

**有機質培地の利用がウンシュウミカン ‘石地’ の
苗木生産および作業性に及ぼす影響**

中元勝彦・宮脇尚久・長谷川美穂子

**Effect of Organic Substrates on the Transportability and Growth of Nursery
Stock of Satsuma Mandarin cv. ‘Isiji’**

Katsuhiko NAKAMOTO, Naohisa MIYAWAKI and Mihoko HASEGAWA

広島県立総合技術研究所農業技術センター
研究報告 第84号別刷

平成21年7月

Reprinted from

Bulletion of the Hiroshima Prefectural Technology Research
Institute Agricultural Technology Research Center No. 84

July, 2009

有機質培地の利用がウンシュウミカン‘石地’の 苗木生産および作業性に及ぼす影響

中元勝彦・宮脇尚久*・長谷川美穂子**

キーワード：培地，‘石地’，軽作業化，苗木生産，ウンシュウミカン，有機質

広島県では、在来のウンシュウミカンに比べて、果実品質が優れ、販売単価の高いウンシュウミカン‘石地’を戦略品種として位置づけている。また、この品種の産地化を早めるために、平成12年11月の品種登録以来、栽培面積500haを目指した果樹振興計画を策定し、苗木による改植を推進している。

改植に必要な大苗の育成は、井口ら（1985）の提唱した無加温ハウス内での一斗缶育苗が、従来から主流である。本県では、県内に広く分布するマサ土などの花崗岩風化土壌と、市販の樹皮堆肥を混合した培地（以下、慣行培地と記す）が多く用いられている。この培地重量は、苗木を含めて20kgを超えており、育苗時および定植時の運搬作業は重労働となっている。しかし、高齢化の進展とともに20kgを超える重い培地の運搬が困難となり、現在では殆どの農家が圃場に直接定植している。そのため、集約管理ができにくいので、未収益期間が5年以上と長く、早期成園化が進まない一因となっている。

ところで、野菜や花卉などの育苗では、育苗管理の省力化を図るために、培地の軽量化の研究がいち早く始まっている。岡田ら（2002）は、カントリーエレベーターのプレスパンダーで破碎したもみ殻（以下、粉碎もみ殻と記す）と市販のピートモスおよびパーライトを用いて、また、立野・長谷川（2001）が膨張軟化もみ殻と堤防刈草堆肥を用いて、軽量で、透水性と通気性の良い培地を開発している。いずれの研究も従来焼却処分され、未利用資源として再利用が期待されていたもみ殻の有効利用を図った研究である。

一方、カンキツでは、中西ら（2002）が貫根式不織布容器を利用した育苗や、ピートモスともみ殻燻炭を用いた軽量培地の研究を行い、定植作業の省力化と運搬作業

の軽作業化に有効なことを明らかにし、販売単価の高いハウスミカン等で利用されている。しかし、育苗容器や培地資材がやや高価であるため、利用しにくかった。また、慣行の花崗岩風化土壌に比べて軽量培地が乾燥しやすいので、点滴チューブによる隔日のかん水を必要としていた。

また、細川・前田（2003）が、ナス促成栽培においてヤシガラと樹皮堆肥を混合した有機質培地で生育が優れることを報告しているが、海外からのヤシガラ輸送コストが燃料価格に左右され変動しやすいので、コスト面で持続的な利用が難しい資材であると考えられる。

そこで、ウンシュウミカン‘石地’の産地化を早めることを目的に、軽量で、苗木の生育が優れ、未利用資源の再利用を図れる低コストの有機質培地の選定を行った。また、それに適した生育促進技術の開発を行い、育苗管理と苗木運搬作業の省力・軽作業化を図ったので報告する。

材料および方法

1. 栽培概要および苗木の生育調査

実験は、カラタチ台のウンシュウミカン‘石地’1年生苗木を用い、広島県立総合技術研究所農業技術センター果樹研究部（広島県東広島市安芸津町三津）の露地または無加温ハウスの育苗圃で実施した。試験期間中の肥培管理は、特に記述しない場合は以下の共通管理を行った。すなわち、培地の資材と配合割合は、樹皮堆肥培地が樹皮堆肥と粉碎もみ殻を容積比で1：1、ピートモス培地がピートモスと粉碎もみ殻を1：1、慣行培地がマサ土と樹皮堆肥を2：1とした。なお、粉碎もみ殻は、県内のJA広島中央八本松ライスセンターのカントリーエレベーターのプレスパンダー（鶴見曹達製P-50L型）で膨砕加工したもみ殻を使用した。樹皮堆肥は、久米産業株式会社製果樹用バーク「豊稔2号」を、ピートモス

* 現 広島県東部農業技術指導所

** 現 広島県立総合技術研究所保健環境センター
平成21年3月31日受理

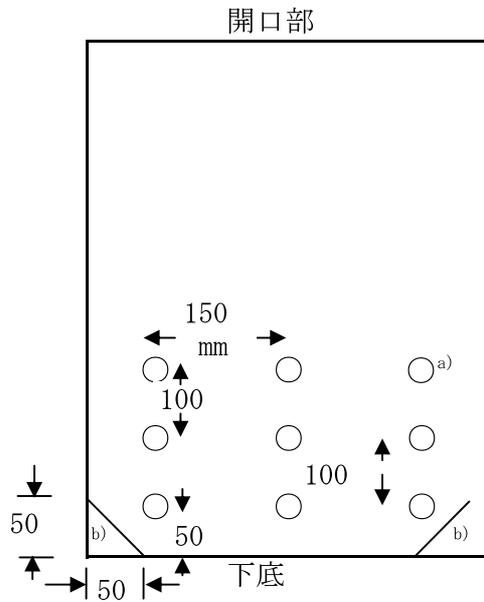


図1 肥料袋の排水口のあけ方

- a) ○印は直径4mmの孔
b) 下底の両端は切り取る

は、pH調整済みの三井東圧社製の「フミロン」を使用した。また、培地の塩基バランスを調整するために加えた培地1m³当たりの土壤改良資材は、樹皮堆肥培地とピートモス培地がカキ殻石灰4kgと過リン酸石灰1kgで、慣行培地が苦土石灰1kg、ヨウリン0.5kgとした。培地の容量は計量バケツを用いて20lとした。育苗容器は新品の30l肥料袋（ポリエチレンビニル製、縦径665mm×横径430mm）を用い、図1に示すように肥料袋の下底両隅50mmは三角形に切除し、袋の下半分はペーパードリルで直径4mmの孔を両面に9か所ずつあけて排水口を設けた。また、苗木を培地に定植する方法は、まず苗木を接ぎ木部上30cm前後の健全な芽で切り返し、次に所定の培地約6lを肥料袋に敷き詰め、根を広げながら残りの培地を充填した。なお、充填後は培地と根が密着するように、ホースを用いて1樹当たり約6lの流水で培地の空隙を埋め、同時にもみ殻中のカリなど過剰な塩類を培地の外へ洗い流した。かん水管理は、自動かん水指令装置（竹村電気製作所製、DM-105型）と連動した与圧式テンシオメータ（竹村電気製作所製、DM-8型）のポーラスカップの中心が地表下10cmになるように埋設し、土壤水分吸引圧pF1.8のかん水点で1回当たり20mmの水量を鉢物用ノズル（矢野散水社製、差込ノズル00746型）により散水した。苗木の枝梢管理は、定植後に先端部の芽から発生する伸びの良い新梢2本を芽かきで残し、無摘心で垂直に伸ばしながら、誘引と芽かきを繰り返す長

梢方式の双幹形とした。なお、主幹の基部10cmから発生した新梢はすべて芽かきし、その他の新梢はすべて基部から2葉で摘心を行った。

苗木の幹周は、接ぎ木部上10cmを裁縫用メジャーで測定し、乾物重はカンキツ調査法（農林水産省果樹試験場編、1987）に準じて、器官別に解体した後、65℃の送風乾燥機で10日間乾燥し秤量した。なお、細根は直径2mm以下の太さの根として分類した。

培地の理化学性調査は、処理当日と180日後の土壤水分吸引圧pF1.8時点に培地の表層（地表下1～15cm）から試料を採取し、pH（ガラス電極法）、培地浸出液のEC（1：5水浸出法）、土壤硬度および三相分布を土壤標準分析・測定法（土壤標準分析・測定法委員会編、1986）に従って分析した。また、葉中全窒素含量は1苗当たり新葉15枚を選び、ケルダール法により分析した。ただし、別法を用いた場合はその都度記述した。

2. 軽量培地の選定およびそれに適した施肥方法と育苗場所

1) 培地の容量、種類および窒素施肥量の違いと培地の理化学性、重量、資材費および苗木生育との関係（実験1-1、2001年）

実験は、所内育苗圃で2001年に行った。処理区は、培地容量として15l、20lを、培地の種類として慣行培地（対照）、樹皮堆肥培地およびピートモス培地を、窒素施肥量として1苗当たりの年間窒素成分量で0g、30gおよび45gを設定した。その上で3つの要因を組み合わせると合計18区を設定した。反復数は1区当たり9樹とし、5月2日に定植した。肥料は、燐硝安カリ肥料（成分比は、窒素：リン酸：加里＝16：10：14）を5月16日～10月31日の期間中、約2週間間隔で12回に分けて施用した。なお、その他の肥培管理は共通管理通りとした。

