

# 遮根シート埋設による根域制限がトマトの生育及び果実品質、食味に及ぼす影響

桜井鎮雄・小山田勉

キーワード: トマト, コンイキセイゲン, シッコンシート, トウド(Brix), トウガンリョウ, サンガンリョウ, ショクミ

## Effects of Restriction of Rootingzone with Polyester Sheet on the Growth, Yield and Quality of Tomato Culture

Shizuo SAKURAI, Tsutomu OYAMADA

### Summary

Effects of the restriction of rootingzone depth to 10 and 20 cm with polyestersheet were examined as compared with normal culture methods in tomato.

1. Vegetative fresh weight, stem diameter and leaf size dropped due to restriction, especially in the 10 cm group.
2. Yield decreased due to restriction, especially in the 10 cm group.
3. Brix of fruit juice increased due to restriction, especially in the 10 cm group.
4. 1% increase in brix of fruit juice caused about a 71 g decrease in the fruit weight.
5. Sugar and acid content of fruit juice increased due to restriction, especially in the 10 cm group.
6. There was no notable difference in sugar/acid ratio among treatments, suggesting that the fruit was concentrated by restriction.
7. Eating quality was improved by restriction, especially in the 20 cm group.

### I. 緒言

本県におけるトマトの栽培は、昭和58年以降栽培農家が徐々に増加し、それにつれて栽培面積も増加した。昭和58年を基準とした平成5年までの伸び率は栽培農家数38.4%、栽培面積98.3%である(15)。トマトに対する消費者のニーズは、味の良いもの、安全性、栄養価の高いものなど多様化している。

これらのニーズに対して、トマトの栽培法も従来の土耕から水耕、隔離床などによる根域栽培など多様化している。

トマトの根域制限栽培は、FRP製の隔離床や遮根シートを埋設し根域を制限する栽培法により、本来は土壌伝染性病害を回避するためのものであった。しか

し、本栽培法は養水分管理が制御しやすいことから高品質(高糖度)トマト生産の可能性も見いだされた。そこで著者らは遮根シートの埋設する深さを変えた根域制限栽培で抑制トマトの生育と果実品質、食味に及ぼす効果について検討した。その結果、2~3の知見が得られたので報告する。なお、本報告は1992年に実施した『施設果菜の環境制御による食味向上技術』の一部を取りまとめたものである。

### II. 材料及び方法

#### 1) 処理及び栽培方法

試験場所は茨城県農業総合センター園芸研究所(茨城県西茨城郡岩間町安居)内ビニールハウスで、土壌は

表層腐植質黒ボク土である。試験区の面積及び構成は1区当たり7.2m<sup>2</sup>, 2反復としシートの埋設の深さは10cm及び20cmとした。なお, 対照として慣行栽培区を設けた。シートは幅150cm(東洋レーヨン製)を使用しFig.1に示すとおりベット幅120cm, 深さ10cm, 20cmの土壌を凹型に掘削し, シートをそれぞれの深さに埋設後掘削土壌を埋め戻した。

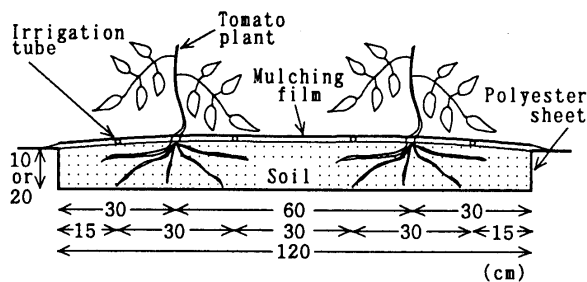


Fig.1. Trace of field experiment.

