

土壌の湿潤度と植物の限界蒸散量との関係について

Relationship between the soil wetness and the critical transpiration rate of a plant

○青天目 匠, 高橋良典, 伊藤貴之, 原 道宏

○Takumi Nabatame, Yoshinori Takahashi, Takayuki Ito, Michihiro Hara

岩手大学

Iwate University

キーワード: 体積含水率(volume water content), 蒸散量(transpiration rate), 日蒸散量(transpiration rate per day), 限界蒸散量(critical transpiration rate), 限界湿潤度(critical soil wetness)

連絡先: 〒020-8550 盛岡市上田 3-18-8 岩手大学 農学研究科 農林環境科学専攻 環境制御工学研究室

青天目 匠, Tel.&Fax.:(019)621-6123, E-mail:a3206023@iwate-u.ac.jp

1. はじめに

植物の生育には、一生で、乾物重の数百倍の水を必要とする。植物は根から吸収した水を、光合成や植物体の形成のために使い、葉の気孔を通して、水蒸気として排出している。土壌中に十分な水分があると、植物は水ストレスを感じることなく、十分な水分を吸い、気孔から水蒸気として排出するが、十分な水分が得られないと、水分の蒸散を防ぐために気孔を閉じてしまう。気孔を閉じると水分の蒸散が防がれるが、同時に二酸化炭素の吸収も減少し、光合成が停滞して生育に支障をきたす。

そこで、植物の生育に十分な土壌湿潤度がわかれば、植物への過剰な水分の供給を防ぎ、かつ土壌を適切な湿潤度に保つこと

ができる。本研究では、グロースチャンバにより植物の外的環境の日変化パターンを一定にした状態での、土壌の湿潤度と、植物体の水分の蒸散量との関係について調べ、土壌湿潤度と植物からの水分の蒸散量との関係性についての考察をおこなった。

2. 実験材料

2-1 供試材料

- 水ナス (Solanum melongena L、ミズナス)
- 赤玉土 (赤玉土)
- 化成肥料 (アルゴフラッシュ、液状複合肥料 株式会社アルバテイオ)
- 消石灰

2-2 実験装置及び場所

- ・ デジタル天秤 (61kgMax1g 分解能、A&D 社)
- ・ 精密天秤 (電子分析天秤、島津 AUW320、32gMax、0.1g 分解能)
- ・ データロガー (CR-10)
- ・ ポット (25cmφ、50cm 長)
- ・ 通風式温湿度計
- ・ 日射計
- ・ バッテリー (12V) (NVD23R、NISSEKI)
- ・ 岩手大学農学部太陽光利用温室 (冬季は暖房使用)
グロースチャンパー (農学部 1 号館 422 号室)

3. 実験内容

3-1 実験準備

ポット (25cmφ、50cm 長) に赤玉土 (小粒)、消石灰、化成肥料を入れ、水ナスを植え、腰水により十分に土壌を湿潤し、太陽光利用温室内で生育した。

3-2 実験方法

3-2-1 グロースチャンパー内における測定

育てた水ナスを、外的環境の日変化パターンを一定に保ったグロースチャンパー内に移し、通風式乾湿度計、日射計、およびデジタル台秤をデータロガーにつなげ試供体の重量を 1 分毎に計測し、その 30 分毎の平均値を求め記録した。なお、ここでの重量減少は植物の蒸散量とみなしている。

外的環境の日変化パターンは一定に設定しているが、実態を知るために、乾球温度、湿球温度、相対湿度、日射量も同時に計測した。また、計測開始前に腰水により土壌を十分に湿潤し、その後重力水を排水してから蒸散試験を行った。なお、土壌表面からの蒸発を出来る限り防ぐために、発泡スチロール板で土壌表面を覆った。

外的環境の日変化パターンは、グロースチャンパー内の温湿度を日中 26.6℃、60%、夜間は 16.9℃、80%、放射量を日中 30.7klx、夜間 0klx に保ち、昼夜の境は放射においては 1 時間、温湿度においては 2 時間かけて昼夜が変化するように設定した (表 1)。