処理前後には、培地の理化学性を調査した。また、培地の重量は、処理当日の土壤水分吸引圧pF1.8時点にデジタル台はかり（大和製衡社製、DP-6100GP）で1区あたり3袋を測定した。資材費は、東広島市内の農業資材販売会社の小売価格から算出した。なお、三相分布、培地重量および資材費の調査は、各区とも窒素施肥量0g区と45g区を除いて30g区のみとした。

2) 育苗場所、肥料形態および窒素施肥量の違いと樹皮堆肥培地の化学性と苗木生育との関係（実験1-2、2002年）

実験は、2002年に行った。4月2～5日に所内の露地育苗圃で樹皮堆肥培地を調製後、苗木を48樹定植し、4

月24日から処理を始めた。処理は、育苗場所として無加温ハウスと露地を、肥料形態として燐硝酸カリ肥料（成分比は窒素：リン酸：加里＝16：10：14）の12回分施（以下、化成12回と記す）と140日溶出型被覆燐硝酸カリ肥料（成分比は窒素：リン酸：加里＝14：12：14）年1回施肥（以下、被覆年1回と記す）を、窒素施肥成分量として20gと30gを設けた。その上で3要因を組み合わせて合計8区を設定した。なお、施肥時期はすべての区で4月24日を開始日とし、化成12回区は約2週間間隔で施用し、終了日は10月15日とした。また、窒素成分以外のリンとカリの不足分は、過リン酸石灰と硫酸カリを補足し、区間で同量となるようにした。無加温ハウスの温度管理は、湯川（1984）が報告した、葉ヤケなど高温障害の発生する35℃以上にならないように、ハウスのサイドビニールを時期に応じて開放し、換気した。他の肥培管理は共通管理どおりに行った。

培地の化学性と苗木の乾物重調査は、試験樹6樹のうち中庸な生育を示した3樹を測定した。

3. 樹皮堆肥培地に適した苗木の土壌水分管理方法

1) 樹皮堆肥培地における土壌水分管理方法の違いと苗木生育との関係（実験2-1, 2004年）

実験は、2004年に行った。5月1日に所内のサイドレスビニールハウスで、樹皮堆肥培地にカラタチ台のウンシュウミカン‘石地’の1年生苗木を12樹定植し、実験1と同様にテンシオメータを埋設した。処理区は、かん水点を土壌水分吸引圧pF1.5（対照）、同pF1.8、同pF2.0および同pF2.2とする4区を設けて、1回当たり20mmの自動かん水を10月22日まで行った。なお、施肥は5月4日に1樹当たり窒素成分量20g相当の140日溶出型被覆燐硝酸カリ肥料（成分比は、窒素：リン酸：加里＝14：12：14）を施用した。

2) 樹皮堆肥培地表面のマルチ方法の違いとかん水回数、苗木生育および資材費との関係（実験2-2, 2003年）

実験は、2003年に行った。所内13-3号圃場の無加温ビニールハウスで、4月3日に樹皮堆肥培地に苗木を16樹定植し、5月23日から処理を行った。処理は、透水性と乾燥防止効果のあるペルオアシスエステル混毛不織布で作られた保水シートを培地表面に1枚被覆する区（以下、保水シート1枚区と記す）、同2枚被覆する区（以下、保水シート2枚区と記す）、樹皮堆肥を4cmの厚さに被覆する区（以下、樹皮堆肥区と記す）および無被覆区（以下、対照区と記す）の4区を設定した。なお、かん水は共通管理どおりとし、保水シートは水の浸透を促進

するために株元を凹面に被覆した。また、施肥は実験2-1と同様に行った。乾物重は、2003年10月30日に苗木を解体し調査した。なお、細根分布を明らかにするために、マルチ資材部分を除いて、根鉢の上層（深さ0～15cm）と下層（深さ16～30cm）に分けて解体調査を行った。

4. 培地の軽量化と苗木運搬時の作業性との関係（実験3, 2003年）

実験は、2003年に行った。処理区は樹皮堆肥培地区と慣行培地区の2区を設定した。処理に用いたウンシュウミカン‘石地’苗木は、所内の育苗圃で4月3日から半年間育苗した2年生苗の中から、平均苗重8.7kgの樹皮堆肥培地育成苗と同20.9kgの慣行培地育成苗を10月28日に各30樹選んだ。苗木運搬作業の調査は、健康な40才代の男性被験者2名が育苗圃から10m離れた軽トラックの荷台までの平坦地を育苗容器（肥料袋）ごと片手または両手で抱え運搬する間の作業姿勢を写真撮影し観察するとともに、運搬作業時間を計測した。また、労働負担を明らかにするために、40歳と44歳の男性2名の被験者がハートレートモニターH-2（ポーラエレクトロ社製バンテージXL型）を装着し、安静時10分間と作業中の心拍数を5秒毎に測定し、それぞれの平均値の比から心拍数増加率を算出した。なお、労働負担は、安静時の心拍数を100とした指数、つまり心拍数増加率で表し、100%以上、130%未満を軽労働、130%以上、150%未満を中労働とし、同様に150%以上、190%未満を強労働とした。

5. 苗木定植園地の土壌ならびに定植方法の違いと樹皮堆肥培地育成苗の生育との関係（実験4, 2002～2003年）

実験は、2002～2003年に行った。4月4日に1年間大苗育苗し生育の揃った2年生の樹皮堆肥培地育成苗18樹と慣行培地育成苗9樹の合計27樹を選んだ。処理は本県のカンキツ産地の主要な土壌として、池宗ら（1971）の分類による、流紋岩が風化した粘土質土壌（久比統，A園）、花崗岩が風化した砂質土壌（長浜統，B園）および泥質岩（千枚岩，粘板岩）が風化した礫質土壌（下水野統，C園）の3種類の園地に2002年4月11～15日に定植した。また、定植後の苗木の生育調査は、2003年1月8～11日に掘り取り解体後、器官別に分類し、乾物重を測定した。なお、A園は所内圃場、B園は広島県呉市倉橋町鹿老渡のK農家圃場およびC園は広島県呉市豊町大長のN農家圃場で、いずれも園地傾斜度25°程

度の急傾斜階段園である。

定植方法は、樹皮堆肥培地の根鉢のまま定植（以下、樹皮堆肥根鉢区と記す）、同培地の根鉢側面の2分1を削り取り定植（以下、樹皮堆肥1/2区と記す）および慣行培地の根鉢のまま定植（以下、慣行根鉢区と記す）の3種類とした。なお、定植時には直径40cm、深さ30cmの植え穴をスコップで掘り、掘り出した土壌に250gのヨウリンと1kgのカキ殻石灰を施用し土壌改良を行った。その後、苗木を置いて埋め戻し、支柱に誘引結束したのち、株元の地表全面に透水性防草シート（トスコ社製、イスラODシート）を被覆した。また、施肥は1苗当たり年間施肥窒素量30gの140日溶出型被覆燐硝安カ

