

人 工 交 配

— 林木育種における意義と役割 —

東北育種場 育種課長 河 崎 久 男

育種、すなわち品種改良において人工交配は、交配に用いる両親の長所を次代に受け継がせるための有効な方法の一つです。林木に限らず良い品種を早期に創り出すことを考えると、検定が終了し、育種の対象形質として優れた母材を交配親に用いることは、どんな作物の育種でも普通に行われます。もちろん、作物によって人工交配の方法は異なりますし、交配に伴う問題がいくつかあって技術開発を必要とする場合もあります。従来、日本の林木育種では、スギ、ヒノキ、アカマツ、クロマツなどの造林樹種を対象としてきました。幸いなことに、これらの樹種では人工交配は容易です。

これまでの林木育種事業の中で、次代検定林や育種素材保存園に植栽された精英樹など多くの育種素材で、いろいろな形質の特性が明らかになってきました。林木では、最終的な産物として木材が要求されます。木材の利用形態を考えると、通直性や完満性など表現形質に優れ、材の含水率が低く、強度に優れた材質が要求されるでしょう。経済的な観点から、材積の少ない林木は好ましくありません。また、収穫までに長期を要するため、生育期間中に各種の病虫害や気象害を被る機会も多いので、それらに対する抵抗性を持つことも必要です。しかし、例えば、幹のねじれが小さく、枝が細くて枝数の少ない樹型で、成長に優れ、かつ、その成長が持続し、材の含水率が低く強度に優れ、病虫害や気象害にも強いといったような万能な品種はまだ開発されていません。そうした品種に少しでも近づけるように、特性の明らかになった精英樹や病虫害・気象害の抵抗性確定木を用いて、人工交配によって有効な遺伝子を集積して優れた品種を開発する必要があります。

一方、遺伝パラメータを推測できるように計画した交配では、それによって得られた家系材料から、育種対象形質の遺伝率や遺伝様式について、自然交配による材料に比べてより正確かつ詳細な遺伝情報を得ることができます。これらの遺伝パラメータは育種計画を策定する上で欠かすことのできない情報であり、林木育種の研究を進める上でも重要です。また、近年、DNA分析技術の進歩によって、各種のDNAマーカーがいろいろな樹種で開発されています。優良な系統の人工交配による家系を分析材料に用いると、今後、いくつかの形質では有効なDNAマーカーを検出できる可能性もあります。

林木育種における人工交配の役割はますます重要性を持ち、新品種の開発や新たな研究の発展など、未来への夢をふくらませる技術の一つと言えます。

スギ・ヒノキの人工交配

1. はじめに

林木育種センターでは、これまでの精英樹より成長や材質がさらに優れた第二世代精英樹を選抜するための育種集団林を造成しています。この育種集団林には、一般次代検定林の調査に基づく評価から優れた精英樹を交配の親として選び出し、これらをかけ合わせて育成した人工交配苗を用いています。

現在、関東育種基本区においては、スギとヒノキの育種集団林を造成していますので、ここではスギ・ヒノキの人工交配作業について紹介します。なお、各作業の実施時期は、林木育種センター本所所在地（茨城県多賀郡十王町）での標準的なものです。

2. 着花促進

スギの場合は、ジベレリン50ppmの水溶液（ジベレリン50mgを水1ℓに溶かす）を作り、7月中旬と下旬にそれぞれ1回ずつ、噴霧器により葉面が十分濡れるまで散布します（写真－1）。



写真－1 ジベレリンの葉面散布

ヒノキの場合は、ジベレリン2.5mgの団子（ジベレリンとサンローズとを練り合わせる）を作り、7月中旬頃、枝の剥皮した部分にこの団子を埋め込み（写真－2）、ガムテープを巻いておきます。



写真－2 ジベレリン団子（左）と枝埋め込み（右）

3. 花粉の採取

スギの場合は、おおむね2月中旬頃から雄花が開いて花粉が飛び始めるので、2月上旬には雄花が着生した枝を切り取り、クローン別にグラシン紙の袋をかけ、温室内で枝の切り口を水に浸漬させ開薬を促進させます（写真－3）。2、3週間ほど経つと十分に開薬するので、袋を軽くたたき花粉を落としてから、袋の隅を切って市販の花粉採集器で花粉を集めます（写真－4）。なお、異なるクローンの花粉が混じらないように、袋には前もってマジックでクローン名を記載しておくとともに、クローン毎に別の花粉採集器を使用します。採集した花粉は、容器にクローン名を明記し、乾燥剤を入れた密封容器に入れて5℃の冷蔵庫に交配に使用するまで保存します。