測定は 2006 年 7 月 23 日から 2006 年 10 月 2 日にかけて、1 計測期間を 10 日程度として 5 回行った。なお、測定作業の都合上、毎日 18 時をグロースチャンパーにおける暗期の中央とした。

3-2-2 植物体の解析 (表 2)

供試ナスを横八方向から撮影した葉、および 1 枚ごとに撮影した葉、これらを画像解析ソフトウェア (LIA32) を用いて葉面積を測定した。

また、根を水洗いし、表面に付着した余分の水分を除き、メスシリンダ法により根の体積を測定した。その後、全重量の約 1 割を測定用に取り出し、ライン交差法を用いて根長を計測した。なお、一度に広げることは難しかったため数回に

分けて計測を行い、計測する人間の違いによる誤差を小さくするために同じ標本に関しても同様に計測する人間を変えて複数回計測を行った。これと並行して主根を任意の点で抽出してスィックネスゲージ(12.7-0.01mm, Mitutoyo 社)を用いてその太さを計測した。

4. 実験結果および考察

4-1 測定結果からの考察

8月20日から8月29日までの、グロースチャンバー内で測定した供試体の総重量(水ナス+ポット+土+センサー)の経時変化を示す(図1)。測定開始以降、総重量はほぼ階段状に減少している。すなわち、日中は減少が急で、夜間は緩やかである。

放射量と飽差から求められる蒸散量の推定値、蒸散量の測定値、また土壌の含水比、土壌の体積含水率、日蒸散量(毎0時から翌0時までの蒸散量の1日単位の積算値)の8月20日から8月29日の期間の、30分ごとの経時変化(図2)より、蒸散量の測定値(太い実線)と日蒸散量の値(四角)を見ると、8月23日0時までは、蒸散量の測定値が最大で22(g/0.5h)、日蒸散量は約580g/dayで安定している。これは、まだ土壌が十分に湿潤していて、根から十分な水分を吸収し、蒸散に必要な水分が得られるため、このような状態では光合成も順調に起こると考えられる。

しかし、23日の0時以降の蒸散量の測定値と日蒸散量は、蒸散量の測定値の最大値、日蒸散量ともに、徐々に減少している。

これは、土壌中の湿潤度が下がり、十分な水分が吸収できないため、植物体からの水分の蒸散を防ぐため、気孔を閉じてしまっているためと考えられる。このような状態だと、光合成が十分に行われず、植物の成長に支障をきたしてしまうと思われる。

図2の、毎12時の時点での体積含水率の値と、日蒸散量の値のみを表わしたもの(図3)より、体積含水率が約0.17ml/mlまでは日蒸散量の値が安定していることがわかる。しかし、0.17ml/mlを切った付近から、日蒸散量の値が徐々に落ちていることがわかる。

4-2 体積含水率と日蒸散量

体積含水率を横軸に、日蒸散量を縦軸に表わした図4を示す。

土壌が十分に湿潤している間は、日蒸散量が約580g/dayで安定し、体積含水率と日蒸散量の間関係式は、 $y=197\theta+583$ (y :日蒸散量 θ :体積含水率)で表される。

土壌の湿潤度が落ちてきて、日蒸散量が落ち始めたときの体積含水率と日蒸散量の間関係式は、

$$y=572+\overset{4900}{\cancel{4900}}(\theta-0.167)$$

y :日蒸散量(g/day) θ :土壌の体積含水率(ml/ml)

で表される。この式から、体積含水率が 0.01ml/ml 落ちると、日蒸散量では、約 50g 減少すると言える。

次に、実験結果より供試体のナス個体の蒸散に支障が出た土壌の体積含水率が 0.17ml/ml を切った時の、水分張力との関係を示す（図 5）。

供試体のナス個体の蒸散に支障が出た体積含水率は、0.167ml/ml から

0.09ml/ml の範囲であり、水分張力では、約 780cm から 1030cm となり、この図はその範囲を表している。この水分張力は毛管連絡切断含水量（ $pF=2.7$, $h=500cm$ ）を越える領域であり、既往の知見と矛盾しない。¹⁾

