

樹皮の土壌改良材としての利用 (第1報)

野積樹皮の成分経時変化と植物生育に及ぼす影響

田近克司*, 高野了一*
水本克夫*, 茅原正毅*

Utilization of Bark for Soil Conditioner I. Quantitative change of components in bark piled on open yard and effect of application of the bark on plant growth

TAJIKA, Katsushi*, TAKANO, Ryoichi*
MIZUMOTO, Katsuo* and KAYAHARA, Masaki*

In order to utilize Siberian softwood barks piled on open yard as a cheaper source of soil conditioner, studies were conducted on (a) the quantitative change of components in bark piled on open yard for 4 years, (b) effect of water extracts of the barks on plant growth, and (c) relationship between periods of piling and plant growth. The results were summarized as follows:

- 1) Weight loss was about 30% of the original weight of barks, and the C/N ratio changed from 177 to 83 after 4 years of piling. The amount of extracts in the barks piled on open yard decreased remarkably as piling period was lengthened. The amount of extracts with cold and hot water, hexane, acetone and methanol decreased markedly after 1 year of piling. However, quantitative change of the main components such as hemicellulose, cellulose and lignin were relatively small.
- 2) Results of bioassay employed on seedlings of vegetables, cherry pollen and duckweed showed that cold and hot water extracts from karamatsu (*Larix sp.*) and ezomatsu (*Picea jezoensis Carr.*) barks inhibited the growth of those plants.

The phytotoxic substances in water extracts were considered to be mainly phenolic compounds.

- 3) The pot experiment on growth of vegetables on 48th day after seeding showed that total yields of radish from pots with application of bark piled for over 1 year were equal to or higher than that of the control. The yields of radish and spinach from pots with application of less than 20(V/V)% bark piled for 4 years were approximately 1.3 times higher than those of the controls on 78th day after seeding. These results indicated that application of piled bark improved plant growth as piling period was lengthened.

1991年7月5日受理

本報告の一部は第41回日本木材学会大会(松江)で発表した。

* 木材試験場

野積樹皮を安価な土壌改良材として利用することを目的に、ソ連材樹皮を高さ50cmに野積し、4年間にわたる樹皮成分の経時変化、植物生育に及ぼす樹皮水抽出物の影響および野積期間と植物生育性との関係について検討した。その結果は次のとおりである。

- 1) 4年間の野積で、樹皮乾物重量は約30%減少し、またC/N比は177から83に低下した。成分中、抽出物が最も大きく変化し、冷水および熱水抽出物ならびにヘキサン、アセトン、メタノールの各抽出物は、いずれも野積1年で急激に減少した。主要3成分のヘミセルトース、セルロースおよびリグニンの変化は比較的小さかった。
- 2) ソ連産カラマツおよびエゾマツ樹皮の冷水および熱水抽出物が植物の生育を阻害することが、野菜種子およびウキクサ、サクラ花粉による幼植物検定で確認された。また、抽出物中の生育阻害物質は主にフェノール成分と推定された。
- 3) 野積樹皮施用による野菜の素焼鉢栽培試験では、1年以上野積した樹皮施用区におけるダイコンの生育性は、樹皮無施用区のそれと同等あるいはそれ以上であった(播種後48日)。また、野積4年区で、施用量20%以下の場合、ダイコン、ハウレンソウとも樹皮無施用区に比べ、苗の全体重が約30%大きくなり、長期野積の効果が現われた(播種後78日)。

1. はじめに

本県はわが国最大のソ連材の輸入・加工基地であり、その荷揚げ、流通、加工の過程で、年間約5～6万トン(乾物重量)の樹皮が発生する。これらは、現状ではその一部がパーク堆肥原料等に利用されているにすぎず、さらに大量の需要を期待できる利用方法の開発が重要な課題になっている。

一方、農業分野においては化学肥料の普及に伴い、有機物の施用量が次第に減少した結果、各種の連作障害や土壌悪化が進み、農耕地の地力維持のため、有機物施用の重要性が見直され、各地で有機物施用を中心とした「土づくり運動」が展開されている。

樹皮はリグニンやセルロースに富むため、これを土壌施用した場合、腐植の集積量が多く土壌改良効果も高いと考えられるが、新鮮な樹皮は、植物生育阻害成分を含むため、そのままでは施用できず、通常は樹皮に窒素源を添加し、発酵させることで阻害が生じないようにしたパーク堆肥が使われている。