ヒノキの場合は、スギよりも1ヶ月ほど遅れて雄花が開花するので3月上旬に雄花が着生した枝を切り取り、スギと同様の方法で花粉を採取します。



写真－3 雄花着生枝の水ざし



写真－4 花粉の採取

4. 袋かけ

人工交配に使用する花粉以外の花粉が受粉しないように、雌花がついている枝に交配袋をかけます（写真－5）。



写真-5 交配袋かけ

スギの場合は2月上旬頃に、ヒノキの場合は3月上旬頃に、雌花の周りの雄花をひとつ残らず取り除いて（以下「除雄」という。）雌花だけを交配袋（19.5×30.0cm）に入れるようにします。その際、交配袋は、交配袋を閉じる枝の部分に綿を巻き番号札をつけた針金でくくりつけます。また、雄花は小さいので（写真-6）、除雄する場合は、一人だけの確認では見落とす可能性があるため、最低二人で確認します。



写真-6 スギ（左）とヒノキ（右）の雌雄花

5. 花粉の注入

雌花が花粉の受け入れ態勢を整えると珠孔液を分泌するので、交配袋の周囲の雌花の状況を確認し、花粉を交配袋の中に注入します。

スギの場合は3月中旬から下旬にかけて、ヒノキの場合は3月下旬から4月中旬にかけて、晴れた日の午前中に3日ほど間隔をあけて3、4回、花粉銃（写真-7）で花粉を注入します（写真-8）。

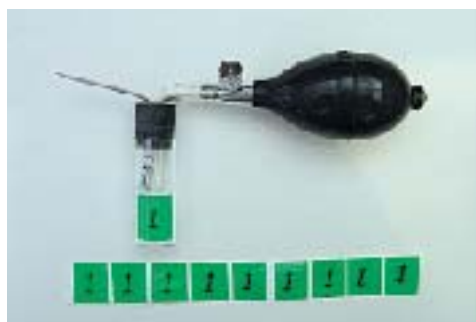


写真-7 花粉銃

交配の違い等を防ぐため、花粉銃には、どのクローンの花粉が入っているのか判るように、色と番号で表示したビニールテープを貼っておくとともに、花粉を注入するときに花粉銃で空いた交配袋の穴にも同じ色と番号のビニールテープを貼ります。なお、花粉注入後には、受粉の機会を増すため、交配袋を軽く振っておきます。



写真-8 花粉注入

6. 除袋

スギやヒノキの花粉の飛散が見られなくなる5月以降、枝から交配袋をはずすと、雌花が球形に膨らんでいます（写真-9）。そのままにしておくとカメムシに吸汁されるので防虫網を掛けます（写真-10）。なお、防虫網は、交配袋をくくっていた同じ番号札がついた針金でくくりつけます。



写真-9 ヒノキの雌花



写真-10 防虫網

7. 球果採取・種子の精選

10月中旬頃に球果を採取します。この際、防虫網をくくっていた針金についている番号札により、交配組合せが判るようになっていきますので、交配組合せ毎に球果をまとめ、球果の乾燥、種子の精選を行います。詳しくは本誌No.13をご覧ください。

（林木育種センター本所 育種課 野村考宏）

アカマツ・クロマツの人工交配

1. はじめに

マツノザイセンチュウ抵抗性がより高いマツの品種を開発するためには、どのような交配組み合わせで抵抗性が最も発揮されるのかを明らかにすることが重要であり、そのためには交配家系の作出が必要となります。現在九州育種場では、マツノザイセンチュウ抵抗性アカマツ・クロマツの交配を行っていますので、その手順を紹介します。

2. 袋かけ

九州では、クロマツの開花時期は4月中旬から下旬、アカマツは4月下旬から5月上旬です。開花時期はその年の気象条件や、個体によって異なるので、4月の第一週から観察を始め、当年枝が10cm程度伸長し、雌花が当年枝の先端から少し顔を出した段階で交配袋をかけます。

