

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2年度目となる平成25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、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蒸散量計測技術の開発に取り組んだ。

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2年度目となる平成25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、時々刻々増加する結露量を連続して測定するための測定デバイスの試作開発に向けた検討を行った。その基本的原理は既に特許出願済みであり、冷却された導光路を通過する光量が、その導光路表面に結露する水滴によって減少する状況を、PSD（半導体位置検出器）を用いて検出・数値化するものである。

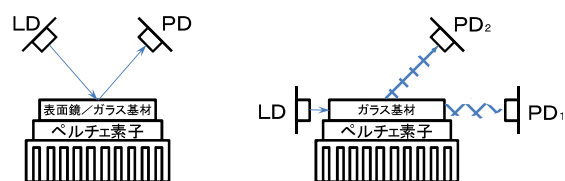
2. 開発検討の方法

図1 (a)は、従来からある露点計の基本原則を示している。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、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、露点が上昇することになる上、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、この研究では、図1 (b)に示す構造の計測デバイスを提案している^{[2] [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。そして、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。さらにこの方法は、従来の露点計の様に温度を細かく制御する必要はなく、ただ結露し続ける程に冷却するだけで良い、という特長も併せ持つ。

本年度の取組みにおいては、提案デバイスの実現に向けた課題の検討を簡単化するため、冷却部と検出部とに分けて試作検討を行った。



(a) 露点計の基本構成 (b) 新規開発品の基本構成

図1 新しい計測デバイスの基本構成

3. 結果と考察

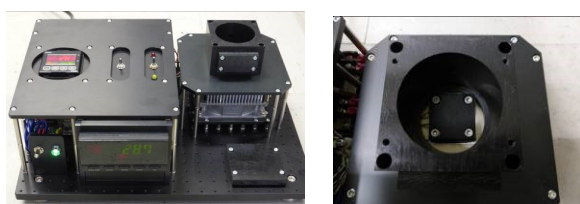
3.1 冷却部の機能検討

冷却部の機能を検討するため、図2に示す実験評価治具を製作した。

この治具は、内部にペルチェ素子(最大定格;15.7V、3A)を使用した冷却チャンバがあり、温調ユニット(図2(a)中の左側の表示パネル部分)で制御しながら冷却チャンバ内の底面を急激に冷却する機能を持っている。

定量的な評価は実施していないが、例えば実験室の通常の雰囲気内(気温26.8℃、相対湿度51%)でこの治具を使用し、0℃に向けて急激な冷却を行った結果、冷却チャンバ底部に緑葉から蒸散する水分が結露することを確認した(図2(b)を参照)。

しかし、短時間で結露を促すためには急激に露点以下まで冷却することが必要であり、それには大きな電力を要することが課題として確認された。



(a) 治具全体 (b) 冷却チャンバ内部

図2 冷却部の実験評価治具

3.2 光検出部の機能検討

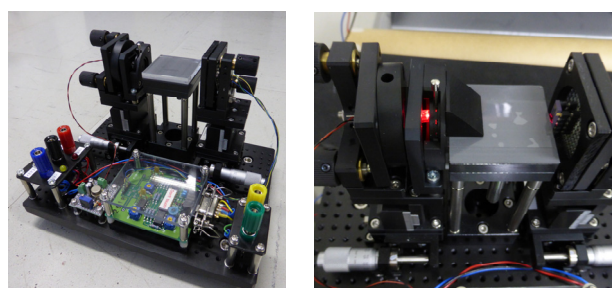
光検出部の機能検討を行うため、図3に示す実験評価治具を製作した。図1(b)に示した基本構成では2つの光検出器を用いているが、実際の治具製作では構造の簡単化のため、1つの半導体位置検出素子(PSD)を用いた。用いたPSDは、浜松ホトニクス(株)製の1次元PSD S3932^[4]である。また、光量検出用の電子回路には、連続点灯光を利用するものと、パルス点灯光を利用するものの2種類を用いてみた。それぞれの回路は浜松ホトニクス(株)製の1次元PSD信号処理回路C3683-01^[5]と同C5923^[6]であるが、前者の試作例を図3(a)に示している。

図3(b)は、実験時の光学部材の部分のみを表示している。光路となるガラス基材には、普通に入手可能なカバーガラスを使用した。その仕様は、材質;硼硅酸ガラス、アッペ数;56±2、厚さ;0.12~0.17mm、寸法:24mm×40mm、屈折率;1.5255±0.0015であった。

図4は、評価実験の結果例を示している。この結果

例は、一次元PSD信号処理回路による検出電圧の記録を始めてから約5秒後にガラス基材を冷却スプレーで約5秒間冷却して結露させ、その時の検出電圧の推移を示したものである。

この図から、冷却の前後でPSDが検出する見かけの光位置が変化することが理解できる。この変化には、結露によって生じる効果が含まれていることは言うまでもないが、冷却スプレーによるガラス基材の冷却は予期せぬところも冷却する可能性が拭い去れないなど、現段階では検出結果に含まれる誤差要因となるものを完全には排除しきれていない。従って今後、冷却スプレーが与える影響なども十分に考慮した上で、結露量とPSDが検出する見かけの光位置との関係性を評価する考えである。



(a) 外観 (b) 光学部材部分

図3 光検出部の実験評価治具

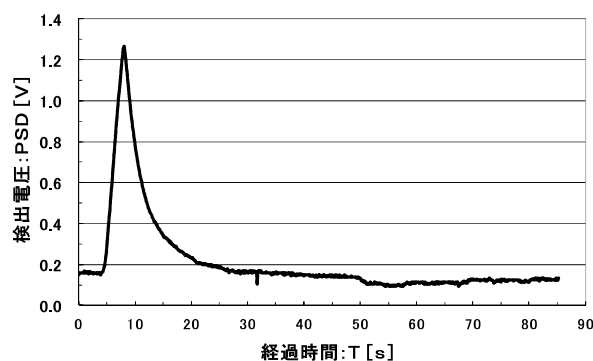


図4 1次元PSD信号処理回路による検出電圧の推移

4. 結言

この研究事業では、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2年度目として、冷却された導光路を通過する光量が、その導光路表面に結露する水滴に

よって減少する状況を、PSD（半導体位置検出器）を用いて検出・数値化する方法などについて検討を行った。

この結果、計測用チャンバの底面を急速冷却することで、緑葉から蒸散する水分を結露させることが可能であること、導光路表面に結露する水滴によって、導光路を通過する光量に変化が生じること、などが示唆された。

今後は、冷却部と光検出部とを結合させ、最終的な測定器として完成することを予定している。

参考文献

- [1] 野並, 2001. 植物水分生理学, pp. 236–257.
- [2] 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.
- [3] 兵頭, 2013. 高感度な植物蒸散量計の開発, 平成24年度 長崎県工業技術センター研究報告, No. 42, pp. 24–26, 長崎県工業技術センター, 2013. 8.
- [4] 浜松ホニクス(株), 1次元PSD S3931, S3932, S3670、
<http://www.hamamatsu.com> (Accessed 19 Dec. 2011).
- [5] 浜松ホニクス(株), 1次元PSD信号処理回路 C3683-01、
<http://www.hamamatsu.com> (Accessed 19 Dec. 2011).
- [6] 浜松ホニクス(株), 1次元PSD信号処理回路 C5923、
<http://www.hamamatsu.com> (Accessed 19 Dec. 2011).