

コンテナ容器を用いた少花粉ヒノキの挿し木の発根性と成長促進

原口雅人*

Rooting Properties and Growth Acceleration of Cuttage of the Hinoki Cypress (*Chamaecyparis obtusa*) with Few Male Flowers using the Vessel for the Container Nursery Stock

Masato HARAGUCHI

要約 少花粉ヒノキ 2 クローンについて、コンテナ容器に直接挿し木し、山地植栽可能な苗木を育苗する「挿し木一育苗一貫法」の可能性について検討した。コンテナ容器の形状による発根率および一次根の発根数には差が認められず、少花粉 2 品種の発根率は事業用に望ましいとされる発根率 71%以上であった。一方、挿し木の二次根は口が広く高さが低い容器ほど増加した。育苗時の市販アーバスキュラー菌根菌剤および液肥の施用の有無による挿し木の成長は、菌根菌剤と液肥を共に施用した場合に苗高の著しく大きい個体が出現し、ラメート間差が拡大した。これは、菌根菌の感染により挿し木苗の成長が促進されるものの、挿し木苗の個体によって感染に差があるためと推察された。

日本でも林木の苗木生産にコンテナ苗が用いられるようになり、林業白書でも優良種苗の安定供給のための取り組みとして紹介されている（林野庁，2012）。コンテナ苗のメリットとして、①根鉢付きによる活着の良さ、②サークリング（ルーピング）による根系異常の回避、③空気根切り（air pruning）による根の分枝化、④優良な圃場が不要で管理・作業が簡素、⑤根量制限と自動的な根切りによる苗の長期据え置きが可能などがある（遠藤，2007）。

スギでは挿し木のコンテナ苗生産が検討され、M スターコンテナ（三樹，2010。以下、「M 容器」）を用いたスギ苗の育成試験では、容器サイズによる根系形成と苗木成長（三樹，2010）、林地での植栽効率と根系サイズ（三樹，2011）、培地および施肥（三樹，2012）、苗木生産に適した本数密度（三樹，2013）のように系統立てて検討され、報告されている。さらに、スギでは実生より挿し木の方が太い軸

の充実した苗木を生産しやすく、民間による挿し木コンテナ苗の大規模な実用生産が行われている（林野庁，2012）。

挿し木コンテナ苗に関する報告では、スギにおける三樹（2010）やヒノキにおける茂木ら（2014）などのように、箱挿し等によって得られた挿し木幼苗を容器に植え換える方法で実施されている。しかし、スギでは樹木用挿し木トレイに直接挿し木することも可能である（原口・後藤，2012）。一方、ヒノキでは挿し木品種での灌水チューブポットやセラミックポットへの直挿しの例（林野庁，2012）があるが、詳細は不明である。

選抜クローン数の少ないヒノキ少花粉品種や最近発見された両性不稔の無花粉ヒノキ（神奈川県自然環境保全センター，2013）などの特殊形質では確実な形質の固定のため、クローン苗、つまり挿し木苗の利用が重要となる。しかし、挿し木苗は挿し木後

本研究の一部は、第 125 回日本森林学会大会(2014 年 3 月)に発表した。

*森林・緑化研究所

の育苗期や造林後の成長が実生苗に比べ劣ることから、ヒノキでは挿し木苗が敬遠され、実用化は一部の挿し木品種に限定されている。この解決手段として、コンテナ容器にヒノキ挿し穂を直接挿し付け、山出し苗を育苗する、コンテナ苗の特性を利用した「挿し木 - 育苗一貫法」が考えられる。この方法では、挿し穂の挿し付け工程は発根した幼挿し木苗の植え換え分が少なく、さらに植え換えによる枯損や活性低下が回避できる可能性がある。

