

トマトの閉鎖型養液栽培システムにおける培地の種類が 生育・収量に及ぼす影響

中山千知¹⁾・石原良行²⁾

摘要：トマトの閉鎖型養液栽培について、ロックウール(RW)培地とスギ樹皮培地(ばら,成型)でトマトの生育,収量を各培地の物理性の点から比較検討し,本システムでのスギ樹皮培地の実用性を評価した。

- 1.ばら培地,RW培地は,成型培地より固相率が低く,孔隙率が高い。pF1.5に調整した液相率はRWが最も低く,pF2.7に低下させたときの保持水分の変化は,ばら,RWで大きい。
- 2.生育は,初期にRWで旺盛,成型で弱いが第5果房以降生育差は無い。しかし,収量は,成型RW>ばらの順となり,RW,ばらは4月以降の果実肥大がやや劣る。
- 3.本システムで安定した栽培を行う培地の特性としては,毛管力が強く培地内の水分が安定しやすいこと,培地内水分の乾燥と湿潤の差が季節により少ないこと,肥料成分の蓄積が少なくpHが安定しやすいことが必要であり,スギ樹皮成型培地はこの特性に適する。

キ - ワ - ド：閉鎖型養液栽培、スギ樹皮培地、物理性

Effect of Substrates on the Growth and Yield of Tomato in a Closed Hydroponic System

Chiharu NAKAYAMA and Yoshiyuki ISHIHARA

Summary : We tested a rock wool (RW) substrate and cedar bark substrates (loose pieces and molded) for tomato in a closed hydroponic system. We studied how tomato growth and yield are related to physical properties of the substrates to evaluate how practicable cedar bark is for this system.

- 1.The RW substrate and the substrate composed of loose cedar bark pieces had less solid and higher porosity than the substrate made up of molded cedar bark pieces. The RW substrate had the least liquid when the substrates were adjusted to pF 1.5. At a lower pF of 2.7, the loose cedar bark substrate and the RW substrate had greater variations in moisture content.
- 2.Initial growth was vigorous with the RW substrate and weak with the molded cedar bark substrate but no difference in growth was observed after the fifth fruit trusses developed. In contrast, yield was high with the molded cedar bark substrate, followed by the RW substrate and the loose cedar bark substrate in the descending order. Also, fruit enlargement was somewhat smaller with the RW substrate and the loose cedar bark substrate after April.
- 3.A substrate for stable tomato cultivation by this system requires the following properties: strong capillary action for stable moisture content, little seasonal fluctuation in moisture content, and little deposition of fertilizer components that facilitates pH stability. The substrate made up of molded cedar bark pieces has those properties.

Key words : closed hydroponic system, cedar bark substrate, physical properties

緒言

栃木県におけるトマト養液栽培は約29.7haで、促成トマトの約15%を占めており、このうち89.7%に当たる26.6haがかけ流し式ロックウール耕である¹⁾。かけ流し式ロックウール耕では、与えた培養液の10~30%が余剰液（以下、排液という）として施設外へ廃棄されている。この排液に含まれる窒素量について、加藤²⁾は、栽培期間を10か月、排液率（排液量/給液量×100）を20%とした場合、排液は10a当たり150m³でその中に14.7kgの窒素が含まれると推定し、磯崎ら³⁾はトマトを約6か月間栽培し10a当たりの排液115m³中に硝酸態窒素が7.1kg含まれていたことを報告している。このような肥料成分を含んだ排液は浄化処理されないまま河川や地下に入り込むため、環境への負荷が懸念されるとともに、投与肥料が排液となるため肥料コストを高めている。また、培地であるロックウールは、鉱滓や輝緑岩にコークスなどを混ぜ高温で溶かして繊維状にし、これを圧縮してフェノールで固めたものである²⁾。このため、取扱時における人体への影響や、難分解性のため使用後の培地処理の困難さが問題となっており、安全に取り扱うことができ使用後の処理が容易で、生産性の高い培地が求められている。

トマト養液栽培において、このような排液および使用済み培地の処理などが環境に及ぼす負荷等の軽減を図るため、現場ではロックウールに代わる培地としてスギ樹皮成型培地（以下、スギ樹皮培地）を用いた閉鎖型・非循環式養液栽培システム（以下、本システム）を開発し⁴⁾、培養液管理⁴⁾、スギ樹皮培地の耐用年数⁵⁾について明らかにしてきた。本システムは培養液の供給方法に特徴を持つ。すなわち、培養液は点滴チューブにより培地上部、吸水シートの毛管現象を利用して培地下部に供給され、この2つの給液は培養液濃度、給液量をそれぞれ独立して設定できる。また、本システムに用いたスギ樹皮培地は本県でも入手できる有機質資材である。製材所等から排出されるスギなどの樹皮はエネルギー、畜産敷料、堆肥・土壌改良材などとして利用される一方で廃棄されているものもある¹⁾。このように、地域資源であるスギ樹皮の利用促進を図る観点から、峯岸・久地井¹⁰⁾は、スギ樹皮は洋ラン類の培地に好適であるとし、他の作物でも培地利用の可能性を示唆している。養液栽培では、細川ら¹⁾はロックウール培地と比較したスギ樹皮培地の物理性、水分保持特性を検討し、非循環式の高知方式湛

