

## 生薬残渣発酵肥料の施用が薬用樹木の生育及び土壌理化学性に及ぼす影響

## The influence of the application of herbal medicine residual fermented fertilizer on growing of medicinal trees and ground physics and chemistry

渡辺彩乃\*1・友成真一\*1・上原巖\*2

Ayano WATANABE\*1, Sinichi TOMONARI\*1 and Iwao UEHARA\*2

\*1 早稲田大学大学院 環境・エネルギー研究科

Graduate School of Environment and Energy Engineering, Waseda University

\*2 東京農業大学 森林総合科学科

Department of Forest Science, Tokyo University of Agriculture

**要旨**：森林や林業の衰退を防止する一方策として、付加価値のある有用樹木の生産が求められている。その1つとして薬用樹木があげられるが、その育成技術は確立されていない。また、育成に長期間を必要とすることから生産の拡大までには至っていない状況にある。加えて、薬用樹木は薬事法に基づいた日本薬局方により農薬類の使用が厳しく規制されている。そこで本研究では、本来捨てられるはずの自然生成物100%の生薬残渣を堆肥として利用することによって無駄なく利用し、堆肥の施用により有用樹木(薬用樹木)の効率的な育苗方法の確立、および薬効成分含有部位の収量増加を目指した。そのため、イチョウ、マグワ、マユミ、キハダの挿し木苗を養成し、検討した。その結果、施肥を初期段階ではなく、挿し木の発根が十分に行われた1か月後に追肥することで堆肥濃度の増加とともに成長率が向上する結果が得られた。また、キハダ苗に含有される薬効部分の濃度向上も著しかったことから、生薬残渣発酵肥料を施用することが有用樹木(薬用樹木)の生育促進およびその成分含有量の増加にも寄与する可能性が示された。

**キーワード**：生薬残渣発酵肥料、有用樹木(薬用樹木)、生育促進、成分含有量

**Abstract** : In order to prevent the decline of forests and forestry, it is also considered a useful method to use trees with added value, such as medicinal trees. However, it requires a long period of time and the development technology required to expand production has not yet been established. In addition, the use of pesticides on medicinal trees is strictly regulated by the Japanese Pharmacopoeia, based on the Pharmaceutical Affairs Law. Therefore, this study aims to establish an efficient way of growing useful (medicinal) trees, utilizing the medicinal ingredient contained, and recycling 100% of the natural crude drug residue, without creating waste. Trial trees were Ginkgo, Morus alba, Euonymus hamiltonia, and Phellodendron amurense cuttings. As a result, one month after rooting had been completed, the growth rates of cuttings increased when the compost was further concentrated with additional fertilizer. Moreover, the medicinal content of Phellodendron amurense was remarkable. It suggested that the applying the herbal residue fermented manure could be suitable for growth promotion and increasing the medical content of useful (medicinal) trees.

**Keywords**: crude drug residue fermentation fertilizer, useful (medicinal) trees, promoting growth, increasing component content

## I はじめに

現在、木材価格の低迷や輸入材が安価で大量に安定供給されるようになったことなどを背景に、国内林業が衰退していると考えられる。また、管理・保全などを行う作業者の高齢化や労働人口の減少によって森林環境も悪化している。そこで、森林や林業の衰退を防止する一方策として、近年付加価値のある有用樹木の生産が求められており、薬用樹木に着目した。

薬用樹木とは、木皮や根などが薬の原料として利用される樹木である。中国との国交回復により、中国から安価な

薬用樹木の輸入が開始するまで、日本では多くの薬用植物が国内で栽培されていたが、成長に長期間を要する樹木が多いことや経済性によって国内での薬用樹木栽培は衰退した。現在、薬用樹木を含めた原料生薬は中国などからの輸入が9割を占める状況にある、『日経産業新聞 online』(2010.10.29)。一方で、近年中国では自国の資源を守るために複数の薬草が輸出規制品に指定され、その安定供給において課題が発生している。加えて、日本における薬用樹木の国内生産は大部分が天然木から採取してきたため、国内資源の枯渇も危惧される危機的状況にある。

そこで、国内での生産方法を自生採取から栽培採取へ移行する必要があるが、現在医薬原料の安定供給のために宮崎や新潟などの一部の県ではキハダなどの造林が行われているものの、種苗が入手困難なことや育林技術が確立されておらず、また、育成に長期間必要とすることなどから安定供給までには至っていない。加えて、薬用樹木は薬事法に基づいた日本薬局法により農薬類の使用が厳しく規制されている。これらのことから、本研究では自然生成物100%で廃棄されていた生薬残渣を無駄なく堆肥として再利用することで生薬残渣発酵肥料が薬用有用樹木の苗木栽培に及ぼす影響を明らかにすることを研究目的とした。

