

高感度な植物蒸散量計の開発

研究企画課 課長 兵頭 竜二

植物緑葉の裏面に多くある気孔は、明るいところでは植物の渇き具合の影響を受けて開閉する。このため、柑橘栽培などの農業現場では、灌水管理の判断材料とするため、緑葉の気孔からの蒸散量を簡便、かつ高感度に測定する測定器が望まれている。そこで本研究では、光計測技術を活用した新規の蒸散量測定デバイスを開発し、柑橘緑葉の気孔からの水分蒸散量を実用精度で計測できる安価な装置を試作開発することを目標とする。

研究事業の第1年度目となる平成24年度は、①既存の電子計測技術による蒸散量の計測実験、②柑橘緑葉に適したプローブ構造の検討、③光計測技術による蒸散量計測技術の開発検討、に取り組んだ。

1. 緒言

果実育成期間中の水分ストレスを適切に管理すれば収穫果実の糖度を増すことができる^[1]。このため、高品質果実の生産では水分ストレスを指標とした灌水管理が行われる^[1]。

また一方で、植物緑葉の裏面に多くある気孔は、明るいところでは植物の渇き具合の影響を受けて開閉する。このため、柑橘栽培などの農業現場では、灌水管理の判断材料にできる、緑葉の気孔からの蒸散量を簡便、かつ高感度に測定する測定器が望まれている。

そこで本研究では、光計測技術を活用した新規の蒸散量測定デバイスとして、柑橘緑葉からの蒸散速度を計測可能なデバイスを試作開発する。そして、柑橘緑葉の気孔からの水分蒸散量を実用精度で計測する安価な装置を開発することを目標とする。

研究事業の第1年度目となる平成24年度は、柑橘緑葉の気孔からの水分蒸散量を実用精度で計測する安価な装置を実現するのに必要な、光計測技術を活用した新規の蒸散量測定デバイスを開発するため、①既存の電子計測技術による蒸散量の計測実験、②柑橘緑葉に適したプローブ構造の検討、③光計測技術による蒸散量計測技術の開発検討、に取り組んだ。

2. 開発検討の方法

2.1 柑橘緑葉に適したプローブ構造の検討

柑橘緑葉に適したプローブ構造を考案するため、図1に示す概念の実験治具を製作して、実験と検討を行う。なお、現段階では光計測技術を活用した新しい蒸散量計測用デバイスを開発中であるため、係る実験は既存の電子計測デバイスを用いることとする。

実験治具は、2つの計測チャンバを持ち、それぞれ内部に計測デバイスを固定する。そして、計測を行わないときにのみ開放する換気口を設けるとともに、片

方の計測チャンバにのみ開口部を設ける。

実験治具による計測実験は、この開口部を緑葉裏面によって塞ぎ、両方の計測チャンバ内の相対湿度の時間変化を測定することで行う。

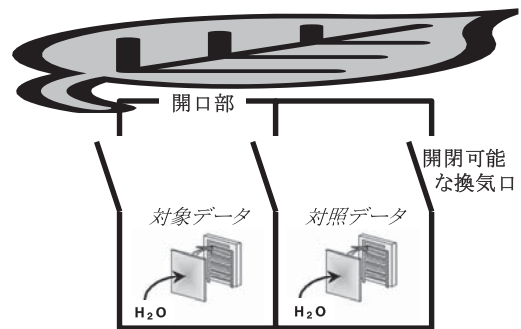


図1 実験治具の概念図

2.2 光計測技術による蒸散量計測技術の検討

閉じられた空間である計測チャンバの中に緑葉裏面の気孔から蒸散する水分が供給され続けられれば、計測チャンバを満たす空気中の水分量は飽和状態に向かって上昇する。そして、その水分が、いずれは気孔からの蒸散を阻害することが推測される。

従って、ここでは、計測チャンバ内を満たす空気から水分を常に取り除き、葉からの蒸散を阻害することなく蒸散量を計測できる手法を検討する。

3. 結果と考察

3.1 実験治具の製作

図2は製作した実験治具の外観であり、その概略仕様を表1に示す。

それぞれの計測チャンバは、みかん緑葉の幅を考慮して、開口部の直径をφ19mmとした。また、治具の構造上の制限から容積は12.49mLとなった。計測チャンバは1軸スライド上に固定されており、それをスラ

イドすることで計測チャンバの開閉、ならびにサンプルとなる緑葉の把持が可能となっている。

既存の電子計測デバイスには、SensirionのDigital Humidity Sensor、SHT75^[2]を用いた。このセンサは、温度： $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度： $\pm 1.8\text{ \%RH}$ の精度で計測することができる。

また、この実験治具は制御用の電子回路を搭載しており、2つの計測チャンバ内の温度と湿度を、1秒間隔で同期して測定した上で、シリアル・ポートを通じて印字出力可能となっている。

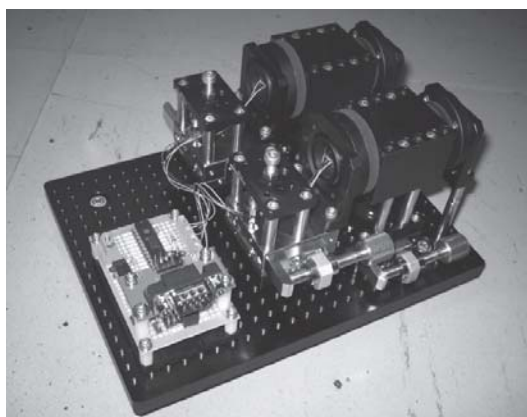


図2 実験治具の外観

表1 実験治具の仕様

項目	内容
測定チャンバ	容積；約12.49mL、開口； $\phi 19\text{mm}$ 、数；2
使用センサ	SHT75, Digital Humidity Sensor, Sensirion
測定項目と範囲	温度； $\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度； $\pm 1.8\text{ \%RH}$
測定間隔	1秒間隔

