

保水シート耕のトマト一段密植栽培における 夏季遮光の影響と果実糖度及び収量向上

吉田佳子・佐藤如

Effect of Shading on summer and Improvement of Fruit Soluble Solids Content and Yield
on single trass tomato in wet-sheet culture

Yoshiko YOSHIDA and Hitoshi SATO

大分県農林水産研究指導センター農業研究部

Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center Agricultural Research Division

キーワード：トマト，一段密植，保水シート耕，高糖度，収量，遮光

目次

I 緒言	1
II 遮光が果実糖度，収量および定植から収穫までの日数等に及ぼす影響	2
III 遮光下の一段密植栽培における果実糖度と可販果収量の向上技術	5
1 着果数と果房上葉数が果実糖度と可販果収量に及ぼす影響	5
2 果実糖度，収量および栽培槽内ECの変化からみた栽培管理技術の評価	6
1) 遮光下での培養液の給液回数と流し方が果実糖度と収量および栽培槽内ECに及ぼす影響	6
2) 遮光ネットの種類と食塩濃度が果実糖度と収量および栽培槽内ECに及ぼす影響	8
3) 栽培槽内ECを指標としたときの果実糖度にとって重要な時期と影響度	11
IV 総合考察	12
V 摘要	13
引用文献	13

我々は高単価を狙えるトマト生産が可能となれば産地活性化の一助になると考え、高付加価値トマトを生産できる新しいシステムとして、低段密植栽培に注目した。低段密植栽培とは、多段栽培よりも密植で1～3果房程度を残して摘心し、短期栽培を繰り返す栽培方法の総称である¹²⁾。今回は、周年生産が可能であり塩ストレス処理によって高糖度化が比較的容易にできる(独)農研機構野菜茶業研究所が開発した保水シート耕方式と呼ばれる養液栽培(写真1，図1，2)を採用した。本研究では平均糖度7度以上で年間収量17tの高糖度トマト生産を目標に、第一果房のみを収穫する一段密植栽培を中心に据え、新しい栽培方式を導入しやすくするために安価な栽培装置の開発から苗生産、高糖度・多収技術および栽培環境制御と体系的に検討を行った。本報告では着果率の低下や生理障害の発生などによって不安定とされる夏季の栽培において、遮光下での果実糖度と収量の向上に関しての一定の知見が得られたので報告する。

I 緒言

本県におけるトマトは、176ha(平成21年産)⁴⁾で栽培されており、県の重要品目のひとつとして生産振興を図っている。夏秋作型は標高400～800mの高標高地域を中心に拡大しているのに対して、冬春作型は海岸部に分布し減少傾向にある。また一方では企業参入による周年栽培の作型が広がりつつある。近年、原油価格の高騰が発端で、重油や施設園芸資材は高騰を続けており、県全体の産地の維持発展を阻む要因として懸念されている。

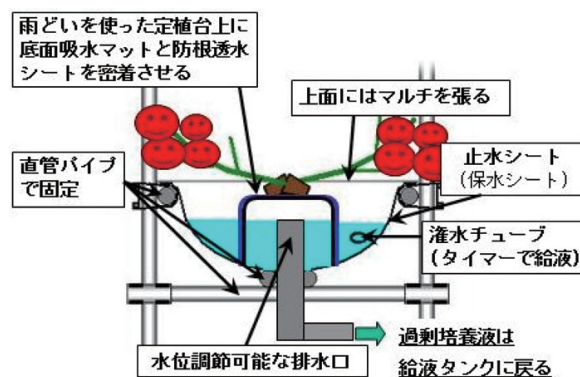


図1 栽培槽の概念図



写真1 一段密植栽培の状況

II 遮光が果実糖度、収量および定植から収穫までの日数等に及ぼす影響

一段密植栽培は高糖度果実の生産を作付の繰り返しによって周年通して行う。収量を増加させるには、着果数を確保するとともに連続的に収穫することが重要であり、このため栽培槽の区画化と栽培スケジュール管理が必須となってくる。

トマトは夏季の高温によって着果不良が発生することが知られているが、遮光によってトマトが受ける強光ストレスを抑制し着果を促進することが報告されている¹⁵⁾。一方副作用として果実糖度の低下をきたすことが報告されている¹¹⁾。そこで遮光が一段密植栽培において果実糖度や収量、定植から収穫までの日数等に及ぼす影響について検討した。

1 試験方法

試験は野菜・茶業研究所宇佐試験地のビニルハウス（間口6m、長さ20m）（以下場内ハウスとする）2棟で行った。栽培槽は長さ4m、培養液量約40リットルのものを用い、培養液タンクは70リットルのものを用いた。播種は2007年6月8日と6月29日に行った。供試品種「桃太郎ヨーク」（タキイ種苗（株））を72穴セルトレイに播種し、硬質フィルムハウス内においてエブ&フロー方式で育苗をした。本葉が4～5枚展開した苗を本圃に定植した。定植は7月5日と7月26

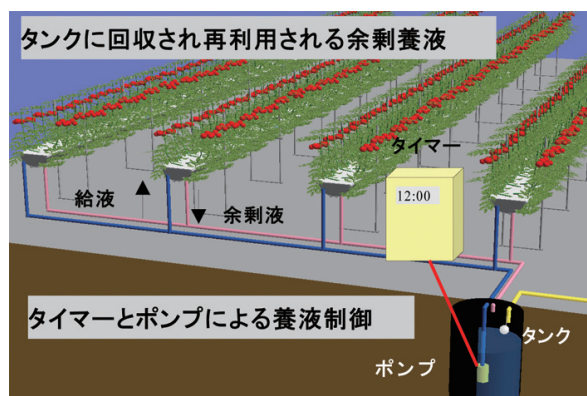


図2 培養液供給の概念図

日に行い、株間は7cmの1条左右振り分けとした。培養液の処方は大塚C処方からアンモニアを1/2単位に変更した処方（以下大塚C改良処方とする）を用いた。追加する培養液の濃度は育苗から塩ストレス処理まで1/2単位、塩ストレス処理後から1単位とした。給液回数は1日あたり24回とし、給液時間は1回あたり5分とした。着果処理は開花後にトマトーン100倍を処理し、さらに振動受粉を行った。果房上葉2枚を残して摘心した。塩ストレス処理は開花20日後にあたる8月23日と9月12日から開始し、追加培養液に食塩を0.1%加えた。

処理は遮光の有無とした。遮光には遮光ネット（商品名：メガクールネット）を用いハウスビニル上に展開した。栽培期間中は常時遮光でハウスサイドは開放し、28℃以上で強制換気を行った。

収穫調査は1区10株2反復で行った。果実は完熟したものを収穫し調査した。果実糖度は非破壊糖度計を用いて果実の赤道部を3カ所測定した平均とし、調査は全可販果に対して行った。日射量は研究所内にある気象観測装置の測定データを用いた。ECは携帯型測定器で一日1回測定した。

2 試験結果

ハウス内外の照度から求めたハウス内の遮光率は遮光区が59%、対照区が32%であり27%の差であった。ハウス内気温は佐藤ら⁷⁾が報告した被覆資材下のハウス内気温の推定方法（表1）から推定した。晴れ（2.5MJ）では2.6℃、くもり（0.5MJ）では1.1℃と遮光区が対照区よりも低かった（表2）。晴れた1日におけるハウス内気温は8時から15時まで遮光区の方が低く推移した（図3）。

