

林木育種技術

No. **14**

2002.3



独立行政法人林木育種センター

病虫害抵抗性育種における検定技術

独立行政法人林木育種センター 育種部長 田 島 正 啓

病虫害抵抗性育種は成長形質などの育種の進め方と違って、林木と昆虫或いは林木と病原菌のように2種類の生物がそれぞれに持つ抵抗性と加害性の関係を見極めて行う育種である。従って、病虫害抵抗性育種を進める場合、ある被害に対して免害性個体が自然界の中に存在するのか、昆虫或いは病原菌の生態は明らかにされているのか、被害と免害がどのようなメカニズムによって決まるのか、更に昆虫の飼育や病原菌の培養は可能か、等々に関して予め明らかにされていなければならない。このような条件をクリアした後、目的とする抵抗性育種を効率的に進めるための検定技術の開発が行われる。その場合の技術は可能な限り安価で容易な方法であること（簡易性）、検定結果は確実性が高いこと（確実性）、そして検定結果が比較的短期間に出ること（早期性）、などの要件を備えた検定技術が求められる。検定技術が完成すればその抵抗性育種は半分済んだと言われるほど重要かつ大切な技術である。

1957年（昭和32年）「精英樹選抜育種事業」を基軸とする林木育種が開始されて以降、それぞれの時代の要請を受けて今日まで数多くの育種事業が展開されてきた。そして多数の育種成果を収めてきた。更に今後もこれらの育種事業の成果に寄せる期待は大きい。林木育種センターがこれまでに取り組んできたうち、今回紹介する病虫害抵抗性育種に関する検定技術は下記のとおりである。

1960年代後半から西日本を中心にマツノザイセンチュウの被害が多発し大きな社会的な問題になった。この被害はその後北上し現在でも東北地方や日本海側の地域で大きな問題となっている。これらの被害に対して林木育種センターでは数年の月日を費やしてマツノザイセンチュウの大量培養技術、人工接種検定技術などの検定技術を開発した。そして、これらの技術に基づき、「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業（1978～1984年度）」と「東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業（1992～2001年度）」を進めてきた。また関西地方でハチカミと称して古くからその被害が知られ、同様に関東地方や東北地方でも問題視されていた、スギカミキリと九州地方で林業上重要害虫であったスギザイノタマバエの2種類の昆虫の被害に対して、林木育種センターはピン処理法、幼虫接種法、或いは成虫放虫法などの検定技術を開発し、「地域病虫害抵抗性育種事業（1990～1997年度）」を進めてきた。更に、北海道で問題になっているエゾマツカサアブラに対する抵抗性育種や、アカマツ、クロマツに被害をもたらすマツバノタマバエの抵抗性育種に関する検定技術について紹介する。

マツノザイセンチュウ抵抗性の検定技術

1. はじめに

「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」は当時最も被害が多かった西日本を中心に1978年から1984年まで実施され、現在も関連した調査研究が継続して行われています。また、それ以降被害が深刻になった地域を対象として1992年より「東北地方等マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」も実施されています。これらの事業はマツの材線虫病に抵抗性を持ったクローンを選抜し、それらで採種園を造成することで抵抗性の種苗を大量生産し、松枯れ被害跡地の復旧に資することを目的としています。当初に実施された「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」では激害地の林の中からアカマツ、クロマツの抵抗性候補木を選抜し、これらのクローン苗を養成した上で、マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xyophilus*) (以下材線虫) を接種する検定を行いました。その結果、最終的にアカマツ92, クロマツ16, 計108クローンの「抵抗性個体」が確定し、活用されています。

本事業では抵抗性採種園産の種子から育成した苗木を「抵抗性マツ」として造林に供しています。この苗木の材線虫接種による抵抗性は、平均生存率が65%であり、一般マツが30%であるのに比べ高い値を示します。この抵抗性をより向上させるために苗木に材線虫を人工接種し、生き残った健全苗を用いる方法がとられています。クローン数の少ないクロマツでは特に有効です。この方法によって得られた苗木は「接種判定済苗」として区別して取り扱われています。ここでは九州地区において実施している2年生苗に材線虫を接種する抵抗性の検定技術について紹介します。

