カンキツ園の土壌改良資材としてのスギ樹皮および ヒノキ樹皮の利用に関する研究

石井孝昭¹・門屋一臣²

¹愛媛大学教育学部 790 愛媛県松山市文京町 3

²愛媛大学農学部 790 愛媛県松山市樟味 3-5-7

Barks of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa* as Mulch and Soil Conditioners in Citrus Orchards

Takaaki Ishii¹ and Kazuomi Kadoya²

¹Faculty of Education, Ehime University, Matsuyama, Ehime 790

²College of Agriculture, Ehime University, Matsuyama, Ehime 790

Summary

Unfermented barks of cryptomeria (*Cryptomeria japonica* D. Don) and hinoki cypress (*Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc. ex Endl.) were used as materials for citrus orchard mulch and as soil additives or conditioners.

1. *Cryptomeria japonica* bark, when used as a soil conditioner, inhibited the growth of citrus trees on trifoliate orange rootstocks. The inhibition is attributed to the ethylene evolved in the soil as the bark decays. No inhibitory effect, however, was observed when the bark was applied on the soil surface as a mulch. Mulching with the bark prevented the soil from drying rapidly and alleviated drastic changes in soil temperature. The mulch also kept the citrus trees vigorous, as compared with those in the clean cultivated plots where weeds were removed manually with hoes and herbicides. However, the amount of mulch applied annually should be kept below 4 tons per 10 ares. Otherwise fruit quality may be sacrificed.

2. *Chamaecyparis obtusa* bark contains a great deal of growth inhibiting substances. Therefore, it is difficult to make a high quality compost with it even though it is fermented and mixed with livestock manure. The bark also contains antibiotic substances, but heating and washing it with alkaline solutions effectively eliminated the growth inhibitors. Washing with acid solutions was less effective. Condensed tannins, which severely inhibit growth of trifoliate orange seedlings, were washed out with the alkaline solutions: 0.1% CaO and 0.1% Ca(OH)₂. By treating the bark and leaching out the inhibitors, the bark from cypress trees can be rendered safe for composting.

緒 言

現在、わが国に出回っているおがくずや樹皮をみると、南洋材ではラワン (*Shorea negrosensis* Foxw.) と同じフタバガキ科の広葉樹であるが樹皮を多く含むアピトン (*Dipterocarpus* spp.) が、北米材ではベイマツ (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco), ベイツガ

(*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.) などの針葉樹が、また日本材ではスギ (*Cryptomeria japonica* D. Don), ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* Sieb. et Zucc. ex Endl.) などの針葉樹が主である。これらの材の中で、筆者ら (石井・門屋, 1993) はヒノキ, アカマツ (*Pinus densiflora* Sieb. et Zucc.), ベイマツおよびベイツガには生長阻害物質が多量に含まれていること、さらに堆積を十分に行わなければ、堆肥中に抑制物質が残存し、作物の生育を著しく阻害する可能性があることを報告した。また、ヒノキ材のように、材中に抗菌性物質を含むもの (善本, 1983) は材の腐朽が困難で、短期間

1992年9月1日 受理

本報告の一部は平成2年度科学研究費補助金 (一般研究 C, 02660035) によって行われた。本報告の概要は昭和61年度園芸学会秋季大会および平成2年度園芸学会秋季大会において発表した。

の堆積では良質な堆肥作製が難しいことも考えられる。筆者らはこれまでもいくらかの木材腐朽菌（トリコデルマ (*Trichoderma harzianum*, *Trichoderma hamatum*), カイガラタケ, カワラタケおよびスエヒロタケ) を用いてヒノキおがくずや樹皮の腐朽を試みたが、腐朽が非常に困難であった。しかし、抑制物質を含む材、特にヒノキは抑制物質を含んでいても今後さらに使用度が増加することが予想されるために、これらの材からのおがくずや樹皮を積極的に利用していく方法を探らなければならない。

一方、スギのおがくずや樹皮は、生育阻害物質の存在による問題が少ないことが前報（石井・門屋, 1993）で明らかにされたので、この材はカンキツ園の土壤管理において有効な資材になることが考えられる。