リ肥料（成分比は窒素：リン酸：加里＝14：12：14）を培地表層に混和した。

結果

1. 軽量培地の選定およびそれに適した施肥方法と育苗場所

1) 培地の容量、種類および窒素施肥量の違いが培地の理化学性、重量、資材費および苗木生育に及ぼす影響（実験1-1、2001年）

(1) 培地の理化学性

表1 培地の容量、種類および窒素施肥量の違いが培地の理化学性、重量および資材費に及ぼす影響（実験1-1、2001）

処理区		培地の化学性 ^{c)}					土壌硬度 ^{d)}	培地				
培地の容量	培地の種類 ^{a)}	窒素施肥量 ^{b)}	培地のpH (H ₂ O) ^{d)}		EC (dS・m ⁻¹) ^{e)}		(kgf・cm ⁻²) 230日目	三相分布 (%)			重量 (kg)	資材費 ^{e)} (円)
			処理当日	230日目	処理当日	230日目		固相率	液相率	気相率		
20l	樹皮堆肥培地	0g	6.48	5.63	0.16	0.12	0.27	—	—	—	—	—
		30g	6.48	4.33	0.16	1.47	0.20	10.1	22.4	67.5	7.2a	66
		45g	6.48	4.27	0.16	0.48	0.05	—	—	—	—	—
	ピートモス培地	0g	6.03	5.47	0.23	0.06	0.17	—	—	—	—	—
		30g	6.03	4.29	0.23	0.64	0.11	8.7	25.1	66.2	7.3a	448
		45g	6.03	5.33	0.23	1.20	0.08	—	—	—	—	—
	慣行培地 (対照区)	0g	6.58	6.58	0.15	0.04	1.22	—	—	—	—	—
		30g	6.58	4.39	0.15	0.53	0.42	36.8	24.7	38.5	22.7c	76
		45g	6.58	5.33	0.15	0.62	0.24	—	—	—	—	—
15l	樹皮堆肥培地	0g	6.63	6.17	0.18	0.09	0.19	—	—	—	—	—
		30g	6.63	4.08	0.18	1.09	0.25	10.4	24.5	65.1	5.7a	49
		45g	6.63	4.50	0.18	2.00	0.24	—	—	—	—	—
	ピートモス培地	0g	6.18	6.18	0.27	0.03	0.10	—	—	—	—	—
		30g	6.18	4.23	0.27	0.90	0.18	9.2	29.7	61.1	6.2a	336
		45g	6.18	4.63	0.27	0.42	0.10	—	—	—	—	—
	慣行培地	0g	6.43	6.43	0.16	0.04	0.45	—	—	—	—	—
		30g	6.43	4.38	0.16	0.44	0.80	37.8	25.6	36.6	17.2b	56
		45g	6.43	5.37	0.16	0.30	0.61	—	—	—	—	—
培地の容量	20l	6.36	5.07	0.18	0.88	0.31	18.5	24.1	57.4	12.4b	196b	
	15l	6.41	5.11	0.20	0.81	0.32	19.1	26.6	54.3	9.7a	147a	
培地の種類	樹皮堆肥培地	6.56	4.83a	0.17	0.88b	0.20a	10.2a	23.5	66.3b	6.4a	58a	
	ピートモス培地	6.11	5.02ab	0.25	0.54ab	0.12a	8.9a	27.4	63.7b	6.8a	392b	
	慣行培地	6.51	5.41b	0.16	0.33a	0.62b	37.3b	25.2	37.6a	19.9b	66a	
窒素施肥量	0g	6.39	6.08c	0.19	0.06a	0.40	—	—	—	—	—	
	30g	6.39	4.28a	0.19	0.85b	0.33	—	—	—	—	—	
	45g	6.39	4.91b	0.19	0.84b	0.22	—	—	—	—	—	
分散分析 ^{b)}												
	培地容量 (A)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	*
	培地種類 (B)		n.s.	*	n.s.	*	**	**	n.s.	**	**	**
	窒素施肥量 (C)		n.s.	**	n.s.	**	n.s.	—	—	—	—	—
	交互作用 (A×B)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
	交互作用 (A×C)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	—	—	—	—	—
	交互作用 (B×C)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	—	—	—	—	—
	交互作用 (A×B×C)		n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	—	—	—	—	—

^{a)} 容積比は、慣行培地；マサ土：樹皮堆肥＝2：1、樹皮堆肥培地；樹皮堆肥：粉碎もみ殻＝1：1、ピートモス培地；ピートモス：粉碎もみ殻＝1：1

^{b)} 肥料は、燐硝安カリS604 (N：P₂O₅：K₂O＝16－10－14)を用い、12回に分施した

^{c)} 土壌採取位置；地表下610cmの層位，採取時期；処理当日（2001年5月2日），230日目（2001年12月21日）

^{d)} pHの分析はガラス電極法による

^{e)} ECの分析は1：5浸出法による

^{f)} 山中式土壌硬度計による

^{g)} 東広島市内で購入した資材で試算

^{h)} 培地の容量と種類，窒素施肥量を要因とした多元配置の分散分析による効果差異の有意性を示す。

なお，三相分布，重量，資材費は窒素施用量を除く二元配置の分散分析によった

：*は5%水準で，**は1%水準で異符号間に有意差あり，n.s.は有意差のないことを示す

培地の容量、種類および窒素施肥量の違いが培地の理化学性に及ぼす影響を表1に示した。

処理当日の培地のpHおよびECは、培地容量に関係なく、各区ともほぼ同等であったが、処理230日目には、窒素施肥量0g区を除いて、いずれもpHが大きく低下し、ECは高まった。特に、樹皮堆肥培地区のpHは、慣行培地区に比べて低く、ECが高かった。また、窒素施肥量の増加は、pH低下とEC上昇など一定の傾向がみられなかった。土壌硬度は、培地の種類による影響がみられ、樹皮堆肥培地区とピートモス培地区が慣行培地区よりも小さかった。

(2) 培地の三相分布、重量および資材費

培地の容量、種類の違いが培地の三相分布、重量および資材費に及ぼす影響を表1に示した。

培地上層の三相分布は、培地容量に差は認められず、培地の種類による固相率と気相率の差が大きかった。す

なわち、樹皮堆肥培地区およびピートモス培地区は、気相率が63.7～66.3%で、慣行培地区の37.6%に比べて高く、固相率が8.9～10.2%で、慣行培地区の37.3%に比べて低かった。特に、20/樹皮堆肥培地区の気相率は、67.5%で最も高かった。

一方、培地の重量は、15/区が20/区よりも軽く、樹皮堆肥培地区は5.7～7.2kgで、ピートモス培地区は6.2～7.3kgで、いずれも、慣行培地区の32～36%であった。また、培地の資材費は、15/区が20/区よりも安価で、樹皮堆肥培地区は49～65円で、慣行培地区の約87%の資材費であった。なお、ピートモス培地区は336～448円で、他区に比べて約6～7倍の価格であった。

(3) 苗木の生育

培地の容量、種類および窒素施肥量の違いが苗木の生育に及ぼす影響を表2、表3および図2に示した。

苗木の地上部および地下部の生育は、培地の容量、種

表2 培地の容量、種類および窒素施肥量の違いが‘石地’の苗木地上部の生育に及ぼす影響（実験1-1, 2001）

処理区		苗木地上部の生育							
培地の容量	培地の種類 ^{a)}	窒素 施肥量 ^{b)}	幹周 (cm) ^{c)}		幹周肥大率 (%)	新梢伸長量 ^{d)} (cm)	着葉数 ^{d)} (枚)	節間長 ^{d)} (cm)	
			5月16日	12月21日					
20/	樹皮堆肥培地	0g	3.8	4.3	113	100	67	1.56	
		30g	3.5	4.5	129	215	117	1.83	
		45g	3.5	4.2	123	201	111	1.81	
	ピートモス培地	0g	3.5	3.5	101	74	40	1.87	
		30g	3.8	4.4	119	155	84	1.85	
		45g	3.7	4.2	115	128	71	1.81	
	慣行培地 (対照区)	0g	3.6	4.0	112	125	71	1.75	
		30g	3.7	4.7	129	251	129	1.94	
		45g	3.9	4.7	121	224	118	1.85	
	15/	樹皮堆肥培地	0g	3.5	3.7	106	82	49	1.66
			30g	3.4	4.6	135	197	103	1.90
			45g	3.7	4.4	121	162	86	1.88
ピートモス培地		0g	3.8	4.1	111	74	48	1.55	
		30g	3.7	4.2	113	122	72	1.70	
		45g	3.8	4.0	106	108	68	1.57	
慣行培地		0g	3.5	4.1	120	112	65	1.70	
		30g	3.4	4.5	132	253	126	1.98	
		45g	3.6	4.1	115	159	88	1.78	
培地の容量		20/		3.7	4.3	119	172b	93b	1.84
		15/		3.6	4.2	118	147a	82a	1.75
培地の種類		樹皮堆肥培地		3.6	4.3b	122b	168b	93b	1.81ab
	ピートモス培地		3.7	4.1a	110a	115a	66a	1.74a	
	慣行培地		3.6	4.4b	122b	196b	104b	1.85b	
窒素施肥量	0g		3.6	4.0a	110a	95a	57a	1.68a	
	30g		3.6	4.5c	126c	199c	105c	1.87b	
	45g		3.7	4.3b	117b	164b	90b	1.77a	
分散分析 ^{e)}									
	培地容量 (A)		n.s.	n.s.	n.s.	**	**	n.s.	
	培地種類 (B)		n.s.	**	**	**	**	*	
	窒素施肥量 (C)		n.s.	**	**	**	**	**	
	交互作用 (A×B)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	
	交互作用 (A×C)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	
	交互作用 (B×C)		n.s.	n.s.	n.s.	**	*	n.s.	
	交互作用 (A×B×C)		n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	

