

## クロマツ苗の成長促進と耐乾燥性に対するVA菌根菌資材の影響

岩本 徹<sup>1</sup>・垣原登志子<sup>2</sup>・江崎次夫<sup>1</sup>・全 權雨<sup>3</sup>Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and drying resistance of seedlings of Japanese black pine (*Pinus thunbergii* Parl.)Tohru Iwamoto<sup>1</sup>, Toshiko Kakihara<sup>2</sup>, Tsugio Ezaki<sup>1</sup> and Kun-Woo Chun<sup>3</sup>

**Abstract:** The growth of seedlings of Japanese black pine (*Pinus thunbergii* Parl.) was promoted when the seedlings were cultivated in the presence of material of vesicular-arbuscular (VAM) fungi. The weight of the ground part, and the length and weight of the underground part increased from 1.3 to 1.7 times of that of the seedlings in the control. The elongation of the main root of seedlings where wood vinegar was applied became about the double of that of the control. The seedlings where VAM and wood vinegar were applied raised the density of the rootlet and improved in respect of the elongation of the main root. As for the seedlings that were cultivated in the presence of an organic fertilizer, the weight of the ground part and the underground part has increased by 70 percent from 30 percent. On the other hand, the length of the underground part of the seedlings has decreased oppositely by about 20 percent from 30 percent. The seedlings which was cultivated by the addition of the VAM material strengthened the drying resistance, but the resistance for the drying was reversely lowered by the use of organic fertilizer.

## 1 はじめに

最近、酸性雨やマツクムシの被害などで砂丘地や海岸地のクロマツが減少し、飛砂や飛塩の被害が増大している<sup>3)</sup>。このため、砂丘地の再緑化や海岸林の修復が早急に取り組むべき課題となっている。クロマツ(*Pinus thunbergii* Parl.)が生育するような砂丘地や海岸地は、栄養的に不良な土壌であり、微生物の活動も弱く、クロマツ苗をそのまま植えても成長は必ずしも良くない。このような土壌で、健全なクロマツを速やかに成長させるには、肥料成分<sup>4)</sup>や土壌改良材あるいは微生物資材の投入が必要である。クロマツを成長させる微生物として、コツブタケやショウロのような外生菌根菌を共生させてクロマツの成長を促進させる試みがなされ、促進効果も報告されている<sup>2, 5-8)</sup>。しかし、このような外生菌根菌は発生が少なく分布も限られるため、採取が困難で広く用いることは難しい。

一方、植物の共生菌には外生菌根菌の他に内生菌根菌があり、最近、内生菌根菌の農業への利用を目的として、各種のVA菌根菌資材が販売され、菌根菌が容易に手にはいるようになった。これらのVA菌根菌資材にクロマツの成長促進効果があれば、砂丘地や海岸地への菌根菌の応用が外生菌根菌より容易となる。さらに、砂丘地や海岸地においては水分供給が容易でないため、菌根菌資材を投与することにより、クロマツ苗の耐乾燥性が高くなることが望ましい。これらの可能性を検討するために、我々は市販のVA菌根菌資材を用いて、クロマツ成長促進効果と資材投与によりクロマツ苗の耐乾燥性が高くなるかどうかについて調べた。クロマツ苗の成長促進効果と耐乾燥性を調べる実験には、肥料効果が知られている有機質肥料も併せて調べ、その効果を比較した。

## 2 材料と実験方法

## 2.1 材料

クロマツの種子は主に2000年に愛媛県松山市の海岸林で採取したものを使ったが、一部2002年に採取した種子も使用した。このクロマツ種子の発芽率はいずれの種子も約80から85%であった。VA菌根菌資材として、出光興産株式会社の製品(製品名、ドクターキンコン、共生率10%と表示)およびセントラル硝子株式会社の製品(製品名、セラキンコン、共生率20%と表示)を使用した。

ドクターキンコンは主に*Glomus*属からなり、セラキンコンは主に*Gigaspora*属からなるVA菌根菌資材であり、これらの菌根菌の胞子をゼオライトあるいはピートモスに吸着させたものである(以下、ドクターキンコンを菌根菌資材A、セラキンコンを菌根菌資材Bと呼ぶ)。

