

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 6 日現在

機関番号：15301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14835

研究課題名(和文)植物自らが必要な水分量を判断し自己かん水制御ができる電気的水分センシング法の開発

研究課題名(英文)Electrical sensor method to investigate water status in plants

研究代表者

森永 邦久(Morinaga, Kunihisa)

岡山大学・環境生命科学研究科・教授

研究者番号：90414789

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：植物の状態や生育時期あるいは環境に応じて、適正にかん水を行う管理システムの構築のために、植物の異なる水分状態(水分量)を電気的に計測(静電容量から変換した電気周期値として計測)し、そのデータの記録ならびに電気シグナルとして利用できる計測装置のプロトタイプの開発を行った。本装置を用いて異なる水分状態における植物の葉における蒸散速度と周期値には密接な関連がみられることから、本装置による周期の計測により葉中の水分状態を把握できると考えられる。また、水分ストレス時の特定の値の周期(あるいは周期値の幅など)を指標として、かん水管理に利用できる。

研究成果の概要(英文)：Authors had been studying to know water content in leaves as the biological information, so far we have developed 'water stress indicator sheet' using cobalt chloride for simple estimation of water status (Morinaga et.al. 2012, 2016). Now, we are trying to understand water contents in leaves as electrical method with plants.

Electrostatic capacitance and electro-cycle length were measured using an instrument that we developed, and checked the relationship with transpiration rate by leaf porometer. As a result, the electrostatic capacitance has not clear correlation with transpiration rate because it is too sensitive against electronic noise such as contact, oscillation or length of electronic cord. On the contrary, electro-cycle length had stably good relationship with transpiration rate. It is possible to estimate water status of plants leaves by measuring electro-cycle length.

研究分野：植物生理

キーワード：水分状態 電気的計測 静電容量 電気周期 蒸散速度

1. 研究開始当初の背景

国内、国外において、植物管理や作物生産で水分管理は極めて重要であるが、現在の水分管理は主に土壌水分を基にスプリンクラーなどにより、一定時間間隔で一定量を散水して、どの植物個体にも同じ水量を与える方法がとられている。こうした方法には以下の3つの大きな問題がある。

(1)かん水面積が広い場合には大量の水を要し、水資源の少ない地域や国では水の確保は困難であり、水資源の枯渇、砂漠化の懸念がある。

(2)植物を個体別にみると必要でない水を与えている場合、必要な水が供給されていない場合の可能性がある、水資源やエネルギーの過剰供給あるいは不足につながっている。

(3)かん水の指標が土壌水分を基準にしていることが多く、土壌と植物の水分状態は必ずしも同じではなく、適正なかん水が行われていないことが考えられる。

したがって、植物の水分状態をかん水（給水）の要否の指標にすることが重要である。その時々で必要とする個体に必要な水を自動供給することができる、植物が生育や環境に応じて、植物の生体情報を反映した新たな水分センシング手法が求められている。

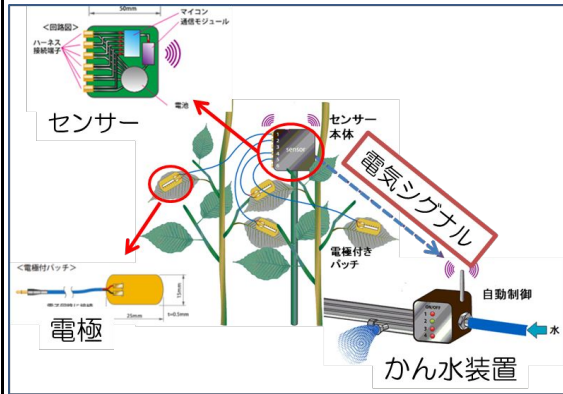
2. 研究の目的

植物の生育や作物の生産性、ならびに品質の向上には水分が決定的な役割を果たしている。近年、気候変動による干ばつや砂漠化によって、世界的に植物、作物への水環境の大きな影響がみられ、適正な水資源の利用とかん水管理はますます重要性が増している問題である。