3.2 既存電子計測デバイスによる蒸散量計測の試み

図3は、気温が $30.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度が 58.1 \% の雰囲気下において、片方の計測チャンバの開口部に湿らせた濾紙をサンプルとして把持させて、測定実験を行った結果例である。

この結果から、サンプルである湿らせた濾紙を把持した計測チャンバでは、測定を開始してから数十秒で急速に相対湿度が上昇し、後の変化が緩やかになることが確認できる。このことから、計測チャンバ内を満たす空気中の水分量によって、湿らせた濾紙からの水分の蒸散が阻害されていることが確認できる。

また、同一雰囲気下で、サンプル緑葉を把持した実験も行ったが、計測チャンバ内の相対湿度に顕著な変化は見られなかった。この原因は、サンプル緑葉の蒸散が、既に雰囲気中の相対湿度と平衡状態にあること

が原因と考えられる。

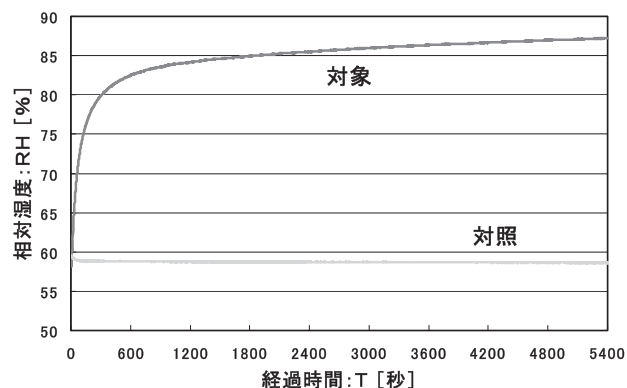


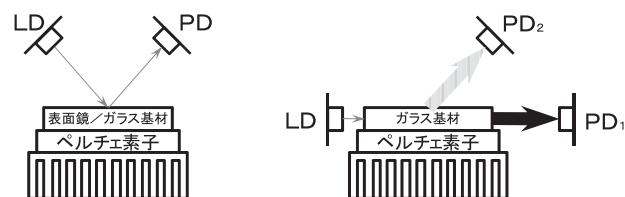
図3 測定結果例(サンプル; 湿らせた濾紙)

3.3 光計測技術による蒸散量計測技術の検討

図4(a)は、従来からある露点計の基本原理を示している。露点計測は、鏡面を温度制御しながら徐々に冷却し、結露が生じたときの正確な鏡面温度を知ることで行われる。

この方法は、結露を生じさせることから、空気中の水分を除去する能力が示唆される。しかしながら、緑葉から水分が供給され続けた場合、露点が増加することになる上、やはり計測チャンバ内を満たす空気中の水分量は飽和状態となる。

そこで、この報告では、図4(b)に示す構造の計測デバイスを提案する^[3]。提案のデバイスでは、ペルチェ素子などで冷却され続けているガラス基材に、横から光を導入する。導入された光は、その殆どが対向する光検出器に到達する。しかし、ガラス基材の表面に結露が生じれば、その結露量に応じて光がガラス基材表面に漏れ出し、上方に位置する光検出器にも到達する。そこで、これら2つの光検出器が捉えた光量の変化を調べることで、結露量を推定する。この方法であれば、ガラス基材表面に生じる結露の量が時間とともに増加することから、計測チャンバ内を満たす空気中の水分量が飽和することを回避できると考えられる。なお、この手法を応用した蒸散量計測技術については、既に特許出願を行った。



(a) 露点計の基本構成 (b) 新規開発品の基本構成

図4 新しい計測デバイスの基本構成

4. 結 言

柑橘の栽培現場では、日中は高温多湿になっていることが容易に想像される。また、栽培の過程において、肥料や薬剤の散布なども行われる。

従来の相対湿度などの計測には、空気中の水分量を計測する高分子抵抗式や高分子容量式などの電子デバイスを用いたものが多い。しかしこれらは、温度補正が必要、低湿度で感度が低下する、結露で特性が劣化する、有機溶剤に弱い、などの弱点がある。また、鏡面冷却式露点計測法は、測定結果に高い信頼性がある反面、鏡面冷却温度の正確な制御が必要となり、比較的装置が高価であるという欠点がある。

従って本事業では、柑橘緑葉の気孔からの蒸散量を測定することに適した新たな測定手法として、時々刻々増加する結露量を連続して測定し、その増加量から水分蒸散量を推定する手法の開発を進めている。本年度は、その第1段として、プローブ構造の検討や光計測技術を活用した新しい蒸散量計測技術の開発検討などに取り組んだ。

今後は、本年度の成果を活用し、実用精度で柑橘緑葉の気孔からの水分蒸散量を計測する安価な装置の開発を目指す予定である。

参考文献

- [1] 野並, 2001. 植物水分生理学, pp.236 - 257.
- [2] Sensirion, SHT75 - Digital Humidity Sensor (RH&T), <http://www.sensirion.com/> (Accessed 4 Jan. 2013).
- [3] 兵頭, 2013. 植物水分蒸散量の計測方法および装置, 公開特許広報, 特開2013-050444, 特許庁.