しかし、パーク堆肥は水田等の土壌改良のためによく用いられるケイカルや鶏糞に比べて、価格が2～3倍高いことが、広く農業用途に利用されない一因になっている。

そこで、本研究では樹皮を野積し、自然腐朽させることによって、安価な土壌改良材を得ることを目的に、①野積樹皮の成分経時変化、②植物生育に及ぼす樹皮水抽出物の影響、③野積期間と植物生育性の関係を検討した。

これまで野積樹皮の成分変化については、ベイツガ¹⁾および国産広葉樹²⁾に関する報告があるが、同一の樹皮を長期にわたり経時的に追跡調査したものではなく、また野積樹皮の施用による植物生育性への影響も明らかにされていない。

なお、本研究は県内6研究機関による共同研究(樹皮の農林畜産用資材としての新用途開発)の一環として行ったものであり、農試、野菜・花き試、畜試では、図-1に示すように、野積樹皮を用いて、水稻、野菜、チューリップ、牧草の栽培試験を行った³⁾。

2. 実験方法

2.1 供試樹皮および野積方法

県内樹皮粉碎工場のパークシュレッダーで粉碎された比較的新鮮なソ連材樹皮(エゾマツ、カラマツ混合)を試料に用い、これを木材試験場構内の敷地に、10×10mの枠内に高さ50cmに堆積した。

また、分析用には同樹皮約1kgをポリエステル製網袋(33×50cm)に収納し、堆積高さの中間部12箇所⁴⁾に埋設し、これを半年ごとに回収した。

野積は1986年12月中旬から4年間行った。

2.2 分析方法

回収試料は重量測定の後、風乾してからワイレーミルで32メッシュ以下に粉碎し、以下の分析に供した。

1) pH, EC

液比 1:10で1時間振とう後、pHメーター(東洋

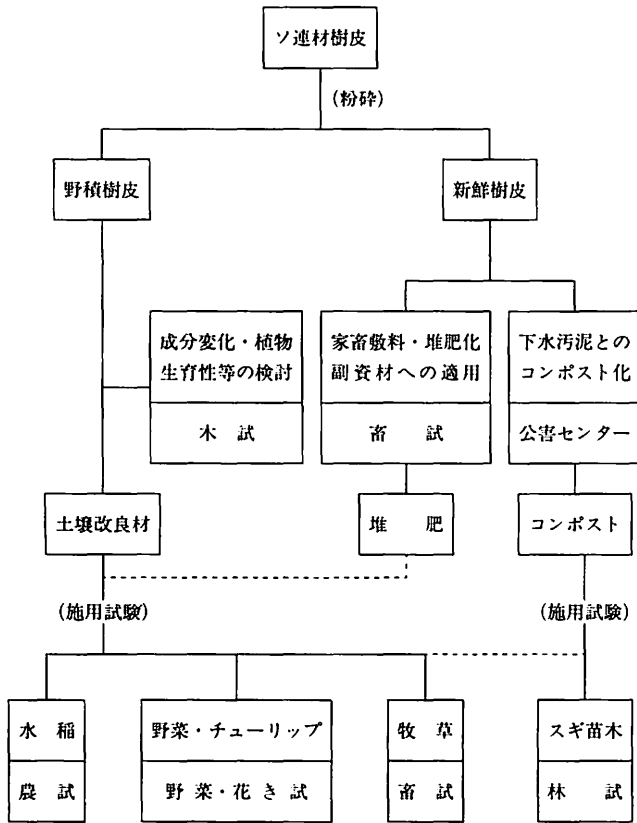


図-1 「樹皮の農林畜産用資材としての新用途開発」の研究フロー

製作所PD-5D)およびECメーター(東亜電波工業CM-2A)で測定した。

2) 全炭素, 全窒素

全炭素はチューリン法⁶⁾, 全窒素はケルダール法⁷⁾で測定した。

3) 全フェノール量

冷水および熱水抽出液を試料に用い, Folin-Denis法⁸⁾で測定した。値はカテキン換算で表示した。

4) 灰分, 抽出物および主要有機成分

灰分, 冷水抽出物および熱水抽出物はJIS法に準じた。有機溶媒抽出物はヘキサン, エーテル, アセトン, メタノールの順に逐次抽出し, 定量した。またヘミセルロース, セルロースおよびリグニン, waksmanの近似分析法⁹⁾を井ノ子が改良した方法¹⁰⁾に準じて定量した。