そこで、コンテナ容器に直接挿し木を行うとともに、山出し苗を育苗する「挿し木 - 育苗一貫法」について検討した。なお、挿し木では、挿し床に発根率が高く育苗時の生育が鹿沼土より良好と考えられる赤玉土（原口，未発表）を用いることとした。園芸用赤玉土は天日干しされており、土壤中の微生物群が少ないと考えられることから、液肥に加え市販の菌根菌剤の施用についても検討した。

なお、本報告は農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業委託事業「花粉症対策ヒノキ・スギ品種の普及拡大技術開発と雄性不稔品種開発（2010～2013）」による成果の一部であることを付記する。

材料および方法

1 コンテナ容器でのヒノキ挿し木

(1) 挿し付け

県内産精英樹の中から全国一定の基準により選抜した少花粉ヒノキである西川 4 号および西川 15 号について、コンテナ容器での挿し木試験を行った。

2013 年 4 月中旬に、造成し 20 年を経過したヒノキ採種園から長さおよそ 50cm の荒穂を採取した。荒穂から長さ 15cm の挿し穂を切り取り、基部から 1/3 の小枝・葉を落とし、節下で切り返した。その後、インドール酪酸液剤（商品名：オキシベロン液剤）を 100ppm に希釈した溶液に挿し穂基部を 24 時間浸漬した。浸漬後、直径 6cm×高さ 8cm、直径 4.5cm×高さ 12cm および直径 3cm×高さ 16cm（以下、それぞれ「直径 6cm 区」、「直径 4.5cm 区」および「直径 3cm 区」とする）の M 容器に、小枝・葉の最下部が挿し床にわずかに埋まるように挿し付けた（図 1）。なお、挿し床は、底に 3mm×4mm 四方の開口部のメッシュのある育苗箱に M 容器を並べ、赤玉土小粒を口まで詰めたものとし、十分に



図 1 挿し床容器に用いた M スターコンテナ（左）とヒノキ挿し付け後の状況（右）
※左写真の左から、直径 6cm×高さ 8cm、直径 4.5cm×高さ 12cm および直径 3cm×高さ 16cm

かん水した後に用いた。

(2) 挿し付け後の管理

挿し付け後は温室内で、適宜、かん水し、容器の底部に根が確認できた 7 月下旬に容器の入った育苗箱ごと網棚に移し、空気根切り（air pruning）の状態を維持した。8 月下旬からは、半数の M 容器に液肥（商品名：ハイポネックス粉剤 20-20-20、ハイポネックスジャパン）の 2000 倍希釈液を週 1 回・20ml 施用した。同年の 10 月下旬に、8 月下旬からの苗高の伸長量を調査するとともに、M 容器を開いて根部を露出させ、発根指数（袴田ら，2012）を調査した。

2 挿し木苗のコンテナ容器での育苗

(1) 挿し木苗のコンテナ苗化

少花粉ヒノキ精英樹である西川 4 号および西川 15 号について育苗箱で育成した挿し木苗（箱挿し）をコンテナ容器に移植し、育苗試験を行った。

2010 年 11 月中旬、2011 年 1 月中旬および 3 月中旬に、「1 コンテナ容器でのヒノキ挿し木」と同様に得た 5cm および 10cm の挿し穂を、2000ppm に希釈したインドール酪酸液剤溶液に挿し穂基部を 10 秒間浸漬した。浸漬後、育苗箱に鹿沼土あるいは赤玉土を敷き詰めた挿し床に挿し付けた。なお、11 月および 1 月の挿し付けでは挿し床を 3 月中旬まで 20℃に維持した温床で管理し、以降は 3 月挿し付け分とともに天窗等の開閉による室温制御のみとした温室内で管理した。

得られた幼挿し木苗は、2012 年 3 月中旬に、5cm 穂由来の苗木をマルチキャビティコンテナ（図 2、以下、「MC 容器」）の JFA150 に、10cm 穂由来



図2 ヒノキ幼挿し木苗を植え換えたマルチキャビティコンテナ (左) と植え換え直後の状況 (右)

