



あたらしい 林業技術

No.629

松くい虫抵抗性クロマツの 挿し木増殖技術

平成 28 年度

要 旨

1 技術、情報の内容及び特徴

- (1) マツ材線虫病（松くい虫）の対策の一つとして、抵抗性クロマツの植栽が全国各地で進められてきましたが、東日本大震災以降、海岸防災林の機能を高めるために抵抗性苗の需要が増大しています。
- (2) 現状では、マツノザイセンチュウの接種検定により健全であった実生苗を抵抗性苗として生産していますが、高まる需要に対応するため、抵抗性クロマツの効率的な挿し木増殖技術を開発しました。
- (3) 採穂母樹の樹齢は3年生よりも2年生で発根率が高く、家系によって発根率が異なることが明らかになりました。また、母樹からの採穂部位によって発根性は異なり、樹冠下部から採取した挿し穂は上部からの挿し穂よりも高い発根率が得られました。
- (4) 挿し付け後、挿し穂の冬芽は徐々に伸長し、新梢となります。そこから伸びる針葉の長さや発根量に有意な相関が認められました。針葉の長さは掘り取り前の根量予測の指標になると考えられました。
- (5) これまでの知見および研究によって得られた成果から、挿し木により抵抗性クロマツ苗を効率的に生産するシステムを提案します。

2 技術、情報の適用効果

- (1) 接種検定による抵抗性クロマツの実生苗生産では、マツノザイセンチュウの培養に特別な設備や技術が必要ですが、挿し木苗生産はガラスまたはビニールのハウスや自動灌水装置などの設備の導入で、一般的な種苗生産者が取り組むことができます。
- (2) 実生苗生産では、接種検定する年の環境条件によって生存率が大きく異なることから、生産量や抵抗性の強度が安定しないことが指摘されていますが、挿し木増殖では遺伝的に強い抵抗性を持つ母樹を用いることで安定的な生産が期待できます。

3 適用範囲

県内全域

新規参入者も含めた種苗生産者

4 普及上の留意点

- (1) 本編の試験では、3年生以下の若齢採穂母樹を用いています。母樹齢が高くなった場合、発根性が低下すると言われていますが、確認が必要です。
- (2) 抵抗性クロマツの挿し木において、発根のためには湿度を保つ必要があります。自動灌水システムや挿し床の密閉などの工夫が必要です。
- (3) 母樹の樹冠の下部から採穂した挿し穂で発根率が高いことは、他の針葉樹でも認められています。その要因としては、発根を促進または阻害する物質の量や栄養状態、組織の熟度などが指摘されていますが、クロマツではまだ明らかではありません。

目 次

はじめに	1
1 抵抗性クロマツの挿し木手順	1
(1) 母樹からの採穂	1
(2) 穂づくり、挿し付け	1
(3) 養生	2
(4) 発根の経時的推移	2
2 発根性に影響する要因	3
(1) 母樹の樹齢と家系（品種）	3
(2) 母樹からの採穂部位	4
(3) 挿し穂の重量と冬芽数	5
(4) 新梢から伸びた針葉の長さとの関係	5
3 効率的な挿し木生産システム（案）	6
(1) 実生苗出荷時の採穂	6
(2) 発根率の高い家系（品種）の母樹としての利用	6
(3) 挿し木苗の母樹としての利用	6
(4) ハウス内での挿し木管理	6
おわりに	7
引用文献	7
用語解説	8

