

茎熱収支法による茎内流量測定に関する研究 - 大豆への適用 -

Study on Sap Flow Measurements by Stem Heat Balance Method -Application to Soybean Crop-

○坂口朋軌*・榊井和朗**・下田代智英**・竹内真一***・黒川躍道*

SAKAGUTI Tomoki, MOMII Kazuro, SHIMOTASHIRO Tomohide, TAKEUCHI Shin-ichi, KUROKAWA Yakudo

1. はじめに

蒸発散量は、灌漑分野における作物消費水量の評価に重要であり、種々の推定法及び測定法が提案されている。本研究では、茎熱収支法¹⁾により茎内流量を測定し、蒸散量を求める方法について、ポット栽培の大豆を対象に、測定精度、測定上の課題及び改良点について検討を加える。

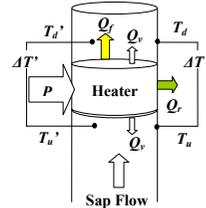


図-1 茎熱収支

2. 茎熱収支法

ヒータにより定常的に加熱した茎部において、茎断面方向に温度分布を一様と仮定すると、図-1に示すように、茎に装着したヒータからの熱量P (W)は、茎内流によって輸送される熱量Q_f (W)、茎の上下方向に伝導する熱量Q_v (W)、及び放射方向への熱損失Q_r (W)に分けられ、次の熱収支式が成り立つ¹⁾。

$$P = Q_f + Q_r + Q_v \tag{1}$$

茎内流により輸送される熱量Q_fは加熱部に流入流出する水の温度差 $\Delta T = T_d - T_u$ の関数として、

$$Q_f = C_p F \Delta T \tag{2}$$

ここに、C_p：水の比熱 (4.186J g⁻¹K⁻¹)、F：茎内流量 (g s⁻¹)、T_d, T_u：ヒータ上下の温度(K)である。

3. 実験材料と方法

茎内流測定には、ダイナゲージ(SGB9, Dynamax)を用いた。茎内部の温度測定には、銅・コンスタンタン熱電対(直径0.1mm)を茎内部に挿入し、図-1のT_d'、T_u'を測定した。実験はガラスハウス内で大豆(*Glycine max*) (茎直径0.8cm, 実験日2010年9月8

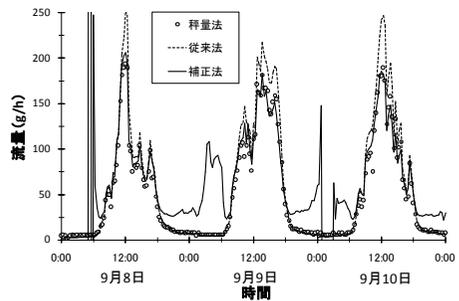


図-2 茎熱収支法による茎内流量と秤量法による流量の時間変化

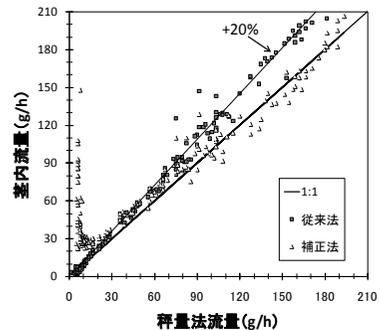


図-3 従来法と補正法の比較

日～9月10日)を用いて行った。表面蒸発を防ぐためにポット全体をビニールで被覆した。比較のため、ポットの重量変化を電子天秤(感度0.5g)により測定(秤量法)した。解析に使用したパラメータは、ゲージ係数0.965 W K⁻¹、熱伝導率0.54 W m⁻¹ K⁻¹である。

* 鹿児島大学大学院 農学研究科 (Graduate School of Agriculture, Kagoshima Univ.)

