

# トマトの生育と果実の収量・品質に及ぼす灌水量と窒素施用量の影響

吉田 徹志<sup>1</sup>・上田 英臣<sup>1</sup>・馬西 清徳<sup>1</sup>・福元 康文<sup>2</sup>

(農学部 <sup>1</sup>生物資源科学科・<sup>2</sup>暖地農学科)

## Effects of Irrigation and Nitrogen fertilizer on the Growth and Fruit Qualities of Tomato

Tetsushi YOSHIDA<sup>1</sup>, Hideomi UEDA<sup>1</sup>, Kiyonori MANISHI<sup>1</sup>,  
and Yasufumi FUKUMOTO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Bioresources Science;

<sup>2</sup> Department of Subtropical Agriculture, Faculty of Agriculture

**Abstract:** Tomato plants (*Lycopersicon esculentum*, Mill. cv. Momotaro) were grown on the soils mixed with bark compost at the 5 : 6 ratio in the 1/2000a wagner pots. There were nine treatment combinations consisting of three nitrogen levels (0.5, 1, 2g N/pot) and three water regimes. Three water regimes (dry, medium, wet) were achieved by withholding water until the decrease of pot weight reached to 2400, 1600, and 800mg, respectively from the original amount. Stem length, leaf elongation and stem diameter progressively increased with the higher levels of nitrogen. Stem length was reduced by water stress, but leaf elongation and stem diameter were not affected by water stress. Fruit growth was increased significantly at the higher levels of nitrogen, and decreased by water stress. Dry matter of lamina, petiole and stem were increased with nitrogen, and decreased by water stress. Dry matter ratio of shoot to petiole was increased with the higher levels of nitrogen but dry matter ratio of shoot to lamina was decreased. Both the number of fruits and the fresh weight of a fruit were reduced at low levels of nitrogen and by water stress. However, the number of blossom-end rot (BER) was depressed at the low levels of nitrogen. Soluble solids and soluble sugars contents were increased by water stress but not affected significantly by nitrogen levels. Under the water stress condition, nitrogen does not affected the sugar contents of the fruit juices, but increased the yield and decreased the number of BER.

### 緒 言

最近、トマト果実は糖度の高い、甘い果実が好まれるようになり、生産者は様々な栽培法の改良を試みている。そのような栽培法の一つとして、トマト作物の灌水量を制限して、水ストレスを与えることにより、高糖度のトマト果実が得られることが報告されているが、このような方法では、結果数の減少、果実の小玉化、尻腐れ果 (BER) のような生理障害果の発生を招き、その結果として収量低下や品質の悪化など栽培上の問題点が指摘されている。

BERの発生は果実の先端部(果頂部)の局所的なCa欠乏が主な原因であると考えられている。BERの発生率が高くなる栽培法で、果実のCa含有率の低下に及ぼす影響として、灌水制限によりマスフローによる作物体内へのCa吸収が抑制されること、さらにN施用量の増加により、葉面積が拡大し、蒸散量が多くなり、Caは蒸散流によって蒸散の盛んな葉身へ蓄積し、相対的に果実へのCa移行量が減少することが考えられる。

本研究は灌水量と窒素施用量を変えて栽培した場合、トマトの生育と果実の収量・品質に及ぼす影響と、尻腐れ果発生および環境条件との関係について検討することを目的として基礎的な試験を行った。