現在の日本において、薬用樹木の造林方法に関する研究は、まだほとんどなされていない。そのため本研究では衰退している森林再生に向けて、薬用樹木を植え、森林管理や地域活性の面から、簡単かつ短期間で苗を成長させ増産する方法を検討することを目指した。この方法が確立できれば林業における短期収入源として経営の一助になると考えられる。

また、挿し木苗の養成において、樹木成分を含有する芳香蒸留水の施用が、苗の発根や生長を促進することも報告されている(2)。

以上のことから、生薬残渣発酵肥料の利用が1年生及び2年生の薬用樹木の挿し木苗養成において、その生育や土壌理化学性にどのような影響を及ぼすかについて調べた。

## II 調査試料・調査方法

### 1. 用土・肥料について

堆肥は、初期成長における成長を促進させるための土壌改良材として使用されるために作られるものである

(6)。本研究で使用した堆肥は、各種生薬(人參、防風、厚朴、大棗など)から薬として必要なエキスを抽出した生薬残渣であり、好気的高温発酵を何度も繰り返すことで生成された生薬残渣発酵肥料(N3.1%、P1.2%、K1.3%、C/N比7.4)である。この堆肥の提供を受けた会社では、2006年時には1年間で排出される生薬残渣は約13,000tであり、会社の産業廃棄物の約50%を占めていた。しかし、1993年から環境負荷の低減や企業の社会的責任の観点から、自然に返す循環型堆肥の開発・生産に着手し、現在ではすべての残渣が堆肥化されている。

生薬残渣発酵肥料を利用する利点は、①原料が植物の根や皮、果実などを主体とする天然植物由来の118種類の生薬であるため、人工物のない自然生成物が100%であること、②本来捨てられるはずの生薬残渣を再利用することにより廃棄量が減少すること、③製造過程において段階を分け、長い時間発酵させているため、微生物が最も

活発な温度により好気発酵され、拮抗能を持つ放線菌が多くなるため健康的な根張りをしやすくなること、の3つの利点が考えられる。

## 2. 実験試料

### 1) 供試植物

供試植物は、イチョウ(*Ginkgo biloba*)、マグワ(*Morus alba*)、マユミ(*Euonymus hamiltonia*)、キハダ(*Phellodendron amurense*)を用いた。

### 2) 実験区

1. 対照区 生薬残渣発酵肥料0% ①実験1
2. 15%区 生薬残渣発酵肥料15% × 生育初期に施肥
3. 30%区 生薬残渣発酵肥料30% ②実験2  
一か月後に追肥

## III 実験方法

### 1. 実験対象

生薬残渣発酵肥料(0%区、15%区、30%区)との体積比で混合した土壌を使用した。

### 2. 調査項目

#### 2.1 成長促進分析

土壌微生物量、最大容水量、透水性、土壌中の成分分析を測定した。

#### 2.2 挿し木成分分析

生薬残渣発酵肥料による樹木内の薬効成分濃度の変化を測定した。モルシン(マグワ)をLiebermann-Burchard呈色反応で、ベルベリン(キハダ)はLC法を使用した。モルシンは、マグワ(*Morus alba*)やヤマグワ(*Morus australis*)の根皮に含まれる成分である。血糖降下や冷え症などに使用されている(5)。また、ベルベリンは、キハダなどの周皮に含まれる成分である。黄色ブドウ球菌に対して強力な抗菌活性があり、細菌性下痢や腸内異常発酵時に下痢止めの薬として用いられる。強い苦味があり、薬理作用として血圧降下、心臓抑制、子宮収縮作用があり、ラットを使った実験では胃液分泌抑制、ストレス性胃出血の抑制、胃粘膜抵抗の増大が報告されている(5)。

#### 1) Liebermann-Burchard 呈色反応

無水酢酸—硫酸により赤紫色を呈する反応で、二重結合を有するステロイド、ビタミンD類、トリテルペノイドサポニンなどは陽性を示す。

#### 2) TLC 法

TLC法とは、薄層板(シリカゲルを薄く塗布したガラス板)の一端を溶媒に浸すことで試料が移動するときの移動距離の違いによって物質を分離する方法であり、主に定性分析に利用される。

## IV 結果及び考察

### 1. 挿し木試験の成長結果

4月27日に挿しつけたイチョウ、マグワは、6月上旬には全体の60%の個体で葉の表面半分に葉焼けが見られた。葉焼けの原因は、温室内の通気性が悪かったこと、気温、地温が35℃を越えた日が続いたことが考えられ、また高温が挿し穂の呼吸、蒸散を促進し、エネルギーの損失も招いたことにより発根が阻害されたと推測される。さらに、通気性と排水性の著しい低下により根詰まりや根腐れが発生し、高温の遭遇時間数と障害個体発生率との関係を見ると35℃以上との間において相関がみられ、特に37℃以上の遭遇時間数と障害個体との間に強い相関関係が認められた。

