

# 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の生産

誌名	静岡県農業試験場研究報告 = Bulletin of Shizuoka Agricultural Experiment Station
ISSN	0583094X
著者名	石上,清 堀内,正美 中畠,輝子 松浦,英之
発行元	静岡県農業試験場
巻/号	38号
掲載ページ	p. 61-72
発行年月	1994年2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



# 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の生産

石上 清\*・堀内正美\*\*

中島輝子\*・松浦英之\*\*\*

## I. 緒 言

トマトは作型開発が進み、現在では周年供給が可能となっている。近年、赤熟してから収穫するいわゆる完熟系トマトや糖度の高いミニトマトが急増しており、消費者が食味を重視する傾向にあることを示している。市販の大玉系トマト（以下トマト）の品質評価については、1984年に中川ら<sup>1)</sup>が Brix 糖度（以下糖度）5%，滴定酸度 0.35%以上であれば食味には問題がないことを示している。一方、著者ら<sup>2)</sup>が1988年に市場関係者に対して行ったアンケート調査によれば、目標糖度 8~10%のトマト生産をとの要望を得ており、一部の消費者からは果実並みの糖度の高いトマトが求められているのが現実であろうと考えられる。

トマトの糖度は、ほかの多くの果実類と同様、水分ストレスを付与することによって高まることが知られている。既にいくつかの公立試験研究機関でも高糖度トマト生産技術の開発に取り組んでいるが、水分ストレスを付与する方式として、根域制限シートを利用した土耕栽培や隔離ベッド栽培など、基本的には根域とかん水量を制限した土耕栽培方式を採用している。土の培地で比較的厳密な水分制御を実現している事例として温室メロンがあるが、一般的には土の物理的諸性質からみて土を培地とした場合の水分制御は比較的難しいと考えられる。

著者らは、先に述べた消費ニーズの実態をふまえて、これまで全国的にも例がない果実並みの糖度10%の高糖度トマトの生産技術の確立を目標とした。この場合、先に述べたように、安定した水分ストレスを連続的に付与することが必要であると思われることから、給液後の余剰水をできるだけ速やかに排水できる栽培装置が適当で

あると判断した。そこで、根域を制限したロックウール培地による養液栽培を基本として装置の開発を行い、養水分管理や環境管理を組み合わせることによって糖度10%のトマトを安定的に生産できる技術の確立を目的として本試験を実施した。

## II. 材料及び方法

### 1. 高糖度トマト生産用循環式養液栽培装置の開発

#### (1) トマトの水分ストレス反応の確認

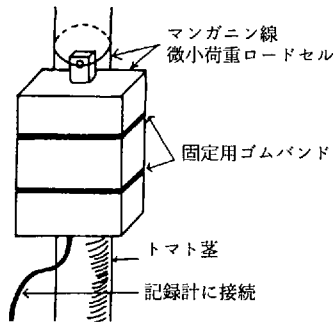
高糖度トマト生産用の栽培装置としては、植物体に水分ストレスを付与しやすい装置を念頭に、根域を制限したロックウール培地を用いた循環式養液栽培装置を基本とした。そこで、まず70mm角（容積421.9cm<sup>3</sup>）ロックウールキューブ（以下キューブ）を培地とした循環式養液栽培装置で栽培したトマトの茎の伸び縮みの反応をみることにより水分ストレスの付与状況を調査した。供試材料には‘ファーストパワー’を用い、1990年9月6日に播種、同年10月20日に定植後、大塚液肥A処方の1/2濃度の培養液（以下養液）を用いて、かん水と給肥を同時に行う方法により培地の底面に給液して栽培した。なお給液は、給液時刻を設定するメインタイマーと給液時間を設定するミニタイマーを組み合わせた自動給液とした。

1990年11月7日、8日（第2花房開花時）の両日に、同一株の第1~2節間の茎に第1図のようにマンガニン線微小荷重ロードセルを取り付け、アナログ記録計で茎の伸び縮みの有無を記録した。

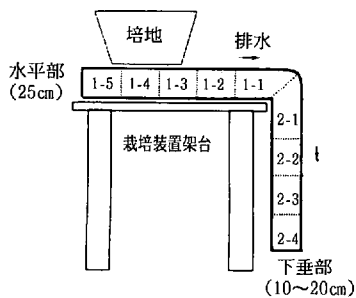
#### (2) 排水部の検討

排水は、第2図のように培地の下部に厚さ約3mmの不織布（商品名スパンボンド；以下排水用不織布）を敷き、給液後の余剰水を排水用不織布の下垂部から重力に

\* 園芸部    \*\* 土壌肥料部    \*\*\* 農林短期大学校（元農試園芸部）



第1図 トマトの茎の水分ストレス反応の調査法



第2図 排水用不織布の位置と記号

より流下させる方式を採用した。この場合、排水用不織布の下垂部の長さが排水速度に影響するため、排水に適切な下垂部の長さを検討した。下垂部の長さをそれぞれ10, 15, 20cm, 水平部の長さを25cm一定として不織布全体に飽水させ、40分経過後に第2図に示した不織布の各区分ごとの重量を測定して飽水度(40分後の水分量/飽水時の水分量 $\times 100$ =40分後に不織布に残存する水分の程度)を求めた。

### (3) 栽培装置の検討

一定した水分ストレスの継続的な付与と、安定した生育の維持が可能な装置を組み立てるため、下記の①~④に示したとおり、培地、根域制限シート、給液資材などの種類や給液位置などについて、1990年4月~1992年5月の間に6回の栽培を繰り返して検討した。

- ① 培地の種類と大きさ；ロックウールキューブ(容積421.9cm<sup>3</sup>)またはロックウール細粒綿(以下細粒綿)、細粒綿と他の資材との混合培地(容積290, 640及び930cm<sup>3</sup>)
- ② 根域制限シート；ポリエステル製織布(以下ポリエステルシート)またはポリエステル系不織布(商品名サンモア1450；以下不織シート)
- ③ 給液資材；散水式チューブ(商品名エバーフロー；

以下散水チューブ)または点滴式チューブ(商品名ネッターフィン；以下点滴チューブ)