2.3 樹皮水抽出物の幼植物検定法

ソ連産カラマツおよびエゾマツ樹皮粉砕物を液比1:10で冷水(室温, 24hr浸漬)および熱水(100℃, 2hr浸漬)抽出し, No.2濾紙で濾過後, 濾液を濃縮, 凍結乾燥し, 粉末状の試料を得た。

これを所定濃度の水溶液に調製し, 野菜種子による幼植物検定を行った。すなわち試料濃度0.01, 0.1 および1(W/W)%に調製した水溶液を, シャーレ(直径9cm)内の濾紙へ5mlずつ添加し, 二十日ダイコン(赤丸二十日大根, 第一園芸)およびハクサイ(栃木交配耐病50日白菜, 東北種苗)の種子を20粒ずつ播種し, 4日間恒温槽(25℃, 明14hr, 暗10hr)で培養し, 発芽率, 幼根の伸長率等を測定した。

2.4 野積樹皮による野菜栽培試験

2.1に示した堆積樹皮の中間層から, 試料を1年間隔で採取し, 冷凍保存した。これを使用時に解凍し, 山土(石川県金沢市森本産, 酸性褐色森林土)に対し, 10, 20, 40(V/V)%混合したものを7号素焼鉢(容量3ℓ)に充填し, ダイコン(アサヒ交配春宮重, アサヒ農産)およびホウレンソウ(NSP-901 法連草, ナント

種苗)をそれぞれ6粒/鉢ずつ播種した。施肥量は山土10ℓに対し, 消石灰20g, N 2.5g, P₂O₅ 16.5g, K₂O 4.2gで, 試験区は3連とした。ガラス室内で1990年11月下旬より試験を開始し, 10日後に発芽率, 48および78日後に苗の重量, 葉長, 根長等を測定した。

なお栽培期間中, 上記と同じ配合条件の樹皮・土壌混合物を磁製ポット(容量6ℓ)に充填し, ダイコンを播種した後, 定期的にかん水し, 浸出液の全フェノール量, pHを測定した。

3. 結果および考察

3.1 樹皮成分の経時変化

最初に, 野積樹皮の重量および灰分の変化を図-2に示す。重量(乾物)は堆積期間とともに, 緩やかに減少し, 4年間で約30%の減少率を示した。また灰分は3年間ほとんど変化しなかったが, それ以

降は後述するように主にセルロース、ヘミセルロース等の相対的減少によって、増加傾向を示した。

次に、有機質堆肥の品質指標として用いられるpH、EC（電気伝導度）およびC/N比（全炭素と全窒素の比）の変化を図-3に示す。pHは約4.5から1年後に5.5に上昇し、それ以降の変化は少なかった。pHの上昇は、樹皮中の有機酸、フェノール成分などの酸性物質が降雨により溶脱あるいは微生物分解されたためと考えられる。水溶性塩類の多少を示す指標となるECは、1年間で0.3mmho/cmから0.1mmho/cmに減少し、その後、大きな変化を示さなかった。減少の原因は、降雨による水溶性塩類の溶脱と思われる。有機物の分解程度を判定する指標となるC/N比は堆積期間とともに減少し、堆積時の177が4年後に83となり、ほぼ半減した。これは主に全窒素の相対的增加によるものであり、全窒素は3.5年経過時で0.6%と堆積時の2倍に増加した。

冷水、熱水抽出物および有機溶媒による逐次抽出物の変化を図-4に示す。冷水および熱水抽出物はともに、野積後1年間で急激に減少し、以後漸減傾向を示した。また逐次抽出物では、ヘキサン、アセトンおよびメタノール抽出物の減少割合が大きく、エーテル抽出物も若干減少傾向を示した。

一般に新鮮な木質物は、植物の生育を阻害する物質を含み、それは精油成分やタンニンなどのフェノール成分等であることが指摘されている¹¹⁻¹⁵⁾。本実験では、冷水および熱水抽出物中の全フェノール量を測定した結果、図-5に示すように、いずれも堆積1年で顕著に減少しており、野積によって植物の生育阻害性が低減できるものと思われる。

また、青山ら¹⁶⁾は日本産のカラマツ、エゾマツなどの針葉樹樹皮に含まれるヘキサン、エーテル、アセトン、メタノールの各逐次抽出物がいずれも植物の生育阻害性を示し、特にアセトン、メタノール抽出物はその程度が大きいと報告している。本実験の結果ではこれらの抽出物の減少割合が大きく、これからも野積することは、樹皮中の植物生育阻害物質の低減に有効であることが示唆された。

