

茎キャパシタンスの測定法と土壌環境との関係

岩尾 憲三*・松田 兼三**

Electrostatic Capacitance change in Plant Stem and the Relationship between Plant Physiological Action and Environmental Factors including Soil Water Contents

Kenzo IWAO* and Kanezo MATSUO**

*Chubu Electric Power Co., Inc. Central Technical Research Laboratory

**Mie Agricultural Technical Center

1. はじめに

施設栽培における灌水は、収量、品質に影響し、栽培管理上、いまだに問題が多い。

施設栽培は露地栽培に比べて生育環境が陰湿なため耐乾性に欠け、また、圃場の土層が比較的浅いので有効水分は少ない。その上、土壌塩類濃度が高いために多灌水管理を必要とする。反面、多灌水は、徒長、結実不良、品質の低下などの原因になる、この二律排反的な関係を上手にコントロールする判定手法や灌水技術が今日強く要望されている。この点栽培農家は経験により不足する判定技術を補足するため、作物の伸長や、肥大、葉の色、草勢、さらに夜間葉に溜る露の量までも観察し、この視覚情報を体内の水分状態として捕え、生育のコントロールや灌水に役立てている。

近年、この経験による栽培管理を客観性のある計測技術によって行なおうとする動きが高まっている。

例えば、船田¹⁾、橋本²⁾らは植物の体内水分を静電容量(キャパシタンス)の測定によって非破壊で連続的に把握する技術を開発している。筆者らもこの数年来農家が観察情報で得ている技術を電気計測の技術で、補足、代替できないものかとの観点に立って研究を続けてきた。

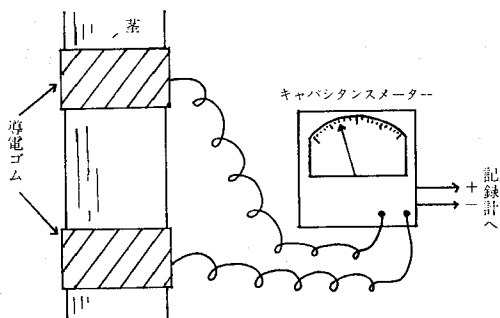


図-1 茎部キャパシタンスの測定

本報告はその事例を紹介するものである。なお、供試植物は多岐に亘っているが本研究は植物に共通な体内水分の挙動を問題にしているため、植物生体内の水の動きとして一般的に言える事柄についてとりまとめた。

2. 計測装置および方法

1) 試験条件

環境諸条件の変動に対する植物の状態量の動特性を調べるため、光、温度、湿度条件を自由に調節できる人工気象装置を主として用いたが、別にガラス温室も用いて試験した。

2) 植物の茎部キャパシタンスの測定法

第1図のように茎部の2ヶ所(通常5cm間隔)に導電ゴムを巻きその2極間のキャパシタンス(静電容量)をキャパシタンス計(YHP社製)で測定した。測定周波数は100KHzである。

3) 茎部膨縮の測定法

茎径の膨張、収縮の測定には第2図に示す歪ゲージ式変位計を用いた。この変位計の定格変位は $\pm 0.4\text{mm}$ で極く微量な変化も感知できる機能を有している。荷重は100gで比較的軽い。なお、膨縮の感知機構は細いワイヤを変位感知レバーを介して図の如く巻きつけてあるので、茎が膨張すれば変位レバーは茎の方へ傾く、収縮する時には逆に作用する。このレバーの動きで内部の歪ゲージの抵抗変化を生じ、これをブリッジ回路にて、電圧出力とし、増幅、記録できる仕組みになっている。

4) 草丈(主茎長)の伸長測定法

草丈の測定は本来、生長の先端も含めて測定すべきであるが、生長点が軟らかいので茎頂部の先端で堅い部分を第3図に示すようにクリップして測定した。

原理は、クリップに結んだ導糸が滑車を介して差動変圧器の可動部(変位コア)に連結されているので、草丈

*...中部電力総合技術研究所

**...三重県農業技術センター

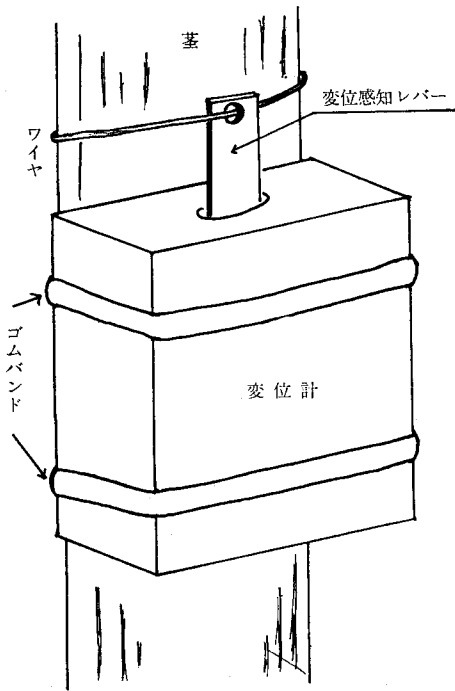


図-2 膨縮の測定

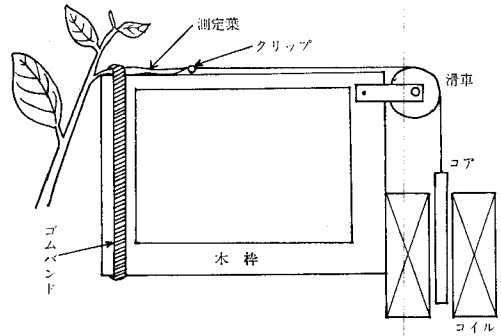


図-4 葉身伸長の測定

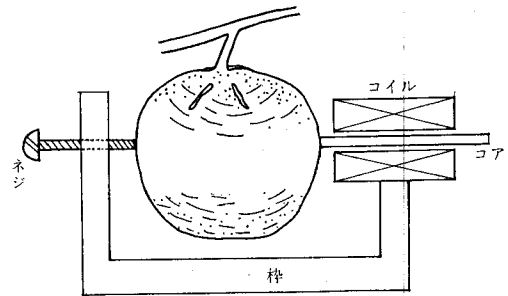


図-5 果径肥大の測定

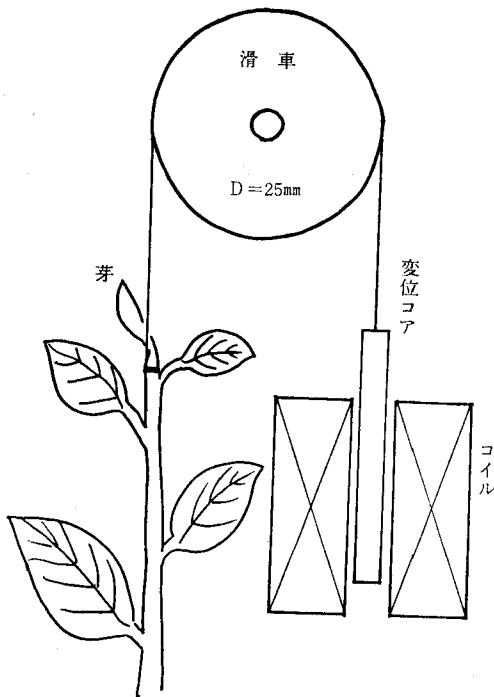


図-3 主茎の伸長の測定

が伸長すると下降し、縮むと上の仕組になっている。

このコアの変位は0~5mmの範囲で分解能0.05mmにて0~2Vの電圧出力が得られ、これを連続的にレコーダにて記録した。

5) 葉の伸長測定法

1枚の葉を対象に伸長を測定する場合は、葉が動きやすいので、移動しないように第4図に示すような木枠を用い、葉の基部もしくは葉柄部をゴムバンドで固定して差動変圧器に連結させ測定した。

