

一段密植栽培トマトの果実品質に及ぼす 高濃度培養液処理開始時期の影響

野口有里紗*・奥田好美**・市村匡史*

(平成 23 年 11 月 15 日受付/平成 24 年 1 月 20 日受理)

要約: 一段密植栽培において高濃度培養液処理を開始する時期の違いが、トマト果実の収量と品質に及ぼす影響を検討した。培養液濃度を高くすることで高 EC 溶液を作成し、処理を行った。葉の水ポテンシャルは処理により低下し、第一花開花時処理で最も低くなった。葉の水ポテンシャルは対照区では日中と夕方には差はみられなかったが、高濃度培養液処理を行うと日中よりも夕刻時に低くなった。第一花開花期に処理を行うと果実糖度が 11 度に上昇したが、果実重量が減少し、同時に尻腐れ果の発生が増加した。第一花開花後 29 日に処理を行ったところ、糖度 8 の果実が得られることに加えて、果実重量の低下と尻腐れ果の発生が抑制された。これらの結果から、一段密植栽培では第一花開花後およそ 30 日に高濃度培養液処理を行うと高品質な果実が得られると考えられた。

キーワード: 高糖度, 塩処理, ストレス, 水ポテンシャル

1. はじめに

トマトに対する消費者の要望は多様化しており、特に食味や栄養価に対する要求が高まっている。そのため、高品質なトマト生産に適した品種や作型の開発が進められている。トマトは水分ストレスを受けることで果実の品質が向上する¹⁾。しかし、果実肥大期に強い水分ストレスがかかるため、果実の小玉化とそれに伴う収量の低下が発生する²⁾。そのため、果実品質と収量のバランスをとる栽培管理が必要となる。

高品質なトマトを生産するために、これまでに数多くの技術が研究されている^{3,4)}。その中でも、近年は低段密植による栽培方法が注目されている⁵⁾。通常のトマト栽培では果房を 8 段以上収穫するため、上部の花房と下部の果房の管理を同時に行わなければならない。しかし、低段栽培ではトマトの収穫段数を 3 段以下に制限することで栽培管理を簡易にしており、果実品質の向上のために、一段で摘心する栽培方法も提案されている⁶⁾。低段栽培では、収穫段数を制限したことによる収量の減少を、栽植密度を上げることで補っている。

トマト果実の糖度向上と収量は反比例するため、双方を確保できる栽培管理方法が必要である。しかし、ストレスの付与方法や作型、品種など、栽培管理に関わる要因は数多い。糖度向上のための栽培管理を容易にするために、一段密植栽培による高品質化の研究が行われている⁵⁾が、望ましいストレス付与時期やストレスの程度は必ずしも明確になっていない。そこで本論文では、特別な資材を用いず、培養液の濃度を高くすることでトマトにストレスを与え

た。高濃度処理によって高糖度かつ適度な大きさの果実を得るために、一段密植栽培においてストレス処理を開始する適切な時期を検討した。

2. 材料および方法

トマト '桃太郎 J' (タキイ種苗) の種子を 25°C 暗黒下で 2 日間催芽し、2006 年 12 月 24 日にロックウールマットに播種した。本葉 1 枚展開時にロックウールキューブ (7.5×7.5×7.5 cm) に移植し、2 月 10 日に自作のベッド (360×35×10 cm) に設置したロックウールスラブ (360×20×10 cm) に、各試験区 27 株を株間 10 cm, 1 条植えで定植した。第一花房上の 3 葉を残して摘心し、着果を促すためにトマトトン 80 倍液を散布し、1 株 4 果となるよう調整した。栽培は、東京農業大学厚木キャンパスのガラス温室で、2007 年 5 月 17 日まで循環式ロックウール耕で行った。育苗時から処理開始までの培養液は、大塚 A 処方培養液 1/2 濃度液を使用し、EC を 1.2~1.3 dS/m, pH を 5.5~6.0 とした。

ストレス処理は第 1 果房の発育段階ごとに高濃度培養液に切り替えることで行った。高濃度培養液は、大塚 A 処方標準濃度液を 4 倍濃 (EC8.0 dS/m) にすることで作成した。試験区は、高濃度処理を開始する時期を第一花開花期区、果実肥大期区、緑熟期区、白熟期区、催色期区からとした 5 区と、全期間を標準濃度液で栽培する対照区とした (表 1)。給液は点滴チューブで 1 日 8 回行い、1 回の給液量は 1 株あたり 0.15 l とした。培養液の濃度は適宜測定し、EC8.0 dS/m を超えた場合は濃度調整を行った。