- ④ 給液位置；培地底面への給液(以下底面給液、キューブの場合のみ)または培地上部からの給液(以下上部給液)

供試品種は主に‘桃太郎’を用い、一部の試験で‘ファーストパワー’を供試した。養液には大塚液肥A処方の1/2濃度養液を用い、当農試場内ガラス温室で栽培した。栽培中は水分ストレスを付与した状態を維持するため、茎葉がややしおれる程度をめやすとした給液(以下しおれ給液)を基本として、給液回数及び給液時間を決定し、自動給液を行った。なお、試験規模は1区10株、2反復を基本とした。

各試験における栽培概要を第1表に示した。

### (4) 収量、品質調査法

花房段位ごとにそれぞれ収穫個数、平均一果重、異常果発生率、糖度などを測定し、栽培装置の適否の目安とした。なお、収穫は1週間2回とし、激しい異常果のために測定できない果実を除き、調査対象株の全果実について分析を行った。

糖度の測定にはデジタル糖度計(アタゴ製PR-1型)を用い、果頂部から10mm厚部分で切断した切片(果頂部切片)を押しつぶして得た果汁について測定した。なお、測定部位についてはあらかじめ検討を行い、果実全体をすりつぶして得た果汁の糖度と果頂部切片の糖度との間にはほぼ1:1の高い正の相関関係が認められたことから、糖度測定はすべて果頂部切片を押しつぶして得た果汁で行った。

## 2. 日射量、みかけの蒸発散量と給液量

### (1) 栽培方法

1991年12月12日に‘桃太郎’をパーミキュライト上に播種した。1992年1月10日に不織シートを敷いて細粒綿を詰めた容量約300mlの黒ビニルポットに鉢上げし、大塚液肥A処方1/3濃度の養液で育苗した。同年2月28日に第5図に示した栽培装置に定植し、大塚液肥A処方1/2濃度の養液を自動給液して3段階心栽培を行った。また、みかけの蒸発散量(以下蒸発散量)の測定用として、別の2株を温室内の天秤上に受け皿に入れた状態で静置し、同時に栽培した。給液は1日1~4回、1回1株当たり約70~100ml程度のしおれ給液とした。1992年4月14日~5月15日に収穫した。

### (2) 蒸発散量と日射量の測定

天秤上にセットした2株の全重量の変化を10分間隔で自動記録し、前後の重量差から1株当たり10分ごとの蒸発散量を算出した。なお、毎回の給液量は別途記録した。

第1表 高糖度トマト生産用養液栽培装置の開発等に関わる栽培試験の概要と果実品質

試験区分	培地種類 <sup>2)</sup>	給液部位	給液資材 <sup>Y)</sup>	給液量(分×回)	根域制限シート <sup>X)</sup>	供試品種	播種年月	摘心段位	初収年月	果実糖度(Brix%)	平均
培地の種類	キューブ	底面	散水チューブ	10×18	ポリエステルシート	桃太郎	2. 4	5段	2. 9	6.1~9.1	
	キューブ	底面	散水チューブ	10×9, 18	ポリエステルシート	ファースト	2. 9	2段	2. 12	7.7~9.9	
	{細粒綿} {その他}	上部	散水チューブ	10×6	ポリエステルシート	桃太郎	3. 4	2段	3. 7	7.9~8.2	
根域制限シートの種類	細粒綿	上部	散水チューブ	10×4	{ポリエステルシート} {不織シート}	桃太郎	3. 7	3段	3. 10	6.2~9.0	
給液資材の種類	細粒綿	上部	{散水チューブ} {点滴チューブ}	3~6×2~4	不織シート	桃太郎	3. 12	3段	4. 4	7.8~11.0	
給液位置	キューブ	{底面} {上部}	散水チューブ	10×8, 18	ポリエステルシート	桃太郎	3. 4	2段	3. 6	6.1~9.6	

Z) キューブ(421.9cm<sup>3</sup>)、細粒綿(290, 640, 930cm<sup>3</sup>)ともにロックウール。その他の培地は細粒綿とパーミキュライトまたはパーライトとの混合培地(細粒綿培地と同容量)

Y) 散水チューブはエバフロー、点滴チューブはネッターフィン。

X) ポリエステルシートは織布、不織シートはポリエステル系不織布

日射量は、温室内の中央部に農試電試式日射計を設置してアナログ記録計で記録するとともに、当農試場内に設置された気象観測データを参考として用いた。

### 3. 養液濃度、環境温度が果実品質に及ぼす影響

1.に述べた装置開発に関わる栽培試験において、養液濃度、環境温度などが果実糖度にどのように影響するかについての若干の予備検討を行い、その結果を参考に‘桃太郎’など3品種を用いて、環境温度と養液濃度処理を組み合わせた栽培試験を実施した。

#### (1) 栽培方法

第5図に示した栽培装置を使用し、‘桃太郎、ハウス桃太郎、TVR-2’の3品種を1992年9月7日に播種、同年9月28日に装置に定植して当農試場内のガラス温室で栽培した。栽植密度は畦間120cm×株間34cmとし、3段摘心栽培とした。給液は1日3~4回、1回1株当たり約70~100ml程度のおれ給液とし、点滴チューブにより自動給液した。収穫は1992年12月21日~1993年2月24日に行った。

#### (2) 試験区の設定

環境温度は、天窗の開閉温度及び加温温度の設定により低温区と高温区を設けた。両区の花窓開閉温度はそれぞれ22, 28℃、加温温度はそれぞれ15, 20℃とした。

養液濃度は、大塚液肥A処方の1/2濃度(EC1.2)を標準区とし、これにKとCaの塩化物を等ミリグラム当量ずつ加えてECを4とした区を高濃度区とした。

#### (3) 収量及び品質調査法

試験規模は1区12株で反復なしとし、調査株のすべて

の果実を供試して先に述べた方法で調査・分析した。なお、異常果については、尻腐れ果を中心に、チャック果、裂果などの発生程度を調査した。

### 4. 高温予措による減酸効果の検討

高糖度トマトは、酸度も同時に高くなり、食味に問題があると思われたので、収穫後の果実に予措処理を行い、酸度を下げる方法を検討した。供試試料には、第5図に示した栽培装置を用いて当農試ガラス温室で栽培し、1993年5月18日に収穫した‘桃太郎’の果実を用いた。