### 材料および方法

1. 栽培方法 トマト(品種:桃太郎)を1994年3月4日に播種し、直径7.5cmの黒ビニールポットで育苗した。定植用土には、未耕地土壌(砂壤土)とバーク堆肥を5:6の割合で混合し、これをa/2000ワグナーポットにポット当たり11kg充填した。施肥量は、N(硝安)をポット当たり0.5, 1, 2g施用(半量N, 標準N, 倍量N)の3水準とし、3反復栽培した。また、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(過リン酸石灰)、K<sub>2</sub>O(塩化カリウム)、炭酸苦土石灰をそれぞれ1, 2, 6g全ポットに施用した。4月8日にポット当たり2株定植し、土壌からの水分蒸発を防ぐために、ポットの土壌表面をアルミ箔で覆い、ビニールハウス内で栽培した。第1果房開花期の5月18日(定植後40日)より灌水に間断差を設けた。半量N, 標準N, 倍量N区から各1ポットを選び、毎朝重量を測定し、灌水後のポット重量の積算減少量が約800, 1600, 2400mlに達した日に、それぞれ減少量と同量灌水する3水準とし、それぞれ湿潤区, 中湿区, 乾燥区とした。着果ホルモン処理は、果房当たり2つ目の開花がみられた時点で果房に4-CPA(トマトーン, 100倍液)による噴霧処理を行った。果房当たり発育良好な4花を残し他は切除し、主茎の第3果房上の2葉を残して摘心した。収穫は6月22日に開始し、7月14日に終了した。

2. 作物の生育および果実肥大の測定 各処理区からポット当たり1株ずつ計3株選び出し、定植後13日から生長測定を行った。莖長は4日間隔で、子葉節から生長点までの長さを、莖径と葉長は8日間隔で、莖径は主茎の第1節間の直径、葉長は第10葉の小葉先端の長さを測定した。果実肥大については、開花日から4日間隔で第1果房(計5果)の縦径と横径を測定し、 $(\text{横径}/2)^2 \times \text{縦径}$ (cm)を指標として表示した<sup>1)</sup>。

栽培後、各区からポット当たり1株ずつ計3株選び、葉身、葉柄、莖の各器官に分け、90℃で2時間、65℃で2日間通風乾燥し、乾物量を測定した。

3. 果実の品質 収穫した果実は新鮮重を測定し、外観調査を行い、各処理区から無作為抽出した正常果3個を1組として3反復について搾汁し、ろ液の可溶性固形物含量および成分糖を測定した。可溶性固形物含量は屈折計(アタゴ株式会社, ATC-1)で測定した。グルコース、フルクトース、スクロースは可溶性固形物含量の測定に供試したろ液を-27℃で凍結保存後解凍し、高速液体クロマトグラフィー(日製産業株式会社, L-3300, L-6000)で測定した。

### 結果および考察

1. 灌水量 灌水の間隔は、天候や作物の生育量などによって一定ではなく、乾燥区ではほぼ7日から10日毎に、湿潤区では毎日か2日毎に灌水した。灌水処理期間の灌水総量は、乾燥区、中湿区と湿潤区の半量N区で、それぞれ9.4, 18.6, 24.5ℓ、標準N区、倍量N区では15.2, 31.1, 37.5ℓ

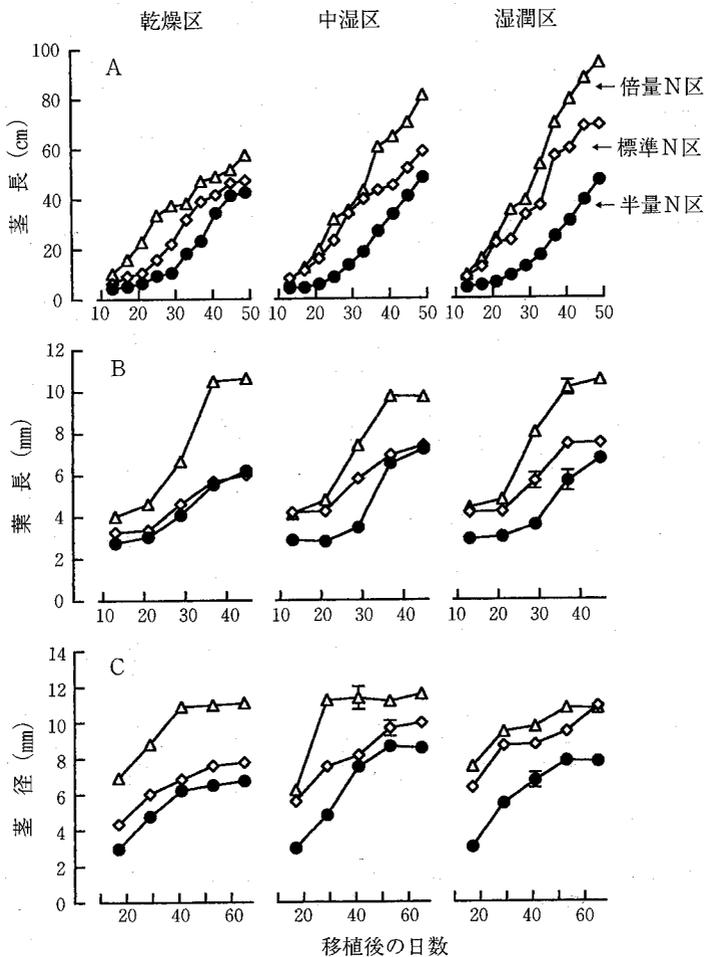
と25.0, 33.2, 46.7ℓであり, N施用量に対応して増加し, 湿潤区は乾燥区の1.9~2.6倍の灌水量であった(第1表).