はじめに

依然としてクロマツに甚大な被害をもたらしているマツ材線虫病（松くい虫）の対策の一つとして、抵抗性クロマツの植栽が全国各地で進められています。本県の抵抗性クロマツの実生苗生産では、抵抗性品種で構成された採種園由来の種子を播種・育苗し、それらにマツノザイセンチュウを接種して健全であった個体、すなわち抵抗性を確認した苗を出荷しています。しかし、接種検定は夏季の高温下の作業となるうえ、健全率が平均 50%前後であり、その結果として苗木の価格が一般の接種検定を経ない苗に比べて高くなっています。また、接種検定する年の環境条件によって健全率が大きく異なることから、抵抗性の強さが安定しないことも指摘されています。東日本大震災以降、海岸防災林の機能を高めるためにクロマツ苗の需要が増大しており、接種検定済の抵抗性実生苗だけでは需要を満たすことができないことと併せて、実生苗におけるこれらの問題を改善するために、抵抗性が確認された苗木を母樹として挿し木苗を増殖する方法が試みられるようになりました。クロマツは発根が容易ではないとされてきましたが、母樹によっては高い発根率が得られることが明らかになり、強い抵抗性を持つ母樹由来の挿し木苗にマツノザイセンチュウを接種した場合、健全率が高いことも示されています。そのため、苗の抵抗性を確認するために再び接種検定を行う必要がなく、実生苗検定と比較して生産コストが低く抑えられるという試算もあり、抵抗性苗の新たな生産方法として期待されています。

樹木の挿し木発根性には、用土の種類、発根促進剤の処理、養生時の温湿度や照度などの外的な環境要因が影響します。一方、母樹が持っている遺伝的な要因や挿し穂の生理的特性も大きく関わっています。品種の違いが発根性に影響すること、同じ母樹から採取した挿し穂でも生理的な状態やその形状の違いによって発根率が異なることは、これまでも明らかにされてきました。しかし、クロマツでは家系や挿し穂のサイズ、形状などについて一部の研究成果はあるものの、詳細に調査されていない要因も多数あり、各種の要因と発根性との関係を明らかにすることが必要です。

これらのことから、本編では森林・林業研究センターで行っている抵抗性クロマツの実用的な挿し木の手順を示すとともに、各種の要因と発根性と関係を報告します。また、現在行われている実生苗生産に挿し木苗を加えた新しい抵抗性苗生産システムを提案します。

1 抵抗性クロマツの挿し木手順

(1) 母樹からの採穂

クロマツの挿し付けに適する時期は2～3月です。母樹の側枝から冬芽が着生した長さ6cm程度の挿し穂を剪定バサミで切り取ります。その際、針葉で目を突かないようにゴーグルを着用するなどの注意が必要です。採取した挿し穂は、乾燥しないように水に漬けておきます。

(2) 穂づくり、挿し付け

挿し穂の長さを約5cmとします。挿し穂基部に着生している針葉は、そのままだでも発根率に影響しませんが、上部2cmの針葉を残し、それより下部の針葉は取り除くと、挿し床へ挿し付けやすくなります。挿し穂の基部を返し切り^{用語}した後、4000ppm インドール酪酸水溶液（オキシベロン原液）に5秒間浸し、これらを育苗箱（縦47cm、横33cm、高さ9cm）内の水道水

を十分に吸水させた粒径約 2～3 mm の細粒鹿沼土に垂直に挿し付けます。密度は 1 箱につき 36 本程度（6 本×6 列）が適当です。

挿し付けが終了した育苗箱をガラス室内の棚上に静置し、日中に 25～30 分間隔で 25～30 秒程度のミスト灌水により管理します。クロマツは陽樹であるため、遮光は必要ありません。育苗箱を 1 週間～10 日に 1 回程度のローテーションで移動させると灌水や光環境の違いを回避することができます（図 1）。

