

# 根域容量と日射比例給液制御による給液量がトマトの 生育・収量と果実品質に及ぼす影響

吉田 裕一・松野 太樹・新開 礼・後藤丹十郎  
(応用植物科学コース)

## Growth, Yield and Fruit Quality of Tomato as Affected by Root Zone Restriction in Combination with Solar-mediated Fertigation Regime

Yuichi Yoshida, Taiki Matsuno, Aya Shingai  
and Tanjuro Goto  
(*Course of Applied Plant Science*)

岡山大学農学部学術報告 Vol. 96, 37-42 (2007) 別刷

*Reprinted from* THE SCIENTIFIC REPORTS OF THE FACULTY OF AGRICULTURE  
OKAYAMA UNIVERSITY Vol. 96, 37-42 (2007)

## 根域容量と日射比例給液制御による給液量がトマトの 生育・収量と果実品質に及ぼす影響

吉田 裕一・松野 太樹・新開 礼・後藤丹十郎

(応用植物科学コース)

### Growth, Yield and Fruit Quality of Tomato as Affected by Root Zone Restriction in Combination with Solar-mediated Fertigation Regime

Yuichi Yoshida, Taiki Matsuno, Aya Shingai  
and Tanjuro Goto

(Course of Applied Plant Science)

Plant growth and fruit development of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. House Momotaro) grown in different sized plastic pots (root zone volume, RZV, of 250, 500, 1,000 mL/plant) in combination with high or low rate of drip fertigation (HF and LF) were investigated. In the February-sown experiment, the plants were fertigated with standard to half strength of Ohtsuka-A solution in proportion to solar radiation keeping the ratio of drainage to supplied solution as 10 to 20%, in 500mL- and 250mL-RZV for HF and LF, respectively. Stem and leaf growth decreased with decrease in RZV and the fertigation rate. The decreases were not significant in the distal plant part lower than the 4th inflorescence. The average fruit weight was greater in HF than LF and increased with increase in RZV only for HF. The incidence of blossom-end rot (BER) was more frequent in HF compared to LF and increased with increase in RZV only for LF. Consequently, fruit yield increased with increase in RZV for HF, but it decreased with increase in RZV for LF. Total soluble solid content (TSS) was significantly higher in LF than in HF and increased with decrease in RZV. Qualified fruits, called 'fruit tomato' having 8% of TSS or higher, were obtained with 250 to 500mL of RZV in the successive October-sown experiment where the standard solution was supplied throughout. For 'fruit tomato' production with a substrate culture system, root zone restriction, in combination with solar-mediated fertigation control, can be a useful and stable stress factor, reducing shoot and fruit growth, but inducing fruit sugar accumulation and reducing BER incidence simultaneously.

**Key words :** blossom-end rot, drip fertigation, fruit tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill., root zone restriction

## 緒 言

近年、果実の可溶性固形物濃度が10%にも達する高糖度トマトの需要が増大し、有利販売されているが、限られた一部の産地から出荷されているに過ぎない。水分ストレス条件下では、浸透調節のため植物体内の可溶性糖濃度が上昇し、果実中の糖、有機酸や遊離アミノ酸濃度が高くなることが知られており<sup>1,2)</sup>、各地で隔離ベッドや高浸透圧培養液の供給による高糖度トマト生産が試みられている。しかし、十分な糖度の果実を安定的に生産するには、綿密な養水分管理が要求されるため、広く普及するには至っていない。

メロンやミカンなど様々な作物で、根域制限によって積極的に水分ストレスを与え、果実品質を高める栽培技術が開発されているが、一般には、根域制限によって植

物体の栄養生長量や果実などの収量が減少する<sup>4,9,11)</sup>。著者らは、根域制限条件下においても、培養液を高頻度で供給することによって植物の生長速度は比較的高く維持されるが、根域容量が一定水準以下であれば、高頻度で給液して根圏の水分を高く保っても、根域が大きな場合と比較して生育が抑制されることを明らかにした<sup>3)</sup>。

