

花粉症対策品種の開発

①開発状況

花粉症が社会的に大きな問題となっています。都府県と連携し、スギ及びヒノキについて、成長や幹の通直性等に優れた精英樹の中から、平年では雄花が全く着かないか、極めてわずか、花粉飛散量の多い年でもほとんど雄花が認められない品種として、「少花粉スギ・ヒノキ」を開発しています。

また、普通のスギと同様に雄花を着けるものの、花粉を全く生産しない「無花粉スギ品種」の開発を進めており、平成16年度には通直性に優れた「爽春」、平成19年度には精英樹と同等の形質を示す「スギ三重不稔(関西)1号」を開発しました。

さらに、無花粉スギ品種「爽春」と精英樹等の人工交配を行い、平成28年度及び29年度には成長・材質等に優れた無花粉スギ「林育不稔1号」及び「林育不稔2号」を、関係都県と連携し平成30年度及び令和元年度には「三月晴不稔1号」「三月晴不稔2号」「心晴れ不稔1号」、令和2年度には「心晴れ不稔2号」「立山 森の輝き1～10号」を開発しました。

また、無花粉スギ品種「三重不稔(関西)1号」と精英樹等の人工交配を行い、令和5年度に成長・材質等に優れた無花粉スギ「スギ西育不稔1号」「スギ西育不稔2号」及び「スギ西育不稔3号」を開発しました。

少花粉スギ・ヒノキ品種の開発



一般的なスギ



一般的なヒノキ



少花粉スギ品種(天竜4号)

少花粉スギ品種
147品種を開発



少花粉ヒノキ品種(西川4号)

少花粉ヒノキ品種
55品種を開発

無花粉スギ品種の開発

無花粉スギ品種
(花粉ができません)
27品種を開発

そのうちの1品種は
「爽春(そうしゅん)」と
して品種登録

一般のスギ

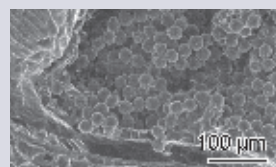


無花粉スギ

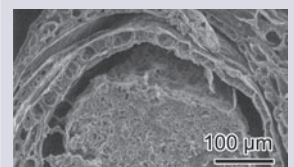


どちらも同じように
雄花を着けます

雄花の断面を顕微鏡で見ると...



ヤク
葯の中には丸い粒状の花粉が
見えます



ヤク
葯の中には花粉が全く見え
ません

原種の供給

② 精英樹との交配による無花粉スギの品種改良

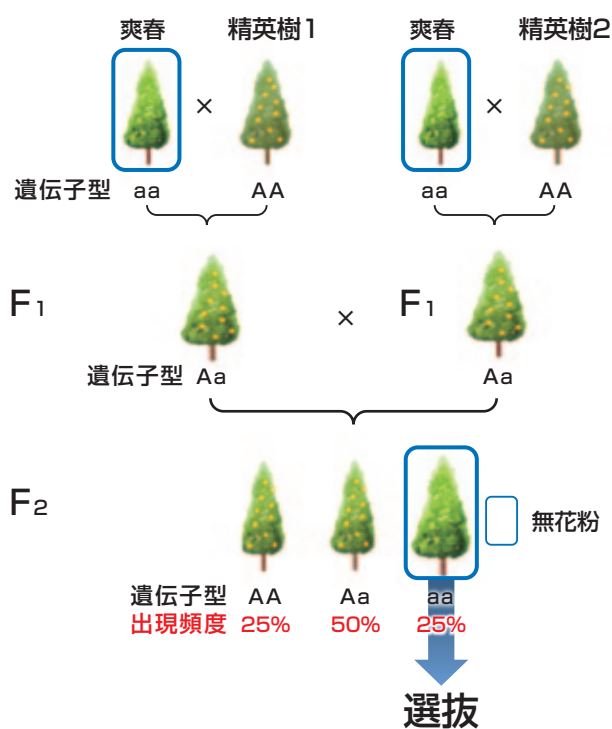
無花粉スギ品種「爽春」の雌花に、成長や材質等に優れた精英樹等の花粉を受粉させ、人工交配を重ねることで、成長や材質等に優れた無花粉スギの開発を進めています。

無花粉となる遺伝子は劣性なので、メンデルの法則で示されているとおりF₁（雑種第1代）では無花粉となる遺伝子を持つ個体（Aa）ができ、これらを交配させたF₂（雑種第2代）では無花粉となる個体（aa）が出てきます。作出されたF₂（雑種第2代）を試験地に植栽し、花粉の有無と成長・材質等を調査し、それらF₂個体（aa）の中から成長等に優れた無花粉スギの開発を進め「林育不稔1号」「林育不稔2号」を開発しました。