VA菌根菌資材との併用効果を調べた木酢液はパイテク中国製の広葉樹木酢液(pH3)であり、VA菌根菌資材の比較実験に用いた資材は、食品廃棄物を発酵させた市販の有機肥料であり、窒素-リン-カリを約3-2-1に含む製品である。

## 2.2 クロマツ苗の成長測定とクロマツ苗成長促進効果の調査

クロマツの種子を、水を加えたる紙上で発芽させた後、1:1に混合したパーライトとバーミキュライト(栽培基盤)を加えた直径11cmのポットに植えた。ポットは最初の1週間は暗所20℃に置き、その後は戸外のガラス室に置いて4月から7月にかけて95日間栽培した。

95日後クロマツ苗をポットより取り出し、マツ苗の最上部の根から上に当たる部分を地上部とし、それより下の部分を地下部とし、1本ごとにそれぞれの長さを測定した。1つの試料について3ないし4個のポットを使用し、すべてのポットの試料の長さおよび重量を測定し平均値を求めた。苗の充実度の指標としてT/R値(地上部の乾燥重量/地下部の乾燥重量)も算出した。

試験資材のクロマツ苗成長促進効果は、VA菌根菌資材あるいは有機肥料をあらかじめ加えた培養基盤にクロマツ種子を植え、対照区と同じ条件で栽培した後、それぞれ

<sup>1</sup> 愛媛大学農学部教授, Professor, Faculty of Agriculture, Ehime University, 3-5-7 Tarumi, Matsuyama-shi, Ehime, 790-8566 Japan

<sup>2</sup> 愛媛大学農学部, Faculty of Agriculture, Ehime University, 3-5-7 Tarumi, Matsuyama-shi, Ehime, 790-8566 Japan

<sup>3</sup> 江原大学校山林科学大学教授, Professor, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon, 200-701 Korea

の苗の苗長と重量を比較して判定した。VA菌根菌資材は5%になるように加え、有機質肥料は2.5%, 5%, 10%になるように加えた。

### 2.3 菌根菌資材と木酢液の併用効果の調査

VA菌根菌資材を加えて栽培している試験区と、資材を加えないで栽培している対照区のポットに、500倍に希釈した木酢液を1週間おきに1ヶ月間、ポット当たり20ml加えて、クロマツ苗を栽培した。95日間の栽培後、VA菌根菌資材単独で加えたポットと、VA菌根菌資材と木酢液を一緒に加えたポットのクロマツ苗の生育程度を比較して、菌根菌資材と木酢液の併用効果を判定した。

## 3 結果と考察

### 3.1 クロマツ苗の成長に及ぼすVA菌根菌資材の影響

図1および2, 3に示したように、菌根菌資材AおよびBを施用したクロマツ苗は対照区の苗に比べて生育が良くなり、地上部の重量および地下部の長さおよび重量が、対照区のクロマツ苗の1.3から1.7倍に増加した。これより菌根菌資材はどちらもクロマツの成長を促進させる効果があるといえる。

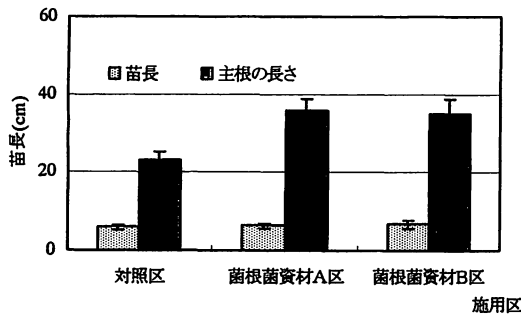


図1: クロマツ苗の成長に及ぼす菌根菌資材の影響(1)

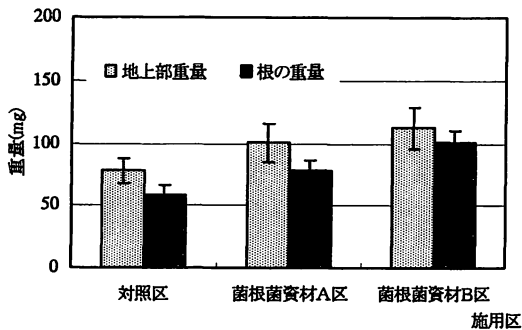


図2: クロマツの成長に及ぼす菌根菌資材の影響(2)

