

植物生体内水分の電子的計測

橋本 康*・一条文二郎**・野中金造***
大政謙次*・船田 周*

愛媛大学農学部農業工学科*
浜松衛生短期大学**
精密電子研究所***

1974年4月23日受付

§1. はじめに

最近ファイトトロンと植物からなる系のうち、特に植物を制御の閉回路に含めた一つの系を対象とした種々の研究が行われている。そしてこの系の物理学的側面、生理学的側面など、いくつかの側面が次第に明確になってきたり、いわゆるファイトトロニクス的发展である。

そこで、本報では物理的側面からこの系の水分の動特性を植物体を破壊せずに検出し、電算機による適応制御や最適制御のインディケータとなる生体情報をうるために、高周波による容量計測に注目し、ファイトトロニクスに供用することを目的として検討した。容量検出により植物の水分量の絶対量を測ることは種々の困難がある。しかし、容量変化 (ΔC_x) が植物体の水分変化と 1:1 対応をなすことが種々の実験から確かめられつつあるので、この点に注目し、この系にとして光や温湿度のステップ、ランプ、ランダムなどの環境変化を与え ΔC_x との関係調べた。他方、重量法による蒸散変化のチェックや高張液その他によるチェックなどから、単なる計測の誤差と考えられる要因を取り除き、光と湿度のに対して植物体の水分量変化の出力が ΔC_x で同定されることが判明したので速報(短報)として報告する。

§2. 計測方法と計測例

本実験で用いた高周波容量計の回路を Fig. 1 に示す。Fig. 1 に示される原理は 3 MHz の高周波で $C(c_x)$, L

¹⁾ Yasushi HASHIMOTO,* Bunjiro ICHIGO,** Kinzo NONAKA,*** Kenji OMASA* and Shu FUNADA*: Electronic Instrumentation of Water Content in Plants.

* Faculty of Agriculture, Ehime University, Matsuyama.

** Hamamatsu Sanitary College, Hamamatsu.

*** Seimitsu Denshi Giken, Tokyo.

同調回路の共振点を取り、この共振点よりのずれ ΔC_x の値を双極管の I_b の値として μA スケールの電流計で読みとり、あるいは記録させるようになっている。なお、温度変化に対するダミーとして e_1 を考慮している。この方式の基本的回路については既に一条¹⁾により各種検討が行われているが、植物では種やステージあるいは日

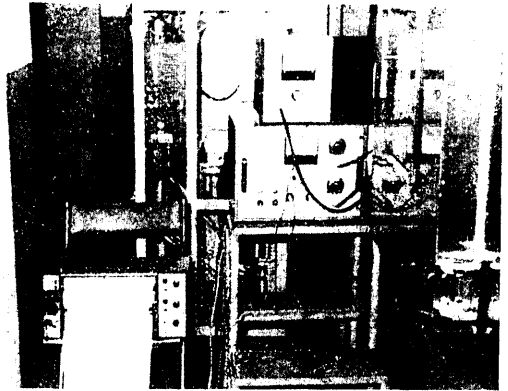


Photo. 1 Moisture instrument system of cucumber-stem by capacitance meter



Photo. 2 Detector of stem-moisture of cucumbers in direct digital controlled growth-cabinet.