液型システムでの利用が可能としている。岩崎ら⁷⁾は、ロックウール培地に比べてスギ樹皮は緩衝能が高く培養液組成が安定し、循環型養液栽培においてトマトの草勢の安定および収量が向上したことを報告している。しかし、本システムと同様な閉鎖型・非循環式でスギ樹皮培地がトマトの生育、収量に及ぼす影響について、ロックウール培地と比較、検討した報告はみられない。

そこで、本報告では、本システムを用いて、一般的に利用されているロックウール培地とスギ樹皮培地でトマトの生育、収量を各培地の物理性の点から比較検討し、本システムでのスギ樹皮培地の実用性を評価した。また、スギ樹皮培地には成型培地より安価なばら培地があり、システムの低コスト化の観点からばら培地利用の可能性についても検討した。

材料および方法

本システム（閉鎖型・非循環式養液栽培システム）の栽培槽の概要を第1図に示した。栽培槽内に培養液を貯えるために、その内壁に沿って不透水シートを敷き、その上に培地台を設置した。培地台上には培養液貯留部（以下、毛管吸水槽という）に垂れるように吸水シートを敷き、その上に不透根シートで包まれた培地を置いた。培養液はドリップチューブにより培地上部、毛管吸引により毛管吸水槽から培地下部に供給される。

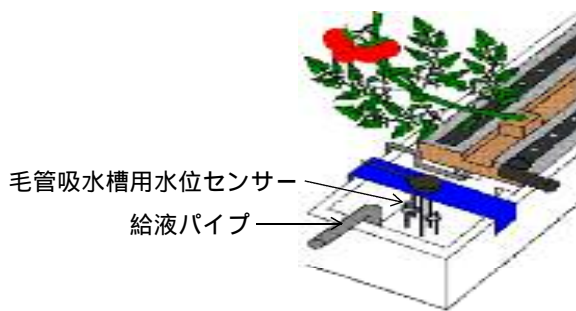
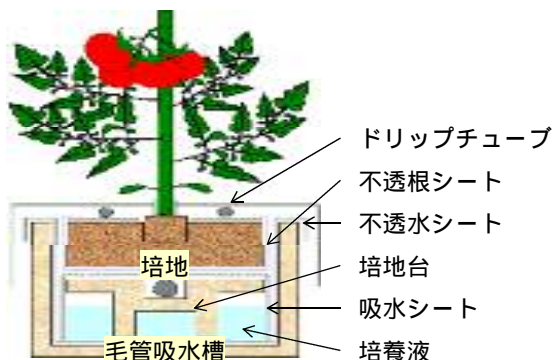
試験区は、スギ樹皮成型培地（以下、成型）区を対照区として、スギ樹皮ばら培地（以下、ばら）区およびロックウール培地（以下、RW）区の3処理区を設けた。スギ樹皮培地は栃木県鹿沼市にある粟野森林組合が、近隣の製材工場から集めたスギ樹皮にヒノキ樹皮を数%混合したものを約半年間野積み後、次のとおり作成した。ばら区は粉碎中に撥水性を軽減させるための界面活性剤を処理したもとのとした。成型区はばら区と同じ素材のりを噴霧し幅20cm、長さ40cm、厚さ7cmの金型に詰め、常圧下で100℃の熱を1時間加え成型化した。成型区の密度は240g/Lであった。ばら区では栽培槽の容積1L当たりばら培地を1.24L栽培槽に充填した。定植株数は1区当たりベッド長3.3mに14株（栽植密度2300株/10a相当；畝間2m、株間23cm）とし、2反復とした。

トマト品種は穂木に‘ハウス桃太郎’、台木に‘がんばる根3号’を供試し、2003年9月9日にスギ樹皮ばら培地を詰めた50穴のセルトレイに播種、本葉2葉期の9月24日に接木後、本葉4葉期の苗を10月9日に定植した。昼温は22℃で天窓が開くように設定し、夜温は温湯暖房によ