6) 果径の肥大測定法

トマトやメロンの果実肥大を測定する場合は第5図に示すような木枠に果実を入れて枠の一方の端に前述の差動変圧器の変位コアを果皮に触れるようセットし、他方に位置調整ネジを設けて果実を挟み込んで、果径の変化で変位コアが変位するようにした。

7) 葉温の測定法

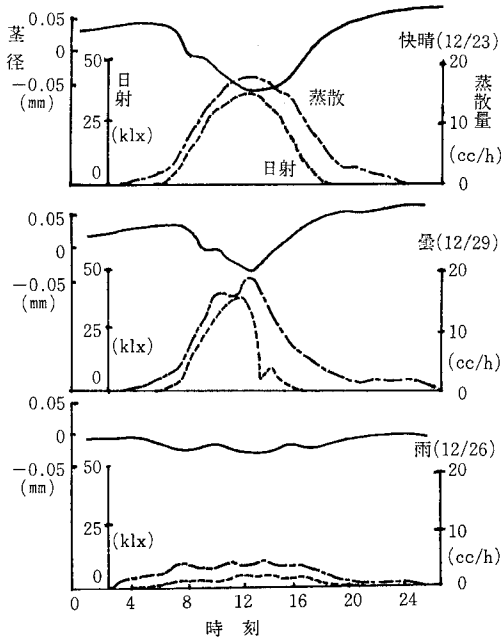
葉温の測定は熱電対の接合部を葉面に貼付する方法でも測定できるが、本法では市販のイアリング型サーミスター葉温計(0~40℃, 0~10mv出力)を用いて測定した。

3. 測定事例

1) 日射と茎径の日変化

天候条件の違いによるトマトの茎径膨縮パターンと蒸散および日射の関連を第6図に示した。

晴天の日は蒸散量が多く茎径収縮量は大きい。雨天は蒸散が少なく、収縮量は小さい。また、曇天は両者の中間の変化を示した。なお、茎は日の出とともに起る蒸散作用で収縮を始め、日中、日射が最大になると極大の収



図一六 種々の天候下のトマトの茎径の日変化

を示した。

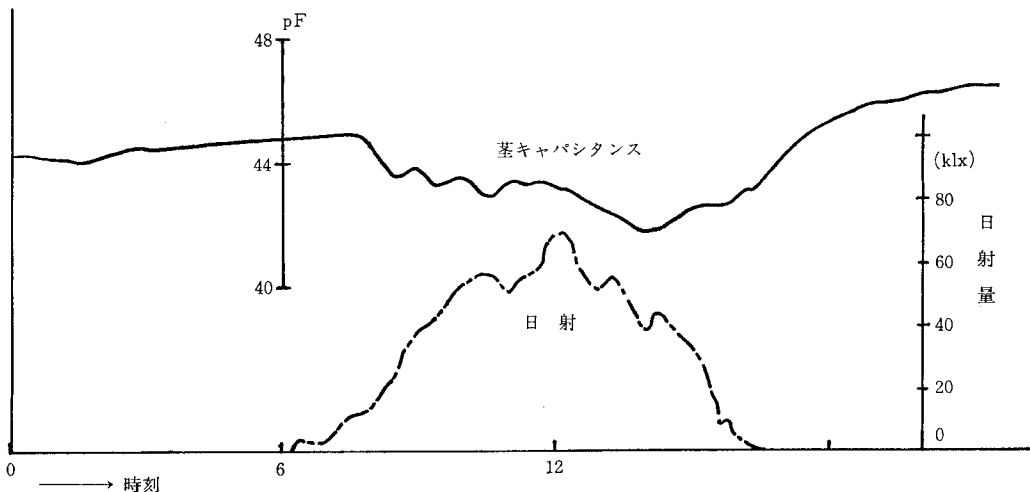
2) 茎キャパシタンスの日変化

タバコの茎キャパシタンスの日変化を第7図に示した。前述のトマトの茎径変化と同様に日射の影響を主に受けて茎キャパシタンスも変化することが観察された。

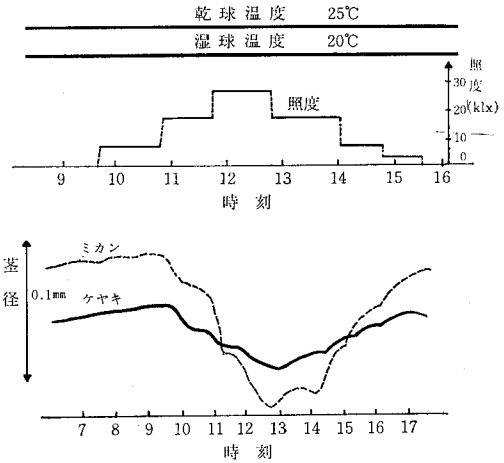
なお、キャパシタンスは茎の太さ、および電極の距離の違いで、絶対値は当然異なるが日変化のパターンは茎の部位によらずほぼ同じであった。

3) 照度の強弱による茎径の変化

人工気象室で、温度湿度を一定にして照度を日射変化



図一七 茎キャパシタンスの日変化(タバコ)



図一八 照度変化と茎径膨縮応答

に模擬して変化させた場合の茎径の応答変化を第8図に示した。放射強度を変えた場合の茎径変化の応答は一次遅れであり、全体としての応答は凹型の緩やかな変化カーブを示した。このことから、第6図で示した日射に対する茎径の収縮は主として日射の強度によりじゃく起されていることが裏付けられた。

4) 明・暗変化に対する茎径と、キャパシタンスの基本的な応答

複雑に変動する自然条件下での茎径の変化や茎キャパシタンスの変化は、主に日射強度による応答変化であることが、これまでの測定で理解できたが、基本的に光に対してどう反応するかをみたのが第9図の測定例である。

