植物生体情報の計測手法の開発とその応用に関する研究 (第3報)

植物の成長・肥大の非破壊連続測定法の開発

岩尾 憲三・高野 泰吉*

中部電力電気利用技術研究所・* 名城大学農学部

Studies on Measurements of Plant Physiological Information and
Their Agricultural Applications (No. 3)Development of Non-destructive and Continuous Measurement
of Plant Growth and Swelling

Kenzo Iwao and Taikichi Takano*

*Electrotechnological Applications R&D Center, Chubu Electric Power Co., Inc.,
Nagoya 459, Japan***Faculty of Agriculture, Meijo University, Nagoya 468, Japan*

Various methods have been tried to measure plant growth and swelling. For example, a rule has been used to measure plant elongation and calipers to measure fruit swelling. Recently, many electrical sensors such as differential transformer have been tried in order to use computer for data logging and analysis.

In this report, the non-destructive and continuous measurements are described as following. The measured data will be reported in the following paper.

- (1) Measurement of shoot elongation,
- (2) Measurement of fruit swelling,
- (3) Measurement of leaf development,
- (4) Measurement of flower bud swelling.

(Received January 19, 1989)

1989年1月19日受付

まえがき

植物の成長・肥大を評価するために、古くからさまざまな方法が開発・利用されてきたが、従来、植物の伸長は物差しによって測られ、また茎径および果径の肥大はキャリパーで測定されることが主であった¹⁾。いずれも人手に頼るほかないため連続測定は不可能である。さらに、テコを利用して成長・肥大を連続測定・自記できる方法も考案・実用化されてきたが、測定量を電気量としてとらえる方法以外は精度も低く、コンピュータとの結合は困難である。

近年、工業分野で種々の変位計が開発され、適用場面が拡大されてきたことに伴い、それらを利用した植物の

成長・肥大の連続測定が試みられるようになったと思われる。1973年に、Kadoya ら²⁾はミカンの果径の測定を差動トランスを用いて行った。1974年には、Haung³⁾はやはり差動トランスを用いて芽の伸長と数種の果実の肥大を測定した。1975年には、鴨田ら⁴⁾は差動トランスを用いてトマト、キュウリなどの主茎の伸長ならびに果実の肥大測定を行った。そして、これらの知見をもとに、作物の水管理の評価が多方面で試みられている⁵⁾。

これらの測定法のうち葉身の伸長測定、および花蕾の肥大については連続測定の方法を報告した例は見当たらなかった。本論文では、植物の成長・肥大に関連して、次に示す測定項目についてその方法を述べる。

- ① 芽(主茎)の伸長
- ② 果実(果径)の肥大

③ 葉身の伸長

④ 花蕾の肥大

なお、茎の肥大も重要な項目であるが、その測定方法は第1報⁶⁾ですでに述べたとおりである。

芽の伸長の測定法

1. 測定の原理

茎径や葉の厚み変化のような μm オーダーの測定でなく、数 mm～数 cm のオーダーの変位を電気測定するには、Fig. 1 に示す構成の変位計を用いる。これは第1報で説明したブリッジ回路と基本的には同じ原理であるが、一部をコイルとしている点が異なる。その中に細い円柱状のコアが挿入されている。コアが初期の設定位置から変位するとブリッジの平衡がやぶれる。この不平衡はブリッジの出力電圧として測定・記録されるが、コアの変位と出力電圧が所定の測定範囲内 (5 mm) で比例関係になるように設計される。

第1報で述べたように、ブリッジ回路を利用することにより、温度の影響による誤差を最小にすることができ、ハウス内や自然環境下での測定精度が向上する。

2. 測定装置と方法

芽の伸長の測定は、Fig. 2 に示すように茎頂に近い部分をクリップではさみ、細いワイヤにより滑車を介して変位計の変位コアと連結した。したがって、主茎の伸長量は変位コアの変位量に変換され、測定される。なお、変位計によりカーネーションの伸長を測定している状況を Photo. 1 に示した。この変位計の測定範囲は 0～5 mm で分解能は 0.05 mm である。この変位計は専用のアンプに接続される。その記録出力は最大 2 V (直流) である。記録時は感度を下げ、0～10 mV 打点電圧記録計にて記録した。

茎頂には変位コアの重量 100 g が張力として加わるが、生育の状況は他と比較して違いは認められなかった。

Fig. 1 Principle of displacement detector.
Cr, Core; CL, Coil; e, Output voltage;
E, Electric source.