特に植物の中でも果樹の水分管理は、品質や生産性向上において重要な要素であり、樹体の状態や生育時期あるいは環境に応じて、適正にかん水を行う管理システムの構築が重要となってきている。果樹のように根域が広く多様な作物における土壌水分の計測では、計測位置や深さなどに普遍性が乏しく、土壌水分のモニタリングは根域制限栽培を除くと必ずしも適切でない場合が多い。したがって、従来のような土壌情報ではなく、環境変化や土壌条件などを反映した結果である樹体における生体情報、すなわち樹体水分のセンシングが正確なかん水管理の指標として活用できると考えられる。そのため、近年多様な生体情報のセンシングやモニタリング法が試みられているが、著者らは「水分ストレス表示シート」を、生産現場で用いることができ、簡便に水分状態を把握できるツールとして開発し、その利用について提示してきた(森永ら, 2016)。しかし、より客観性の高いさらなる水分センシング法の開発が重要であるといえ、本研究では、果樹の異なる水分状態（水分量）を電気的に計測し、そのデータの記録ならびに電気シグナルとして利用できる計測装置のプロトタイプを開発を行い、水分状態の計測を行うことを目的とする。

本課題では植物の水分状態を表す大きな指標としての葉からの蒸散作用によって出

てくる水分を静電容量として計測して利用する。具体的には、水分状態を静電容量の変化として電気的に計測できるセンサを作成し、水分状態の違いの検出が可能かどうかを明らかにするとともに、その値を電気シグナルとして水分供給装置に電波で送るかん水システムを開発する(第1図)。



第1図 水分の電気的計測とその利用システムの模式図

バーは標準誤差

植物自体が持つ生体情報（水分状態）を直接、しかもより客観性の高い電気的なセンシングができる装置による、将来的には植物の植栽地で低コストな実用的利用をめざすものである。

3. 研究の方法

本研究では、開発した装置に発振回路と呼ばれる持続した交流を作る電気回路を設置（起動時に交流が流れ、センサ部分の静電容量を計測）し、誘電率（物質固有の値）から静電容量を計測し、この値を周波数に変換し、さらに周期（周波数の逆数）に変換して記録する。誘電率と静電容量、ならびに周波数、周期の関係は以下のとおりである。

$$C = \epsilon_0 \epsilon_s \frac{S}{L}$$

C=静電容量、
 ϵ_0 : 真空の誘電率、 ϵ_s : 絶縁体の誘電率
 S: 導電体面積、L: 導電体距離

$$F = \frac{1.44}{(R_a + 2R_b) \times C1}$$

F=周波数
 R_a : 回路内抵抗(定数)、
 R_b : 回路内抵抗(定数)
 C1: センサ(クシ形電極)静電容量(定数)+パッチと吸着された水分の静電容量(変数)

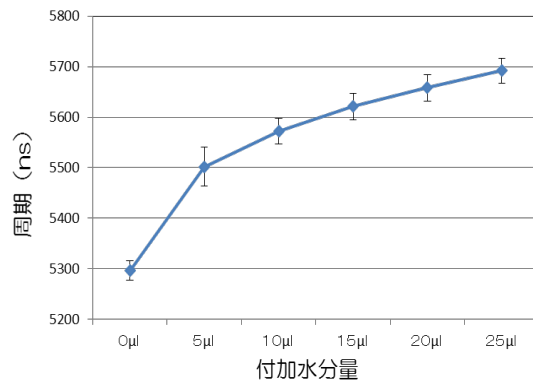
本研究で開発した装置を用いて行った水分ストレス検知の検証試験では、コンテナ植え樹体のかん水量を変化させ、異なる水分状態の葉における周期値とともに、蒸散速度を計測して両者の関連を検討した。供試材料植物はコンテナ植えの3年生ウンシュウミカン‘興津早生’、ならびに、コンテナ植えの6年生ブドウ‘ピオーネ’、3年生モモ‘清水白桃’を用い、蒸散速度は定常型ポロメーター(AP4 Delta-T Devices)により計測した。周期の計測はセンサ部分を、日射を受けている状態の葉の裏面に密着させて行った。いずれも夏季の晴天日に計測した。