^{a)} 配合時の容積比は、表1と同じ

^{b)} 肥料の種類と施肥回数は、表1と同じ

^{c)} 接ぎ木部上10cmを測定した

^{d)} 幹周以外の調査日：2001年11月1日

^{e)} 培地の容量、種類と窒素施肥量を要因とした多元配置の分散分析による効果差異の有意性を示す

：*は5%水準で、**は1%水準で異符号間に有意差あり、n.s.は有意差のないことを示す

表3 培地の容量、種類および窒素施肥量の違いが‘石地’の苗木地下部の生育に及ぼす影響（実験1-1, 2001）

処理区			苗木地下部の生育					
培地の容量	培地の種類 ^{a)}	窒素施肥量 ^{b)}	乾物重 (g)			T-R率	細根率 ^{c)} (%)	葉中窒素濃度 (%) ^{d)}
			地上部 ^{e)}	地下部 ^{f)}	樹合計			
20l	樹皮堆肥培地	0g	40	32	73	1.26	40.0	1.31
		30g	122	54	176	2.26	56.9	3.85
		45g	88	51	139	1.68	39.3	3.81
	ピートモス培地	0g	32	32	64	1.05	52.2	2.69
		30g	79	47	126	1.71	46.2	4.81
		45g	57	44	101	1.27	44.3	4.81
	慣行培地 (対照区)	0g	43	39	81	1.11	50.1	1.20
		30g	138	61	199	2.35	51.7	3.72
		45g	113	56	169	2.02	50.4	4.01
15l	樹皮堆肥培地	0g	40	32	73	1.26	40.0	1.31
		30g	122	54	176	2.26	56.9	3.85
		45g	88	51	139	1.68	39.3	3.81
	ピートモス培地	0g	32	32	64	1.05	52.2	2.69
		30g	79	47	126	1.71	46.2	4.81
		45g	57	44	101	1.27	44.3	4.81
	慣行培地	0g	43	39	81	1.11	50.1	1.20
		30g	138	61	199	2.35	51.7	3.72
		45g	113	56	169	2.02	50.4	4.01
培地の容量	20l		79b	46b	125b	1.63	47.9	3.36
	15l		62a	39a	101a	1.58	46.0	3.12
培地の種類	樹皮堆肥培地		75ab	43ab	118ab	1.69ab	47.7b	2.96
	ピートモス培地		51a	40b	91a	1.27a	39.9a	3.78
	慣行培地		86b	45a	132b	1.86b	50.2b	2.98
窒素施肥量	0g		38a	35a	72a	1.10a	44.8	1.54
	30g		103c	49b	152c	2.13c	40.7	4.05
	45g		72b	44b	117b	1.59b	45.2	4.14
分散分析 ^{g)}								
	培地容量 (A)		**	**	**	n.s.	n.s.	—
	培地種類 (B)		**	*	**	**	**	—
	窒素施肥量 (C)		**	**	**	**	n.s.	—
	交互作用 (A×B)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	—
	交互作用 (A×C)		*	**	**	n.s.	n.s.	—
	交互作用 (B×C)		**	n.s.	**	**	n.s.	—
	交互作用 (A×B×C)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	—

^{a)} 配合時の容積比は、表1と同じ

^{b)} 肥料の種類と施肥回数は、表1と同じ

^{c)} 地上部：葉・1年枝・2年枝・主幹

^{d)} 地下部：根幹・大根・細根

^{e)} 細根：直径2mm以下の根、細根率＝細根重／地下部重×100で計算し、arcsin変換した値について統計処理を行った

^{f)} 処理開始時（5月2日）の葉中窒素濃度は、1.68%

^{g)} 培地の容量、種類と窒素施肥量を要因とした2元配置の分散分析による効果差異の有意性を示す

：*は5%水準で、**は1%水準で異符号間に有意差あり、n.s.は有意差のないことを示す

—は反復数が2点のため、検定しなかったことを示す



図2 培地の容量、種類がウンシュウミカン‘石地’の苗木生育に及ぼす影響

注) 左から、慣行培地20l区、同左15l区、樹皮堆肥培地20l区、同左15l区、ピートモス培地20l区、同左15l区。いずれも窒素施肥量は30g、土壌水分吸引圧pF1.8で管理。

類および窒素施肥量の影響がみられた。すなわち、容量20l区は、15l区に比べて地上部の新梢伸長量および着葉数が多く、地下部の乾物重が重かった。また、樹皮堆肥培地区の幹周肥大率、新梢伸長量、着葉数、節間長並びに地下部の乾物重、T-R率および細根率は、慣行培地区と同等で、ピートモス培地区よりも優れた。また、窒素施肥量30g区は、45gに比べて節間長とT-R率がやや大きくなるが、幹周肥大率、新梢伸長量、着葉数並びに地上部と地下部の乾物重が優れた。一方、樹皮堆肥培地区の葉中窒素濃度は、慣行培地区と同等の2.96%であり、ピートモス培地区の3.78%よりも低かった。なお、樹皮堆肥培地の窒素施肥量30g区の細根率は、培地容量に関係なく、慣行培地区に比べて高い傾向がみられた。

2) 育苗場所、肥料形態および窒素施肥量の違いと樹皮

表4 育苗場所、肥料形態および窒素施肥量の違いが樹皮堆肥培地の化学性に及ぼす影響（実験1-2, 2002）

育苗場所	処理区 ^{a)}		培地のpH (H ₂ O) ^{b)}			培地のEC (ds · m ⁻¹) ^{c)}		
	肥料形態と 施肥回数	窒素施肥量	4月24日	12月20日		4月24日	12月20日	
				上層 ^{d)}	下層 ^{d)}		上層 ^{d)}	下層 ^{d)}
無加温 ハウス	被覆年1回	20g	6.52	4.96	6.66	0.18	1.61	0.51
		30g	6.52	4.25	6.84	0.18	1.88	0.53
	化成12回	20g	6.52	5.19	6.59	0.18	2.39	0.54
		30g	6.52	4.09	6.48	0.18	3.42	0.50
露地	被覆年1回	20g	6.52	5.81	6.73	0.18	0.97	0.41
		30g	6.52	4.98	6.62	0.18	1.86	0.47
	化成12回	20g	6.52	4.63	6.79	0.18	2.23	0.45
		30g (対照)	6.52	4.34	6.29	0.18	1.38	0.54
育苗場所	無加温ハウス		6.52	4.62a	6.66	0.18	2.36	0.52
	露地		6.52	4.94b	6.63	0.18	1.63	0.45
肥料形態	被覆年1回		6.52	5.00b	6.71	0.18	1.55a	0.48
	化成12回		6.52	4.56a	6.52	0.18	2.44b	0.50
窒素施肥量	20g		6.52	5.15b	6.69	0.18	1.80	0.48
	30g		6.52	4.42a	6.59	0.18	2.23	0.50
分散分析 ^{e)}	要因							
	育苗場所 (A)		—	*	n.s.	—	n.s.	n.s.
	肥料形態 (B)		—	**	n.s.	—	*	n.s.
	窒素施肥量 (C)		—	**	n.s.	—	n.s.	n.s.
	交互作用 (A × B)		—	**	n.s.	—	n.s.	n.s.
	交互作用 (A × C)		—	n.s.	n.s.	—	n.s.	n.s.
	交互作用 (B × C)		—	n.s.	n.s.	—	n.s.	n.s.
	交互作用 (A × B × C)		—	n.s.	n.s.	—	n.s.	n.s.

^{a)} 処理期間：2002年4月24日～12月20日

^{b)} pHの分析は水浸出による

^{c)} ECの分析は1：5浸出法による

^{d)} 上層：1～10cm，下層：11～20cm

^{e)} 育苗場所、肥料形態と窒素施肥量を要因とした多元配置の分散分析による効果差異の有意性を示す
：*は5%水準で，**は1%水準で異符号間に有意差あり，n.s.は有意差のないことを示す

表5 育苗場所、肥料形態および窒素施肥量の違いが樹皮堆肥培地で育成した‘石地’苗木‘石地’苗木の地上部の生育に及ぼす影響（実験1-2, 2002）

育苗場所	処理区		生育量					
	肥料形態と 施肥回数	窒素施肥量	幹周 (cm) ^{a)}		幹周肥大率 (%)	新梢伸長量 ^{b)} (cm)	着葉数 ^{b)} (枚)	節間長 ^{b)} (cm)
			4月23日	11月20日				
無加温 ハウス	被覆年1回	20g	39.0	47.0	121	270	125	2.16
		30g	37.3	43.5	117	259	129	2.02
	化成12回	20g	37.7	44.7	119	333	145	2.30
		30g	35.7	42.7	120	332	146	2.26
露地	被覆年1回	20g	34.2	40.7	121	120	74	1.68
		30g	36.5	43.2	119	116	72	1.46
	化成12回	20g	35.5	42.5	120	151	81	1.88
		30g (対照)	40.3	43.0	113	141	83	1.71
育苗場所	無加温ハウス		37.4	44.5	119	299b	136b	2.18b
	露地		36.6	42.3	118	132a	77a	1.68a
肥料形態	被覆年1回		36.8	43.6	119	191a	100a	1.83a
	化成12回		37.3	43.2	118	239b	114b	2.06b
窒素施肥量	20g		37.5	43.1	120	219	106	1.99
	30g		36.6	43.7	118	212	107	1.88
分散分析 ^{c)}	要因							
	育苗場所 (A)		n.s.	n.s.	n.s.	**	**	**
	肥料形態 (B)		n.s.	n.s.	n.s.	**	*	**
	窒素施肥量 (C)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	交互作用 (A × B)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	交互作用 (A × C)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	交互作用 (B × C)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	交互作用 (A × B × C)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

^{a)} 接ぎ木部上10cmを測定した

^{b)} 幹周以外の調査日：2002年11月20日

^{c)} 育苗場所、肥料形態と窒素施肥量を要因とした多元配置の分散分析による効果差異の有意性を示す
：*は5%水準で，**は1%水準で異符号間に有意差あり，n.s.は有意差のないことを示す