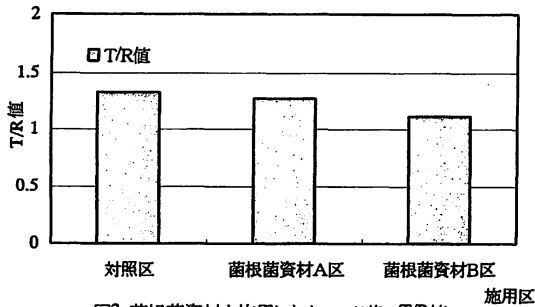


図3: 菌根菌資材を施用したクロマツ苗のT/R値

試験区のクロマツ苗のT/R値は、対照区の苗より少し低い値であった。T/R値を算出する基となる地上部と地下部の重量は、いずれも試験区の苗の方が対照区の苗より大きいことから、菌根菌資材の施用は地上部と地下部の成長のバランスを崩さないで、苗の肥大に効果があるといえる。

### 3.2 クロマツ苗の成長に及ぼす有機肥料の影響

VA菌根菌資材の代わりに有機肥料を用いて、そのクロマツの成長に及ぼす影響を調べた。図4および5に示したように有機肥料を施用したクロマツは肥料を多く与えるほど、地上部の重量が3から7割増加し、見た目にも葉の色がよく、成長がよくなっていることが観察された。これに対して、地下部の成長においては、重量が2から3割程度増加したが、地下部の長さは逆に2から3割程度減少した。

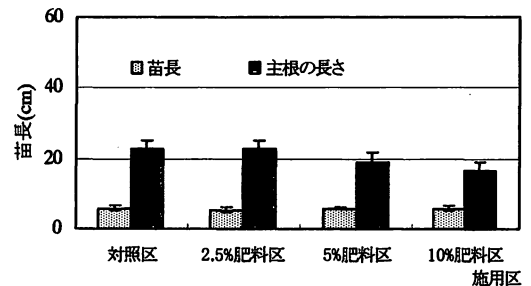


図4: 濃度の異なる有機肥料を施用したクロマツ苗の成長(1)

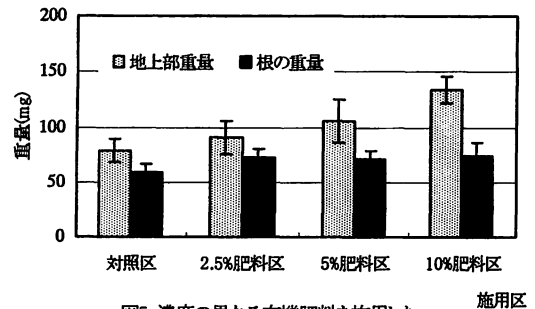


図5: 濃度の異なる有機肥料を施用したクロマツ苗の成長(2)

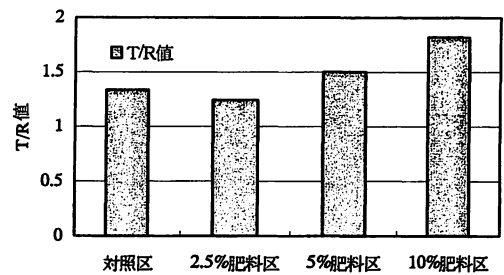


図6: 濃度の異なる有機肥料を施用したクロマツ苗のT/R値

すなわち、有機肥料を与えると地下部に比べて地上部がより充実した苗になることが示唆される。これは図6に示したT/R値の数値からも裏付けられ、たとえば10%有機肥料を施用したクロマツ苗のT/R値は対照区の苗の1.4倍弱となった。

### 3.3 クロマツ苗の耐乾燥性に及ぼすVA菌根菌資材と有機肥料の影響

海岸や砂丘地で植物を栽培する場合、乾燥に対する耐性が高いことは必要な性質である。もともとクロマツは乾燥に対して強い植物であるが、VA菌根菌資材の施用によって、さらに乾燥に対する耐性を高めるかどうかを、有機肥料と比較しながら調べた。