2. 作物の生育 茎長はN施用量に対応し, 施用量の増加に伴い生育が促進された(第1図A). 定植後49日目の倍量N区と半量N区の差は乾燥区で15cmであったのに対し, 中湿区で33cm, 湿潤区で47cmと

なり, 灌水量に応じてその差が大きくなり, N施用量の影響は中湿区, 湿潤区で顕著であった. また, 倍量N区の定植後13日目から49日までの伸長量は, 乾燥区で47cm, 中湿区で74cm, 湿潤区で85cmとなり, 灌水制限によって生育速度の低下が認められた. 標準N区, 倍量N区では灌水制限によって茎長は低下する傾向がみられたが, 半量N区では灌水量を増加させても茎長はあまり増加せず, 定植後49日目の茎長は乾燥区で43cm, 湿潤区で47cmであり, 灌水量よりNが茎伸長の制限因子になったことが推測された.

第1表 トマト栽培期間中の灌水量(ℓ)

	乾燥区	中湿区	湿潤区
半量N区	9.4	18.6	24.5
標準N区	15.2	31.1	37.5
倍量N区	25.0	33.2	46.7



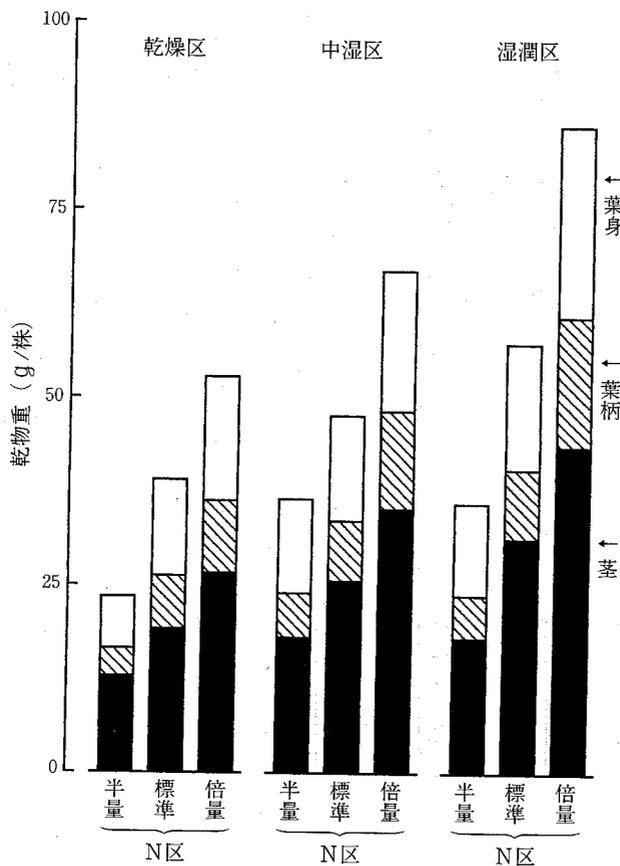
第1図 トマト茎長, 葉長, 茎径の推移