堆肥培地の化学性および苗木生育との関係（実験1-2, 2002年）

(1) 培地の化学性

育苗場所, 肥料形態および窒素施肥量の違いが樹皮堆肥培地の化学性に及ぼす影響を表4に示した。

処理8か月後における樹皮堆肥培地のpHは, 育苗場所, 肥料形態および窒素施肥量による影響がみられ, ECは, 肥料形態による影響がいずれも上層にみられた。すなわち, pHは露地区よりも無加温ハウス区で, 被覆年1回区よりも化成12回区で, 20g区よりも30g区で低かった。とくに, 露地の被覆年1回区が最も施肥による培地pHの低下が少なかった。一方, ECは被覆年1回区が化成12回区よりも低かった。

(2) 苗木の生育

育苗場所, 肥料形態および窒素施肥量の違いが苗木の地上部と地下部の生育に及ぼす影響を表5および表6に示した。

苗木の地上部の生育に対する育苗場所の影響は, 新梢伸長量, 着葉数および節間長にみられ, 露地区よりも無加温ハウス区で, また被覆年1回区よりも化成12回区で大きかった。とくに, 無加温ハウス区の地上部乾物重は, 露地区の約2倍で優れていた。

一方, 苗木の地下部の生育に対する育苗場所の影響は, 地下部乾物重とT-R率にみられ, 無加温ハウス区は露地区よりも大きく, 樹全体の乾物重でも約1.7倍大きく, 生育が優れていた。また, 肥料形態の影響は, T-R率に

表6 育苗場所, 肥料形態および窒素施肥量の違いが樹皮堆肥培地で育成した‘石地’苗木地下部の生育に及ぼす影響（実験1-2, 2002）

育苗場所	処理区 肥料形態と 施肥回数	窒素施肥量	乾物重 ^{a)}		樹合計 (g)	T-R率	細根率 ^{d)} (%)
			地上部 ^{b)} (g)	地下部 ^{c)} (g)			
無加温 ハウス	被覆年1回	20g	160	71	231	2.23	34.9
		30g	130	54	184	2.42	32.3
	化成12回	20g	164	71	235	2.39	37.3
		30g	169	58	227	2.90	34.4
露地	被覆年1回	20g	69	45	114	1.52	42.5
		30g	80	56	136	1.43	39.1
	化成12回	20g	86	53	138	1.65	37.7
		30g (対照)	84	44	128	1.74	30.2
育苗場所	無加温ハウス		156b	63b	219b	2.49b	34.7
	露地		79a	50a	129a	1.57a	37.4
肥料形態	被覆年1回		110a	56	166	1.90a	37.2
	化成12回		126b	56	182	2.21b	34.9
窒素施肥量	20g		120	60	179	1.95	38.1
	30g		116	53	169	2.16	34.0
分散分析 ^{e)}	要因						
	育苗場所 (A)		**	**	**	**	n.s.
	肥料形態 (B)		*	n.s.	n.s.	*	n.s.
	窒素施肥量 (C)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	交互作用 (A×B)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
	交互作用 (A×C)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	交互作用 (B×C)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	交互作用 (A×B×C)		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

^{a)} 乾物重は, 2002年12月4日に測定した

^{b)} 地上部: 葉・1年枝・2年枝・主幹

^{c)} 地下部: 根幹・大根・細根

^{d)} 細根: 直径2mm以下の根, 細根率=細根重/地下部重*100で計算し, arcsin変換した値について統計処理を行った

^{e)} 育苗場所, 肥料形態と窒素施肥量を要因とした多元配置の分散分析による効果差異の有意性を示す

: *は5%水準で, **は1%水準で異符号間に有意差あり, n.s.は有意差のないことを示す

表7 樹皮堆肥培地における土壌水分管理の違いが苗木の生育に及ぼす影響（実験2-1, 2004）

土壌水分管理 ^{a)}	新梢伸長量 (cm)	乾物重 (g)			細根率 ^{d)} (%)	T-R率
		地上部 ^{b)}	地下部 ^{c)}	合計		
pF1.5	158.0	46.6a	28.2a	74.8a	19.1a	1.65
pF1.8	143.1	64.8b	41.3b	106.2b	34.7b	1.61
pF2.0	141.7	56.2ab	42.6ab	98.8ab	36.3b	1.33
pF2.2	123.0	45.8a	32.7ab	78.4a	29.9ab	1.44
有意性 ^{e)}	n.s.	*	*	**	**	n.s.

^{a)} かん水点の土壌水分吸引圧

^{b)} 地上部: 葉・1年枝・2年枝・主幹

^{c)} 地下部: 根幹・大根・細根

^{d)} 細根: 直径2mm以下の根, 細根率=細根重/地下部重*100で計算し, arcsin変換した値について統計処理を行った

^{e)} Tukey-Kramerの多重検定による, *は5%水準, **は1%水準で異符号間に有意差あり

みられ、被覆年1回区よりも化成12回区で大きかった。さらに、露地の被覆年1回区は、細根率が高かった。なお、苗木生育量に及ぼす窒素施肥量の影響は、今回の処理水準では認められなかった。

2. 樹皮堆肥培地に適した苗木の土壌水分管理方法

1) 樹皮堆肥培地における土壌水分管理方法の違いと苗木生育との関係(実験2-1, 2004年)

樹皮堆肥培地における土壌水分管理の違いがウンシュウミカン‘石地’苗木の生育に及ぼす影響を表7に示した。

苗木の全乾物重は、pF1.8区がpF2.2区およびpF1.5区よりも重く、pF2.0区と同等であった。また、地下部の乾物重もほぼ同様の傾向であった。一方、細根率は、pF2.0区とpF1.8区が同等で高く、pF2.2区、pF1.5区の順に低下した。なお、新梢伸長量およびT-R率は、区間

差が認められなかったが、pF1.5区のT-R率が最も高い傾向であった。

2) 樹皮堆肥培地表面のマルチ方法の違いとかん水回数と苗木生育並びにマルチ資材費との関係(実験2-2, 2003年)

樹皮堆肥培地表面のマルチ方法の違いがかん水回数と苗木生育並びにマルチ資材費に及ぼす影響を表8に示した。

実験の結果、かん水回数は、対照区、保水シート2枚区、保水シート1枚区、樹皮堆肥区の順に多く、保水シート1枚区では23%少なく、樹皮堆肥区は42%少なかった。なお、本年最もかん水回数が多かった月は、苗木の水分吸収が旺盛であった10月であり、保水シート1枚区で8回であった。

新梢伸長量は、保水シート1枚区、対照区、保水シート2枚区、樹皮堆肥区の順に優れる傾向がみられた。苗

表8 樹皮堆肥培地表面のマルチ方法の違いがかん水回数と苗木生育並びにマルチ資材費に及ぼす影響(実験2-2, 2003)

試験区	かん水回数(回)		新梢伸長量 (cm)	乾物重(g)			培地上層の 細根率(%) ^{b)}	資材費 (円/樹)	
	夏秋期 ^{c)}	最多月 ^{d)}		地上部 ^{e)}	地下部 ^{f)}	樹全体			
保水シート1枚 ^{a)}	44 (77)	8.0	246	93.7b	37.3b	131.0b	125	42.4	11.3
保水シート2枚 ^{a)}	45 (79)	8.0	200	73.5a	36.3b	109.8a	105	35.4	22.6
樹皮堆肥 ^{b)}	33 (58)	5.7	195	71.7a	31.7a	103.3a	98	38.3	10.9
対照(無被覆)	57 (100) ^{g)}	13.8	216	74.0a	31.0a	105.0a	100	35.8	0.0
有意性 ¹⁾	—	—	n.s.	*	*	*	—	n.s.	—

^{a)} A社製不織布「グリーンウエル」 ^{b)} 厚さ4cmのマルチとした
^{c)} かん水測定期間：7月1日～12月27日の180日間 ^{d)} 10月1日～同月31日
^{e)} 葉、1～2年枝、主幹 ^{f)} 根幹、根、^{g)} 無被覆を100とした指数
^{b)} 培地上層：深さ0～15cm、細根：直径2mm以下の根、細根率=細根重/地下部重*100で計算し、arcsin変換した値について統計処理を行った
¹⁾ Tukey-Kramerの多重検定(5%水準)による異符号間に有意差あり



図3 培地の違いが苗木運搬時の作業姿勢に及ぼす影響(注)左が樹皮堆肥培地、右が慣行培地

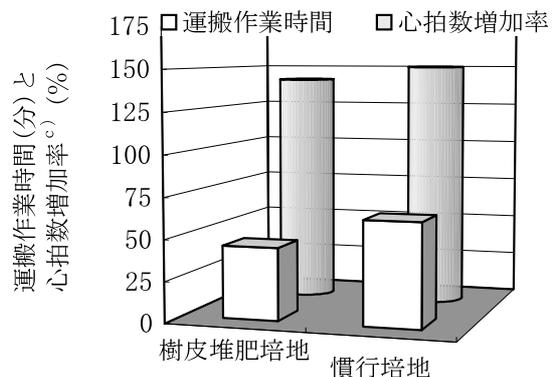


図4 培地の種類と‘石地’2年生苗の運搬作業時間^{a)}及び労働負担^{b)}(苗木100本当たり、実験3, 2003)