これらのことから、適度な根域容量を選定し、吸収量に見合った養水分を供給することによって、植物体に常に適度な水分ストレスを付与し、地上部の生長速度を一定水準に維持することが可能と考えられた。石上ら<sup>5)</sup>は、同様の考えに基づいてロックウール培地の容量を300mL/株まで制限することによって、高品質のトマト果実を第3果房まで収穫可能であることを示した。大石

Received October 1, 2006

ら<sup>6)</sup>はこれに改良を加えるとともに、蒸発量や培地水分の変動に基づいた給液制御を試みている<sup>7,8)</sup>。

一般に植物の蒸散速度、養分吸収速度と日射量の間には密接な関係があり、イチゴの養液栽培においては日射比例の給液制御を行うことによって養水分の利用効率が向上する<sup>15)</sup>。日射比例制御による養液栽培はオランダを中心に海外では以前から実用化されており、著者らが開発した日射比例給液制御システムは、すでにイチゴで実用性と安定性が実証されている<sup>14)</sup>。現在では安価な日射比例給液制御装置も市販されており、これを用いてトマトの蒸発散量に応じた養水分を供給することにより、根域制限によって生じる過剰の水ストレスを回避するとともに適度な水ストレス状態を維持することが可能と考えられた。そこで、簡便な栽培管理が可能な高糖度トマト生産のための養液栽培システム開発を目的として、根域容量と日射比例制御条件下における給液量がトマトの生育、収量および果実品質に及ぼす影響について検討した。

### 材料および方法

実験はいずれも、岡山大学農学部内の換気温度28℃に設定したビニルハウスで行い、低温期には最低気温10℃に加温した。供試品種は‘ハウス桃太郎’とし、播種2～3週後にpH調整したピートモス250～1,000mLを詰めたポリ鉢に移植し、処理開始まではOK-F-1 (1,000倍液、大塚化学)を灌水時に施用した。給液制御には既報<sup>15)</sup>と同様に自作のBASICプログラムを用い、日射量300～1,000Wh・m<sup>-2</sup>ごとに株当たり33～100mLずつポットドリッパー (Netafim, 吐出量2L・h<sup>-1</sup>)を用いて点滴給液した。週3～4回排水量を調査し、実験ごとに設定した排水率(排水量/給液量)を目標に基準日射量と1回当たりの給液量を適宜調整した。尻腐れ果は発生が確認された時点で記録して除去し、成熟した果実を収穫してその数と重量を記録した。

### 実験1 (2月播き)

2000年2月8日に播種し、培地量250, 500, 1,000mLの3種類のポリ鉢に移植した。給液量は多給液と少給液の2水準とし、それぞれ500mL区(多給液)と250mL区(少給液)の排水率10～20%を目標に給液量を調整した。各処理区8株を供試して3月21日に115×25cm (1条植え)で架台上に設置し、処理を開始した。培養液は大塚A処方を用い、処理開始直後は標準濃度(EC250mS/m)で施用し、その後少給液500mL区の排水EC500～800mS/mを目標に50%まで適宜低下させた(Fig. 1)。各果房5花に摘花し、第5果房までは3花開花時にホルモン処理(トマトーン100倍液)したが、第6果房以降は処理せず、第8果房上2葉を残して摘心した。各処理区4個体の1, 3, 5果房から1果ずつ採取し、-30℃で保存した。解凍後、果汁の可溶性固形物濃度(TSS)を測定し、HPLCで糖、有機酸濃度を測定した。

### 実験2 (10月播き)

2002年10月8日に播種し、培地量250, 500mLのポリポットに移植した。各処理区8株を供試して12月17日に実験1と同様に架台上に設置し、500mL区の排水率20%を目標に日射比例給液制御を開始した。最低気温10℃に加温し、3月末まで800ppmでCO<sub>2</sub>施用を行った。培養液は園試処方とし、実験期間を通じて標準濃度で施用した。各花房2花開花時にホルモン処理して3花に摘花し、第9花房上2葉を残して摘心した。各処理区の1, 3, 5, 7, 9果房から5果ずつ採取し、冷凍保存した後、果汁のTSSと滴定酸度を測定した。