葉の水ポテンシャルは、マルチサイクロメーター

* 東京農業大学農学部農学科

** 元東京農業大学農学部農学科

(DECAGON SC-10A)で測定した。陽当たりの良い場所の、茎頂部に近い完全展開葉を選び、葉脈を避けて1cm×3cmのサンプルを切り出した。測定は5月8, 9, 11, 12日(いずれも快晴)の12時から13時と、16時から17時の間に行った。サンプリングは1株1回とし、昼と夕では異なる株を用いた。

果実は全体が赤くなってから収穫し、1果あたりの重量、果実高、果実径、果実硬度、果実糖度、果実乾物率を測定した。測定果実は無作為に選抜した。果実硬度は果実硬度計(KM型)を用いて、果実赤道部を測定した。果実糖度の測定には果実糖度計(ATAGO N-1E型)を用いた。尻腐れ果は発生を確認した段階で摘除し、尻腐れ果の発生率(尻腐れ果数/着果数×100)を求めた。遊離酸含量は、果実に純水を加えて破碎したもののろ過液を、1/10 N NaOH液で滴定酸度を測定し、クエン酸相当量に換算した。糖の分析は、圖師ら⁷⁾の方法を参考にした。凍結乾燥後に粉末にした試料0.5gに80%エタノールを還流加熱した後に濃縮し、Sep-pakC18Cartridgesを用いて色素を取り除いて高速液体クロマトグラフで分析した。乾物率を基に、生体重当たりの糖含有量を求めた。

3. 結 果

葉の水ポテンシャルは、いずれの区においても16時から17時の測定値が、12時から13時の測定値より低かった。16時から17時の測定では、第一花開花期区が-1.90MPaと最も低く、果実肥大期区、緑熟期区、白熟期区、催色期区ではおよそ-1.7MPaで差がなく、対照区では最も高く-1.50MPaであった。12時から13時の順位も同様であり、最も低い第一花開花期区では-1.75MPa、最も高い対照区

では-1.49MPaであった。(図1)。

果実の品質については、1果あたりの重量は対照区が201gと最も重く、第一花開花期区、果実肥大期区では100g以下と著しく軽かった(表2)。催色期区、緑熟期区、白熟期区は143から150gで差は認められなかった。果実高は、対照区が56.2mmと最も高く、第一花開花期区では44.2mmと低かった。果実径は、対照区が73.8mmと最も大きく、それ以外の区ではおよそ58mmであった。果実硬度はいずれの区においても1.6kg/cm²であり、差がみられなかった。糖度は、第一花開花期区が11.0%と最も高く、次いで果実肥大期区9.4%、緑熟期区8.1%、白熟期区7.3%、催色期区と対照区では6.8%と最も低かった。乾物率は、第一花開花期区が13.6%と最も高く、対照区では7.0%と最も低かった。尻腐れ果発生率は、第一花開花期区では18.3%と最も高く、次いで果実肥大期区、緑熟期区、白熟期区となり、催色期区と対照区では2.8%と最も低かった。

遊離酸含量は、第一花開花期区で5.8mg/g・FWと最も多く、対照区では1.7mg/g・FWと最も少なかった(図2)。果実のスクロース含量は、緑熟期区で14.2mg/g・FWと最も多く、次いで白熟期区、果実肥大期区、催色期区の順となり、対照区では2.8mg/g・FWと最も少なかった(図3)。グルコース含量は、緑熟期区が27.8mg/g・FWと多く、対照区で16.0mg/g・FWと最も少なかった(図4)。フルクトース含有量は、緑熟期区が29.7mg/g・FWと最も高く、対照区と催色期では19.7mg/g・FWと少なかった(図5)。

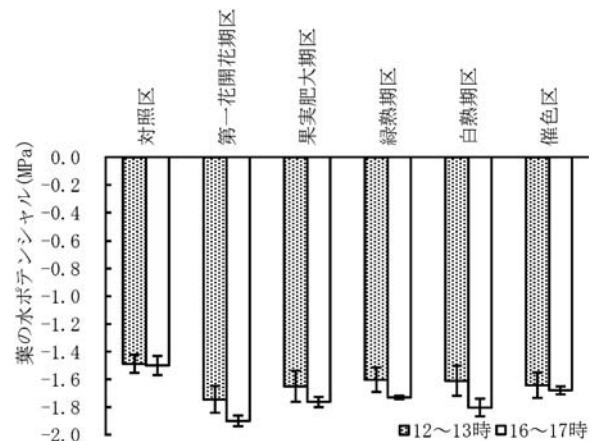


図1 高濃度処理開始時期の違いがトマト葉の水ポテンシャルに及ぼす影響 (n=4, バーは標準誤差)