Fig. 2 Principle of shoot elongation measurement.

Photo. 1 Measuring of shoot elongation (Carnation).

果径の肥大の測定法

果径の肥大を測定するため用いた変位計は、前節で説明した芽の伸長の測定に用いたものと同じである。したがって、原理の説明は省略する。測定は Fig. 3 に示すように、測定対象の果実を変位計の変位コアと、測定位置調整用のネジではさむように工夫し、測定装置を製作した。このようにして、果径の肥大量を変位コアの移動に変換することにより、果径の肥大を連続測定した。なお、

Fig. 3 Principle of fruit swelling measurement.

Photo. 2 Measuring of fruit swelling (Tomato).

Fig. 4 Principle of lamina elongation measurement.

Photo. 3 Measuring of lamina elongation (*Populus nigra*).

トマトの果径肥大の測定状況を Photo. 2 に示す。

葉身の伸長の測定法

葉身の伸長の測定法は Fig. 4 に示すように、果径肥大の測定法を応用したものである。

葉柄をゴムバンドで固定し、葉身の伸長量が変位計の変位コアの移動に変換されるように測定装置を製作し、連続測定した。なお、ポプラの葉身伸長の測定状況を Photo. 3 に示した。

花蕾肥大の測定法

1. 測定の原理

花びらは柔らかく、もろいため、花蕾の肥大測定は非

(a) Principle of measurement of flower bud swelling

(b) Measuring system of flower bud swelling

Fig. 5 Principle and measurement of flower bud swelling.

接触で行う必要があった。そこで、静電容量変化を利用する方法を考案した。測定の原理は次のとおりである。

Fig. 5 (a) のように円筒状の電極の中心に花蕾を挿入する。花蕾は肥大するに従って、円筒に接近する。すなわち、生体と円筒電極とでキャパシタを形成する。花蕾と円筒が接近すれば電極間（生体電極と円筒電極）距離は縮まるので静電容量は増加する。この静電容量の変化は Fig. 5 (b) に示すように、第 1 報第 3 節で述べた静電容量計により測定・記録した。

2. 円筒型花蕾肥大センサの特性

デンドロビウムの花蕾の直径と静電容量および静電容

Fig. 6 Characteristic of sensor for measurement of flower bud swelling.

Photo. 4 Measurement of flower bud swelling (Dendrobium, 1982).

量計の出力電圧の関係を示すと Fig. 6 のとおりであった。直径に対し比例ではないため、絶対量の測定には補正が必要であった。また、植物ごとに花蕾の形状が異なるため、その都度、校正曲線を作る必要がある。

Photo. 4 に実測の状況を示した。

あとがき

本研究は第1報に述べたとおり次に示す課題を想定して、植物の生育や生理機能を非破壊で連続測定する手法について研究を行ったものである。

- ・施設園芸における最適環境条件の解明
- ・植物工場における作物の生育状態の監視・評価
- ・植物に対する大気汚染物質の影響の分析

植物生育のメカニズムを温度、光、水、養分などの条件との関連で基本的に解明すること⁷⁾は非常に困難であることが予想されるが、その第一歩は植物の生育、機能を非破壊で連続測定することと考えられる⁸⁻²¹⁾。

以上の観点から、本論文は第1報、第2報に引き続き、植物の成長・肥大の非破壊連続測定法について研究を行った結果を報告した。これらの測定法を実地に適用した結果については次報で詳細に報告したい。