土壌はpH(KCl)6.0を目標に苦土石灰で調節した。施肥成分は, 基肥のみとし10a当たり窒素(N)10kg, リン(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)10kg, 加里(K<sub>2</sub>O)10kgを10cm埋設区は全層に, それ以外の区は表層から約15cmの層に混和した。

灌漑水は灌水チューブ(ミサツイ)を30cm間隔に4本配置しベツ上に均一に灌水できるようにした(Fig.1)。土壌水分管理は各試験区にテソメーター(大起製)を設置, ポラスカップを深さ10cmに埋設しpF2.7を灌水ポイントとした。1回当たりの灌水量は20mmとし栽培期間中pF2.4~2.7の範囲で管理した。さらにベツ地温の上昇を防ぐためアルミ蒸着フィルムでマルチングをおこなった。

供試品種として“桃太郎”を用い, 6月17日育苗箱(45×30×9)に4.5cm間隔に条播した。6月17日径12cm刺ベツに鉢上げし, 8月4日株間40cm, 畦間60cmの2条植えとした(Fig.1)。整枝は1本仕立てとし28節で摘芯した。果実の収穫は, 果梗の部分に離層を形成した完熟のものを収穫し, 各区ともに第5段果房までとした。収穫期間は9月14日にはじまり11月8日に終了した。

## 2) 調査方法

トマトの生育は, 試験終了時各区から6株を抜き取り, 生体重, 伸長量, 節間長, 茎径(第1, 第3, 第5果房下節間)をパスで計測した。

葉の大きさについては第5, 第15, 第25葉の葉長及び葉幅を測定した。

収量及び果実品質は各区ともに10株を調査株として

その第1, 第3, 第5段果房着果の全果実について個数, 果実重, 果形, 糖度(Brix)を調査をした。

## 3) 果実の糖及び有機酸含量の測定法

分析試料の調整は果実の可食部分をジューサーで搾汁後, -32.0℃で凍結解凍後, 蒸留水で希釈, NO.5でろ過後テイスボ-サルフィルター(孔径0.45μm)を通過させた。糖の分析は高速液体クロマトグラフィー(L-3300, 日立製作所製)で行い, 検出は示差屈折検出器, カラムはゲルパックGL-610-S, 移動相には脱気水(流量0.5ml/分)を用いた。酸の分析は高速液体クロマトグラフィー(L-6000, 日立製作所製)で行い, 検出には電気電動度検出器, カラムは#2618, 移動相は0.1%リン酸(流量:1.0ml/分)を用いた。

## 4) 果実の官能試験

各区ともに第3果房の果実を供試し14名のパネルにより行い, 甘味, 酸味, 歯ごたえ, 総合食味について慣行区果実を標準とし, 5段階評価により実施した。

## III. 結果

### 1) トマトの生育

試験終了時のトマトの生育をTab.1に示した。生体重は, 慣行区, 20cm埋設区(以下20cm区), 10cm埋設区(以下10cm区)の順に低くなり, 慣行区に対する割合は, それぞれ86.5, 77.8%であった。

伸長量及び節間長は, 20cm区が大きくなり, 10cm区と慣行区ではほぼ同等となった。トマトの伸長量の多い方が節間長も伸長した。

茎径は, 下部から上部にいたるすべての部位でシート埋設区は小さくなり, 埋設の深さの違いでは第3果房, 第5果房下節間ともに20cm区に比べ10cm区で細かった。また, いずれの区においても上位節間になるほど茎径は細くなり, 第5果房下節間/第1果房下節間の割合は慣行区84.9に対し10cm区57.9, 20cm区73.2となりシート埋設区は先端部になるほど細くなり, とくに10cm区で著しかった。

葉の大きさは, 第5葉を除き15葉, 25葉の葉位で慣行区, 20cm区, 10cm区の順で大きかった。すなわち慣行区を100とすると, 葉長で10cm区72.6~63.8, 20cm区は91.7~88.3とそれぞれ小型化した。同様に慣行区を100とした葉幅は10cm区59.9~45.7, 20cm区80.5~72.7となり葉長, 葉幅ともに慣行区に比較しかなり小形化した。特に10cm区はシート埋設の影響が大であったことが認められ, なかでも葉幅にその影響が大きいことがうかがわれた。

2) 収量及び果実品質

各区の1, 3, 5果房のトマト果実の収量及び果実品質を Tab.2 に示した。1株当たりの1.3.5段果房の収穫果

数は、10cm 区 1.4~1.7個/果房、平均1.5個、20cm 区 2.2~2.3個/果房、平均2.2個、慣行区 3.2~3.6個/果房、平均3.4個で処理間に有意な差がみられ、遮根シート埋

Table 1. Growth of tomato plant.