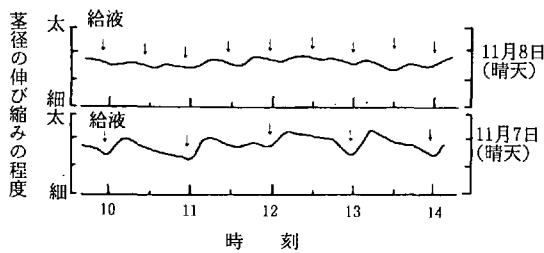
予措処理は35℃、暗黒の恒温庫内に12または24時間静置して行い、対照として設けた5℃貯蔵区と比較した。処理後、糖度は1.で述べた方法で、また滴定酸度(以下酸度)は、果汁をろ過したのち1/10規定のNaOH溶液で滴定して求めた。調査個体数は1区7果、反復なしとした。

## III. 結 果

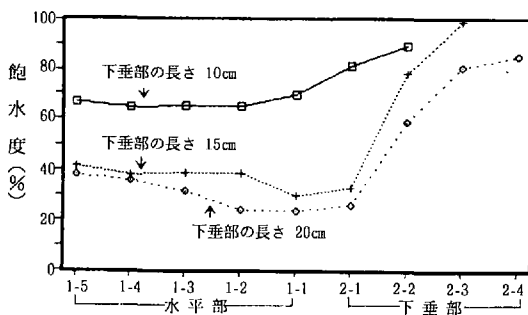
### 1. 高糖度トマト生産用循環式養液栽培装置の開発

#### (1) トマトの水分ストレス反応の確認

第3図には、根域を制限したキューブ培地を用いた循環式養液栽培装置で、給液間隔を変えた場合の‘桃太郎’の茎の伸び縮みの反応を示した。給液間隔を短くした場合には茎の伸び縮みの変動が小さく、弱い平均した水分ストレスが付与されていた。一方、給液間隔を長くした場合には、給液から次の給液までの間の茎の伸び縮みの変動が大きく、変動の大きな水分ストレスが繰り返し付与されていることが確認された。



第3図 給液間隔の違いとトマトの茎径の伸び縮み<sup>2)</sup>  
2) 第1図に示した方法により測定した。



第4図 下垂部の長さの異なる排水用不織布の飽水40分後における位置別飽水度

#### (2) 排水部の検討

第4図には、排水用不織布を飽水してから40分経過した場合の不織布の各部位における飽水度を示した。図から、下垂部の長さが10cmの場合は40分経過後でも培地を定置する水平部の飽水度が60%以上あり、水平部の排水性が悪かった。一方、下垂部の長さが15cmになると、同じ経過時間で飽水度が40%程度に低下した。また、下垂部の長さが20cmの場合には、飽水度は15cmの場合よりもさらに低下したが、15cmと20cmではそれほど大きな差異ではなかった。

#### (3) 栽培装置の検討

第1表に示した各試験における観察結果は以下のとおりであった。

##### ① 培地の種類

キューブで底面から給液すると、キューブ底面にルートマットを形成し、根が水分不足や過湿の影響を直接受けるため、生育が不安定であった。キューブで上部から給液した場合には、一部の根はキューブ内に分布したものの、やはり底面にルートマットを形成するため、生育は安定しなかった。

細粒綿あるいは細粒綿とパーミキュライトまたはパー

ライトとを混合した培地で、上部から給液した場合には、ルートマットの形成もみられたが、多くの根が培地内に分布し、比較的安定した生育が得られた。

##### ② 根域制限シート

ポリエステルシートは透水性が悪く、給液がシート内に一時的に留まるため、根腐れなどが発生して生育が不安定であった。一方、不織シートは透水性に優れており、給液が迅速に排水されるために根腐れ等の発生はみられなかった。ただし、不織シートはポリエステルシートと比較して強度がやや弱いため、一部の根がシートを突き破ることがあったが、培地の下に排水用不織布を敷いてある本栽培装置では生育に大きな影響を及ぼさなかった。

##### ③ 給液資材

散水チューブと点滴チューブとを比較すると、給液量の調整は点滴チューブのほうが容易であった。ただし、培地全体に給液するためには散水チューブのほうが優れていた。点滴チューブでは養液が培地の狭い範囲を縦浸透してしまい、培地全体に給液されない欠点のみられた。

##### ④ 給液位置

①で述べたように、底面給液では培地の底面にルートマットを形成してしまうため、生育が不安定であった。上部からの給液では根が培地全体に分布するため、安定した生育が得られた。

なお、第2表には、各試験で得られた結果の概要及び栽培で得られた果実の平均糖度を示した。

以上の結果をふまえて、第5図のような高精度トマト生産用養液栽培装置を開発した。

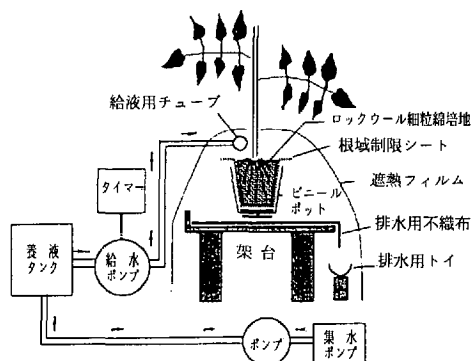
#### 2. 日射量、みかけの蒸発散量と給液量

栽培期間中の一株当たりの生体重変化を第6図に、また、一日当たりの給液量を第7図に示した。収穫始期以降は、生体重増加がわずかであり、茎葉の生長がほぼ停止した状態であった。一方、一日・一株当たりの給液量をみると、収穫始期までは給液量が300mlを越えた日が20日を数えたが、それ以降はほぼ300ml以下で推移しており、収穫始期までの給液量は収穫始期以降と比較して明らかに多く、また給液量の日変動も大きかった。