参考文献

1)渡部一郎（編）：農業環境実験法，サイエンスハウス，152-168

表 1 グロースチャンパー内環境の日変化

	昼 (12h)	夜 (12h)
放射量(klx)	30.7	0
気温(°C)	26.6	16.9
相対湿度(%)	60	80
風速(m/s)	0.7	0.7

表 2 供試したナス植物体の形態計測

横から見た葉面積の平均(cm ²)	AWH	550	
全 80 枚の葉一枚あたりの面積の合計(cm ²)	AWT	1681	
根の体積(ml)	V	150	
根の全長(m)	L	991	
V/L から求められる根の平均断面積(mm ²)	a	0.151	
V/L から求められる根の平均直径(mm)	d	0.423	
根の太さの範囲(mm)	最小	d _{min}	0.27
	最大	d _{max}	1.440
根の断面積の範囲(mm ²)	最小	a _{min}	0.075
	最大	a _{max}	1.163

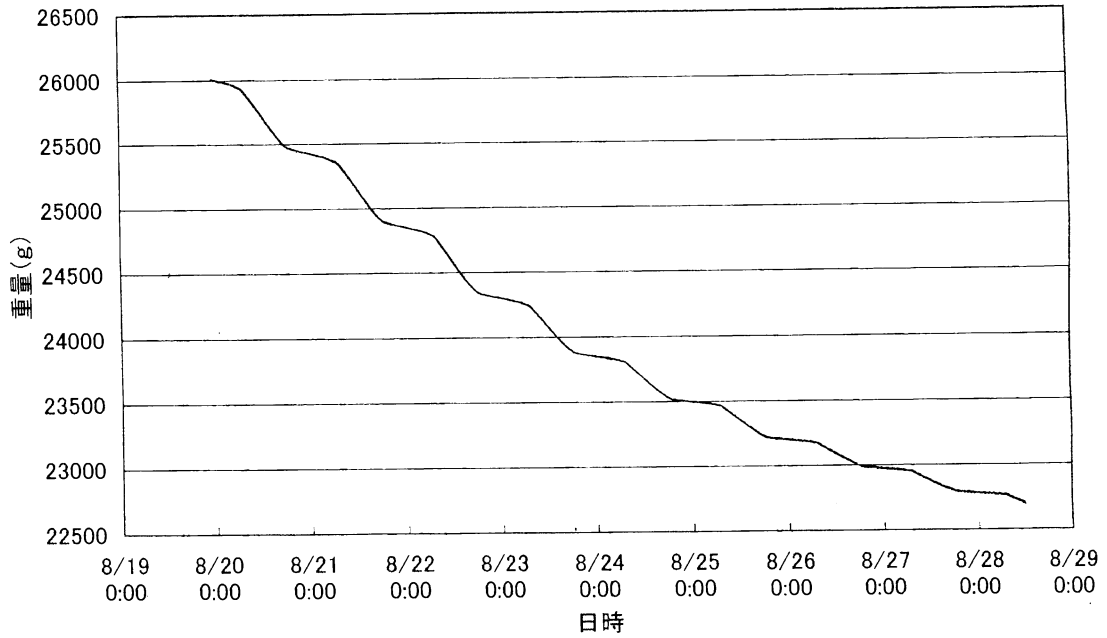


図1 重量の経時変化

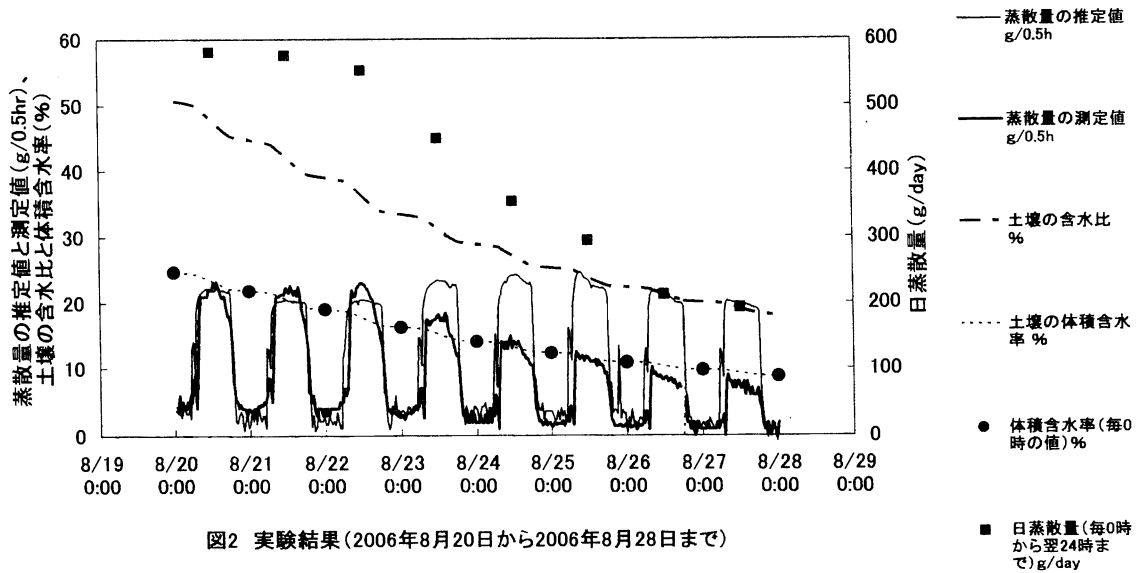


図2 実験結果(2006年8月20日から2006年8月28日まで)