通気性と排水性の悪化のため、常に水がプランター底に溜まっている状態であり、適切な環境設定での実験継続が厳しくなった。また、6月27日と7月1日にイチョウ、マグワそれぞれ10個体ずつ解体調査を行った。その結果、いくつかの個体で通気性と排水性による根腐れだけでなく、挿し木の先端部分の分解が見られた。これは、挿し木の挿し口に発酵された肥料が接したことにより微生物が活発に働き、挿し口を分解したと推測した。

## 2. 挿し木試験の成長結果

(肥料を1か月後に混合したケース)

1か月間は、堆肥を混合せずに鹿沼土だけで生育し、イチョウ、マグワそれぞれの基準個体の根が1cm以上伸びたことを確認し、鹿沼土を5cm掘り取り、生葉残渣発酵肥料を鹿沼土の間に挟み形で混合した。排水性の良い鹿沼土のみの挿し木に比べて、生葉残渣発酵肥料を施用した個体の方が、平均して茎長の生育速度が速かった。また、葉数ではあまり差が見られなかったが、葉の大きさは施用した個体の方の肥大傾向が見られた。

生葉残渣発酵肥料の有無による地温の差は、施肥してから2か月ほどで現れた。堆肥施用による地温上昇は土壌表面での蒸発量が減少することに起因する(4)との報告があるが、成長するにつれて地温上昇が抑制されたのは、葉の生長によって土壌表面を被陰する範囲が広がり、土壌表面に到達する日射量が低下して、蒸発量が減少したものと考えられる。

1年生個体と2年生個体の比較では1年生個体は施肥濃度の違いによる成長促進効果が顕著にみられたものの、2年生個体では大きな差は見られなかった。

## 3. 挿し木試験の成長試験考察

挿し木の切り口は表皮で覆われておらず、内部組織が露出した状態であるため、病菌が進入しやすく、抵抗性も低い。また、根詰まりや土壌が固くなることで排水性が低下し、葉枯れの被害が現れる事が多いため、切り口の水分管理や病害の管理などの面からも挿し床の管理は

重要な要素である。しかしながら通気性と排水性の著しい低下により酸素補給が不足して根腐れを起こし、発根阻害が引き起こされていた。この結果から、挿し穂の過度な水への浸漬は病害の蔓延を助長し、カルス形成や発根も阻害するため、挿し木の生育初期には排水性の良い鹿沼土のみの生育が適し、施肥する場合は追肥にて行うのが良いと考えられる。

## 4. 実験結果

### 4.1 土壌微生物量分析

堆肥比率別の土壌菌コロニー数の差を各3回ずつ測定し平均を算出した。肥料濃度が上がるほど微生物の量も増加したことが示され、実験1での挿し木の挿し口分解の原因に微生物の影響があったことが推測された。

### 4.2 土壌の物理性分析

#### 1) 最大容水量

最大容水量は、土壌の保水力を表し、土壌中の腐植含量が多いほど、最大容水量は高い傾向を示し、気温25℃、最大容水量50~60%で最も土壌中の有機物の分解が促進されると考えられている。実験2の栽培後の土壌で各3回ずつ測定し平均を求めたが、堆肥の量が増えるにつれて若干の容水量の変化が見られたものの、生育に影響するほどの変化はみられなかった。

#### 2) 浸水性

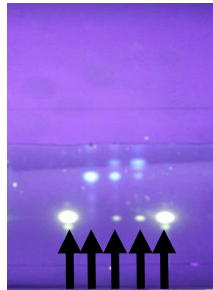
浸水性とは、土壌などの物質が水をどのくらい浸水させるかという土中の自由水の移動しやすさを表したものである。本研究では、実験1と実験2の栽培前と栽培後の土壌で浸水性を測定した。堆肥の混合率が高いものになるにつれて浸水性の低下が若干生じたが、この浸水性の低下が葉の生長にも影響を及ぼし、施肥率の高いプランターで測定したものが葉の呼吸を増加させたことが考えられた。

### 4.3 挿し木成分の分析結果

liebermann-burchard 反応(ソウハクヒ)のモルシン反応では、全ての生育区において反応が示されたが、呈色や色の濃さの差異は目視では、判断できなかった。生育促進効果に対しての成分濃度の差についても、定性分析であり、正確には判断できなかった。

TLC 反応(写真-1)では、ベルベリン(オウバク)の箇所が、堆肥濃度が濃くなるにつれ、その発色が強くなり、成分が多くなることが示された。同時に、ベルベリンとは異なる別の内容成分(この未同定成分はXと仮称する)は、逆に希薄になっていることが示された。これらの変化から、Xはベルベリンの補完成分であると考えられる。ベルベリンはキハダの形成層の近くに多くある着色成分で、防虫、防菌効果があることが近年研究で明らかになっている。