ここではスギ樹皮の利用、並びにヒノキ樹皮中の抑制物質の除去方法について調査・検討を行った。

材料および方法

1. スギ樹皮の利用

愛媛県松山市内の製材所から生のスギ樹皮を入手し、以下の実験を行った。

1) スギ樹皮のマルチ処理と土壤混和处理

ウンシュウミカンの‘青島温州’（カラタチ台）2年生樹を用い、10号鉢下で樹の生育や養分吸収に及ぼすスギ樹皮マルチ処理と土壤混和处理の効果について比較調査した。1987年3月26日、苗木植え付け時に両処理区とも1鉢当たりスギ樹皮小片（数cmの長さに切断）を乾物重（以下DW）で300g（4t（DW）/10a相当）を施用した。対照区はスギ樹皮無施用区とした。なお、実験は各処理3反復で行った。施用8か月後に解体調査を行い、全生体重、地下部重および細根（根の太さ2mm以下）重を測定した。また、解体直前に富士グリーンメーターでクロロフィル含量を測定した。

2) スギ樹皮マルチ処理と樹の生育

1986年4月3日、愛媛大学教育学部園場（平地園）に‘宮内伊予柑’2年生樹を2.6m間隔で植え付けた直後、幹を中心に半径0.7m内にスギ樹皮を10aで4t（DW）（1樹当たり新鮮重（以下FW）で15kg）相当をマルチ処理した。ヒノキ樹皮（生の状態）もスギ樹皮の場合と同様に施用し、比較調査を行った。スギ樹皮およびヒノキ樹皮の形状は製材所から入手した状態のままで使用した。以下の実験でもほぼ同様の形状のものをを用いた。対照区はくわあるいは除草剤で裸地状態とした。生育調査は1987年3月26日および1988

年4月12日に行った。なお、実験は6反復とした。

また、傾斜地園にすでに栽植されている‘宮内伊予柑’3年生樹を用いて、前述と同様の方法で幹周辺にマルチ処理を行った。スギ樹皮の施用量は10a当たり4t（DW）あるいは8t（DW）（1樹当たり15あるいは30kg（FW））とし、1985年5月のみ処理の区と1985年5月および1986年4月の2年連続の処理区も設けた。対照区は除草剤による雑草管理区である。各処理区の樹の生育状態を3年間にわたって調査した。また、葉内の無機主要5要素含量は1985年10月上旬に採葉したものを前報（Ishii・Kadoya, 1984）と同様な方法で分析した。落葉枚数は1985年11月中旬から5か月間の落葉を調査したものである。実験は6反復とした。なお、両調査園ともに、せん定は行わなかった。施肥は愛媛県の施肥基準を参考にして行った。

3) スギ樹皮マルチ処理と果実の品質

傾斜地園（‘宮内伊予柑’高接ぎ10年生樹）および平地園（‘宮川早生’8年生樹、‘南柑20号’8年生樹および‘宮内伊予柑’8年生樹）において、スギ樹皮マルチ処理がカンキツ果実の品質に及ぼす影響を調査した。傾斜地園の対照区は除草剤による雑草管理区であり、平地園のそれは、くわあるいは除草剤で裸地状態にした区である。スギ施用量は第3表および第4表に示すとおりで、各処理面積は最低40m²とし、各処理区から1樹当たり10果を採取した。なお、スギ樹皮の形状は2)項と同様である。施肥は愛媛県の施肥基準を参考にして行った。果実品質の調査は、ウンシュウミカンでは収穫直後に、イヨでは収穫直後と室内貯蔵後の2月中・下旬に、果汁中の糖および遊離酸、並びに果実の色調を調査した。糖度は屈折糖度計を用いて、遊離酸含量は0.1N水酸化ナトリウムで中和滴定した後クエン酸に換算して求めた。果実の色調は、果実の赤道部についてデジタルカラーメーター（東京電色社製）で測定した。

4) スギ樹皮マルチと土壤水分および地温の変化

土壤水分の測定はテンシオメーターを、地温の測定は地温計あるいはサーミスタを用いて行った。これらの器具を、2)項の傾斜園において、幹から30cmのところに深さ別に設置し、定期的に15時の土壤水分および地温を測定した。なお、サーミスタによる温度測定ではデータ収録装置で温度の日変化を詳細に調査した。

2. ヒノキ樹皮中の生育阻害物質の除去方法

スギ樹皮の場合と同様に、松山市内の製材所から生のヒノキ樹皮を入手し、以下の調査を行った。

1) 熱分解による方法

ヒノキ樹皮 (数 cm の長さに切断) 200 g (DW) を 5 liter のビーカーに入れ、樹皮が完全に浸かるまで蒸留水 (あらかじめ加熱) 4 liter を加えた後、ホットプレート上で沸騰させて抑制物質の残留を調査した。加熱した樹皮を一定時間おきに採取し冷却させた後、温水 (60℃) 中に 1 昼夜浸漬し阻害物質を抽出した。その後、この抽出液を東洋ろ紙 No. 5C でろ過し、イネ (品種: 日本晴) の生物検定 (石井・門屋, 1993) にかけた。生物検定における対照区は蒸留水のみ状態でのイネの生育を調査したものである。なお、実験は 4 反復とした。