苗木を JFA300 に苗長および品種は各区に均等に配分し植え換えた。なお、MC 容器の底約 2cm に赤玉土中粒を敷き、幼挿し木苗の根部を容器に挿入し、容器に赤玉土小粒を流し込むことで植え換えた。

(2) 成長促進

2012 年 7 月上旬に、容器の培土に直径約 0.5cm・深さ 11cm の穴を 3 つあけ、市販のアーバスキュラー菌根菌剤 (商品名: バイオポンプ-P. 出光興産, 以下「AM 菌剤」) を穴の口まで充填した。その後は、8 月下旬～10 月中旬および翌年 5 月上旬～6 月上旬には粉末液肥 (商品名: 微粉ハイポネックス 6.5-6-19, ハイポネックスジャパン) の 500 倍液を、6 月上旬以降には前述の 20-20-20 粉末液肥の 2000 倍液を週 1 回・20ml 施用した。

2013 年 7 月下旬に地上部の苗高を調査した。また、9 月中旬にアーバスキュラー菌根菌の根への感染を確認するため、トリパンプルー染色を以下の方法で実施した。挿し木苗を MC 容器から抜き取り、先端から 3cm 程度の根部を水道水で洗浄した後、10% KOH 液に浸漬し、105°C で 20 分間煮沸した。根を水道水で洗浄した後、3% H₂O₂ 液に 2 時間浸漬し、水道水で洗浄後、さらに 1% HCl に 3 分間浸漬した。根を水道水で洗浄した後、0.05% トリパンプルー染色液 (0.05% トリパンプルーのラクトグリセリン溶液 (乳酸: グリセリン: 純水=1:1:1)) に浸漬し、105°C で 7 分間煮沸した。根を水道水で洗浄し、ラクトグリセリン溶液に染色した根を浸漬し、顕鏡まで保存した。

結果および考察

1 コンテナ容器でのヒノキ挿し木

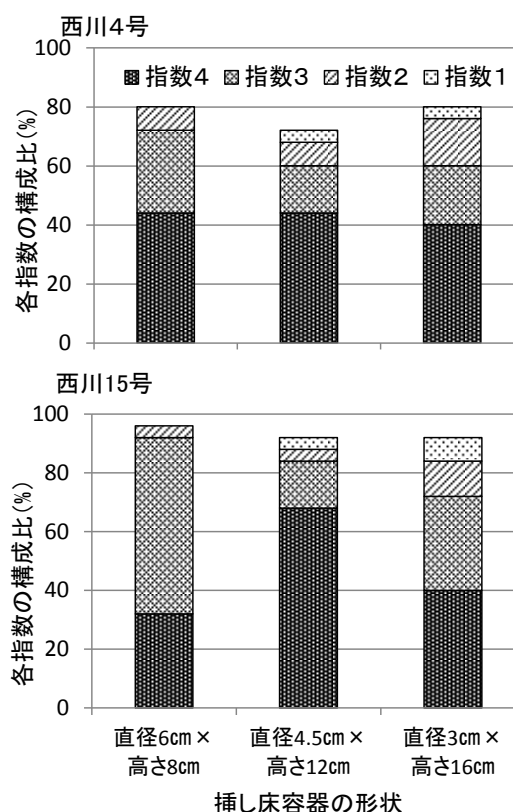


図3 挿し木容器の形状が発根指数^{*}に及ぼす影響 (供試数: 各区 25 本)

^{*}発根指数 (袴田ら, 2012)

1: 一次根 1~2 本, 二次根少, 2: 一次根 3~4 本, 二次根少, 3: 一次根 5~6 本, 二次根多, 4: 一次根 7 本以上二次根多. 0: 未発根は省略.