**鹿児島大学 農学部 (Faculty of Agriculture, Kagoshima Univ.)

***南九州大学 環境園芸学部 (Env. Horticulture, Minami Kyushu Univ.)

キーワード 茎熱収支法, 秤量法, 茎内部温度差

4. 結果と考察

図-2には、秤量法による流量，茎熱収支法による茎内流量（以下，従来法），茎熱収支法の式(2)に茎内部の温度差 $\Delta T'$ を用いて補正した茎内流量（以下，補正法）の時間変化を示す。従来法は，夜間の低流量では秤量法に近い値を示すが，日中の流量を20%程度過大評価する傾向がある（図-3）。一方，補正法では日中の流量変化を概ね再現している。ただし，補正法では，夜間においては，秤量法と異なる値を示した。

図-4には，茎表面温度差 ΔT と，茎内に挿入した熱電対により測定した茎内部温度差 $\Delta T'$ の時間変化を示す。日中，内部の温度差 $\Delta T'$ は表面に比べて約1.2倍となった。これは，日中の高流量の場合，茎表面の温度測定では，茎内部の導管内の水輸送に基づく温度変化を正確に捉えていないためと考える。

低流量時の補正法と秤量法との相違を解消するために，従来法と補正法を組み合わせる方法を検討する。

図-5に式(1)の P , Q_r , Q_v , Q_f と日射の時間変化を示す。茎内流により輸送される熱量 Q_f と熱損失量 Q_r は，熱量 P に占める割合の変化が大きい。そこで， Q_f が Q_r より卓越する $Q_f \geq Q_r$ の場合には補正法，一方， $Q_f < Q_r$ の場合には従来法を用いる方法（組み合わせ法）を適用する。図-6に組み合わせ法の結果を示す。組み合わせ法は，秤量法による流量の時間変化とほぼよく一致している。また，図-7に示すように，流量 100g/h以上では補正法と秤量法は概ね 1:1 の関係にあり，流量 100g/h以下では補正法と従来法の両者により，1:1 に近い関係にある。

5. まとめ

茎熱収支法を用いた大豆の茎内流量測定において，茎表面の温度差に基づく従来法は，秤量法と比較して日中の高い流量を過大に評価する傾向がみられた。一方，夜間の低い流量では秤量法に近い値を示した。茎内部温度差を利用した補正法を熱収支項（熱量 Q_f と Q_r ）の大小に応じて従来法と組み合わせることにより，秤量法による蒸散量の時間変化と概ね一致する結果を得た。

参考文献

- 1) Grime, V. L., Morison, J. I. L, and Simmonds, L. P.: Including the heat storage term in sap flow measurements with the stem heat balance method. *Agricultural and Forest Meteorology*, **74**, 1-25 (1995)

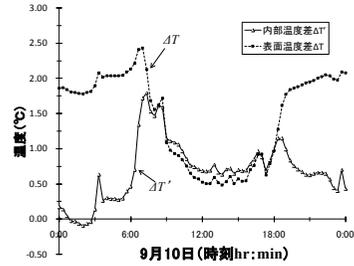


図-4 表面温度差 ΔT と内部温度差 $\Delta T'$

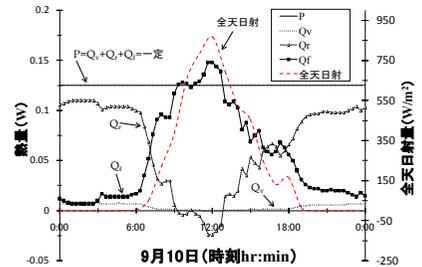


図-5 熱収支項及び日射の時間変化

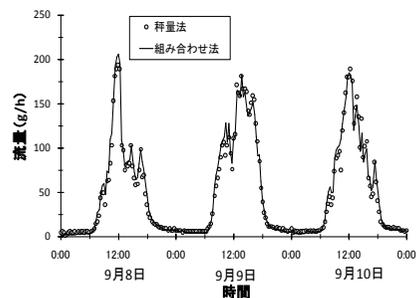


図-6 組み合わせ法による茎内流量と秤量法による流量の時間変化

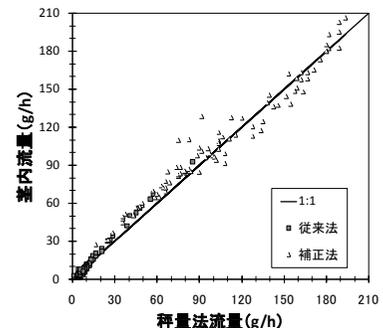


図-7 組み合わせ法と秤量法の比較