表1 トマト高濃度処理開始時期と培養液濃度

試験区	高濃度処理開始 ^a	培養液濃度
対照区	—	標準濃度(1.2dS/m)
第一花開花期区	開花当日	高濃度(8.0dS/m)
果実肥大期区	開花後15日	高濃度(8.0dS/m)
緑熟期区	開花後29日	高濃度(8.0dS/m)
白熟期区	開花後37日	高濃度(8.0dS/m)
催色期区	開花後44日	高濃度(8.0dS/m)

^a第一花開花後日数

表2 高濃度処理開始時期の違いが果実品質に及ぼす影響

	1果あたり重量 (g)	果実高 (mm)	果実径 (mm)	果実硬度 (kg/cm ²)	糖度 (%)	乾物率 (%)	尻腐れ果発生率 (%)
対照区	201.1±9.4	56.2±1.2	73.8±2.9	1.6±0.0	6.8±0.1	7.0±0.3	2.8
第一花開花期区	87.1±2.1	44.2±1.7	57.2±2.1	1.6±0.0	11.0±0.2	13.6±0.5	18.3
果実肥大期区	95.4±2.1	47.3±1.0	58.5±1.6	1.6±0.0	9.4±0.2	12.5±0.4	12.0
緑熟期区	144.4±3.1	52.2±1.2	58.5±2.1	1.6±0.0	8.1±0.1	10.1±0.4	8.3
白熟期区	143.4±3.8	52.2±0.8	58.5±1.4	1.6±0.0	7.3±0.1	9.9±0.5	7.4
催色期区	150.9±3.2	50.7±0.9	58.5±1.9	1.6±0.0	6.8±0.1	8.8±0.2	2.8

平均±標準誤差(n=7).

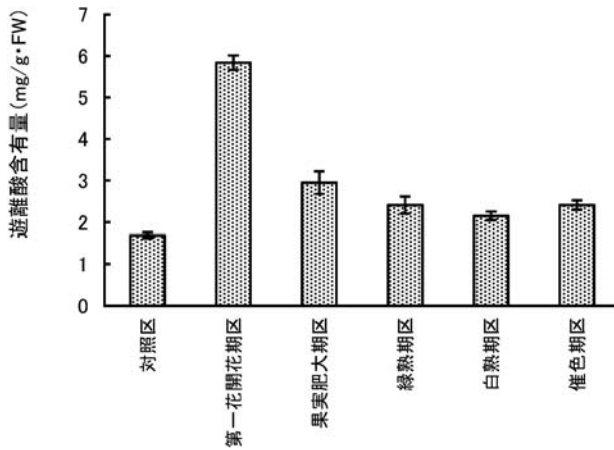


図 2 高濃度処理開始時期が果実中の遊離酸含有量に及ぼす影響 (n=5, クエン酸相当量に換算)

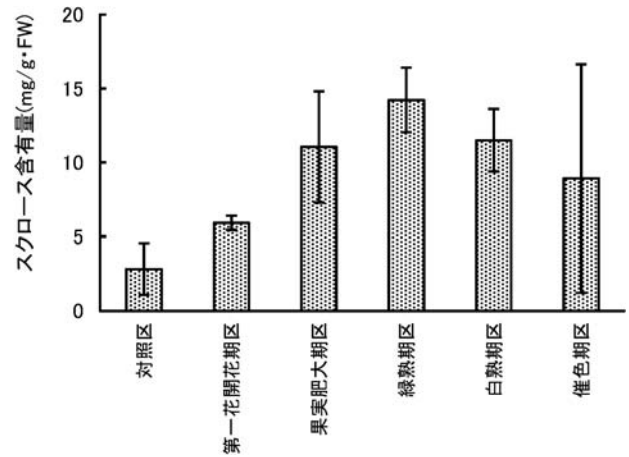


図 3 高濃度処理開始時期が果実中のスクロース含有量に及ぼす影響 (n=5)