また、関係機関と連携し、無花粉遺伝子（Aa）を有し、今後の品種開発や採種園における種子生産のための花粉親等としての利用が期待される「無花粉遺伝子を有するスギ品種」を2品種、令和元年度に初めて開発しました。

さらに、「爽春」の無花粉遺伝子を高精度に検出できる遺伝子マーカーの開発により、無花粉となる遺伝子を持つ個体（Aa）の探索が容易となり、無花粉スギ品種開発の大幅な効率化が可能となりました。

これまでの無花粉スギの品種改良の方法

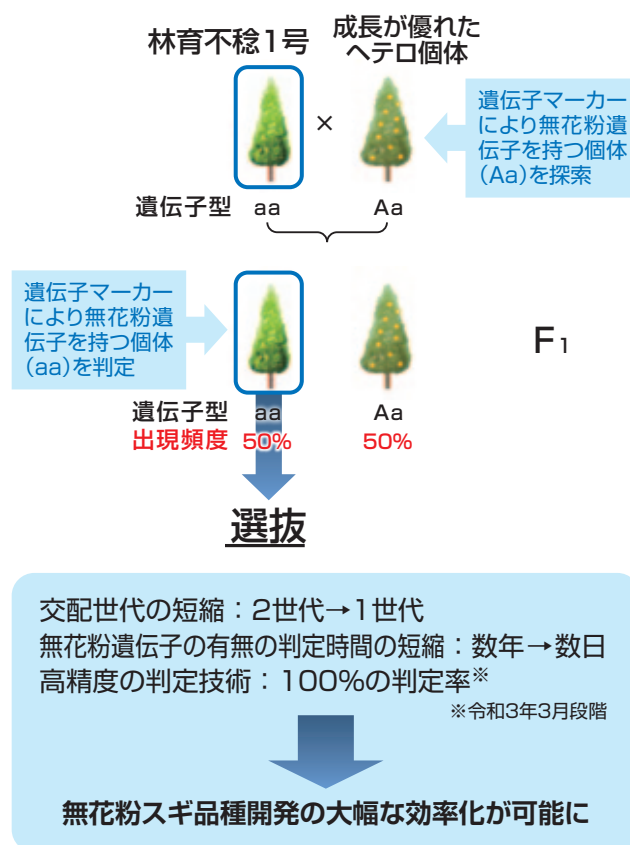


爽春のF₂（雑種第2代）から、花粉を全く出さない特性と、精英樹の優れた成長性を兼ね備えた、初期成長に優れた無花粉スギ2品種を開発



無花粉スギ品種「林育不稔1号」
6年次樹高6.6m
※スギの精英樹とほぼ同等

遺伝子マーカーの活用による新たな方法



エリートツリー等、より成長に優れた系統との交配を行い、さらに成長に優れた無花粉スギ品種の開発を目指します

マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発

①松くい虫被害状況

松くい虫被害(マツ材線虫病)は、マツノマダラカミキリにより運ばれた体長約1mmの線虫であるマツノザイセンチュウがマツの樹体内に侵入することにより引き起こされるマツの伝染病です。

被害は明治時代から発生していたのですが、昭和40年代後半以降西日本各地で激甚な被害をもたらし、その後北上を続け、現在は北海道を除く全国で被害が発生しています。

林木育種センターでは、府県と連携しマツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発を進めており、令和5年度までに611品種を開発しています。