これを見ると茎径の応答は指数関数的な変化を示しているが、明るくなると収縮し暗くなると膨張することが

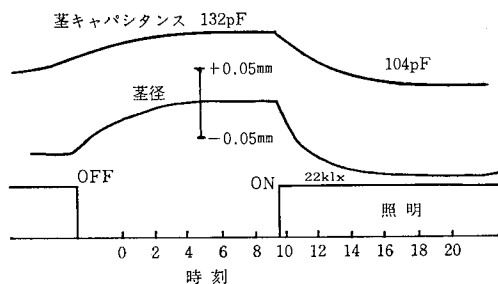


図-9 明暗に対する茎径の膨縮と茎キャパシタンスの応答 (ゴムノキ)

わかった。茎キャパシタンスも茎径の変化応答と全く相似したパターンを描き、暗くすると 132 P F (ピコファラド) まで数値が漸増し、明るくすると P F 値は急に低下し始め 104 P F まで下がる応答を示した。

5) 茎径が日変化をしている時の灌水の影響

灌水した場合茎径にどのような応答変化が起るのかを知るため、第10図には、日中茎径が収縮している最中に灌水をした時の応答を示した。

灌水をしなければ日射の影響を受けて当然破線のような日変化が見られるのに対し、灌水すると茎径が膨張する応答が現われた。しかし、応答量が最大に達するのに約2時間の時間を要した、また、その後は、蒸散による収縮が再び起った。

6) 灌水による茎径膨張と茎キャパシタンスの応答

灌水による茎径の膨張変化をより基本的な応答として捕えるために、人工気象室を用いて、明期に茎が収縮した状態で灌水を行った場合の応答を、第11図に示した。その結果、灌水すると、直ちに茎径は変化を示し指数関数的な飽和曲線を描く膨張が見られた。同じく茎キャパシタンスも等価な飽和曲線を描いた。

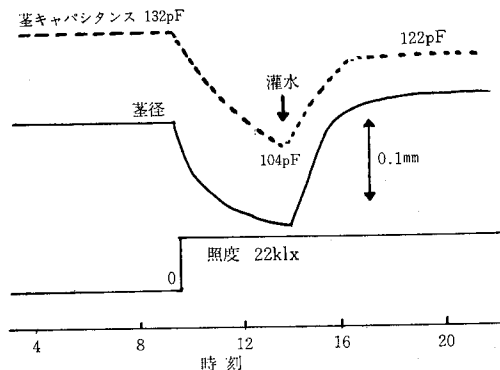


図-11 ゴムノキの灌水に対する茎径と茎キャパシタンスの応答

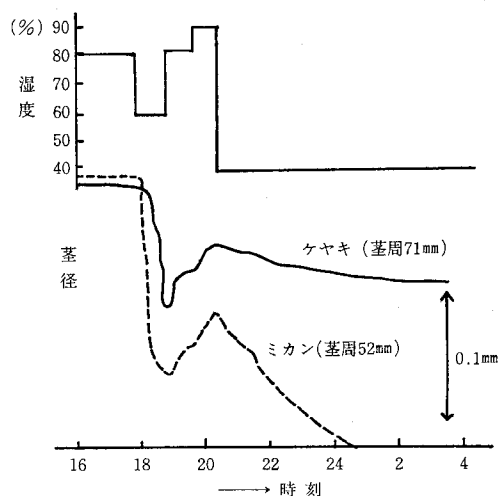


図-12 湿度の急変と茎径の応答

7) 湿度の急変と茎径の変化

人工気象室の中でミカンとケヤキについて乾球温度 25℃のもとで相対湿度を80%から60%へ、60%から80%

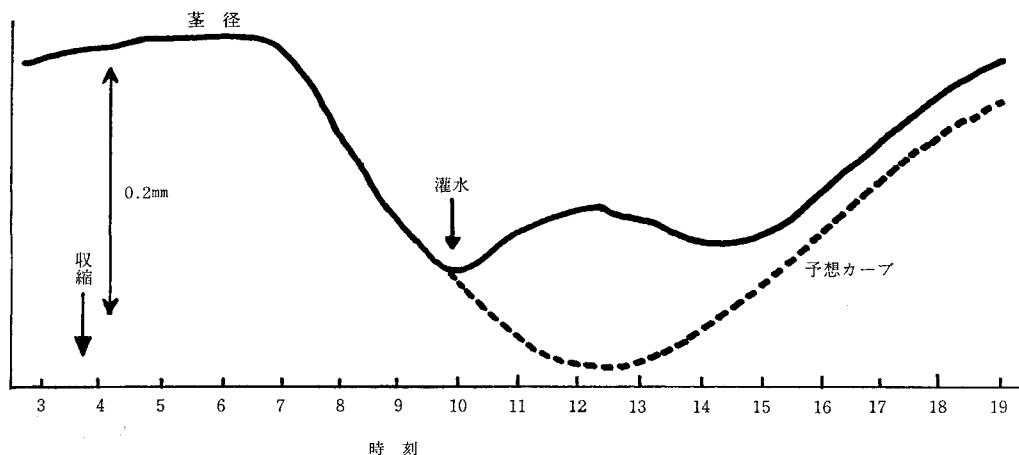


図-10 収縮中の茎径の灌水による変化 (ゴムノキ)

へ次に90%へ回復させた場合と急激に90%から40%へと低下させた場合の茎径変化を第12図に示した。ミカン、ケヤキいずれも湿度の低下によって茎径は収縮の変化を起し、湿度の上昇によって膨張する応答変化を示したが、その変化量はミカンの方が大きかった。とくに、湿度を90%から40%に急減した場合ミカンは著しい収縮を示し、数時間後には葉にしおれを見た。

8) 湿度の急変と茎径、伸長の振動現象

人工気象室の中で乾球温度を30℃に保ち、相対湿度を80%から55%に急変させた時、第13図のようにポプラの茎径は収縮し、オーバーシュートが見られた後、周期約1時間の振動が起り、同時に葉身の伸長にも同期した脈動が発生した。このような現象は土壤水分が満足にある試験条件のもとで、タバコやトマト、キクに於ても再現性のある観測例を得た。

9) 照度の急変による茎振動の発生

暗期から急に光を照射した場合のタバコの茎径と伸長の応答を第14図に示した。急に光を照射すると茎径は収縮応答を示すが、同時に振動が過渡的に発生し、また、前述したと同じように茎の振動が継続している間、草丈の伸長も同期して脈動することが判った。この振動は図のように減衰する場合の他、インゲンやキクの場合には24時間以上に亘って続くことが観察された。

