

No.43
2023.7

「林木育種への期待の高まりに応えるために」 ～花粉症対策、森林吸収源対策への貢献～

林木育種センター所長 箕輪 富男

骨太の方針2023(経済財政運営と改革の基本方針 2023)が6月16日に閣議決定されました。方針では、新たに政府一体となって花粉症対策に取り組むことが明記されたほか、GX(グリーン・トランスフォーメーション)の取組として森林吸収源対策の加速等が盛り込まれました。

花粉症対策については、先にまとめられた「花粉症対策の全体像」(5月30日花粉症に関する関係閣僚会議決定)に基づき、10年後には花粉発生源のスギ人工林を約2割減少させ、将来的(約30年後)には花粉発生量の半減を目指し取り組むとされています。

具体的には、スギ人工林の伐採面積を現行の約5万ha/年から、10年後には約7万ha/年まで増加させること。併せて、花粉の少ない苗木や他樹種による植替え等を推進することとされ、10年後には、花粉の少ないスギ苗木の生産割合をスギ苗木全体の9割以上に引き上げることを目指すとされています。

また、森林吸収源対策においては、国内の人工林が本格的な利用期を迎える中、人工林資源の循環利用を進めるとともに、再造林により成長の旺盛な若い森林を確実に造成していくことが重要になります。

特に、特定母樹から育成された苗木(特定苗木)は、従来の苗木に比べ成長に優れ、下刈り期間の短縮が図られることから、再造林・育林の省力化や低コスト化、さらには二酸化炭素吸収量の向上も期待されます。

このため特定苗木については、令和12年までに林業用苗木の3割、令和32年までに9割とする目標が設定されているところです。

このように花粉の少ない苗木や特定苗木に対する期待が高まる中、今後も必要な苗木を安定的に供給することが一層重要となっています。

林木育種センターにおいては、これまで無花粉スギなどの花粉症対策品種の開発や特定母樹の指定、原種苗木を安定的に生産・配布するための増産施設の整備や技術開発を進めてきました。この結果、令和4年度の原種配布においては、全体の7割を特定母樹が占め、花粉症対策品種と合わせた花粉の少ない苗木(花粉症対策に資する苗木)の割合は9割を占めるまでになりました(原種配布や特定母樹の指定状況等については、次頁以降に詳細を記載しています)。

また、新たな品種の普及には、森林・林業関係者の皆さんにその特性等の理解を深めていただき、活用していただくことが必要不可欠となります。このため、都道府県や種苗事業者等に対する採種穂園の造成・管理等のための育種技術の指導に努めるほか、都道府県や国有林、森林整備センターなどとも連携し、特定母樹等の展示林の設定も進めているところです。

林木育種センターでは、今後も花粉症対策や森林吸収源対策など、社会ニーズに対応した優れた品種の開発等を進め、林木育種から森林・林業分野に貢献して参りますので、関係者各位のご理解ご協力をお願い申し上げます。

【紙面紹介】

原種生産・配布の取組	2～3
特定母樹の指定・配布状況について	4
キハダの葉フェノロジーの産地間変異	5～6

掌サイズのシークエンサーを用いた ゲノム編集樹木の選抜	7
日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発	8



国立研究開発法人 森林研究・整備機構
森林総合研究所林木育種センター

Forest Tree Breeding Center, Forestry and Forest Products Research Institute

原種生産・配布の取組

我が国の森林は主伐期を迎えており、森林の多面的機能を維持するためには主伐後の再造林が不可欠です。再造林にあたっては、成長が早い、花粉が少ない、病虫害に強いなどの優れた特徴を持つ、優良な苗木を植栽することが重要です。優良な苗木として、花粉飛散の元となる雄花をほとんど着生しない特性を有するスギ、ヒノキの少花粉品種をはじめとする花粉症対策品種の苗木やエリートツリー由来の特定母樹(成長が早く、下刈り省力化等の低コスト化が期待できます。また、スギ、ヒノキでは従来のもので半以下の雄花着生量となっています)から生産される特定苗木等を挙げることができます。なお、林野庁はスギ、ヒノキの花粉症対策品種の苗木及び特定苗木を「花粉症対策に資する苗木」として位置づけています。