VA菌根菌資材と有機肥料を一定量加えて95日間栽培したクロマツ苗に水を与えた後、それ以後灌水せず放置し、枯れ始めから100%枯死する時間を調べ、乾燥に対する耐性とした。

菌根菌資材と有機肥料を施用したクロマツ苗の耐乾燥性を図7に示した。対照区のクロマツ苗は水を切ってから19日目までは全く変化が見られなかったが、20日目以降、徐々に枯れ始め、23日目まで全ての苗が枯れた。これに対して、菌根菌資材を施用した苗では、対照区よりも4日から6日遅れて枯れ始め、全ての苗が枯れたのも、4から6日遅れてであった。一方、有機肥料施用の苗では対照区の苗より2から3日早く枯れ始め、10%加えた苗では4日早く全ての苗が枯れた。このように、VA菌根菌資材を加えて栽培したクロマツ苗は、対照区のクロマツ苗よりも枯死するまでの時間が長くなったことから、テストした菌根菌資材にはクロマツの乾燥に対する耐性を高める効果があるといえる。

VA菌根菌資材を施用したクロマツ苗を対照区の苗と比較すると、主根の長さは変わらないが、細根の数が多くなった。細根を多く持つ苗は吸水率が高く、耐乾燥性も増すと考えられる。従って、VA菌根菌資材を施用すると、乾燥に対して耐性が高くなるのは、VA菌根菌資材がクロマツ苗の細根の発達を促進したためと考えられる。同じ菌根菌の仲間であるシュウロとクロマツ苗を組み合わせた実験で、シュウロを接種したクロマツは乾燥に対するストレスを緩和するという報告もある<sup>1)</sup>。

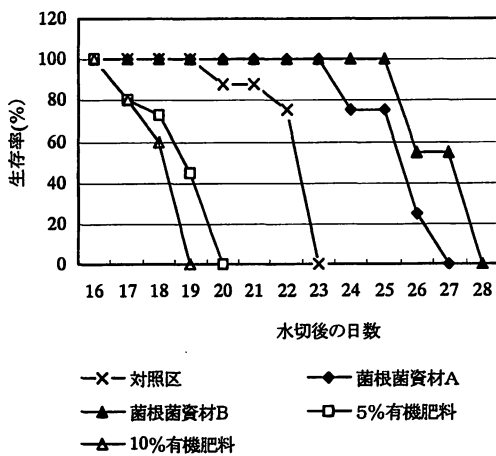


図7: 菌根菌資材と有機肥料を施用したクロマツ苗の耐乾燥性

有機肥料を施用するとかえって対照区と比べて、枯れる速度が速くなり、乾燥に対する耐性が低下した。有機肥料は地上部の生育を促進させ、地下部の生育を抑制させるので、地下部よりも地上部が発達した苗となり、地上の蒸発作用が活発になり、根の水分吸収がそれに追いつかないために、乾燥に対する耐性が低下したものと推察した。

益子も下水汚泥を原料として生産される汚泥コンポストはクロマツの成長、林床の草生に対して肥料効果が認められるが、コンポスト多量施用区で異常乾燥や虫害が助長されたと報告している<sup>4)</sup>。

これらの結果より、有機肥料は一部クロマツの成長を促進するが、乾燥に対する耐性が低下する可能性があるため、乾燥状態になりやすい海岸地ではクロマツの成長促進を目的としての投与は適当でないと考えられる。

### 3.4 菌根菌資材と木酢液を併用したクロマツの成長促進効果

VA菌根菌資材のクロマツ成長促進効果は、この資材に含まれるVA菌根菌がクロマツの根に共生することによって起こると考えられる。そこで、ある種の作物やきのこの生育を促進することが知られている木酢液<sup>9)</sup>を菌根菌資材と併用することにより、さらにクロマツ成長促進効果が高くなるかどうか調べた。

菌根菌資材と木酢液を併用して施用したクロマツ苗の成長を図8、9に示した。木酢液の単独施用でクロマツ苗の主根の伸びは対照区の苗の約2倍になったが、その他の測定値は対照区の苗および菌根菌資材単独施用苗の値より低くなった。この場合、木酢液により伸びが良くなったクロマツ苗の地下部の重量は増加していないので、木酢液の施用により、根が少なくなったか、細くなった可能性がある。菌根菌資材と木酢液を加えて栽培したクロマツ苗の成長の様子を写真1に示した。