## 結 果

### 実験1 (2月播き)

少給液250mL区と多給液500mL区は、いずれもほぼ目標どおり排水率が10～20%で推移した。ただし、根域容量が大きくなるほど排水量は少なくなり、定植7週目以降は少給液500mL区では排水率1～5%、1日の排水量が20～150mLで推移した。少給液1,000mL区では実験終了直前までごくわずかしき排水が得られず、ECの測定が不可能な日もあった。また、得られた排水のECは他の処理区と比較して著しく高かった。栽培期間を通じて排水率が10%以上で推移した多給液の250, 500mL区と少給液250mL区の3処理区では、培養液濃度を1/2に低下させた10週目以降排水のECが200～400mS/mと比較的低い値で推移した(Fig. 1)。茎の伸長・肥大と

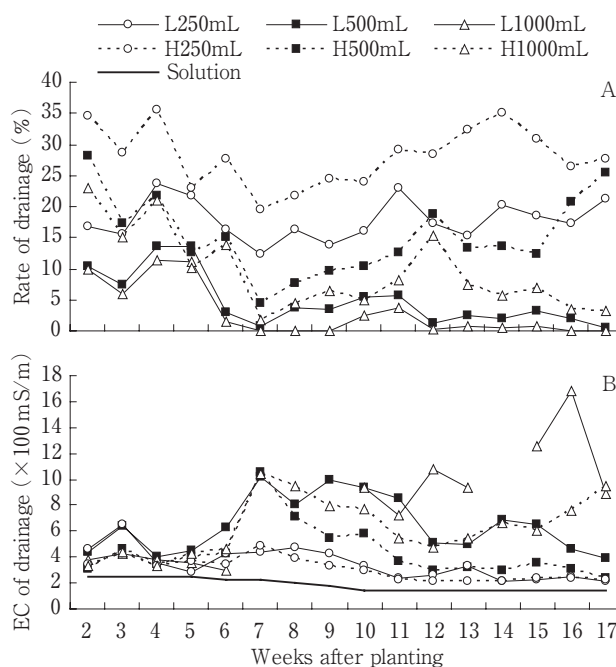


Fig. 1 Changes in the rate of drainage (% , amount of drainage/supplied solution) and electric conductivity of drainage as affected by root zone volume and the rate of drip fertigation (Experiment 1).

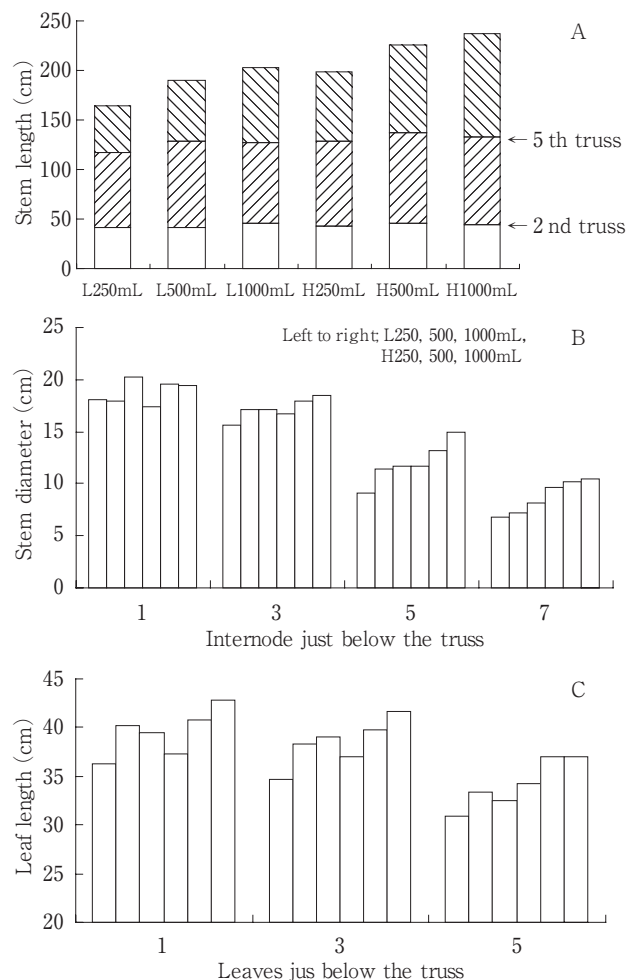


Fig. 2 Stem length (A), stem diameter (B) and leaf length (C) of tomato cv. House Momotaro as affected by root zone volume and the rate of drip fertigation (Experiment 1).