原種生産・配布の一連の流れについては、本誌No.40でも紹介させていただいたとおり原種苗木を生産(増殖)する等して、都道府県に対して配布しています(写真1,2)。なお、特定母樹の原種については、都道府県が認定した特定増殖事業者にも配布しています。都道府県や認定特定増殖事業者は、これらの原種を採種園や採穂園の造成や改良のために活用しています。



写真1. 穂木(スギ)



写真2. つぎ木苗(ヒノキ)

原種の配布にあたっては、採穂台木及び苗木のDNA分析を一本ずつ行って、系統が正しいことを確認するとともに、苗木ごとにQRコードを付したラベルを付けて、手書きの誤り等により生じるヒューマンエラーの可能性を排除し、系統管理に万全を期しています(写真3,4,5)。



写真3. 苗木ラベル(ヒノキ)

林木育種センター及び育種場では、都道府県等の要望に基づいて優良な苗木の原種生産を行っています。令和4年度の全育種基本区における原種配布数は、スギ、ヒノキ、カラマツ、グイマツ、アカマツ、クロマツ、トドマツの7樹種で計20,674本と

なりました。内訳としては、特定母樹が15,263本(スギ、ヒノキ、カラマツ、グイマツ:特定母樹と花粉症対策品種の両方に該当するスギ1,281本含む)と全体の約7割を占め、花粉症対策品種は3,461本(スギ、ヒノキ)となっています(表)。また、花粉症対策品種とスギ、ヒノキ特定母樹を合わせた配布本

数は18,057本となり、全体の約9割が、「花粉症対策に資する苗木」を生産するための原種となっております。今後も都道府県等の要望に応じ、優良な苗木の安定的な生産・供給に貢献できるよう、着実な原種の生産・配布に努めていきます。

(育種部 原種課 井上 晃)



写真4. 場内保存木ラベル(ヒノキ)



写真5. QRコードを活用した系統管理(スギ苗木に取り付けたQRコードを読み込んでの確認作業)

表. 令和4年度の配布実績(単位:本)

品種名	樹種	育種基本区					計
		北海道	東北	関東	関西	九州	
特定母樹	スギ		3,279	1,417	1,696	3,215	9,607
	ヒノキ			1,719	3,240	30	4,989
	カラマツ		324	246			570
	グイマツ	97					97
小計		97	3,603	3,382	4,936	3,245	15,263
花粉症対策品種	スギ		878	507	558	41	1,984
	ヒノキ			289	1,078	110	1,477
小計		0	878	796	1,636	151	3,461
その他	スギ		687	16	140	72	915
	アカマツ		5		31		36
	クロマツ		103	4	110	39	256
	カラマツ	368		20			388
	グイマツ	40					40
	トドマツ	315					315
小計		723	795	40	281	111	1,950
計		820	5,276	4,218	6,853	3,507	20,674

注) 特定母樹と花粉症対策品種の両方に該当するスギについては特定母樹に含めている。

特定母樹の指定・配布状況について

1 はじめに

「森林の間伐等の実施の促進に関する特別措置法」(間伐等特措法)(平成20年法律第32号 最終改正:令和3年法律第15号)では、特に成長に優れ、花粉量が一般的なスギやヒノキに比べて概ね半分以下のもの等を、農林水産大臣が「特定母樹」として指定し、その増殖の実施の促進を図ることとされています。

林木育種センターでは、都道府県と認定特定増殖事業者(都道府県知事が認定した民間事業者等)による採種穂園の造成等の目的のため、特定母樹の原種を配布しておりますので、ご紹介いたします。

2 特定母樹の指定状況

特定母樹の制度が創設された平成25年度から令和4年度末までに、林木育種センターが開発したエリートツリー等の中から、特定母樹指定基準を満たした407系統を申請し、農林水産大臣から特定母樹に指定されています。そのうちの85%はエリートツリーから指定されたものとなっています(下表参照)。

なお、このほか、各県が申請し、特定母樹に指定されたものが85系統あり、全国では492系統が指定されています。

表 特定母樹の指定状況(系統数)

育種基本区	スギ	ヒノキ	カラマツ	トドマツ	合計
北海道			2 (1)	29 (29)	31 (30)
東北	86 (45)		20 (20)		106 (65)
関東	45 (45)	17 (17)	72 (72)		134 (134)
関西	56 (56)	40 (40)			96 (96)
九州	39 (18)	1 (1)			40 (19)
合計	226 (164)	58 (58)	94 (93)	29 (29)	407 (344)