表1 外気温、時間日射量からハウス内気温を求める重回帰式 (2007)

処理	a	b	c	R	n
遮光	0.83	1.70	5.5	0.972	103
無処理	0.92	2.43	3.6	0.958	103

注1) $y = a \chi^1 + b \chi^2 + c$

注2) 遮光ネットはメガクールネットを使用

表2 重回帰式から推定したハウス内気温 (°C) (2007)

外気温30°C、2.5MJ			外気温30°C、0.5MJ		
遮光	無処理	差	遮光	無処理	差
34.5	37.1	2.6	31.1	32.2	1.1

注) 遮光ネットはメガクールネットを使用

07年8月6日、晴れ、日射量 18.4MJ/m²、サイドビニル開放

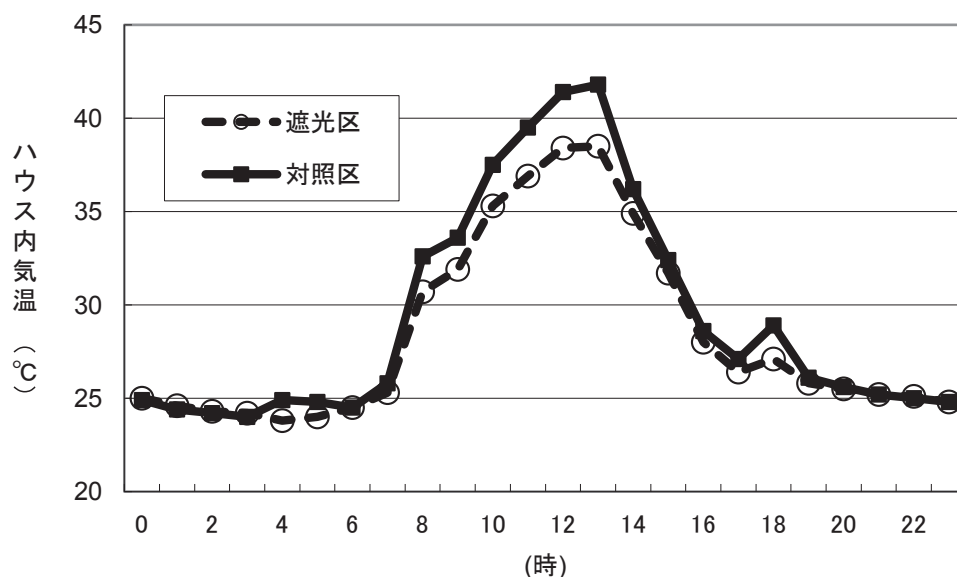


図3 1日のハウス内気温の推移 (2007)

表3 遮光処理が果実糖度と収量に及ぼす影響 (2007)

定植日	処理 遮光の有無	花数 (花/株)	総収穫 果数 (果/株)	可 販 果				
				果数 (果/株)	Brix (%)	同左 CV (%)	1果重 (g)	同左 CV (%)
7/5	遮光	5.4	4.0	3.7	6.5	13	81	51
	対照	5.0	3.6	2.2	9.3	10	98	33
7/26	遮光	4.8	3.5	3.2	6.7	14	107	34
	対照	4.5	3.0	2.8	6.9	8	97	24
分散分析結果								
定植時期 (A)		*	*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
遮光 (B)		N.S	*	*	*	*	N.S	N.S
A×B		N.S	N.S	N.S	*	N.S	N.S	N.S

注) 分散分析結果：*：5%水準で有意、N.S：有意差なし

収穫調査の結果を表3に示した。花数については定植時期による差は認められたが、遮光の有無による差は認められなかった。可販果数および総収穫果数については有意差が認められ、遮光区の方が多かった。果

実糖度において有意差が認められ、遮光区で糖度が低かった。また定植時期と遮光処理の交互作用も認められ、7月5日定植の対照区が最も高くなった。糖度のばらつきは遮光区で大きかった。可販果1果重と果重

のばらつきについては有意差は認められなかった。

平均収穫日や収穫日のばらつきについても有意差は認められなかった（表4）。

栽培期間中の栽培槽内ECを図4、5に示した。栽培槽内ECは、7月5日に定植した作期については塩ストレス処理以降に対照区がECの上昇程度が大きかった。7月26日に定植した作期ではECの上昇程度は両区とも同程度であった。

表4 遮光処理が可販果における収穫の揃いに及ぼす影響（2007）

処理	平均	同左	収穫	収穫	
定植日	遮光の有無	収穫日	偏差	始め	終わり
7/5	遮光	9/11	4.6	9/4	9/25
	対照	9/11	6.5	9/1	9/25
7/26	遮光	9/29	3.4	9/23	10/6
	対照	10/3	2.7	9/28	10/9

分散分析結果

定植時期 (A)	**	*	-	-
遮光 (B)	N.S	N.S	-	-
A×B	N.S	N.S	-	-

注) 分散分析結果：**：1%水準で有意、*：5%水準で有意、N. S：有意差なし

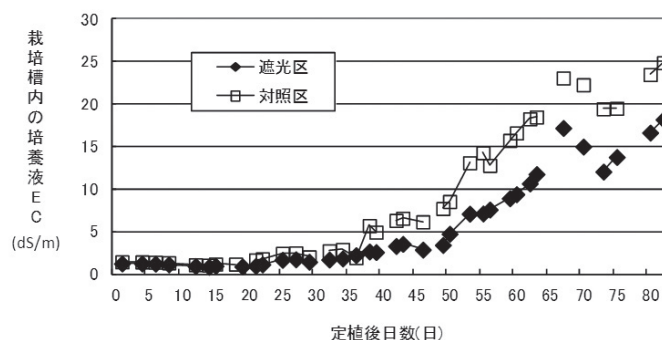


図4 7月5日定植作型における栽培槽内ECの変化（2007）

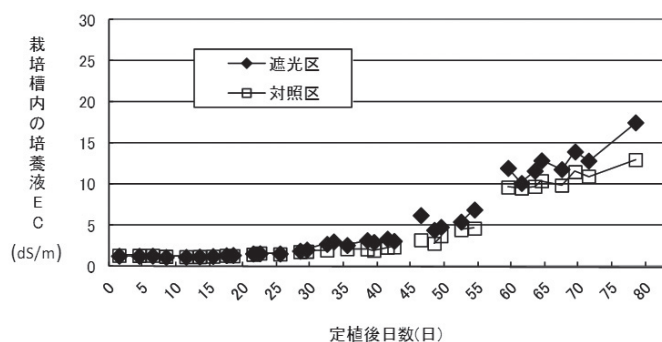


図5 7月26日定植作型における栽培槽内ECの変化（2007）

3 考察

栽培期間中の気温上昇抑制効果はメガクールネットの遮光では1～3℃であったことが明らかとなった。

花数は定植時期によって差があった。斎藤⁵⁾はトマトの花芽分化は本葉が7～8枚分化しそのうち2、3枚が展開した時期に始まり、夜温、照度、炭酸ガス濃度、肥料要素および水分が花数を左右すると報告している。本試験では本葉4～5枚展開したセル苗を定

