

## 水の葉面噴霧がトマトの根の伸長に及ぼす影響

誌名	農業氣象
ISSN	00218588
著者	小沢, 聖
巻/号	45巻1号
掲載ページ	p. 19-23
発行年月	1989年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター  
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



# 水の葉面噴霧がトマトの根の伸長に及ぼす影響

小 沢 聖\*

(東京都小笠原亜熱帯農業センター)

Effect of Foliar Mist Spraying on Root Elongation of Tomato Plants

Kiyoshi OZAWA\*

( Ogasawara Subtropical Agricultural Experiment Center  
of Tokyo Metropolitan Government  
Chichijima (Bonin)-island, Tokyo 100-21, Japan )

On the Ogasawara Islands, located in the subtropical region, tomatoes are usually sown in late summer. Because fruit-set in the lower clusters are disturbed by plant-water-stress, studies were conducted to improve them; these experiments showed that plant-water-stress was relieved throughout the daytime by mist-spraying at 15:00 for nine days.

Two experiments were carried out to determine the effects of mist-spraying on root elongation. In the first experiment, seedlings of the cultivar 'kyoryoku-Sasuga' sown on August 1, 1987, were transplanted to the field on September 2. The four plots received the following treatment: Plot A was not mist-sprayed; Plot B was mist-sprayed at 9:00; Plot C was mist-sprayed at 12:00; Plot D was mist-sprayed at 15:00. Mist-spraying was done continuously from September 3, daily except on September 8. Plant-water-stress in Plot B and D decreased immediately after the mist-spraying on September 10. In Plot D, plant-water-stress also decreased substantially in the forenoon. Diurnal variation of plant-water-absorption was measured on September 11. Plant-water-absorption decreased immediately after mist-spraying in Plot D than in Plot C.

In the second experiment, plants were cultivated in root containers. Seedlings and treatments were the same as those in the first experiment. The effect of the mist-spraying on daily variation in root growth was investigated on September 11. In Plot A and B, root growth was depressed before dawn and during the daytime. In Plot D, root growth was promoted immediately after the mist-spraying. Root growth over twenty-four hours on September 11 increased in the following order: Plot D > C > B > A.

Promotion of root growth by mist-spraying at 15:00 indicates that the soil mass occupied by the plant increases; i.e., the plant's ability to absorb water increases. Thus it is likely that the reduction in plant-water-stress in the forenoon is due to an increase in water absorbing ability.

**Key words:** Mist-spraying, Plant-water-stress, Root elongation, Subtropical, Tomato.

**キーワード:** 亜熱帯, トマト, 根長, 葉水分ストレス, 葉面噴霧

## 1. はじめに

亜熱帯に位置する小笠原では、野菜類は主に冬期の端境期に内地出荷を狙って栽培されている。トマトは通常

8月下旬から9月にかけて播種し、野外でポット育苗し、露地に定植後、保温せずに翌年4月まで収穫する。しかし、この作型では低段位花房の着果が不良で、この原因として、開花日の水ストレスにより、着果に光合成生産物がうまく利用できないためと推察された(小沢, 1986)。

前報(小沢, 1988a)では、水を定時的に葉面に噴霧する実験により、定植後に夕刻の水ストレスを低下させることが着果の改善に有効なことを明らかにし、この現象

昭和63年4月13日 発表

昭和63年11月8日 受理

\*現在: 東京都農業試験場江戸川分場

\* Present address: Edogawa Branch, Tokyo Metropolitan Agricultural Experiment Station  
1-133 Shishibone, Edogawa-ku, Tokyo 133, Japan

に基づき実用的な着果対策を検討した。この実験の中で注目される反応として、15時に水の葉面噴霧処理を5日間継続したところ、日中の水ストレスも軽減され、さらに、噴霧処理解除後の着果も大きく改善された。このことから、継続的な水の噴霧処理は作物体に水ストレスを軽減させる何らかの生理機能を付与するものと考えられた。