挿し木からおよそ 3 か月後の 7 月下旬には、西川 4 号および西川 15 号の両品種で直径 3cm 区を除いて、M 容器底部に発根を確認した。

少花粉ヒノキ精英樹である西川 4 号および西川 15 号の挿し付け後およそ 6 か月の発根率は、3 種類のサイズの異なる M 容器のいずれでも事業用に望ましいとされる発根率 (発根指数 1 以上の割合) 71% 以上 (戸田・藤本, 1983) であった (図 3)。サイズ別 3 区の発根指数は、Kruskal-Wallis 検定を用いた結果、容器サイズの違いによって有意差は認められなかった。しかし、根の状態を観察した結果、直径 3cm 区では、一次根数は他区とほぼ同数であり、根長は長かったが、二次根は他の 2 区に比べ未発達であった。一方、直径 6cm 区では、一次根数が他の 2 区と同程度のもものと比較して二次根の発達が著しかった。また、直径 4.5cm 区は他の 2 区の間接的な根系特性であった (図 4)。

原口：コンテナ容器を用いた少花粉ヒノキの挿し木の発根性と成長促進



図4 形状の異なる挿し床容器における発根状況 (発根指数 4)

発根指数では統計的に有意な差は認められなかったが、二次根の発達状況から直径 6cm および直径 4.5cm の M 容器が適当と考えられた。なお、M 容器の直径（開放部）の大小によって二次根の発達が異なり、同一の挿し床での評価で有効である発根指数に付加的な評価が必要と考えられた。

8 月下旬から 2 か月後の苗高の伸長量は、品種及び M 容器のサイズに統計的に有意な差は認められなかった（データ略）。

2 挿し木苗のコンテナ容器での育苗

AM 菌剤・液肥の施用を実施しておよそ 1 年後の挿し木苗は、西川 15 号の挿し穂長 5 cm および 15 cm では未施用に比べ AM 菌剤+液肥施用区で健全苗木の割合が高い傾向であった（表 1・2）。

枯損個体を除いた挿し木苗の各処理区の苗高は、西川 15 号の 5cm 穂由来では液肥施用の有無および AM 菌剤施用の有無による平均苗高に、それぞれに 5% 水準で有意差が認められた（図 5）。

また、10cm 穂由来では西川 4 号および西川 15 号の各処理区の苗高は Bartlett 検定により有意水準 5% で少なくとも 1 つの水準の母分散が異なった。このため、Kruskal-Wallis 検定を用いたところ、10cm 穂由来の西川 4 号では各処理間の苗高に 1% 水準で有意差が認められ、液肥施用区と AM 菌剤+液肥施用区に 5% 水準で有意差があった。しかし、10cm 穂由来の西川 15 号では苗高に有意差は認められなかった（表 2）。

表 1 ヒノキ幼挿し木苗の育苗におけるアーバスキュラー菌根菌剤および液肥が生育状況へ及ぼす影響 (西川 15 号, 挿し穂長 5cm)

処理区	供試数	枯れ(%)	先端枯れ(%)	健全(%)
未施用	10	0	90 b ^{**}	10 a
液肥	11	0	73 ab	27 ab
菌根菌剤	11	27	45 ab	27 ab
菌根菌剤+液肥	12	8	25 a	67 b
χ^2 検定 ^{**}	—	NS	*	*

※Marascuilo 法：異符号間で 1% 水準の有意差あり

※※ χ^2 検定：NS 有意差なし、* 5% 水準で有意差あり

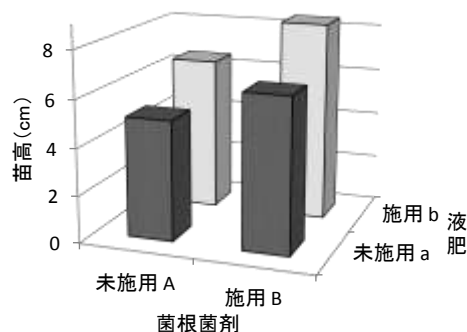


図 5 ヒノキ幼挿し木苗の育苗におけるアーバスキュラー菌根菌剤および液肥が苗高^{**}へ及ぼす影響 (西川 15 号, 挿し穂長 5cm)