交配袋をかける際には雄花を取り除きます。これを除雄といいます。除雄を確実に行わないと交配袋の中で雄花が育ち、自殖が起こってしまいます。除雄を行った後、交配袋をかけます。交配袋のかけ方は、スギやヒノキの場合と同じ様に、(社)林木育種協会で販売しているマツ用の交配袋を使用します。

3. 花粉の採取

花粉親となる個体の雄花を、指で潰して汁が出なくなったら間もなく開花するので、そのような雄花だけを採取し、紙袋に入れます。雄花を集めた紙袋はつるして、エアコンのドライ運転の条件下で2～5日ほどおくと、花粉が袋内に貯まります。その花粉を精選した後、ビンに詰めて綿栓をし、シリカゲルを入れたデシケーター内で良く乾燥させます。このとき十分に乾燥させないと、カビが生えたりして、花粉の質が低下してしまいます。なお、花粉の精選には花粉精選器を使用しますが、無い場合には使い

古したナイロン製のストッキングで代用することもできます。

4. 花粉の貯蔵

アカマツの雄花はクロマツの開花がおおむね終わった頃に開花することから、クロマツを母樹としてアカマツとの種間交雑を行う場合は、前年度にアカマツの花粉を予め貯蔵しておく必要があります。また、マツの開花量は各年で異なるので、豊作年に花粉を大量に採取し、貯蔵しておくことも考慮すべきです。貯蔵に際しては、花粉を精選後良く乾燥させ、-20℃の冷凍庫に貯蔵します。そして、花粉を使用する際には、冷凍庫から出したあと、結露して湿気を吸収しないように注意しながら解凍すると、花粉の状態が良いようです。

5. 花粉の注入

雌花の先端から珠孔液が浸出する時を見計らい、花粉銃を用いて交配させます(写真-1)。できれば窓付の交配袋を使用して、花粉が雌花に確実にかかるようにします。また、雌花の開花は、個体や環



写真-1 マツの交配の様子

境条件によって異なるので、交配は一度でなく2～3回行った方が確実です。

交配には、雨が大敵です。雨によって花粉が濡れ

ると花粉が破裂してしまいますので、せっかく雌花についても受精できません。もちろん交配袋が濡れていても同じです。したがって、交配日やその前後1～2日の天候に留意しながら交配を行います。また、交配直後に降雨をみた場合には、袋の乾燥具合や天候に配慮し、早急に再度交配を実行します。

6. 除袋

交配袋をかけたままにすると、当年枝の成長を阻害します。また、せっかく交配した雌花（この段階になると球果：写真－2）が暑さで成長を停止し、落果することもありますので、マツの雄花の開花が終わった5月中旬頃、交配袋をはずします。その後、雌花は受粉が完全ならば成長を続け、次の年の9～10月頃、交配種子を採取することができます。



写真－2 交配後のクロマツの雌花（球果）

7. 交配によって得られたマツの種子について

これまでの経験から、クロマツでは1球果当たり平均15個の種子を、アカマツでは20個の種子を得ることができています。また、その種子を精選した後播種した場合、それらの種子の発芽率はおおむね90%を超えます(写真－3)。また、クロマツとアカマツの種間交配でも、発芽率は80%を超えています。したがって、交配によっても十分な

充実種子とその実生が得られることが確められています。



写真－3 クロマツ交配種子の発芽の様子

8. おわりに

最近のDNA技術の進歩により、採種園内で自然受粉した種子の花粉親の同定が可能になってきています。すなわち、採種園から得られた種子が交配なしに交配家系として見なせることができるようになってきています。しかし、DNA実験はコストがかかること、自然受粉で得られた種子の場合には、年によって採種園内全ての個体を組み合わせた家系が得られない場合があること等の問題があります。したがって、今後のマツノザイセンチュウ抵抗性育種等を進めるためには、やはり人工交配が必要だと考えられます。

(九州育種場 育種課 倉本哲嗣)

グイマツとカラマツの人工交配

1. はじめに

北海道では、グイマツ雑種F₁（グイマツとカラマツの一代雑種。以下「雑種F₁」という。）は成長が良く、ネズミの被害も受けにくいことから、年間500ha程度が人工造林されており、種子の供給が増えれば、カラマツに代わりさらに増加すると予想されています。

