



# 農研機構

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

## 栽培法がトマトの収量と糖度および $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): $\delta^{15}\text{N}$ value, fertigation, hydroponic, rate of fertilizer application, tomato 作成者: 中野, 明正, 川嶋, 浩樹, 渡辺, 慎一, 上原, 洋一 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="https://doi.org/10.24514/00001531">https://doi.org/10.24514/00001531</a>

# 栽培法がトマトの収量と糖度および $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響

中野 明正\*・川嶋 浩樹・渡辺 慎一・上原 洋一

(平成16年11月26日受理)

## Effects of Cultivation Methods on the Yield, Sugar Content and $\delta^{15}\text{N}$ Value of Tomato

Akimasa NAKANO, Hiroki KAWASHIMA, Shinichi WATANABE and Yoichi UEHARA

### Synopsis

Effects of tomato cultivation methods, fertigation with different fertilizer application rates, organic fertigation using CSL (Corn Steep Liquor) and hydroponic were compared on the yield, sugar content and  $\delta^{15}\text{N}$  value. Sugar contents were inversely proportional to the yield. The results were induced not by the kinds of nitrogen source (organic or inorganic) nor by the nitrogen application rate but by the water application rate. Using the two source model of  $\delta^{15}\text{N}$  value, the higher the nitrogen application rate was, the lower the dependence rate to the soil nitrogen was. Hence, soil nitrogen plays an important role in the lower nitrogen application rate, to the increase of tomato yield.

**Key Words:**  $\delta^{15}\text{N}$  value, fertigation, hydroponic, rate of fertilizer application, tomato

## I 緒 論

灌水同時施肥(養液土耕)は、少量の液肥を希釈しながら灌水時に施用する方法である。そのため、綿密な施肥管理が可能であり、特に高品質な生産物が求められる果菜類において導入が進みつつある。また、慣行施肥に比べ肥料効率が高いため(林ら, 2003)、環境保全型農業を推進する上でも重要な技術の一つである。さらに、装置が比較的安価であるため、省力的でかつ低コスト化が可能な技術として、経営面からも評価されている(荒木, 2003; 浅見ら, 2003)。

養液土耕における施肥技術に関する研究事例は既があり、ある程度マニュアル化が図られているが(青木ら, 2001)、より高品質な農産物を生産するための情報は少ない。また、養液土耕は培地として土壌を利用すること

にその特徴があるが、土壌由来の地力窒素が生産性に与える影響については明らかになっていない。そこで本報告では、まず施肥量とトマトの生産性および糖度との関係を明らかにしたのち、施用窒素量を減少させた場合の地力窒素からの窒素補完量を窒素安定同位体比( $\delta^{15}\text{N}$ 値)から推定することで、土壌由来窒素と施肥量との関係を検討した。 $\delta^{15}\text{N}$ 値とは、試料および標準試料(大気中の窒素)の $^{15}\text{N}$ と $^{14}\text{N}$ の比(それぞれR sampleおよびR standard)から、次の式で計算され( $\delta^{15}\text{N} = [\text{R sample}/\text{R standard} - 1] \times 1000$  (‰))、主に生態学分野での窒素動態の研究に用いられている(米山ら, 1994)。さらに、本報告では施肥・栽培法が果実 $\delta^{15}\text{N}$ 値に及ぼす影響を明らかにする目的で、無機質肥料と下記の有機性液肥であるコーンステープリカー(Corn Steep Liquor: CSL)および水耕栽培を行った試料についても比較検討した。一般に養液土耕は、無機質

肥料を用いて行われるが、有機性の液肥の使用も検討されている。本報告では、トウモロコシを原料とする製糖工程から生じる副産物である CSL を使用した。濃度を調整して少量ずつ根圏に添加することによって、CSL はトマトの肥料として良好に使用できる（中野ら、2001）。一方、水耕栽培における施肥法として、施肥量の削減が期待できる量的管理法を検討した。これは、1日に植物体が必要とする肥料を与え、培養液に過剰の肥料成分が残存ないように制御する手法である。本報告では、将来的な排出規制を想定して、養液中の硝酸性窒素およびリンの濃度を 10ppm に抑えるように設定した。