※平均苗高は先端枯れと健全の個体を対象

二元配置分散分析：各施用の有無（異符号間）に 5% 水準で有意差あり（交互作用なし）

表 2 ヒノキ幼挿し木苗の育苗におけるアーバスキュラー菌根菌剤および液肥が生育状況および苗高^{**}へ及ぼす影響 (挿し穂長 10cm)

供試品種	処理区	供試数	枯れ(%)	先端枯れ(%)	健全(%)	苗高(cm)
西川4号	未施用	13	23	54	23	9.89 ab ^{**}
	液肥	14	29	50	21	8.84 a
	菌根菌剤	15	20	40	40	13.01 ab
	菌根菌剤+液肥	14	0	43	57	16.10 b
	有意性 ^{**}	—	NS	NS	NS	**
西川15号	未施用	9	0	89	11 a ^{**}	9.66
	液肥	8	13	63	25 ab	8.23
	菌根菌剤	7	14	57	29 ab	11.13
	菌根菌剤+液肥	8	0	25	75 b	14.83
	有意性	—	NS	NS	**	NS

※平均苗高は先端枯れと健全の個体を対象。

Scheffe 検定：西川 4 号では苗高の各処理の異符号間で 5% 水準の有意差あり

※※有意性：枯れ・先端枯れおよび健全の割合は χ^2 検定、苗高は Kruskal-Wallis 検定。NS 有意差なし、** 1% 水準で有意差あり

※※※Marascuilo 法：異符号間で 1% 水準の有意差あり

品種・挿し穂長によって、各処理区の苗高の母分散が等しいと言えない場合があったため、苗高のヒストグラムを比較した。AM 菌剤施用区では苗高の最頻値が大きくなる傾向があったが、特に AM 菌剤

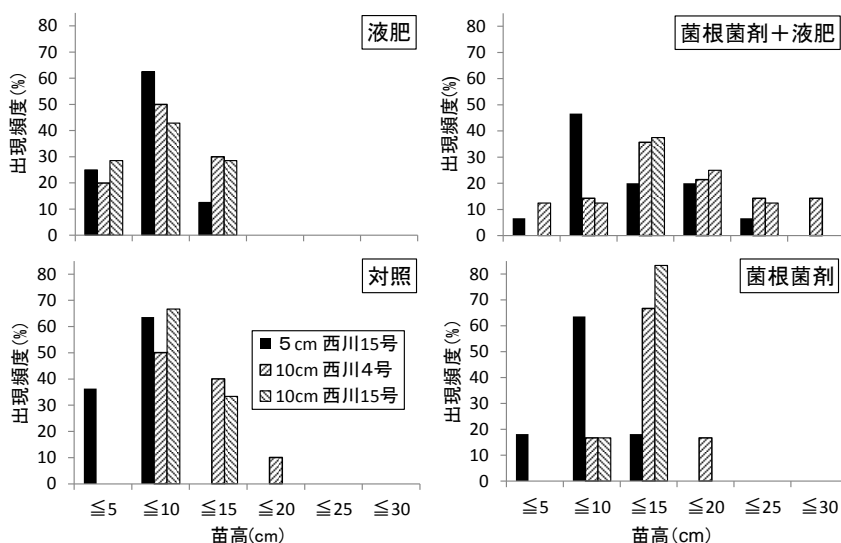


図6 ヒノキ幼挿し木苗の育苗におけるアーバスキュラー菌根菌剤および液肥が苗高へ及ぼす影響 (ヒストグラム)