(注1)各欄下段の()内の数値はエリートツリー数で内数

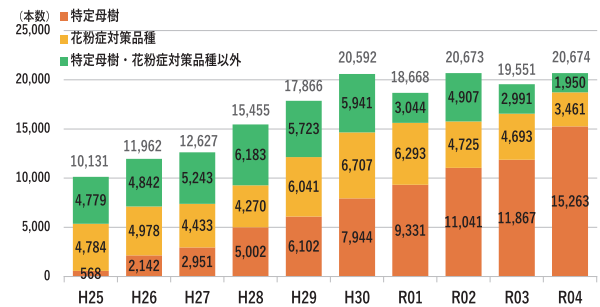
(注2)北海道のカラマツには、グイマツ1系統を含む

3 特定母樹の原種苗木の生産と配布状況

林木育種センターでは、都道府県等からの特定

母樹等の原種配布要望に応え原種苗木等の生産・配布を行っており、各系統の採穂台木から穂木を採取し、つぎ木やさし木で増殖し苗木を育成しています。配布先へ出荷する際には苗木1本1本のDNA分析を行い、要望系統と配布系統に相違がないことを確認したうえで配布しています。

特定母樹の配布本数については、平成25年度から令和4年度までに全国で約72千本を配布しており、樹種別内訳では、スギ約50千本、ヒノキ約13千本、カラマツ約5千本、グイマツ約4千本であり、令和4年度では、特定母樹の配布本数が全体の約7割を占めています(下図参照)。



4 今後について

間伐等特措法の基本指針では、今後の再造林は、特定母樹からの苗木による再造林を促進することとされており、併せて、地域の特性等に応じた多様な森林の整備を図るため、病虫害や気象害に抵抗性を有する種苗等の確保の推進に努めることとされています。このことから、林木育種センターでは、少花粉品種や気象害抵抗性品種等の優良品種からも、特定母樹の基準を満たすものについては、特定母樹への申請を進めています。

また、今後も配布要望に的確に応えられるよう、施設を利用した原種苗木増産技術の開発を進めるとともに、開発した技術のうち採種穂園の整備や山行き苗木の生産にも有効なものについて、講習会等を通じて技術指導を行うことで、今後も特定母樹の普及に貢献して参ります。

(指導普及・海外協力部 指導課 澤村 高至)

キハダの葉フェノロジーの産地間変異

1. はじめに

キハダはミカン科の落葉高木で、国内では北海道から九州までの山地の林内に生え、朝鮮半島、中国の北部および東北部、及びロシア連邦アムール州にも分布します。鮮やかな黄色の内樹皮は生薬であるオウバクの原料になります。主要な薬効成分はベルベリンというアルカロイドの一種で、健胃剤、整腸剤として古くから利用されてきました。林木育種センターでは、国産キハダの造林需要に備えるため、遺伝資源の収集保存、国内の遺伝的多様性の調査、種子や苗の移動可能範囲について調べるための産地試験地の造成といった基礎データの蓄積を進めています。

フェノロジーは「生物季節(学)」と訳されます。季節の移り変わりにともなう生物の状態や行動の変化(およびそれについて研究する学問)のことで、サクラの開花やセミの初鳴きなどが有名です。なかでもキハダなどの落葉樹にとって、春の開葉タイミングと秋の落葉(休眠)タイミングは成長や生存に直結した重要な形質です。落葉樹は、春はなるべく早く芽吹き、秋はなるべく遅くまで葉をつけ続けることで、光合成をしている期間を長くしたいはずですが、一方で、春の遅霜に芽吹いたばかりの若葉が傷害を受けたり、秋の初霜で休眠が完了していない冬芽が凍ったりしないように、対策する必要があります。こういったジレンマに、落葉樹はどのように対処しているのでしょうか。

本稿では、キハダ実生において観察された開葉・落葉フェノロジーの産地間変異について紹介します。

2. 材料と方法

国内5ヶ所の産地(北海道、東北地方、中部地方、中国地方、九州)からキハダの種子を採取し、育種センター(日立市)構内の苗畑で育苗しました(図1)。

開葉フェノロジーについては、2019年秋に播種した当年生実生の開葉のタイミングを翌2020年2月から5月にかけて観察しました。産地ごとに2~3系統、1系統あたり3個体を観察に使用しました。開葉指数は冬芽の状態である0から、完全に開葉した状態である4までの5段階で評価しました(図2)。