以上、異なる施肥量の無機および有機養液土耕栽培と水耕栽培において、トマトの収量、糖度および  $\delta^{15}\text{N}$  値を比較することにより、それぞれの栽培法の特徴を明らかにした。

## II 材料および方法

### 1 栽培条件

愛知県知多郡大府市吉田町地区内に設置した高軒高温室（400m<sup>2</sup>、軒高 4m）内の、西半面に土耕用試験区（土耕区）200m<sup>2</sup>を配置し、東半面に水耕用試験区（水耕区）を配置した。土耕区には無機養液土耕区（無機養液区）と有機養液土耕区（有機養液区）を設けた。土耕区は長さ 16m、幅 40cm の南北畝を 5 畝作成した。その内、西端の畝は CSL を用いた有機養液区とした。西端から 2~5 番目の畝は、無機質肥料（養液土耕 5 号、大塚化学）を用いた無機養液区とした。無機養液区の中では施肥量を濃度の低い順に I、II、III、IV 区として、4 処理区を西から配置した（表-1）。この無機養液区は 4 段階の濃度設定が可能な養液土耕装置（液肥混入機 188、大塚化学）1 台により管理し、それぞれの畝に灌水または灌水同時施肥を行った。有機養液区は養液土耕装置（液肥混入機、大塚化学）に TDR（Time domain reflectometry）土壌水分センサーを付けた装置により灌水または灌水同時施肥を行った。

土耕区においては、トマト‘ルネッサンス’を 2002 年 8 月 20 日にバーミキュライトに播種し、同年 9 月 4 日に育苗用培養土（クレハ園芸培土：苗一番、1:1 混合）を充填した 300mL 容量の育苗ポットに鉢上げし、約 30 日間温室内で育苗した。定植日は 10 月 2 日で株間 35cm、畝当たり 55 株を定植した。栽培開始直後の土耕区の窒素施用量は、無機養液 I、II、III、IV 区、有機養液区でそれぞれ 15mg、22mg、29mg、44mg、30mg/

表 1 栽培期間中に各処理区に加えた肥料の種類と量

処理区	施肥	成分含量 (%)		平均施肥量 (mg/日/株)
		N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O-CaO-MgO	N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O-CaO-MgO	
無機養液 土耕区	I			27-45-45-7-2*
	II	無機液肥		41-68-68-10-3*
	III	(養液土耕 5 号)	12-20-20-3-1	54-90-90-14-5*
	IV			81-135-135-20-7*
有機養液 土耕区	有機液肥 (CSL)	3.3-3.4-3.2-0.04-1.1		68-70-66-58-23*
	カキガラ石灰 (セルカ)	0-0-0-48-1		
水耕 栽培区	A	硝酸カリウム	14-0-38-0-0	81-72-208-79-25**
		硝酸カルシウム	11-0-0-16-0	
		硝酸	16-0-0-0-0	
		塩化カルシウム	0-0-0-20-0	
	B	硫酸マグネシウム	0-0-0-0-10	
		リン酸一カリウム	0-22-27-0-0	
		第一リン酸アンモニウム	11-26-0-0-0	
		硫酸カリウム	0-0-42-0-0	
		塩化カリウム	0-0-52-0-0	
		大塚 5 号	微量元素	

\*定植 (2002年10月2日) から第10果房収穫終了 (2003年6月9日) までの平均値

\*\*定植 (2002年9月18日) から第10果房収穫終了 (2003年5月16日) までの平均値

日/株とし、灌水量は無機養液区では 1 日 1 株当たり 250mL、有機養液区では 260mL/日/株であった。有機養液区は TDR センサーを畝中央の深さ 20cm に設置し、体積土壌含水率が 30% 以下になると灌水のみが行われるように設定した。その後、施肥量および灌水量を段階的に増加させ、最終的には、無機養液区 I、II、III、IV、有機養液区それぞれで、窒素施用量は 40、60、80、120mgN、100mgN/日/株であり、灌水量は無機養液区で 900mL、有機養液区で約 1,500mL/日/株であった。I、II、III、IV 区での窒素施用濃度は I 区を 1 とすると、II 区で 1.5、III 区で 2、IV 区で 3 倍にそれぞれ設定した（表-1）。有機養液区の窒素施用量は、結果的に無機養液 III 区と IV 区の間での施用量になった。