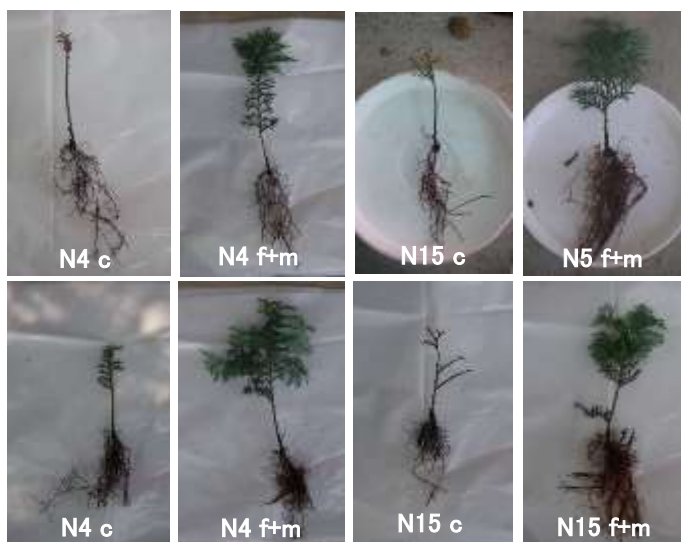


図7 アーバスキュラー菌根菌剤および液肥を施用した挿し木苗 (f+m) と無施用 (c) の挿し木苗の生育状況の例
 ※挿し穂長 10cm の挿し木苗. N4:西川 4号, N15: 西川 15号.
 上段は細根が比較的未発達なもの, 下段は細根が発達したもの

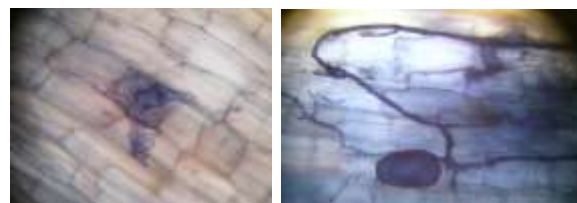
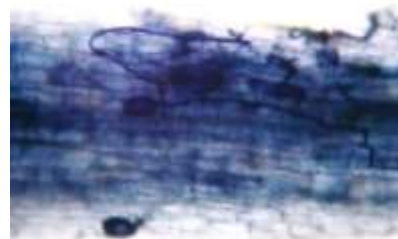


図8 アーバスキュラー菌根菌剤および液肥を施用した挿し木苗の苗高の高い個体の染色根
 ※細胞間菌糸, のう状体および樹脂状体が確認できた

+液肥施用区では苗高の著しく大きい個体が認められ, 苗高のラメート間差が拡大した (図6) .

無施用区およびAM菌剤+液肥施用区の挿し木苗を掘り起し, 地上部と根系部の状況を比較した (図7) . AM菌剤+液肥施用区の挿し木苗は無施用区に比較し, 根系の細根の発達が著しく, 枝葉部も充実していた. また, 健全で苗高成長の良好な個体の根部をトリパンブルー染色したところ, AM菌感染した根で観察される細胞間菌糸, のう状体および樹脂状体が確認できた (図8) .

AM菌の感染は植物のリン酸やミネラルの吸収を増加し, 成長を促進すると言われている (Smith and Read, 2008) . 巽ら (2012) は, スギおよびヒノキの幼若な実生苗を滅菌土に移植し, 市販のAM菌剤 (商品名:セラキンコン, セントラル合同肥料製) を接種したが, スギ苗木の高さは接種区で有意に大きかったものの, ヒノキでは成長に差がみられなかったと報告している. 一方, 今回のヒノキ挿し木苗では, AM菌剤で苗高の最頻値が大きくなり, さらにAM菌剤+液肥施用区の苗高の分散が著しく大き

い方向へ広がった。このことは、AM菌剤を施用しても個々のヒノキ挿し木が一樣に感染せず、苗木間の菌根形成には差があると考えられた。さらに、菌根形成の差は液肥による苗木成長の差を拡大したと推測された。