Treatment	Fresh weight g/plant	Plant length (cm)	Internode elongation (cm)	Diameter of stem2)			Variable value on the leaf position						
				1	3	5	5		15		25		
							L. b. 3)	L. m. 4)	L. b.	L. m.	L. b.	L. m.	
Using polyester sheet	1) Avg.	2398 c	166.7 b	6.0 b	12.6 b	9.5 c	7.3 b	38.8 b	34.3 b	30.7 c	24.3 c	28.9 c	19.8 c
	10cm STD	105	7.8	0.3	0.7	0.9	1.0	3.4	3.1	1.5	3.7	2.5	3.1
	CV%	4.4	4.7	5.0	5.6	9.5	13.7	8.8	9.0	4.9	15.2	8.7	15.7
	Avg.	2666 b	176.1 a	6.3 a	13.8 a	12.3 b	10.1 c	41.6 a	37.2 a	38.8 b	32.7 b	40.0 b	31.5 b
	20cm STD	127	4.7	0.2	0.8	1.4	1.3	2.9	5.3	1.1	2.3	3.8	5.0
	CV%	4.8	2.7	3.2	5.8	11.4	12.9	7.0	14.2	2.8	7.0	9.5	15.9
Control	Avg.	3081 a	165.9 b	5.9 b	14.6 a	14.7 a	12.4 a	45.3 a	41.7 a	42.3 a	40.6 a	45.3 a	43.3 a
	STD	196	5.8	0.2	0.8	1.1	1.4	4.9	5.8	4.1	4.1	4.8	5.5
	CV%	6.4	3.5	3.4	5.5	7.5	11.3	9.9	13.9	9.7	10.1	10.6	12.7
		**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**

Mean separation within columns by Tukey's multiple range test 5% level

- 1) Bried depth of polyester sheet
- 2) Diameter of stem below the fruit cluster
- 3) Leaf blade
- 4) Leaf mangin

Table 2. Yield and Quality.

Treatment	Fruit Cluster		Yield		Variable Value on the fruit diameter			Brix	
			Number /plant	Weight g/Fruit	Length A (A)	Width (B)	(B)/(A)		
Using polyester sheet	10cm	1	Avg.	1.5	111.7	52.0	63.0	1.21	6.8
			STD		24.2	3.4	4.5	0.60	0.5
			CV%		21.7	6.5	7.1	49.59	7.4
		3	Avg.	1.4	161.8	60.5	68.2	1.10	6.4
			STD		42.9	5.6	6.4	0.20	0.6
			CV%		26.5	9.3	9.4	18.18	9.4
	5	Avg.	1.7	125.8	59.9	61.6	1.00	6.7	
		STD		48.0	7.1	8.9	0.30	0.5	
		CV%		38.2	11.9	14.4	30.00	7.5	
	20cm	1	Avg.	1.5 c	133.1 b	57.5	64.3 b	1.10	6.6 a
			Avg.	2.2	142.8	55.5	64.5	1.20	6.3
			STD		28.3	3.8	10.0	0.60	0.5
		3	Avg.	2.2	179.3	61.2	71.4	1.20	6.2
			STD		48.7	5.7	6.4	0.10	0.4
			CV%		27.2	9.3	9.0	8.33	6.5
	5	Avg.	2.3	165.9	65.4	69.4	1.10	6.7	
		STD		50.5	6.1	7.7	0.10	0.5	
		CV%		30.4	9.3	11.1	9.09	7.5	
Control	10cm	1	Avg.	2.2 b	162.7 a	60.7	68.4 b	1.17	6.4 a
			Avg.	3.2	154.8	57.5	69.0	1.20	5.6
			STD		28.2	5.8	4.9	0.60	0.3
		3	Avg.	3.3	218.6	64.7	78.3	1.20	5.5
			STD		52.6	5.2	6.6	0.20	0.5
			CV%	3.6	24.1	8.0	8.4	16.67	9.1
	5	Avg.		248.5	70.6	80.4	1.10	5.9	
		STD		85.3	6.4	8.3	0.10	0.4	
		CV%		34.3	9.1	10.3	9.09	6.8	
	20cm	1	Avg.	3.4 a	207.3 a	64.3	75.9 a	1.17	5.7 b
			Avg.		248.5	70.6	80.4	1.10	5.9
			STD		85.3	6.4	8.3	0.10	0.4
3		Avg.		248.5	70.6	80.4	1.10	5.9	
		STD		85.3	6.4	8.3	0.10	0.4	
		CV%		34.3	9.1	10.3	9.09	6.8	
	**	**	NS	**	NS	**			