2) 酸処理による方法

ヒノキ樹皮 (実験 2 の 1) 項と同様のもの 10 g (DW) を第 6 表に示す酸溶液と温水 (60℃) のそれぞれ 100 ml に室温下で 1 昼夜浸漬させた後、東洋ろ紙 No. 5C でろ過した。ろ液は廃棄し、残った樹皮は酸溶液を取り除くために 2 liter の蒸留水で洗浄した。なお、温水浸漬区でも同様に行った。その後、これらの樹皮を 100 ml の温水 (60℃) に 1 昼夜浸漬し、ろ液をイネの生物検定にかけた。生物検定における対照区は蒸留水のみ状態でのイネの生育を調査したものである。実験は 4 反復で行った。なお、ユズ果汁のクエン酸含量は 5.7% であった。

3) アルカリ処理による方法

ヒノキ樹皮 (実験 2 の 1) 項と同様のもの 10 g (DW) を第 6 図に示すアルカリ溶液を用い、実験 2 の 2) 項と同様の方法で阻害効果を調査した。抽出液中のタンニン含量は Loewentahl 法 (井上・飯塚, 1976) で、またカラタチの生育を著しく阻害する縮合性タンニンは前報 (石井・門屋, 1993) と同様にして測定した。

さらに、ドラム缶 (200 liter) 内でヒノキ樹皮 (20 cm 程度の長さに切断) をアルカリ溶液 (0.1% 生石灰および 0.1% 水酸化ナトリウム) あるいは水に 1 週間浸漬した後、水で洗浄し実験に供試した。この樹皮をカラタチ実生 2 年生を植え付けた 10 号鉢に 10 a 当たり 4 t (DW) 相当をマルチ処理し、樹の生育に及ぼす影響を調査した。解体調査はマルチ処理開始約 5 か月後に行った。なお、実験は 4 反復とした。

結 果

1. スギ樹皮の利用

第 1 図は鉢栽培下でスギ樹皮マルチ区および土壌混和区における樹の生育を調査した結果を示している。土壌混和区では、対照区 (花こう岩土壌のみ) と比べて、クロロフィル含量に差異がみられなかったが、樹体生長が抑制され、特に細根が少なくなり、根の枯込みも多かった。しかし、マルチ区は樹体生長およびクロロフィル含量に差が認められなかった。

第 1 表は平地園におけるスギ樹皮およびヒノキ樹皮のマルチ処理がカンキツ苗木の生育に及ぼす影響を示

Fig. 1. Leaf chlorophyll content and growth of satsuma mandarin trees in plots where the bark of *Cryptomeria japonica* was used as mulch or soil additives.

C: control,

CJM: mulching of *Cryptomeria japonica* bark (300 gDW/pot of 30 cm diameter and 25 cm depth).

CJS: soil mixed with *Cryptomeria japonica* bark (300 gDW/pot of 30 cm diameter and 25 cm depth).

Vertical bars represent standard error (SE).

Table 1. The growth of *Citrus iyo* trees in a level orchard mulched with the barks of *Cryptomeria japonica* or *Chamaecyparis obtusa*^{*}.

Treatment	Tree height (m)	Tree canopy area (m ²)	Diameter of trunk (cm)
Cotrol ^y	1.10±0.05 ^z	0.89±0.07	3.74±0.22
<i>Cryptomeria japonica</i> bark (4 tDW/10 a)	1.26±0.04	1.10±0.12	3.96±0.20
<i>Chamaecyparis obtusa</i> bark (4 tDW/10 a)	0.93±0.06	0.49±0.06	3.14±0.14

^{*} Mean ± SE.

^y Control: bare ground by using hoes and herbicides.

^z The growth of trees was examined 3 years after the onset of treatments.

している。すなわち、ヒノキ樹皮マルチ区では樹の生育が極めて悪く、処理後3年目になっても生育の回復はみられなかった。しかし、スギ樹皮マルチ区は対照区と比べて、樹高、樹冠面積、幹の太さのいずれにおいても良好であり、生育が旺盛になる傾向が観察された。また、第2表の傾斜園の場合も同様に、いずれのスギ樹皮マルチ区でも、対照区と比較して、樹高、樹冠面積、幹の太さが劣るようなことはなかった。むしろ、スギ樹皮マルチ処理は樹体生長を良好にする傾向がみられた。マルチ処理6か月後の無機主要5要素含量は、4 t (DW) /10 a 区および8 t (DW) /10 a 区ともに対照区と比べて差異が認められなかった(第2図)。

第3表および第4表はスギ樹皮マルチ処理が果実の

Fig. 2. Nutrient content of leaves from *Citrus iyo* trees mulched with the bark of *Cryptomeria japonica*. (CJ)

C: plot with herbicide application.