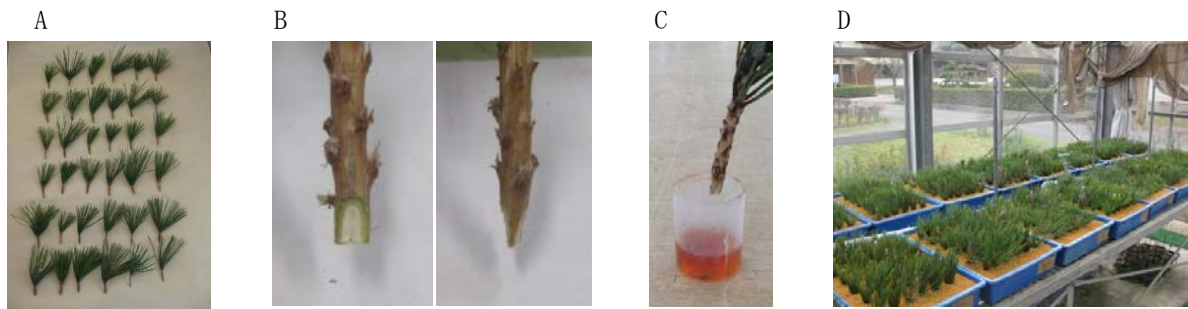


図 1 挿し木の手順

- A：長さ 5 cm の挿し穂 B：基部の返し切り
 C：発根促進剤への浸漬
 D：育苗箱の用土に挿し付け ガラス室内のミスト灌水で管理

（3）養生

一般的に、挿し木において発根を促進させるためには、温度と湿度の管理が重要です。

2013 年の試験では、試験期間中のガラス室内の気温は $-2.0\sim 40.7^{\circ}\text{C}$ でした。2 月中旬に挿し付けた場合、ガラス室内とはいえ、夜間に氷点下になることもあり、霜によって挿し穂が用土から浮き上がってしまうこともありますので、注意が必要です。本編の試験では加温していませんが、挿し床を電熱マットなどで加温すると発根率が高まります⁴⁾。

手灌水では、挿し床に水分があっても挿し穂の表面が乾燥してしまい発根率が高まらないので、自動灌水装置による管理が必要です（図 2）。挿し床をビニールなどで覆う密閉挿しも有効とされています⁷⁾。

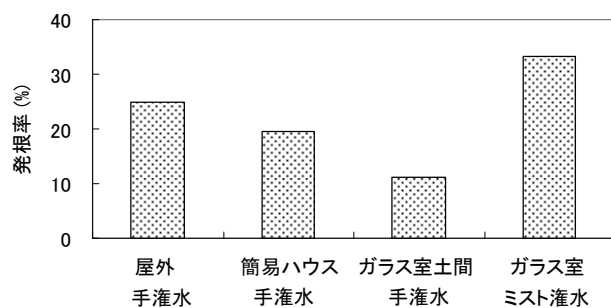


図 2 養生環境別の発根率

※本試験は、発根率が低い家系の 3 年生実生苗木を母樹とし、採穂部位を限定した試験ではないため、全体的に発根率が低くなっています。

（4）発根の経時的推移

挿し床の加温処理などは行わずに、ミスト灌水によりガラス室内の棚上で養生した場合、2

月に挿し付けると、発根能力の高い個体では5月下旬から発根が始まり、8月頃になると根量が増加します。さらに養生を続けると、10～11月ごろの掘り取り時期には苗として十分な発根量が得られます（図3）。この苗をポットやコンテナに移植し、出荷規格に達するまで育成します。