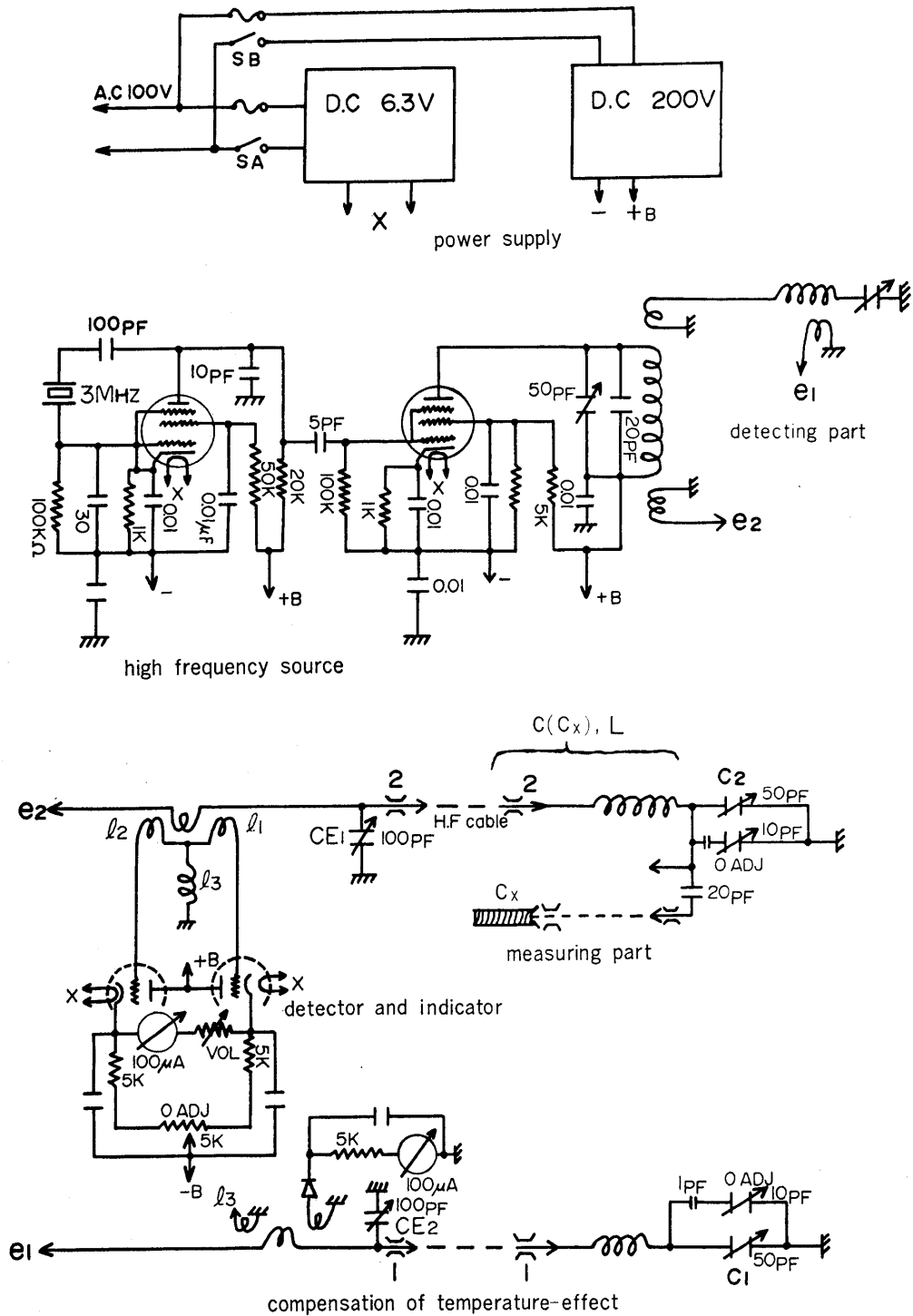


Fig. 1 Electronic circuit of high frequency capacitance meter.

変化によってもその電気的諸量が変わるので、明確な基準は今後の課題である。

Photo. 1 は計測システムであり、Photo. 2 はグロースキャビネット内でキュウリ植物を用いて計測している場面である。

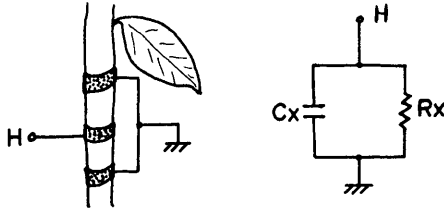


Fig. 2 Measuring part of stem-moisture of cucumber.

Fig. 2 のように、キュウリの茎に銅テープをまきつけ ΔC_x の変化をみる。茎の下部の方から検出される ΔC_x をチャンネル 1 (ch. 1) とし、それから約 20 cm 上方から検出される ΔC_x をチャンネル 2 (ch. 2) と称すると、ch. 1 と ch. 2 でそれぞれ ΔC_x が特性をもつ。

Fig. 3 に入力として 30,000 ルックスの蛍光灯からなるライトのステップ (オン-オフ) を与えた場合の、ch. 1, ch. 2 の ΔC_x の応答を示す。ライトがオフになると蒸散がぶくなり、上方の茎では葉からの水分要求が少なくなるので、 ΔC_x は多少減少する。他方、下部の ΔC_x は根からの吸収のため増加する。次にオンでは蒸散が活発になり上方の茎の水分は増加するが、根本の茎では蒸散速度に根からの吸収速度がおいつけなくなり、おくれ時間のあと ΔC_x は減少する。なお、ch. 1 のオン-オフ

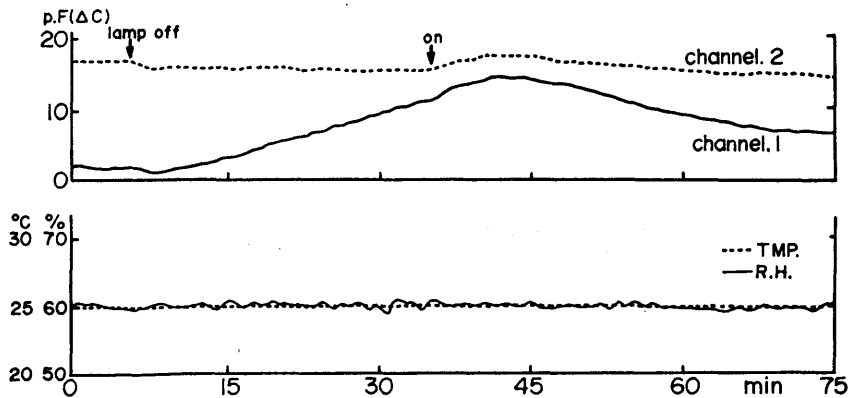


Fig. 3 Moisture output in cucumber-stem by lamp input of growth-cabinet.