東半面に配置した 5 畝の水耕区については、畝間の差はなく全面同じ管理で行った。水耕区には土耕区と同様にトマト‘ルネッサンス’を用いた。8 月 23 日にバーミキュライトに播種し、9 月 2 日に M 式水耕装置（葉菜用湛液水耕）に移植し育苗した。その苗を 9 月 18 日に本圃に定植した。循環湛液式の養液栽培装置（スプレーポニック改良型、カネコ種苗）に 1 畝当たり 80 株定植した。養液管理は 2 液混合方式として、A 液は硝酸カリウム、硝酸カルシウム、硝酸、塩化カルシウムを混合し、B 液は硫酸マグネシウム、リン酸一カリウム、第一リン酸アンモニウム、硫酸カリウム、塩化カリウム、大塚 5 号を混合して使用した（表-1）。定植から第 10 果房収穫終了までに添加した施肥量を積算し平均したところ、期間中の添加量は窒素成分で 81mg/日/株となった。これは、結果的に無機養液 IV 区の窒素施用量と同じであった。

## 2 生育および収量調査

土耕区については、区毎に5株を無作為に選び、毎週1~2回催色期の果実を採取しその個数および重量を測定した。水耕区については、20株を無作為に選び、同様に毎週1~2回催色期の果実を採取しその個数および重量を測定した。

## 3 糖度の測定

糖度は第10果房までの偶数段から採取した果実について測定した。対象とした果実は、調査株5株について、それぞれの果房において最初に収穫した果実から無作為に選択した。採取後、縮分した半分を速やかにすり下ろし、ろ紙(ToyoNo. 5)でろ過し、ろ液を糖度計(PR-1, ATAGO社)で測定した。残った半分をさらに4分の1に縮分し凍結乾燥して $\delta^{15}\text{N}$ 測定用試料とした。

## 4 果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値および窒素濃度

$\delta^{15}\text{N}$ 値および窒素濃度は、それぞれの区の2, 6, 10段果房において、上記で調製した果実の凍結乾燥試料5試料中3試料を無作為に抽出し、粉碎して使用した。凍結乾燥試料をスズカプセルに封入し、質量分析計(DELTAplus, Thermo Finnigan社製)で測定した。分析は昭光通商株式会社に依頼した。

# III 結 果

## 1 トマトの収量と糖度

生育期間中の窒素施肥量はI区<II区<III区<有機養液区<IV区=水耕区となった(表-1)。水耕区のベッド内のECは、3月までは0.4~0.5dS/m前後で推移し、4月以降は徐々に上昇した。10段収穫終了時は1dS/mであった。水耕区の窒素施肥量は概ね50~100mg/株/日であった。水耕液中の硝酸性窒素濃度は、栽培期間中を通して概ね10ppm以下の水準に維持されていた。

土耕区の灌水量は、無機養液区では期間中の平均灌水量は510mL/株/日であった。一方で、有機養液区は840mL/株/日となり、結果的に土耕区の中では多い灌水量となった。有機養液区はTDRセンサーを設置したため、乾燥時に灌水が追加された。その結果、有機養液区の灌水量は無機養液区より多くその1.6倍となった。

図-1に区毎の収量および平均糖度を示す。無機養液区の第10果房までの収量は、I, II, III, IV区でそれぞれ、2.5, 2.9, 3.1, 3.3kg/株となり、施肥量が増加するに従って増加する傾向が認められた。有機養液区の