水ストレスを軽減させる要因は種々あるが、一般に、小笠原で高温期に栽培される作物の水ストレスは、根の伸長促進により著しく軽減される(小沢, 1984; 小沢, 1988 a; 小沢, 1988 b)。そこで、異なる時刻の水の葉面噴霧が、作物体の体内水分、吸水速度ならびに根の伸長速度に及ぼす影響を検討した。その結果、新たな知見を得たので報告する。

## 2. 材料および方法

本研究は2つの実験から構成され、東京都小笠原亜熱帯農業センター試験圃場で実施した。両実験とも、1987年8月1日に播種し野外育苗したトマト(品種‘強力さすが’)の苗を、9月2日に定植し材料とした。定植時の苗は、草丈32.7 cm、展開葉数6.3枚で、第1花房がわずかに確認できる生育ステージであった。

### 2.1 水の葉面噴霧時刻が葉水分ポテンシャルと吸水速度の日変化に及ぼす影響に関する実験

鉄骨ビニルハウス内の幅120 cmベッドに、株間40 cm、条間45 cmで3条に苗を植え、高さ60 cmの直立支柱に誘引した。各株元に定植時に2 lかん水し、その後は無かん水とした。施肥はN, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>Oとも各成分2.0 kg/aとして、深さ25 cmまで全層に混和した。

定植後、葉面への水の噴霧が葉水分ポテンシャルと吸水速度の日変化におよぼす影響を検討した。このために、噴霧時刻別に9時、12時、15時のそれぞれの噴霧区と無処理区の合計4実験区を設けた。葉面への水の噴霧は、展着剤ネオオステリンを0.03%混ぜた水道水を噴霧機で、設定した時刻の15分前と15分後の2回に分けて、葉面から水がしたたり始めるまで噴霧した。噴霧処理は定植翌日の9月3日から始め、降雨により蒸散が少ないと思われた9月8日を除いて毎日継続した。各実験区とも、1区12株と9株の2区制として、合計21株を供試した。乾球と湿球温度は地表面から50 cmの高さでサーミスター温度計を用いて、また、日射量はエコー日射計を用いて測定した。

9月10日に各実験区の葉水分ポテンシャルの日変化を比較した。プレッシャーチャンバー法(荒木・五島, 1987)により、7時30分、8時30分、10時30分、13

時30分、16時30分および17時30分の各時刻に、上位から3枚目と4枚目の展開葉の陽の良く当たる中位の小葉を各処理から合計4ないし7枚サンプリングして、葉水分ポテンシャルを測定した。一連の測定には約30分を要するため、実際の測定は設定時刻の約15分前に開始し、各実験区一葉ずつ順次測定した。葉水分ポテンシャルが安定する早朝と夕刻にはサンプル葉数を減らし、日中には増やした。実験終了時の葉身の面積は、1個体680から720 cm<sup>2</sup>であり、テンシオメータで測定した深さ20 cmの土壌水分はpF 1.60であった。

9月11日に、櫻谷(1983)の方法に従って、着脱が自由な蒸散流測定プローブを茎の地上約3 cmの位置に装着し、茎熱収支法により吸水速度の日変化を測定した。葉面に噴霧した水の蒸発と体内からの蒸散との混同を避けるために、ここでは吸水速度として表わした。12時噴霧区、15時噴霧区および無処理区のベッド中央の列に定植した代表的な1株を測定に用いた。記録計の点数の都合で、9時噴霧区は測定できなかった。吸水速度は次式(櫻谷, 1983)により計算した。

$$F = \frac{Q - 0.54 A \left[ \frac{(T_u - T_u') + (T_d - T_d')}{\Delta x} \right] - k \Delta T}{4.18 (T_d - T_u)} \quad (1)$$

$$k = \frac{Q - 0.54 A \left[ \frac{(T_u - T_u') + (T_d - T_d')}{\Delta x} \right]}{\Delta T} \quad (2)$$