2. 材線虫の増殖

(1) 元種材線虫の培養

抵抗性検定に用いる材線虫は「島原個体群」に限定しています。これは「マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業」で用いられており、培養を始めて23年になります。しかし、増殖性、加害性は全く変化していません。

培養には馬鈴薯寒天培地 (PDA) を用います。作成の方法は馬鈴薯が200 g 入った1000mlの煮汁に蔗糖2%, 寒天1%を溶かし試験管に分注してオートクレーブで滅菌し、クリーンベンチ内で試験管を斜めにして培地を固めます。これにマツノザイセンチュウを増殖させるための糸状菌 (*Botrytis cinerea*) を移植し、約25°Cで7日間ほど培養すると培地面全体が糸状菌で覆われます。この糸状菌の保存用とするものは4°C前後の冷蔵庫で保存します。一方、材線虫の増殖に用いるものはこれに材線虫を移植します。約25°Cで10日間ほど培養すると材線虫の頭数は飽和状態となります。これらは4°Cの冷蔵庫で保存することができます。この作業を2ヶ月経過毎に繰り返すことで継代培養を行うことができます。

(2) 接種用材線虫の大量増殖

材線虫の大量増殖は図-1のとおり順序で行います。まず培養に必要な器具を準備し、直径9cmの

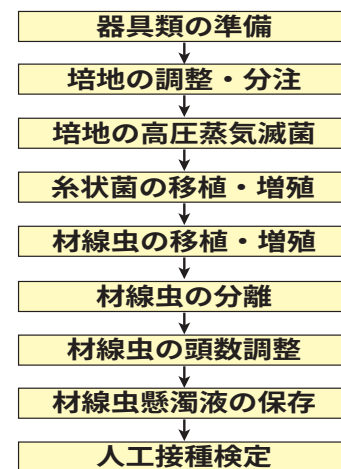


図-1 大量増殖の順序

シャーレ1枚当たりにはだか丸麦又は押し麦を20 g 入れ、2%の蔗糖液20mlを加えて121°Cで30分間高圧蒸気滅菌を行い、クリーンベンチ内に取り込み自然冷却し次に糸状菌を移植します。約25°Cで10日間程度培養するとシャーレ全体に繁殖します。それに材線虫を移植し、25°Cで10日間程度増殖をさせます。増殖した材線虫の数がピークの状態になった培地から接種用の材線虫を分離します。方法は直径30cm程度の大型ロートにシリコンホースを取り付け、ピン

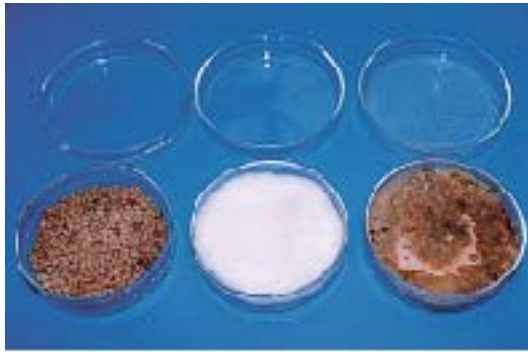


写真-1 シャーレを用いた増殖

左-培地 中-糸状菌の増殖 右-材線虫の増殖

チコックで栓をしておきます。これにステンレス製の網を敷き、その上にガーゼを重ねて水を張ります。その中にシャーレを逆さまに静かに浸せきします。約2時間放置後ロート管に溜まった材線虫をメスシリンダーに採集します。