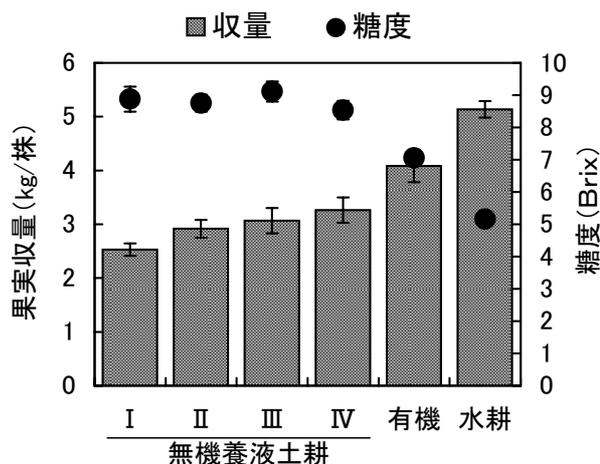


図-1 栽培法がトマト収量と平均糖度に与える影響

収量：土耕区 n=5, 水耕区 n=20.  
糖度：偶数段の平均値 n=5. 縦棒は標準誤差。

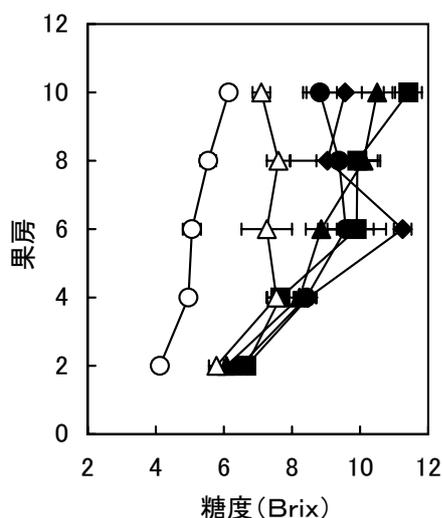


図-2 栽培法が糖度に与える影響

◆：無機養液I区, ■：無機養液II区, ▲：無機養液III区, ●：無機養液IV区, △：有機養液土耕区, ○：水耕栽培区 (n=5). 横棒は標準誤差。

収量は、施肥量が多い無機養液IV区に比べても多く、4.1kg/株となった。水耕区はどの区よりも収量が多く5.1kg/株となった。

糖度はI, II, III, IV区でそれぞれ、9.0, 8.8, 9.1, 8.5となり、無機養液区の中では、IV区で他の無機養液区に比べ糖度が低下する傾向にあった。有機養液区では無機養液区より糖度は低下し、7.1であり、水耕区ではさらに低い5.2となった。

図-2に異なる果房毎の糖度を示した。全体的には処理区に関わらず果房が高段になるほど糖度が上昇する傾

向が認められた。無機養液区では特に2段目から6段目にかけての糖度の上昇が大きく、その後はBrix%が8以上の高い糖度が維持された。しかし、有機養液区では、無機養液区で認められた程の高段での大きな糖度上昇は認められなかった。一方水耕区は、全体的に低い濃度で推移し、高段になるほど緩やかな糖度上昇が認められた。

## 2 トマト果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値と窒素濃度

トマトの $\delta^{15}\text{N}$ 値は、無機養液区のI, II, III区および有機区について、高段になるほど低下する傾向が認められたが、全体的には処理区内での大きな変化はないと考えられた(図-3)。平均すると無機養液区のI, II, III, IV区でそれぞれ、+8.6, +7.5, +3.8, +2.3%となり、施肥量の増加に伴い $\delta^{15}\text{N}$ 値は低下した。有機養液区のトマト果実の値は+8.3%となり、既報(中野ら, 2004; +7.4%, NAKANOら, 2003; +7.1%)とほぼ同様の値であった。水耕区の $\delta^{15}\text{N}$ 値は0%以下であった。窒素濃度は無機養液区のII, III区の2段目がやや高い値を示したが、その他は15mg/gDW前後の値をとり、区毎の特徴は認められなかった(図-4)。施肥濃度が最も少ない無機養液I区は、いずれの区と比較してもいずれの段においても最も低濃度であった。

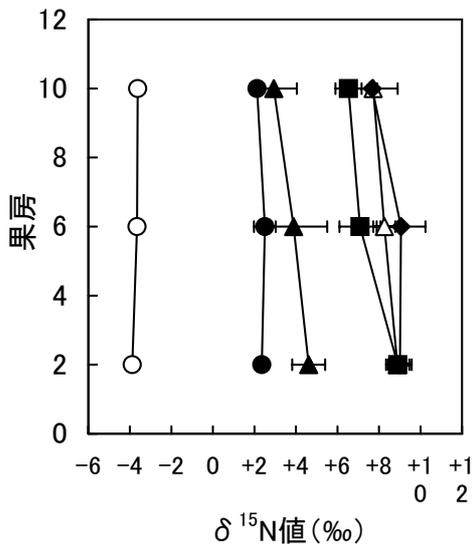


図-3 栽培法がトマト果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値に与える影響  
◆：無機養液I区, ■：無機養液II区, ▲：無機養液III区, ●：無機養液IV区, △：有機養液土耕区, ○：水耕栽培区 (n=3)。横棒は標準誤差。