考えられる成分としては、ベルベリンと同じアルカロイド(パルマチン、ジヤテオリジンなど)かトリテルペノイド(オウバクノン、リモニンなど)があげられる。このことを踏まえ、施肥によりベルベリン量が増加すると考えられる。ベルベリンの増加は樹木体の菌や昆虫に対する免疫力を向上したと考えられ、この肥料を用いることは樹木の免疫力を促進させる効果があると推測される。



- ①ベルベリン標準液
- ②施肥率 0%
- ③施肥率 15%
- ④施肥率 30%
- ⑤ベルベリン標準液

①②③④⑤

写真—1 TLCによるベルベリン量

## V 考察

本研究の目的は、本来捨てられるはずの生薬残渣を無駄なく堆肥として利用し、その堆肥の施用により効率的な苗の育成方法の確立と、薬効成分含有部位の収量増加を目指した方法を検討するものであった。

しかし、挿し付け時に生薬残渣発酵肥料堆肥を混合すると根が発達していなかったため、通気性・排水性が悪化し、団粒状構造も破壊される結果となり、そのことから、実験1では根腐れなどの原因にもなった。また、施肥率の高いプランターで生育した挿し木苗は葉の生長が大きく、葉面積が大きかったため、葉の呼吸量も大きかった。また、肥料濃度が上がるほど土壤微生物の量も増加し、挿し付け初期に堆肥に触れたことによって挿し口が分解された。これらのことから、挿し付け初期での施肥は有効ではない。

また、高温の遭遇時間数と障害個体発生率との関係では、35℃以上との間において相関がみられ、特に37℃以上の遭遇時間数と障害個体との間に強い相関関係が認められた。そのため、換気の良い場所で発根初期は排水性の良い鹿沼土で生育し、根がある程度伸長し、ネットワークが形成されてから堆肥を施肥すべきである。

生育調査は、生薬残渣発酵肥料堆肥を施肥した個体の方が、成長が著しかった。この理由としては、放線菌などの微生物が活発になったことによる地温の上昇や、堆肥に含まれていた栄養分から苗への補給などから促進されたと推察される。地温は植物の出芽や初期生育に大きな影響を与える要因であり、各植物によって適地温が存在し、それよりも低地温でも高地温でも初期生育が低下することが報告されている(1, 3)。また、施肥施用により毛管連絡

が遮断され、土壌表面での蒸発量が減少するために地温が上昇することも明らかにされている(4)。施肥濃度が上がることによって生育が促進された要因としては、この地温上昇によって健康的な根張りが促進されたことがその一因と考えられる。

薬効成分の収量増加は、マグワ、キハダともに認められたものの、成分濃度の増減はマグワでは正確に測定出来ず、キハダに含まれるベルベリンの量では明らかな増加が示された。また、ベルベリン以外の成分も検出され、その成分は施肥濃度が濃くなるにつれて減少していることから、その他のアルカロイド類(パルマチン、ジヤテオリジンなど)と推測された。

今後の課題としては、正確な土壤成分分析、「多様樹種における成長および薬効成分濃度の向上の測定などがあげられる。土壌中の成長に必要な栄養素は、堆肥の濃度が上がるにつれて土壤成分濃度が上がるものと予想していたが、本研究では正確なデータを得られなかった。しかしながら、キハダの薬効部分の濃度向上は著しかったことから、土壤成分の分析を行い、薬効部分の濃度向上の一因か否かをさらに調査することが望まれる。また、本研究では行わなかった樹種への効果も研究し、生薬残渣発酵肥料の有用性を引き続き検証する必要がある。

以上の点を留意した上で、今後とも継続して調査し、最も適した堆肥の比率の検討や、より細かい薬効成分量を測定し、薬用樹木の育成手法を確立していきたい。

## 参考文献

- (1) Adams JE. 1970. Effect of mulches and bed configuration. II. Soil temperature and growth and yield responses of grain sorghum and corn:785-790
- (2) Iwao UEHARA (2013) The growth of Ginkgo biloba and Populus nigra cuttings by providing distilled water of trees Kanto Journal of Forest Research 64 (1):73-76
- (3) 上野昌彦・土屋茂 (1968) アルファルファの根の形態生理に関する研究：第一報側根の発達に及ぼす施肥、土壌温度、日長の影響、日草誌 14:188-192
- (4) 出口新・島崎由美ら (2012) 堆肥施用による地温上昇の飼料用トウモロコシ(Zea mays L.)への生育促進効果. 日本草地学会誌 57(4) : 201-204.
- (5) 原島広至 (2012) 生薬単.
- (6) 三好謙・猪谷信忠ら. 2005. ペレット状パーク堆肥の施用がコマツナとニンジンの生育収量および土壌特性に与える効果. 日本作物学会四国支部会報 42 : 28-29.