10) 土壤水分の変動による茎径の膨縮と振動および葉温振動の発生

第15図は灌水で土壤水分が急変したためにじゃっ起さ

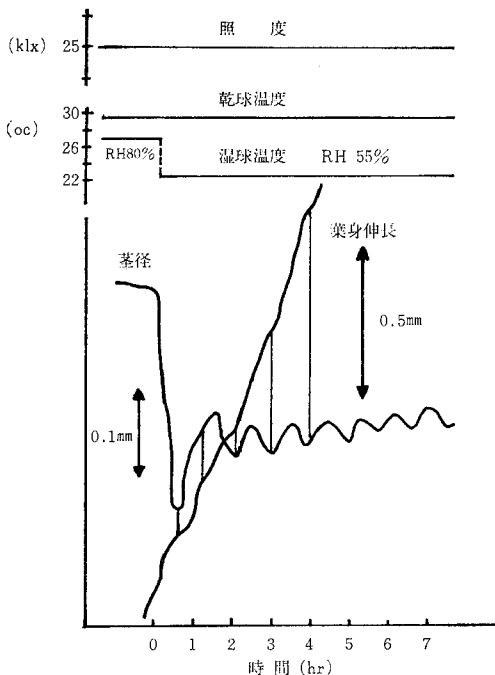


図-13 湿度の急変と茎径振動 (ポプラ)

れた茎径振動および葉温の振動を示した。材料はポプラである。茎径は土壤の乾燥に伴って収縮傾向を示す。灌水すると即時に膨張が始りその後脈動しながら膨張した。同時に葉温も振動現象を呈した。

この葉温振動と茎径振動の関係は、葉温上昇時には、茎径が膨張し、下降時には収縮する特徴のあるパターンを示した。

11) 土壤の乾燥に伴う茎径の収縮と茎キャパシタンスの変化

鉢植のケヤキをガラス室内に置いて灌水をしないで放置すると、土壤の保水量が少ないため土壤水は急速に高い水分張力値を示すようになる。その時の茎径と茎キャパシタンス変化を測定したのが、第16図である。茎径は

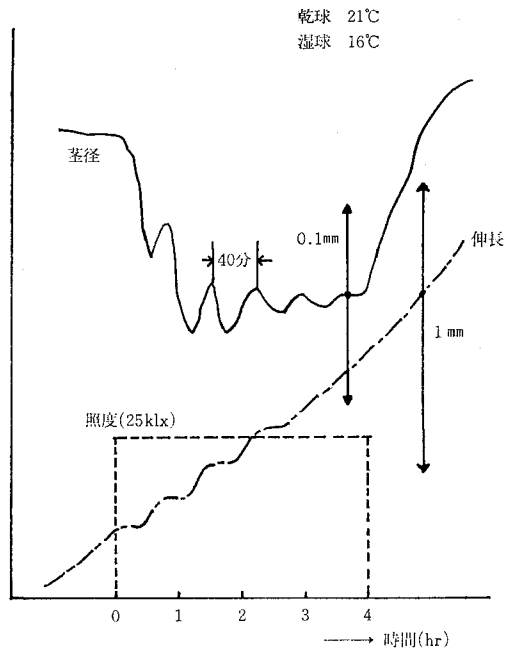


図-14 照度の急変による茎振動 (タバコ)

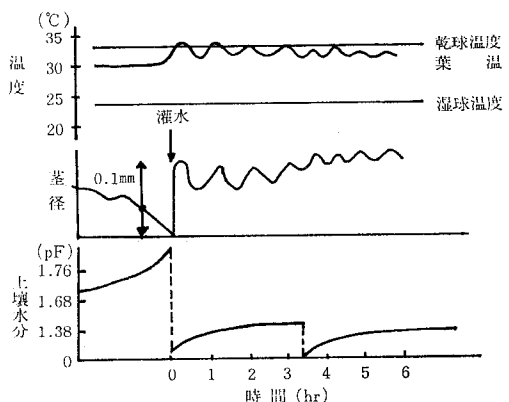
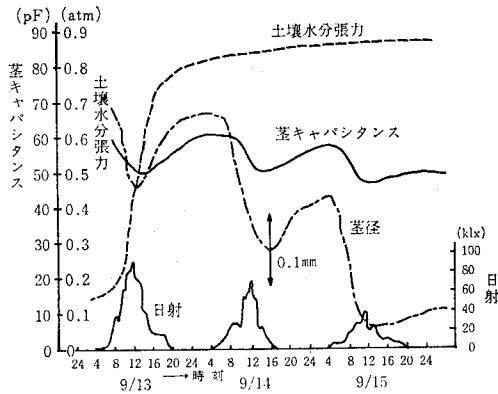


図-15 灌水と茎径振動 (ポプラ)

日の出とともに蒸散が起きて収縮を始め、日中最高に達し、日射が弱まると膨張して回復に向う。そして、土壤水分が低張力を示している間は夜間で十分に回復する。ところが、土壤水分が高張力を示すようになると夜になっても元の茎径まで回復できず、次第に細っていく。この経過は茎キャパシタンスも同じで、茎径と全く等価な情報を持つことが判った。



図一六 土壤の乾きによる茎径の膨縮変化(ケヤキ)

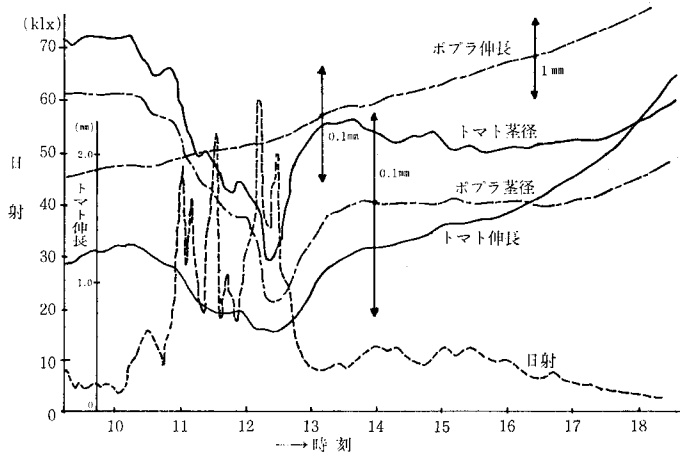
12) 木本植物と草本植物の茎径膨縮と伸張変化の比較

ポプラとトマトの生育の日変化量を同時測定した結果を第17図に示した。ポプラの伸長は日射の影響を余り受けずに昼夜コンスタントに続くのが特徴的であるが、これに比較するとトマトの伸長は、昼間は日射で縮み日没後の18時から24時頃にかけてよく伸びることが測定された。一方、茎径の膨縮はトマト、ポプラともほぼ同様な変化推移を示し、日射の変動に敏感に膨縮応答するのが見られた。