第8図には蒸発散量と給液量との関係を示した。しおれをめやすとした給液量は蒸発散量と正の2次関数的な相関関係にあり、蒸発散量の増加にともなって給液量は急増する傾向にあった。また、第9図には日射量と給液量との関係を示した。両者の関係は生育ステージによって傾向が異なり、収穫始期以降よりも定植から収穫始期までのほうが日射量の増加にともなう給液量の増加がより大きい傾向にあった。第10図には日射量と蒸発散量との関係を示した。この場合にも生育ステージによる傾向

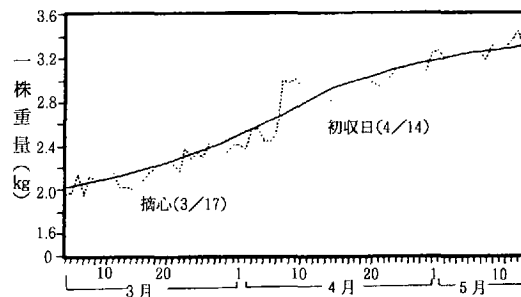
第2表 高糖度トマト生産用養液栽培装置の開発に用いた各種資材の特徴

試験区分	生育の安定性及び果実糖度などから見た各種資材の特徴
培地の種類	キューブは底面にルートマットを形成するため、生育が不安定となる。細粒綿または混合培地では根が培地全体に分布し、生育が安定する。なお、培地容積は300ml程度で良い。
根域制限シートの種類	不織シートは強度は弱いだが、排水性が良く、安定した生育が得られる。ポリエステルシートは排水性が悪いため、給液後の余剰水が内部に停滞して根腐れを起こしやすい。
給液資材の種類	点滴チューブは散水チューブと比較して給液量の調節が容易で、生育も安定しているが、給液が培地内の狭い範囲を縦浸透する欠点がある。
給液位置	底面給液は培地底面にルートマットを形成しやすいため、吸水不良を起こして生育が不安定になるが、上部給液は安定した生育が得られる。

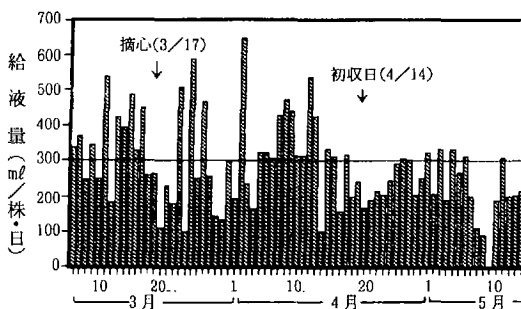


第5図 高糖度トマト生産用循環式養液栽培装置の概要

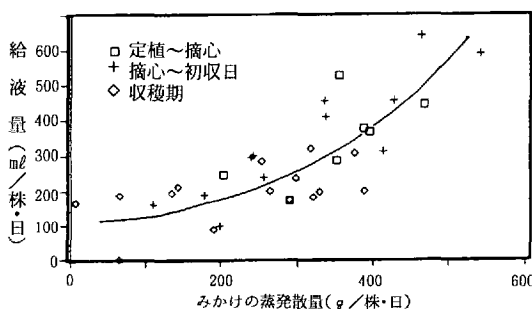
の違いが明確に示されており、定植から収穫始期までは日射量の増加とともに蒸発散量は直線的に増加するが、収穫始期以降では日射量が約15MJ/m<sup>2</sup>程度以上に増加しても蒸発散量はほとんど増加しないことが明らかになった。第11図(A)~(D)には、日射量がほぼ同程度の快晴日における蒸発散量の日変化を示した。収穫始



第6図 トマト「桃太郎」の一株重量の推移

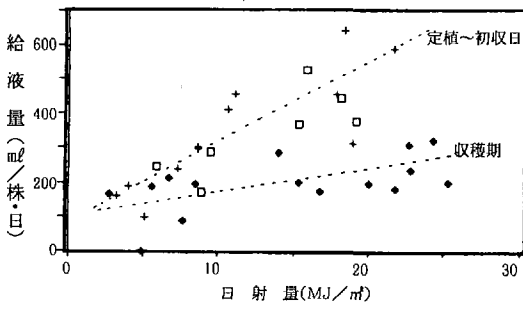


第7図 トマト「桃太郎」の生育期間中の給液量の推移

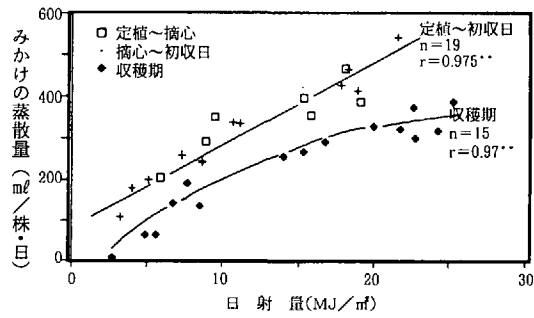


第8図 トマト「桃太郎」のみかけの蒸発散量と給液量との関係

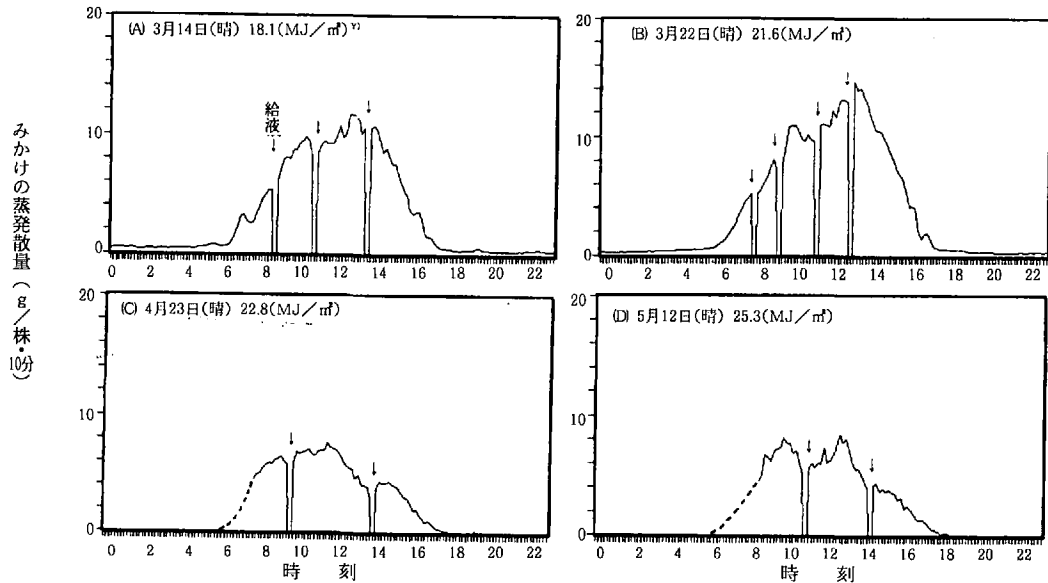
期以前の3月14、22日は蒸発散量のピークが大きく、給液回数も3~4回と多いが、収穫始期以降の4月23日と5月12日は蒸発散量が小さく、給液回数も2回と少ないことが明確に示された。