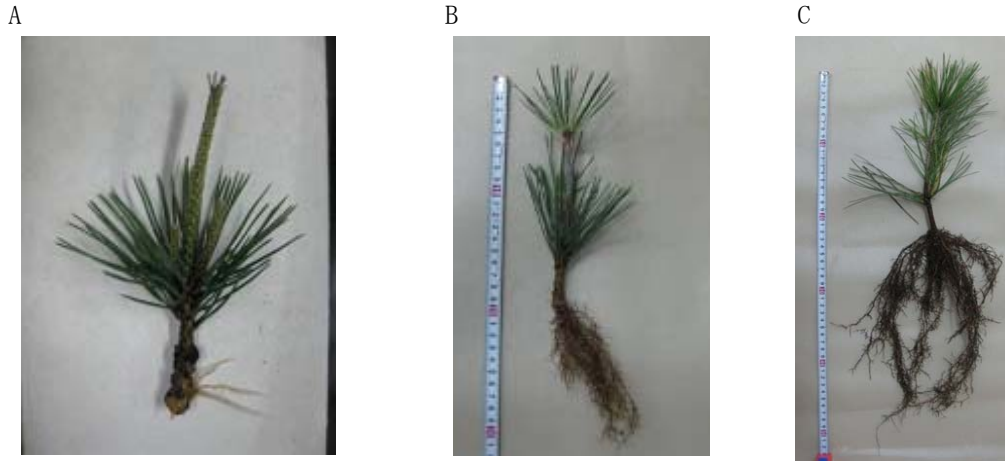


図3 発根の経時的推移

A：5月下旬

B：8月上旬

C：10月中旬

2 発根性に影響する要因

(1) 母樹の樹齢と家系（品種）

挿し木増殖において高い得苗率を得るためには、高い発根能力を有する母樹から採穂することが重要なポイントとなります。クロマツでは、若齢の母樹で発根率が高い傾向にあり、14家系の2年生母樹を使った2011年の試験では55～98%の範囲で平均75%、10家系の3年生母樹を使った2012年の試験では19～78%の範囲で平均41%の発根率でした（図4）。

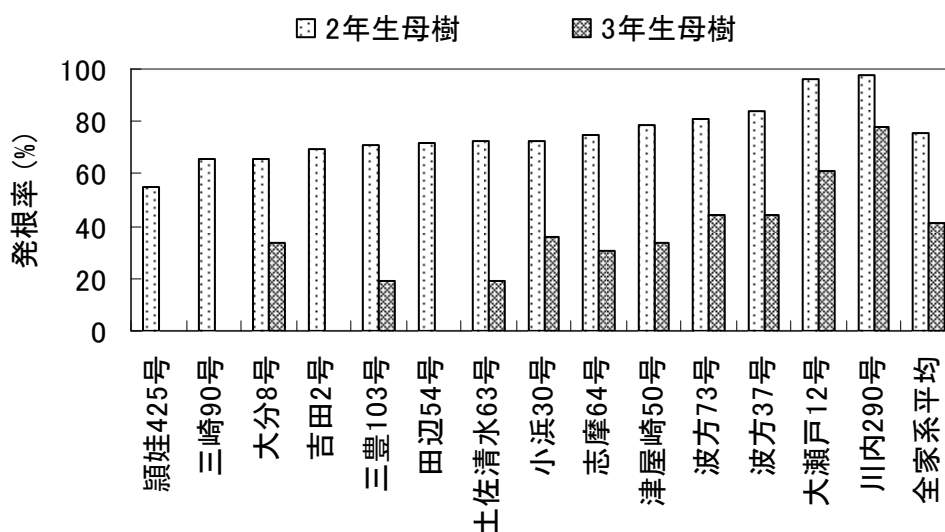


図4 年次別、家系別の発根率

また、他のマツ属樹種と同様に、家系（品種）によって発根能力に差があることが知られています。西南日本で選抜された品種の実生家系苗を母樹とした場合、発根率が高い家系は、川内 290 号（2 年生母樹で 98%、3 年生母樹で 78%）、大瀬戸 12 号（2 年生母樹で 96%、3 年生母樹で 61%）などでした。2 年間の試験で共通する 10 家系の発根率の関係は、相関係数が 0.844 ($p < 0.05$) であったことから、家系の遺伝的な要因を反映していると考えられました。実生苗よりも低コストとなる挿し木苗生産方式を提示している例がありますが⁷⁾、この試算では発根率 33.7% を前提としていますので、それ以上の発根率が得られる家系を用いれば、より低コストでの抵抗性挿し木苗の生産が期待できます。

（2）母樹からの採穂部位

造林木として重要な樹種では、母樹からの採穂部位は挿し木を成功させる重要な要因の一つとなっています。米ツガ、メタセコイア、クロトウヒ、フラセリーモミ、カラマツ属の樹種、ヒノキでは、採穂母樹の樹冠下部から採取した挿し穂は上部の挿し穂よりも高い発根率を示します。