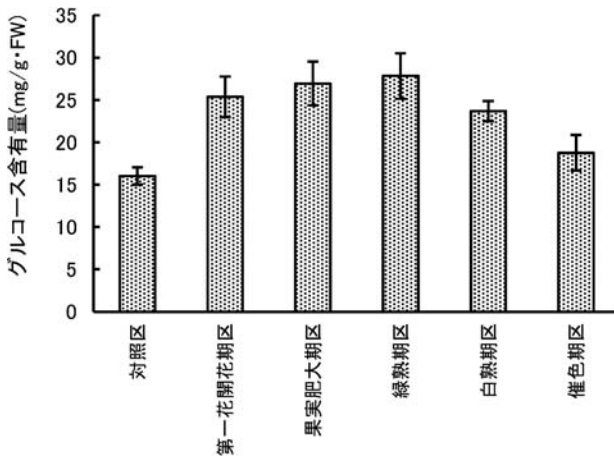


図 4 高濃度処理開始時期が果実中のグルコース含有量に及ぼす影響 (n=5)

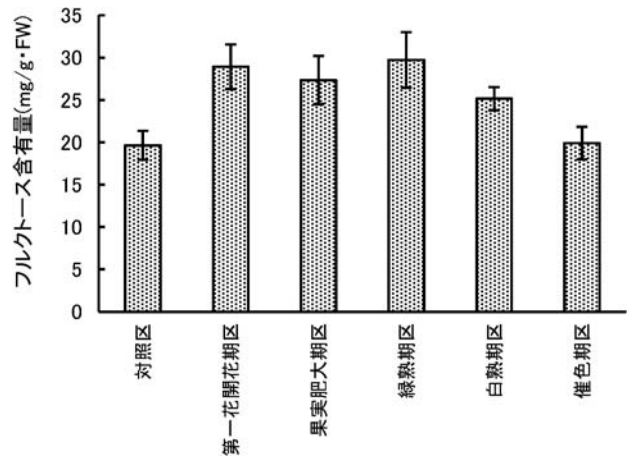


図 5 高濃度処理開始時期が果実中のフルクトース含有量に及ぼす影響 (n=5)

果実の全糖含量は、緑熟期区が最も多く、対照区では少なかった。

4. 考 察

高糖度トマトの栽培では、いかに適切に的確にストレスを与えるかが重要である。ストレスの処理方法は、水もしくは塩によって負荷を与える方法が一般的である。トマト葉と果実の浸透ポテンシャルは水ストレスより塩ストレス下で大きく低下する⁸⁾。塩ストレスでは培養液の浸透圧ストレスに加えて、植物体に蓄積していくイオンによる障害が加わる⁹⁾。このとき、ストレスが強いほど果実の糖度は高くなるが、強すぎると奇形果や尻腐れ果の発生が増加する。SAITO ら¹⁰⁾ は第一果房肥大期後半に EC8.0 dS/m の塩ストレスを行うと、平均果実重量の低下と尻腐れ果の発生をある程度抑制することができたと報告している。そこで、本実験では EC8.0 ds/m の高濃度培養液を作成してトマトに塩ストレスを与え、高濃度処理の開始時期の違いによる負荷量の差を、葉の水ポテンシャルを測定することで比較した。

トマトの葉の水ポテンシャルは環境の影響を強く受け、晴天、高温、風など蒸散が促進される条件下では低くなる¹¹⁾。水分が十分に与えられた葉における水ポテンシャルは、光強度の変化に従い日中昼間に低下し、夕方にかけて上昇する。本試験での葉の水ポテンシャルは、対照区では時刻による差は見られなかった。しかし、高濃度処理区では 16 時から 17 時の測定値が、光強度と気温がともに高く蒸散の活発な 12 時から 13 時の測定値に比べて低くなった。水ポテンシャル測定葉の採取は、どちらも給液直後に行っていることから、夕方の水ポテンシャルの低下は、高濃度処理区では葉の水ポテンシャルは給液しても回復せず、夕方まで低下することを示唆している。また、水ポテンシャルはいずれの測定時刻でも第一花開花期区が最も低くなり、高濃度処理の開始時期が早いほど水ポテンシャルの値は低下する傾向が見られた。水分ストレス処理の開始時期が早いほど、植物体内へのイオンの蓄積量が多くなり、より強く、かつ長時間の水分ストレスを受けることになる。また、葉の水ポテンシャル値が近い場合でも、ストレスの内容が異なれば生体重当たりの糖度やアミノ酸蓄積量も異なるこ