第9図 日射量とトマト‘桃太郎’の給液量との関係



第10図 日射量とトマト‘桃太郎’のみかけの蒸発散量との関係



第11図 (A)～(D) トマト‘桃太郎’のみかけの蒸発散量<sup>Z)</sup>の日変化

Z) 一株・10分当たり  
Y) 日射量(農試気象観測データ)

3. 養液濃度、環境温度が果実品質に及ぼす影響

(1) 環境温度と果実品質

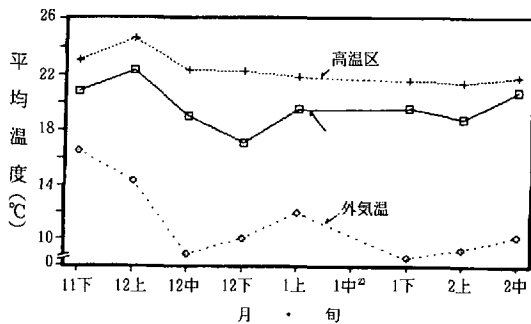
第12図には、栽培期間中の各処理区の平均温度と外気温を示した。低温区では期間中ほぼ 20℃ 程度の平均温度で推移したが、高温区はそれよりも約 2～5℃ 以上高温で経過した。収穫期間は、高温区が12月21日～2月15日、低温区が1月11日～2月24日で、収穫開始は高温区よりも低温区のほうが約20日遅くなった。この環境下での果実収量は第3表、果実の品質及び異常果発生程度についてはそれぞれ第4表及び第5表に示した。

表から明らかのように、収穫個数、平均一果重及び株

当たり収量については処理間に差が認められなかったが、果実品質については環境温度の影響が認められた。

糖度については、3品種すべてにおいて全花房で低温区が高温区を0.5～1.7%上回った。酸度については概ね低温区のほうが高温区よりも低い傾向にあった。このため、食味に關係する糖酸比はいずれの品種でも低温区で高くなった。品種間には大きな差異がなかった。

異常果のうち、チャック果については環境温度の影響は認められなかったが、尻腐れ果及び裂果の発生は高温区で明らかに多くなる傾向にあった。品種間差異は明確ではなかった。



第12図 栽培期間中の環境温度の推移

Z) 1月中旬は欠測値

## (2) 養液濃度と果実品質

結果は第3～5表に示した。結果から、環境温度と同様、収穫個数、平均一果重及び株当たり収量については処理間に差が認められなかったが、果実品質については養液濃度の影響が認められた。

糖度については、ほぼ全花房でEC4とした高濃度区のほうがEC1.2の標準区よりも0.4～1.4%高くなった。また、酸度についても、TVR-2の高濃度を除いて、高濃度区のほうが0.13～0.22%高くなる傾向にあった。糖酸比は、TVR-2の高濃度を除いて高濃度区のほうが低くなったが、品種間で特に大きな差異は認められなかった。

異常果のうち、チャック果については一定の傾向がみられなかったが、尻腐れ果はすべての品種で高濃度区のほうが顕著に発生が抑制された。また、裂果については、すべての品種で高濃度区のほうが明らかに多発する傾向にあった。

## (3) 果重と糖度との関係

第13図には、養液栽培装置の開発試験及び栽培試験において得られたデータを含めて各処理区の平均一果重と平均糖度との関係を示した。図から明らかなように、両者間には2次関数的な負の相関関係が認められ、糖度7%のときの平均一果重は約120～140g、糖度10%のときの平均一果重は約60～80g程度であった。

## 4. 高温予措による減酸効果の検討

第6表には予措後の糖度及び酸度の分析結果を示した。収穫後に5℃で貯蔵した果実は糖度11.9%、酸度0.88%であり、糖度/酸度(以下糖酸比)は13.5であった。一方、24時間の高温予措を行った果実は糖度が12.0%、酸度が0.65%であり、24時間の高温予措で酸度が明らかに低下した。12時間の高温予措は減酸効果が認められなかった。なお、24時間の高温予措で糖度は低下しなかったことから、糖酸比は18.5と高まり、食味も良好となった。

第3表 品種、環境温度、養液濃度とトマト<sup>Z)</sup>の収量

(株当たり)

品 種	環 境 温 度	養 液 濃 度	収 穫 果 数 (個)				平 均 一 果 重 (g)				株 当 たり 収 量 (kg)
			第1 <sup>Y)</sup>	第2	第3	計	第1	第2	第3	平均	
桃 太 郎	低 温	標 準	3.6	3.9	0.9	8.4	64.5	61.6	72.4	64.0	0.54
		高 濃 度	3.5	3.2	0.8	7.4	74.1	63.4	64.3	68.6	0.51
	高 温	標 準	3.3	2.6	1.5	7.3	76.5	75.9	69.6	75.0	0.55
		高 濃 度	3.4	3.0	3.1	9.5	66.4	67.9	49.5	61.4	0.58
ハ ウ ス 桃 太 郎	低 温	標 準	3.8	3.3	2.4	9.6	56.8	57.2	59.6	57.6	0.55
		高 濃 度	3.8	3.2	1.8	8.8	68.3	62.9	49.5	62.4	0.55
	高 温	標 準	3.5	3.1	2.9	9.5	59.4	70.1	51.1	60.4	0.57
		高 濃 度	3.3	4.0	2.1	9.3	58.5	68.3	45.7	59.9	0.56
T V R - 2	低 温	標 準	3.4	3.0	1.0	7.4	67.0	69.1	67.3	67.9	0.50
		高 濃 度	4.1	4.0	1.1	9.2	72.9	56.3	49.6	62.9	0.58
	高 温	標 準	3.8	3.3	2.8	9.8	54.4	62.9	60.0	58.8	0.58
		高 濃 度	3.7	2.9	2.4	9.0	60.5	58.1	49.1	56.7	0.51