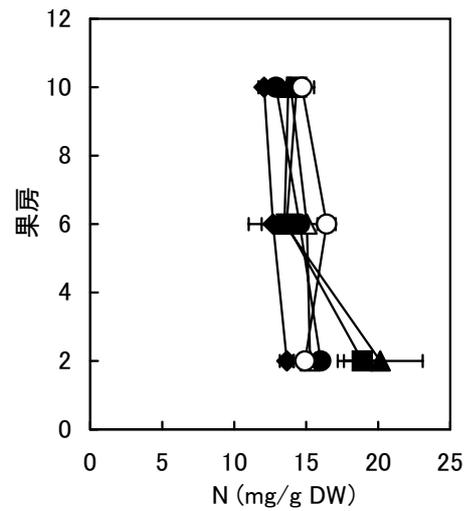


図-4 栽培法がトマト果実の窒素濃度に与える影響  
◆：無機養液I区, ■：無機養液II区, ▲：無機養液III区, ●：無機養液IV区, △：有機養液土耕区, ○：水耕栽培区 (n=3)。横棒は標準誤差。

## IV 考 察

### 1 異なる施肥法におけるトマトの収量と糖度の関係

無機養液区では、同量の灌水量において、施肥窒素量を変えた場合のトマト‘ルネッサンス’の収量および糖度を検討した。同一圃場で行った前報(中野ら, 2004)の結果では、果実のBrix%は5前後であった。本実験は現地実証試験の一環であるため、周辺の生産農家の意見を取り入れて果実の高糖度化に関する知見の収集も行う必要が生じた。そのため、本実験においては灌水量を減少させ、全体的に糖度を上昇させることを試みるとともに、その状態での収量性を検討した。収量と糖度の関係を図-5にプロットした。本実験の無機養液区を●, 有機養液区を▲, 水耕区を■で示した。また、前報の無機および有機養液区の結果を○で示した。全体的には同一直線上にプロットされ、収量の低下とともに糖度が上昇する傾向が認められた。他の研究でも灌水量を制限した場合に同様の結果が得られている(荒木, 1994)。

前報(中野ら, 2004)の結果は、生産量が多いが糖度は低い部分にプロットされている。前報での施肥窒素量は平均1日1株当たり有機養液区で平均100mg, 無機養液区で93mgであり、本報の無機養液IV区の81mgとほぼ同じレベルであるが、糖度は低い位置にプロットされている。これは灌水量による影響と考えられた。すなわち灌水量は前報(中野ら, 2004)では、1日1株当

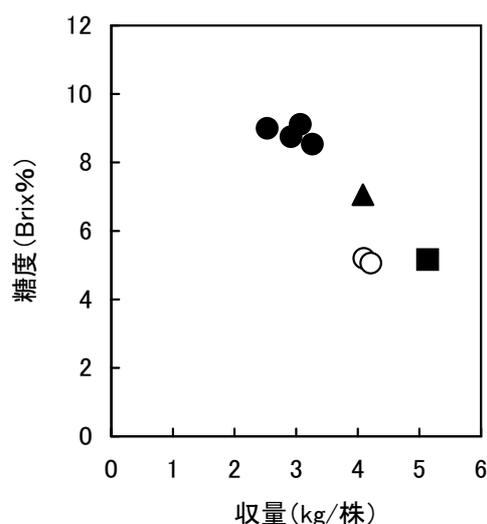
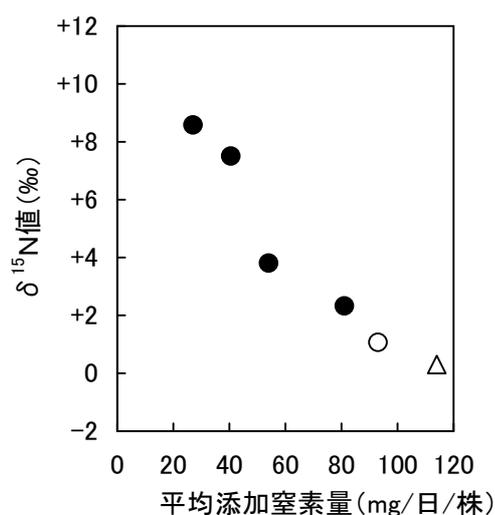