主要3成分のヘミセルロース、セルロースおよびリグニンの変化を図-6に示す。これよりヘミセルロースの変化は小さく、またセルロースは漸減、リグニンは漸増した。このように主要3成分の見かけ

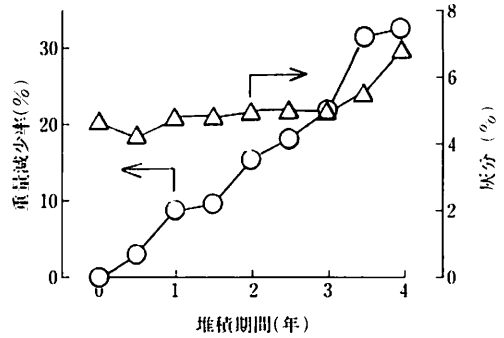


図-2 野積樹皮の重量(乾物)および灰分の経時変化
注) 灰分は樹皮全乾物重量あたりの比率

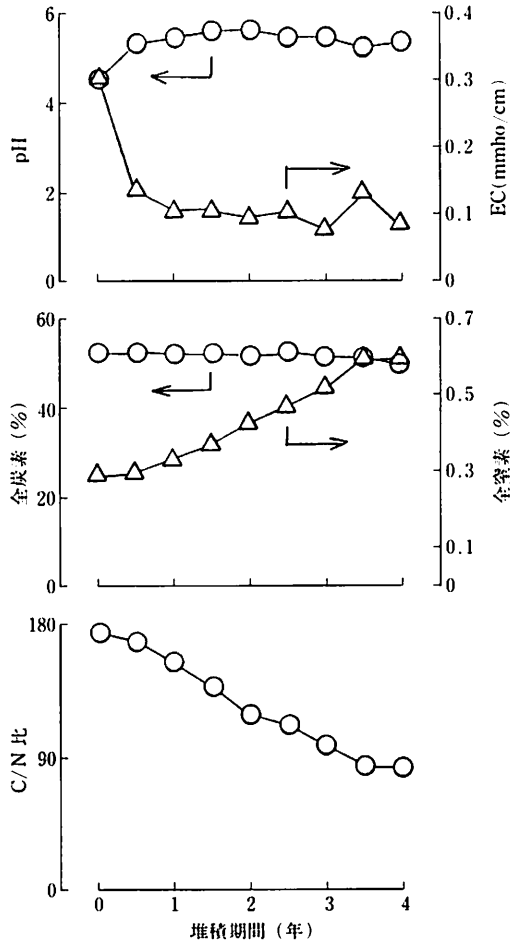


図-3 野積樹皮のPH, EC, 全炭素, 全窒素
およびC/N比の経時変化
注) 全炭素, 全窒素は樹皮全乾物重量あたりの比率

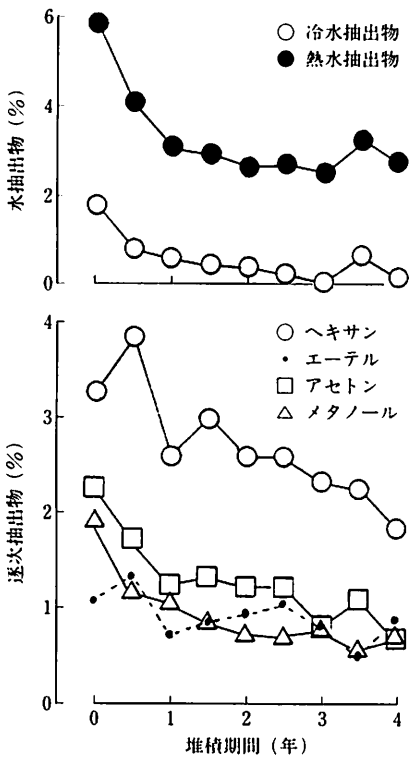


図-4 野積樹皮中の抽出物の経時変化
注) 各抽出物は樹皮全乾物重量あたりの比率

の変化は小さいが、これを重量減少率で補正した絶対量の変化でみた場合、4年間でヘミセルロースは約36%、セルロースは約49%、リグニンは約18%減少しており、多糖類はもちろん、比較的分解が困難なリグニンも実際には分解が進行したことが分かる。