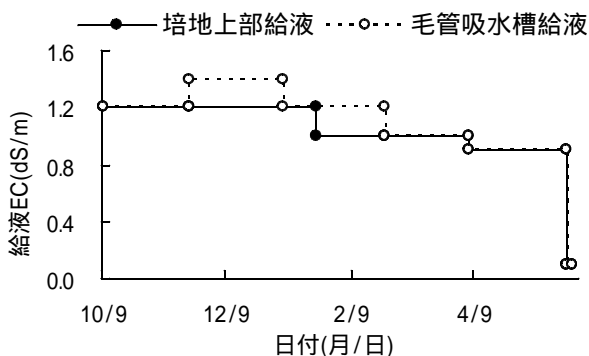
り16 を目安に管理した。誘引は高さ2mに設置した誘引線を利用し、つる下ろし誘引とした。各果房は4-CPA（トマトトーン）100倍液を噴霧し着果を促進、着果確認後1果房当たり4果となるよう摘果した。摘心は2004年4月1日に第15果房上2葉を残して行った。培養液組成は、閉鎖型養液栽培用に開発された改良処方⁵⁾の一部を培地内養液の成分バランスがより安定する組成に変更し、 $\text{NO}_3\text{-N:P:K:Ca:Mg:SO}_4=7.0:2.0:4.9:3.2:1.2:1.2\text{me/L}$ とした。培養液の濃度は電気伝導度（EC）で表し、第2図のとおり管理した。培地上部への給液量は1回、1株当たり100mLとし生育ステージ・時期に応じて給液回数を変え第2図のとおり管理した。毛管吸水槽への給液は培地底面から培養液面までの距離が3cm程度になるよう適宜行った。また、培地上部と毛管吸水槽への給液量はほぼ同量となるように管理した。

収穫開始時期（1月5日）に第1～3果房下1cmの短径および花房直下葉の葉長、葉幅を測定した。奇数段果房の収穫終了時に果房下1cmの短径を茎径として測定、同時に奇数段果房下の葉長・葉幅を測定した。収穫は毎週2回行い、栃木県の出荷基準に基づき可販果は80g以上の健全果および軽度の空どう果、窓あき果、乱形果とし、果数および果重を調査した。糖度は、2週間おきに各処理区3果をジューサーで粉碎し、ろ液を測定した（ATAGO RX-5000）。培地内養液は、毎週1回、培地中央部に各区1カ所ずつ埋設したポラスカップ（ミズツール、大起理化工業）で採取し、EC（CM-30, TOA）およびpH（F-21, HORIBA）を測定した。その養

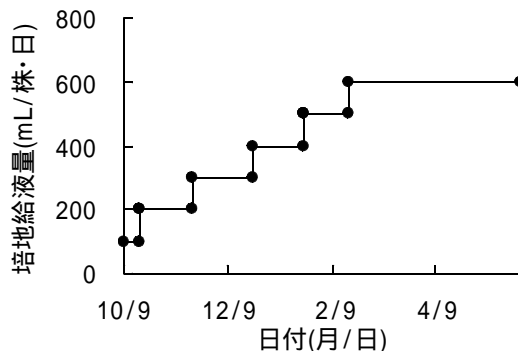
液をメンブレンフィルターで濾過後、イオンアナライザー（IA-100, TOA）で成分濃度（ $\text{NO}_3\text{-N}$, P, K, Ca, Mg, SO_4 ）を測定した。栽培終了時に各処理区の培地を採土管にそれぞれ3カ所から採り、砂柱法¹⁷⁾によりpF 1.5とpF2.7の三相分布（固相率、液相率、気相率）を測定した。



第1図 閉鎖型・非循環式養液栽培システムの栽培槽の概要



第2図 給液EC及び培地上部への給液量の管理



結果

1. 培地の物理性

栽培終了時における各処理区の物理性を第1表に示した。仮比重は、成型区に比べRW区、ばら区とも有意に小さかった。孔隙率は、RW区が最も高く、ばら区は成型区より高かった。pF1.5における三相分布は、ばら区は成型区と比べ固相率は低いが、液相率、気相率は差がなかった。しかし、pF2.7におけるばら区の気相率は、成型区よりやや多くなった。RW区では固相率および液

相率が有意に低く、気相率が最も高かった。pF1.5とpF2.7の液相率を比較すると、処理間ではRW区の低下が最も大きくpF2.7ではpF1.5の81%に減少した。ばら区は25%、成型区では13%の減少で、成型区よりばら区で減少率が大きかった(第3図)。

栽培終了後の根の状態を写真1、2に示した。成型区は、培地の底一面に根が厚く張っていたのに対し、RW区は、吸水シート、点滴チューブからの培養液の供給が少なくなりやすい中央部の根量が少なかった。また、ばら区は成型区より培地の底の根の張り方にむらがあり、厚みも少なかった。

第1表 栽培終了後における各培地の物理性

処理区	仮比重	孔隙率(%)	三相分布(%)					
			固相		液相		気相	
			pF1.5	pF2.7	pF1.5	pF2.7	pF1.5	pF2.7
ばら	0.082b	94.9b	5.1b	5.1b	36.9a	27.6a	58.1b	67.4b
RW	0.092b	97.1a	3.0c	3.0c	13.1b	2.5b	83.9a	94.6a
成型	0.135a	90.5c	9.5a	9.5a	33.3a	28.9a	57.2b	61.6c
有意性	**	**	**	**	**	**	**	**