Z) 播種 9月7日、鉢上げ(定植) 9月27日、収穫 12月21日～2月24日

Y) 花房

F検定ではいずれも有意差なし。



第4表 品種、環境温度、養液濃度とトマト<sup>Z)</sup>の品質

品 種	環境 温度	養液 濃度	Brix 糖度 (%)				滴定酸 (%) <sup>Y)</sup>				糖酸比 (%) <sup>Y)</sup>			
			第1 <sup>Y)</sup>	第2	第3	平均	第1	第2	第3	平均	第1	第2	第3	平均
桃 太 郎	低温	標 準	10.1	10.0	10.0	10.0	0.76	0.74	0.81	0.76	13.3	13.4	12.3	13.2
		高濃度	10.1	10.5	10.9	10.4	0.96	1.00	1.14	0.99	10.7	10.5	9.6	10.5
	高温	標 準	8.4	8.8	9.3	8.7	0.90	0.83	0.96	0.88	9.3	10.5	9.7	9.9
		高濃度	9.6	10.0	10.8	10.1	1.00	1.01	1.08	1.03	9.6	9.8	10.0	9.8
ハウス桃太郎	低温	標 準	9.8	9.9	10.2	9.9	0.66	0.66	0.81	0.73	14.9	15.0	12.7	13.6
		高濃度	10.1	10.3	10.7	10.3	0.95	0.97	0.91	0.95	10.6	10.6	11.8	10.8
	高温	標 準	8.7	8.9	10.1	9.2	0.84	0.72	0.80	0.77	10.3	12.3	12.6	11.9
		高濃度	9.2	9.7	10.9	9.8	1.00	0.96	1.02	0.98	9.2	10.1	10.6	10.0
TVR - 2	低温	標 準	9.2	9.2	9.9	9.3	0.75	0.65	0.78	0.73	12.2	14.2	12.7	12.7
		高濃度	10.1	10.2	11.1	10.2	0.88	0.90	1.06	0.90	11.4	11.3	10.5	11.4
	高温	標 準	8.3	8.3	9.2	8.6	0.93	1.02	0.92	0.96	9.0	8.1	10.0	8.9
		高濃度	9.4	9.8	11.0	9.9	0.90	0.86	1.00	0.92	10.4	11.4	10.9	10.8
F 検 定 <sup>Y)</sup>	A 品 種	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
	B 環境温度	*	**	*	*	**	NS	NS	NS	**	NS	NS	*	
	C 養液濃度	NS	**	**	*	**	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	

Z) 播種 9月7日, 鉢上げ(定植) 9月27日, 収穫 12月21日~2月24日

Y) クエン酸換算値

X) Brix 糖度(%) / 滴定酸(%)

W) 花房

V) \*\*有意差あり(危険率1%) \*有意差あり(危険率5%) NS有意差なし

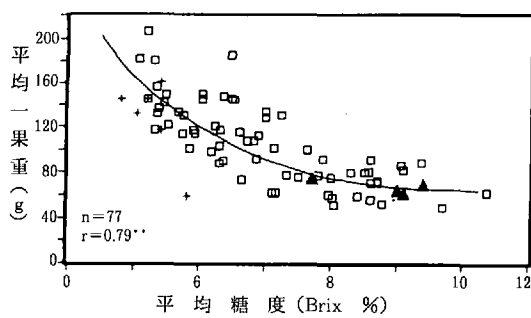
第5表 品種、環境温度、養液濃度とトマト<sup>Z)</sup>の異常果発生

(10株当たり)

品 種	環 境 温 度	養 液 濃 度	全果数 (個)	尻腐れ果(個, %)				チャック果(個, %)		裂果(個, %)	
				尻腐れ	その他	計	発生率	個数	発生率	個数	発生率
桃 太 郎	低 温	標 準	84.2	5.8	1.6	7.4	8.9	5.0	5.9	2.5	3.0
		高濃度	74.2	0.8	0	0.8	1.1	3.3	4.5	2.5	3.4
	高 温	標 準	73.3	5.8	1.6	7.4	10.2	6.7	9.1	12.5	17.0
		高濃度	95.0	5.8	1.6	7.4	7.9	6.7	7.0	27.5	28.9
ハウス桃太郎	低 温	標 準	95.8	11.7	9.1	20.8	21.7	5.0	5.2	2.5	2.6
		高濃度	87.5	0.8	1.6	2.4	2.9	5.8	6.7	6.7	7.6
	高 温	標 準	94.5	20.0	7.2	27.2	28.8	3.6	3.8	10.0	10.6
		高濃度	93.3	2.5	4.1	6.6	7.1	3.3	3.6	25.0	26.5
TVR - 2	低 温	標 準	74.2	5.0	1.6	6.6	9.0	1.7	2.2	2.5	3.4
		高濃度	91.7	0.8	0	0.8	0.9	6.7	7.3	8.3	9.1
	高 温	標 準	98.3	14.2	5.9	20.1	20.3	1.7	1.7	3.3	3.4
		高濃度	90.0	8.3	3.3	11.6	13.0	5.0	5.6	28.3	31.5
F 検 定 <sup>Y)</sup>	A 品 種	-	NS	-	-	NS	-	NS	-	NS	
	B 環境温度	-	NS	-	-	*	-	NS	-	**	
	C 養液濃度	-	*	-	-	*	-	NS	-	*	