図-5 トマトの糖度と収穫量の関係

●：無機養液 I～IV それぞれ区の平均値，▲：有機養液区，■：水耕区，○：2004 年中野らの報告における有機および無機養液土耕栽培それぞれの平均値

図-6 添加窒素量と果実中の $\delta^{15}\text{N}$ 値の関係

●：無機養液区 I～IV のそれぞれの平均値，○：中野ら（2004）の報告における無機養液土耕栽培の平均値，△ NAKANOら（2003）の報告における無機養液土耕栽培の平均値

り平均約 1,200mL であったのに対し、本報告の無機養液区が 510mL であった。本報においても、前報（中野ら，2004）同様、有機養液土耕について検討したが、無機養液区と水耕区との間にプロットされ、有機養液区の収量は無機養液区より高いものの糖度は低くなった。有機物施用により糖度が上昇するなどの研究結果がまとめられているが（森，1986）、本研究では糖度上昇が認められなかった。また、水耕栽培においても糖度は無機養液区に比べ低かった。水耕栽培における吸水量は、1日1株当たり 5,200mL になることもあり（JOLLIETら，1992）、土耕栽培より吸水が盛んであったためといえる。特に、量的管理による水耕栽培では、根圏における浸透圧ストレスは通常の水耕栽培に比べても低いと考えられ、その結果、吸水が盛んとなったものの結果的に糖度が低下したと考えられた。このように、トマトの糖度は、施肥量や施肥窒素が有機か無機かよりも、灌水量などの水分ストレスに大きく影響を受けるものと考えられる。

## 2 $\delta^{15}\text{N}$ 値からのトマトの適正施肥量の推定

無機養液区での 1日1株当たりの平均窒素添加量を横軸にトマト果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値を縦軸にプロットした（図-6）。○は前報（中野ら，2004；本研究を行ったのと同じ圃場で同様の無機養液土耕を行った結果）、△は実験を行った圃場や品種は異なるが、平均窒素添加量とトマト果実の $\delta^{15}\text{N}$ 値との関係が明らかである報告（NAKANOら，2003）の値である。全体的には施肥量が増加するに

従って、肥料の $\delta^{15}\text{N}$ 値と考えられる $-0.2\text{‰}$ （この場合同様の肥料である OK-F-1 の値で代用した。）に近づいた。吸収されやすい化学肥料の液肥が添加された場合、施肥量が適正であれば、植物は吸収しやすい液肥の窒素から優先的に吸収し、さらに、添加量が不足する場合は、吸収しにくい地力窒素を吸収するものと考えられる。この考えに基づき、直線回帰により地力非依存点を求めると、OK-F-1 の $\delta^{15}\text{N}$ 値は $-0.2\text{‰}$ なので、これを切片とした場合 110mg/日/株と計算された。トマトの養液土耕における 1日1株当たりの窒素施用量を決定するために、50, 100, 200mg/株/日の 3種類の施肥量を比較した斎藤ら（1998）の報告によると、トマトの 1日1株当たりの最適な窒素施用量は 100mg とされており、今回の結果も妥当な値であるといえる。

## 3 2 ソースモデルによるトマトの地力窒素依存度の推定

2 ソースモデル（和田，2003）を用いて、無機養液区における地力窒素の依存率を $\delta^{15}\text{N}$ 値により推定した。 $f_s$ を植物体に吸収された地力窒素のフラクションとし、 $f_f$ を植物体に吸収された施肥窒素のフラクションとする。植物体へ吸収された窒素はこの 2つに由来すると仮定して、 $f_s + f_f = 1$ （式 1）とする。このとき地力窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値を $\delta_s$ 、施肥窒素の $\delta^{15}\text{N}$ 値を $\delta_f$ 、植物体の $\delta^{15}\text{N}$ 値を $\delta_p$ とすると、 $\delta_p = f_s \delta_s + f_f \delta_f$ となる（式 2）。式 1 を挿入して、植物体の地力窒素への依存率は、 $f_s = (\delta_p -$