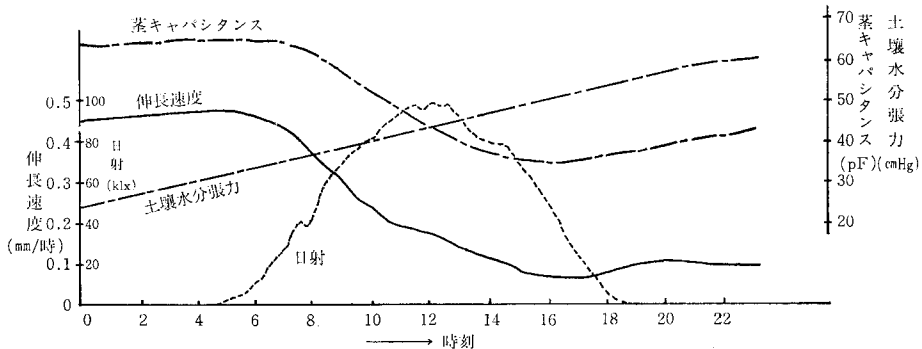
13) 土壤の乾きとカーネーションの伸長と茎キャパシタンスの変化

カーネーションの草丈伸長と茎キャパシタンス値が土壤水分に対してどのような関連を持つか第18図に示した。

草丈の伸長は、土壤水分張力の低い時点では、晴・曇えずれも天候にはほとんど関係なく毎日4~5mmのほぼ直線的な伸びを示していたが、灌水を中止して土壤水分張力が上昇してくると茎キャパシタンスは低下し始め、伸長は鈍化した。この場合、草丈の伸長速度と茎キャパ



図一七 木本(ポプラ)と草本(トマト)の比較



図一八 土壤の乾きによる伸長の減速と茎キャパシタンス変化(カーネーション)

シタンスの動きには極めて高い相関が見られた(第24図参照)。

14) 果実の肥大測定

トマトの果径肥大の日変化測定を第19図に示した。トマトの茎径は日射の増加で大きな収縮応答を示すが、果径の収縮はそれほど著しくないものの、肥大速度には鈍化が見られた。なお、雨天にはこの鈍化現象はほとんど起らなかった。測定結果を総合すると、概ねトマトの果実は昼間肥大が停止し、夕方から翌朝にかけて太る階段状の肥大曲線を描くことが判った。その場合、1日当りの肥大量は晴の日ほど多い傾向がみられた。

4. 測定事例に対する追試および考察

1) 茎径の膨縮現象について

水は非圧縮性の液体であるから、植物生体内の含水率の高い部分では含水量が例えば10g増減すれば、体積もほぼ10cc増減するものと見做すことができる。茎の膨縮

も主に水の増減によるもので、膨縮の計測値は根からの吸水量と葉からの蒸散量の収支が現われているものと仮定した。まず、日中の蒸散の盛んな時刻に根の吸水を制限するため鉢植のケヤキの根を約々量切って見た。その結果は、第20図に示すように、茎径は直ちに収縮し灌水を連続しないと記録計上で振り切れを生じ、夜になっても、回復が著しく遅れることが連日観測された。

また、タバコの栽培土壌(鉢植)に飽和食塩水を灌注して根に吸水障害を与えた場合、第21図に示すように、茎径は直ちに収縮し、その後夜になっても茎径は膨張回復せず、数日後、葉が黄変し、濃度障害を受けて枯死した。

次は、葉の蒸散を抑制するため、剪葉してみた。第22図はポプラの全葉(鉢植)300枚を缺で5分以内に刈りとった時の応答で、茎径は直ちに膨張し、やがて飽和点に達し、その後、数日間は晴天でも茎径に収縮が見られず、やがて、芽吹いた後、葉が展開するにつれ、日の出

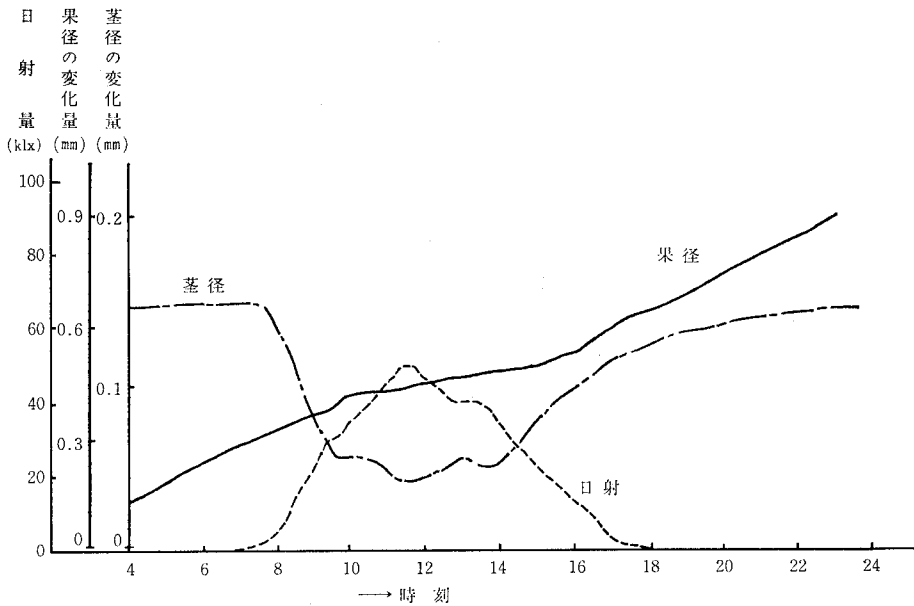


図-19 トマト果径の肥大と茎径変化

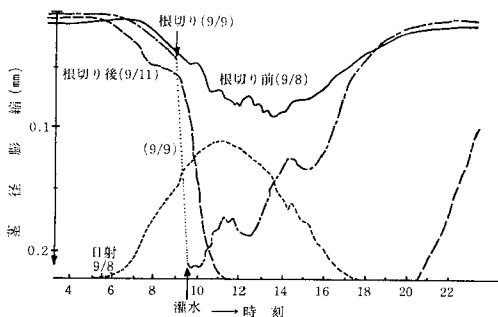


図-20 根切り(根量 $\frac{1}{2}$)による茎径膨縮の変化(ケヤキ)

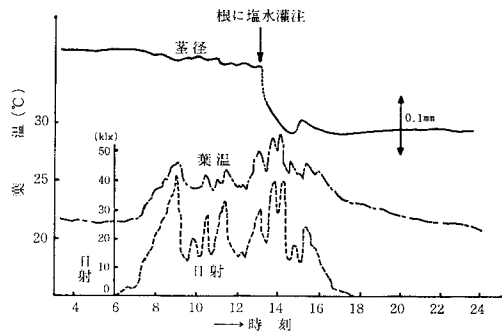


図-21 塩水灌注による茎径の収縮応答(タバコ)