植したことから、育苗や定植後の活着状況が花数に影響を及ぼしたと考えられた。

可販果数および総収穫果数は着果率が向上したことで増加したと考えられ、この結果はWadaら¹¹⁾の報告と一致した。

果実糖度は、塩ストレス処理した場合においても遮光によって低下することや糖度のばらつきが大きくなることも明らかになった。しかし、7月26日に定植し

た作期では、果実糖度が遮光の有無にかかわらず目標糖度を下回る7%以下となった。

在圃日数は、平均収穫日や収穫始めから終わりまでの日数は差が認められなかったことから、遮光の影響を受けないことが明らかとなった。

作期で栽培槽内ECを比較すると、作期別の上昇程度は7月26日定植作期の方が小さかった。栽培槽内ECの上昇程度が7月26日定植作期で低かった原因

は、塩ストレス開始時期の日照時間が天候不良により短かったことではないかと考えられたが、判然としなかった。

以上の結果から、一段密植栽培に対して遮光ネットをハウスビニル上に展張した遮光は、果実糖度について問題点が残るものの、着果数の増加によって収量の安定化を図る技術として有効である。

表6 着果数と果房上葉数が果実糖度と収量に及ぼす影響 (2008)

処 理		可 販 果				総収穫果		区あたり 調査供試 株数
着果数	果房上葉数	果数 (果/株)	1果重 (g)	Brix (%)	可販果 率 (%)	1果重 (g)	果数 (果/株)	
2果	2枚	1.2	105	7.9	58	106	2.0	8.5
2果	4枚	1.5	131	8.0	75	126	2.0	8.5
4果	2枚	2.1	80	7.2	52	79	4.0	8.5
4果	4枚	3.2	91	7.4	79	91	4.0	9.0
分散分析結果								
着果数 (A)		*	N. S	N. S	N. S	**	-	-
果房上葉数 (B)		**	**	N. S	N. S	N. S	-	-
(A) × (B)		N. S	N. S	N. S	N. S	N. S	-	-

注) 分散分析結果；**：1%水準で有意，*：5%水準で有意，N.S：有意差なし

Ⅲ 遮光下の一段密植栽培における果実糖度と可販果収量の向上技術

1 着果数と果房上葉数が果実糖度と可販果収量に及ぼす影響

一段密植栽培では果房上の葉は2枚残して摘心をとする。また着果数は現状では制限をしていない。果実糖度はソースとシンクの関係に影響を受けると考えられることから、葉数の増加と果房の着果の関係について検討した。

1) 試験方法

試験は場内ハウスで行った。栽培槽は長さ10m、培養液量約75リットルのものを用い、培養液タンクは200リットルのものを用いた。供試品種「桃太郎ヨーク」(タキイ種苗(株))は2008年6月20日に72穴セルトレイに播種し、エブ&フロー方式で育苗した。本葉が4~5枚展開した苗を定植した。定植は7月15日に行った。栽培は保水シート耕方式で株間は7cmの1条左右振り分けとした。培養液の処方は大塚C改良処方を用いた。追加する培養液の濃度は育苗から塩ストレス処理まで1/2単位、塩ストレス処理後から1単位とした。給液回数は1日あたり24回とし、給液時間は1回あたり5分とした。着果処理は開花後にトマトーンを処理しさらに振動受粉を行った。塩ストレス処理は第1花開花20日後にあたる8月18日から開始し、追加培養液に食塩を0.2%加えた。遮光ネットは明

涼を用い、ハウスサイドは開放して28℃以上で強制換気した。試験処理は着果数と果房上葉数とし、着果数(2果、4果)と葉数(2枚、4枚)を組み合わせた(表5)。なお、着果数は果実肥大期に所定の果数へ摘果し、葉数は所定の葉数で摘心した。4枚区では第2果房を摘除した。収穫調査は1区7~10株の2反復で行った。果実は完熟したものを収穫し調査した。果実糖度は非破壊糖度計を用いて果実の赤道部を3カ所測定した平均とし、調査は全可販果に対して行った。ECは携帯型測定器で一日1回測定した。

表5 試験区の構成

着果数	果房上葉数
2果	2枚(慣行)
4果	4枚

2) 試験結果

収穫調査の結果を表6に示した。果実糖度は7.2~8.0%で、着果数が2果もしくは果房上葉数が4枚の方が高い傾向がみられたものの、有意差は認められなかった。可販果1果重は80~131gで、果房上葉数において有意差が認められ葉数4枚が大きくなった。可販果数については果房上葉数と着果数の両方で有意差が認められた。葉数4枚は株あたり0.7果前後多かった。障害果の発生は裂果が多かった。裂果は果房上葉数と着果数の両方で有意差が認められ、葉数4枚は0.7果前後少なく、着果数2果は0.4果前後少なかった(表7)。

表7 着果数と果房上葉数が裂果の発生に及ぼす影響
(2008)

処 理		裂果数
着果数	果房上葉数	(果/株)
2果	2枚	0.9
2果	4枚	0.4
4果	2枚	1.6
4果	4枚	0.6
分散分析結果		
着果数 (A)		*
果房上葉数 (B)		**
(A) × (B)		N. S

注) 分散分析結果: ** : 1%水準で有意, * : 5%水準で有意
N.S : 有意差なし

3) 考 察

果実と転流については、福地ら²⁾は摘果によって葉の糖やデンプンの蓄積を高めたことについて、岡野ら¹³⁾はsourceがsinkを上回り同化産物が転流されず葉にとどまったことについて報告している。このことから摘果しても果実糖度に差がなかったのは、葉に同化産物がとどまったことが原因なのではないかと考えられた。

果房と葉の関係については、戸原ら⁸⁾が、果房とその直上葉との間に直接的連絡がなく、果実の物質生産に対する寄与度は果房の直上葉を除く果房の上下各2枚葉で高く、これらで果実の物質生産の60~80%を賄っているとの報告している。果房上葉数による果実糖度に及ぼす影響は小さかったのではないかと考えられた。裂果は積算日射量が多いと発生することが報告されている⁹⁾。このことから、葉数が多いことで果実から日射を遮り、裂果の発生を抑制したと考えられた。

以上のことから摘果や果房上葉数の確保では、果実糖度の向上は図られないものの果房上葉数の確保は裂果の発生を抑制するので増収が図られると考えられた。

2 果実糖度、収量および栽培槽内ECの変化からみた栽培管理技術の評価

技術資料「一段密植栽培（保水シート耕方式）による高糖度トマトの周年安定生産技術」¹⁾では栽培槽内培養液のEC推移のイメージが示され、塩ストレスのかかり方は季節やハウスの中の環境条件、植物体の生育状況等で変わると説明している。しかし栽培槽内のECについては言及されていない。そこで果実糖度と栽培槽内ECの関係を整理し、高糖度化に最適な管理方法について検討した。