ここで、Fは吸水量(g/s)、T<sub>d</sub>とT<sub>u</sub>は茎をとりまく円筒状の熱源のそれぞれ上と下の点x<sub>3</sub>、x<sub>2</sub>での茎の表面温度[℃]。T<sub>d</sub>'とT<sub>u</sub>'はx<sub>3</sub>とx<sub>2</sub>からそれぞれΔx(m)上と下の点x<sub>4</sub>とx<sub>1</sub>の茎の表面温度[℃]。ΔTは熱源の内側と外側の温度差[℃]。Aはプローブを装着した茎の断面積[m<sup>2</sup>]。Qは熱源に加えた熱量[W]。kはF=0のときに実験的に求められる熱源の定数[W/℃]。実際の測定では、茎をとりまく熱源の幅を10.0 mmとし、熱源の中心からx<sub>2</sub>とx<sub>3</sub>までをそれぞれ7.0 mm、Δxを2.0 mmとした。Qは0.12から0.13 Wに調節した。9月11日の2時から2時30分の読取値を、無風状態であったことから、F=0と仮定して熱源の定数kを算出した。Aは34×10<sup>-6</sup>から36×10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>であった。データは、10 mVフルスケールの電位差記録計に直流増幅器を接続して、250 μVフルスケールとして記録した。

### 2.2 水の葉面噴霧時刻が根の伸長速度の日変化におよぼす影響に関する実験

横30 cm、幅15 cmで深さ45 cmまで土壌を充てんしたアクリル製のルートボックスに各1株苗を定植して、ハウス内で管理した。2.1と同様に、9時、12時、15

時のそれぞれの噴霧区と無処理区を設定し、充てん土壌には、細粒赤色土 50%, 沖積土 25%, 堆肥 25%を混ぜて用いた。各実験区とも 4 株供試した。定植 9 日後の 9 月 11 日の 6 時から 24 時間、3 時間ごとに、北側の透明アクリル製壁面を通して見られる根群全体を、スケールとともに白黒フィルムで写真撮影した。後に、写真を実物の約 4 分の 1 の大きさに引き伸ばし、伸長状況が継続的に追跡可能な根の長さを 3 時間ごとの写真から、エリアカーブメータで測定し、根の伸長速度の日変化を求めた。さらに、総根長を撮影開始時 (9 月 11 日 6 時) と終了時 (9 月 12 日 6 時) の写真から同様に測定し、24 時間の総伸長量を求めた。ここで、根の伸長速度の日変化の求め方と 24 時間の総伸長量の求め方が異なるため、本実験では両者を直接比較できなかった。1 つのルートボックスの壁面に見られた根の数は、細根まで含めると多いものでは 120 本にも及んだ。しかし、これらの根のうち伸長していた根はごく一部で、さらに、根端が壁面から隔れて継続的に追跡できない根もあった。したがって、伸長状況を 24 時間継続して追跡できた根の数は 4 株合計で、無処理区が 14 本、9 時噴霧区が 6 本、12 時噴霧区が 15 本、15 時噴霧区が 15 本であった。

土壌水分の測定はテンシオメータのポーラスカップを、あらかじめ 9 時噴霧区の深さ 20 cm および 30 cm に埋設し、実験終了後の 9 月 12 日に注水し、マノメータと接続して行った。指示値が安定した 9 月 13 日 7 時の測定値は、深さ 20 cm および 30 cm でそれぞれ pF 2.56, pF 2.30 であった。

### 3. 結 果

1987 年 9 月 10 日と 11 日は Fig. 1 に示すように、日射量、気温、湿球温度とも典型的な快晴日の日変化を示

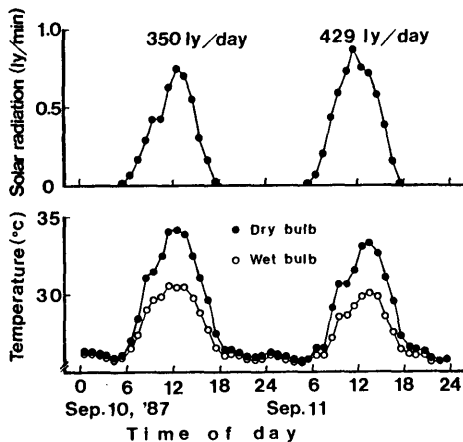


Fig. 1. Meteorological data over the experimental period.