3.2 植物生育に及ぼす樹皮水抽出物の影響

野積樹皮を土壌改良材として利用した場合、かん水や降雨等によって樹皮から溶出される水抽出物が作物の生育に対し、大きく影響するものと推測される。そこで樹皮の冷水および熱水抽出物を試料に用い、これら抽出物が植物生育に及ぼす影響を幼植物検定で検討した。

最初に、供試抽出物の成分組成を表-1に示す。これより明らかなように、カラマツでは冷水、熱水抽出物とも、フェノール類の含有量が多く、いずれも約40%を占める。一方、エゾマツでは主要構成成分は糖類であり、フェール類の含有量は、冷水抽出物で約14%、熱水抽出物で約20%と少ない。

次に、これら抽出物が野菜種子の発芽および幼根

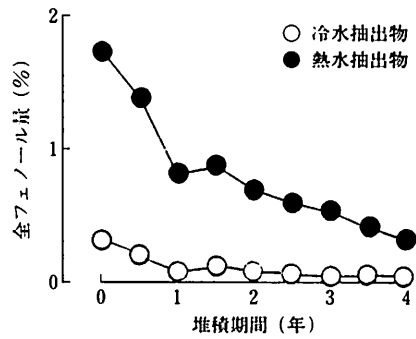


図-5 野積樹皮水抽出物中の全フェノール量の経時変化
注) 全フェノール量は樹皮全乾物重量あたりの比率

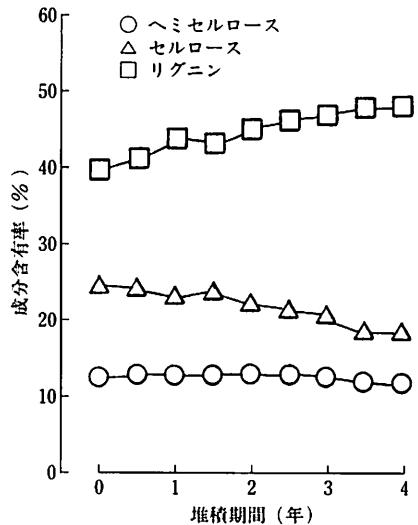


図-6 野積樹皮中のヘミセルロース、セルロースおよびリグニンの経時変化
注) 各成分は樹皮全乾物重量あたりの比率

の生長に及ぼす影響を検討した結果を表-2に示す。なお、幼植物検定には、一般に二十日ダイコン、ハクサイ、キュウリ、トマトなどの種子が用いられるが、植物の種類によって阻害の影響度が異なる¹⁵⁾ため、ここでは二十日ダイコン、ハクサイの2種を選び試験を行った。

まず、発芽に対する影響は、二十日ダイコンの場合、冷水抽出物では濃度0.1%以上、熱水抽出物では濃度1%で阻害が認められた。またハクサイの場合、両抽出物とも濃度1%で阻害が認められた。

一方、幼根に対する影響は、二十日ダイコンの場

合、各抽出物とも濃度1%で伸長生長に阻害が認められ、幼根に褐変が生じた。またハクサイの場合、冷水抽出物では濃度0.1%以上、熱水抽出物では濃度0.01%以上で褐(黄)変を伴った阻害が認められた。

なお、谷田貝¹⁷⁾らの方法に準じて行ったウキクサおよびサクラ花粉による検定でも、阻害の発現濃度が異なるものの、同様の結果が得られ、樹皮中の冷水および熱水抽出物が植物の生育を阻害することが確認された。

抽出物中の植物生育阻害物質は、前述したように主にフェノール類と考えられるが、本実験では、フェノール含有量の少ないエゾマツ水抽出物もカラマツ水抽出物と同様の生育阻害性を示しており、樹種によって含まれるフェノール成分の阻害の強さが異なることが示唆された。

3.3 樹皮の野積期間と植物生育性の関係

表-1 供試水抽出物の組成

試料	全フェノール量 ¹⁾	全糖量 ²⁾	灰分	その他
	(%)	(%)	(%)	(%)
カラマツ冷水抽出物	42.0	31.1	5.8	21.1
カラマツ熱水抽出物	38.0	36.6	3.5	21.9
エゾマツ冷水抽出物	14.1	36.0	10.5	39.4
エゾマツ熱水抽出物	19.6	43.6	6.4	30.4

注 1) カテキン基準(Folin-Denis法), 2)全還元糖×0.9(Somogyi法)