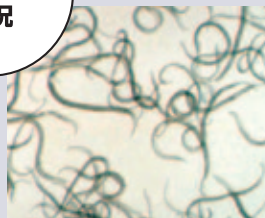


松枯れ被害の
状況



マツノマダラカミキリ

マツノマダラカミキリの成虫は、マツノザイセンチュウをマツからマツへと運びます。



マツノザイセンチュウ

(体長0.6mm~1.0mm)
マツノザイセンチュウは、マツノマダラカミキリがマツの若い小枝の樹皮を食べてできた傷口から侵入・繁殖し、松枯れの原因となります。

<国内における松くい虫の被害と対応>

明治38年(1905年)	長崎県において最初の被害報告
昭和16年(1941年)	「松虫害防除対策研究委員会」兵庫県の被害地で対策検討
昭和26年(1951年)	「松くい虫等その他の森林病害虫の駆除予防に関する法律」公布
昭和46年(1971年)	清原・徳重(国立林業試験場[現森林総合研究所])が接種試験によりマツノザイセンチュウが枯損の原因であることを解明
昭和52年(1977年)	「松くい虫防除特別措置法」公布
昭和53年(1978年)	マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業を開始
昭和57年(1982年)	「松くい虫被害対策特別措置法」公布 抵抗性品種の育成と供給体制の充実が盛り込まれる
昭和60年(1985年)	マツノザイセンチュウ抵抗性のアカマツ92品種、クロマツ16品種を開発
平成 4年(1992年)	「松くい虫被害対策特別措置法」改正 東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業を開始
平成22年(2010年)	マツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの第2世代品種の開発
平成29年(2017年)	マツノザイセンチュウ抵抗性アカマツの第2世代品種の開発
平成30年(2018年)	マツノザイセンチュウ抵抗性検定技術の改良及びその技術を活用した品種の開発

② マツノザイセンチュウ抵抗性品種の開発方法

① 激害地から抵抗性候補木を選抜



激害地で生き残った個体から抵抗性候補木を選抜



抵抗性候補木から小枝や種子を採取

② マツノザイセンチュウの人工接種による抵抗性の検定



抵抗性候補木の苗木



マツノザイセンチュウの人工接種



抵抗性品種
(健全)

抵抗性のないマツ
(枯れかけている)

マツノザイセンチュウ接種後のマツの幼木

合格判定

マツノザイセンチュウ
抵抗性品種
アカマツ326品種
クロマツ285品種※
(令和6年3月31日現在)

※マツノザイセンチュウ抵抗性品種同士の交配による第2世代品種アカマツ60品種、クロマツ67品種を含む

④ 抵抗性苗木の普及



海岸防砂林へのマツノザイセンチュウ抵抗性苗木の植栽

③ 抵抗性採種園の造成

東北、関東、関西、九州地方の府県にアカマツ36箇所、クロマツ57箇所(令和5年3月31日現在)の採種園が造成され、抵抗性マツの種子生産が行われています。



マツノザイセンチュウ抵抗性品種により造成した府県の採種園

DNAによる林木の系統管理

スギ精英樹
選抜地

スギ
原種園

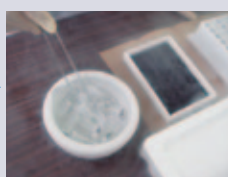
スギは全国から3,000系統以上の精英樹が選抜されており、これらの精英樹を用いた検定林や採種穂園が設定されています。各々の系統を外観から見分けることは難しいのでDNAを用いることにより正確な系統管理を進めています。

方法



サンプル採取

①



液体窒素で粉碎



DNA抽出

②



DNAの特定部位を増幅 (PCR)

③



(一部)
DNAを保存

④



増幅部位を確認

成果

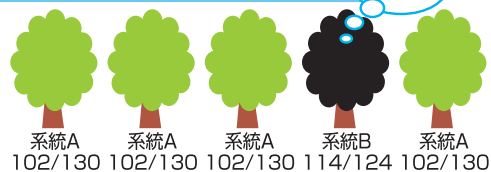


系統A 102/130
系統B 114/124
系統C 104/148
系統D 100/114
系統E 134/134
系統F 102/104

系統によって増幅されるDNAの長さが異なるので、その部分をシーケンサーという機械で泳動度の違いとして可視化することにより、目に見える形で検出

活用例その1 系統管理 系統Aの場合

おかしい!!