Mean separation within columns by Tukey's multiple range test 5% level

NS=No significance,

- 1) Bried depth of polyester sheet

設区は収穫果数が減少し、とくに10cm区で著しかった。

果実の1果重は、10cm区111.7~161.8g, 平均133.1g, 20cm区142.8~179.3g, 平均162.7g, 慣行区154.8~248.5g, 平均207.3gで、10cm区は小果となり、慣行区を100とした場合、10cm区64.2, 20cm区78.5であった。また、慣行区は上位果房になるにつれて大果になる傾向を示したが、遮根区では、10cm, 20cm区ともに第3果房が大果となった。果実の縦径は、10cm区52.0~60.5mm, 平均57.5mm, 20cm区55.5~65.4mm, 平均60.7mm, 慣行区57.5~70.6mm, 平均64.2mmでその差は少なかった。一方、横径は、10cm区61.4

~68.2mm, 平均64.3mm, 20cm区64.5~71.4mm, 平均68.4mm, 慣行区69.0~80.4mm, 平均75.9mmでシート埋設区の横径は小さくなった。

果形(行径/ヨコ径)については、各区ともに平均値で1.1台で区間の差は小差であった。糖度(Brix)は、10cm区6.4~6.8, 平均6.6, 20cm区6.2~6.7, 平均6.4, 慣行区5.5~5.9, 平均5.7でシート埋設区は慣行区より糖度が高くなり、慣行区に対する割合は10cm区115.8, 20cm区112.3であった。

### 3) 果実の糖及び酸含量

トマト果実果汁の糖及び酸含量をTab.3, 糖酸比をTab.4に示した。

Table 3. Quality of sugar and acid in tomato fruit juice.

Treatment	Fruit Cluster	Suc. 2)	Glu. 3)	Fru. 4)	R. s. 5)	Total	Cit. 6)	Mal. 7)	Total	
		①	②	③	②+③	①+②+③	④	⑤	④+⑤	
Using polyester sheet	10cm	1	0.03	2.23	2.30	4.53	4.56	0.99	0.15	1.14
		3	0.07	2.32	2.48	4.80	4.87	0.92	0.27	1.19
		5	0.04	2.69	3.09	5.78	5.82	0.80	0.26	1.06
		Avg.	0.05	2.41 a	2.62	5.04 a	5.08 a	0.90 a	0.23	1.13 a
		Ratio(%)	1.0	47.4	51.6	99.0	100.0	79.6	20.4	100.0
	20cm	1	0.02	1.96	2.05	4.01	4.03	0.89	0.13	1.02
		3	0.03	2.10	2.27	4.37	4.40	0.78	0.22	1.00
		5	0.03	2.40	2.70	5.10	5.13	0.84	0.26	1.10
		Avg.	0.03	2.15 ac	2.34	4.49 ac	4.52 ac	0.84 a	0.20	1.04 a
		Ratio(%)	0.7	47.6	51.8	99.3	100.0	80.8	19.2	100.0
Control	-	1	0.01	1.70	1.88	3.58	3.59	0.73	0.15	0.88
		3	0.02	1.94	2.02	3.96	3.98	0.61	0.19	0.80
		5	0.02	2.09	2.43	4.52	4.54	0.70	0.24	0.94
		Avg.	0.02	1.91 bc	2.11	4.02 bc	4.04 bc	0.68 b	0.19	0.87 b
		Ratio(%)	0.5	47.3	52.2	99.5	100.0	78.2	21.8	100.0
		NS	**	NS	*	*	**	NS	NS	