実際に野積樹皮を用いて野菜の栽培試験を行い、苗の生育性に及ぼす野積期間および樹皮施用量の影響を検討した。なお、供試野菜はダイコン(アブラナ科)、ホウレンソウ(アカザ科)の2種で、いずれも冬期に栽培試験を行ったため、耐寒性の強い品種を選んだ。

表-2 野菜の発芽、初期生育に及ぼす樹皮水抽出物の影響

測定項目 (培養期間)	野菜の種類	樹種	冷水抽出物の濃度 (%)			熱水抽出物の濃度 (%)		
			0.01	0.1	1	0.01	0.1	1
発芽率 (1日)	二十日 ダイコン	カラマツ	87	64**	2**	100	83	28**
		エゾマツ	102	75*	2**	106	81	4**
	ハクサイ	カラマツ	106	94	2**	100	108	8**
		エゾマツ	96	108	0**	96	106	12**
幼根長 (4日)	二十日 ダイコン	カラマツ	92	104	8**	121	88	17**
		エゾマツ	121	89	33**	49**	116	44**
	ハクサイ	カラマツ	100	49**	5**	37**	71**	3**
		エゾマツ	107	34**	5**	22**	52**	38**

注) 表中の数値は、コントロールを100とした発芽(生長)指数。
*:危険率5%有意, **:危険率1%有意

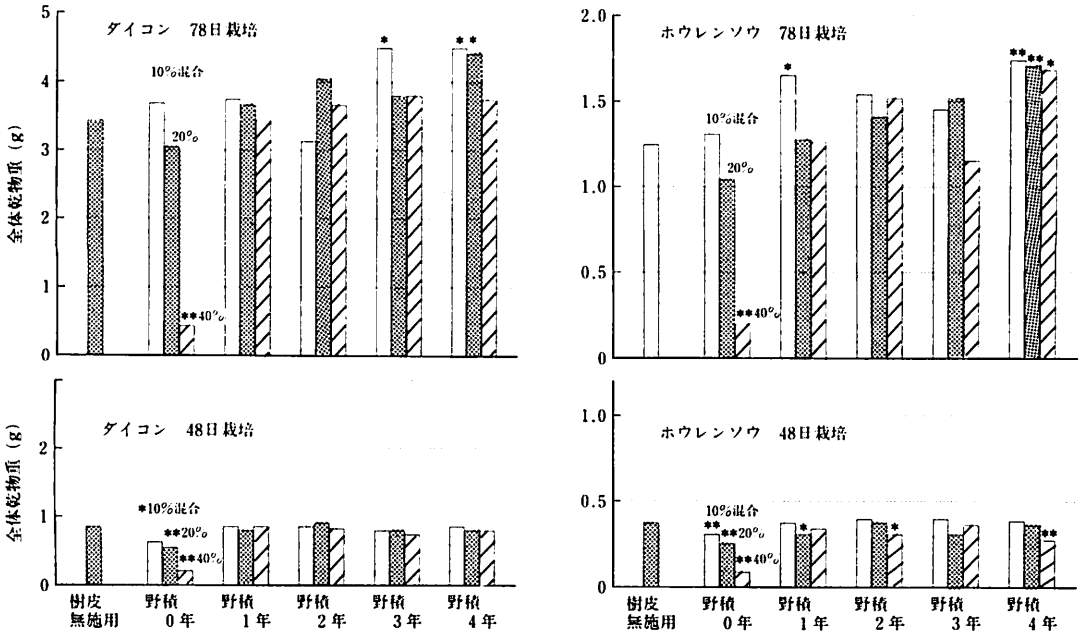


図-7 野菜の生育性(全体重)に及ぼす野積期間の影響

注) *:危険率5%有意, **:危険率1%有意

まず、発芽率はダイコン、ホウレンソウとも野積期間、樹皮施用量の違いによる影響は認められず、樹皮無施用区と同等であった。

次に、苗の生育性に及ぼす影響を図-7に示す。これより、全体乾物重で比較した場合、播種後48日経過時では、ダイコン、ホウレンソウとも野積0年区は樹皮無施用区に比べて小さく、生育阻害が認められ、その程度は樹皮施用量が多いほど顕著であった。しかし、ダイコンの場合、野積1年以上の区はいずれも無施用区と同等の生育性を示した。一方、ホウレンソウの場合、野積1年以上の区は施用量が10%では無施用区と同等の生育性を示すが、それ以上になると生育阻害を生じるものがあった。