^{a)} 苗木運搬方法：被験者が育苗圃から軽トラックまで片道10mの平坦地で両手または片手で肥料袋を運搬。被験者は40歳と44歳の男性2人
^{b)} 労働負担は心拍数増加率で区分される。
 中労働：130%以上150%未満
 強労働：150%以上190%未満
^{c)} 心拍数増加率(%) = (作業時の平均心拍数/安静時の平均心拍数) × 100

木の乾物重は、保水シート1枚区では対照区に比べて地上部・地下部とも有意に大きく、生育が1.25倍優れていた。なお、保水シート1枚区の細根は、培地上層に42.4%分布しており、他区よりも4.1~7.0%多く分布する傾向がみられた。一方、保水性向上のためのマルチ資材費は、対照の無被覆に比べて保水シート1枚で約11円高かった。

3. 培地の軽量化と苗木運搬時の作業性との関係 (実験3, 2003年)

樹皮堆肥培地育成苗の運搬作業時の姿勢は、両手の肘を伸ばして、育苗容器の上端を握り、1~2袋ずつ運搬する自然な立ち姿であった (図3左)。しかし、慣行培地の作業姿勢は、育苗容器の底面を両手で抱え、腰の高さまで上げて、1袋ずつ運搬する作業姿勢であった (図3右)。

図4に示すとおり、樹皮堆肥培地育成苗の運搬作業時間は、苗木100樹当たり44分で、慣行培地育成苗の62分に比べて約30%の時間短縮効果が認められた。また、2人の被験者の安静時平均心拍数は68.6~72.8bpmであったが、運搬作業中の平均心拍数は、樹皮堆肥培地で

97.6~102.8bpmに高まり、慣行培地で102.2~110.2bpmに高まった。その結果、樹皮堆肥培地の労働負担は、心拍数増加率で約142%の中労働に相当し、慣行培地のそれは約150%で強労働に相当した。

4. 苗木定植園地の土壌ならびに定植方法と樹皮堆肥培地育成苗の生育との関係 (実験4, 2002~2003年)

(1) 土壌の違いと定植後の苗木生育との関係

土性の異なる3か所の調査園に定植した苗木の約9か月後の生育量を表9に示した。

定植後の苗木の生育は、土壌の第1層、とくに地下15cmまでの液相率に比例し、幹周肥大率および乾物重は、液相率が36%の流紋岩で最も大きく、液相率が14%の泥質岩で最も小さかった。なお、液相率18%の花崗岩土壌では両者の中間の生育を示した。

(2) 定植方法の違いと苗木生育との関係

定植方法の違いが苗木生育に及ぼす影響は、幹周肥大率のみでみられ、根鉢のまま植える慣行培地の定植方法に比べて樹皮堆肥培地の側面約2分の1を崩して植える方法がやや優れた (表9)。しかし、他の調査項目では区間差が認められなかった。

表9 定植園地の土壌と定植方法の違いが苗木生育に及ぼす影響 (実験4, 2003年)

処理区		幹周 (cm) ^{c)}		幹周肥大率 (%)	着葉数 (枚)	乾物重			細根率 ^{f)} (%)	T-R率
土壌 (液相率) ^{a)} (園地名)	定植方法 ^{b)}	4月11日	1月9日			地上部 ^{d)} (g)	地下部 ^{e)} (g)	樹全体 (g)		
流紋岩 (36%) (A園)	樹皮堆肥根鉢	4.5	5.1	108	620	213	116	329	48.1	1.90
	樹皮堆肥1/2	4.4	5.1	115	643	220	119	339	43.9	1.85
	慣行根鉢	4.9	5.3	109	413	250	117	367	43.6	2.11
花崗岩 (18%) (B園)	樹皮堆肥根鉢	4.4	4.5	103	490	174	77	251	41.4	2.35
	樹皮堆肥1/2	4.9	5.1	106	531	204	95	299	46.5	1.95
	慣行根鉢	4.8	4.9	102	376	171	73	244	38.2	2.31
泥質岩 (14%) (C園)	樹皮堆肥根鉢	4.4	4.5	103	261	135	63	197	36.8	2.18
	樹皮堆肥1/2	4.6	4.6	102	231	105	64	169	37.4	1.65
	慣行根鉢	4.9	4.8	97	289	120	57	178	34.7	1.99
分散分析 ^{g)}										
土壌	流紋岩	4.6	5.2b	111b	577b	228b	117b	345c	45.2	1.95
	花崗岩	4.7	4.9ab	103a	465b	183b	82a	265b	42.0	2.23
	泥質岩	4.6	4.6a	100a	260a	120a	61a	181a	36.3	1.94
定植方法	樹皮堆肥根鉢	4.4	4.7	104ab	482	174	85	259	42.1	2.14
	樹皮堆肥1/2	4.6	4.9	107b	468	176	92	269	42.6	1.80
	慣行根鉢	4.9	5.0	102a	352	181	83	263	38.8	2.14
	土壌 (A)	n.s.	*	**	**	**	**	**	n.s.	n.s.
	定植方法 (B)	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	交互作用 (A×B)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

^{a)} 地下15cm

^{b)} 樹皮堆肥根鉢：同培地の根鉢のまま、樹皮堆肥1/2：同培地の側面1/2を崩して残渣を地表に被覆、慣行根鉢区：慣行培地で根鉢のまま定植

^{c)} 幹周：接木部上10cm ^{d)} 地上部：葉・1年枝・2年枝・主幹 ^{e)} 地下部：根幹・大根・細根

^{d)} pHの分析はガラス電極法による

^{f)} 細根：直径2mm以下の根、細根率=細根重/地下部重*100で計算し、arcsin変換した値について統計処理を行った

^{g)} 施肥時期と施肥量を要因とした2元配置の分散分析による施肥効果差異の有意性を示す

*は5%水準で、**は1%水準で、異符号間には有意差あり、n.s.は有意差のないことを示す

考察

1. 軽量培地の選定

ウンシュウミカンやナシなど果樹の育苗用培地に関する研究は、真子（1983）、吉岡・石田（1982）の報告のとおり、主として火山灰土、川砂、山土など身近で入手できる排水良好な砂壤土または壤土を母材とし、それに有機質の樹皮堆肥またはピートモスやヤシガラおよび無機質のパーライトなどを添加して理化学性を改善したものが開発されてきた。それらの培地の三相分布は、通常の火山灰土、川砂、山土のみの培地に比べて、固相率が低く、気相率と液相率が高く、通気性と保水性が優れるので、果樹の苗木生育は旺盛となり、根量も多い傾向が示されている。

本研究で選定した樹皮堆肥培地は、地域有機質資源リサイクルの流れの中で利用があまり進んでいない、粉碎もみ殻とすでに大量に流通している樹皮堆肥を10/ずつ混合した有機質100%の培地であることが大きな特徴である。それを穴あきの肥料袋の育苗容器に詰めて実験に用いた。

その結果、樹皮堆肥培地20/当たりの重量と資材費は、約7kgの66円であり、慣行培地の32%の重さで87%のコストであった。これは、森末（2002）の報告した軽量培地「ピートモス・もみ殻燻炭等量混合培地」の9.7kgで140円の資材に比べて重量で72%、資材費で47%であり、軽量かつ低価格である。したがって、生産者がコスト面で導入しやすく、しかも作業の省力・軽量化に非常に有効と考えられる。一方、樹皮堆肥培地上層の気相率は、67.5%で慣行培地の約2倍高く、ウンシュウミカン‘石地’1年生苗木は、地上部および地下部ともマサ土中心の慣行培地と同等の生育を示した。これは、ヤシガラと樹皮堆肥の混合培地をナスの促成栽培で用いた細川ら（2001）や細川・前田（2003）の成績ならびに、ピートモス・もみ殻燻炭等量混合培地をハウスミカンで用いた森末（2002）の成績とほぼ同じ傾向を示している。しかし、ピートモスと粉碎もみ殻を等量混合した、本試験のピートモス培地での苗木生育は不良で、井上（2001）が同様の混合割合で行ったキュウリの接ぎ木育苗培地での成績と一致しなかった。この原因は、育苗容器の深さの違いによる培地上層と下層での水分含量の違いが原因と考えられる。つまり、井上は容器の深さが浅い24穴セルトレイを用いており、培地上層と下層の水分含量の差が小さく、生育不良が起きにくかったことが推測され

る。しかし、本試験で用いた肥料袋は、培地の深さが約30cmで培地上層と下層の水分含量の差が大きく、保水量の大きいピートモス培地の下層では、過湿による生育不良が起きやすかったと考えられ、今回の育苗容器の形状および培地組成ではカンキツの育苗に利用できないものと考えられる。

2. 樹皮堆肥培地に適した施肥方法と育苗場所

1) 施肥方法と苗木生育との関係

ウンシュウミカンの幼木に対する施肥方法については、湯浅（1994）および湯川（1984）が、1樹当たり窒素施肥量1～5g相当の有機配合肥料を1～2か月に1回施用する方法を、また、森末（2002）が1樹当たり16.8gの被覆尿素（LP-100型）を年1回培地に混合する方法を提唱している。本研究では、樹皮堆肥培地に窒素施肥量30g相当の燐硝安系の化成肥料を2週間毎に6か月間分施した結果、苗木の細根率は、培地容量に関係なく、慣行培地に比べて高い傾向がみられた。これは、培地の気相率が高く、土壌硬度が小さいので、根が伸びやすくなったことが考えられ、刈草堆肥と膨張軟化もみ殻を用いて、同様の試験結果を得た立野・長谷川（2001）の報告と一致した。