雑種F₁は、当面は多数のグイマツとカラマツクローンの交配による集団品種として供給されていますが、将来は単一グイマツクローンと多数のカラマツ精英樹クローンの交配による家系品種へと移行すると見込まれ、北海道の採種園から種子が生産され始めています（本誌No.19号参照）。

雑種F₁は、既に東演1号、グリーン、北のパイオニア1号の3品種が品種登録されています。

雑種F₁は、組み合わせにより、成長、通直性、耐鼠性、容積密度、繊維傾斜度など特徴のある家系が創出できることがわかっており、経営目的に応じたさらに優良な品種を創出するためには、人工交配が不可欠となっています。

2. 着花促進

カラマツは自然着花周期が長く、数年に1度の豊作年に交配するのが一般的で、計画的に交配を行うのは困難です。採種木が若い場合には環状剥皮が有効ですが、胸高直径が30cmを超える大きさになると効果が期待できません。環状剥皮の方法等については本誌No.13, 19号で紹介しています。

3. グイマツとカラマツの着花

グイマツを種レベルでカラマツと比較すると開葉時期が早く、開花も当然早くなります。しかし、その差は1週間から10日程度で、両者の開花期間は重複するので、自然雑種ができる可能性は高いと言えます。

雑種F₁は、逆の組み合わせでも実用上は問題はないと考えられます。採種園で自然交配による雑種種子の生産を目的とする場合には、グイマツ母樹から採種した雑種F₁の方が、グイマツとの区別が1

年生苗で容易にできるので、一般的に雑種苗の生産に用いられます。

グイマツはカラマツと比較すると球果が小さく、鱗片の数も少ないので種子生産効率は落ちます。また、雑種は種内交配より当然稔性が低いので、さらに、生産効率が低くなり、効率の良い種子生産には自家不和合性の高い（自殖しにくい）グイマツが望まれます。

4. 袋かけ

グイマツの開花はおおむね4月末頃ですが、外見的に雄花と雌花が明らかに区別できるのは、それより半月前からです。袋かけは花芽が確認できてから、花芽の鱗片が剥がれはじめて、花芽の先の緑の部分が見える頃までが適期になります（写真－1～4）。さらに開花が進むと、雌花は苞リングが、雄花は葯がはっきり見えます。この時点までには、袋かけを終わらせなくてはなりません。



写真－1
カラマツの花芽と葉芽

写真－2
鱗片に包まれたカラマツの雌花芽と内部



写真－3
鱗片に包まれたカラマツの雄花芽と内部

写真－4
鱗片に包まれたカラマツの葉芽と内部

雌花の着いた枝の雄花を除去して、市販のマツ用一重の交配袋をかけ、閉じる部分の枝に綿を巻いて、番号等の書いてあるラベルを付けたビニタイ等で外部から花粉が侵入しないようにくくります(写真-5)。



写真-5 袋をかけたグイマツ
(カラスよけにCDを吊し、目玉を書いている。)

5. 花粉の採取

花粉は早めに確保することが望ましいので、雄花の鱗片が取れ、黄色くなった時点で、枝を切って温室に水ざししておき、開葯し始めたら、花をもぎ、さっと洗浄して汚れを落として、乾燥させます。大量に必要な場合は、プランターに新聞紙を敷いて重ならないように並べて温室におくと、数日で開葯し花粉が落ちます。少量ならグラシン紙に雄花を入れて吊しておけば花粉が出ます(写真-6)。市販の花粉採集器で漉してゴミを除けば交配に使えます。採集する系統数が多い場合は、使用済みのコピー紙などを丸めて簡易なロートを作って、目の細かい網(捕虫網など)を適当な大きさに切り、その上にかぶせてゴミを漉すと、使いきりの花粉採集器となりますので効率的です(写真-7)。



写真-6 雄花を乾燥させ花粉を放出させる



写真-7 使用済みコピー紙と防虫網で作った、使いきり花粉採集装置を使っての採集作業

6. 花粉の注入

カラマツ属は、スギ、ヒノキのように雌花から珠孔液が出ることはありません。袋をかけた周辺の雄花の花粉が飛び始めた頃とその1週間後に注入すると良いでしょう。カラマツは苞リンの先が90度反り返った頃が、グイマツは苞リンが反り返らないので苞リンに花粉の入る隙間ができたのが見える頃が花粉の注入の適期です(写真-8)。