$\delta_i$ ) / ( $\delta_s - \delta_i$ ) (式3) となる。この式から、それぞれの無機養液区の地力窒素依存率を算出した。地上部において果実以外の部分と果実の  $\delta^{15}\text{N}$  値は同様の値をとることから (NAKANOら, 2003),  $\delta_p$  はトマト果実の値を用い,  $\delta_i$  は OK-F-1 の値  $-0.2\text{‰}$  を代用し, また,  $\delta_s$  は使用した大府圃場の土壌3点の平均値  $+11.0\text{‰}$  を用いた。その結果, それぞれの無機養液 I, II, III, IV 区の地力窒素依存率は 78%, 69%, 36%, 22% となり, 施肥窒素量が低いほど地力窒素に対する依存率が高くなることが示された。この地力窒素がない場合の収量は, 収量が吸収された施肥窒素に比例すると仮定した場合, 無機養液 I, II, III, IV 区それぞれで 0.55, 0.91, 2.0, 2.5kg/株となり, 実測値の 2.5, 2.9, 3.1, 3.3kg/株に比べ施肥量により比例した値となった。つまり, 図-1 に見られるように, 無機養液区の収量は施肥窒素濃度が低下するに従って低下するものの, 施肥量に見合った低下ではない。これは低窒素区ほど, 地力窒素の吸収割合が多くなり, それにより生育が維持されていたことを裏付けるものである。このように, 養液土耕においてトマトの生育を補償し安定化させるためにも地力窒素が重要な役割を果たしていることが示された。

## V 摘 要

異なる施肥量の無機養液土耕栽培と有機養液土耕栽培および水耕栽培におけるトマトの収量, 糖度および  $\delta^{15}\text{N}$  値を比較することにより, それぞれの栽培法の特徴を明らかにした。無機養液区内においては施肥量の増加にともない収量は増加したが, 糖度への影響は小さかった。灌水量が多かった有機養液区または根圏へのストレスが小さいと考えられた水耕区においては, 無機養液土耕区に比べ収量は多かったが, その分糖度が低下していた。トマトの糖度は, 施肥量や施肥窒素が有機か無機かよりも, 灌水量などの水分ストレスによって大きく影響を受けるものと考えられる。

平均窒素添加量に対するトマト果実の  $\delta^{15}\text{N}$  値の関係では, 施肥量が増加するに従って, 果実の  $\delta^{15}\text{N}$  値は肥料の  $\delta^{15}\text{N}$  値  $-0.2\text{‰}$  に近づいた。地力に依存せず生育できる窒素施肥量を推定したところ, 110mg/日/株となった。また,  $\delta^{15}\text{N}$  値について2ソースモデルを用いて, 無機養液区における地力窒素の依存率について評価した

ところ, それぞれの無機養液 I, II, III, IV 区の依存率は, 78%, 69%, 36%, 22% となり, 施用窒素量が少ないほど地力窒素に対する依存率が高くなることが示された。これは, 低窒素区ほど地力窒素の吸収割合が多くなり, それにより生育が維持されていたことを裏付けるものである。トマトの生育を安定化させるためには, 低窒素施肥条件ほど地力窒素が重要な役割を果たしていることが示された。