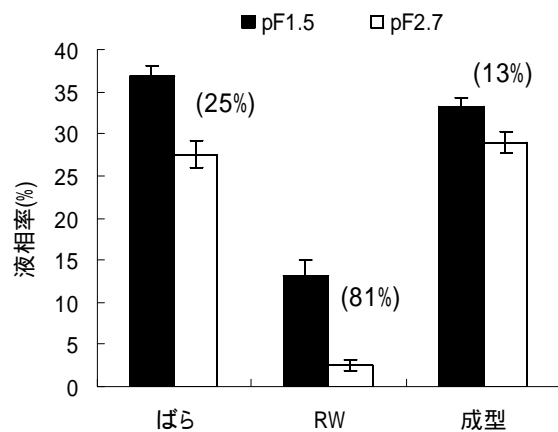
注) 採土管に充填した培地を水で飽和し砂柱管上でpF1.5付近に調整したものを測定

pF2.7は多容量土壌pF測定器(DIK-3422)にかけpF2.7付近に調整したものを測定

有意性の**は1%水準で有意。多重比較法はTukey法による検定で同符号間に5%水準で有意差なし



写真1 栽培終了時の培地底の根



第3図 pF1.5およびpF2.7における液相率の変化
注) ()はpF1.5に対するpF2.7の液相減少率



写真2 栽培終了時の培地の断面

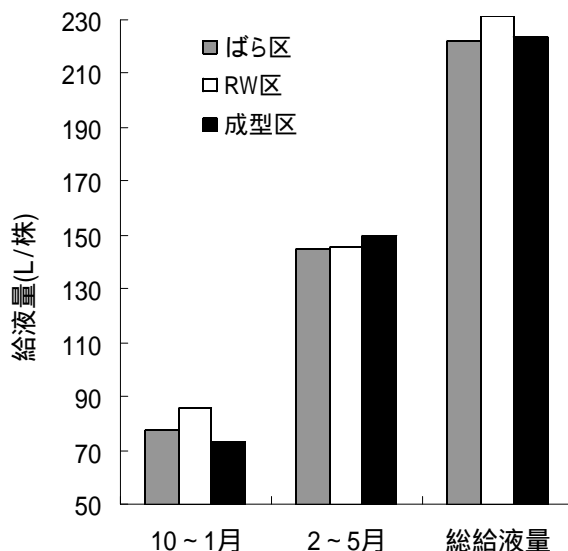
2. 培地内養液の推移

培地上部および毛管吸水槽への給液量の合計は、1月まではばら区は成型区とほぼ同様でRW区はやや多い傾向であった。しかし、2月以降では成型区が他の2区よりわずかに多かった（第4図）。1株当たりの総給液量は成型区222Lに対してRW区が230Lと多く、ばら区は221Lで同様となった。

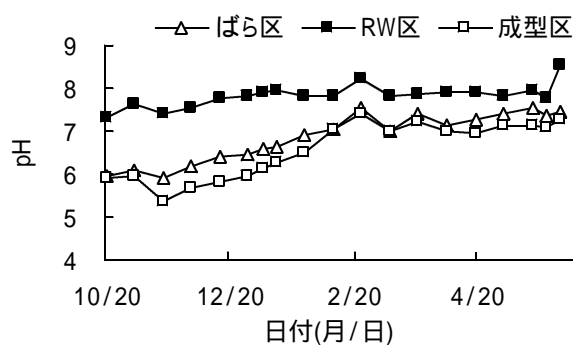
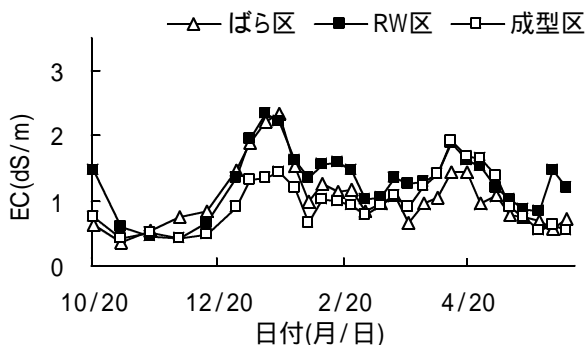
培地内養液のECは、定植直後にはRW区でやや高く、12月下旬から1月下旬には成型区に比べRWおよびばら区で高く推移し、RW区は3月中下旬まで高い傾向であった。3月下旬以降では、RW区は成型区とほぼ同様の推移を示し、ばら区は成型区よりやや低く推移する傾向であった。培地内養液pHはいずれの区も徐々に高まる傾向で、処理間ではRW区で高く、ばら区は成型区とほぼ同様かわずかに高く推移した（第5図）。