本編での 2 年生母樹を用いたクロマツの 2011 年の試験では、主軸 67.5%、上部枝 72.0%、下部枝 83.2% でした。3 年生母樹を用いた 2012 年は主軸 7.6%、上部枝 32.3%、下部枝 77.8%、2013 年は上部枝 34.7%、下部枝 74.7% となりました（図 5、図 6）¹⁾。

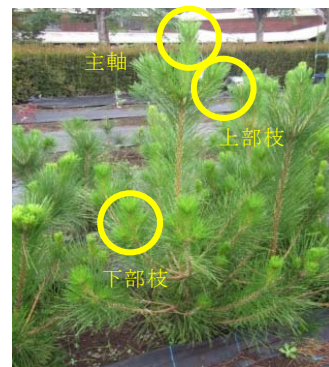


図 5 母樹からの部位別採穂

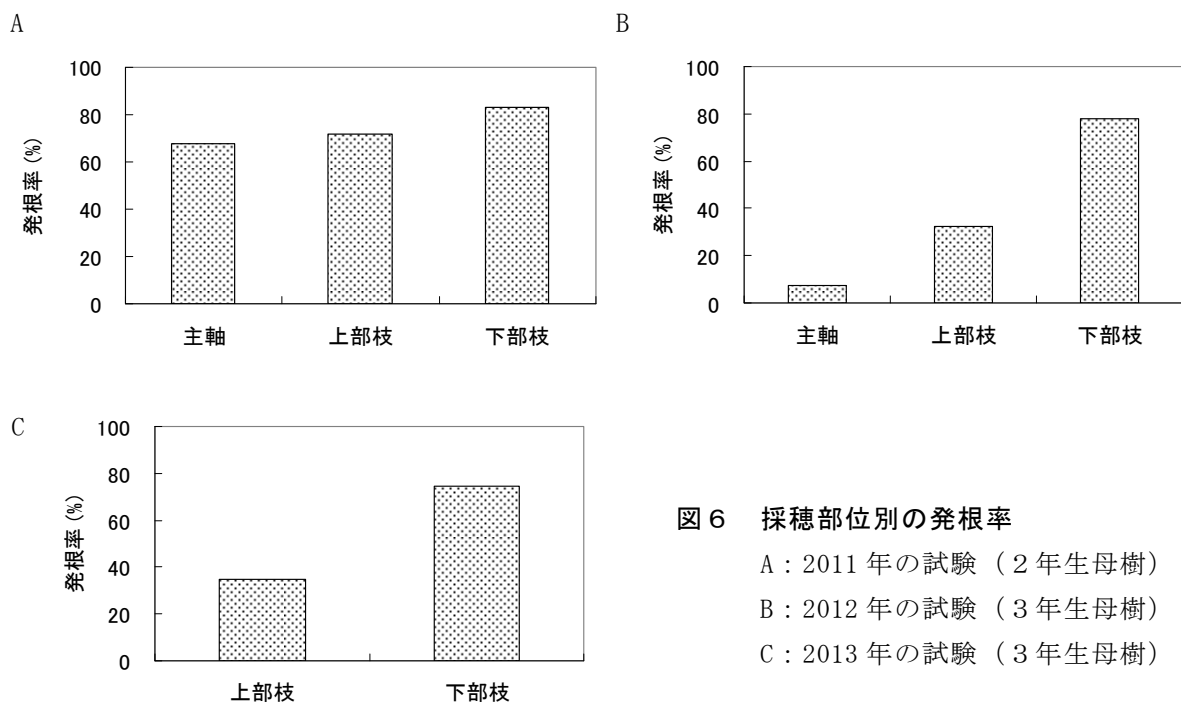


図 6 採穂部位別の発根率

A : 2011 年の試験（2 年生母樹）

B : 2012 年の試験（3 年生母樹）

C : 2013 年の試験（3 年生母樹）

本試験で採穂母樹としたクロマツは2～3年生であり、他の樹種を使った事例よりも若齢でサイズが小さい母樹だと考えられますが、このような場合でも他の樹種と同様に樹冠からの採穂部位は発根率に関与しており、樹冠下部の挿し穂は上部の挿し穂よりも発根率が高い結果となりました。この理由は明らかではありませんが、クロマツ以外の針葉樹では、さまざまな成長促進物質や発根阻害物質の量的な影響によるものと考えられています。