し、水の葉面噴霧処理に対する作物の反応を調べるのに適した環境条件であった。

#### 3.1 水の葉面噴霧時刻が葉水分ポテンシャルと吸水速度の日変化に及ぼす影響

9 時、12 時、15 時の噴霧区および無処理区の葉水分ポテンシャルの日変化を Fig. 2 に示す。すべての処理区で 13 時 30 分に葉水分ポテンシャルは最も低く、朝夕で高かった。処理間の差は 7 時 30 分と 13 時 30 分では認められなかった。しかし、8 時 30 分では無処理区で低く、15 時噴霧区で高かった。10 時 30 分では 12 時噴霧区と無処理区で低く、15 時噴霧区では 9 時噴霧区 (噴霧処理直後) より高かった。16 時 30 分では無処理区で最も低く、噴霧処理直後である 15 時噴霧区で最も高くなった。17 時 30 分では 15 時噴霧区で高かったほかは明らかな差は認められなかった。1 日を通して、無処理区では低い値を、15 時噴霧区では高い値を示し、t 検定の結果、両処理間には、朝から 13 時 30 分までは 5% レベルの、1 日を通しては 0.5% レベルの有意差が認められた。

12 時、15 時の噴霧区および無処理区の吸水速度を示したのが Fig. 3 である。各区の吸水速度とも日中に高く朝夕に低くなった。12 時、15 時噴霧区とも水の葉面噴霧処理により、処理時の吸水速度は低下し、この低下は 15 時噴霧区で著しかった。

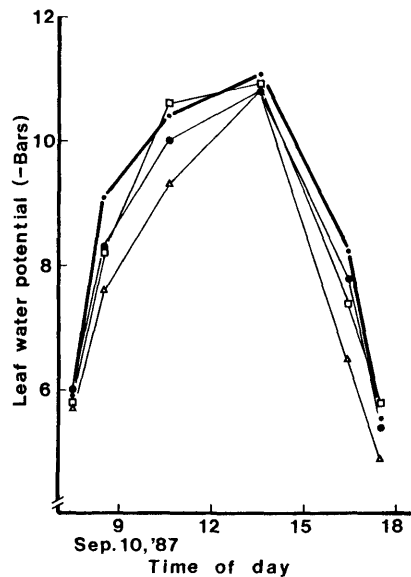


Fig. 2. Effects of mist spraying on diurnal variations of leaf water potential.

- Control
- Mist spraying at 9 o'clock
- Mist spraying at 12 o'clock
- △ Mist spraying at 15 o'clock

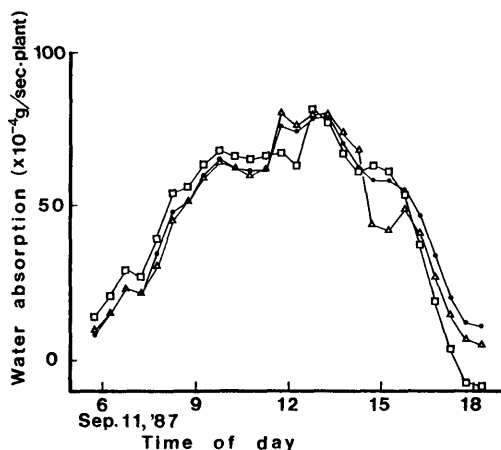


Fig. 3. Effects of mist spraying on diurnal variations of plant water absorption.