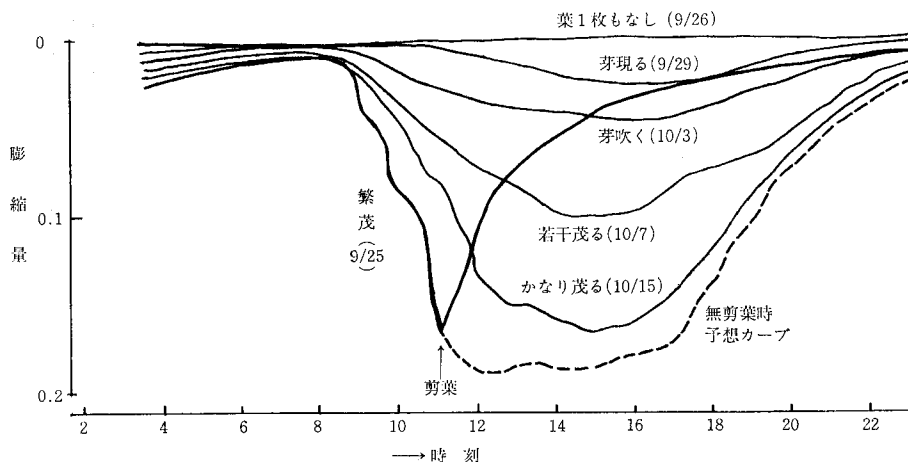


図-22 剪葉による茎径の膨縮変化 (ポプラ)

とともに収縮が始まり、夕方から膨張するパターンに回復した。

これらの追試験の結果から見て、茎径の膨張、収縮の現象は根からの吸水と葉からの蒸散の収支に伴う茎部の含水量変化を捕えていると考察できる。したがって、茎径計測は根の吸水能と葉の蒸散能に関する情報を得ることができる技術と考えられた。

2) 葉温, 茎径の振動現象について

茎径振動が計測中しばしば観測されたが、この現象は気孔の周期的開閉で起る蒸散の脈動が基調となって、茎部に貯留する水分が振動的に変化するものと考えられ、蒸散の脈動と一義的に関連することから葉温の振動と表裏をなす現象として捕えることができる。

なお、茎径、葉温の振動時に蒸散が脈動していることは、土壤水分の減少(鉢の重量変化)を測定することにより確認した。

茎径振動の原因は、気孔の周期的開閉が主であるが、茎径が茎部の水分貯留量を標示しており、根からの吸水量と葉からの蒸散量を反映しているので、この振動は根の吸水能に変化が起ると、直接変調される。例えば、根圏土壤の温度を低下させると茎径が収縮し、振動は停止することを観測している、また、湿度を上げて、100%近くにすると蒸散量が減少するため、気孔は周期的に開閉していても、体内水分の変動が少なくなるので観測できなくなる。これらの振動は明期に於ける現象であるが茎径や葉温の振動が暗期に於ても起ることを観測している。

3) 茎径膨縮と気孔開度について

日射による茎径収縮が気孔の開きと密接に関連していることが予想される。その機構は、まず日射の強度が増すと気孔が開き、気孔が開くと葉の蒸散抵抗が減少

して、蒸散が増す。蒸散が盛んになると吸水量との均合が破れ体内水分の不足を生じるものと考えた。体内水分が過度に不足すると気孔は防衛上吸水と蒸散が均合うように閉じることは周知の通りである。第23図は茎径の膨縮を日射と気孔開度との関連で見たものであるが、気孔開度は明瞭に日射に依存しているのがよく判る。また、茎径は早朝気孔開度が(エチレングリコール&イソブチルアルコール浸潤法⁷⁾) Ⅲ度を越える時点から収縮が始まり、夕方再びⅢ度以下になると膨張し始めることが観測された。

4) 茎径膨縮と水ポテンシャルおよび含水量の関係

茎径膨縮を茎部の含水量の変化としてとらえてきたが長野ら⁸⁾はブドウの葉のポテンシャルおよびヒマワリの葉の水欠量とが茎径の収縮量と比例関係にあることを報告しており、また鴨田ら⁹⁾もトマトについて含水量の減少と茎径の収縮量の関係を報告し、この場合もほぼ比例関係とみなし得るので茎径の膨縮は生体の含水量の変化と一義的に相関するものとして扱え得ると考えられる。

5) 土壤水分と計測値のあつかい

土壤水分が茎径の膨縮や伸長速度に大きく影響することは知り得たが、第24図に示すようにカーネーションで計測した土壤水分と伸長速度の関係を別にプロットして見ると、伸長速度は土壤の乾燥と強く関連していることが一層よく判った。なお、この場合土壤水分張力が低く伸長に対して土壤水分が制限因子とならない状態に置かれており、むしろ、他の要因である気温や湿度等の影響を受けてバラツキを生じたと考えられる。そこで気象要因による制限が最も小さく作用していると思われる伸長速度の最大値に対して帰直線を引くと破線のようになり、次式で表すことができた。

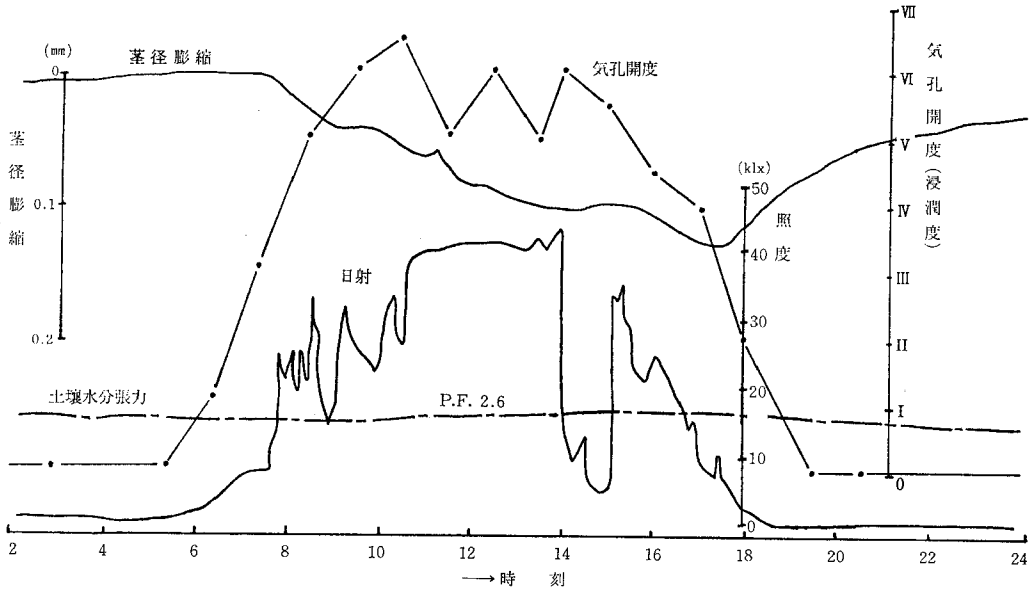


図-23 気孔開度と茎径膨縮 (ポプラ)