このように野積1年以上の区が比較的良好な生育性を示したのは、3.1で述べたように生育阻害物質であるフェノール成分の顕著な減少が主な原因と考えられ、実際にかん水し、溶出するフェノール量も1年以上野積した区は、野積0年区の1/10以下と少なかった。

またホウレンソウに一部生育阻害がみられたのは、樹皮施用量の増加に伴い、かん水による浸出液のpHが7.2から6.6に低下したことから、耐酸性に劣るホ

ウレンソウ¹⁸⁾が軽度の酸性障害を起こしたものと思われる。

播種後78日経過時では、野積0年区の40%施用区以外の樹皮施用区はダイコン、ホウレンソウとも無施用区と同等か、あるいはそれ以上の生育性を示した。特に野積4年区では施用量が10、20%の場合、無施用区に比べて、全体乾物重は約30%大きかった。

この理由の一つとして次のことが考えられる。一般に樹皮など窒素含量が低く、多糖類(ヘミセルロース、セルロース)などの易分解成分を多く含む木質物は土壤施用により、植物の窒素飢餓が起りやすい¹⁹⁾と言われている。これは、土壤微生物により木質物中の易分解成分が急激に分解され、同時に微生物は周囲の土壤からアンモニア態などの無機態窒素を奪取するので、作物が窒素不足となるためである。しかし、野積樹皮は堆積期間とともに相対的に窒素含量が増加し(図-3)、多糖類とくにセルロースも漸減する(図-6)ため、野積期間が長い樹皮ほど窒素飢餓が発生し難くなることが予想される。これについて、金村が本試験に供した樹皮と水田土壌を混合し、土壤中でのアンモニア態窒素の変化を調査した結果、野積期間の長い樹皮ほど微生物による同

窒素の吸収量が減少し、4年以上の野積樹皮では樹皮無施用土壌よりも吸収量が少なくなることを確認しており、本実験の場合も、長期野積によって窒素飢餓の影響が回避されたことにより、野菜の生育性が向上したものと推測される。

なおここでは苗の全体重量による評価のみを述べたが、葉長、葉幅、根径についてもほぼ同様な結果が得られた。

4. 野積樹皮の利用可能性

樹皮を土壌改良材として利用する際の大きな問題点として、施用による植物の生育阻害と窒素飢餓の発生が挙げられる。本研究では、これをより安価に解消する方法の一つとして、樹皮の野積を取り上げ、その有効性を検討した。その結果、野積することは、植物の生育阻害の原因となる水溶性フェノール成分の低減に効果があり、1年以上の野積で阻害性が著しく軽減、回避されること、また長期間(4年以上)野積すれば植物の窒素飢餓の影響もかなり緩和され、より安全に使用できることが明らかになった。

実際に県内樹皮粉碎工場で1年以上野積されたソ連産エゾマツ・カラマツ混合樹皮を用い、野菜・花き試、畜試等で各種作物の栽培試験を行った結果、サトイモは10t/10a、ハクサイは樹皮を作付前年に投入すれば10~20t/10a、牧草(イタリアンライグラス、オーチャードグラス)は5t/10a程度まで施用できた。またチューリップの促成切り花栽培(土壌:樹皮=3:1)ではバーク堆肥と同様な徒長防止効果を示すなど、作物の種類によっては、野積樹皮も利用できることが実証された⁹⁾。

この他、各種作物の育苗培地、緑化資材等への利用も期待できるが、これらの実用化のためには、樹皮の野積条件、特に堆積高さや部位の違いが品質に及ぼす影響などを明らかにし、一定品質の樹皮を安定供給できる体制を整備すること、また作物の種類、土壌条件に応じた適正な樹皮施用量、肥培管理等についてもさらに検討し、安全で効果的な施用技術体系を確立することが必要と考えられる。

5. まとめ

野積樹皮を安価な土壌改良材として利用することを目的に、ソ連産カラマツ、エゾマツ混合樹皮を高さ50cmに堆積し、4年間の野積過程における成分の経時変化、植物生育に及ぼす樹皮水抽出物の影響および野積期間と植物生育性との関係について検討した。その結果は次のとおりである。