葉面積の拡大も根域容量と給液量の減少とともに抑制される傾向にあった。ただし、第3果房付近までは比較的その差が小さく、第5果房から上で差が大きくなった (Fig. 2)。

Fig. 3 Aに示したように、着果数は上位の果房ほど少なくなる傾向にあったが、処理区間に顕著な差は認められなかった。尻腐れ果の発生は多給液区が少給液区より多く、その差は栄養生長量の差が大きくなり始めた第4, 5果房で特に顕著であった。多給液区では根域容量による差はほとんど認められなかったが、少給液区の中では根

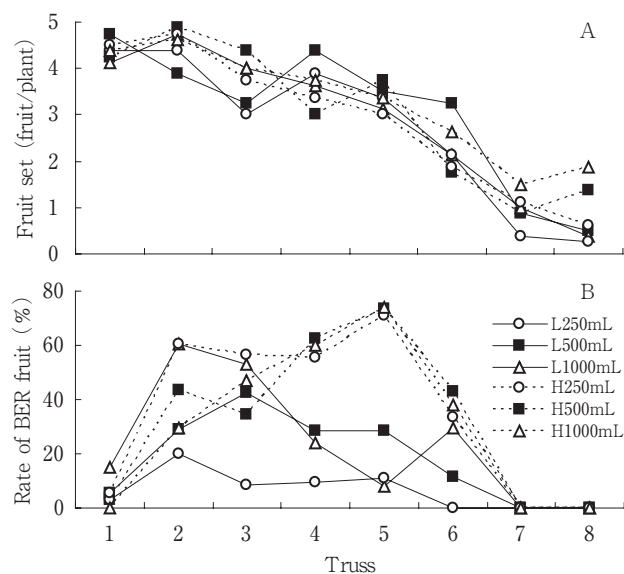


Fig. 3 Fruit set and incidence of blossom end rot (BER) in the trusses of tomato cv. House Momotaro as affected by root zone volume and the rate of drip fertigation (Experiment 1).

Table 1 Yield components of tomato cv. House Momotaro as affected by root zone volume and the rate of drip fertigation (Experiment 1)

| Rate of fertigation          | Root zone volume (mL) | Yield (g/plant) | Fruit weight (g) | No. of fruits harvested (fruits/plant) |           | No. of BER fruits (fruits/plant) |
|------------------------------|-----------------------|-----------------|------------------|----------------------------------------|-----------|----------------------------------|
|                              |                       |                 |                  | Normal                                 | Malformed |                                  |
| Low                          | 250                   | 1,875           | 94.9             | 18.1                                   | 1.8       | 2.9                              |
|                              | 500                   | 1,797           | 93.8             | 17.9                                   | 1.3       | 5.4                              |
|                              | 1000                  | 1,408           | 89.0             | 15.1                                   | 0.9       | 7.4                              |
| Correlation ( $r$ , $n=24$ ) |                       | -0.464*         | -0.211           | -0.339                                 | -0.286    | 0.460*                           |
| High                         | 250                   | 1,427           | 113.8            | 12.5                                   | 0.9       | 9.6                              |
|                              | 500                   | 1,849           | 131.6            | 14.6                                   | 0.5       | 9.0                              |
|                              | 1000                  | 2,487           | 140.8            | 18.6                                   | 0.4       | 9.0                              |
| Correlation ( $r$ , $n=24$ ) |                       | 0.509*          | -0.449*          | 0.565**                                | -0.249    | -0.047                           |
| Significance (2-way ANOVA)   |                       |                 |                  |                                        |           |                                  |
| Rate of fertigation          |                       | **              | **               | NS                                     | *         | *                                |
| Root zone volume             |                       | NS              | NS               | NS                                     | *         | *                                |
| Interaction                  |                       | **              | **               | **                                     | NS        | **                               |

NS, \*, \*\*non-significant, significant at 5% and 1% levels, respectively

域容量が小さいほど少なくなる傾向にあった (Table 1). また, 強い水ストレスを受けていたと考えられる 4 月以降に開花し, ホルモン処理を行わなかった第 7, 8 果房ではいずれの処理区も着果率が著しく低くなったが, 着果肥大した果実には尻腐れ果の発生が全く認められなかった (Fig. 3).