(3) 材線虫の頭数調整と保存

採集した材線虫の懸濁液は麦汁で濁っているので材線虫を沈殿させ、上部の水を捨てて新鮮な水と入れ替えます。これを数回繰り返した後、0.1ml当たり10000頭の材線虫が存在する濃度に調整します。調整の終わったものは三角フラスコに入れ約4℃の冷蔵庫で保存します。材線虫の活性を低下させないために1日に2回、上澄み液を捨てて新鮮な水に入れ替えます。そのことにより、7日間程度は材線虫の活性を保つことができます。

3. 人工接種作業

人工接種作業は、九州地区では梅雨が明け天候が安定し気温が25～30℃となる7月25日頃に行います。接種当日は作業の2時間前には材線虫を冷蔵庫から



写真-2 材線虫の接種

取り出し、水を交換し、材線虫の活性を確認します。この材線虫の懸濁液の中に接種箇所を着色して接種

漏れを防ぐために食紅を1000ml 当たり1g程度加え、頭数ムラの無いようにかき混ぜながらねじ口ピンに小分けします。

接種は2人1組で行います。まず、接種を行う根元の部分に付着した土を取り除き、生け花用のノコギリの上部を研いで刃を付けた部分で3～5cmの長さに樹皮をはがします。さらにはがした部分をノコギリの刃の部分で掻き傷を付け、この部分にマイクロペットを用いて5000頭の材線虫を含む0.05mlの懸濁液を接種します。一通り接種が終われば接種漏れのないように接種部分の着色によって確認をします。

4. 接種結果の判定

接種結果の判定は8週間以上を経過した時点で行います。これで翌春までの生存本数、すなわち抵抗性苗木の生産数量をほぼ把握することができます。この接種検定による生存率は接種日前後の気温や降水量によっても左右されます。クロマツの場合、これまでの試験結果によって生存率が50～60%の場合であると抵抗性の低い苗木が十分に排除されたことが分かっています。反対に80%以上であると弱い苗木が含まれている危険性があります。また、40%以下であると大変強い苗木が残ったということになります。

5. おわりに

現在、材線虫を接種した「接種判定済苗」は森林組合等で事業的に生産されており、「筑前スーパークロマツ：福岡」、「天草スーパーマツ：熊本」、「スーパーグリーンさつま：鹿児島」等の名称を付けて販売されています。生産された苗木は海岸保安林や景勝地の修復などに活用されています。また、この抵抗性マツを用いて次代検定林や現地適応性試験地を設定して被害現地での抵抗性や成長の特性等の調査を進めております。

引用文献

- (1) 戸田忠雄 (1996) マツノザイセンチュウ抵抗性育種. 森林防疫45: 132～137
- (2) 戸田忠雄 (2000) 抵抗性マツを生産するための材線虫の培養技術と接種技術. 九州育種場年報28: 50～61

(九州育種場 育種課 岡村政則)

マツバノタマバエ抵抗性の検定技術

1. はじめに

マツバノタマバエはアカマツ、クロマツなどの針葉に寄生する害虫です。最近、この被害はほとんど見られませんが、1950年代から1970年代には、北海道を除く日本全土に被害がありました。当時、東北地方では日本海側の若い海岸林に激しい被害があり、この防止対策としてクロマツの抵抗性42個体を選抜しました⁴⁾。また、それらの抵抗性は単一の優性遺伝子の支配であることが明らかにされています⁴⁾。この選抜事例を中心に紹介します。

2. マツバノタマバエの生態

マツバノタマバエの成虫は蚊に似ています。幼虫は体長は2～3mmで外形はウジ型をしています。成虫は5月～7月に土中から羽化して現れ、寿命は短く1日くらいです²⁾。この間に産卵します。卵からふ化した幼虫は針葉基部に侵入して虫えいを作り寄生します。その後、秋から冬にかけて幼虫は虫えいから落下し、幼虫のまま土中で越冬します。被害針葉は健全針葉長の1/2以下で基部に虫こぶができ、幼虫が脱出した後は枯死して落葉します。