CJ: plot mulched (4 tDW/10 a⁻¹) in late May 1985.

CJ2: plot mulched (8 tDW/10 a⁻¹) in late May 1985.

Vertical bars represent SE.

品質に及ぼす影響を示している。すなわち、いずれの園地においても、対照区と比較して、10 a 当たり 4 t (DW) 施用以下ならば果実品質の悪影響がみられなかった。しかし、第3表における傾斜地園のスギ樹皮2年連続マルチ(8 t (DW) + 4 t (DW) /10 a) 区では糖含量や糖酸比が低くなる傾向が認められた。

第3図はスギ樹皮マルチ区における土壌水分および地温の変化を示している。すなわち、マルチ区は夏の高温時にみられた土壌の乾燥を防止し、地温の上昇を抑制する効果が高かった。本調査結果は、スギ樹皮4 t (DW) /10 a 施用区のものであるが、8 t (DW) /10 a 施用区でもほぼ同様な傾向を示した。第4図は冬季の地表周辺の気温や地温の変化を詳細に調査した結果である。8 t (DW) /10 a 施用区における地表下30 cmの地温はスギ樹皮マルチ区と対照区との間にはほとんど差異がみられなかった。表層土近くになると、マルチ区の地温は対照区と比べて14~18時ごろ2~3℃低かったが、これ以外の時間帯では高く、特に夜間における両区の温度差は5℃程度もあった。同様な傾向が3月から5月にかけても観察された。地表上5 cmの気温は、対照区と比べて夜間ではほとんど差がみられなかったが、日中では気温が著しく上昇した。なお、4 t (DW) /10 a 施用区でもほぼ同様な傾向がみられた。

第5図は冬季における落葉を調査した結果である。

すなわち、スギ樹皮マルチ処理の落葉枚数は、4 t (DW) /10 a 区および8 t (DW) /10 a 区とともに、対照区の場合と差異が認められなかった。

2. ヒノキ樹皮の利用

第1表に示すように、生のヒノキ樹皮をマルチ資材として用いた場合には樹の生育が著しく阻害されるこ

Table 2. The growth of *Citrus iyo* trees on a sloping hillside orchard mulched with the bark of *Cryptomeria japonica*.

Treatment ^z		Tree height (m)				Tree canopy area (m ²)				Diameter of trunk (cm)	
		0	1	2	3	0	1	2	3	0	3(years)
Control		0.44 a ^y	0.79 a	0.95 a	1.14 a	0.05 a	0.26 a	0.40 a	0.54 a	1.45 a	3.73 a
<i>Cryptomeria japonica</i> bark	A	0.49 a	0.95 a	1.21 a	1.28 a	0.10 a	0.45 a	0.66 a	0.71 a	1.45 a	4.53 a
(4 tDW/10 a)	B	—	—	1.19 a	1.36 a	—	—	0.80 a	1.14 b	1.75 a	5.08 b
<i>Cryptomeria japonica</i> bark	A	0.41 a	0.84 a	1.04 a	1.34 a	0.08 a	0.45 a	0.76 a	0.98 a	1.60 a	4.52 a
(8 tDW/10 a)	B	—	—	0.91 a	1.17 a	—	—	0.63 a	0.72 a	1.38 a	4.00 a

² Control: plot with herbicide application.

A: plot mulched in late May 1985.

B: plot mulched in late May 1985 and late April 1986.

^y Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 3. The harvest and post-storage qualities of *Citrus iyo* fruits gathered from trees growing on a sloping hillside orchard mulched with the bark of *Cryptomeria japonica* (Cj).