収穫果数は多給液 250, 500mL 区と少給液 1,000mL 区が少なかった. 果実重は少給液区が小さく, 多給液区の中では根域容量が大きくなるほど大きくなる傾向にあった. 多給液区では, 根域容量が大きくなるほど収量も多くなる傾向にあったが, 少給液区では, 根域容量が小さくなるほど多くなる傾向にあり, 1,000mL 区の収量が全処理区の中で最も少なかった.

果汁の TSS は, 少給液区が明らかに高く, 根域容量が小さくなるほど高くなる傾向にあった (Table 2). 多給液 250mL 区以外は, 第 1 果房より第 3, 5 果房が低く, 果房間に有意な差が認められた (2 元配置分散分析). 果汁の糖組成に差は認められず, いずれの処理区でもグルコース:フルクトース比はほぼ 1:1 でスクロースはわずかに検出される程度で全糖の 1% 以下であった (データ省略). 有機酸濃度は少給液区がやや高かったが, 処理区, 果房間に有意な差は認められなかった. また, その約 98% がクエン酸であり, 組成にも差は認められなかった (データ省略).

Table 2 Total soluble solid content in fruits of tomato cv. House Momotaro as affected by root zone volume and the rate of drip fertigation (Experiment 1)

| Rate of fertigation | Root zone volume (mL) | Truss             |      |      | Mean |
|---------------------|-----------------------|-------------------|------|------|------|
|                     |                       | 1                 | 3    | 5    |      |
| Low                 | 250                   | 8.1a <sup>z</sup> | 6.7a | 6.5a | 7.0a |
|                     | 500                   | 7.2a              | 6.6a | 6.6a | 6.8a |
|                     | 1000                  | 7.7a              | 6.7a | 4.8b | 6.4a |
| High                | 250                   | 6.2b              | 4.8b | 7.0a | 6.1a |
|                     | 500                   | 5.4b              | 4.7b | 4.8b | 5.0b |
|                     | 1000                  | 5.3b              | 4.8b | 5.0  | 5.0b |
| Mean                |                       | 6.6a              | 5.7b | 5.8b | —    |

<sup>z</sup>Different letters indicate significant difference within columns (5%, LSD test)

Table 3 Yield components of tomato cv. House Momotaro as affected by root zone volume (Experiment 2)

| Root zone volume (mL) | Yield (g/plant) | Fruit weight (g) | No. of fruits harvested (fruits/plant) |           | No. of BER fruits (fruits/plant) |
|-----------------------|-----------------|------------------|----------------------------------------|-----------|----------------------------------|
|                       |                 |                  | Normal                                 | Malformed |                                  |
| 250                   | 1,908           | 99.0             | 10.9                                   | 8.4       | 7.8                              |
| 500                   | 2,092           | 110.8            | 10.5                                   | 8.4       | 8.1                              |
|                       | *               | *                | NS                                     | NS        | NS                               |

NS, \*non-significant and significant at 5% level, respectively (t-test)

## 実験 2 (10月播き)

排液率は 500mL 区では 6~17% (平均 13%), 250mL 区は 18~38% (平均 31%) で推移した. 両処理区ともに, 茎の伸長・肥大と葉面積の拡大が実験 1 と比較して旺盛であった. また, 250mL 区が 500mL 区より劣ったが, 処理区間の差は実験 1 と比較して小さかった (データ省略). 尻腐れ果やチャック果, 窓空き果など奇形果の発生率は実験 1 より高かったが, 処理区間に差は認められなかった (Table 3).

両処理区とも, 尻腐れ果発生率は 3 月中下旬に開花した第 6, 7 果房が約 60% と高かったが, 果実重が 50 g 程度まで低下した第 9 果房では, 約 20% と低かった (Fig. 4). 平均果実重は, 250mL 区が 500mL 区より小さく, 収量は 10% 程度低くなった. 果汁の TSS は, 実験 1 と比較して著しく高く, 上位の果房ほど高くなる傾向にあった (Fig. 5). 第 5 果房より上位では両処理区とも 10% 以上となり, 全果房の平均値で比較すると, 250mL 区が 500mL 区より有意に高くなった (2 元配置分散分析).