培地内養液の無機成分濃度の推移を第6図に示した。カリウムおよび硝酸態窒素は、12月下旬から3月下旬まで成型区に比べてばら区およびRW区で高く推移した。カルシウムおよびマグネシウムは、12月下旬から3月中旬頃まで成型区 > ばら区 > RW区の順に高く、4月下旬に成型区で高かった。リンは、RW区および成型区ではほぼ0me/Lであったが、ばら区では2月中旬までは1me/L

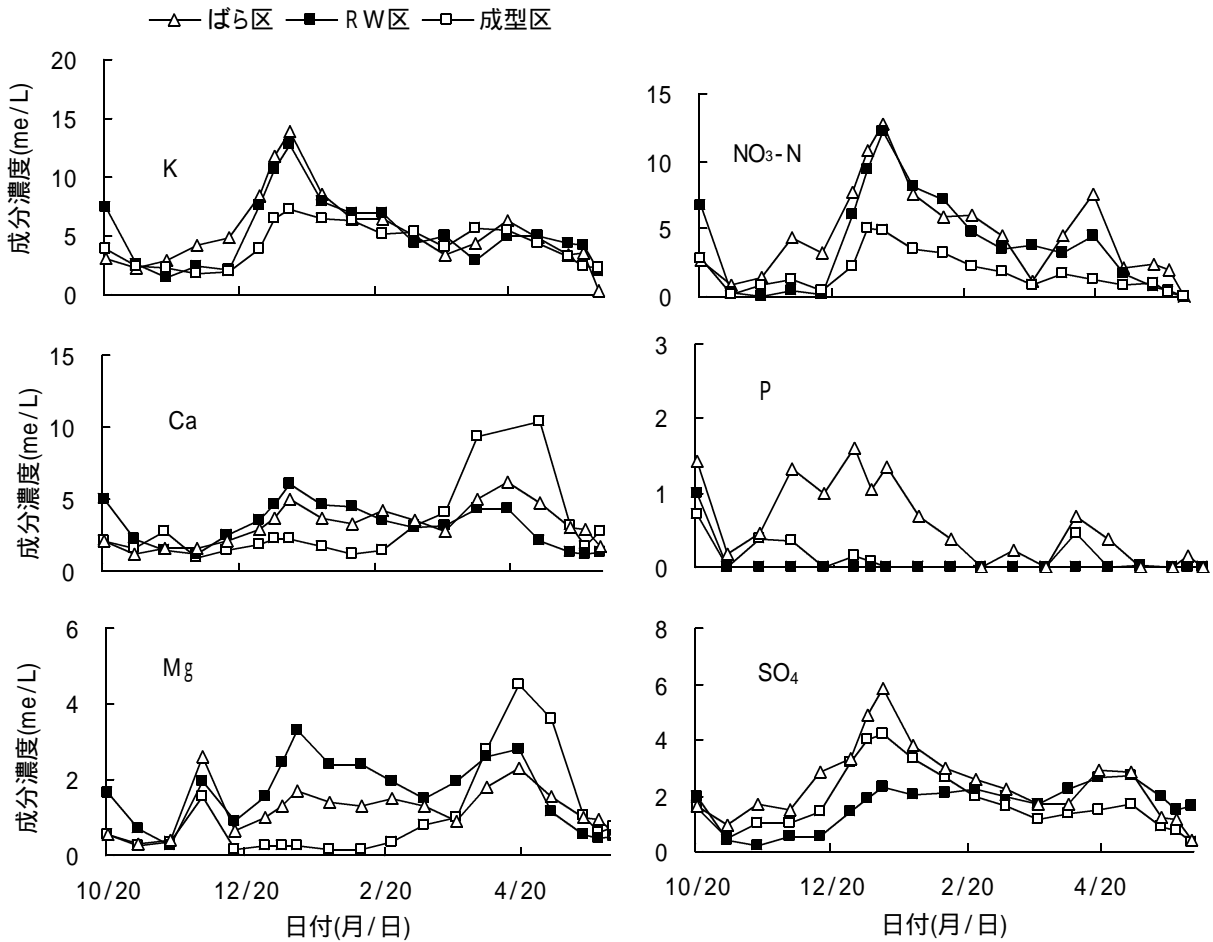
前後で推移した。硫酸は、ばら区では成型区とほぼ同様な推移で、RW区では成型区より低く推移した。収穫終了時では、いずれの処理区も各無機成分濃度が低くなり、培地内養液への無機成分の蓄積は認められなかった。



第4図 時期別給液量と総給液量



第5図 培地内養液のEC, pHの推移



第6図 培地内養液の無機成分濃度の推移

3. 生育および収量

収穫始期の茎径および葉の大きさ（葉長，葉幅）は，成型区に比べてRW区が最も大きく次いでばら区が大きかった（第2表）。

各果房の収穫終了時の茎径および葉の大きさは，RW区では第5果房までは成型区よりいずれも大きかったが，第7果房以降はほぼ同程度で差はなかった（第7図，第3表）。ばら区では，茎径は第9果房以降で成型区より細くなり，葉の大きさは第2果房以降差がなかった。