Treatment ^y	After harvest						After storage					
	Fruit juice			Peel color			Fruit juice			Peel color		
	Brix(°)	A ^z (%)	SAR	L	a	b	Brix(°)	A(%)	SAR	L	a	b
Control	10.7 a ^x	1.81 a	5.91 a	58.8 a	30.5 a	28.8 a	12.3 a	1.61 a	7.64 a	56.2 a	38.0 a	25.9 a
1986	CJ1	10.9 a	1.81 a	6.02 a	57.7 a	33.2 a	12.1 a	1.56 a	7.76 a	59.9 a	39.1 a	25.5 a
	(4 tDW/10a)											
	CJ2	9.9 b	1.77 a	5.59 b	56.9 a	30.6 a	11.1 b	1.60 a	6.94 b	56.6 a	37.4 a	26.2 a
	(8 tDW+4 tDW/10a)											
Control	10.1 a	1.56 a	6.47 a	61.8 a	26.6 a	30.2 a	10.9 a	1.25 a	8.72 a	57.8 a	33.2 a	27.4 a
1987	CJ1	10.2 a	1.61 a	6.34 a	61.2 a	26.7 a	10.9 a	1.34 a	8.13 a	56.9 a	32.4 a	26.7 a
	(4 tDW/10a)											
	CJ2	10.0 a	1.63 a	6.13 a	61.7 a	26.9 a	10.5 a	1.48 b	7.09 b	57.5 a	33.6 a	27.0 a
	(8 tDW+4 tDW/10a)											

^z A: acids, SAR: soluble solid-acid ratio.^y CJ1: plot mulched (4 tDW/10a) in late May 1986.

CJ2: plot mulched (8 tDW/10a) in late May 1985 and (4 tDW/10a) in late May 1986.

^x Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

とが明らかとなった。そこで、ヒノキ樹皮の利用に当たってはあらかじめ使用前に生育阻害物質を除去する方法が必要と考えられ、以下の検討を行った。

沸騰処理がヒノキ樹皮中の生育阻害物質の除去に及ぼす効果を調査した結果は第5表に示すとおりである。すなわち、ヒノキ樹皮のイネに対する阻害効果は沸騰処理によって消失する傾向がみられ、沸騰1時間後にはすでに阻害効果が認められなかった。

第6表および第6図は酸およびアルカリ処理がヒノキ樹皮中の生育阻害物質の除去に及ぼす効果を調査した結果である。すなわち、いずれの酸処理区においてもイネの生育は温水（酸無処理）区の場合とほぼ同程度の阻害効果がみられ、酸処理ではヒノキ樹皮中の抑制物質を除去できなかった。アルカリ溶液による効果を調査した結果、温水（アルカリ無処理）区における樹皮からの温水抽出液はイネの根の生長を著しく阻害したが、0.1%生石灰、0.1%消石灰および0.01N水酸化ナトリウム溶液のいずれのアルカリ処理区の樹皮からの温水抽出液でも阻害効果がみられなくなった。なお、ヒノキ樹皮のアルカリ溶液浸漬後の水は非常に赤かった。

第7図はアルカリ処理したヒノキ樹皮がカラタチ実生苗の生育に及ぼす影響を示している。すなわち、アルカリ無処理（生の状態のもの）や、水に浸漬した

けのヒノキ樹皮によるマルチ区では生育が悪く、特に細根重（根の太さ2mm以下）が著しく低下した。しかし、アルカリ処理したヒノキ樹皮によるマルチ区では生育阻害が全く観察されず、むしろこれらのマルチ区では対照（樹皮無施用）区よりも生育がやや良好になる傾向が認められた。

第7表はアルカリ処理がヒノキ樹皮中の主要な生育阻害物質であるタンニン含量に及ぼす影響を調査した結果を示している。すなわち、いずれのアルカリ溶液浸漬区においても、タンニン含量は温水浸漬区の場合と比べて減少する傾向がみられた。特に、カラタチ樹の生育を著しく阻害する縮合性タンニン含量の減少は、0.1%生石灰および0.1%消石灰溶液浸漬区で顕著であった。

考 察

最近、マツ枯れが問題となった山林ではヒノキやスギの苗木が植林されている。このため今後、ヒノキやスギの廃材が増加することが予想され、それらの樹皮やおがくずの利用を考えておく必要がある。この点、スギ材の場合は生のままでもマルチ資材としての利用が可能であることを本実験は明らかにした。最近、スギ樹皮は洋ラン類の培地材料としても有効であることが報告されている（峯岸・久地井, 1989）。これはスギ材中に生育阻害物質がほとんど含まれていないこと

Table 4. The harvest and post-storage qualities of citrus fruits gathered from trees growing in a level orchard mulched with the bark of *Cryptomeria japonica* (CJ).