## 考 察

2 月播種の実験 1 では, 根域を制限することによって果実糖度が上昇することが明らかになったが, 少給液 250mL 区の第 1 果房においてのみ TSS が 8% 以上の果

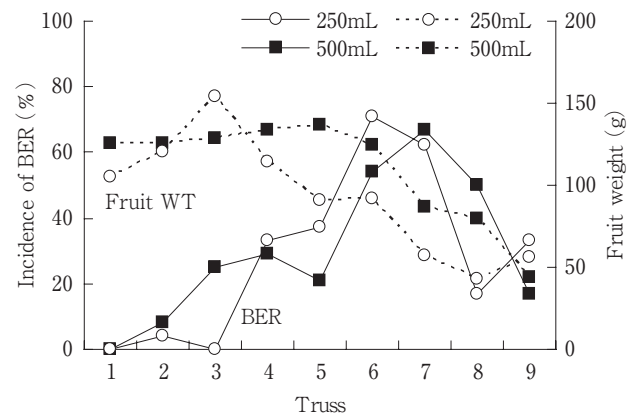


Fig. 4 Incidence of BER and mean fruit weight in trusses of tomato cv. House Momotaro as affected by root zone volume (Experiment 2).

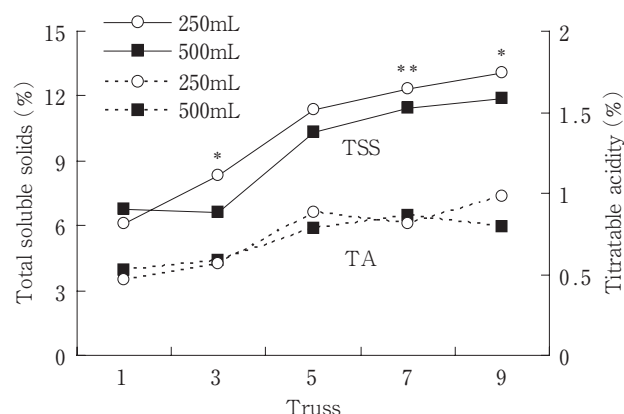


Fig. 5 Total soluble solid content and titratable acidity in trusses of tomato cv. House Momotaro as affected by root zone volume (Experiment 2).

\*, \*\*Significant at 5% and 1% levels, respectively (t-test).

実が得られた。そこで、高糖度トマト栽培の一般的な播種期である10月播種作型で根域容量の影響について検討したところ、Fig. 3に示したように250mL区では、第3果房からTSSが8%以上の果実が得られた。石上ら<sup>5)</sup>の報告と同様に、根域制限によってトマト果実の品質が向上することが確認され、根域制限と日射比例自動給液の組合せによって高糖度トマトの生産が可能であることが示された。

圖師・松添<sup>16)</sup>は、塩ストレス処理によってトマト果実中に含まれる多くのアミノ酸含量が増大するのに対して、灌水制限による水ストレス下ではプロリンやγ-アミノ酪酸含量は増大するが、アスパラギンとグルタミン含量が減少することを示し、塩ストレスと水ストレスがトマト果実の発育に及ぼす影響は異なると報告している。実験1においては、排液のEC500~800mS/mを目標としたため実験の後半に培養液濃度を低下させた。排液のECは目標どおり高く維持されたが、供給する培養液の全塩濃度が低かったため、十分な塩ストレスが付与されなかったことが、上位果房でのTSS低下の一因と推察される。全期間標準濃度の培養液を施用した実験2においては、高糖度のトマト果実が得られたことから、施用する培養液の濃度については、さらに検討が必要と考えられる。ただし、実験2の第9果房は3月末に開花したのに対して、実験1の第3、5果房は開花期が5月であった。一般に、高糖度トマトの出荷盛期は3月から5月であることから、果実発育期の高温もTSSが低下した要因の一つとして考慮する必要がある。