落葉フェノロジーについては、2020年春に播種



図2 キハダの開葉・落葉指数の目安



図1 苗畑で育苗中のキハダ実生

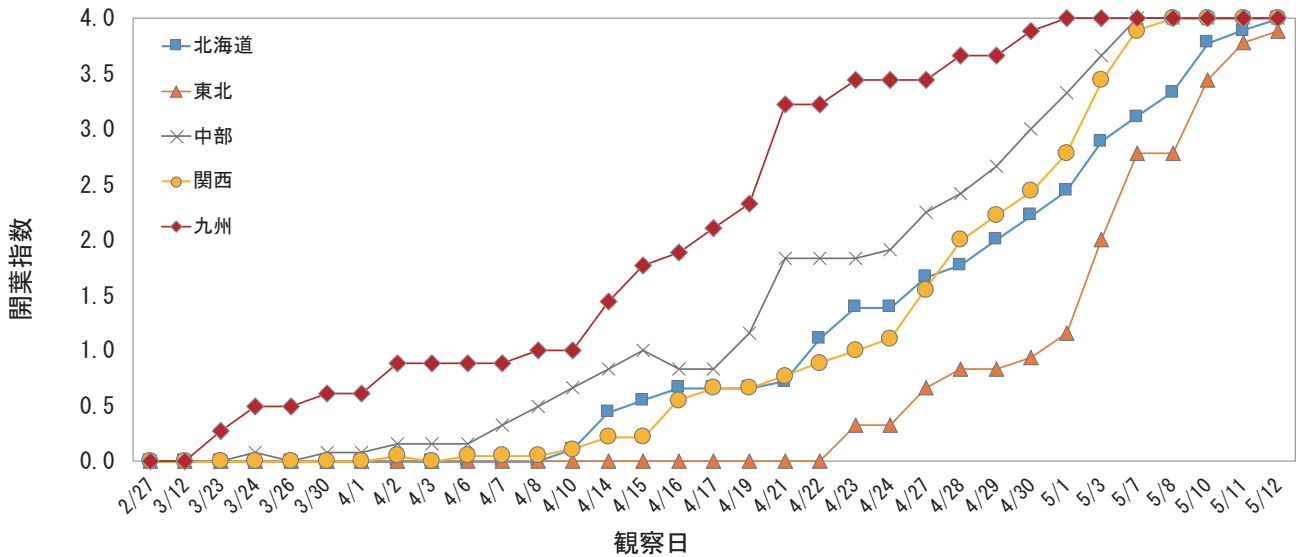


図3 開葉指数の産地間差

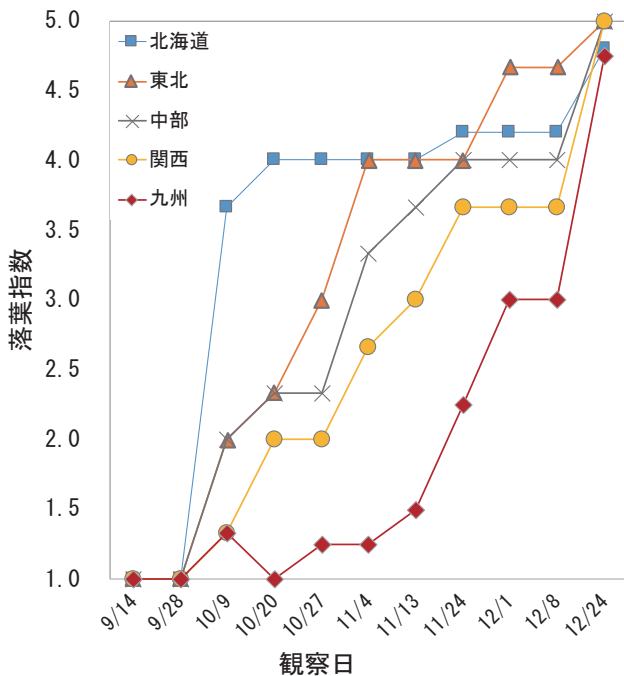


図4 落葉指数の産地間差

した当年生実生の落葉のタイミングを同年9月から12月にかけて観察しました。落葉指数は全く落葉していない1から、完全に落葉した状態である5までの5段階で評価しました。産地ごとに3～5系統、1系統あたり3個体を観察に使用しました。観察対象の個体ごとに開葉・落葉指数を記録し、各記録日における指数を産地ごとに平均しました。