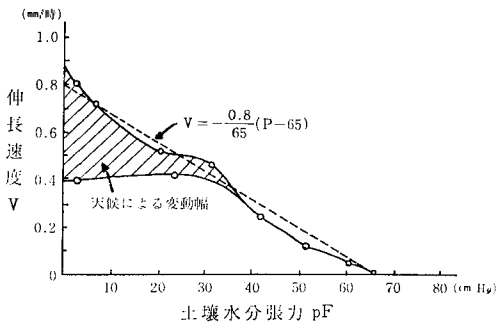


図-24 土壌の乾きと伸長速度 (カーネーション)

$$V = -\frac{0.8}{65} (P - 65) \text{ [mm/時]}$$

但し V = 伸長速度 : mm/時 P = 水分張力 (cmHg)

従って 勾配は

$$\frac{dv}{dp} = -1.2 \times 10^{-2} \text{ [mm/時} \cdot \text{cmHg]}$$

つまり、Pの増加は伸長に対して負の作用を持つことが判る。

このような算式が、カーネーションや他の作物の生育と土壌水の間で一般的に活用できるかどうかは別として今後の栽培管理が生長の制御まで包含しようという段階にまでおよんでいる今日では、このような定量化の積み上げは重要な課題の一つであろう。但し、作物の種類、品種の差、作期、生育の時期によって数式上の表現は変るなどの困難が予想される。

6) 茎キャパシタンスの計測値について

生体組織の電気特性は人体や動物についてはよく研究

されている。植物も細胞レベルで考えれば、動物の生体組織と同等に扱おうと考えられる。生体の各組織は巨視的に見れば有限の電気定数を持つ単なる材料と考えることができ、また、電磁界の作用の多くは電気磁気学的な計算で解析することができる。生体工学では低周波で1 (mA/cm²) まで、高周波においてはもっと高い電流密度まで、生体を単なる材料の塊として解析できることが報告されてる。この⁸⁾場合、電気材料としての性質を表現する定数は導電率 σ [V/m]、誘電率 ϵ [F/m]、透磁率 μ [H/m] の三つがある。このうち、誘電率 ϵ と透磁率 μ は真空の定数 ϵ_0 と μ_0 を基準として、 $\epsilon = \epsilon_s \cdot \epsilon_0$ 、 $\mu = \mu_s \cdot \mu_0$ と書くこともある。 $\epsilon_s \cdot \mu_s$ はそれ比誘電率、比透磁率を示し各物質固有のものであり、値は1~80に亘っている。なお、 $\epsilon_0 = 8.9 \times 10^{-12}$ [F/m]、 $\mu_0 = 1.3 \times 10^{-6}$ [H/m] である。

生体組織の電気特性の測定例は第25図のようであり、低周波での誘電率は異常に大きい。図中の+は周波数を表す。また、三つの周波数域) 数百Hz, 数MHz, 約18 GHz) において、誘電率が減少すると同時に導電率が

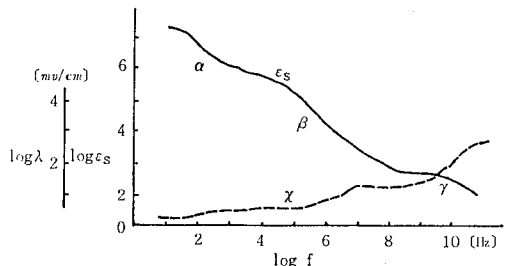


図-25 生体の σ と ϵ

増大するといわれる分散現象がみられる。これら三つの分散はそれぞれ α , β , γ 分散と呼ばれている。低周波においては細胞膜のインピーダンスが高く、電流は細胞を避けて流れることから、細胞外液の情報が得られる。一方、植物組織のインピーダンスの周波数特性を測定すると第26図に示すように、単純にCRの並列モデルで推定することは無理であることがうかがえる。位相角 θ は周波数 f の広い範囲に亘り、一定値を保つことからCもRも共に f の関数になっている。この結果、100kHzの周波数による筆者らの植物茎部のキャパシタンスCの測

定は何を測っているのかを電磁気学的に判定づけることは困難であり、また、意義も薄いように考える。つまり、このC値が細胞外液の導電性を主に捨っているのか、誘電性を捨っているのかという議論でなく、むしろ現象論的に体内水分量との相関性を問題にした方が得策である。これについて橋本¹⁾は含水量と茎部キャパシタンスの相関をタバコについて得ており、実用的には体内水分のインデックスとして充分に利用できることがうかがえる。しかし、茎キャパシタンスの絶対値そのものは、含水量の他、茎部の幾何学的形状の関数であって、絶対値

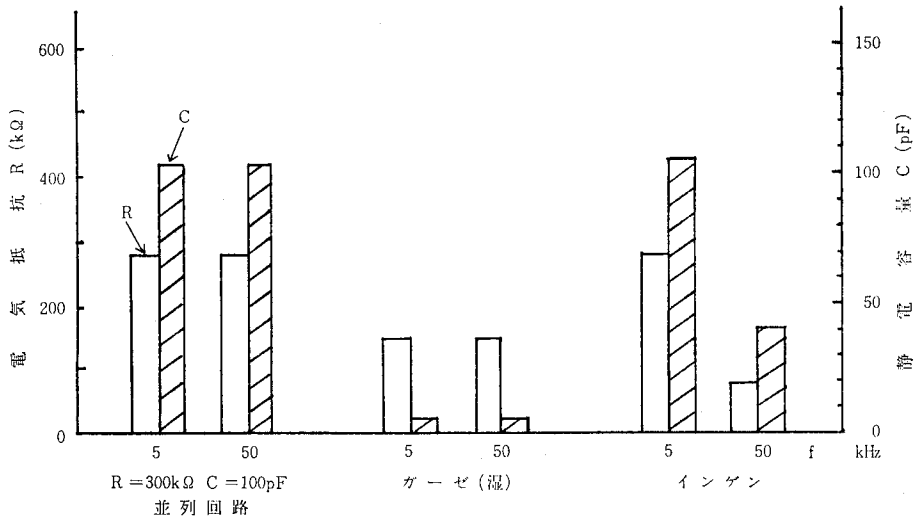


図-26 (その1) インゲン胚軸などの周波数特性 (●)