	Treatment ^y	After harvest						After storage					
		Fruit juice			Peel color			Fruit juice			Peel color		
		Brix (°)	A ^z (%)	SAR	L	a	b	Brix (°)	A (%)	SAR	L	a	b
Satsuma mandarin 'Miyagawa wase'	Control	9.7 a ^x	1.27 a	7.63 a	—	—	—						
	1886 CJ (2 tDW/10a)	8.7 a	1.14 a	7.63 a	—	—	—						
	CJ (4 tDW/10a)	8.5 a	1.16 a	7.33 a	—	—	—						
	Control	8.5 a	1.04 a	8.17 a	62.4 a	25.1 a	30.5 a						
	1987 CJ (2 tDW/10a)	9.4 a	1.02 a	9.22 a	62.0 a	28.3 a	30.3 a						
	CJ (4 tDW/10a)	8.7 a	1.00 a	8.70 a	63.2 a	26.1 a	31.2 a						
Satsuma mandarin 'Nankan20'	1886 Control	11.0 a	1.25 a	8.80 a	—	—	—						
	CJ (2 tDW/10a)	11.2 a	1.31 a	8.55 a	—	—	—						
	Control	9.1 a	1.16 a	7.84 a	60.6 a	26.6 a	29.3 a						
	1987 CJ (2 tDW/10a)	9.5 a	1.04 a	9.13 a	61.3 a	26.7 a	29.4 a						
Citrus iyo 'Miyachi- iyokan'	1886 Control	10.3 a	1.95 a	5.28 a	58.7 a	29.7 a	28.1 a	11.1 a	1.70 a	6.53 a	57.8 a	36.9 a	27.1 a
	CJ (4 tDW/10a)	10.2 a	2.09 a	4.88 a	58.5 a	31.3 a	27.7 a	10.7 a	1.70 a	6.29 a	56.5 a	38.1 a	26.4 a
	Control	10.2 a	1.80 a	5.66 a	62.0 a	28.7 a	30.4 a	10.4 a	1.39 a	7.48 a	57.1 a	33.5 a	26.7 a
	1987 CJ (4 tDW/10a)	9.9 a	1.73 a	5.72 a	60.2 a	27.4 a	29.1 a	10.5 a	1.44 a	7.29 a	54.2 a	34.8 a	24.0 a

^z A: acids, SAR: soluble solid-acid ratio.^y Mulched in late May 1986.^x Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.

によるものと考えられる (石井・門屋, 1993)。ただし、スギ樹皮マルチの施用量は2年連続施用でも総量で10a当たり4t (DW) 程度までとするのが望まれる。第3表の(8t (DW) +4t (DW)) /10a区のように、多量施用区では果実品質、特に果汁の糖含量を低下させる傾向があるからである。多量施用区におけるマルチ層の厚さは数cm程度にもなり、土壌が加湿な状態になることが果実品質の低下に関与していると思われる。また、スギ樹皮を生のみで土壌に埋め込まないように注意する必要がある。炭素率の高い樹皮やおがくずを土壌に混和した場合、窒素飢餓による生

育障害が普通発生することが知られているが (橋元, 1977; 河田, 1981), 第1図に示すように、スギ樹皮の場合には明らかな窒素飢餓の症状は観察されなかった。現在のカンキツ園の施肥体系 (窒素を年間10a当たり20~30kg程度施用) では、スギ樹皮の土壌混和による生育障害の原因は窒素飢餓よりもむしろスギ樹皮の分解過程で生成されるエチレンが主要な生育阻害物質 (石井・門屋, 1993) のように思われる。これまでに、筆者ら (Ishii・Kadoya, 1984) は未熟成の有機物を施用した土壌ではカンキツ樹の生育を阻害するほどのエチレンが発生していることを明らかにして

Fig. 3. Comparisons of soil temperature and moisture content (3 PM) between plots of *Citrus iyo* trees mulched with the bark of *Cryptomeria japonica* and clean cultivated plots.

---: plot with herbicide application.

—: plot mulched (4 tDW/10 a) in late May 1985.

Left: above=5 cm depth, below=25 cm depth.

Right: above=10 cm depth, below=30 cm depth.

Fig. 4. Comparisons of diurnal changes in air and soil temperatures between plots of *Citrus iyo* trees mulched with the bark of *Cryptomeria japonica* and clean cultivated plots. Data collected on 16 Feb. 1986.

---: plot with herbicide application.

—: plot mulched (8 tDW/10 a) in late May 1985.

A: 5 cm above from the soil surface, B: 5 cm depth in the soil, C: 30 cm depth in the soil.

Fig. 5. Comparisons of the degree of defoliation in winter among *Citrus iyo* trees grown in clean cultivated plots and plots mulched with the bark of *Cryptomeria japonica* (CJ) at two levels.

