to sudden switching on and off of light like step-function.

(Received February 2, 1988)

1988年2月2日受付

緒言

植物の生理現象の測定は、生長の解析および制御に重要である。植物生体内水分(以後 WC)の測定は、光合成にかかわることであるから重要な測定の一つである。非破壊的な WC 測定としては茎部分に電極を取り付け、電極間静電容量として測定した例がある^{1,2)}。

過去の電極間静電容量を測定した例は、当時の技術としては高度であるが、やや複雑な不安定な方法である。ここに、茎部分に電極を取り付け、WC を電極間静電容量として IC を使用した同期検波により、比較的簡単に測定する方法を試作し、連続測定したので報告する。

試作測定電極と回路の概要

測定用電極は、Fig. 1 (a), (b) に示すように、茎に 2

枚の電極を巻き付けたもので、(b) の電極は螺旋状に巻き付け容量を大きくしたものである。電極間の等価回路は Fig. 2 のようになるが、 C_1 を水による静電容量、 C_2 を木質などによる静電容量、 R を導電性成分とみなせる。水の比誘電率は約 80 と他の物質に比べて大きく、茎内の水分比率も大きいので $C_1 \gg C_2$ となるので、 C_2 を無視して、電極間インピーダンス $Z_1 = R/(1+j\omega C_1 R)$ のうち静電容量項を測定することにより、茎内 WC の相対的变化の測定が可能である。

測定回路のブロック図を Fig. 3 に示す。O.S.C. から出力される交流電圧(本試作器では 3 kHz)を Fig. 1 の電極に印加し、増幅器に入力する。増幅器の入力電流 i は、増幅器の - 入力端子は仮想接地電位であるから、 Z_i を入力インピーダンスとすると

$$i = V_{osc}/Z_i = V_{osc}(1+j\omega CR)/R$$

増幅器の出力 V_o は、 $V_o = iR_f$ となるので、 V_o の虚数

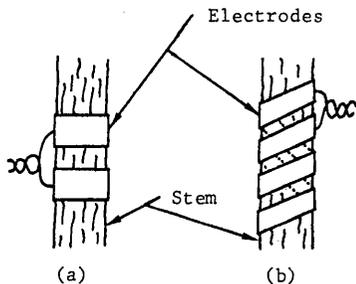


Fig. 1 Electrodes of the stem capacitance method (a) general type (b) spiral type.

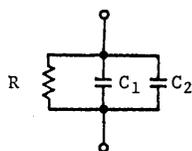
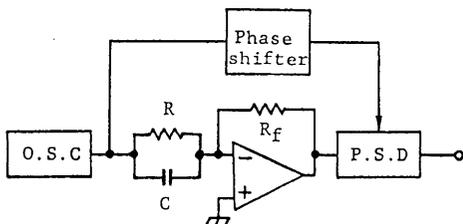


Fig. 2 Equivalent circuit of electrodes.



P.S.D: Phase synchronous detector

Fig. 3 Block diagram of measuring circuit.

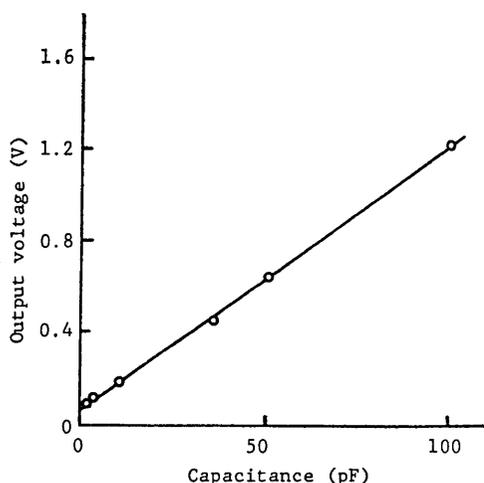


Fig. 4 Characteristics of output voltage of the capacitance meter.

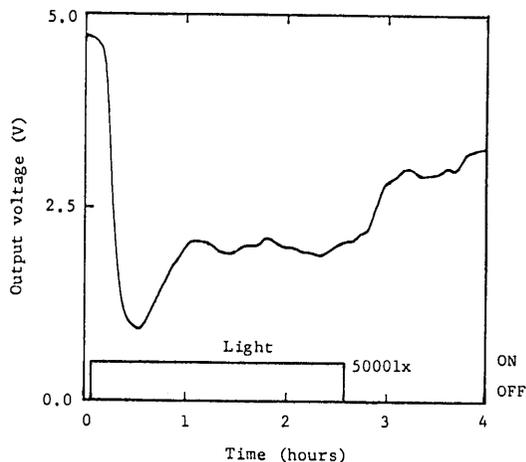


Fig. 5 The change of water-content in stem of a poinsettia.

部分 $\mathcal{I}V_0 =$ をとると、

$$\mathcal{I}V_0 = V_{osc} \omega C R_f$$

となり、 $\mathcal{I}V_0$ は C に比例する。よって、電極以外の増幅器、リード線などにより生ずる位相を Phase Shifter で調節して消去し、P.S.D. を制御して $\mathcal{I}V_0$ のみを増幅器出力電圧 E_0 とする。

測定結果

既知の静電容量で静電容量 - 出力電圧特性を測定したところ Fig. 4 に示すようによい直線性が得られた。また、応用例の一つとして、草丈約 70 cm のポインセチアの地上高約 10 cm、茎径約 9 mm のところに幅 10 mm の電極を 3 mm の間隔をとって一巻きし、照度 5000 lx の光源を ON-OFF したときの C の変化を測定した結果を Fig. 5 に示す。光照射により葉からの蒸散が活発になり、茎内 WC が振動を伴い減少している様子がよく測定されている。この方法は他の静電容量測定、WC のシミュレーションなどに有効と考えられる。

文 献

- 1) 岩尾憲三・松田兼三. 1981. 茎キャパシタンスの測定法と土壤環境との関係. 土壤の物理性 **43**: 1-13.
- 2) 橋本 康・一条文二郎・佐野真一・為積良朗. 1976. 植物の生態情報の電子的測定. 計測自動制御学会論文集 **12**: 440-446.