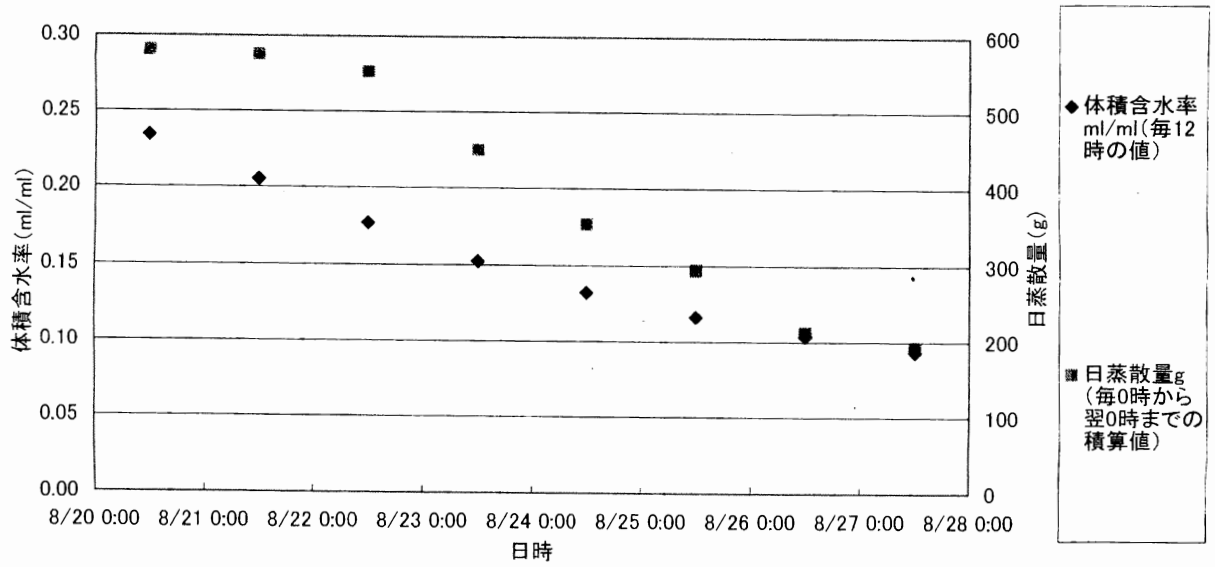


図3 体積含水率と日蒸散量の経時変化

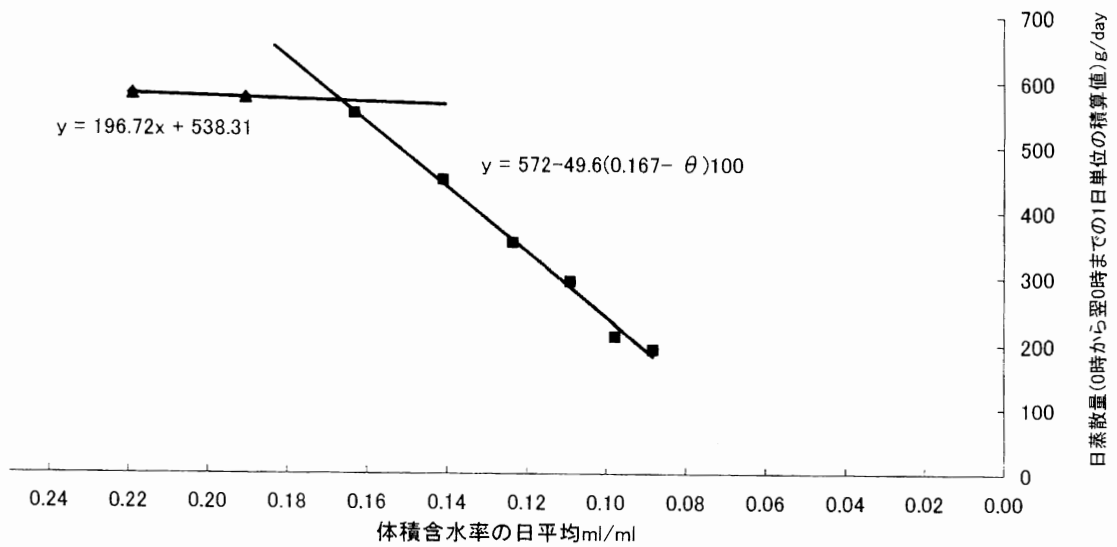