ただし、この樹皮堆肥培地に用いた粉碎もみ殻の塩基置換容量は、岡田ら（2002）によれば、 $14.4\text{me } 100\text{g}^{-1}$ と小さいので、本実験の化成肥料施肥区では、pHの低下と塩類濃度の上昇が処理後7か月という短期間に発生した。橋本ら（1978）の報告によれば、この低下したpHの水準は、ウンシュウミカン1年生苗木の根の発達に悪影響を及ぼすレベルであり、炭酸カルシウムおよびく溶性のホウ素を多く含む、カキ殻石灰を施用し、根の発達を促進することが重要であることを報告している。また、松本（1984）は、酸性化の原因が、硫酸や塩化カリなどの生理的酸性肥料の多用とそれによる無機酸の生成、窒素多肥園での硝酸化成作用および有機物分解中の有機酸の集積であることを述べている。したがって、本試験でのpH低下の原因は、有機酸の集積も一因と推測されるので、く溶性の石灰資材を育苗期間中に補給したり（中元、2006）、硝安系および尿素系の肥効調節型の窒素肥料の使用を心がける必要があると考えられた。

そこで、本研究では、化成肥料の代わりに1樹当たり窒素施肥量20g相当の被覆燐硝安カリ肥料を定植3週間後に年1回施用した。その結果、培地のpH低下とECの上昇を防ぐなど化学性の維持に有効であり、露地育苗のウンシュウミカン‘石地’苗木の細根率を高めることに有効であることを明らかにし、長谷川・中元（2007）の

報告と同様の結果を得た。

2) 育苗場所と苗木生育との関係

樹皮堆肥培地および慣行培地とも無加温ハウスでの育苗は、露地育苗に比べて苗木のT-R率が高くなったが、乾物重を1.7倍に高め、生育の促進に有効であった。これは、井口ら（1985）のネーブルオレンジを用いた大苗育苗の成績と一致し、35℃以下の生育適温を長く維持できたことによるものと考えられる。

これらのことから、樹皮堆肥培地に適した施肥方法は、1樹当たり窒素施肥量20g相当の被覆燐硝安カリ肥料を定植3週間後に年1回施用する方法が優れ、実用性が高いと考えられた。

3. 樹皮堆肥培地に適した土壌水分管理方法

1) 樹皮堆肥培地に適した土壌水分吸引圧

カンキツ苗木の土耕栽培における最適土壌水分吸引圧については、これまで谷口・生野（1969）がpF1.5を提唱し、山崎・川村（1964）は、50lポットに定植したウンシュウミカン1年生苗木の生育が、土壌水分吸引圧でpF2.0, pF1.2, pF2.8, pF3.6の順に促進されることを報告している。本実験では、ウンシュウミカン‘石地’1年生苗の樹皮堆肥培地での生育が、これらの報告の中間値である土壌水分吸引圧pF1.8で20mmかん水を行う方法が最も優れることを明らかにした。これは、見世ら（2008）、長谷川・中元（2007）の成績とほぼ一致した。しかし、本試験ではpF1.5区の地下部の生育量が見世らの成績ほど良好ではなかった。これは、見世ら（2008）の処理期間が5月1日～7月2日までの比較的適温の63日間であったのに対して、本試験では、5月1日～10月22日までの適温～高温に至る長期間の処理であったため、石井・門屋（1977）の指摘した未熟な有機物を施用した過湿土壌条件での酸欠、還元物質による害、有機物由来の抑制物質による根の障害が発生したためではないかと考えられた。

2) 樹皮堆肥培地の保水性向上

細川ら（2001）は、有機質培地で、浸漬・排水後の層位による容積保水率が上層ほど低かったため、保水性の低さを補うための1回当たりの給液量や回数の検討が必要なることを指摘している。また、中西ら（2002）は、ピートモスともみ殻燻炭を用いた軽量培地が慣行の花崗岩風化土壌に比べて乾燥しやすいので、点滴チューブによる隔日のかん水が必要なることを指摘している。しかし、本研究では保水効果のある低価格のベルオアシスエステル混毛不織布で作られたシートを培地表面に1枚被覆す

ることにより、細根量の増加と苗木の生育を1.25倍促進できた。したがって、かん水回数を23%減少させても、乾きやすい培地上層の土壌水分を適度に維持できるものと考えられた。

これらのことから、樹皮堆肥培地に適した土壌水分管理方法は、ベルオアシスエステル混毛不織布シートを培地表面に1枚被覆し、土壌水分吸引圧pF1.8で20mmかん水を行う方法であると考えられた。

4. 苗木運搬時の培地の違いと作業性との関係

果樹における大苗育苗後の苗木運搬と本圃での定植作業の改善に関する報告は、貫入型不織布ポットを用いて、苗木の掘り上げ作業時間を5分の2に短縮した木村ら（2003）の成績や、同様の研究をカンキツで行った中西ら（2002）および森末（2002）に見られる程度で、従来あまり検討されて来なかった。そこで、本研究では、従来の20kg前後の培養土を入れた一斗缶容器に替えて、約7kgの樹皮堆肥培地を入れた肥料袋容器に改善した。これにより、一度に2袋ずつ両手を伸ばして運搬できるなど運搬作業時の作業姿勢が楽になり、作業時間を30%短縮でき、さらに労働負担も強労働から中労働に軽減することができた。これらのことから、この樹皮堆肥培地を用いた育苗方法は、生産者の高齢化にも対応できる軽労働型の育苗方法であると考えられた。

5. 樹皮堆肥培地育成苗木の定植後の生育と土壌および定植方法との関係

1) 土壌の違いと苗木生育との関係

本研究で選定した樹皮堆肥培地で育成した苗木の定植方法については、県内の主要な土壌に対する適応性が不明であった。そこで、マサ土を主体とした慣行培地で育成した苗木と一緒に3種類の土壌に定植し、9か月後の生育量を比較した。その結果、苗木の生育量は、土壌深15cmまでの液相率に比例し、流紋岩に由来する粘質土壌（久比統）、花崗岩に由来する礫質土壌（長浜統）および泥質岩に由来する礫質土壌（下水野統）の順に大きく、培地の違いによる生育差が認められなかった。したがって、樹皮堆肥培地育成苗木の土壌適応性は、慣行培地と同等に広いと考えられた。

2) 定植方法の違いと苗木生育との関係

一般的な苗木の定植方法は、湯川（1984）、広島県果樹指導指針（1977）などに細かく記載されているが、根鉢を崩して容器の内側壁面に巻き出た根を切り返して定植する方法が一般的である。本実験でも、根鉢の側面を

約2分の1崩して植える方法の幹周肥大率がやや優れた。しかし、着葉数および乾物重がほぼ同等であったこと、また本方法による育苗では、根巻きがほとんどなく、培地外周にも細根が多いので、断根量を軽減し、作業の省力化を図るには、根鉢ごとそのまま定植する方法が簡便で望ましいと考えられた。

6. 総合考察

以上の結果から、軽量で、苗木の生育が優れる低コストの育苗方法は、粉碎もみ殻と樹皮堆肥を等量混合した有機質培地を穴あきの肥料袋に20l充填し、無加温ハウス内で育苗を行うことが有効であると考えられた。また、育苗中の施肥方法は、定植3週間後に、保水シートの下に窒素施肥量20g相当の被覆燐硝安カリ肥料を1回施用する方法とし、土壌水分管理は、培地表面に保水シートを1枚被覆し、テンシオメータのポーラスカップ部分を深さ10cmに埋設し、土壌水分吸引圧pF1.8で20mmの自動かん水とすることにより、苗木生育を促進できると考えられた。

また、本圃への苗木運搬作業を省力・軽作業化でき、定植時には、根鉢を崩さずに植えることにより、軽作業化が図られ、異なる土壌での定植後の生育も良好なので、高齢化にも対応できると考えられた。しかし、本研究では、定植2年目以降の苗木生育、結実後の収量および果実品質について明らかにすることができなかった。この点については、今後の究明が必要である。

摘要

ウンシュウミカン‘石地’1年生苗を対象とし、大苗育苗用の軽量培地の選定、その培地に適した施肥方法、育苗場所、土壌水分管理方法ならびに苗木運搬時の作業性、定植方法および定植後の土壌適応性を検討し、軽量培地として選定した有機質培地の利用法を明らかにした。本研究から得られた有機質培地の利用法は以下の通りである。

1. 軽量培地の選定

選定した軽量培地は、樹皮堆肥と粉碎もみ殻を容積比で1:1に混合した極めて軽い有機質の樹皮堆肥培地であり、それを1樹当たり20l用いる。樹皮堆肥培地の重量は、慣行培地の約30%で、資材費は同等である。育苗容器は市販の30l肥料袋に排水口を設けて利用する。