3. マツバノタマバエ被害に対する育種的対応

被害木は早期に落葉するので異常に着生針葉が少なくなり、樹勢が弱ります。被害が3、4年以上続いている林分では成長が悪く枯死するものもあります。このような被害林分の中から①針葉が緑で着生量が多く、②成長がとび抜けて良い個体を探し、抵抗性候補木として選抜します。クロマツ12～28年生の海岸林から選抜した例では、周囲木50本との樹高比が1.6倍、胸高直径比が1.7倍でした。

タマバエに対する抵抗性の原因については、その寄生状況から2つのタイプがあると考えられます。1つは針葉に産卵されないもの、もう1つは産卵され幼虫の侵入を受けますが、その後虫えいが形成されず幼虫が死滅するもので、仮に前者をAタイプ、後者をBタイプとします。これまでの調査では、A

タイプは環境の影響が大きく抵抗性個体はまだ見つかりません。Bタイプは環境の影響が少ない抵抗性原因です。前述した抵抗性クロマツ42個体はこのBタイプの抵抗性です。また、外国産マツの中でテーダマツ、スラッシュマツは虫えいが形成されないことが報告³⁾されています。この抵抗性もBタイプと考えられます。一般造林木には寄生針葉（赤い



写真-1 候補木クローンの現地検定

針葉)が多数着いています。候補木クローンには寄生針葉はなく、針葉が濃い緑色です。

4. マツバノタマバエ抵抗性の検定

(1) 現地検定

現地検定は、選抜・増殖した候補木を被害地に植栽して検定する方法です(写真-1)。被害地で検定することから最も信頼できる情報が得られます。ただし、試験地を設定する際、被害の発生が高い確率で予測されることや、試験地内での被害発生をできるだけ一様にする試験設計にする必要があります。以下にBタイプ抵抗性の検定について述べます。

①候補木の抵抗性検定は、1個体あたり10本くらいのクローンを用いて単木混交植栽するのが効率的

です。②抵抗性の遺伝子型を知るには、候補木の後代苗を検定して抵抗性苗の出現頻度から推定します。③植栽して樹勢が高まった3、4年後に調査を行います。10月頃、各植栽木から短針葉が多くついている当年生枝を調査します。短針葉の多い枝を用いるのは、抵抗性検定の精度を高めるためです。

(2) 放虫実験による検定

網目の大きさが20メッシュくらいの網室の中に、鉢植えした苗木を入れて検定をします。簡便なので小規模検定に適しています。11月頃に寄生針葉を枝ごと採集し、網室の地表に敷き時々散水して自然状態で幼虫を脱出させます。翌春、成虫が羽化して出現し供試木に産卵します。

この方法の実施例として、縦横1.8m、高さ2mの網室に被害当年生枝500本（推定寄生幼虫75,000頭）を敷き検定した結果、供試木の平均産卵率が51%、寄生率が90%以上でした⁵⁾。

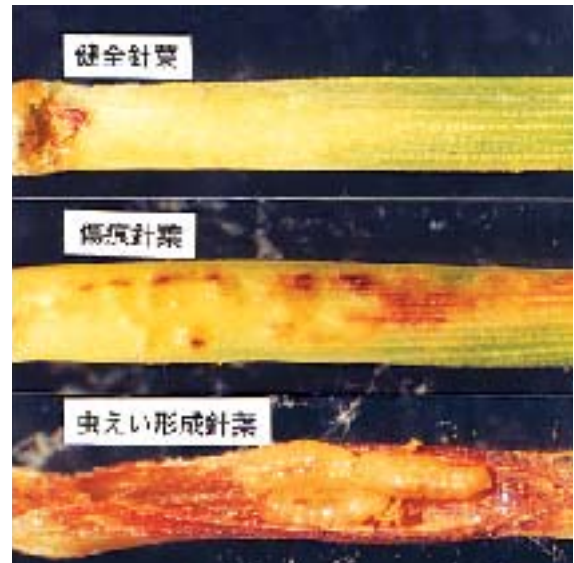
(3) 結果の判定

各植栽木から採取した当年生枝の全針葉をもぎ取り、2本1対の針葉を離してその内側を肉眼及び実体顕微鏡で観察し、「健全針葉、傷痕針葉、虫えい形成針葉」の3つに区分します（写真－2）。次に、各植栽木の産卵率（傷痕針葉数＋虫えい形成針葉数／全針葉数）及び寄生率（虫えい形成針葉数／傷痕針葉数＋虫えい形成針葉数）を求めます。前述したAタイプの抵抗性は産卵率が低いもの、Bタイプの抵抗性は寄生率が低いものです。