とが報告されている⁸⁾。したがって、高濃度処理の開始時期の違いによるストレスの累積が、トマトの果実品質に影響したと推測された。

高糖度トマトの指標は、果実糖度が8以上であることとされている¹²⁾。糖度の向上のみを目標とするならば、第一花開花時から高濃度処理を行うのが最適である。しかし、果実サイズが小さく、尻腐れ果実の発生が増加するため、実用的なタイミングではない。本実験では、第一花開花後29日の緑熟期に処理を行うと、糖度8の果実が得られることに加えて、果実重量の低下と尻腐れ果の発生が第一花開花時処理よりも抑制された。白熟期および催色期に処理を行った果実の重量は対照区よりも約25%少なかったが、これは栽培中に対照区のみ1株枯死したため、栽植密度や日当たりなどが他区と異なった可能性が考えられる。SAITOら¹⁰⁾は、第一果房肥大期である第一花開花後20日の処理が有効であると報告しているが、本実験ではSAITOら¹⁰⁾よりも処理区を細かく設定しており、これより遅い第一花開花後およそ30日の果実肥大期と緑熟期の間に処理を行うことで同様の結果を得た。これらから、一段密植でEC8.0 dS/mの高濃度培養液処理を緑熟期に行うことで、高糖度かつ重量のある果実が得られることが明らかとなった。

引用文献

- 1) MIZRAHI, Y., 1982. Effect of salinity on tomato fruit ripening. *Plant Physiol.*, **69**, 966-970.
- 2) 榊田正治, 瀧口 武, 松原幸子, 1989. 培養液濃度がトマトの収量と品質および養液成分の濃度変化に及ぼす影響. *園学雑*, **58**, 641-648.
- 3) 阿部晴夫, 1993. 高糖度トマト生産のための省力, 低コスト栽培の開発. *農耕と園芸*, **48**, 73-76.
- 4) 栃木博美, 水里 宏, 1989. トマトの促成栽培における土壌水分が果実品質に及ぼす影響. *栃木農試研報*, **36**, 15-24.
- 5) 渡辺慎一, 2006. 低段密植栽培による新たなトマト生産. *野菜茶業研究集報*, **3**, 91-98.
- 6) ADAMS, P., G.W. WINSOR and J.D. DONALD. 1973. The effects of nitrogen, potassium and sub-irrigation on the yield, quality and composition of singletruss tomatoes. *J. Hort. Sci.*, **48**, 123-133.
- 7) 圖師一文, 松添直隆, 1998. 土壌水分制限が大果系トマトのビタミンC, 糖, 有機酸, アミノ酸およびカロチン含量に与える影響. *園学雑*, **67**, 927-933.
- 8) 圖師一文, 松添直隆, 吉田 敏, 筑紫二郎, 2005. 水ストレス下および塩ストレス下で栽培したトマトにおける果実内成分の比較. *植物環境工学*, **17**, 128-136.
- 9) MUNNS, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment*, **25**, 239-250.
- 10) SAITO, T., N. FUKUDA, S. NISHIMURA. 2006. Effects of salinity treatment duration and planting density on size and sugar content of hydroponically grown tomato fruits. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **75**, 392-398.
- 11) 荒木陽一, 1993. 温室栽培トマトの葉の水ポテンシャルの個体間変異とその影響因子. *園学雑*, **62**, 113-119.
- 12) 伊藤裕朗, 丹羽桂子, 福田正夫, 1994. 低段密植栽培による高糖度トマトの安定生産. *愛知農総試研報*, **26**, 201-208.

Effect of High Electrical Conductivity of Nutrient Solution at Different Developmental Stages on Yield and Fruit Quality in Tomatoes Grown with a Single-truss High Density Planting System

By

Arisa NOGUCHI*, Yoshimi OKUDA** and Masashi ICHIMURA*

(Received November 15, 2011/Accepted January 20, 2012)

Summary : Effect of high electrical conductivity (EC) of nutrient solution at different development stages on yield and fruit quality were investigated in tomatoes grown with a single-truss high density planting system. High EC was established by increasing the concentration of nutrients solutions. Water potential of tomato leaves was decreased with the high EC treatment, being the lowest when the high EC treatment was initiated at anthesis of the first flower. Water potential of leaves was lower in the evening than around noon in high EC treatments, while these did not differ between times of day in control. The high EC treatment initiated at anthesis of the first flower increased the total soluble solids of fruit from 6.8 to 11.0 Brix%, but decreased fruit weight and increased the occurrence of blossom-end rots. Initiating the high EC treatment 29 days after anthesis increased the fruit Brix% higher than 8.0 Brix%, and mitigated the detrimental effects of the high EC treatment on fruit weight and blossom-end rots. These results suggest that high EC treatment initiated about 30 days after anthesis can be effective for the production of high quality tomato fruits with a single-truss high density planting system.

Key words : High-brix, high EC treatment, stress, water potential

* Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

** Former : Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture