

養液栽培における高糖度トマトの整枝法と 栽植密度が収量・品質に及ぼす影響

松岡瑞樹^{1*}・福田直也²

¹ 筑波大学農林技術センター, 305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1

² 筑波大学農林学系, 305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1

要 旨

塩ストレス処理による高糖度トマト生産での整枝法ならびに定植時の栽植密度が、果実収量ならびに品質に及ぼす影響を評価した。整枝法については、栽培時に2本整枝あるいは、1本整枝として比較した。また、栽植密度は、定植時に株間が10cmならびに8cmとなる処理区をそれぞれ設定して評価した。収穫果実個数は、‘ハウス桃太郎’では1本整枝よりも2本整枝の方が13%多くなったが、‘桃太郎ファイト’ではこの逆になった。一方、果実糖度は、2本整枝の方が高くなる傾向を示したものの、総果実収量は両品種ともに1本整枝区で高くなった。栽植密度の影響については、平均果実重量は、両品種ともに株間が狭くなるほど小さくなる傾向があるものの果実糖度は高くなった。また、処理区当たりの総果実収量は、両品種とも、定植株数が多い株間10cm区よりも8cmの方が高くなった。今回の結果から経営試算を行ったところ、品質や秀品率が低下しない条件で栽植密度を増加させることにより、本栽培法による収益を大きく改善できることが示唆された。

キーワード：高糖度トマト，収量，生育，低段密植栽培，養液栽培

緒 言

近年、たくさんの外国産野菜が市場に出荷されるようになってきている。トマトについても輸入量が増加し、1998年には前年比320%と急拡大している。トマトの輸入については、特に韓国、アメリカ、オランダからの輸入が大半を占めており（佐野ら 1999）、市場では安価な外国産トマトが増えている。これに対して国内では、価格競争だけでなく、減農薬栽培や無農薬栽培、有機栽培等の高付加価値野菜を生産する動きがある。例えば、徳島県のトマト生産地では養液栽培のハイポニカによる栽培を行っており、付加価値の高いフルーツトマト（高糖度トマト）生産に取り組んでいる（関口 2001）。ここでは棚方式の水平放任栽培に取り組み、日本で初めて水気耕栽培におけるフルーツトマト栽培の実用化に成功した。トマトの高糖度化は、このように付加価値を高める手段の一つであり、近年、各地の試験研究機関において高糖

* Corresponding Author: mzkmtok@sakura.cc.tsukuba.ac.jp

度トマト栽培法に関する研究が盛んに行われてきた。

筑波大学農林技術センターでも、前報で示したように（松岡・福田 2003）、養液栽培による高糖度トマトの栽培技術開発に取り組んできた。ここでは、Nutrient Film Technique (NFT) 栽培システムにおける培養液濃度を開花期から上昇させ、トマトに塩ストレスを与えることによりトマト果実を高糖度化することに成功したことを報告した。他の研究機関では、保水シート耕（岡野ら 2000）やトマト二段穫り隔離床栽培（房尾ら 2003）といった水ストレスを利用した方法による高糖度トマト生産に関する研究が行われている。しかしながら、このような水ストレス条件下における栽培条件については、適正な栽植密度や整枝法、水ストレス処理の時期など未だ栽培条件が確立されていない点が多い。

本研究では、前報で報告した栽培システムについて、整枝法ならびに栽植密度が、トマト果実の収量及び品質に及ぼす影響を検討した。また、前報の結果と合わせて、本栽培システムに関する経営的試算を行い、高糖度トマトの生産に関する実用化の可能性について考察した。

材料および方法

供試植物および育苗方法

トマト (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) 品種 ‘ハウス桃太郎’ (タキイ種苗) と ‘桃太郎ファイト’ (タキイ種苗) の2品種を供試した。これらの2品種は、筑波大学農林技術センターガラス温室において、市販の育苗用培地 (ジフィー9, サカタのタネ) に播種した。発芽後、湛液水耕システムで育苗した。育苗時の培養液には、大塚ハウス水耕用肥料A処方 (EC = 1.2dS/m, pH = 7.0) (大塚ハウス) を使用した。育苗器の温度は30℃とし、発芽後に移植した湛液水耕システムでは、室温を20℃ ~ 25℃に設定した。

実験1：整枝法が高糖度トマト生産に及ぼす影響

2002年10月8日に播種した。本葉が5枚程度展開した段階で、ガラス温室に設置したNFT水耕システムに定植した。処理区は、1本整枝区と2本整枝区の2区を設け、1本整枝区では、株間10cmで2品種を交互に60株ずつ計120株定植した。一方、2本整枝区では、株間20cmとして2品種を交互に30株ずつ計60株定植し、面積当たりの整枝数が同じとなるようにした。なお、2本整枝区では、本葉が3枚展開後摘芯し、側芽を伸ばして2本整枝とした。

定植後の培養液は、大塚ハウス水耕用肥料B処方 (EC1.2~2.4dS/m) で管理した。第一花房開花1週間後に、塩ストレス処理のため、培養液に食塩を加えECを8.0dS/mとした。各花房当たり3花以上開花した時に、トマトーン100倍液とジベレリン10ppmの混合液でホルモン処理を行い、着果後1花房当たり3~4果になるように摘果した。着果は、第二花房までとし、第二花房上部2葉を残し摘芯した。収穫は、1本整枝区が1月24日から2月28日まで、2本整枝区が2月4日から3月11日まで行った。収穫開始後は、収穫果実重量、収穫果実個数ならびに糖度を調査した。一方、収穫した果実は可販果と減耗果に分け、減耗果については、①花頂部が黒く変色する尻腐れ果、②果実収穫前に果皮が裂ける裂果、③果実に穴があき中の種が見える状態の窓あき果、④花びらが落ちずにそのまま大きくなり傷がつく果実チャック果、⑤重量40g以下の小果に分け、各重量を記録した。

実験2：栽植密度が高糖度トマト生産に及ぼす影響

2002年11月26日に実験1と同じ品種を用い、同様な方法で育苗後、本葉5枚が展開した苗を2003年1月8日に高設NFTベッドに定植した。定植時に株間を10cmとする処理区（株間10cm処理区、栽植密度3株/m²）と、株間8cmとする処理区（株間8cm処理区、栽植密度3.75株/m²）を設け、それぞれの処理区にトマト2品種を交互に定植した。培養液には大塚ハウス水耕用肥料B処方を用いた。定植後、培養液のECは、1.0から2.0dS/mとなるように管理した。第一花房開花1週間後に、実験1と同様に塩ストレス処理を行った。

実験1、実験2とも、合計4処理区より、それぞれ5株を無作為に選出した計20株について、収穫した果実の果汁糖度調査ならびに果実重量の測定を行った。これらの調査結果については、統計解析ソフトウェア（StatView ver4.0, (株) Systemsoft）による二元配置分散分析を行った。

結 果

実験1：整枝法が高糖度トマト生産に及ぼす影響

‘ハウス桃太郎’では、2本整枝より1本整枝の方が収穫果実個数は少なかったものの、総果実収量は、1本整枝の方が2本整枝よりも約6%高かった。平均果実重量では、2本整枝より1本整枝の方が約6%高かった（表1）。‘桃太郎ファイト’では、逆に1本整枝より2本整枝で着果個数が少なく、総果実収量は、2本整枝より1本整枝の方が約15%高かった。果実品質では、1本整枝の可販果率が2本整枝よりも高かった。特に、‘桃太郎ファイト’については、2本整枝にすると尻腐れ果や裂果が激増し、結果として全収穫果実の約40%が減耗果となった（表1）。

果実糖度は、両品種ともに平均果実重量が低い2本整枝の方が高い値を示した。株当たりで評価すると、果実重量ならびに果実個数では整枝処理区間で統計的に有意な差は観察されなかったが、果実糖度については2本整枝で有意に高くなった（表2）。しかしながら、外観評価に基づく秀品率については、いずれの品種でも、1本整枝区で有意に高くなり、特に‘ハウス桃太郎’では、1本整枝区の秀品率は約81%であったのに対し、2本整枝区では、わずかに27%程度に留まった。

表1 塩ストレス処理栽培における整枝本数がトマトの処理区当たりの果実収量ならびに果実品質に及ぼす影響。

品種・仕立て法	総果実収量 (kg/処理区)	収穫果実個数 (個/処理区)	平均果実重量 (g)	可販果率 (%)	減耗率 (%)	減耗果実の割合(%)*			
						尻腐れ果	裂果	チャック果	その他
ハウス桃太郎									
1本整枝区	16.32	259	63.0	68.6	22.5	0.0	0.0	0.0	100.0
2本整枝区	15.36	292	52.6	55.3	27.2	16.7	25.0	0.0	58.3
桃太郎ファイト									
1本整枝区	19.93	311	64.1	76.7	16.2	0.0	100.0	0.0	0.0
2本整枝区	17.36	254	68.3	42.1	40.1	33.3	33.3	11.1	22.2

*：全減耗果を100とした場合の各種減耗果の比率

実験2：栽植密度が高糖度トマト生産に及ぼす影響

処理区当たりの総果実収量は、'ハウス桃太郎'では、株間10cm区よりも8cm区の方が10%以上多くなった(表3)。また、'桃太郎ファイト'では、株間を8cmにすることにより、処理区当たり総果実収量が20%以上増加した。収穫果実数は、'ハウス桃太郎'では、株間10cmに比べて8cm区で20%以上、'桃太郎ファイト'で30%以上それぞれ増加した。株間を狭くすることにより、収量が増加する一方で、平均果実重量は、どちらの品種も株間10cmに比べて8cm処理区で10%前後減少した。

果実糖度は、品種間によって異なるが'ハウス桃太郎'の場合には、株間10cmよりも8cmの方が7%程度高くなった。'桃太郎ファイト'については、株間10cmに比べ8cm区で10%以上果実糖度が高くなった(表3)。このように、栽植密度が高くなると平均果実重量が下がり、糖度が上がる傾向が観察された。株当たりで評価すると、果実重量については、処理区当たりの場合と同様に株間8cm区で小さくなる傾向が示された(表4)。しかしながら、その差は統計的に有意ではなく、今回の結果からは、株間が果実重量に影響するという事はなかった。収穫果実個数、秀品率ならびに減耗率についても、株間の影響を確認することはできな

表2 塩ストレス処理栽培における整枝本数がトマトの株当たりの果実収量ならびに果実品質に及ぼす影響。

品種・仕立て法	果実重量 (g/株)	果実個数 (個/株)	果実糖度 (%)	秀品率 ² (%)	減耗率 (%)
ハウス桃太郎					
1本整枝区	55.6	5.4	8.8	81.0	2.8
2本整枝区	53.6	5.1	9.4	26.7	21.6
桃太郎ファイト					
1本整枝区	78.4	4.2	8.8	78.6	4.0
2本整枝区	74.8	4.4	9.3	52.0	20.3
品種	**1	NS	NS	NS	NS
整枝法	NS	NS	**	***	**

1：分散分析により、5%(*), 1%(**), 0.1% (***) 水準で処理区間に有意差があることを示す。

NSは、処理区間で有意差がないことを示す。

2：果実をA品、B品ならびに減耗品に分けた場合のA品率を示す。

表3 塩ストレス処理栽培における栽植密度がトマトの処理区当たりの果実収量ならびに果実品質に及ぼす影響。

品種・株間	総果実収量 (kg/処理区)	収穫果実個数 (個/処理区)	平均果実重量 (g)	可収果率 (%)	減耗率 (%)	減耗果実の割合(%)*			
						尻腐れ果	裂果	チャック果	その他
ハウス桃太郎									
株間10cm 処理区	24.7	440	56.2	60.8	32.5	0.0	63.6	27.3	9.1
株間8cm 処理区	27.5	546	50.3	62.5	32.6	0.0	44.4	11.1	44.4
桃太郎ファイト									
株間10cm 処理区	26.5	401	66.0	69.9	24.2	0.0	66.7	0.0	33.3
株間8cm 処理区	32.3	529	61.1	78.3	16.7	0.0	100.0	0.0	0.0

*：全減耗果を100とした場合の各種減耗果の比率

かった。一方、果実糖度については、両品種とも、株間10cmに比べ8 cm区で高く9以上の糖度を示し、結果として株間8 cm区の果実糖度は、株間10cm区よりも統計的に有意に高くなった。

高糖度トマト生産による経営的試算を行った各種データと結果を表5～7に示す。表5は、計算のために想定した年間の栽培暦で、表6と表7は、1本整枝で1 m²当たり5.4株となる栽植密度で栽培した時の経営試算結果である。今回の実験の条件で栽培すると、1作で10a当たり2.4t収穫でき、年間では7.2t収穫することが可能である。我々の試験結果より、減耗率が30%とした場合、販売果として約5 t出荷できることになる。販売方式によっても異なるが、高糖度トマトの流通経路は、市場よりもインターネット通販または直売の場合が多い。今回は、インターネット販売を参考に収益に関する結果を算出した。キロ単価については、直販での取扱い金額で多かった2000円とした。

この単価をもとに年間の売り上げを計算したところ、10a 当たり年間で1千万円の粗収入がある結果となった。また表7を参考に、変動費、固定費の必要経費を差し引きしたところ、純所得が約100万円となる結果が得られた。

考 察

実験1での収穫果実個数は、‘ハウス桃太郎’では、1本整枝区よりも2本整枝区の方が多くなったが、1本整枝区での平均果実重量が高く、結果として総果実収量が高かった(表1)。
‘桃太郎ファイト’では、1本整枝区での収穫果実個数が多くなり、かつ総果実収量も高くなった。しかしながら、2本整枝区では着果数が減り、平均果実重量は高かったものの、総果実収量は1本整枝区に及ばなかった。この結果より、1本枝より2本枝の方が株に負担がかかる可能性が示唆されており、本研究のような根系にストレスを与える栽培方法では、2本整枝にした場合、果実肥大に必要な水分を根系より十分供給できなかった可能性が考えられる。また、果実糖度については、2本整枝区では、平均果実重量が小さくなり、かつ糖度が1本整枝区よりも8%高くなった。このことも、2本整枝区では根系により大きなストレスがかかって

表4 塩ストレス処理栽培における栽植密度がトマトの株当たりの果実収量ならびに果実品質に及ぼす影響。

品種・株間	果実重量 (g/株)	果実個数 (個/株)	果実糖度 (%)	秀品率 ² (%)	減耗率 (%)
ハウス桃太郎					
株間10cm 処理区	57.4	5.8	8.90	58.6	38.2
株間8cm 処理区	43.5	7.0	9.38	59.4	26.6
桃太郎ファイト					
株間10cm 処理区	67.3	4.8	8.42	75.4	12.4
株間8cm 処理区	62.7	4.4	9.30	86.8	0.0
品種	* ¹	***	NS	**	***
栽植密度	NS	NS	*	NS	NS

1：分散分析により、5%(*), 1%(**), 0.1% (***) 水準で処理区間に有意差があることを示す。

NSは、処理区間で有意差がないことを示す。

2：果実をA品、B品ならびに減耗品に分けた場合のA品率を示す。

いたことを示しているものと考えられる。

果実品質については、特に‘桃太郎ファイト’の場合、尻腐れ果が2本整枝区で多く発生した。2本整枝にすることで株に負担をかけて根にストレスがかかった結果、培養液中のカルシウムを十分吸収することができず、カルシウム欠乏により尻腐れ果が発生した可能性が考えられる。尻腐れ果は、果実肥大に伴うカルシウムの要求量に対して、根からのカルシウム吸収や植物体内での移行が充分でないことが原因とされている(2002 大石)。カルシウム吸収については、水ストレスや、アンモニア態窒素など特定のイオンの影響により、吸収が阻害されることが一般的に知られている。今回の結果では、2本整枝区では果実重量が、1本整枝区よりも小さくなる傾向が示された。このことから、2本整枝区では、なんらかのストレスが根にかかっており、このことがカルシウム吸収抑制に関係したと推察した。

実験2では、前報(松岡・福田 2003)の栽培条件よりもさらに高密度で栽培した結果、総収量および果実糖度が増加するという結果になった(表3)。減耗果率については、栽植密度を増加させてもそれほど大きな変化がなく、栽植密度の増加分がそのまま収量の増加に結びつ

表5 経営試算のために想定した二段収穫高糖度トマトの栽培暦。

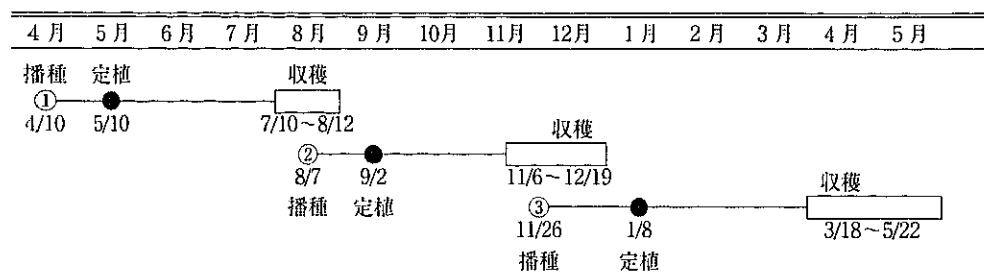


表6 高糖度トマト養液栽培の経営試算のための各種データ。

収入項目	算出基礎データ	備考
収量	2.4kg/m ²	22.4m ² 当たり 120株 1作分
減耗率	30%	
年間販売量	5t	10a 当たり
販売単価	2000円/kg	インターネット通販価格を参照
支出項目		
栽培密度	5357株/10a	
種苗代	¥19/1粒	発芽率85%として試算
肥料代	¥163/m ²	年間
水道代	¥303/m ²	年間
暖房・光熱代	¥3000/m ²	重油52.5L/m ² 電気3.4kwh/m ² 灯油40.7L/m ²
生産資材代	¥1205/m ²	年間
培地代	¥19	1株当たり
出荷バック代	¥10	1バック当たり
パート代(1人)	¥800/h	日当¥4800

いたものと考えられる。

以上の結果より、塩ストレス条件下では、低段密植栽培を行い、2本枝よりも1本枝の方が安定して大きな果実を収穫できるということが分かった。また、株間10cmよりも株間8cmでは、果実はやや小玉になる傾向があるものの、糖度が高くかつ、減耗果率が同じであったことから、単位面積当たりの収量が定植株数の増加分だけ多く収穫できることがわかった。

経営試算結果については、ハウスの立地条件や天候、技術的な面で必ずしもこのとおりにはないが、この栽培暦の実行自体は決して難しいことではないと考えられる。現時点で高糖度トマトの経営効率を上げるためには、10a当たりの株密度をあげることが最も効果的である。本試験の様な低段密植栽培では、10a当たり10000株定植する場合がある。今回の実験で実施した栽植密度は、10a当たり5357株となる(表6)。本試験では、株間8cmで栽培したが、'桃太郎ファイト'の場合、品質の低下は最小限であったものと考えられる。本方式において、収益を増加させるためには、密植条件でも減耗が少なくなる品種の選抜が必要である。今後も、より良い高糖度トマト生産経営効率をめざし、品種の選抜および栽植密度の試行錯誤によるデータを収集していく必要があると考えられる。

表7 経営試算結果.

項	目	金額 (円)	
粗収入	粗収入合計	売上げ	¥10,000,000
経営費	経営費合計	変動費+固定費	¥8,841,000
	変動費	変動費小計	¥5,834,000
		種苗費	¥351,000
		肥料費	¥163,000
		上水道費	¥303,000
		暖房・光熱費	¥3,000,000
		農薬費	¥36,000
		生産資材費	¥1,205,000
		培地代	¥351,000
		バック代	¥250,000
		修繕費	¥125,000
		雑費	¥50,000
	固定費	固定費小計	¥3,007,000
		減価償却費計	¥1,519,000
	栽培ハウス	¥1,157,000	
	栽培システム	¥95,000	
	支払い利息	¥267,000	
	雇用労働費	¥1,488,000	
所得	粗収入-経営費	¥1,159,000	

引用文献

- 房尾一宏・山本哲靖, トマト二段どり隔離床栽培における栽培床の構造と摘心位置が生育・収量に及ぼす影響, 園芸学会雑誌第72巻別冊2野27
- 松岡瑞樹・福田直也 2003, 養液栽培における高糖度トマト生産の研究－育苗培地と栽植密度が収量・品質に及ぼす影響－, 農林技術センター研究報告, 25-35
- 大石直記 1999, 高糖度トマト栽培の現状と課題, 園芸新知識6月号 20-24
- 大石直記 2002, 高温時期のトマト養液栽培における生理障害と培養液管理, 農耕と園芸8月号 68-71
- 岡野邦夫 2000, 高塩類養液による一段栽培トマトの果実高品質化技術, 園芸新知識2月号 23-26
- 佐野泰三・羽布津真典, 新時代の生鮮トマト事業, アグリビジネス '99 VOL14・No. 56 21-25
- 関口辰也 2001, 桃太郎8を使ったトマトのハイポニカ水気耕栽培, 園芸新知識2月号 15-18
- 宇井 登 2003, ガーベラの養液栽培－経営的側面から－, ハイドロポニックス, 27-29
- 山川邦夫 1996, 野菜園芸ハンドブック, 570-571

Effects of Training Method and Plant Density on the Fruits Yield and Quality of Tomato Grown under Salinity Stress in NFT System.

Mizuki MATSUOKA¹* and Naoya FUKUDA²

¹ Agricultural and Forestry Research Center, University of Tsukuba, Tsukuba. Ibaraki 305-8577, Japan

² Institute of Agriculture and Forestry (Agricultural and Forestry Research Center), University of Tsukuba, Tsukuba. Ibaraki 305-8577, Japan

Abstract

In order to estimate the high sugar content tomato production with high salt liquid medium, effects of training method and plant density were investigated using 2 varieties. In experiment 1, tomato seedlings were transplanted into NFT systems, and single-stem training treatment and double-stem training treatment were performed. In experiment 2, seedlings were transplanted into high or low plant density 10 or 8 cm interval, respectively. The number of fruits in double-stem treatment was 13% higher than that in single-stem treatment. However, fruits fresh weight in double-stem treatment was lower than that in single-stem treatment. As the results, total fruits yield per plant was higher in single-stem treatment. In high density treatment, fruit fresh weight had a tendency to become lower than low density treatment. On contrary, in high density treatment, fruits yield per treatment was increased according to large number of plants in the treatment. Brix of fruits was higher in high density treatment than in low density treatment. Fruit yield depend on the plant density in this experiments. If fruits yield per plant and fruits quality could be kept under more high density, this system would make more profit.

Key words : Growth, Higher sugar content tomato, High plant density and double trusses cropping, Hydroponics, NFT, Yield

* Corresponding Author: mzkmtok@sakura.cc.tsukuba.ac.jp