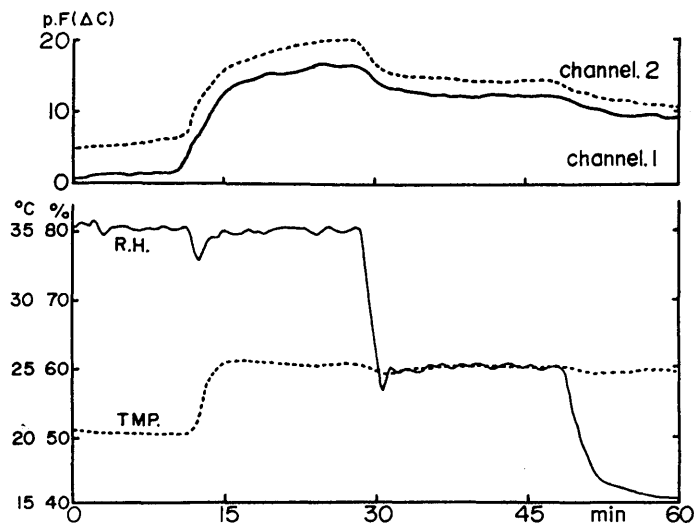


Fig. 4 Moisture output in cucumber-stem by relative humidity input of growth-cabinet.

に伴う約 10 pF の ΔC_x の変化量は重量法による 0.3 g/min の水分量に対応していることが確かめられた。

Fig. 4 に入力として、主として相対湿度をステップ変化させた場合の ch. 1, ch. 2 の ΔC_x の応答を示す。温度 25°C の定常状態で相対湿度 80% RH \rightarrow 60% RH \rightarrow 40% RH とステップさせた場合、それぞれ 5~3 pF の ΔC_x の変動がみとめられた。すなわち、高湿から低湿になるにつれ蒸散が活発になり、その分だけ ch. 1, ch. 2 とも茎の水分が減少したことを示している。

なお、以上、Fig. 3, Fig. 4 はいずれも重量法による蒸散や、植物体を破壊しての茎中の水分移動のチェックと組み合わせて確認したもので、本計測装置からの ΔC_x の値は信頼にたる値である。しかし、温度に関しては ΔC_x の出力と上記のチェックとが相反したが、その原因は、検出端をグロースキャビネットに入れているために生ずる pF オーダーでの抵抗の温度変化による LC 共振への影響であることが判明した。現在その対策をおしすすめている。

§3. あとがき

植物反応制御系の同定を行うため、水分の変動値を高周波容量計で計測する試みを行った。植物が電氣的に単純な特性をもたぬため、一般性をもった計測器の開発には種々の検討を要するが、本実験ではキュウリを用い、従来計測されてない電算機制御用オンライン方式による水分の動特性を計測し、興味ある結果がえられたので報告した。

最後に種々アドバイスしていただいた九州大学生物環境調節研究センター江口弘美博士に感謝します。

文 献

- 1) 松井 健・江口弘美, 1971-1973. 特定研究「生物環境制御」研究報告; 立花一雄, 1971-1973. 同上; 相見靈三ほか, 1971-1973. 同上.
- 2) 一条文二郎, 1973. 電磁気的非接触測定. 計測と制御 12(5): 432-440.

Summary

In this paper, electronic instrumentation of capacitance in high frequency was discussed for phytotronics. This new instrument was designed on higher sensitive and stable circuit (I. B. circuit; Fig. 1) and had 0.001 pF resolution on CL resonance at 3 MHz. Information detected from the circuit was analog current from 0 μ A to 100 μ A and could be useful for telemetry and for on-line computer control. In order to apply this instrument to phytotronics, responses of cucumber plant to light-input, temperature-input and relative-humidity-input were examined in computer-controlled growth-cabinet. Capacitance variations ΔC detected at stem of cucumber plant shown in Fig. 2 were equal to changes of water content in cucumber stem. In this instrumentation, we could measure only relative variations of water content in cucumber stem.

As a result of application of this instrument to phytotronics, the following conclusion were reduced.

(1) ΔC responded of water content in cucumber stem by light-input of 30,000 lux. step was about 10 pF at ch. 1 which was detecting point at lower part of cucumber stem and equal to water changes of 0.3 g/min decreased by transpiration of cucumber plant (Fig. 3).

(2) ΔC responded of water content in cucumber stem by relative-humidity-input of 20% step was about 5 pF (Fig. 4).

(Received April 23, 1974)