4. 研究成果

水分状態(水分量)を電気的に計測し、そのデータの記録ならびに電気シグナルとして利用できる計測装置のプロトタイプを開発した。

作成した電気的計測装置は、水分センサ部分ならびにデータ変換・記録部分の二つから構成される。水分センサ部分では、金属製のクシ形センサに水分の吸湿素材を接着させ、吸湿素材(ろ紙)に吸着された水分量をクシ形センサにより静電容量として計測する。データ変換・記録部分では、計測した静電容量を周波数、さらにパルス周期(ナノ秒, ns)へと変換して、SDカードに1秒単位でデータを記録する。5V電池で駆動する。

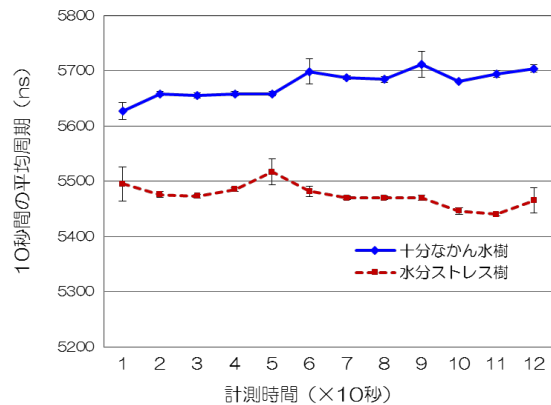
開発した電気的計測装置のセンサ部分を空気中においた場合、周期の値は温湿度でやや変動する傾向がみられた。すなわち、気温28℃、湿度48%では、周期は5,100~5,200nsであったが、気温28℃、湿度60%で5,200~5,400ns、同じく38℃、82%では5,300~5,400nsの周期を示した。しかし、いずれも5,400nsを超える値はみられなかった。また、この吸着素材に定量の水分を加えていくにつれて、周期は上昇し5,600~5,700nsを示した。これらのことにより、用いた電気的計測装置によって得られた周期値の変化は、センサの吸湿素材中の水分量に対応していると考えられた(第2図)。



第2図 水分を付加した場合の周期値の変化
バーは標準誤差

植物(ミカン, ブドウ, モモ)を用いて、樹体の蒸散速度と周期値との関連を検討した結果、十分にかん水を行った樹体(平均蒸散速度 $3.4\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)の周期は5,650~5,700nsを示した。一方、水分ストレスを与えた樹体(平均蒸散速度 $1.0\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)の周期はほぼ5,500ns以下であり、明確に違いを検出することができた(第3図)。さらに、用いた植物における異なる蒸散速度と周期値の関係には、両者の間には正の相関がみられた。

このように、異なる水分状態における樹体の葉における蒸散速度と周期値には密接な関連がみられることから、本装置による周期の計測により葉中の水分状態を把握できると考えられる。また、水分ストレス時の特定の値の周期(あるいは周期値の幅など)を指標として、かん水管理に利用できる可能性が高い。



第3図 異なる水分状態の樹体の葉における周期値の変化
バーは標準誤差

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

果樹における水分ストレスによる果実成分の制御と葉内水分の計測. 森永邦久. 岡山大学農学部学術報告. 2017. 106 巻, pp43-49.

〔学会発表〕(計1件)

果樹における葉中水分状態の電気的計測. 森永邦久・伊賀悠人・横井秀輔・日出嶋宗一・星典宏・福田文夫. 2017. 園芸学研究, 第16巻(別冊1), p81.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称：
発明者：森永邦久・福田文夫・伊賀悠人・横井秀輔
権利者：岡山大学・ライフケア技研(株)
種類：特許願
番号：特願 2017-050478
出願年月日：平成 29 年 3 月 10 日
国内外の別： 国内

取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森永 邦久 (MORINAGA Kunihisa)
岡山大学・環境生命科学研究科・教授
研究者番号：90414789

(2) 研究分担者

()
研究者番号：

(3) 連携研究者

福田 文夫 (FUKUDA Fumio)
岡山大学・環境生命科学研究科・准教授
研究者番号：60294443

(4) 研究協力者

横井秀輔 (YOKOI Hidetoshi)
ライフケア技研株式会社・社長