Z) 播種 9月7日, 鉢上げ(定植) 9月27日, 収穫 12月21日~2月24日

Y) \*\*有意差あり(危険率1%) \*有意差あり(危険率5%) NS有意差なし



第13図 各栽培試験Z)におけるトマト‘桃太郎’の糖度と果重との関係

- Z) □ 栽培装置の開発に係る栽培試験  
 + 隔離ベッドによる土耕栽培試験  
 ▲ 環境温度・養液濃度に係る栽培試験

第6表 収穫後の高温予措がトマトの品質に及ぼす影響

処理方法		糖 度	滴定酸度 <sup>Z)</sup>
温度(°C)	時間(hrs)	(Brix %)	(%)
5	24 (対照)	11.9 ± 0.8	0.88 ± 0.08
35	12	12.2 ± 0.5	0.86 ± 0.14
35	24	12.0 ± 0.9	0.65 ± 0.10

Z) クエン酸換算量

#### IV. 考 察

トマトの養液栽培は全国で約210haあるが、高糖度トマトの生産を目的とした栽培装置は開発されていない。一方、土耕では、隔離ベッド栽培や遮根シートによる根域制限栽培を用いて、土壌水分張力(以下pF)を高めて水分ストレスを与え、高糖度化を図るための研究が行われている。阿部ら<sup>1)</sup>は、遮根シートで根域を制限した簡易な栽培システムを開発し、糖度8%以上のトマト生産を実証している。しかし、土耕栽培では排水性に問題があるため給水後しばらくは低pF値が持続することから、平均した高pFを維持することができず、糖度10%のトマトを安定的に生産することは困難な状況にある。本報では、給液後の余剰水を迅速に排水できる養液栽培装置を開発し、根域を約300mlと極端に制限したうえで、天候を考慮して日単位で給液量を調節することにより、安定的に糖度10%のトマト生産を可能にした。しかし、果実は極端に小さくなり、収量性に問題が残された。

メロン果実は収穫期が近づくとインベルターゼ活性が低下し、ショ糖含量が急増することが知られている<sup>15)</sup>。

また、ほかの多くの果実や果菜類もトマトと比較して明らかにショ糖含量が高い<sup>6)</sup>。トマトは、果実内のショ糖含量がきわめてわずかであり<sup>3)</sup>、また、ショ糖を果実に与えると直ちに分解されることなども最近明らかにされている<sup>4)</sup>。トマト果実の細胞は、ほかの多くの果実類と異なり、ショ糖など可溶性糖類を蓄えるプールが小さいことが考えられる。いずれにしても、トマトの糖度を上昇させるためには、果実の肥大を抑制して果実内の糖の濃度を高める必要がある。

トマト栽培において、ストレスを与えて糖度を高めると収量が低下することはよく知られており、平均一果重(以下果重)と糖度については負の直線回帰が認められるとの報告が多い<sup>10) 13)</sup>。本報でも、複数の栽培試験から得た果重と糖度の間には負の相関関係が認められたが、直線回帰ではなく、2次曲線回帰であった。これはストレスの程度によって果重と糖度との関係が大きく3段階に区分されることを示している。つまり、第1段階はストレスが付与されていない状態であり、果重200g以上(糖度6%未満)の果実を生産できる状態である。次に、第2段階はストレスを強めていっても糖度はそれほど上昇しないで果重が2次曲線的に100g未満まで急激に低下する段階であり、さらに第3段階では、極端に強いストレスを与えても果重は70g程度を限界にそれほど低下せず糖度が10%以上に上昇する段階である。この傾向は、ストレスによるトマトの生理変化と関係しているものと考えられる。一般的に、植物に水分ストレスを与えると体内のアブジジン酸が増加し、気孔を閉じるために光合成能力が低下することが知られている<sup>9)</sup>。トマトでも、根圏を制限するとストレスが付与され、同化速度が低下することが明らかになっている<sup>12)</sup>。第2段階で糖度がそれほど上昇せずに果重が低下するのはストレスによる光合成能力の低下によるものと考えられる。一方、イネでもストレスによって光合成速度が低下することが報告されている<sup>2)</sup>が、その低下は2次曲線で示され、ストレスの付与にともなって当初は急激に低下するが、ストレスレベルがある程度高くなると光合成速度はほとんど一定になる。トマトにみられた第3段階はこのようにストレスレベルがある程度以上になった場合の現象と考えることができる。

本報において、養液濃度を高めることによって、糖度が高まることが認められた。トマトにおいて、高ECや塩水をかん水することで糖度や可溶性固形物含量が高まるとはこれまでも報告<sup>16)</sup>がみられる。また、養液濃度を高めると吸水力が低下することがトマトで明らかにされている<sup>14)</sup>。一方、植物が水分ストレス下におか

れると、デンプンやタンパク質を可溶化して細胞内浸透圧を高め、吸水力を維持するといわれている<sup>18)</sup>。しかし、浸透圧の維持に働く低分子物質として知られるものは糖以外のものが多く、本報でみられた高 EC による糖度上昇は、浸透圧維持のために糖が蓄積したとみるよりも、吸水力が低下して水分ストレスがさらに強められ、果実肥大が抑制された結果であろうと考えられる。

一般的に、呼吸や蒸散、光合成などは若い組織で盛んであるといわれており、トマトの光合成能力は葉の展開過程で増加し、完全に展開する直前で最大になることが最近明らかにされている<sup>7)</sup>。本報でも、ステージによって日射量と蒸発散量との関係が異なり、若いステージでは日射量の変化に対して蒸発散量がより敏感に変化することが明らかになった。したがって、若いステージではストレスが過度になりやすく、極端なしおれを招きやすい。このため、水分ストレスを付与する栽培において、若いステージでは給液に細心の注意が必要となる。