C: plot with herbicide application.

CJ: plot mulched (4 tDW/10 a) in late May 1985.

CJ2: plot mulched (8 tDW/10 a) in late May 1985.

Horizontal bars represent SE.

おり、生のスギ樹皮を施用した土壌から発生するエチレン (石井・門屋, 1993) はカンキツ樹の生育を阻害するほどの濃度に高まることが考えられる。実際に、

エチレン濃度を調整したガスを土壌に処理して、カンキツ樹の生育に及ぼす影響を調査した結果では、エチレンの根への作用はある一定濃度 (0.05 ppm 前後) を境に、これよりも高濃度で阻害、また低濃度で促進、特に根の伸長を促す傾向が認められることが明らかになっている (Ishii・Kadoya, 1984)。

有機資材によるマルチは土壌の乾燥を防ぎ表層土の地温の急激な変化をやわらげて土壌微生物の働きを盛

Table 5. Effect of boiled *Chamaecyparis obtusa* bark on the growth of rice seedlings^y.

Hours of boiling	Second leaf sheath length (cm)	Root length (cm)
0	1.44±0.20 ^z	0.99±0.16
1	2.25±0.11	4.45±0.41
2	2.48±0.10	4.82±0.43
3	2.47±0.08	4.57±0.06
4	2.78±0.06	4.90±0.30
Control (water)	2.34±0.11	4.46±0.31

^z Mean ± SE.^y Water extracts from boiled *Chamaecyparis obtusa* bark (0.2 gDW) were used.**Table 6.** Effect of water extracts of *Chamaecyparis obtusa* bark treated with different acid solutions on the growth of rice seedlings.

Treatment ^y	Second leaf sheath length (cm)	Root length (cm)
Acetic acid 6%	2.27 ab ^z	3.87 bc
Citric acid 6%	2.50 a	3.95 b
Lactic acid 6%	2.00 b	3.80 bc
<i>Citrus junos</i> juice	2.23 ab	2.43 c
Hot water (60°C)	1.98 b	2.73 c
Control (water)	2.50 a	6.20 a

^z Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 5% level.^y *Chamaecyparis obtusa* bark (10 gDW) was steeped in 100 ml of each acid solution and hot water (60°C, no acid solution). One day later, the solutions were discarded and the residue washed with 2 liter distilled water. The residue was reextracted with hot water (60°C, 100 ml) for a day. The extracts were adjusted to pH 6, and then 2 ml of the extracts were used. The content of citric acid in *Citrus junos* juice was 5.7%.

んにし、土壌構造を改善し、カンキツ樹の根圏を広げさせる働きがある。また、マルチは雑草の繁茂を防いだり、傾斜地園で問題となっている土壌の流亡を防止する働きがあることが知られている（千葉，1982；猪崎，1986）。一方、下大迫・栗山（1971）は、多量に敷ワラを行ったとき、冬季の夜間において、敷ワラ表面が放射で著しく冷却されるために、それに接した気温が著しく低温になって、幼木園などでは特に下枝の凍害を助長する場合があることを報告している。しかし、スギ樹皮の場合、樹皮色が黒っぽいために樹皮が日中暖められ、冬季における夜間の地表面周辺の冷え込みが小さく、落葉などの障害を防止する働きがあるように思われる。

しかし、ヒノキ樹皮の場合には抑制物質が多量に含

Fig. 6. Effect of water extracts of *Chamaecyparis obtusa* bark treated with different alkaline solutions on the growth of rice seedlings.

1: control (water), 2: hot water (60°C), 3: 0.1% CaO, 4: 0.1% Ca(OH)₂, 5: 0.01N NaOH.

Vertical bars represent SE.

Chamaecyparis obtusa bark (10 gDW) was steeped in 100 ml of each alkaline solution and hot water (60°C, no alkaline solution). One day later, the solutions were discarded and the residue washed with 2 liter distilled water. The residue was re-extracted with hot water (60°C, 100 ml) for a day. The extracts were adjusted to pH 6, and then 2 ml of the extracts were used.

Fig. 7. Effect of mulching with *Chamaecyparis obtusa* bark (COB) treated with different alkaline solutions on the growth of trifoliolate orange seedlings.

C: control (no mulching), R: raw COB, W: COB treated with water, Ca: COB treated with 0.1% CaO solution, N: COB treated with 0.01N NaOH solution.

Mean separation within portion by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 7. Tannin content in alkali-treated bark of *Chamaecyparis obtusa* (COB).