トマトの尻腐れ果はCa欠乏条件下で多発することから、一般に果実内のCa不足が直接的な原因であり、水ストレスや塩ストレスはCaの吸収と果実先端部への転流を阻害すると考えられている<sup>13)</sup>。水ストレスや塩ストレスを積極的に与える慣行の高糖度トマト栽培において

も尻腐れ果が多発することが多い。実験1において、これらストレスの程度は少給液区より多給液区が軽かったと考えられるにもかかわらず、多給液区の尻腐れ果発生率が少給液区より高かった。Saure<sup>12)</sup>は、多数の報告を総括して、Caが十分に施用される一般的な栽培条件下においては、尻腐れ果の発生とCaとを直接的に関連づける確証はなく、果実の生長速度が高い場合に多発することから、果実生長に関連する環境要因や植物体の生理的要因がより重要であろうと述べている。実験1においても、平均果実重が大きかった多給液区は果実の生長速度が高かったため、より強い水ストレスによって果実肥大が抑制された少給液と比較して尻腐れ果発生率が高くなったのであろう。多給液区では、ホルモン処理を行わなかった第6果房の尻腐れ果発生率が第4、5果房と比較して低かったことも、上記の仮説を支持するものと考えられる。

一方、少給液区の中では根域容量が大きいほど尻腐れ果発生率が高くなった (Table 1)。1,000mL区では、処理開始後7週目以降わずかししか排液の得られない日が多く、排液のECも高かったが、茎葉の生長量は明らかに250mL区より大きく、栽培期間全体としてみれば水ストレスの程度は弱かったと推測される。ただし、いずれの処理区においても、晴天日には排液率が低く、曇雨天時にはやや高くなる傾向にあったことから、気象条件の変動や給液設定値の変更によって排液率が高くなった時期には、一時的に水ストレスが弱まったのであろう。通常の栽培条件下においても、曇雨天後の晴天日に発生が観察されることが多い<sup>10)</sup>ことから、日射比例給液制御条件下においても根域容量が大きい場合には、植物体水分状態の変動が大きく、一時的に果実の生長速度が高くなりやすいため、尻腐れ果の発生が増加したと考えられる。

実験2においては、第8、9果房で尻腐れ果発生率が低くかったが、第7果房までは上位の果房ほど尻腐れ果発生率が高くなる傾向にあった。実験1と比較すると、一般に尻腐れ果が発生しにくい作型であったにもかかわらず、第6~8果房の尻腐れ果発生率は実験1の少給液区より明らかに高かった。500mL区の排液率20%を目標として給液量を調節したため、全体にやや給液過剰であったと考えられる。その結果、果実の成長速度が高くなり、尻腐れ果の発生率が高くなったと推察される。

以上のように、根域が小さいほど果実肥大は劣るが、日射比例給液制御を行うことによって、わずか250mLの容量で高品質の果実が生産可能であることが明らかになった。給液量の制御値や培養液の濃度・組成を最適化するには、さらに詳細なデータの蓄積が必要であるが、実験1の多給液区に近い排液率 (平均31%) であった実験2においても尻腐れ果発生率が高かったことから、根域容量250mLでは排液率10%を目標として、多くとも15%を超えることがないように給液量を調整する必要がある

と考えられた。

### 摘 要

根域容量 (250, 500, 1,000mL/株) と日射比例給液制御による給液量がトマト ‘ハウス桃太郎’ の生育と果実発育に及ぼす影響について検討した。少給液区と多給液区の2処理区を設け、それぞれ250mL区と500mL区の排水率が10~20%となるよう基準日射量と1回当たりの給液量を調整した。2月播種の実験では、大塚A処方を用い、排水 EC500~800mS/m を目標として、100%から50%へ徐々に濃度を低下させた。茎葉の生長、果房当たりの花数、着果率は根域容量が小さいほど劣り、少給液区が多給液区より劣った。茎の伸長・肥大と葉面積の拡大も根域容量と給液量の減少によって抑制される傾向にあったが、第4果房より下ではその影響が小さかった。果実重は少給液区が小さく、多給液区の中では根域容量が大きくなるほど大きくなった。しかし、尻腐れ果の発生は少給液区が多給液区より明らかに少なく、少給液区の中では根域容量が小さいほど少なくなった。多給液区では、根域容量が大きくなるほど正常果収量が多くなったが、少給液区では、根域容量が小さいほど多く、少給液-1,000mL区の収量が全処理区の中で最も少なかった。果汁の TSS は、少給液区が明らかに高く、根域容量が小さくなるほど高くなった。10月播種の実験では、全期間園試処方の標準培養液を施用した結果、TSS が8%以上の高糖度トマト果実が得られた。以上のように、根域制限と日射比例給液制御を組み合わせることによって、適度なストレス状態を安定的に維持することが可能であり、尻腐れ果発生の少ない高糖度トマト生産システムの構築が可能と考えられた。