なお、本論文の投稿にあたり愛媛大学農学部橋本教授より助言をいただいた。ここに謝意を表します。また、本研究を進めるうえで助言をいただいた電力中央研究所関山哲雄博士ならびに平素の支援と協力を賜っている中部電力電気利用技術研究所の関係各位に厚くお礼を申し上げます。

文 献

- 1) 遠藤融郎. 1972. 和梨果実の日肥大周期に関する研究. 京都大学学位論文.
- 2) KADOYA, K. 1973. Studies on the translocation of photosynthates in fruit growth and some environmental conditions. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 42: 215-220.
- 3) HAUNG, B. K. 1974. Electric circumference meter for continuous monitoring of plant and fruit growth. Trans. ASAE 493-495.
- 4) 鴨田福也・内藤文男. 1975. 野菜の光合成及び蒸散に関する研究(2) 作動トランス利用による生長記録装置を用いてのトマト、キュウリなど伸長肥大の測定. 野菜試報告 A2: 33-47.
- 5) 加藤一郎・内藤文男・谷口利策・鴨田福也. 1967. かんがい報知器の試作について(予報). 日本農業気象学会東海支部会誌 15: 15-17.
- 6) 岩尾憲三・高野泰吉. 1988. 植物生体情報の計測手法の開発とその応用に関する研究(第1報). 生物環境調節 26: 139-145.
- 7) 丸山恵三. 1984. 野菜工場雑考. 農業電化 37(9): 8-11.
- 8) 岩尾憲三・松田兼三. 1981. 茎キャパシタンスの測定法と土壌環境との関係. 土壌の物理性 43: 1-13.
- 9) 橋本 康. 1978. 作物生体情報の電子的計測とは(1). 農及園 53: 483-488.
- 10) 橋本 康. 1978. 作物生体情報の電子的計測とは(2). 農及園 53: 627-630.
- 11) 橋本 康. 1978. 作物生体情報の電子的計測とは(3). 農及園 53: 739-744.
- 12) 岩尾憲三・武田明正. 1978. 植物生体情報の計測(I). 農業気象学会東海支部会誌 34号: 47-52.
- 13) 関山哲雄・岡部勝美・羽生広道・岩尾憲三・藤野安朗・野口和博. 1978. 植物生体情報の工学的計測と処理に関する研究(第1報) 茎の膨張、伸長および葉身の電気特性などの連続測定法と測定事例. 電中研研究報告 478005:19.
- 14) 関山哲雄・岡部勝美・岩尾憲三・藤野安朗. 1980. 植物生体情報の工学的計測と処理に関する研究(第2報) 茎の膨張特性ならびに葉身の電気特性と葉温振動. 電中研研究報告 479011:18.
- 15) 羽生広道・関山哲雄・岩尾憲三・高木信義. 1984. 植物生体情報の工学的計測と処理に関する研究(第3報) 茎径変化と蒸散流量および吸水量との関係. 電中研研究報告 483010:34.
- 16) 羽生広道・関山哲雄・岩尾憲三・高山信義. 1985. 植物生体情報の工学的計測と処理に関する研究(第4報) 茎径変化による生体機能の評価ならびに実地適用に関する検討. 電中研研究報告 484024:22.
- 17) 岩尾憲三・持田 誠. 1983. 葉の厚み変化の計測. 日本農業気象学会東海支部会誌 41号: 17-20.
- 18) KADOYA, K., K. KAMEDA, S. CHIKAIZUMI and K. MATSUMOTO. 1975. Studies on the hydro physiological rhythms of citrus trees, Cyclic fluctuations of leaf thickness and stem diameter of natsudaidai seeding. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 44: 260-264.
- 19) 高辻正基. 1979. 「植物工場」講談社、東京.
- 20) 高辻正基. 1986. 「野菜工場」丸善、東京.
- 21) 高辻正基. 1987. 「植物工場入門」オーム社、東京.