図4 体積含水率と日蒸散量の関係

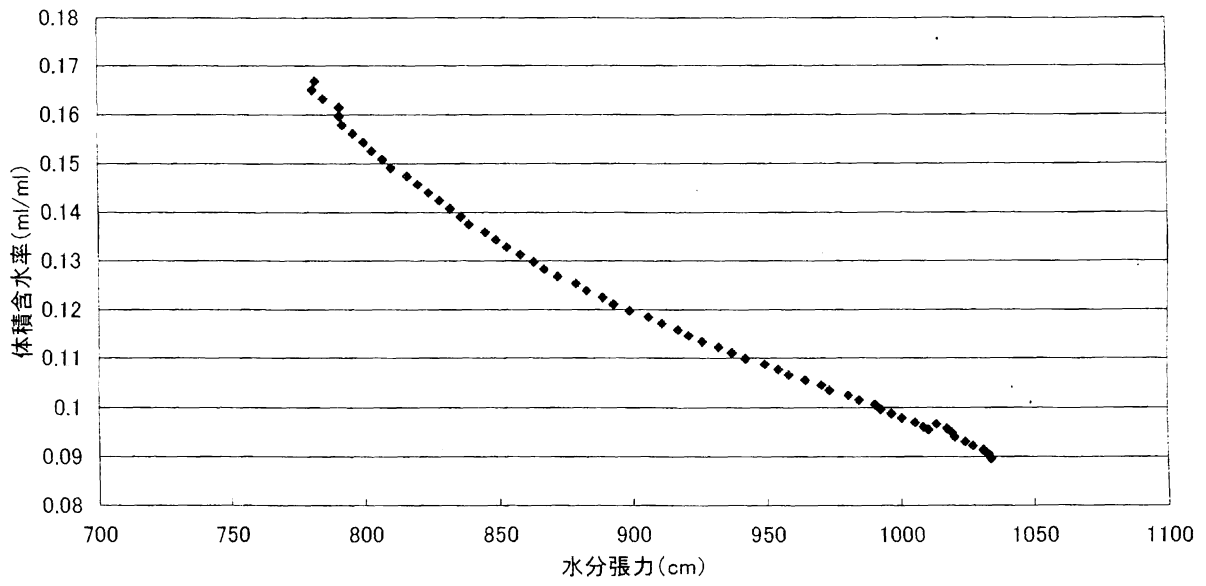


図5 供試体のナス個体の蒸散に支障が発生した範囲の体積含水率と水分張力の関係