Mean separation within columns by Tukey's multiple range test 5% level

NS=No significance

1) Bried depth of polyester sheet

2) Sucrose 3) Glucose 4) Fructose 5) Reducing sugar 6) Citric acid 7) Malic acid

Table 4. Sugar - Acid Ratio.

Treatment	Fruit Cluster	Sugar-acid ratio	
Using polyester sheet	10cm	1	4.00
		3	4.09
		5	5.49
		Avg.	4.50
	20cm	1	3.95
		3	4.40
5		4.66	
Avg.		4.35	
Control	-	1	4.08
		3	4.98
		5	4.83
		Avg.	4.64

1) Bried depth of polyester sheet

Table 5. Test of functional taste.

Treatment	Buried depth				
	polyester sheet	Delicios	Sweetness	Sourness	Hardness
Using polyester sheet	10cm	-0.1	0.1	0.9	0.4
	20cm	0.5	0.4	0.9	0.3
Control	-	0.0	0.0	0.0	0.0

Panel:14, Superiority:2~Inferiority:-2

トマトの糖含量について、1.3.5段果房の蔗糖の平均値をみると10cm区0.05%、20cm区0.03%、慣行区0.02%で有意差は認められなかった。

同様にブドウ糖では10cm区2.41%、20cm区2.15%、慣行区1.91%であり有意差が認められ、シート埋設による効果がうかがわれた。果糖は、各区の平均値で2.11~2.62%でブドウ糖に比べ高い濃度であるが、処理間の有意な差は認められなかった。

還元糖である上記ブドウ糖と果糖の合計量についてみると10cm区4.53~5.78%、平均5.04%、20cm区4.01~5.10%、平均4.49%、慣行区3.58~4.52%、平均4.02%でシート埋設区は慣行区に比べ還元糖濃度の高いことがうかがわれシート埋設の効果が認められた。着果段階と糖含量については、いずれの区においても上位段果房ほど糖濃度の高いことが認められた。非還元糖及び還元糖の含量である全糖は、1.3.5果房の平均値で10cm区5.08%、20cm区4.52%、慣行区4.04%でブドウ糖及び果糖の含量である還元糖と同様にシート埋設により11~12%糖濃度の高まることが認められた。また、それぞれの糖は上位果房ほど濃度が高まり第5果房は第1果房に比べ26~27%糖濃度の高まることが認められた。蔗糖、ブドウ糖、果糖の三種の糖組成については、大部分は還元糖であり、還元糖のうちブドウ糖はいずれの区も47%台を示し処理の影響は認められない。すなわちシート埋設処理によって糖濃度は高まるものの組成が大きく変動することはなかった。

トマト果実の有機酸含量のうち、クエン酸は1.3.5段果房の平均値で10cm区0.90%、20cm区0.84%、慣行区0.68%となり処理間に有意な差が認められ、シート埋設による効果がうかがわれた。リンゴ酸については、10cm区0.23%、20cm区0.20%、慣行区0.19%で、クエン酸に比べ概ね4分の1程度の低濃度であり、シート埋設処理による有意差は認められなかった。

クエン酸、リンゴ酸の合計量とした全酸含量については、平均値で10cm区1.13%、20cm区1.04%、慣行区0.87%となりクエン酸同様シート埋設区で高く、慣行区に対して10cm区約30%、20cm区で約20%それぞれ高まった。

二種の有機酸の比率は、いずれの区もクエン酸が約80%、リンゴ酸約20%となりシート埋設による影響は認められなかった。

糖酸比については、各区の平均値でみると10cm区4.50、20cm区4.35、慣行区4.64でその差は小さく、シート埋設処理の影響は、前述の酸比率と同様に差は認められなかった。