異常果の発生については、尻腐れ果が高温で発生しやすいことはよく知られている。本報でも、25℃以上の高温管理よりも25℃以下で管理したほうが、収穫は遅れるものの、糖度が高く尻腐れ果の発生が少なかった。強い水分ストレスを付与する栽培においては、高温期の尻腐れ果の発生に特に注意することが必要である。また、裂果は、吸水速度と蒸散速度のバランスが悪くなった場合に発生するといわれている<sup>17)</sup>。ミニトマトでは、高湿度環境下で蒸散が抑制され、作物体内の水ポテンシャルが高まった状態で特に発生しやすいことが明らかになっている<sup>5)</sup>。本報で、高温区に裂果が多発したが、これは環境温度の調節を天窓の開閉で行ったために、高温区では密閉状態が続き、温室内の湿度が高めに経過したためと推察される。

本報で、強い水分ストレスの付与により高糖度化は実現できたが、この果実は同時に酸度も高く、また果皮や果肉の硬度が高いため、食味にやや問題があると思われる。糖度10%を越える高糖度トマトは市場にもそれほど出回っていないことから、これに対する評価はまだ明確ではない。著者らが得ている情報では、むしろ酸度は高いほうが食味がよく、硬さも硬いほうが日持ち性がよいとの評価もある。しかし、一般的に糖酸比は高いほうが食味がよいと思われることから、高糖度トマトの減酸処理を試みた。減酸処理は、柑橘などで行われている高温予措をヒントに35℃で行ったが、24時間の処理で糖度を下げることなくある程度の減酸が可能であった。果肉硬度については、現状においては改良法が得られていないが、今後、養液組成の改良などを試みる必要がある。

## V. 摘 要

糖度10%のトマトの生産技術の確立を目的として、根域を制限した養液栽培装置の開発及び培養液濃度、給液量、環境温度等について検討し、以下の結果を得た。

1. 容積約300mlのロックウール細粒綿培地を用い、不織布により給液後の余剰水の迅速な排水を可能とした高糖度トマト生産用循環式養液栽培装置を開発した。
2. 3段階摘心栽培において、日射量とみかけの蒸発散量との間には収穫始期を境に異なる相関関係が認められ、収穫始期までは日射量に対するみかけの蒸発散量が相対的に多いことが明らかになった。
3. 茎葉のしおれをめやすにした給液管理で、収穫始期までは日射量の日変化にともない給液量は比較的大きく変動した。しかし、収穫始期以降は日射量に変化しても給液量に大きな変動がなく、生育は安定していた。
4. 開発した栽培装置を用い、茎葉のしおれをめやすにした給液管理を行うことにより、平均した水分ストレスが付与され、第1花房では糖度9%程度、第2、3花房では糖度10%以上のトマトを生産することが可能であった。
5. 糖度と果重の間には2次関数的な負の相関関係が認められ、糖度10%の場合の果重は約60~80g程度であった。
6. 環境温度や養液濃度は糖度、酸度や異常果発生に影響を及ぼし、平均温度20℃程度の低温環境やEC4程度の高塩類養液管理で糖度が高く、尻腐れ果の発生が少ないことが明らかになった。
7. 収穫後の35℃、24時間の高温予措により、糖度は減少しなかったが、酸度は減少し、減酸効果が認められた。

## 引用文献

- 1) 阿部晴夫ほか(1993). 園学雑, 62別1: 268-269.
- 2) 石原 邦(1983). 温帯・熱帯の比較農学, 文部省特定研究成果編集委員会: pp161.
- 3) 今田成雄ほか(1992). 野菜茶試 生理生態部年報, 5: 30-31.
- 4) 今田成雄ほか(1993). 園学雑, 62別1: 288-289.
- 5) 太田勝巳ほか(1991). 園学雑, 60: 337-343.
- 6) 小宮山美弘ほか(1985). 日食工誌, 32: 522-529.
- 7) 夫戸良洋ほか(1991). 園学雑, 59: 771-779.
- 8) 静岡農試(1991). 試験研究成果の概要集(資料第1819号), 61-63.
- 9) 寺島一郎(1990). 化学と生物, 27: 605-607.

- 10) 栃木博美ほか(1989). 栃木農試研報, 36 : 15-24.
- 11) 中川勝也ほか(1984). 兵庫県農総セ研報, 32 : 1-6.
- 12) Hameed, M. A. et al (1987). Ann. Bot., 59 : 685-692.
- 13) 藤原俊六郎(1993). 農耕園芸, 48 : 77-79.
- 14) Masuda, M. et al (1990). J. Japan. Soc. Hort. Sci., 58 : 951-957.
- 15) Matsui, T. et al (1991). Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 38:871-873.
- 16) Mizrahi, Y. et al (1988). J. Amer. Soc. Hort. Sci., 113 : 202-205.
- 17) 村瀬治比古(1991). 施設園芸, 33 : 15-17.
- 18) 渡邊幸雄(1990). 化学と生物, 27 : 485-486.

Studies on the development of growing system  
for tomatoes with high sugar content

Kiyoshi ISHIGAMI, Masami HORIUCHI,  
Teruko NAKAJIMA and Hideyuki MATSUURA

Summary

Production of tomato fruits with high soluble solids (ss) content by the development of root-zoon restrictive hydroponic system (system) and establishment of watering and temperature management was studied. The results obtained are as follows;

1. The system was studied for the production of high ss content fruit. This was possible by rapid draining of surplus water in the system using rockwool particles of 300ml volumes as the culture medium.
2. There were two different correlations between solar radiation and apparent transpiration (transpiration) depending on the stages either before or after the initiation of harvest. Transpiration correspond to solar radiation was relatively large before the initiation of harvest.
3. In the water management by the index of leaf wilting, the amount of daily watering changed before the initiation of harvest depending on the amount of solar radiation. On the other hand, watering or growing of plants were stable under different radiation conditions after the initiation of harvest.
4. Since the water stress was kept constant using our developed system and watering control, high ss content fruit (9% at the first flower cluster and above 10% at the second or third cluster) were produced.
5. There were the negative quadratic equational correlations between ss and fruit weight, and 10% ss was obtained when fruit weight was 60-80 g.
6. SS, acidity and blossom-end rot were influenced by temperature and concentration of nutrition. SS was higher and blossom-end rot was lower at low temperature and at EC of 4 ms/cm.
7. Acidity of fruit decreased effectively after treatment for 24 hours at 35°C, while ss did not decrease after this treatment.