なお、MC容器はポット部が独立しているものの各々のポットの開口部は隣接しているため(図2)、この試験では各処理区が混在するように配置したことから、一部ではかん水時にAM菌剤が未施用区に移行し、感染したことも推測された。ただし、園芸用赤玉土は天日干しが通常であり、滅菌状態でないため、赤玉土自体に天然のアーバスキュラー菌根菌が存在していたことも否定できない。

総合考察

この研究では試験期間を短縮するため、少花粉ヒノキ品種の挿し穂を園芸用赤玉土を詰めたM容器に直挿した挿し木試験と、同一のヒノキ品種の幼挿し木をMC容器に植え換えた育苗時の成長促進試験を並行して実施した。そして、事業用に望ましい挿し木の発根率を得るとともに、育苗時の苗木成長にAM菌剤と液肥を組み合わせた施用が効果的なことを明らかにした。さらに、実用場面では、工程数と苗木活性の両面からコンテナ容器に挿し木し、植え換えることなく山出し苗を生産できることが望ましいが、この研究の成果は、品種・用土などを統一したことで、挿し木-育苗一貫生産への応用が可能と考えている。

育苗時のAM菌剤の施用は、育苗時の各苗木個体の成長を一樣に促進したとは言えなかった。また、3月に植え換え、7月にAM菌剤を施用したが、今回使用したAM菌剤では植え付け時施用が通常である(出光興産)。今後の課題として、成長促進効果がAM菌剤の施用により一樣に得られるように、挿し木後からの施用のタイミングや施用回数などを検討する必要がある。

引用文献

遠藤利明(2007)：コンテナ苗の技術について。山林1478, 60-68。
袴田哲司・山本茂弘・近藤晃(2012)：雄花着生量

の少ない静岡県産ヒノキ精英樹のさし木適性。静岡県農林技術研究所研究報告5, 59-64。

原口雅人・後藤克己(2012)：スギ挿し木における品種・挿し床が発根率および苗木の成長に及ぼす影響。関東森林研究63(1), 155-157。

出光興産：バイオポンプーP。

<http://www.idemitsu.co.jp/agri/product/microbe/soil/bio.html>。

神奈川県自然環境保全センター(2013)：無花粉ヒノキを全国で初めて見つけました。

<http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/p727983.html>。

三樹陽一郎(2010)：Mスターコンテナを用いたスギ苗の育成試験(I)－容器サイズが根系形成と苗木成長に与える影響－。九州森林研究63, 78-80。

三樹陽一郎(2011)：Mスターコンテナを用いたスギ苗の育成試験(II)－林地での植栽効率からみた根系サイズの検討－。九州森林研究64, 50-52。

三樹陽一郎(2012)：Mスターコンテナを用いたスギ苗の育成試験(III)－培地及び施肥の検討－。九州森林研究65, 62-63。

三樹陽一郎(2013)：Mスターコンテナを用いたスギ苗の育成試験(IV)－苗木生産に適した本数密度の検討－。九州森林研究66, 50-53。

茂木靖和・渡邊仁志(2014)：ヒノキサシ木苗の育苗時における施肥条件の検討。第4回中部森林学会大会プログラム・講演要旨集, 22。

林野庁(2012)：林業白書。pp.284、全国林業改良普及協会、東京。

林野庁：森林整備革新的取組支援事業について ヒノキポット苗の試作・改良と再造林コストの検証(速水林業)。 <http://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/kanbatu/hojyoyigyou/kakushin.html>。

巽大喜・呉炳雲・松下範久・宝月岱造(2012)：スギ・ヒノキに共生するアーバスキュラー菌根菌の宿主特異性および成長促進機能。第122回日本森林学会大会学術講演集, L06。

戸田忠雄・藤本吉幸(1983)：ヒノキサシ木に関する研究(I)－精英樹クローンのさし木発根性－。日林九支研論集36, 129-130。

Smith S.E. and Read D.J. (2008)：Mycorrhizal Symbiosis. 3rd ed. pp.787, Academic Press, London