3. キハダ実生のフェノロジー

開葉フェノロジーでは、3月下旬から九州産が最も早く開葉を開始しました(図3)。5月1日には九州産の全個体の開葉が完了しました。続いて中

部産、関西産、北海道産と続き、最も開葉が遅かったのは東北産でした。

落葉フェノロジーでは、おおむね北海道産、東北産、中部産、関西産、九州産の順で落葉が進みました。北海道産は急激に落葉したため指数2を示さず、10月に入ると一気に指数3まで進行しました(図4)。一方、九州産はゆっくりと落葉し、完全に落葉した状態の指数5となったのは12月に入ってからでした。このように、北海道や東北といった緯度が高い産地出身の系統では落葉が早くなる傾向が見られました。

4. 葉をつけている期間と気候

開葉フェノロジーの結果では、産地の緯度が高いほど遅く開葉する傾向が見られました。一方、落葉フェノロジーでは、産地の緯度が高いほど早く落葉する傾向が見られました。これは、高緯度地域(北海道・東北)では葉をつけている期間が短くなるということを示唆しています。キハダの当年生実生では、高緯度地域では芽吹きを遅く、落葉を早くすることで、春先と秋口の霜を避ける適応が起こっている可能性があります。また、低緯度で霜にあたる可能性が低い地域では、葉をつけ光合成できる期間を延ばすように地域の気候に適応してきたのかもしれませんが。今後は産地試験地を活用し、開葉・落葉フェノロジーの適応が成木でも見られるか観察していく予定です。

(遺伝資源部 探索収集課 稲永 路子)

掌サイズのシーケンサーを用いたゲノム編集樹木の選抜

1. ゲノム編集樹木

ゲノム編集技術はゲノムDNAの狙った場所を改変する技術として、近年樹木での応用例が増加しています。森林バイオ研究センターでは、ゲノム編集技術の一つであるCRISPR/Cas9システムの樹木への応用を進めており、これまでに無花粉スギなどのゲノム編集樹木の作製に成功しています(林木育種情報No.39)。

2. ゲノム編集樹木の作製過程の課題

現在主流となっているゲノム編集技術では狙った場所で生じる変異のパターンはランダムであるため、当初意図していなかったパターンの変異が生じることがあります。また、再生した個体が体細胞キメラ(変異パターンの異なる複数の細胞が混ざっている個体)を示すこともあります。そのため、最終的に作製したゲノム編集樹木では意図した変異パターンを有し、体細胞キメラではない変異体を選抜しなければならないという課題があります。

3. 小型の次世代シーケンサー

上記の課題を解決するために、ゲノム編集により改変されたゲノムDNAの塩基配列を効率的に決定する手法の開発が急務となっています。解決方法の一つとして、次世代シーケンサーを用いてゲノム編集を行った領域の塩基配列を決定する手法があります。森林バイオ研究センターでは、Oxford Nanopore Technologies社が販売しているナノポアシーケンサー(以降、ナノポア)を用いた手法の開発をここ数年行ってきました。ナノポアは非常に小型で持ち運び可能でありながら、数10キロ塩基以上の超長鎖DNAから数100塩基の短鎖DNAまで幅広く塩基配列の解読が可能です。当センターでは、ナノポアで最も小型の解析

用セル(フロングル)を使用しています(図1)。フロングルは20サンプル程度の小規模な解析に適しており、1セルあたり67ドル(およそ1万円)と格安であるため、手軽に利用できます。

4. ナノポアを用いたゲノム編集樹木の選抜

ナノポアを用いてゲノム編集樹木を選抜するために、まず、ゲノム編集を行ったゲノム領域をPCR法により増幅しました。その後、増幅したPCR産物をナノポアにより塩基配列を決定し、データ解析を行うことで変異パターン及びキメラ性を正確に決定しました。これらの成果から、今回開発した手法が目的とするゲノム編集樹木を選抜する手法として有用であることが実証できました。本手法は1サンプル2,000~5,000円で解析が可能であり、500メガ塩基以上の情報を1日で取得することができることから、効率的かつ安価な手法であると言えます。