## 引用文献

- 1) 青木宏史 (2001) : 野菜類における養液土耕栽培. pp65-118. 青木宏史・梅津憲治・小野信一編. 養液土耕栽培の理論と実際. 誠文堂新光社. 東京.
- 2) 荒木陽一 (1994) : 体内水分を指標とした温室トマトの水管理に関する研究. 野菜茶試研報 A (野菜・花き). 8. 63-103.
- 3) 荒木陽一 (2003) : 養液土耕栽培による夢とゆとりのある施設園芸の実現. 農業および園芸, 78, 447-452.
- 4) 浅見逸夫・辻井修 (2003) : 養液土耕栽培システムを導入した施設野菜農家の満足度と導入成果. 愛知農総試研報, 35. 115-122.
- 5) 林康人・新妻成一・久保省三 (2003) : 灌水施肥 (養液土耕) 栽培の施肥効率は高いのか 施肥量を段階的に変えた場合のトマトの施肥窒素利用効率. 土肥誌, 74, 175-182.
- 6) JOLLIET, O. and B. J. BAILEY (1992): The effect of climate on transpiration in greenhouses: measurements and models comparison. *Agricultural and Forest Meteorology*, 58, 43-62.
- 7) 森敏 (1986) : 食品の質に及ぼす有機物施用の効果. pp85-137. 有機物研究の新しい展望. 日本土壤肥料学会監修. 博友社. 東京.
- 8) 中野明正・上原洋一・山内章 (2001) : 有機液肥の連続施用システムの開発とそれがトマトの生育・果実収量・品質および土壌の化学性に与える影響. 土肥誌, 72, 505-512.
- 9) NAKANO, A., Y. UEHARA and A. YAMAUCHI. (2003): Effect of organic and inorganic fertigation on yields,  $\delta^{15}\text{N}$  values and  $\delta^{13}\text{C}$  values of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. Saturn). *Plant and Soil*, 255, 343-349.
- 10) 中野明正・川嶋浩樹・佐久間青成・上原洋一 (2004) : 有機性液肥の養液土耕への利用がトマトの生育, 収量, 糖度, 無機成分および  $\delta^{15}\text{N}$  値に与える影響. 野菜茶研研報, 3, 129-136.
- 11) 斎藤俊久・糠谷明 (1998) : トマトの点滴施肥灌水栽培における施肥量の違いが生育および養分吸収に及ぼす影響. 静岡大学農学部研究報告, 48, 39-45.
- 12) 和田英太郎 (2002) : 窒素安定同位体比と負荷源の特定. pp632-634. 植物栄養・肥料の事典. 朝倉書店. 東京.
- 13) 米山忠克・笹川英夫 (1994) : 土壌-植物系における炭素, 窒素, 酸素, 水素, イオウの安定同位体自然存在比: 1987年以降の研究進歩. 土肥誌, 65, 585-598.

## Effects of Cultivation Methods on the Yield, Sugar Content and $\delta^{15}\text{N}$ Value of Tomato

Akimasa NAKANO\*, Hiroki KAWASHIMA, Shinichi WATANABE and Yoichi UEHARA

### Summary

Effects of tomato cultivation methods, fertigation with different fertilizer application rates, organic fertigation using CSL (Corn Steep Liquor) and hydroponic were compared on the yield and sugar content and  $\delta^{15}\text{N}$  value.

With an increase of nitrogen application rate, 27 (I), 41 (II), 54 (III), 81 (IV) mg/plant/day, the yield increased, however sugar content was not proportionally affected by the application rate. Analysis, including organic fertigation and hydroponics, showed sugar contents were inversely proportional to the yield. The results were induced not by the kinds of nitrogen source (organic or inorganic) nor by the nitrogen application rate but by the water application rate.

When the nitrogen application rate increased to around 100 mg/plant/day,  $\delta^{15}\text{N}$  values of tomato fruits were closer to the  $\delta^{15}\text{N}$  values of applied fertilizer's ( $-0.2\text{‰}$ ). Included other results about relationship between nitrogen application rate and fruits  $\delta^{15}\text{N}$  values, estimated application rate in which tomato plant would be able to grow without soil nitrogen, would be 110 mg/plant/day. In the inorganic fertigation, the dependence rate to soil nitrogen was estimated at 78%, 69%, 36%, 22% in I, II, III, IV treatments respectively using the two source model of  $\delta^{15}\text{N}$  value. The higher the application rate was, the lower the dependence rate to the soil nitrogen was. Hence, soil nitrogen plays an important role in the lower application rate of nitrogen, to the increase of tomato yield.

---

Received: November 26, 2004

Department of Fruit Vegetables

40-1 Minaminakane, Taketoyo, Aichi, 470-2351 Japan

\* Present address:

Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council

1-2-1 Kasumigaseki, Chiyoda, Tokyo, 100-8950 Japan