総収量は，RW区では成型区とほぼ同様，ばら区ではわずかに少なかった（第4表）。可販果収量は成型区，RW区，ばら区の順になったが成型区とばら区の差は約

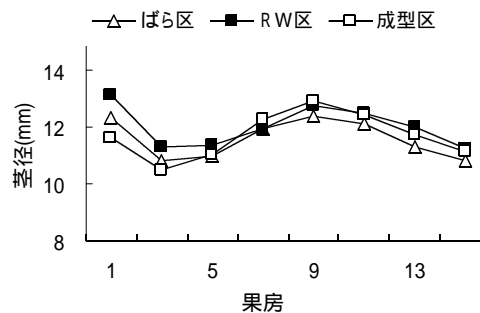
5%と小さかった。品質は，RW区では成型区に比べて健全果がやや低く，非販果（尻腐れ果）の割合がわずかに高い傾向であった。糖度は処理間に明確な差は認められなかった。平均1果重は，成型区が165gと最も重かったが，月別に見ると，RW区では1月で成型区より明らかに重く4，5月には小さくなった（第8図）。ばら区では成型区とRW区のほぼ中間で推移した。

第2表 収穫開始期における各花房の茎径、葉長、葉幅

処理区	茎径*(mm)			葉長**(cm)			葉幅**(cm)		
	1	2	3果房	1	2	3果房	1	2	3果房
ばら	12.4	10.2	8.9	49	50	48	51	52	45
RW	13.2	11.0	9.4	51	51	48	54	54	48
成型	11.6	9.5	8.7	49	49	47	49	50	47

注)調査日:2004年1月5日.

*:花房下1cmの短径、**:花房直下葉.



第7図 収穫終了時の茎径

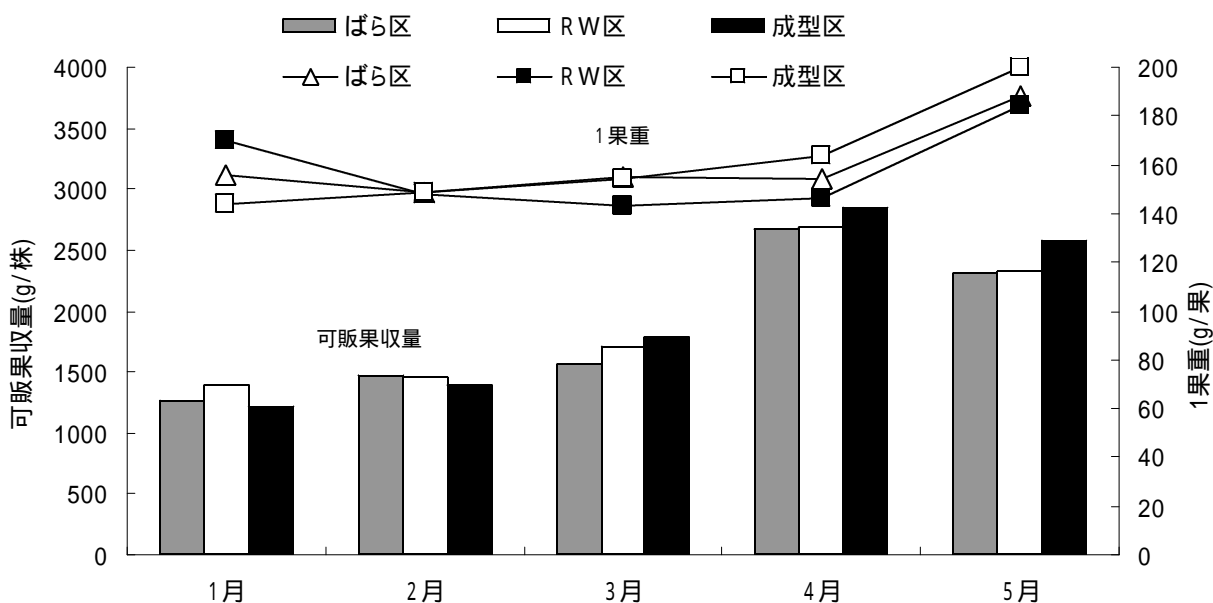
第3表 各花房の収穫終了時の葉の大きさ

処理区	葉長 (cm)								葉幅 (cm)							
	1	3	5	7	9	11	13	15果房	1	3	5	7	9	11	13	15果房
ばら	49	49	48	50	52	48	47	49	51	54	49	56	56	53	50	52
RW	51	51	49	49	51	48	48	48	54	57	52	55	57	54	52	53
成型	49	48	47	50	51	48	46	47	49	52	50	54	56	53	49	50

第4表 収量、品質

処理区	総収量		可販果収量 (kg/株)	可販果率 (%)	1果重 (g)	品質 (%)				平均糖度 (brix)	
	(果/株)	(kg/株)				健全	空ど	窓	乱形		非販
ばら	61.1	9.6	9.3	95	161	75	15	2	3	5(3)	5.6
RW	64.3	9.9	9.6	95	157	73	15	3	4	5(3)	5.6
成型	61.4	10.0	9.8	97	165	77	14	2	4	3(1)	5.4

注 : () 内の数字は尻腐れ果発生率.