1) 遮光下での培養液の給液回数と流し方が果実糖度と収量および栽培槽内ECに及ぼす影響

塩ストレス処理開始以降に培養液の給液回数と流し方の違いが、果実糖度や可販果収量および栽培槽内EC

に及ぼす影響を調査し、糖度向上方法を検討した。

(1) 試験方法

試験は場内ハウスで行った。栽培槽は長さ4m、培養液量約40リットルのものを用い、培養液タンクは70リットルのものを用いた。供試品種「桃太郎ヨーク」（タキイ種苗(株)）を2008年5月23日に72穴セルトレイに播種し、エブ&フロー方式で育苗した。定植は本葉が4~5枚展開した苗を用い、6月18日に行った。栽培は保水シート耕方式で株間は7cmの1条左右振り分けとした。培養液の処方は大塚C改良処方を用いた。追加する培養液の濃度は育苗から塩ストレス処理まで1/2単位、塩ストレス処理後から1単位とした。給液回数は1日あたり24回とし、給液時間は1回あたり5分とした。着果処理は開花後にトマトーンを処理しさらに振動受粉を行った。果房上葉2枚を残して摘心した。塩ストレス処理は第1花開花20日後にあたる7月23日から開始し、追加培養液に食塩を0.2%加えた。処理は培養液の給液回数と流し方とし、試験区は給液回数（4回、24回）と培養液の流し方（点滴灌水、ホース灌水）を組み合わせた（表8）。ちなみに点滴灌水とは点滴チューブでの給液を指し、ホース灌水とは点滴チューブを排水口の反対側で開放して給液したことを指す。各処理区における栽培槽への給液量は表9に示した。なお、定植からストレス開始前まではホース灌水で管理し、7月23日のストレス処理開始と同時に所定の給液種類とした。遮光ネットはメガクールネットを用いた。ハウスサイドは開放し、28℃以上で強制換気した。収穫調査は1区10株2反復で行った。果実は完熟したものを収穫した。果実糖度は非破壊糖度計を用いて果実の赤道部を3カ所測定した平均とし、全可販果に対して行った。ECは携帯型測定器で一日1回測定した。

表8 試験区の構成

培養液の流し方 (給液時間5分あたり)	給液回数 (1日あたり)
ホース灌水 (30リットル)	4回
点滴灌水 (3リットル) : 慣行	
×	
点滴灌水 (3リットル) : 慣行	24回 : 慣行

表9 各試験区における栽培槽への給液量

培養液の流し方	給液回数	栽培槽への給液量 (リットル/株・日)
ホース灌水	4回	2.7
ホース灌水	24回	16.0
点滴灌水	4回	0.3
点滴灌水	24回	1.6

表10 培養液の給液回数と流し方が果実糖度と収量に及ぼす影響（2008）

処 理	培養液の 流し方	給液 回数	可 販 果					総収穫果			
			Brix (%)	同左 CV (%)	果数 (果/株)	1 果重 (g)	同左 CV (%)	可販果 率 (%)	果数 (果/株)	1 果重 (g)	収穫 平均日
	ホース灌水	4回	7.4	9	2.9	94	34	90	3.7	91	8/12
	ホース灌水	24回	7.8	8	3.1	82	38	90	3.5	83	8/11
	点滴灌水	4回	8.7	8	3.5	72	33	90	3.9	73	8/12
	点滴灌水	24回	7.4	8	4.3	89	31	91	4.8	86	8/11
分散分析結果											
	給液種類 (A)		*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
	給液回数 (B)		*	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S
	(A) × (B)		**	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S

注) 分散分析結果；**：1%水準で有意差、*：5%水準で有意差、N.S：有意差なし

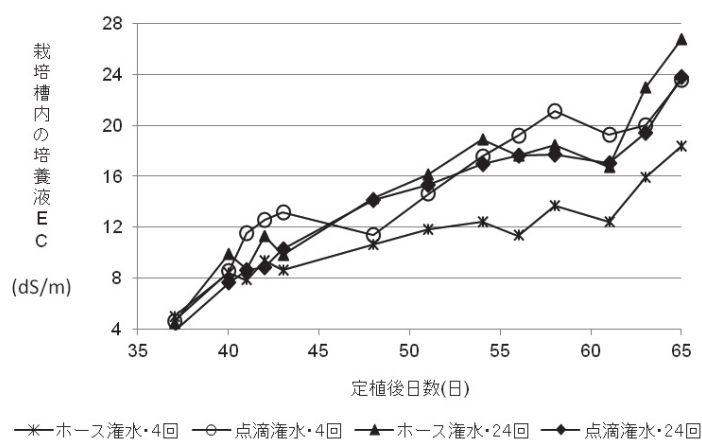


図6 ストレス処理開始から平均収穫日直前の栽培槽内 EC の変化（2008）

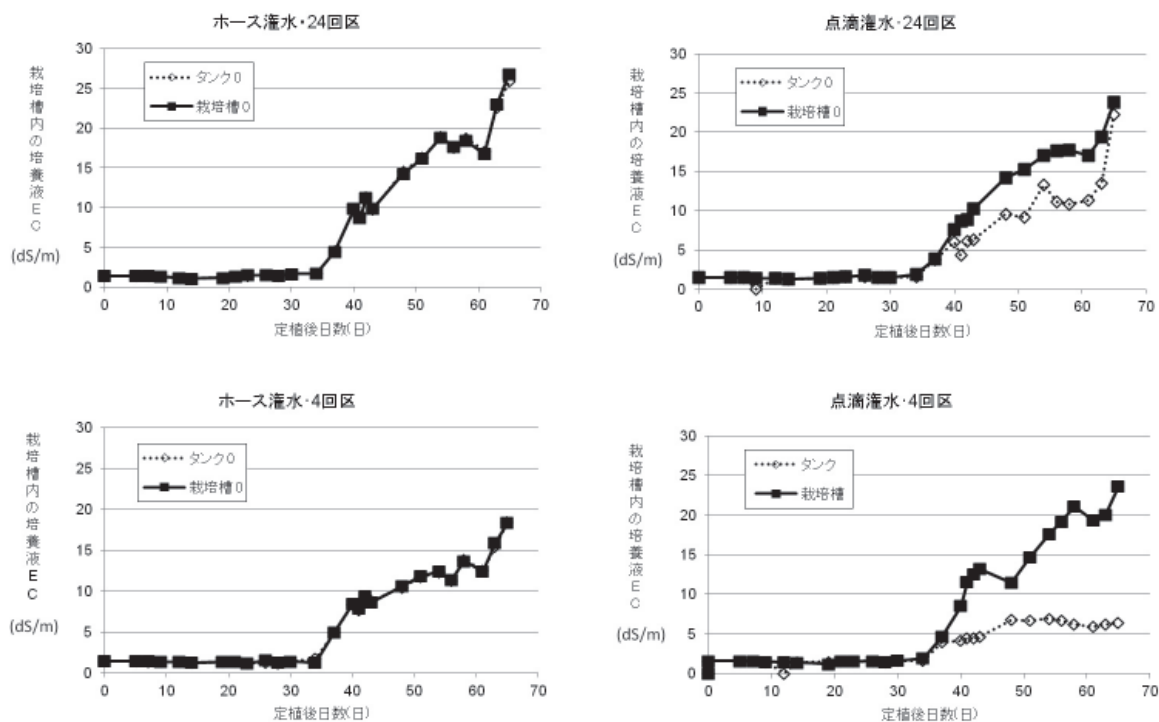


図7 各処理区の栽培期間における栽培槽内 EC と培養液タンク内 EC の変化（2008）

（2）試験結果

収穫調査の結果を表10に示した。果実糖度は、交互作用が認められ点滴灌水・4回区が8.7%で最も高くなった。可販果果数、可販果1果重、可販果率に有意差は認められなかった。収穫平均日はほぼ同じ日であった。