(3) 挿し穂の重量と冬芽数

効率的な挿し木増殖には、適切なサイズの挿し穂を用いることが必要です。同じ母樹から得られた挿し穂でも、その形状の違いによって発根率が異なることが知られています。例えば、クロマツの小サイズ（平均 3.9cm）の挿し穂は、中サイズ（同 7.0cm）や大サイズ（同 12.3cm）の挿し穂よりも高い発根率であったという事例があります⁶⁾。本編では発根性における挿し穂サイズの影響を別の観点から調べるため、6家系（品種）を用いて長さ 5 cm の挿し穂の生重量が発根に与える影響を調査しました。しかし、2.0～16.3 g の範囲での生重量は、発根率のみならず発根量にも影響していませんでした。

一方、クロマツの挿し穂にはいくつかの冬芽が着生していますが、それらの摘芽により発根率が高まることが報告されています⁸⁾。しかし、クロマツ挿し穂の冬芽の摘芽は発根率に影響しないとする例もあり²⁾、冬芽数の影響は未だに明確にはなっていませんでした。挿し穂の着生している冬芽の数を調べ、発根性との関係を調査したところ、冬芽の数も発根率や発根量に関係していませんでした。

(4) 新梢から伸びた針葉の長さや発根量との関係



図7 新梢から伸びた針葉と基部からの発根

マツ類の挿し木では、挿し付け後に冬芽が徐々に伸長し、新梢となります。この新梢から針葉が伸びてきますが(図7)、発根しないうちは針葉が伸びないため、掘り取り前に発根の有無が容易に判別できるとされています⁵⁾。しかし、針葉の伸長時期やその長さについては明確な調査が行われていませんでした。そのため、新梢から発生した最も長い針葉の長さを掘り取り調査の直前に(10月初旬、挿し付けの約8か月後)に測定し、発根量との関係を調べました。

その結果、2012年の試験では新梢から伸びた針葉の長さや発根量(根の乾燥重量)との間に有意な正の相関が認められ、2013年の試験でも針葉長と発根量(根の体積)との間に有意な正の相関が認められました(図8)¹⁾。この結果は、針葉の伸長は掘り取りしなくても発根量を予測できる優れた指標になることを示しています。挿し穂を上方に引っ張って抵抗があり、根とともに用土が持ち上がるものを発根したと見なす引き抜き法³⁾も掘り取らないで発根を判別する手法として有効ですが、新梢からの針葉の伸びで判別すれば、挿し穂に負荷を与えることがなく、より簡便な判定が可能です。この発根量予想に基づき、育成者は適する時期に掘り取りや移植することが可能となり、発根苗の育成を改良することができます。