- Control
- Mist spraying at 12 o'clock
- △ Mist spraying at 15 o'clock

### 3.2 水の葉面噴霧時刻が根の伸長速度の日変化におよぼす影響

Fig. 4に根の伸長速度の日変化に及ぼす水の葉面噴霧の影響を示した。無処理区での根の伸長速度の日変化は朝方の6時から9時(以下、6-9時のように示す)と夜の21-0時に増加する二山型とみられ、9時噴霧区でも、同様の傾向がみられた。一方、12時と15時の両噴霧区の根の伸長速度は、無処理区と比較して、朝方に低く、午後に高まる傾向がみられた。特に、15時噴霧区では、処理後15-18時に伸長速度が著しく高まり、同時刻の無処理区との間に5%レベルの有意差がみられた。

Table 1に定植10日後の9月12日6時のルートボックスの片側の壁面から観察された総根長と、9月11日6時から24時間の間に伸びた総根長を示す。両者とも無処理区で短く、噴霧処理時刻が遅くなるほど長くなる傾向がみられ、24時間に伸びた総根長で、無処理区と15時噴霧区との間に5%レベルの有意差が認められた。

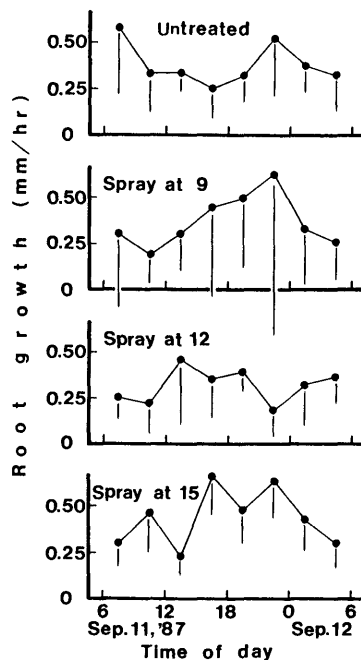


Fig. 4. Effects of mist spraying on daily variations in root extension. Bars show 95% confidence intervals of mean.

## 4. 考 察

Fig. 4の無処理区で、日中に根の伸長速度が低下する傾向がみられた。すでに報告した(小沢, 1987)ように、連続した3日間の測定でも同様の傾向がみられたことから、測定日の環境条件により偶然起ったものではないと考えられる。また、多かん水、遮光、摘葉により水ストレスを低下させると、日中の根の伸長速度が高まる傾向にあった(小沢, 未発表)ことから、水ストレスが間接的に日中の根の伸長速度を低下させていると推察できる。同様とみられる現象として、Huck *et al.* (1970)は棉の根の直径が日中減少することを明らかにし、水ストレスがこの原因であろうと考察している。これらのことか

Table 1. Effects of mist spraying on root length and root growth over a 24-hour period.

Treatment	Root length	Root growth
	( 6:00, Sep. 12 ; ten days after planting )	( 6:00, Sep. 11 - 6:00, Sep. 12 )
	(cm)	(cm · 24 hr <sup>-1</sup> )
Control	104.2	5.2
Mist spraying at 9 o'clock	148.4	8.2
Mist spraying at 12 o'clock	163.6	11.5
Mist spraying at 15 o'clock	165.1	12.1

らも、水ストレスを強く受けた条件下では、水の葉面噴霧が日中の根の伸長を促進する可能性があると考えられた。

15時噴霧区では、水の噴霧処理直後に吸水速度(蒸散速度)が低下したこと( Fig. 3), 処理時刻以降の水ストレスが著しく低下し( Fig. 2), この影響等によって、処理時刻直後に根の伸長速度が促進された( Fig. 4)と考えられる。このため、根の伸長量が増加し( Table 1), 吸水能力も高まり、この結果、午前中の水ストレスが低下した( Fig. 2)と考えられる。

今田ら(1987)は強い水ストレスがトマトの根への光合成産物の転流を抑制すると報告している。本実験では、15時の噴霧により処理時刻直後に水ストレスが軽減されたため、根への転流が促進されたとも考えられる。しかし、根の伸長促進効果の機作については、今後、ホルモン等の影響を含めて詳細に検討する必要があるといえる。