栽培槽内ECはストレス開始から全処理区で上昇した。ホース灌水・4回区は他の3処理区と比べて上昇の程度が小さかった（図6）。ホース灌水の2処理区では栽培槽と培養液タンクのECがほぼ同じであった（図7）。点滴灌水・4回区はストレス開始から栽培槽内の培養液水位が低くなり、培養液中にあった根の一部が空気中に出た。

（3）考察

果実糖度は、点滴灌水・4回区で最も高くなることが明らかとなった。可販果果数や可販果1果重は、処理の影響を受けないことが明らかとなった。一方栽培槽内ECは、塩ストレス処理開始以降からホース灌水・4回区が他の処理区と比較して上昇の程度は低く推移したが、給液回数と培養液の流し方は、ともにECへ影響を及ぼさないことが明らかとなった。

試験処理は、塩ストレス処理開始から始めた。培養液供給の状況としては、流動は断続的となっており、流速は流し方によった。このため栽培槽内の培養液は1日あたりの攪拌量が処理区によって異なった。根系は、塩ストレス処理開始時には栽培槽内全体へ発達していた。中野³⁾は、トマトの幼植物を用いた試験で培養液流動は、①液面からの酸素溶解速度を増加させ、根の呼吸を促進すること、②根表面における「根面境界層抵抗」を減少させ、養水分吸収を促進すること、の二つの生育促進効果があると報告している。本試験では栽培槽内の培養液流動を少なくして生育が抑制されることを期待したが、効果は判然としなかった。点滴灌水・4回区の給液量は、1日株あたり0.3リットル（表9）であった。栽培槽内培養液の水位低下がストレス開始以降に見られたことから、トマトの吸水量が給液量を上回っていた。一方この処理区の栽培槽内ECの上昇程度は、他の処理区とほとんど差がないままであった。よって果実糖度に差があったのは、塩ストレスと同時に水位の低下で水中根が空気中に出たことによって水ストレスを受けた影響ではないかと考えた。

以上のことからこの栽培方式において果実糖度向上には、塩ストレスと水ストレスの同時処理の可能性があると示唆された。

2）遮光ネットの種類と食塩濃度が果実糖度と収量および栽培槽内ECに及ぼす影響

遮光ネットの種類と食塩濃度が果実糖度や可販果収量および栽培槽内ECに及ぼす影響からストレス処理開始以降の栽培槽内EC変化の要因について整理し、果実糖度を向上方法を検討する。

（1）試験方法

試験は場内ハウス2棟で行った。栽培槽は長さ4m、培養液量約40リットルのものを用い、培養液タンクは70リットルのものを用いた。供試品種「桃太郎ヨーク」（タキイ種苗（株））は2008年5月9日に72穴セルトレイに播種し、エブ&フロー方式で育苗した。本葉が4～5枚展開した苗を定植した。定植は6月3日に行った。栽培は保水シート耕方式で株間は7cmの1条左右振り分けとした。培養液の処方は大塚C改良処方を用いた。追加する培養液の濃度は育苗から塩ストレス処理まで1/2単位、塩ストレス処理後から1単位とした。給液回数は1日あたり24回とし、給液時間は1回あたり5分とした。着果処理は開花後にトマトーンを処理してさらに振動受粉を行った。果房上葉数2枚を残して摘心した。塩ストレス処理は第1花開花20日後にあたる7月9日から開始し、追加培養液に食塩を0.2%加えた。ハウスサイドは開放し、28℃以上で強勢換気した。処理は食塩濃度と遮光ネットの種類とし、試験区は食塩濃度（0.1%、0.2%）と遮光ネット（メガクールネット、明涼）を組み合わせた（表11）。収穫調査は1区10株2反復で行った。果実は完熟したものを収穫した。果実糖度は非破壊糖度計を用いて果実の赤道部を3カ所測定した平均とし、全可販果に対して行った。ECは携帯型測定器で一日1回測定した。

表11 試験区の構成

食塩濃度		遮光ネットの種類
0.10%	×	メガクールネット
0.20%		明涼

（2）試験結果

照度から求めた遮光率はメガクールネット区が56%で明涼区が44%で12%の差があった（表12）。気温上昇抑制効果の比較のため、Ⅱの試験と同様にハウス内気温の推定式を求めた（表13）。推定したハウス内気温は、外気温30℃、時間日射量2.5MJ、ハウスサイド開放の設定条件においてメガクールネット区は明涼区よりも1.6℃低かった（表14）。7月6日から10日の晴れの日が続いた5日間の7時から17時までのハウス内平均気温は明涼区が高かった（図8）。

収穫調査の結果を表15に示した。果実糖度は6.3～

表12 遮光ネットの遮光率（ビニル含む）

処 理	6月20日（雨天） 10:45測定		7月28日（晴天） 13:00測定	
	照度（Lux）	遮光率（%）	照度（Lux）	遮光率（%）
メガクールネット	26,000	49	47,400	56
明涼	34,000	39	58,000	44
ハウス外	57,500	-	107,066	-

表13 外気温、時間日射量からハウス内気温を求める重回帰式（2008）

遮光ネット	a	b	c	R	n
メガクールネット	0.74	2.57	7.83	0.968	770
明涼	0.78	3.09	7.11	0.979	770

7.3%で、添加した食塩濃度と遮光ネットの種類ともに有意差が認められ、食塩濃度0.2%区が約0.3%高く、遮光ネットは明涼区が約0.7%高かった。可販果数は株あたり2.7~3.7果であったが有意な差はなかった。可販果1果重は99~125gであった。添加した食塩濃度と遮光ネットの種類ともに有意な差が認められ、食塩濃度0.1%区が大きく、明涼区が大きくなった。また交互作用も認められ、0.1%・明涼区が最も大きかった。総収穫果1果重では食塩濃度と遮光ネットの種類ともに有意な差が認められ、食塩濃度0.1%区が約10g大きく、明涼区が約10g大きかった。可販果率は78~85%で有意な差はなかった。

ストレス処理以降から平均収穫日前までの栽培槽内ECの変化を図9と表16に示した。平均収穫日は定植後56日目にあたった。ストレス処理開始から定植後38日目まで栽培槽内ECはすべての区でほぼ同じ値で上昇した。定植後41日目から45日目まで食塩濃度0.2%区の栽培槽内ECは食塩濃度0.1%区より高くなったが有意な差はなかった。遮光ネットの種類においては定植後49日目のECから有意な差となり明涼区が約2.5dS/m高かった。食塩濃度は定植後52日目のECが有意な差となり食塩濃度0.2%区が約1.2dS/m高かった。

表14 重回帰式から推定したハウス内気温（℃）（2008）

外気温30℃、2.5MJ			外気温30℃、0.5MJ		
メガクールネット	明涼	差	メガクールネット	明涼	差
36.5	38.1	1.6	31.4	31.9	0.5