第8図 月別可販果収量及び1果重

考察

栽培終了時において培地の種類による物理性に違いが見られた。特に固相率に差があり、それに伴い液相率、気相率に有意差が見られた。細川らは、有機質培地はロックウールに比べて固相率が高く、孔隙率が低いと報告しており¹⁾、本試験でも有機質培地であるばら区、成型区はRW区より固相率が高く、孔隙率が低かった。

各培地の特性について、ばら区は液相率が成型区と同様であるが、pF 2.7付近の気相率は成型区よりやや高く、pF1.5からpF2.7まで乾燥させたときの液相率の低下率は、25%となり成型区より多く差が大きかった。RW区は、気相率、孔隙率が最も高く、液相率の低下率も81%と処理区の中で最も大きかった。成型区は、固相率が処理区の中で最も高く、pFを変化させた時の液相率低下率が最も低い特性を示した。

一方、有機質培地はロックウールと比べて浸漬・排水後の容積保水率の低下が大きく、水分保持率は低くなるとの報告や¹⁾、ロックウールは、保水性が高く、保持している水分のほとんどがpF1.5以下の高いマトリックポテンシャルで保持される培地と言われている¹³⁾。しかし一方では、給液量が不足しマットを一度乾燥させると、マットの毛管連絡が切れ、再び給液をしてもマット内の毛管はつながらず、ドリップ灌水による水の横への拡散が起こらなくなること¹⁶⁾、ロックウールに含まれる水分は重力水がほとんどであるため、マットの高さが高くなるにつれ含水率が減少すること³⁾、pF2.0前後でほとんどの毛管連絡が切断されること¹⁴⁾も報告されている。小林ら⁹⁾は、夏期の栽培では水分の蒸散量が多いため、既製の培地容量では水分不足を生じやすく、一度乾燥すると毛管が切れ、再び灌水しても毛管連絡による水分の拡散は期待出来ないと報告している。

閉鎖型養液栽培の給液方法は、上部からと毛管現象により供給される底面からの両方からの給液となるため、毛管力の弱い培地の場合、蒸散量の多い時期の栽培では毛管が一度切れると水分不足が生じやすくなると考えられる。

各処理区の根の分布は、RW区、ばら区は特に中央部が少なく水分が供給されやすい両端が多かった。根の分布に偏りがあることは、培地内に水分のむらがあった可能性が考えられる。培地の物理特性と根の分布特性から考えると、ばら区とRW区は乾燥しやすい環境では毛管水が遮断され、成型区より水分不足が生じやすくなった可能性が示唆された。

このような培地の物理性が、生育に与える影響を見ると、初期生育はRW区が最も旺盛で果実肥大も良く、成型区、ばら区の生育が劣った。この要因としては、スギ樹皮培地は栽培初期から培地への窒素の取り込みがあり、特に新品培地の場合は強い⁹⁾、生育への影響が出た可能性があることが考えられた。しかし、第5果房以降は生育差が見られないことから、この生育の影響は第5果房程度までと考えられ、培地の物理性の違いによる生育への影響はほとんどないものと推察された。

収量への影響は、1月はRW区で1果重が大きく月別可販果収量も多かったが、3月以降は、成型区が優れた。このときの給液量は、10～1月まではRW区が最も多く、成型区が最も少ないが、2～5月は、成型区がやや多く、RW区とばら区はほぼ同量となっている。また、培地内養液の成分濃度は成型区はばら区、RW区より低く推移し、より植物体に利用されていることが考えられる。このことから、温度の上昇に伴い蒸散量が増え、植物の水分要求量が増す条件の場合、RW区は、培地の特性上次の給液時間までに培地の保水量が低下し毛管水が切断されやすく、また乾燥部分の根が死んでしまうことで水分要求量が減少し、結果的に果実肥大に影響を与えたと考えられる。ばら区については、乾燥と湿潤の差が現れやすい培地特性から、寒冷期は蒸散量が少なく水分が保持されやすいが、暖候期は培地が乾燥しやすく、根が痛むことで養水分の吸収量が減り、果実肥大が劣ったものと考えられた。成型区は初期生育が劣るため、初期の果実肥大や収量がRW区より劣るが、pF2.7時に保持できる水分量がRW区より多く、またばら区より乾湿の差が少ないため、暖候期では根が健全に生育しやすく、RW区、ばら区より果実が肥大しやすかったと考えられた。