葉長は、各灌水量区とも生育後期において、倍量N区では他区との差が大きく見られた。乾燥区では半量N区の6.2cmから倍量N区の10.6cmに、湿潤区では半量N区6.7cmから倍量N区10.5cmに、それぞれ1.7倍、1.6倍になり、N施用量の増加に伴って生長促進が顕著であった。また、その伸長傾向は茎長とは異なり、倍量N区においても灌水処理区間の差は小さく、同じN施用量であれば灌水量にあまり影響を受けないことが認められた(第1図B)。

茎径の伸長は、生育初期での増加量が大きくみられ、葉長と同様にN施用量と対応がみられたが、灌水量の影響は比較的小さかった(第1図C)。定植後65日目では半量N、多量N区の乾燥区で、それぞれ6.7、11.1mm、中湿区で8.5、11.6mm、湿潤区では7.8、10.7mmであり、各灌水量ともN施用量の増加に伴い大きくなった。また、半量N区と多量N区の差は乾燥区では4.4mmあったが、灌水量の増加とともにその差は小さくなった。

これらの結果、灌水量のN施用量の差異による影響は、トマト器官の違いにより異なったが、今はさらに葉の光合成活性や無機成分の含有率に対する影響などについても検討が必要である。

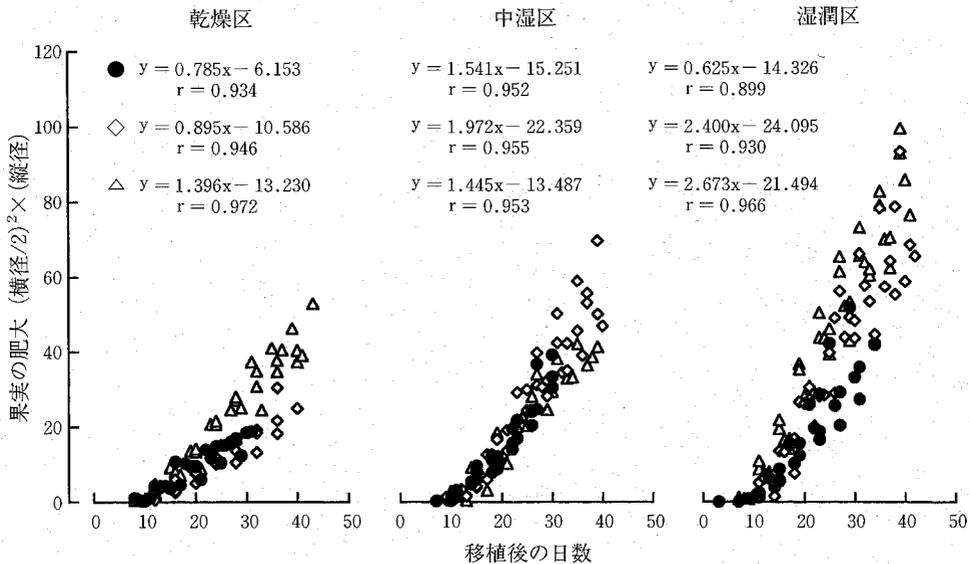
3. 茎葉乾物量 葉身、葉柄、茎の株当たり乾物量はN施用量および灌水量に応じて増加する傾向がみられた(第2図)。倍量N区の各乾物量の合計値は半量N区に対して、乾燥区では2.3倍、湿潤区では2.4倍になり、N施用増による乾物量の増加割合は乾燥、湿潤区においてはほぼ同程度であった。