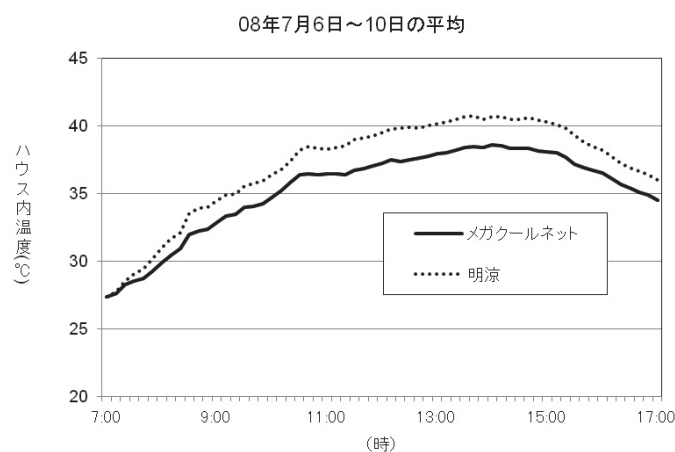


図8 5日間における時間別のハウス内気温平均の推移（2008）

表15 食塩濃度と遮光ネットの種類が果実糖度と収量に及ぼす影響（2008）

食塩濃度	処 理 遮光ネット	可 販 果					総収穫果		
		Brix (%)	同左CV (%)	果数 (果/株)	1果重 (g)	同左CV (%)	可販果率 (%)	果数 (果/株)	1果重 (g)
0.1%	メガクールネット	6.3	12	2.7	121	32	78	3.4	118
0.1%	明涼	7.1	11	3.7	125	28	85	4.4	128
0.2%	メガクールネット	6.7	13	3.1	99	36	85	3.7	97
0.2%	明涼	7.3	10	2.8	121	25	79	3.5	118
分散分析結果									
食塩濃度 (A)		*	N.S	N.S	**	N.S	N.S	N.S	**
遮光ネット (B)		**	N.S	N.S	**	N.S	N.S	N.S	**
(A) × (B)		N.S	N.S	N.S	*	N.S	N.S	N.S	N.S

分散分析結果：**；1%水準で有意，*；5%水準で有意，N.S；有意差なし

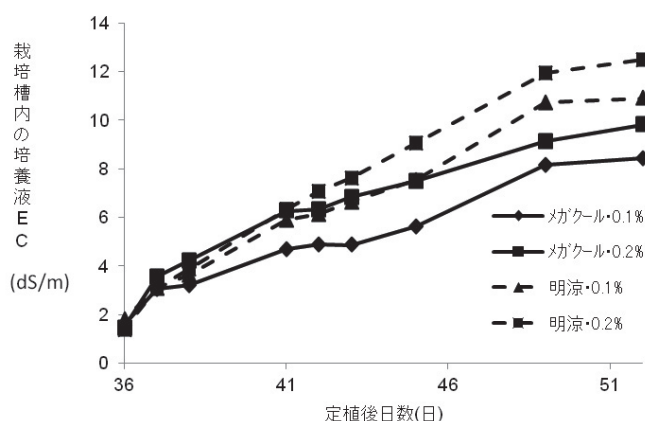


図9 ストレス処理開始から平均収穫日直前までの栽培槽内 EC の変化（2008）

表16 食塩濃度と遮光ネットの種類が栽培槽内ECに及ぼす影響（2008）

食塩濃度	処 理 遮光ネット	ストレス処理開始以降の栽培槽内EC (dS/m)									
		定植後日数/	36日	37日	38日	41日	42日	43日	45日	49日	52日
0.1%	メガクールネット	1.6	3.1	3.2	4.7	4.9	4.9	5.6	8.2	8.4	
0.1%	明涼	1.8	3.1	3.6	5.9	6.1	6.6	7.5	10.7	10.9	
0.2%	メガクールネット	1.5	3.6	4.2	6.3	6.3	6.9	7.5	9.1	9.8	
0.2%	明涼	1.4	3.1	3.9	6.3	7.1	7.6	9.1	11.9	12.5	
分散分析結果											
食塩濃度			N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	*	
遮光ネット			N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	N.S	*	*	

分散分析結果：*；5%水準で有意，N.S；有意差なし

(3) 考察

メガクールネットと明涼は、手嶋と山下¹³⁾が晴天日の照度と光量子の関係に差がなかったと報告していることから、資材の比較が照度から求めた遮光率によって可能であると考えた。メガクールネット区は、ハウス内気温が1.6℃低く、気温上昇抑制効果が高いが、明涼区は、遮光率が12%低かった分光環境が良好であった。

果実糖度は、明涼区もしくは食塩濃度0.2%区で高くなることが明らかになった。可販果1果重は、明涼区もしくは食塩濃度0.1%区で大きくなること明らかとなった。1果重は、栽培槽内ECが高くなると小さく

なる¹⁾と言われている。明涼区では栽培槽内ECが高くなっているにも関わらず、可販果1果重が増加した。これは植物生育に良好な光環境となったため果実肥大が促進されたのではないかと考えた。食塩濃度0.1%区は栽培槽内ECが0.2%区と比較して低いので、報告のとおり1果重は大きくなったと考えられた。

栽培槽内EC上昇程度が明涼区で高かったのは、植物生育の促進によって株の吸水量が増えた分、培養液を消費した結果、添加した食塩量が増え栽培槽内ECが高くなったからでないかと考えられた。次に食塩濃度0.2%区で上昇程度が高かったのは培養液に食塩が蓄積された量が多かったからだと考えられた。

以上のことから、果実糖度向上には遮光処理は明涼のように遮光率の低い遮光ネットを用いることと塩ストレス処理は食塩濃度を0.2%にすることが有効であり、さらに低遮光率の遮光ネットは収量向上にも有効である。

3) 栽培槽内ECを指標としたときの果実糖度にとって重要な時期と影響度

一段密植栽培を周年生産していくためには、計画的な作付が重要になる。また、高糖度果実の生産は、商品として安定的な品質が要求される。そこで遮光をして同様の耕種概要で栽培した3ヵ年の作付データを用いて、果実糖度、収量および平均収穫日数の変動を把握するとともに、果実糖度に及ぼす栽培槽内ECの時期別重要度について検討した。

(1) 試験方法

試験は場内ハウスで行った。供試品種「桃太郎ヨーク」（タキイ種苗（株））は72穴セルトレイに播種

し、エブ&フロー方式で育苗した。本葉が4～5枚展開した苗を定植した。栽培は保水シート耕方式で株間は7cmの1条左右振り分けとした。培養液の処方は大塚C改良処方を用いた。追加する培養液の濃度は育苗から塩ストレス処理まで1/2単位、塩ストレス処理後から1単位とした。給液回数は1日あたり24回とし、給液時間は1回あたり5分とした。開花後にトマトーンを処理してさらに振動受粉で着果処理をした。果房上葉数2枚を残して摘心した。塩ストレス処理は第1花開花20日後から開始し、追加培養液に0.1%もしくは0.2%の食塩を加えた。遮光ネットはメガクールネットもしくは明涼を展張した。ハウス内気温28℃以上で強制換気した。作付回数は2007年は6月11日から7月26日までに3回、2008年は5月22日から7月22日までに4回、2009年は5月13日から6月25日までに2回の計9回となった。これに遮光ネットの種類と食塩濃度の試験の3処理区を加えたのべ12作の収穫結果と栽培槽ECの結果を得た。これらのデータを