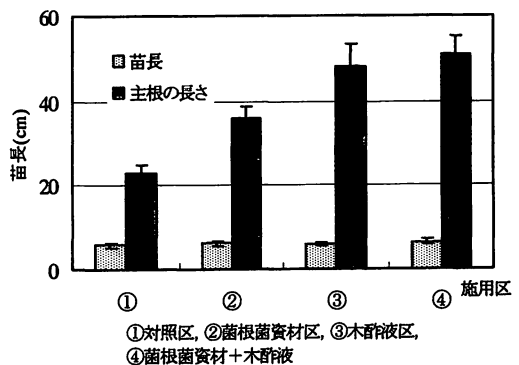


図8: 菌根菌資材と木酢液を併用して施用したクロマツ苗の成長(1)

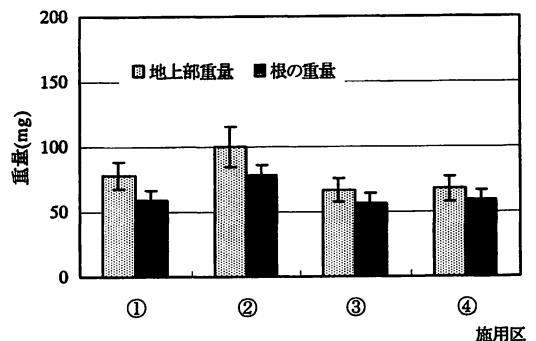


図9: 菌根菌資材と木酢液を併用して施用したクロマツ苗の成長(2)