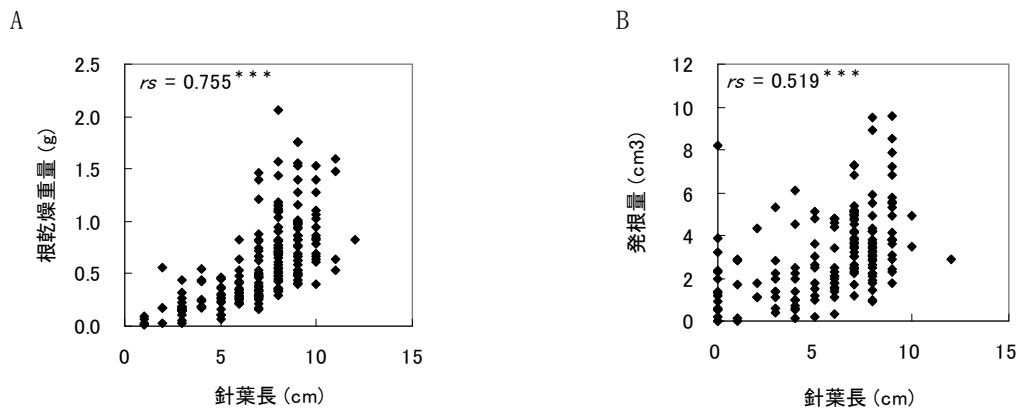


図8 針葉の長さとの発根量の相関関係

A : 2012 年の試験

B : 2013 年の試験

*** はスピアマンの順位相関係数で有意性があることを示す($p < 0.001$)。

3. 効率的な挿し木苗生産システム (案)

これまでに明らかになっているクロマツ挿し木の知見や、森林・林業研究センターで行なった試験結果を踏まえて、効率的な抵抗性クロマツ挿し木増殖システムを提案します (図9)。

(1) 実生苗出荷時の採穂

2年生母樹から採穂した場合や、母樹の下部枝から採穂した場合に高い発根率が得られるため、種苗生産者が育成している接種検定済みの2年生実生ポット苗を出荷する前(2~3月頃)に下部枝を1本採取し、挿し木増殖します。出荷するポット苗は下部枝を採取しただけであり、品質上問題はないと考えられます。

(2) 発根率の高い家系(品種)の母樹としての利用

家系(品種)によって発根率が異なるため、家系管理を行い発根率の高い母樹を育成することで生産性の向上を図ることができます。森林・林業研究センターで行なった家系別接種試験の結果から、発根率の高い家系の健全苗を母樹として活用すれば、得苗率が向上すると考えられます。

(3) 挿し木苗の母樹としての利用

同一家系(品種)の苗を母樹とした場合でも、発根率が高い個体と低い個体が存在します。これらのうち、挿し木で増殖した苗は遺伝的に発根性が優れると予想されるため、それを母樹として活用すれば、発根性の向上が期待できます。