表17 2007～2009年に栽培した12作型の収穫結果

処 理 遮光ネット の種類	定植日	可販果			総収穫 果数 (果/株)	平均 収穫日	定植から収穫ま での平均日数 (日)
		Brix (%)	果数 (果/株)	1果重 (g)			
メガクール ネット	2007/ 6/11	8.0	2.1	80	4.0	2007/ 8/17	63
	2007/ 7/ 5	6.5	3.7	125	4.4	2007/ 9/11	68
	2007/ 7/26	6.7	2.8	129	3.0	2007/ 9/29	65
	2008/ 5/22	6.3	3.1	138	3.2	2008/ 7/21	60
	2008/ 6/ 3	6.7	3.0	105	3.2	2008/ 7/28	56
	2008/ 6/ 3	6.3	3.7	81	4.0	2008/ 7/28	56
明涼	2008/ 6/ 3	7.1	3.2	107	3.5	2008/ 7/28	56
	2008/ 6/ 3	7.3	3.8	135	3.8	2008/ 7/28	56
	2008/ 7/15	7.2	4.3	89	4.8	2008/ 9/13	60
	2009/ 5/13	6.8	2.7	121	3.4	2009/ 7/16	64
	2009/ 6/25	7.7	1.9	73	3.0	2009/ 8/24	60
平均	-	7.0	3.1	109	3.7	-	60
標準偏差	-	0.5	0.7	23	0.6	-	4

表18 2007～2009年に栽培した12作型の栽培槽内EC

処 理 遮光ネット の種類	定植日	栽培槽内EC (dS/m)					平均収穫日
		ストレス 翌日	ストレス 7日後	収穫 20日前	収穫 10日前		
メガクールネット	2007/ 6/11	4.8	11.1	6.0	16.3	19.2	
	2007/ 7/ 5	4.8	7.6	3.4	8.9	17.2	
	2007/ 7/26	4.9	7.0	6.3	7.0	13.0	
	2008/ 5/22	2.3	3.8	3.4	11.0	14.4	
	2008/ 6/ 3	3.6	6.9	1.5	7.5	10.7	
	2008/ 6/ 3	3.1	4.9	1.6	5.6	11.3	
明涼	2008/ 6/18	3.8	8.9	3.8	14.1	17.7	
	2008/ 6/ 3	3.1	6.6	1.8	7.5	12.7	
	2008/ 6/ 3	3.1	7.6	1.4	7.4	14.2	
	2008/ 7/15	3.9	9.4	9.4	13.8	18.4	
	2009/ 5/13	3.0	8.0	10.9	12.7	16.4	
2009/ 6/25	2.6	8.4	8.3	13.9	22.5		

表19 果実糖度を外的基準にした数量化I類の分析結果

アイテム	カテゴリー	糖度平均	係数	レンジ	件数	偏相関係数
遮光ネット	メガクールネット	6.8	-0.3	0.8	7	0.86
	明涼	7.2	0.47		5	
ストレス翌日EC	4dS/m未満	7.0	0.14	0.55	9	0.52
	4dS/m以上	7.1	-0.41		3	
ストレス7日後EC	8dS/m未満	6.7	0.56	1.35	7	0.70
	8dS/m以上	7.4	-0.79		5	
収穫20日前EC	5dS/m未満	6.8	-0.40	0.95	7	0.71
	5dS/m以上	7.3	0.55		5	
収穫10日前EC	14dS/m未満	6.8	-0.3	1.8	10	0.88
	14dS/m以上	7.7	1.5		2	
平均収穫日EC	17dS/m未満	6.7	-0.27	0.65	7	0.71
	17dS/m以上	7.4	0.38		5	

定数項7.0 R=0.955

用い、果実糖度を外的基準にして「遮光率」, 「ストレス処理開始の翌日の栽培槽内EC」, 「同7日目のEC」, 「平均収穫日の20日前のEC」, 「同10日前のEC」, 「平均収穫日のEC」の6アイテムについて、数量化I類による分析を行った。

(2) 試験結果

12作期の結果を表17に示した。果実糖度は6.3~8.0%の範囲で平均7.0%で標準偏差は0.5であった。可販果果数は平均3.1果で標準偏差が0.7であった。可販果1果重は平均109gで標準偏差が23であった。総収穫果数は平均3.7果で標準偏差が0.6であった。定植から収穫までの平均収穫日数は60日で標準偏差が4であった。

12作期における栽培槽内ECは「ストレス処理翌日」, 「ストレス処理7日後」, 「平均収穫日20日前」, 「平均収穫日10日前」, 「平均収穫日」を用い（表18）, 「遮光ネットの種類」を含めて数量化I類で分析した。重相関係数は0.955であった。レンジは収穫10日前EC, ストレス処理開始7日目EC, 収穫20日前EC, 遮光率, 平均収穫日のEC, ストレス処理翌日ECの順に大きかった。果実糖度にプラスに働くカテゴリーは、収穫10日前ECが14dS/m以上であること、ストレス処理7日後ECが8dS/m未満であることであった（表19）。

(3) 考察

可販果数と可販果1果重から収量は、約330g/株を得られたことが明らかとなった。定植から収穫までの平均日数は60日で前後4日の変動であったことが明らかとなった。夏季の作付は平均日数が作期による変動を受けにくかったので、作付計画は比較的立てやすいと考えられる。

栽培槽内のEC管理については渡辺¹⁴⁾が、経験的に平均収穫日の10日ほど前までにECを20dS/m程度まで

直線的に上昇させ、その後はEC20~25dS/mの範囲で管理することが目安になると述べている。本試験では収穫10日前ECが果実糖度に及ぼす影響が最も強く、この点においては報告と一致していた。しかしECが14dS/m以上となると果実糖度が高くなったことは報告と異なった。栽培方法は同じであったが、トマトの作付本数に対する栽培槽と培養液タンクの容量および給液回数が異なっていることが原因ではないかと考えられた。よって新規で栽培する場合は、栽培槽内ECを設備にあうものに調整していく必要があると考えられた。一方、ストレス処理7日後ECが8dS/m未満で糖度向上する理由については判然としなかったが、早すぎるECの上昇は植物に与えるストレスが強すぎて光合成能力に影響を及ぼしているのではないかと考えられた。

IV 総合考察

保水シート方式のトマト一段密植栽培は高糖度トマトの周年生産が可能である。しかし安定生産に向けて夏季の果実糖度及び生産量の不安定克服が課題となっている。そこで本研究では夏季の収量安定と高糖度化のために、気温上昇抑制対策である遮光がトマト一段密植栽培に及ぼす影響について検証するとともに、目標糖度7%とした糖度向上対策について検討を行った。

遮光がトマト栽培に及ぼす影響については、長所として強光を抑制して着果を促進することが報告されている¹⁵⁾。一方短所としては果実糖度が低下する報告がある¹¹⁾。遮光処理条件下の一段密植栽培においても着果促進効果は得られることが明らかとなった。しかし、この栽培方式においても果実糖度が遮光によって低下し、7%を下回る作期もあった。定植してから収穫終わりまでの期間や果実の平均収穫日については