第2図 トマト収穫期の茎葉乾物重

また処理にかかわらず全重の約50%は茎が占めており、中湿、湿潤区においては、N施用増によって葉柄重の割合が16%から20%へ増加したが、葉身重の割合は34%から28~30%に低下する傾向がみられた。日笠と今田は低Nレベルでは葉身の乾物重が低下したこと<sup>2)</sup>、また、Cerde・Martinezは水耕栽培においてNaClを添加して吸水制限させた場合に茎の乾物量はNレベルに応答したことを報告しており<sup>3)</sup>、本結果と同様の傾向がみられたが、部位によってその傾向は若干異なった。

4. 果実の肥大 各処理区において、移植後の日数と果実の肥大に有意な相関関係がみられ、各N施用区で灌水量の増加に伴い肥大速度の増加が認められた(第3図)。湿潤区の直線回帰式の傾きは、半量N区では乾燥区の2.1倍、標準N区では2.7倍、倍量N区では1.9倍になり、N施肥量が少ない条件でも果実の肥大は灌水量の影響が大きかった。また中湿区の倍量N区を除いて、各灌水量区でN施用量の増加に伴って回帰式の傾きは大きくなった。このように、果実の肥大は灌水量の影響を大きく受け、さらにN施用量が多くなると葉長が長くなり(第1図B)、蒸発散量も多くなったことが考えられ、光合成速度が相対的に向上し、果実の肥大に相乗的に好影響を及ぼしたと考えられた。

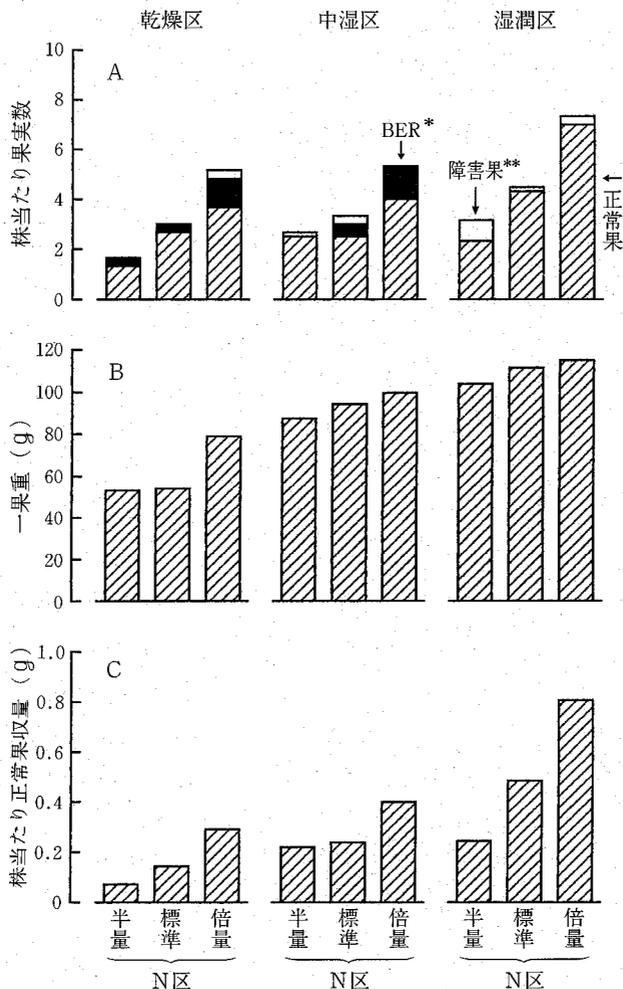


第3図 トマト果実の肥大経過  
図中の記号は第1図と同じ

5. 果実収量 株当たり果実数、平均一果実重および株当たり収量を第4図に示した。尻腐れ果(BER)の発生率は乾燥区の半量N区は20%、標準N区は11%、倍量N区は23%で、中湿区、湿潤区では、それぞれ0、15、25%と、0、0、5%であり、灌水量が少ないほど、また、N施用量が多いほどBER発生率は高くなった(第4図A)。乾燥、中湿、湿潤区の平均正常果重は、それぞれ62、94、110gであり、株当たりの収量は、果実数、平均正常果重の増加を反映して、灌水量と、N施用量に対応して増加した(第4図C)。