(4) ハウス内での挿し木管理

発根率を高めるためには、ビニールハウス等で自動灌水施設を使つての挿し木養生が有効です。

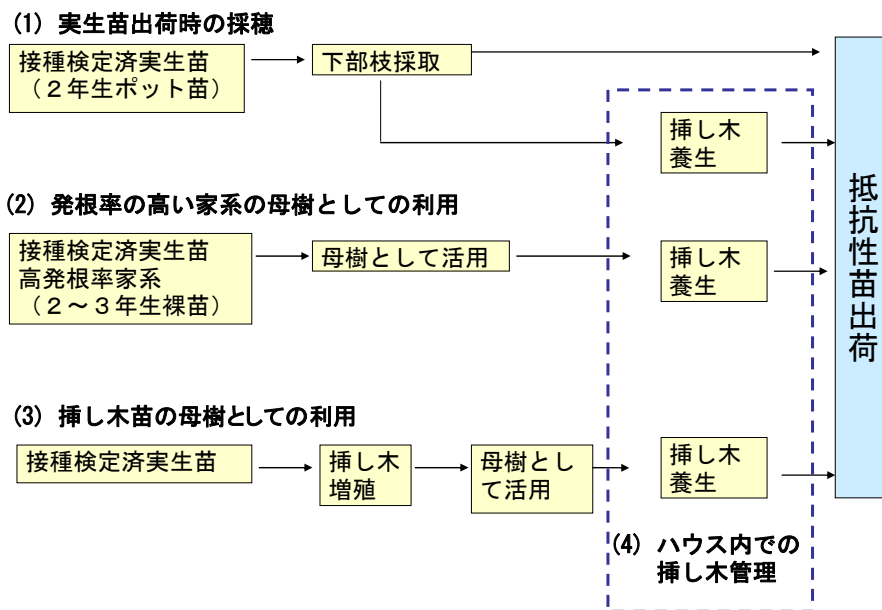


図9 抵抗性クロマツ苗の新しい生産システムの提案

おわりに

抵抗性クロマツの挿し木増殖は一部の地域や県で行われていますが、クロマツは発根が困難だと考えられていたことから、現状では広く普及していません。しかし、発根性に優れる家系（品種）の若い母樹を用い、下部枝から採種することで得苗数の増加が期待できます。接種検定による抵抗性実生苗生産では、マツノザイセンチュウの培養増殖に特別な設備や技術を必要としますが、挿し木増殖ならば一般の種苗生産者が取り組むことができ、高まる需要に応えるためにも実生苗に加えて挿し木苗を生産していくことが可能となります。また、新梢から伸びた針葉の長さを観察することにより発根量を推察できる新たな知見が得られたため、掘り取り前にある程度の得苗率の予測が可能となり、養生環境の改善や苗の出荷調整等に役立つと考えられます。

以上のように、本研究で得られた効率的な生産技術を活用し、新しいシステムを導入することで、抵抗性苗の増産化が期待でき、それが苗の低価格化にもつながります。そのため、海岸防災林や防潮堤への抵抗性苗植栽事業にも貢献できます。今後は、静岡県産品種の活用や下部枝の発生を促進させるような採種母樹の仕立て方法、剪定後の萌芽枝の利用などを検討し、さらなる生産性の向上を図る必要があります。

参考文献

- 1) Hakamata T, Hiraoka Y, Yamamoto S, Kato K, 2003. Effect of family, crown position, number of winter buds, fresh weight and the length of needle on rooting ability of *Pinus thunbergii* Parl. cuttings. *iForest*, vol.9, 370-374.
- 2) 宮崎潤二, 2003. マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの挿し木による増殖(Ⅲ) -育苗コ

- ストを抑えるための挿し木方法等の検討－. 九州森林研究, 56号, 188-189.:
- 3) 森 康浩・宮原文彦, 2002. クロマツの挿し木増殖における発根条件の検討(Ⅱ)－用土, 前処理, 電熱温床の効果－. 九州森林研究, 55号, 134-135.
 - 4) 森 康浩・宮原文彦・後藤 晋, 2004. クロマツのマツ材線虫病抵抗性種苗生産における挿し木技術の有効性. 日本森林学会誌, 86号, 98-104.
 - 5) 森下義郎・大山浪雄, 1972. 造園木の手引 さし木の理論と実際. 地球出版, 東京, 367pp.
 - 6) 大平峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・岡村政則・谷口亨・藤澤義武, 2006. クロマツのさし木発根性に及ぼすマツ材線虫病抵抗性. 林木育種センター研究報告, 22号, 25-34.
 - 7) 大平峰子・倉本哲嗣・藤澤義武・白石進, 2009. マツ材線虫病抵抗性クロマツのさし木苗生産における密閉さしの有効性. 日本森林学会誌, 91号, 266-276.
 - 8) 佐々木峰子・倉本哲嗣・平岡裕一郎・岡村政則・藤澤義武, 2004. クロマツのさし木発根性に及ぼす摘葉・摘芽の影響. 日本森林学会誌, 86号, 37-40.

用語解説

1) 返し切り

挿し穂基部の切り方の一つ。物質の移行や代謝活性を活発にし、水分吸収を高めると考えられています。発根促進や活着の安定を図る目的で行なわれます。

農林技術研究所 森林・林業研究センター 上席研究員 袴田哲司

発行年月：平成29年3月
編集発行：静岡県経済産業部産業革新局研究開発課

〒420-8601
静岡市葵区追手町9番6号
TEL 054-221-3643

この情報は下記のホームページからご覧になれます。
<http://www.pref.shizuoka.jp/sangyou/sa-130a/>