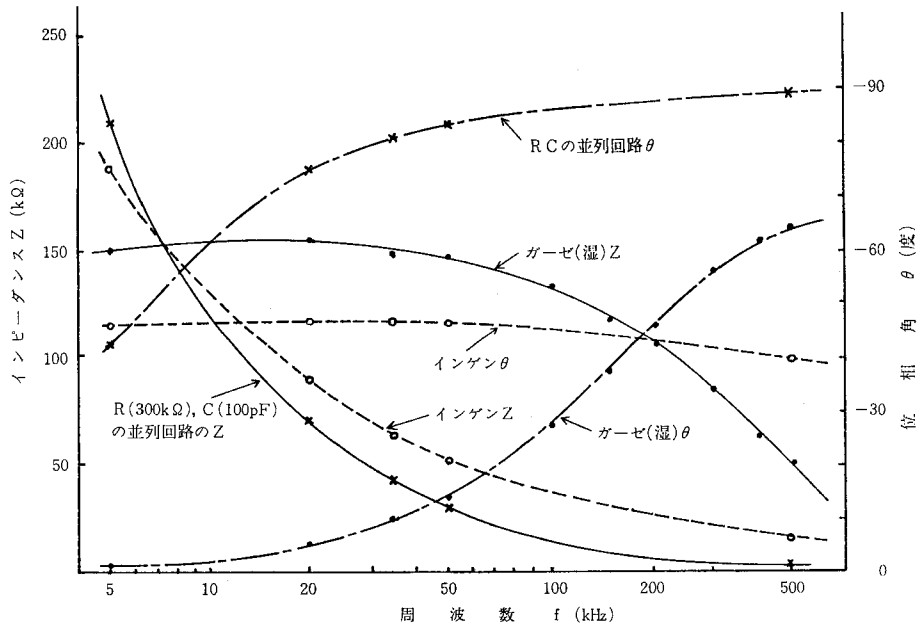


図-26 (その2) インゲン胚軸などの周波数特性

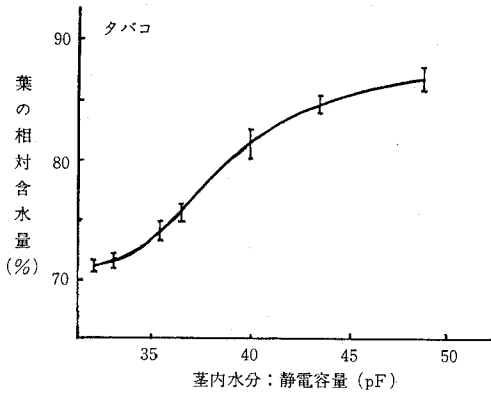


図-27 タバコにおける葉の相対含水量と茎内水分 (橋本)

を茎の直径あるいは極間の茎部体積等で除すなど規格化することが将来、積極的に利用する場合には必要となるだろう。

5. あとがき

筆者らが報告した電気計測事例は、植物を第28図のような多入出力の物理化学的プロセスとみなし、あくまで、プロセスの入出力関係（外乱も入力の一部）を明らかにしようとして手掛けたものであるが、まだ、現場の農家を対象としてトマト、メロンといった特定の作物の栽培問題にアプローチするには植物に共通する基本的な特性を把握、解析する初期段階の課題が山積していることを強く感じた。今後ともこの観点に立ってデータを集め農業技術及び環境問題への応用をはかってゆきたいと考えている。そのためには植物生体情報の計測手法そのものも開発しなければならぬが、この計測技術の方向を現状の知識で展望すると次の三つのジャンルに分けて考えることができよう。

①植物の生理現象を客観的に計測すること。

②植物自身をセンサ（検出器）と考えること。

③植物自身に内在する情報を測定すること。

①は単に物理、化学量を電気量に変換、記録する「電気ものさし」に過ぎないが現象が精密に把握でき、状態

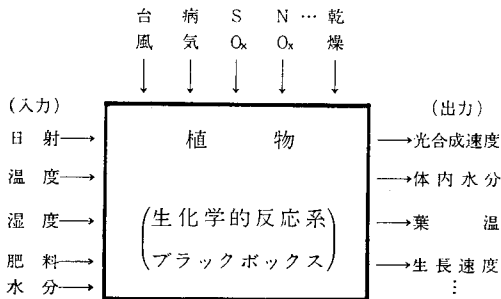


図-28 植物系 Black box

変化のプロセスが判る。②は外部の状態変化に植物がどう反応するか植物自身に聞くことであり、前述の Black Box の入出力関係を知る方法に他ならない。この方法から得られる知見は直接に将来の複合環境制御などの農業新技術、環境問題の研究に結び付くと考える。③は植物の内部に入力（信号源、体内時計など）がある場合の取り扱いとなろう。これは難かしすぎる問題であるが、過去に電照技術の開発があるように農業的には革命的な進歩に結び付く可能性を持つと考える。

以上事例紹介で結論しにくい報告になったが、最後に本研究を遂行するに当って、平素から指導、鞭撻をいただいた、中部電力総合技術研究所電気応用研究室野口和揮室長を始め、同室諸氏および三重農技センターの関係各位に感謝します。

引用文献

- 1) 船田 周・橋本 康 (1976): 植物生体情報からみた施設栽培の水管理資料他, 農業施設学会
- 2) ニノ方兼武・宮里 満 (1959): 歪計による樹幹直径の日変化測定, 鹿児島大(農)報告, P.76~88.
- 3) T. T. Kozlowski (1967): Diurnal Variations in stem Diameters of Small Trees, Botanical Gazette, 128(1), P.60~68.
- 4) 鴨田福也他 (1975): 野菜の光合成及び蒸散に関する研究, 野菜試報告, A第2号, P.33~47.
- 5) 長野敏英他 (1976): 植物の水分状態とその制御に関する研究(1), 農業気象学会誌, 32, P.67~71.
- 6) 橋本 康 (1978): 作物生体情報の電子計測とは, [1][2][3] 農業および園芸, 第53巻 [4・5・6号] P.483~488, P.627~630, P.739~744.
- 7) 石原 邦・西原武彦他 (1971): 水稻葉における気孔の開閉と環境条件との関係, 日本作物学会紀事 Vol.40 P.491~496.
- 8) 斎藤正男・山浦逸雄 (1974): 電磁界と生体, 医用電子と生体工学, Vol.12, No.6, P.341~349.

質疑応答

金田 (静農試) 水分条件は茎キャンパシタンスとの関連でとらえられているが、茎キャンパシタンスと土壤溶液濃度との関連は如何ですか。

松田 H₂Oの比誘電率が大きく、植物体内の溶液濃度による容量の変化にはあまり現われない。しかし、今後そのような問題もやっていかねばならないと考えています。

なお、このキャンパシタンスは茎の一定部分の体積のものを測っているの、茎が大きくなると当然キャンパシタンスも大きくなります。それを絶対量でなく相対的なもので見出す方法も必要であろうと考えています。

雨宮 (東大農) レジメにのっている図(図-27)ですが、各種の植物(草本とか、木本とか)についてキャリブレーション・カーブがこの図と同じになると考えてよ

いのでしょうか。

また、キャパシタンスを測ることによって茎の内部のマトリックスポテンシャルのようなものが推定できるのでしょうか。

松田 キャパシタンスを測ることによって、水分の状態は測りうると考えられますが、キャリブレーション・

カーブについては、なおいろいろなことが起るだろうと思います。なお詰めなければならぬ問題がありますが、電気的な点については共同研究者の岩尾から答えたいと思います。

寺沢 それでは総合討論のときにまたお願いします。