培地内の養液濃度は、初期にばら区とRW区で成型区より高まりやすく、硫酸を除いて成型区が最も低く推移しており、成型区は成分が蓄積しにくい培地であることが推察された。また、pHは栽培期間の経過とともに上昇するが、RW区は培地の主成分がケイ酸カルシウムで培地pHが7.0前後であると言われており¹²⁾、成型区、ばら区より高く推移した。しかし、pHによる生理障害は見られなかった。

以上のことから、本システムで安定した栽培を行うには、毛管力が強く培地内の水分が安定しやすいこと、培地内水分の乾燥と湿潤の差が季節により少ないこと、成分の蓄積が少なくpHが安定しやすいことが必要であり、今回試験した培地では、スギ樹皮成型区がこの特性に適し、生育や収量が安定する培地と考えられた。しかし成

型区は、培地への窒素の吸収から、初期の生育・収量がやや劣るため、より収量を向上させるためには初期のECと給液管理の検討が今後必要と考えられた。

成型以外の培地利用の留意点としては、RWは、高温期には成型培地よりも給液量を少なく回数を多くした管理ができれば、前半、後半とも収量を維持できる培地と考えられ、また、ばらでは、培地の詰め方により水分保持量の変動が予想されるため、適正なばら培地の量の検討が必要と考えられた。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、斉藤ヒサ技査、稲葉正雄主任技術員、福田正孝主任技術員、福田学技術員には試験圃場の管理並びに調査等に多大なご協力をいただいた。また、培地の調査・分析方法等には土壌作物栄養研究室の方々の教示・協力をいただいた。また、本稿を執筆するにあたり野菜研究室をはじめ関係者の方々には貴重なご助言・ご指導をいただいた。ここに記して心から感謝の意を表する。

引用文献

1. 細川卓也・前田幸二・岡野邦夫(2001)高知方式湛液型養液栽培システムにおける有機質培地の利用に関する研究(第1報)有機質培地の物理的特性、水分保持特性 高知農技セ研報10:59-65
2. 池田英男(2003)養液栽培の展開。養液栽培の発展。p. 259-260。施設園芸ハンドブック。園芸情報センター。東京
3. 池田英男・田村順介(1985)固形培地利用による野菜の養液栽培(第1報)数種固形培地の理化学的特性 園芸学会春季講演要旨:230
4. 石原良行・人見秀康・八巻良和(2006)毛管給液を併用したトマト閉鎖型養液栽培における培養液組成が培地内養液濃度および収量に及ぼす影響 園学研 5 :265-270
5. 石原良行・中山千知・八巻良和(2007)閉鎖型養液栽培におけるスギ樹皮培地の連用が培地の理化学性およびトマト収量に及ぼす影響 園学研 6 :113-118
6. 磯崎真英・小西信幸・黒木 誠・野村保明・田中一久(2004)培養液の廃棄を削減する余剰液再利用ロックウールシステムにおけるトマトの生育および培養液成分濃度の推移。園学雑 73:354-36
7. 岩崎泰永・千葉佳朗(1999)有機質資材を培地とした
8. トマトの循環型養液栽培システムの開発。宮城園試報。12:1-11。
9. 加藤俊博(2002)培地・培養液のリサイクル。培養液のリサイクルと処理。p. 221-227。
10. 小林尚司・時枝茂行・永井耕介・桐村義孝・西村十郎・藤原辰行(1988)ロックウールを用いたバックカルチャーによる野菜栽培第2報 培地資材の違いがトマトの収量並びに品質に及ぼす影響 兵庫県中央農技セ研報<農業編>第36号:29-34
11. 峰岸長利・久地井恵美(1989)杉パーク「クリプトモス」による洋ラン類の栽培 園学雑58(別1):466-467
12. 農林水産省統計部(2007)木質バイオマスの種類別発生量及び利用量。p. 200-207。平成17年 木材需給報告書。
13. 日本施設園芸協会。養液栽培の新マニュアル。p.20。誠文堂新光社
14. 田中和夫・安井秀夫(1992)ロックウールの実用化に関する研究 野・茶試研報A(野菜・花き)5:1-36
15. 田中和夫・富永勝廣・安井秀夫(1985)施設栽培における新実用化技術<12>養液栽培の現状と新たな展開(2)ロックウール栽培についての検討 農業および園芸第60巻7号:949-953
16. 栃木県農務部(2006)まるごと栃木の農林水産物2006[統計資料編]。
17. 安井秀夫(1986)固形培地式養液栽培の理論 農業および園芸第61巻1号:147-159
18. 土壌物理性測定法委員会(1978)土壌物理性測定法。p137-140。養賢堂