これまでに著者らは、堆肥施用によってトマト作物体内のN含有率が低下し、BERの発生が抑制されたことを報告したが<sup>4)</sup>、本結果においても、乾燥区、中湿区のN施用量が多い区でBERが多く発生した。大木はN施用量とBERの発生との関係について報告しており、N施用量が多くなると葉中のN含量が増加し、茎葉の生育が増大するため、相対的なCaの吸収と分配が生育に追い

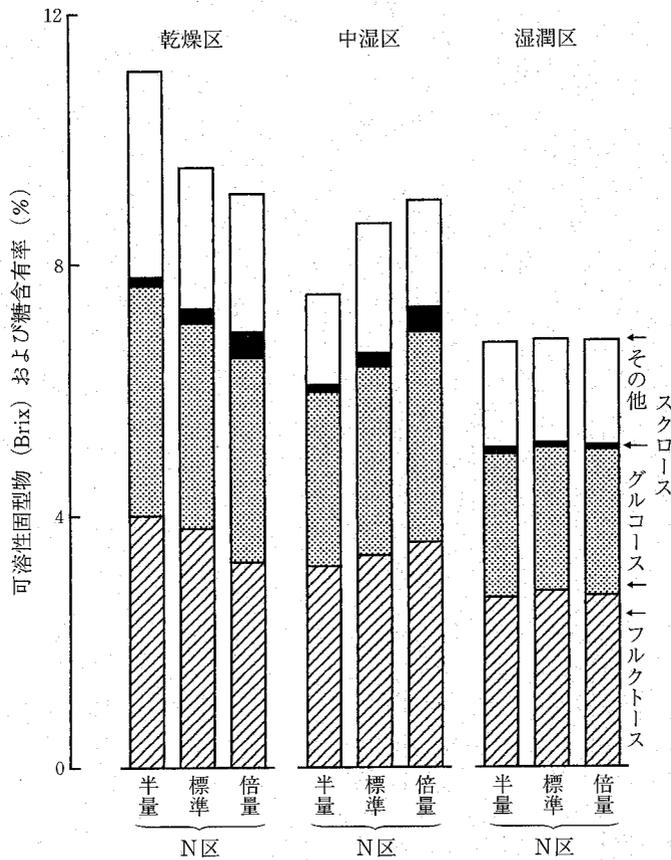
つかず、果実のCa含量が低下することを考察した<sup>5)</sup>。また Adams・Ho は葉面からの蒸散が盛んになると果実のCa蓄積量が減少することを報告しており<sup>6)</sup>、N施用量の増加による葉長(葉面積)(第1図)や、蒸散量の増大(第1表)がBER発生の増加に間接的に影響しているのではないかと推察された。また、湿潤区の半量N区では裂果、奇形果および窓あき果などのBER以外の生理障害果が他の処理区に比べて多く発生したが、この原因についてはさらに検討が必要である。



第4図 トマトの果実数、一果重および正常果収量

\* 尻腐れ果, \*\* 尻腐れ果以外の生理障害果

6. 果汁の可溶性固形物含量, 糖成分含有率 果汁の可溶性固形物含量および糖成分含有率を第5図に示した。可溶性固形物含量の乾燥, 中湿, 湿潤区の各N施用区を平均すると, それぞれ9.8, 8.4, 6.8%であり, 各N施用区とも乾燥区で高く, 灌水量の増加によって低下する傾向がみられた。また乾燥区と湿潤区の差は, 半量N区では3.9, 標準N区では2.8, 倍量N区では2.3%であり, N施用量が多くなると差は小さくなったが, N施用量よりも灌水量の差異が可溶性固形物含量に及ぼす影響が大きいことが推察された。