図1 ナノポアシーケンサー

5. おわりに

ナノポアは日進月歩で改良が進んでおり、販売当初欠点と考えられていたエラー率の高さも改善が進んでいます。今後は、デバイスの改善に合わせ解析手法の最適化を行い、さらに効率的な手法へと改善していく予定です。

(森林バイオ研究センター 佐藤 良介)

日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発

1. はじめに

カーボンニュートラルの達成に向けて、CO₂吸収源としての森林の役割に大きな期待が寄せられており、令和3年度に策定された「みどりの食料システム戦略」において、成長に優れたエリートツリー等の苗木の活用割合を2050年までに90%以上に高めることが目標とされています。

近年、日本の人工林資源が本格的な利用期を迎えて国産材の利用が増加し、木材自給率が高まっています。一方、立木販売収入で再造林費用を賄うことは困難なため、主伐後の再造林率は低い状態となっています。将来にわたり持続可能な森林資源の活用を進めていくためには、林業適地に再造林を着実に進めることが必要であり、そのためには長期的な林業採算性に基づく林地の選別手法の開発が求められています。このような背景に基づき、令和5年度から農林水産研究の推進(委託プロジェクト研究)革新的環境研究において、「日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発」(代表機関:森林総合研究所、共同研究機関:鹿児島大学、静岡県立農林環境専門職大学、静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター等8機関)がスタートしました。ここでは、このプロジェクトの概要について説明します。

2. プロジェクトの概要

本プロジェクトでは、スギを対象樹種として、気象条件や土壌条件等、成長に優れたエリートツリー等の活用に最適な立地や林種転換等が可能な立地条件を解明し、エリートツリー等造林樹種の長期的成長を立地要因から予測する技術を開発します。また、林道分布等の地利的要因を整理し、立地要因(地位)と地利的要因(地利)とのマトリクス評価によって、将来にわたる人工林の林業

採算性とCO₂吸収量等を予測するツールの開発を目標としています。

地位の推定に向けて、航空レーザ計測による樹高の広域測定データと林齢、樹種などの森林基礎情報、数値地形情報および気候情報等から、高い精度で樹高や材積を推定することが可能なモデルを構築します(小課題1)。また、エリートツリー等の成長に優れた系統の成長の優位性をさまざまな立地環境で評価し、小課題1で得られた新たな地位指標と関連づけて成長に優れた系統を活用する条件を解明します(小課題2)。さらに地利については、作業種や将来的な林道敷設ポテンシャルまで加味した総合的な評価により地利を判定するモデルを構築します(小課題3)。このプロジェクトで、林木育種センターは小課題2に参画します。これらの技術開発により、将来にわたる人工林の林業採算性とCO₂吸収量等を予測する技術を開発し、林業採算性の高い適地やエリートツリー等を活用した場合の効果を明らかにすることにより、将来における林業の採算性の向上やCO₂吸収量の増加に貢献したいと考えています。

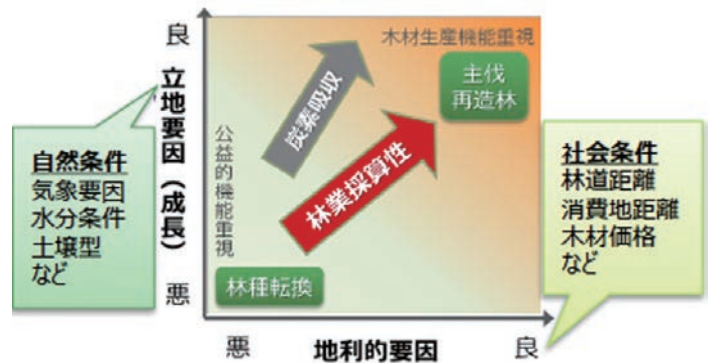


図. 立地要因と地利的要因による林地評価のイメージ (農林水産技術会議HPより転載)。

(育種部 育種第一課 栗田 学)

表紙タイトル写真

第2世代精英樹候補木同士を交配した苗木。特定母樹やエリートツリー、無花粉遺伝子を有する系統が交配親として用いられている。



リサイクル適性 (A)
この印刷物は、印刷用の紙へリサイクルできます。

林木育種情報 No.43

令和5年7月31日発行

国立研究開発法人 森林研究・整備機構

森林総合研究所林木育種センター

〒319-1301 茨城県日立市十王町伊師 3809-1

TEL: 0294-39-7000 (代)

FAX: 0294-39-7306

ホームページ <https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/index.html>