花粉を注入した穴はビニールテープでふさぎ、袋には花粉の番号などを書いておくと、2度目の注入が効率的に実施できます。



写真-8 花粉注入適期のグイマツ(左)とカラマツ(右)の雌花

7. 除袋

除袋は、花粉注入の半月～1月後に行います。タネバチなど球果害虫の発生が予測される地域では、同時に防虫網をかけると良いでしょう。

8. 球果採取・精選

交配組み合わせ毎に、一般のカラマツと同様に行います。球果採取と精選の方法は、本誌No.13号で紹介していますので参照して下さい。

(北海道育種場 育種課 半田孝俊)

スポット

ハゼノキの人工交配

1. ハゼノキとその花

ハゼノキは、果皮から木蠟を採取するために栽培する、いわゆる特用樹です。九州育種場では、木蠟収量が多いなどの特性を持った優良個体を選抜し、ハゼノキの育種を進めています。ここでは、ハゼノキの育種を進める上で欠かすことのできない人工交配の方法を紹介します。

ところで、ハゼノキは一般に雌雄異株植物ですが、中には雌雄両方の花を兼ね備えた個体が存在するので^{1), 2)}、交配の際には注意が必要です。ハゼノキは当年シュートの基部にいくつかの円錐花序を房状につけ、1つの花序には3mm程度の小花が100前後密生します(写真-1)。虫媒花ですので、開花の頃には独特の甘い蜜の香りがします。



写真-1 ハゼノキの雌花

開花時期は、熊本県南部の水俣市における観測結果では5月中旬から下旬ですが、これより北の熊本市郊外や福岡県久留米市でもほぼ同じ時期に開花が観察されます。しかし、開花時期にはクローンによって差があり、1週間以上の開きが観察されています。個体内では、開花は樹冠の上部から始まって、順に下部に進んでいき、個体全体の開花期間は1週間程度です。これらのことから、交配の適期をとらえにくい場合には、なるべく色々な高さで袋かけをしておきます。なお、花序単位では、基部の小花から咲き始めて3日程度で咲きそろいます。

2. 交配方法

まず、開花前の雌花を花粉媒介者から隔離するために交配袋を用います。九州育種場では、当年シュート全体を覆うことができる、60cm×40cmの大きさの寒冷紗もしくは不織布製の袋を作成して使用しています。また、交配袋で花が傷むことや開花状況を確実に観察するため、鉢植え個体を用いた室内での交配も行っています。

花粉の採取のため雄木の枝を水ざししますが、

日持ちがしないので、できるだけ開花直前、もしくは開花しているが葯は開いていない状態の雄花を採取します。花粉の保存は、乾燥状態で少なくとも数日間は可能です。雄花が少量の場合は、雄花から葯だけ取り集めて乾燥させます。またヘキサンを用いた収集も可能ですが、ロスが大きいので雄花が大量にあるときに行います。

雄花が大量にあり採取後ただちに交配する時は、雄花の花序のみを残した枝を直接雌花にはたきつける方法が最も効率的です(写真-2)。精選した花粉を受粉する場合は、スパーテルを用いて柱頭につけていきます。



写真-2 ハゼノキ交配風景

交配後1, 2日で白色の柱頭が褐色に変化し、さらに数日後には子房の膨らみが観察されます。この頃には、受粉可能時期は終了しているので、袋をはずす、あるいは鉢を外に戻します。

受精に成功していれば、緑色だった子房の膨らみが、秋には茶色い果実となります。採種時期が遅くなると、風で落下したり鳥に食べられてしまいますので、11月上旬には採種します。

3. おわりに

ハゼノキの木蠟は良質で、和ろうそくだけでなく様々な工業製品に利用されています。最近では代替材料が現れ、木蠟の価格は低下していますが、天然物には人工物には無い良さがあり、需要が絶えることはありません。ハゼノキは、栽培に手間がかからず収益が得られるため、副収入を得るのに適した作物です。これからは、さらに生産意欲の増すような品種の開発を目指していきたいと思っています。

引用文献

- 1) 平岡裕一郎ほか、九州森林研究 57, 213-214, (2004)
- 2) 山手廣太ほか、日林九支研論 39, 75-76 (1986)

(九州育種場 育種課 平岡裕一郎)