- 1) 野積により、重量(乾物)は4年間で約30%減少した。また、C/N比は177から83とほぼ半減した。pHおよびECは、野積1年で前者は4.6から5.5に上昇、後者は0.3mmho/cmから0.1mmho/cmに減少し、それ以降大きな変化はみられなかった。成分中、最も変化が大きかったのは抽出物であり、冷水および熱水抽出物ならびにヘキサン、アセトン、メタノールの各抽出物は、いずれも野積1年で急激に減少した。ヘミセルロース、セルロースおよびリグニンの変化は比較的小さかった。
- 2) ソ連産カラマツおよびエゾマツ樹皮の冷水および熱水抽出物が植物の生育性を阻害することが、野菜種子およびウキクサ、サクラ花粉による幼植物検定で確認された。また、抽出物中の生育阻害物質は主にフェノール成分であると考えられた。
- 3) 1年間隔で採取した野積樹皮を用い、素焼鉢による野菜栽培試験を行った結果、播種後48日における苗の生育性は、野積0年区では樹皮施用量が多いほど、著しい生育阻害を生じたが、野積1年以上の区は、樹皮無施用区と同等か、あるいはそれ以上の生育性を示した。これは特にダイコンで顕著であった。また播種後78日では、野積4年区で樹皮施用量10、20%の場合、樹皮無施用区に比べてダイコン、ホウレンソウとも全体重が約30%大きくなり、長期野積の効果が示唆された。

謝 辞

本研究を行うにあたり、幼植物検定法および野菜栽培試験法についてご教示、ご指導いただいた農林水産省森林総合研究所・生物活性物質研究室長、谷田貝光克氏、ならびに富山県農業技術センター・野菜・花き試験場副主幹研究員、村上欣治氏に対し深謝いたします。

文 献

- 1) 河田 弘：木質廃材堆肥に関する研究（第1報）ヘムロックバーク堆肥について，林試研報，No.301，47～78（1978）。
- 2) 山口 彰，桜井孝一ら：木質廃材堆肥の化学成分（第1報）野外堆積した米ツガ樹皮，林試研報，No.315，67～92（1981）。
- 3) 河田 弘，白井喬二：木質廃材堆肥に関する研究（第4報）バークおよびバーク堆肥の有機物組成，林試研報，No.332，115～124（1985）。
- 4) 河田 弘，白井喬二ら：木質廃材堆肥に関する研究（第3報）広葉樹バーク堆肥について，林試研報，No.313，53～78（1981）。
- 5) 富山県林業技術センター：特別研究“樹皮の農林畜産用資材としての新用途開発”実績報告書（1991）。
- 6) 河田 弘：Tyurin法による有機炭素の定量法の検討およびその改良法について，林野土調報，8，67～80（1957）。
- 7) 土壤養分測定法委員会編：土壤養分測定法，171～176，養賢堂（1976）。
- 8) Folin, O.; Denis, W.: A Colorimetric Method for the Determination of Phenols (and Phenol Derivatives) in Urine, *J. Biol. Chem.*, 22,305～308 (1915).
- 9) Waksman, S. A.; Diehm, R. A.: On the Decomposition of Hemicelluloses by Microorganisms, *Decomposition of Hemicelluloses by Fungi and Actinomycetes*, *Soil Sci*, 32,97～117 (1931).
- 10) 農林水産省農蚕園芸局農産課編：堆きゅう肥等有機物分析法，土壤保全資料第56号，32～52（1979）。
- 11) 吉田重方：オガクズ施与による作物の生育障害とその発生原因，農業および園芸，50（2），295～300（1975）。
- 12) 吉田重方：オガクズに含まれる植物の生長阻害物質について，日草誌，21（2），102～108（1975）。
- 13) 吉田重方：オガクズに含まれるフェノール性酸の分離とその生長阻害活性について，日草誌，21（4），327～330（1975）。
- 14) 河田 弘：バーク（樹皮）堆肥製造，利用の理論と実際，49～52，博友社（1981）。
- 15) 佐藤 俊：木質物の堆肥化過程の解析と木質系堆肥の熟度の基準値策定に関する研究，林試研報，No.334，98～105（1985）。
- 16) 青山政和，窪田 実，高橋弘行：針葉樹樹皮抽出物の植物生育に及ぼす影響，木材学会誌，29（12），930～934（1983）。
- 17) 谷田貝光克，大平辰朗：クルミ，ユーカリ等の他感作用と生物検定法の検討，第39回日本木材学会大会研究発表要旨集，p.336（1989）。
- 18) 三井進午監修：最新 土壤・肥料・植物栄養事典，P.149（1970）。
- 19) 高橋弘行：廃材堆肥の熟度って何だろう（1）・（2），木材の研究と普及，30（10），9～14・30（12），1～7（1982）。