活用例その2 採種園管理 系統Aからの種子の場合



DNAを使えば、ある系統に別の系統が混入してしまうという間違いが防げ、また親子解析が可能になるので、異なる系統間での交配を管理することもできます

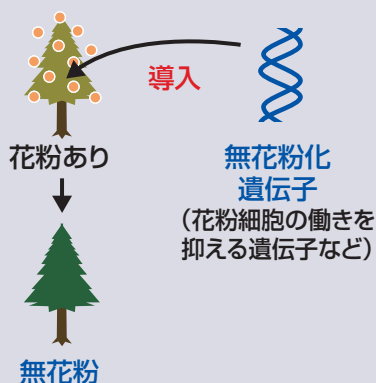
林木育種におけるバイオテクノロジーの開発

① 遺伝子組換え・ゲノム編集による無花粉スギの開発

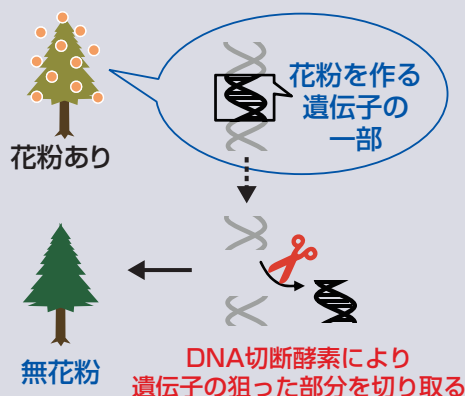
遺伝子組換え技術は目的とする遺伝子のみを導入する技術であり、効率良く短期間に品種改良することができます。また、近年植物自身が持つ遺伝子そのものを狙って、その機能を改変できるゲノム編集技術も注目されています。これらの先進的バイオテクノロジーを用いて、スギ花粉症対策に有効で、かつ優れた成長や材質を兼ね備えた無花粉スギ品種を開発する研究に取り組んでいます。

遺伝子組換えとゲノム編集の違い

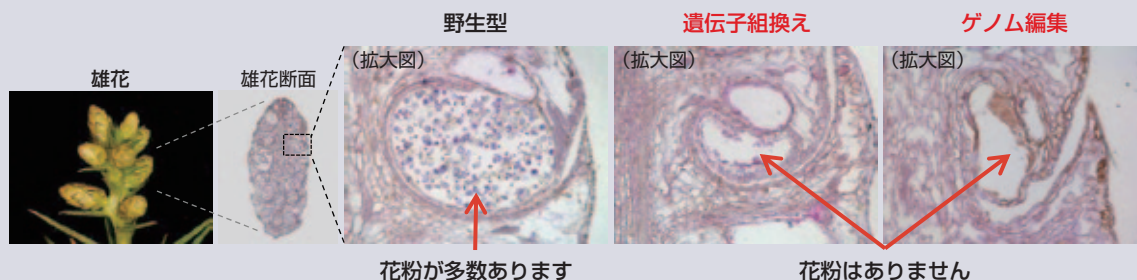
遺伝子組換えによる育種



ゲノム編集による育種



開発した無花粉スギの雄花内部の様子

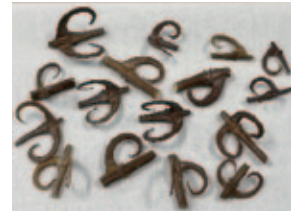


無花粉スギ作製の実際の手順



②カギカズラの組織培養と栽培技術の開発

カギカズラは、国内に自生するつる性の常緑樹木です。カギカズラの側枝には釣り針状のトゲがあり、このトゲを付けた側枝を乾燥させたものが生薬「チョウトウコウ」です。チョウトウコウは神経過敏、不眠などの精神神経症状の他、高血圧症の随伴症状や認知症の周辺症状の改善に効果があるとされる漢方薬の原料です。国内で流通しているチョウトウコウは全てが中国産ですが、国産のチョウトウコウの生産を目指すため、カギカズラの組織培養による優良系統のクローン苗作製や、栽培技術の開発に取り組んでいます。



生薬「チョウトウコウ」



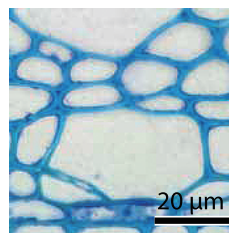
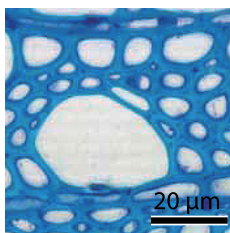
組織培養により作製したカギカズラのクローン苗



組織培養で作製したカギカズラの栽培試験

③木質の改変技術の開発

樹木は何十年・何百年と成長する中で二酸化炭素を吸収し、樹体に大量の木質を蓄積します。木質とは細胞が産生した細胞壁のことであり、細胞壁はセルロース、ヘミセルロース、リグニンなどから構成されます。私たちは、遺伝子組換え技術を利用してポプラに遺伝子を導入し、木質バイオマスの増産や細胞壁成分の改質を行っています。また、ゲノム編集技術を用いてポプラおよびスギが元々持つ遺伝子を改変することにより、木質の形成過程の解明に取り組んでいます。



木質が增強され細胞壁が厚くなった組換えポプラ(左)と非組換えポプラ(右)



リグニン量が低減し幹が赤くなった組換えポプラ(左)と非組換えポプラ(右)



非組換えポプラ(左)とゲノム編集により目的の遺伝子を破壊したポプラ(右)

木質形成の遺伝子を破壊したため、幹の強度が弱くなり匍匐性を示す