2. 軽量培地に適した施肥方法と育苗場所

施肥方法は、苗木1樹当たり年間窒素成分20g相当の

被覆肥料を年1回、定植3週間後に培地上層に混和する。また、気温35℃以下に管理された無加温ハウスを1年生苗の育苗場所にすることにより、苗木の生育を1.7倍促進できる。

3. 樹皮堆肥培地に適した苗木の土壌水分管理方法

土壌水分管理は、培地上層の乾燥防止のために保水シートを1枚被覆した上で、テンシオメータを培地に埋設し、ウンシュウミカン‘石地’苗木ではpF1.8時点で20mmの自動かん水とする。これにより、かん水回数が23%節減でき、培地上層の土壌水分が適度に維持されて、細根量を多くでき、苗木の生育を1.25倍促進できる。

4. 培地の軽量化と苗木運搬時の作業性との関係

樹皮堆肥培地で育成した2年生苗を肥料袋ごと運搬する作業は、慣行培地育成苗の運搬に比べて作業姿勢が自然な立ち姿で、平坦地では作業時間が30%短縮でき、労働負担も強労働から中労働へ軽減できる。

5. 苗木定植園地の土壌の違いならびに定植方法と樹皮堆肥培地育成苗の生育との関係

樹皮堆肥培地で育苗した2年生苗は、県内の代表的なカンキツ産地の3種類の土壌に定植後も慣行培地育成苗木と同等に生育できるので、土壌適応性は広いと考える。また、定植方法は、作業労力と断根量の少ない根鉢のまま植える方法が簡便で適当である。

謝辞

本報告の校閲にあたり、香川県農業試験場の森末文徳氏には懇切なご指導をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献

- 土壌標準分析・測定法委員会. 1986. 土壌標準分析・測定法. 博友社. pp10-76.
- 長谷川美穂子・中元勝彦. 2007. 主幹形仕立てウンシュウミカンの育苗開始時における1年生苗木の長さおよび窒素施肥量が主幹長および翌年の春枝発生に及ぼす影響. 園学中四国支部要旨. 46, 3.
- 橋本 武・原田敏信・皆田克志・越 悦子・井上興一. 1978. 施肥による土壌酸性化ならびに中和に関する研究(第4報). 各種中和資材の施用が、温州ミカン・トウモロコシ・ソルガム・インゲンマメの根の発生に及ぼす影響. 広島農短研報. 16, 31-42.

- 細川卓也・前田幸二. 2003. 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2報)有機質培地耕におけるナスの促成栽培. 高知農技セ研報. 12, 59-68.
- 細川卓也・前田幸二・岡田邦夫. 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.
- 広島県果樹農業指導指針. 1977. 広島県農政部農産園芸課. 4-15.
- 井口 功・鈴木 富・望月一夫・小中原 実. 1985. カンキツの早期大苗育成技術の改善 第2報 1年生苗木および大苗の早期育成法. 静岡柑試研報. 21, 19-25.
- 池宗勝三郎・西田和男・相沢 博・小松武治. 1971. 安芸灘地域におけるミカン園の水管理に関する研究. 広島果試研報. 2, 9-17.
- 石井孝昭・門屋一臣. 1985. カンキツ栽培における有機物施用法に関する研究(第2報)有機物の種類と湛水処理. 園学要旨. 昭和60秋, 14-15.
- 井上直和. 2001. 粉碎もみがらを利用したキュウリの良質セル接ぎ木苗技術. 農耕と園芸. 6, 102-104.
- カンキツの調査方法編集委員会. 1987. 農林水産省果樹試験場興津支場. pp2-27.
- 木村 学・守本裕美子・米本仁巳・和中 守・山内勤. 2003. モモの大苗育成法における移植時の作業性と樹体生育. 和歌山農林水産技セ研報. 5, 56-65.
- 真子正史. 1983. 一斗缶育苗による苗木の早期育成. 昭和58年度常緑果樹に関する特定課題研究会資料. 185-186.
- 松本和夫. 1984. 土壤酸性化の問題点. 柑橘園芸新書. 養賢堂. pp107-117.
- 見世大作・長谷川美穂子・中元勝彦. 2008. 土壤乾燥がウンシュウミカン‘石地’幼木の樹体生育および果実肥大に及ぼす影響. 園学中四国支部要旨. 47, 2.
- 森末文徳. 2002. ウンシュウミカンの大苗育苗による移植作業の省力・軽作業化. 平成15年度近畿中国地域果樹研究会資料. 17-12.
- 中西正憲・山下泰生・森末文徳・片山哲治. 2002. 移植作業が省力・軽作業化できるウンシュウミカンの大苗育苗方法. 平成14年度近畿中国四国農業試験研究成果情報. 437-438.
- 中元勝彦. 2003. ウンシュウミカンの育苗と運搬作業の軽労化のための軽量培地利用法, 近畿中国四国地域の新技术. 3, 143-145.
- 中元勝彦. 2006. 大苗更新. 農業技術体系追録第21号第1-I巻, 技204の2~10.
- 中元勝彦・長谷川美穂子・長谷川繁樹. 2003. ウンシュウミカン‘石地’の苗木生産における粉碎もみ殻と樹皮堆肥の混合培地の効果. 園芸学雑誌. 72(別2), 314.
- 岡田牧恵・房尾一宏・伊藤英治・北野剛志・勝谷範敏. 2002. 野菜・花きにおける良質・軽量・低コストの自家育苗技術. 広島県立農業技術センター研究発表会要旨集. 41-48
- 静岡県柑橘農業協同組合連合会. 1987. 定植翌年から成らせる大苗スピード育苗法. 柑橘. 4, 250-253.
- 谷口哲微・野呂徳男. 1969. カンキツのかん水に関する研究(第1報)かん水, 乾燥処理と温州ミカン樹の発育生態について. 静岡柑試研報. 8, 9-16.
- 立野朋子・長谷川和久. 2001. 堤防刈草堆肥および膨張軟化初殻の百日草に対する施用効果. 農業および園芸. 76, 809-812.
- 葉師寺清司. 1962. ミカンの計画密植栽培. 農文協. pp11-15.
- 山崎清功・川村秋男. 1964. 土壤水分系とミカンの生育に関する研究(第1報)土壤水分張力がミカン幼木の生育に及ぼす影響. 四国農試研報. 17, 13-46.
- 吉岡四郎・石田時昭. 1982. 架線方式によるナシ大苗の育成法. 千葉農試研報. 23, 49-57.
- 湯浅哲信. 1994. ウンシュウミカンの主幹形整枝と根域制限による新栽培システム, 近畿中国地域の新技术. 27, 109-112.
- 湯川 勇. 1984. カンキツの品種更新技術. 養賢堂. pp77-102.

Effect of Organic Substrates on the Transportability and Growth of Nursery Stock of Satsuma Mandarin cv. ‘Isiji’

Katsuhiko NAKAMOTO, Naohisa MIYAWAKI and Mihoko HASEGAWA

Summary

After choosing an organic potting substrate suitable for the growth and retention or ‘ageing’ of nursery stock of the satsuma mandarin cv. ‘Isiji’, we examined fertilizer use and soil moisture management. The ease of transport, method of planting and tree growth after planting out into various soil types was evaluated to evaluate the success of the organic substrate. The study resulted in the following findings :

1. Characteristic of organic substrate.

The organic substrate chosen as a potting medium was very light, being a 1 to 1 mix by volume of composted bark and rice hulls. The weight of the organic substrate was only about 30% that of the usual soil substrate, but the material cost equaled that of soil.

For raising and aging the nursery stock, we used 20 liters per tree of the organic substrate.

2. Fertilizer use.

A fertilizer management regime suitable for raising aged nursery stock of satsuma mandarin ‘Isiji’ included coated fertilizer equivalent to a nitrogen use of 20g per tree per year.

3. Soil moisture management.

A soil tensiometer was placed in the organic substrate and a piece of non-woven fabric placed on the top of the organic substrate to retain the moisture and prevent it drying out. Soil moisture management assumed automatic irrigation when the pF reached 1.8 using 20 mm per time for a one-year old nursery tree of satsuma mandarin ‘Isiji’.

4. Transportability.

The lightweight nature of the organic substrate gave a clear advantage for users when it became necessary to transport aged nursery stock. Comparing the work required during transportation, the organic substrate could reduce the labor time over the two-year ageing process by 30% compared to the standard soil substrate. In addition, the standing posture during handling was improved so reducing the effort required and lessening the chance of injury.

5. The effects of the soil type in the orchard and the planting method on the subsequent growth of nursery stock that had been raised in the organic substrate were also investigated.

Within the prefecture three kinds of soil are found in the centers of citrus production. We showed that use of a organic substrate gave a wide soil adaptability, with growth on planting out in all three types equivalent to that using the standard soil substrate for the two years of nursery raising of satsuma mandarin trees. In addition, the organic substrate reduced the labor at planting out as little root pruning was needed to prepare the root ball.

Key words : transportability, handling, organic substrate, growth, nursery stock, rice hulls, bark manure, satsuma mandarin, ‘Isiji’