#### 4) 食味試験

第3果房果実の食味試験の結果をTab.5に示した。

慣行区果実を標準としシート埋設区の果実は、甘味が強く感じられ、とくに20cm区で強かった。

同様に酸味については慣行区に比較してかなり強く感じられ、10cm区、20cm区ともに同等の評価であった。

歯ごたえについては慣行区に比べシート埋設区がかなり強い評価であった。

個別評価をふまえた総合食味においては、甘味が強く評価された20cm区の評価が高くなり、10cm区の果実は慣行区に比較し甘味では若干高い評価にもかかわらず、総合食味では慣行区より低い評価であった。

これらは、酸味、嗜好性は個人による評価が異なり、それが総合評価に及ぼす結果となり、現代における“好み”の難しさを伺わせた。

## IV. 考 察

トマトの収量、品質は栽培条件を変えることにより変動し、とりわけ水分制御の影響が大ききことはよく知られている(7)(8)(9)(12)(14)。

本試験の、遮根シート埋設による栽培は一種の根域制限栽培法であり、生育、収量及び果実品質に大きく影響した。

トマトの根域制限栽培は、トマト栽培における培地土量を変えることであり鈴木ら(10)は、1株当たりの土量と収量の関係について検討し、1株当り10~30リットルまでは直線的に増収するが、40リットルではあまり大きな差がなく、1株あたりの土量は30リットルを基準としている。本試験での培地土量は、10cm区24リットル、20cm区48リットルとなったが、品質面では土量により差が生ずることが伺われた。このことは、品種、作型、水分管理の違いによっても変わりうることを物語っている。

土壌水分とトマトの生育、収量、品質についてみると本試験の水管理はpF2.4~2.7であったことから試験区間に水分条件の差を設けなかったが、シート埋設区では利用できる水量の絶対量が少ないためトマトの水の吸収量はシート埋設区は慣行区に比べ少ないと思われる、特に培地土量が少ない10cm区はそれだけ水分ストレスが大きかったものと考えられた。遮根シート埋設による根域制限により、生育は明らかに抑制され、減収した。しかし、糖度が上昇し、糖含量、酸含量が増加し品質は高まった。この収量が減り、糖度が上昇するこ

とは多くの水分試験結果と一致する(4)(8)(9)(14)。

トマトの促成栽培の土壌水分と果実品質試験の中で栃木ら(8)は糖度と収量との関係について高い負の相関が認められ、糖度が1%上がると株当たり0.8kg程度減収すると報告しているが、本試験において糖度と1果重の関係を求めると、 $Y = -0.014X + 8.542 (r^2 = 0.913)$ の高い負の相関となり、糖度を1%上昇させるために約71g/1果重減少する結果となった。

また、全糖含量と1果重、全酸含量と1果重の関係は、それぞれ  $Y = -0.013X + 6.789 (r^2 = 0.885)$ 、 $Y = -0.003X + 1.617 (r^2 = 0.887)$ の高い負の相関となり、全糖及び全酸含量を増加させると1果重が減少し、糖及び酸の増加量は糖含量が酸含量をわずかに上回る結果が得られた。

糖と酸の関係では、 $Y = 0.246X - 0.112 (r^2 = 0.827)$ の関係となり、この根域制限栽培では糖含量が増加すると酸含量も増加し相関は極めて高い。

糖酸比は、処理間差がなく、区間の果実の大小に関係なく、従来の知見(8)と同様大きな果実は希釈され、小果は濃縮効果が現れたものと思われる。

食味は、20cm区の果実が高い評価であり、食味と糖及び酸含量の関係は高いと思われ、糖度が高く、糖酸含量の高いものが高い評価になったものと思われるが、10cm区の果実は糖度、糖及び酸含量が高いにもかかわらず評価が20cm区より低かった。このことは食味においては酸味が甘みよりも強く感じられ評価が低くなっているものと思われる。この評価は、消費者の高糖度トマトのニーズは、糖度を高めても酸含量が高まると総合評価を悪くすることを同させた。すなわちある程度糖含量があっても糖酸比の高い果実を求めていることになる。