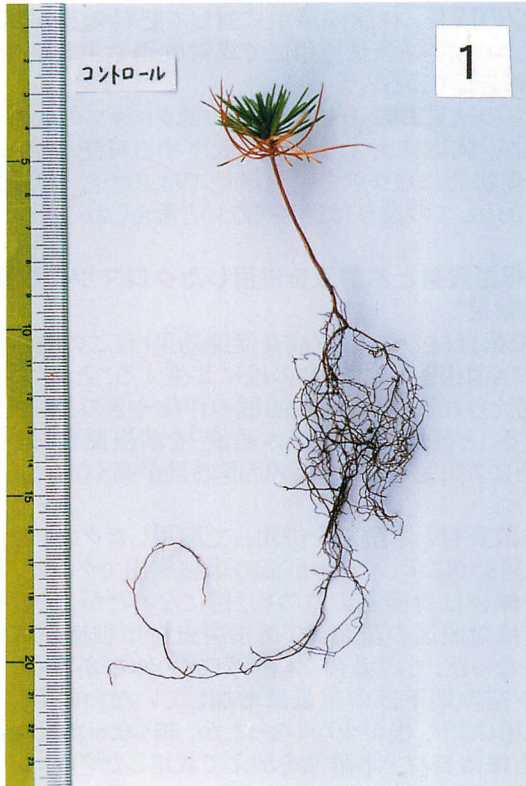


写真 1-1 : コントロール

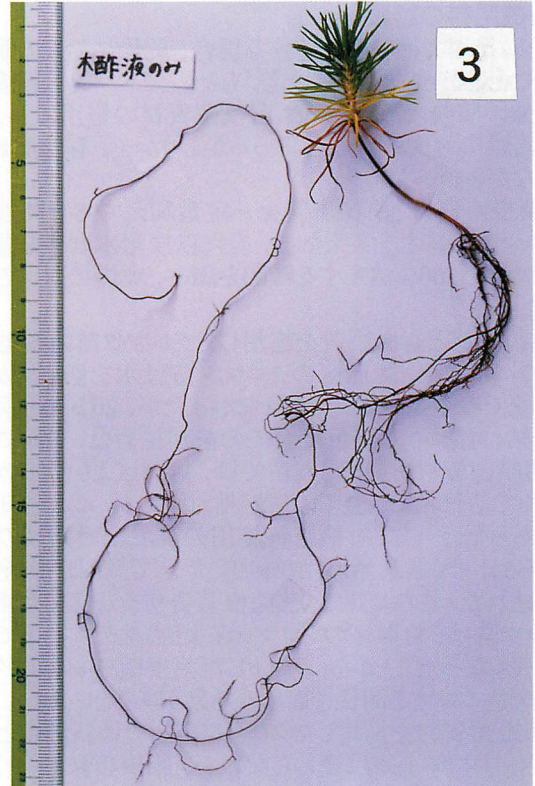


写真 1-3 : 菌根菌資材

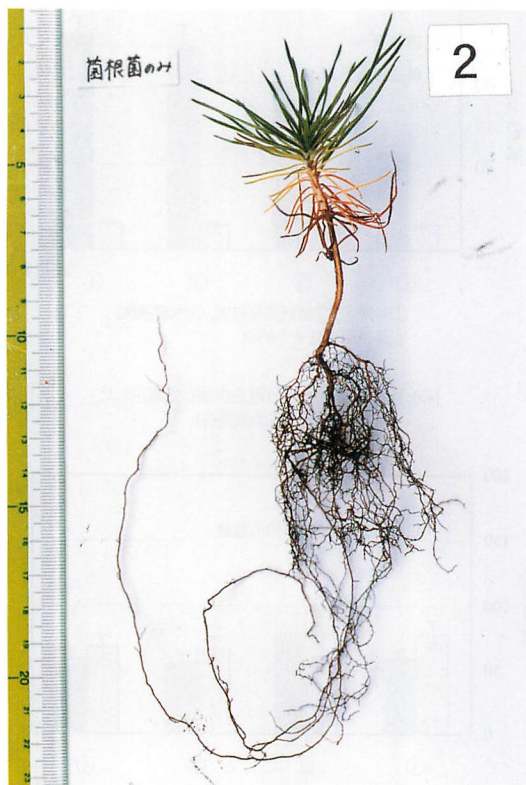


写真 1-2 : 木酢液

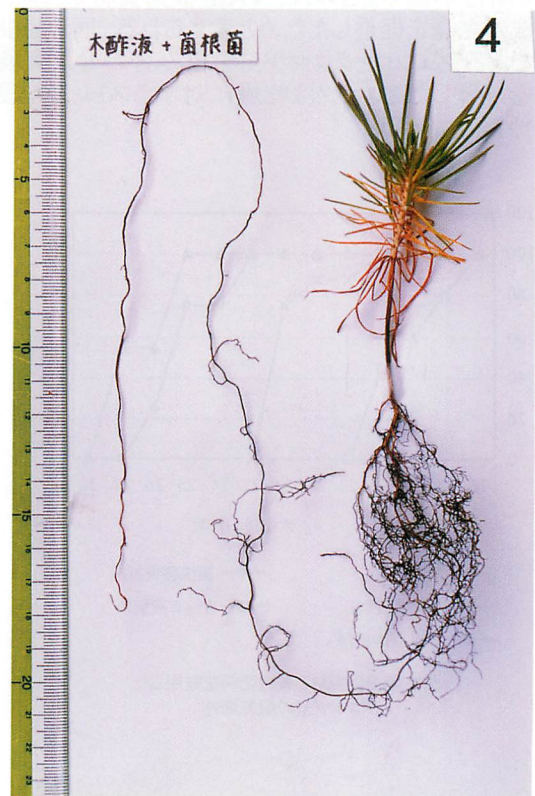


写真 1-4 : 菌根菌資材と木酢液

写真 1 : 菌根菌資材と木酢液を施用したクロマツ苗の成長

VA菌根菌資材と木酢液を併せて施用したクロマツ苗は、細根の密度を高める働きを持つVA菌根菌と、主根の伸びを良くする木酢液の効果の合わさったものとなった。しかし、この結果は菌根菌資材と木酢液の別々の効果であり、相乗効果と呼べるものではないが、菌根菌資材によって細根を多くして、木酢液によって主根を長くする効果は、栄養分が少なく風の強い海岸や砂丘地で、クロマツを生育させるには都合が良いと考えられる。