Treatment	Tannin (mg/100 gDW COB)	Condensed tannin (Optical density at 460 nm/10 ml isoamyl alcohol · gDW COB)
Hot water (60°C)	478 a ²	0.234 a
CaO 0.1%	352 c	0.063 c
Ca(OH) ₂ 0.1%	378 c	0.078 c
NaOH 0.01N	422 b	0.164 b

² Mean separation within column by Duncan's multiple range test at 1% level.

まれており、家畜ふん尿を混合し堆積する方法で腐熟化させても、抑制物質が存在しない良質な堆肥を簡単に作ることが難しい（石井・門屋、未発表）。この点、本実験の結果は石灰溶液浸漬処理を行ったヒノキ樹皮が堆肥資材だけでなく、マルチ資材としても有効利用できることを示唆している。石灰は古くから堆肥作成にあたって混入する必要があることが唱えられていた（安、1906）。これは石灰が堆肥中の微生物の活動を調整する働きがあるからである（橋元、1977；安、1906）。特に、おがくず、樹皮などの木材片のように、それらの水抽出液が一般に酸性を呈するものでは微生物の活動を円滑にさせるために石灰の混用は不可欠である。従来から知られていたこれらの石灰利用の目的とは別に、本実験では生育阻害効果が大きい縮合性タンニンなどの抑制物質をヒノキ材から取り除き無害なものにする働きを有していることを明らかにした。従って、ヒノキ材などのような抑制物質の存在が問題となる樹種ではあらかじめ生石灰や消石灰溶液で処理した後に土壌改良資材として利用することが望まれる。

摘 要

1. スギ樹皮を生そのままに土壌に混和して使用した場合には樹の生育に悪影響を及ぼすことがある。この原因は土壌中でスギ樹皮が分解されるときに発生するエチレンが関与しているものと思われた。しかし、マルチ資材としてスギ樹皮を使用した場合には樹の生育、養分吸収、果実の品質などに悪影響を及ぼすことはなく、むしろ夏季の土壌乾燥を防止したり、地温の急激な変化をやわらげることによって、樹の生育が対照区と比べて旺盛になる傾向が観察された。ただし、マル

チ資材としてのスギ樹皮の多量使用は果実品質を低下させる傾向があるので、使用量は10a当たり4t(DW)までに抑える必要がある。

2. ヒノキ材の場合、樹皮などに生育抑制物質が多量に含まれており、家畜ふん尿を混合し堆積する方法で腐熟化させても、抑制物質の存在しない良質な堆肥を簡単に作ることが難しい。そこで、堆積前にあらかじめ抑制物質を除去する方法として、熱、酸およびアルカリ溶液浸漬処理を試みたところ、熱処理およびアルカリ溶液浸漬処理で有効な結果が得られた。特に、カラタチなどの生育を著しく阻害する縮合性タンニン含量は石灰（0.1%生石灰および0.1%消石灰）溶液に浸漬処理すると効果的に減少し、生育阻害効果が消失した。

引用文献

- 千葉 勉. 1982. 果樹園の土壌管理と施肥技術. p. 72-79. 博友社. 東京.
- 橋元秀教. 1977. 有機物施用の理論と応用. 農文協. 東京.
- 猪崎政敏. 1986. 果樹園芸. p. 121-161. 地球社. 東京.
- 井上吉之・飯塚義富. 1976. 皮革化学実験法. p. 1079-1116. 京都大学農学部農芸化学教室編. 農芸化学実験書（増補）第3巻. 産業図書. 東京.
- Ishii, T. and K. Kadoya. 1984. Growth of citrus trees as affected by ethylene evolved from organic materials applied to soil. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 53: 320-330.
- 石井孝昭・門屋一臣. 1993. カラタチおよびイネの生長に及ぼすスギ並びにヒノキ材中の生育阻害物質について. 園学雑. 62: 285-294.
- 河田 弘. 1981. パーク（樹皮）堆肥製造・利用の理論と実際. 博友社. 東京.
- 峯岸長利・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.
- 下大迫三徳・栗山隆明. 1971. ミカン園の気象災害に関する研究. (第1報). 温州ミカンの樹齢としきわらの方法が微気象に及ぼす影響について. 福岡園試研報. 10: 35-44.
- 安 資農夫. 1906. 堆肥肥料製造使用方法書. p. 172-173. 熊沢喜久雄編. 1984. 明治農書全集第10巻. 東京.
- 善本和孝. 1983. 菌と木材成分. p. 151-160. 今村博之・安江保民・岡本 一・横田徳郎・後藤輝男・善本和孝編. 木材利用の化学. 共立出版. 東京.