以上のことから、遮根シート埋設により根域を制限した栽培は、高糖度トマト生産のためには有効な方法であると言える。しかし、本試験での糖度は4.8~6.8%でそれ以上の糖度は不可能であった。また、この栽培法においても減収は必須であり、収穫果数と1果重の双方で減少が認められ、今後この技術確立が必要である。さらに、果実の酸含量の増加は避けられず、糖含量のみ増加させ酸含量は増加させない栽培法や酸含量対策が必要となってくるとと思われる。

## V. 摘要

抑制トマトにおいて遮根シートを埋設し、その埋設の深さを10cm、20cmとして根域を制限し慣行区と対

比してその影響について検討した。

1. 遮根シート埋設区のトマトの生育は抑制され、生体重は減少し茎径、葉は小形化し、特に埋設の浅い10cm区で顕著であった。
2. トマトの収量は、シート埋設区で低くなり、特に埋設の浅い10cm区で著しく減少した。
3. 糖度(Brix)は、シート埋設区で高くなり、特に埋設の浅い10cm区で高くなった。
4. 収量と糖度(Brix)の関係で、糖度を1%上昇させることにより約71g/1果重が減少した。
5. トマト果汁の糖含量及び酸含量はシート埋設区で高くなり、特に10cm区で高まった。
6. 糖酸比は明確な差が認められず、シート埋設区と慣行区でほぼ同様の値を示した。このことはシート埋設区の果実は濃縮されているものと推察された。
7. 食味は慣行区に比較し、甘味、酸味ともシート埋設区で優っていたが、総合食味において20cm区の評価が高かった。

謝辞 試験遂行にあたり、県農業総合センター施設課木村茂樹技手の協力をいただいた記して感謝の意を表する。

## 引用文献

1. 上原洋一 .1993. 根域制限による野菜・果樹の土壌・栄養生理 1. 土肥雑 .64.3号 344~349.
2. 中島征志郎 .1993. 根域制限による野菜・果樹の土壌・栄養生理 2. 土肥雑 .64.6号 690~698.
3. 岡田長久 .1994. 根域制限による野菜・果樹の土壌・栄養生理 5. 土肥雑 .65.2号 .206~214.
4. 石上清・堀内正美・中島輝子・松浦英之 .1994. 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 . 静岡農試研報 .38.61~72.
5. 荒木陽一 .1993. 環境条件がトマトの体内水分状態に及ぼす影響 園学雑 .61(4) 827~837.
6. 荒木陽一 .1993. トマトの体内水分器官間水分競合との関係 園学雑 .62(1).129~134.
7. 荒木陽一 .1994. 体内水分状態あるいは土壌水分状態に基づいて灌水された施設栽培トマトの生育 園学雑 .63(1).91~97.
8. 栃木博美・川里宏 .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 NO.36 15~24.

9. 松崎朝浩・牛田均・白井英清 .1994. 遮根シートを利用したトマト栽培における灌水管理が糖度に及ぼす影響 香川農試研報 NO.45 43~48.
10. 鈴木義彦・山下春吉 .1980. 隔離培地とその将来性 農及園 .55 211~217.
11. 上原洋一・野々山芳夫 .1989. トマト青枯病の生態的防除法 土肥学会講演要旨集 .35集 49.
12. 藤原俊六郎 .1993. 遮根シートを利用したトマトの高糖度生産技術 農耕園芸 77~79.
13. 豆塚茂美 .1993 隔離床栽培によるトマトの高糖度生産技術 同上 80~82.
14. 今田成雄・施山紀男・穴戸良洋・清水光男 .1987. 土壌水分がトマト果実の肥大，糖，有機酸に及ぼす影響 園学要旨 昭62秋 .
15. 茨城県 農林水産の動き .1994. 茨城県農林水産部 .