影響を及ぼさないことが明らかとなった。収量を増加させるためには花数の増加と着果数の増加を考えなければならないが、花数の増加は本葉4～5枚の苗を定植するためコントロールすることが難しい。よって、着果数を増加させる遮光処理は収量の安定化には必須であると考えた。

糖度向上対策は、遮光率の違いや他の栽培管理技術を組み合わせることによって改善する方向で検討を行った。①着果数の制限や果房上葉数を増加させる株管理は果実糖度の向上につながらないことが明らかとなった。しかし葉数の増加によって裂果を防ぐ効果が認められた。②培養液の給液回数や流し方によって栽培槽内ECが変化し、高糖度化に影響を及ぼすことを想定したが、栽培槽内ECに処理による有意な差が認められなかった。しかし果実糖度は点滴灌水・少回数給液で高くなった。糖度向上した要因は1日あたりの給液量が少ないことで栽培槽内の水位が低下し、水ストレスがかかると考えられた。保水シート耕は根の特性を生かすために湿気中根と水中根を生じさせることのできる構造となっており、塩ストレスと水ストレスの同時処理の可能性が示唆された。③塩ストレス処理時に添加する食塩濃度は高い方が糖度向上効果が高いことが明らかとなった。同時に栽培槽内ECに影響を及ぼすことも明らかとなった。遮光率は低い方が糖度低下を抑制することが明らかとなった。この場合においても栽培槽内ECに影響を及ぼすことが明らかとなった。糖度向上のための栽培槽内ECの指標化を試みた。ストレス開始以降の栽培槽内ECで重要なのは収穫10日前ECとストレス処理開始7日目ECであることが明らかとなった。収穫10日前ECが14dS/m以上でストレス開始7日目ECが8dS/m未満になることで果実糖度が高くなることが推定された。

以上のことから、夏季のトマト一段密植栽培において糖度7%の果実を生産するには、低遮光率の遮光ネットを展張し、第1花開花の20日後から培養液に0.2%濃度の食塩を添加して収穫10日前の栽培槽内ECを14dS/m以上にすることが基本となると考えられるが、渡辺¹⁴⁾の報告では収穫10日前の栽培槽内ECを20dS/m以上にするとされていることから、最終的には植付本数、栽培槽や培養液タンクの容量等、それぞれの栽培環境に合わせてEC管理に修正を加えることが大切になると考えた。

V 摘要

1 遮光が果実糖度、収量および定植から収穫までの日数等に及ぼす影響

遮光によって着果数は増加し、収量が向上した。しかし、遮光は果実糖度を低下することも明らかとなっ

た。遮光率が20%と低い「明涼」を用いることで、果実糖度の低下を抑制できたが、作期によっては糖度7%を下回った。作期にかかわらず安定的に目標糖度7%以上を確保するために、栽培管理技術の組み合わせが必要である。

2 栽培管理技術の評価

①着果数と果房上葉数が果実糖度と収量に及ぼす影響

摘果による着果数の制限は、果実糖度に影響を及ぼさなかった。果房上葉数を増やしたことも果実糖度に影響を及ぼさなかった。しかし葉数が多いことは遮光効果によって裂果を防止したので、収量向上対策として有効であった。

②給液方法が果実糖度、収量および栽培槽内ECに及ぼす影響

果実糖度は点滴灌水で1日あたり4回給液すると高くなり、可販果1果重に処理の影響は見られなかった。栽培槽内ECは処理の影響を受けなかった。よって果実糖度が高くなった原因は栽培槽内ECではないと考えられた。点滴灌水・4回給液区は給液量が少なかったため、栽培槽内の水位が低下して水ストレスがかかったのではないかと推測された。給液方法は栽培槽の水位との関係が整理できれば、糖度向上技術として有効になると考えられた。

③食塩濃度が果実糖度、収量および栽培槽内ECに及ぼす影響

食塩濃度は0.2%で果実糖度が高くなったことから、糖度向上技術として有効であった。

3 果実糖度に影響を及ぼす栽培槽内ECの時期

果実糖度は収穫10日前ECやストレス処理後7日目ECの影響を受けることが明らかとなった。ストレス処理後7日目ECが8dS/m未満となり、収穫10日前ECが14dS/m以上となると高糖度になると推定された。

4 遮光処理と組み合わせる糖度向上に向けた栽培管理技術

夏季の果実糖度向上技術として明らかになったのは、ストレス処理時の食塩濃度であった。低遮光率の遮光ネットと組み合わせ、収穫10日前の栽培槽内ECが14dS/m以上になるように管理することが重要である。

引用文献

- 1) (独) 農業・生物系特定産業技術研究機構 野菜茶業研究所果菜研究部 九州沖繩農業研究センター 野菜花き研究部：一段密植栽培（保水シート耕方

- 式)による高糖度トマトの周年安定生産技術；技術資料パンフレット
- 2) 福地信彦・本居聡子・宇田川祐二：摘果および整枝がトマトの果実糖度と収量に及ぼす影響，園学研3（3）；277-281
 - 3) 中野有加（2004）：養液栽培におけるトマト根系の環境応答，野菜茶業研究所研究報告3；57-107
 - 4) 農林水産省大臣官房統計部：平成21年産トマトの年間計
 - 5) 斎藤隆：IV花芽発達の生理，生態，野菜園芸大百科|第2版|2トマト；76-93
 - 6) 佐藤卓（2006）：地球温暖化に伴うおだやかな高温ストレスがトマトの生産性と雄性期間の発達に与える影響，食と緑の科学第60号；85-89
 - 7) 佐藤如・安部貞昭・佐藤和幸・後藤英世：夏秋期野菜栽培で利用するトンネル資材、遮光ネット、フィルムマルチ被覆下の気温、地温の推定方法と数種資材の利用効果判定：大分県農林水産研究センター研究報告（農業編）第2号：49-60
 - 8) 宍戸良洋・堀裕（1991）：トマトにおける光合成産物の花房内の果実間分配と果実肥大に対する葉位の役割，園学雑60（2）；319-327
 - 9) 鈴木隆志・柳瀬関三・塩谷哲也・島津光鑑・田中逸夫（2007）：夏秋トマト雨よけ栽培における放射状裂果の発生に及ぼす積算日射量の影響，園学研6（3）；405-409
 - 10) 手嶋康人・山下大輔（2010）：数種の被覆資材被覆下におけるハウス内気温及び光量子とニラの葉温の関係，九農研
 - 11) Teruo Wada, Hideo Ikeda, Kenji Matsushita, Akitra Kambara, Hiroaki Hirai and Kasuhiro Abe（2006）：Effects of Shading in Summer on Yield and Quality of Tomatoes Grown on a Single-truss System 園学雑75（1）；51-58
 - 12) 岡野邦夫：省力・軽作業の一段密植連続養液栽培，野菜園芸大百科|第2版|2トマト，農山漁村文化協会；662-668
 - 13) 岡野邦夫・坂本有加・渡辺慎一（2001）：一段栽培トマトにおける¹³C-光合成産物のSource-Sink関係，野菜・茶業試験場研究報告,16；351-361
 - 14) 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
 - 15) 吉田裕一・中園堯士（2006）：自動遮光制御による強光ストレスの軽減がトマトの果実発育に及ぼす影響，園学雑75別2；290