第5図 トマト果汁の可溶性固形物および糖成分含有率

測定された果汁の主な糖成分はグルコース、フルクトース、スクロースであり、各処理区ともスクロースは他の糖成分に比べて低く、グルコースとフルクトースはほぼ同量であった。また各灌水量区においてN施用量区を平均すると、乾燥、中湿、湿潤区でグルコースは、それぞれ3.4、3.0、2.3%であり、フルクトースは3.7、3.4、2.7%であり、両方とも灌水量の増加によって低下し、可溶性固形物含量と同様の傾向がみられ、N施用量の影響をあまり受けなかった。

日笠と今田は、培地N濃度の低い区では高い区に比べてトマト果実中のアミノ酸や有機酸の存在割合が低く、糖含有率が高かったことを報告した<sup>2)</sup>。本結果でも、乾燥区ではN施用量が低いと糖含有率は増加したが、可溶性固形物含量に対する糖の存在割合は各灌水量区ともN施用量にはあまり影響を受けなかった。また、可溶性固形物含量と株当たりの収量とは負の相関関係があることが報告されており<sup>7)</sup>、本結果でも灌水量とN施用量に対応して果実重は増加したが、可溶性固形物含量は逆の傾向がみられた。以上の結果、果実の糖含有率はN施肥条件や灌水条件と深い関係があることが認められ、強い水ストレス条件では、Nレベルが低い方が高糖度になる傾向がみられたが、水ストレスが十分でない場合には土壌のNレベルの果実糖度に対する影響は小さいことが考えられた。

## 要 約

高糖度トマト果実のために水ストレス栽培が試みられているが、水ストレスのかけかたは一様ではなく、また、そのような栽培法では果実の小玉化や尻腐れ果などの発生により正常果収量の低下などの問題点が指摘されている。本研究では、トマトの灌水量とN施用量を変えてポット栽培を行い、生育、収量や果実の品質に対する影響について検討し、以下の結果を得た。

1) 茎長、葉長、茎径の生長速度は灌水制限により低下し、N施用増とともに増加したが、それぞれの器官により異なる生育傾向がみられた。

2) 葉身、葉柄、茎の乾物重はN施用量および灌水量に応じて増加する傾向がみられたが、N施用増による乾物重増加割合は乾燥、湿潤区においてほぼ同程度であった。

3) 果実収量はN施用量および灌水量に対応して増加した。尻腐れ果発生率はN施用量が多い区ほど、また、灌水量が少ない区ほど高くなった。

4) 果汁の可溶性固形物含量は乾燥区で高くなり、灌水量の増加により低下する傾向がみられ、N施用量よりも灌水量の差異により影響を受けやすいことが認められた。測定された果汁の主な糖成分はグルコース、フルクトースで、いずれも可溶性固形物含量と同じ傾向がみられた。

キーワード：トマト尻腐れ果、灌水量、窒素施用量、糖度

## 文 献

- 1) WANG, F., SANZ, A., BRENNER, M. L. and SMITH, A.: Sucrose synthase, starch accumulation, and tomato fruit sink strength. *Plant Physiol.*, 101, 321-327 (1993).
- 2) 日笠裕治・今田成雄：トマトの<sup>14</sup>C-光合成産物の挙動に及ぼす培地窒素濃度の影響。土肥誌, 64, 377-384 (1993).
- 3) CERDA, A., and MARTINEZ, V.: Nitrogen fertilization under saline conditions in tomato and cucumber plants. *J. Hort. Sci.*, 63, 451-458 (1988).
- 4) 馬西清徳・福元康文・吉田徹志：根域制限による水ストレス条件下でのトマトの生育と果実の品質に対する堆肥施用の影響。土肥誌, 67, 257-264 (1996).
- 5) 大木孝之：トマト尻腐れ防止のための施肥対策。農業及び園芸, 46, 63-66 (1971).
- 6) ADAMS, P. and HO, L. C.: Effects of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *J. Hort. Sci.*, 64, 725-732 (1989).
- 7) 藤原俊六郎：遮根シートを利用したトマトの高糖度生産技術。農耕と園芸, 5月号, 77-79, (1993).

平成8 (1996)年9月30日受理

平成8 (1996)年12月25日発行