菌根菌資材と木酢液の混合施用の条件を検討すれば、さらに効果の高い方法が見つかる可能性がある。

以上が今回行なった実験の結果である。今回実験に使用した2種類のVA菌根菌資材にはクロマツの成長を促進する効果が認められた。菌根菌資材施用はT/R値からみて、地下部の肥大により効果があることがうかがわれたが、根の細根が増大する効果もみられた。菌根菌資材施用に対して、有機肥料を施用して成長促進効果がみられたのは地上部の肥大であり、地下部の成長は逆に抑えられ、地上部と地下部の成長を比較するとバランスの悪い苗となった。

砂丘地や海岸地の防風林のような風が強い所では、地上部よりも地下部の充実した苗が望ましいので、VA菌根菌資材のクロマツ苗への応用は期待できる。一方、いずれの菌根菌資材を施用したクロマツ苗も耐乾燥性を高める効果が認められた。このことは乾燥しやすく、水分の供給が十分でない砂丘地や海岸地において、菌根菌資材を投与してクロマツを栽培することは、大きな利点になると思われる。

苗木植栽が一般となっている海岸砂丘地へクロマツを導入する場合、苗畑で苗木を育てないで、ポット栽培を行ない、ポットのまま、あるいはポットから抜いた苗を移植できれば、作業能力は非常に高くなる。菌根菌資材に木酢液を併用して栽培したクロマツの1年生苗は伸びがよく、何も加えないで栽培した時の2年生苗程度になるので、これは可能性がある。一方、種子からの導入を考えた場合、根の分岐をよくする菌根菌資材と根の伸長を促進する木酢液をうまく使えば、これも可能ではないかと考えている。

これから調べなければならぬ課題は、菌根菌資材と木酢液の与え方とその効果の持続性の問題である。

#### 4 総括

1) 菌根菌資材AおよびBを施用したクロマツ苗は、対照区の苗に比べて生育が良くなり、地上部の重量および

地下部の長さ重量が、対照区のクロマツ苗の1.3から1.7倍に増加した。

- 2) 有機肥料を施用したクロマツ苗は、地上部と地下部の重量を3から7割増加したが、地下部の長さは逆に2から3割程度減少した。
- 3) VA菌根菌資材を加えて栽培したクロマツ苗は、乾燥に対する耐性が高くなったが、有機肥料を施用すると逆に、乾燥に対する耐性が低下した。
- 4) クロマツ苗の成長は木酢液の単独施用で主根の伸びが対照区の苗の約2倍になった。VA菌根菌資材と木酢液を併せて施用したクロマツ苗は、細根の密度を高める働きをもつVA菌根菌資材と、主根の伸びをよくする木酢液の効果の合わさったものとなった。

#### 引用文献

- [1] 明間民央(2004):木を強くするきのこ～菌根菌～,九州の森と林業,70(12),pp.1-3.
- [2] 江崎次夫(1997):せき悪土壌の荒廃地,村井宏ら編,新編 治山・砂防緑化技術,ソフトサイエンス社,pp.286-302.
- [3] 金子繁(1996):マツが枯れる原因,森林防疫,45(5),pp.4-8.
- [4] 益子義明(1989):下水汚泥コンポストの樹林地に対する有効利用に関する研究,茨城県林業技術センター研究報告,18,pp.1-37.
- [5] 奈良一秀・賽月岱蔵.(1996):外国産マツを含むマツ属樹木7種への外生菌根菌接種の影響,日林論,107,pp.227-228.
- [6] 能勢育夫.(1992):クロマツ稚苗の生長に及ぼすシュウロと活性炭の効果,石川県林業試験場研究報告,23,pp.31-34
- [7] 岡部宏秋・江崎次夫・丸山卓哉・早川誠而・赤間慶子(1994):共生微生物の植生回復技術への適応(I),外生菌根菌の活用,森林立地,36(2),pp.55-63.
- [8] 辻充・小林康裕(1997):海岸林砂防林におけるクロマツ直播法の検討(II),日本緑化工学会研究発表要旨集,pp.237-240
- [9] Yoshimura. H, Hayakawa. T(1991):Acceleration effect of wood vinegar from *Quercus crispula* on the mycelial growth of some basidiomycetes, Trans. Mycol. Japan, 32,pp55-64.

[受付 2004年10月10日, 受理 2005年5月30日]