本実験では、夕刻の葉面への水の噴霧は、根の伸長を促進したこと、作物体の吸水能力を高め、水ストレスを軽減する方策のひとつになり得ると考えられた。さらに、作物体の根系が占有する土壌容積の増大も、夕刻の噴霧処理と同様に、夕刻の水ストレスを軽減する(小沢, 1988 a)ことから、根の伸長を促進するものと推察された。したがって、根の伸長促進が夕刻の水ストレスを軽減し、これが、一層、根の伸長を促進するという関係が存在するものと思われた。

## 5. ま と め

高温期の小笠原でトマトを材料として、水の葉面噴霧を処理時刻をかえて9日間継続したところ、15時処理区で夕刻の水ストレスばかりか午前中の水ストレスも大きく軽減された(小沢, 1988 a)。この原因として、作物体の吸水機能を高める生理的な反応が存在すると思われた。そこで、水の葉面噴霧時刻が根の伸長に及ぼす影響を検討した。

1) 葉水分ポテンシャルに及ぼす影響を7日間噴霧処理を継続して追試した。その結果、15時噴霧区で処理直後の水ストレスばかりでなく、午前中の水ストレスも大きく軽減された。

2) 同じサンプルを用いて作物体の吸水速度を測定したところ、15時噴霧区では、12時噴霧区に比べて噴霧処理直後に吸水速度が著しく抑制された。

3) 根の伸長速度の日変化をルートボックスを用いて測定したところ、無処理区と9時噴霧区では朝方から夕刻にかけて抑制されたものの、特に、15時噴霧区では処理直後に著しく高まった。

4) 同じサンプルを用いた実験で、ルートボックス壁面に現れた総根長は、無処理区で短かく、噴霧処理時刻が遅くなるほど長くなる傾向があった。24時間の根の伸長量は、15時噴霧区で増大した。

5) 以上のことから、15時に水の葉面噴霧を継続したことにより、夕刻の水ストレスが低下し、これが処理直後の根の伸長速度を高めたと考えられる。その結果、作物体が占有する土壌容積が増大し、吸水能力が向上したことにより午前中の水ストレスも低下したと推察できた。

## 謝 辞

茎熟収支法の利用にあたり、九州農業試験場畑作部櫻谷哲夫博士に多大な御協力をいただいた。ここに、改めて御礼申し上げる。

## 引用文献

- 荒木陽一・五島 康, 1987: プレッシュチャーチャンバー法のトマト小葉への適用. 園学雑, **56**, 328-333.
- Huck, M. G., Klepper, B. and Taylor, H. M., 1970: Diurnal variations in root diameter. *Plant Physiol.*, **45**, 529-530.
- 今田成雄・穴戸良洋・施山紀男, 1987: トマトの光合成転流, 分配に及ぼす水ストレスの影響. 園学要旨, **62** 秋, 278-279.
- 小沢 聖, 1984: 耕種法による果菜類の早ばつ対策, (第1報) 定植時の摘葉による根の伸長促進. 園学要旨, **59** 秋, 220-221.
- 小沢 聖, 1986: 亜熱帯小笠原におけるトマトの着果に及ぼす水ストレスの影響. 農業気象, **42**, 197-205.
- 小沢 聖, 1987: プリンスメロンとトマトの耐干性の比較と根の伸長時刻の特性. 日本農業気象学会全国大会講演要旨, 88-89.
- 小沢 聖, 1988 a: 水ストレス軽減によるトマトの着果改善. 農業気象, **44**, 7-14.
- 小沢 聖, 1988 b: 作土中の粗土塊の含有率がトマトとプリンスメロンの生育・収量に及ぼす影響. 東京都農業試験場研究報告, **21**, 167-180.
- 櫻谷哲夫, 1983: 蒸発散の測定法(Ⅱ). 農業気象, **39**, 121-123.