### 引用文献

- 1) Ehret, D. L. and L. C. Ho : Translocation of calcium in relation to tomato fruit growth. *Ann. Bot.*, **58**, 679-688 (1986)
- 2) Franco, J. A., P. J. Pérez-Saura, J. A. Fernández, M. Parra and A. L. García : Effect of two irrigation rates on yield, incidence of blossom-end rot, mineral content and free amino acid levels in tomato cultivated under drip irrigation using saline water. *J. Hort. Sci. Biotechnol.*, **74**, 430-435 (1999)
- 3) 後藤丹十郎・高谷憲之・吉岡直子・吉田裕一・景山詳弘・小西国義 : 根域制限条件下でのキクの生育抑制に及ぼす養水分ストレスの影響. 園芸学会雑誌, **70**, 760-766 (2001)
- 4) Hameed, M. A., J. B. Reid and R. N. Rowe : Root confinement and its effects on water relations, growth and assimilates partitioning of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Ann. Bot.*, **59**, 685-692 (1987)
- 5) 石上 清・堀内正美・中畠輝子・松浦英之 : 根域を制限した循環式養液栽培装置による高糖度トマト生産. 静岡農試研報, **38**, 61-72 (1994)
- 6) 大石直記・岡谷美記・小山泰徳 : 高糖度トマト低段密植生産のための養液栽培装置の開発. 静岡農試研報, **41**, 1-11 (1996)
- 7) 大石直記 : トマトの養液栽培における水分ストレスに応じた給液制御システムの開発(3) 蒸発計蒸発量を指標にした給液制御. 生物環境調節, **40**, 291-300 (2002)
- 8) 大石直記 : トマトの養液栽培における水分ストレスに応じた給液制御システムの開発(4) 布センサを用いた培地水分量に基づく給液制御. 生物環境調節, **40**, 301-310 (2002)
- 9) Peterson, T. A., M. D. Reinsel and D. T. Kreizek : Toamto (*Lycopersicon esculentum* Mill., cv. 'Better Bush') plant response to root restriction. I. Alteration of plant morphology. *J. Exp. Bot.*, **42**, 1233-1240 (1991)
- 10) Robbins, R : Relation of nutrient salt concentration to growth of the tomato and to the incidence of blossom-end rot of the fruit. *Plant Physiol.*, **12**, 21-50 (1937)
- 11) Ruff, M. S., D. T. Kreizek, R. M. Mirecki and D. W. Inouye : Restricted root zone volume : Influence on growth and development of tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **112**, 763-769 (1987)
- 12) Saure, M. C. : Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) - a calcium - or a stress-related disorder? *Sci. Hortic.*, **90**, 193-208 (2001)
- 13) Shear, C. B. : Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *HortScience*, **10**, 361-365 (1975)
- 14) 吉田裕一 : 高設栽培システム. ‘らくちん’, イチゴ一歩先を行く栽培と経営 (松田照男編), pp. 146-149, 全国農業改良普及協会, 東京 (2000)
- 15) 吉田裕一・中井啓介 : 日射比例給液制御によってピート培地で栽培したイチゴ ‘女峰’ の生育, 収量と養水分吸収. 岡山大学農学報, **92**, 31-37 (2003)
- 16) 圖師一文・松添直隆 : 水ストレスおよび塩ストレス下で栽培したトマト果実のアミノ酸含量の比較. 園学雑誌, **73** (別1), 93 (2004)