候補木クローンの検定結果から、寄生率0%または数%のものを抵抗性個体として選抜します。候補木後代苗の検定結果については、抵抗性遺伝子が優性ホモの場合には全て抵抗性苗となり、ヘテロの場合には、花粉親の遺伝子型によって異なり、花粉親がヘテロでは75%、非抵抗性では50%が抵抗性苗になります。

5. おわりに

マツバノタマバエの検定期間は比較的短いです。それでも選抜した候補木の検定には、つぎ木苗育成に3年、被害地に植栽して3～4年、計6～7年を要します。交配家系の検定には、人工交配のためにさらに2～3年を要します。



写真－2 針葉のマツバノタマバエ被害区分

最近、DNA分析技術の急速な進歩により抵抗性などの早期検定が可能になりつつあります。マツバノタマバエ抵抗性についても、抵抗性遺伝子のそばにあるDNAマーカーが検出されています¹⁾。今後に期待したいと思います。

引用文献

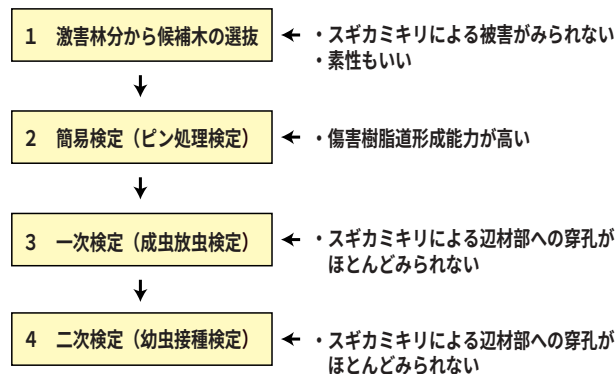
- (1) Hayashi, E, Kondo, T, Terada, K, Kuramoto, N, Goto, Y, Okamura, M, and Kawasaki, H (2001) Linkage map of Japanese black pine based on AFLP and RAPD markers including markers linked to resistance against the pine needle gall midge. Theor Appl Genet 102: 871～875.
- (2) 曾根晃一(1986) マツバノタマバエの生態学的研究. 林試研報341: 1～25
- (3) 滝沢幸雄(1963) マツバノタマバエに対するマツ品種および系統別の抵抗性 (I) マツ品種および系統別の被害解析. 74回日林講: 341～342
- (4) 寺田貴美雄(1992) クロマツのマツバノタマバエ抵抗性育種に関する研究. 林育セ研報10: 1～32
- (5) 寺田貴美雄(1994) マツバノタマバエ抵抗性の検定法の開発 (I) —網室内放虫による抵抗性検定—. 日林東北支誌46: 129～130

(東北育種場 育種課 寺田貴美雄)

スギカミキリ抵抗性の検定技術

スギカミキリは、スギおよびヒノキの戦後の拡大造林にともない、これらの樹種の大害虫として位置付けられるようになりました。スギカミキリの分布が拡大するにつれて、被害調査、生態的研究、防除対策など幅広い研究が行われ、その結果、被害はスギ林に多く、また被害程度は品種間で差異があること、さらに樹皮下に穿孔した多くの幼虫は、内樹皮に形成される傷害樹脂道によって死亡することが明らかになりました。

このような研究によって、野外においてスギカミキリに対して高い抵抗力を有するスギが存在する可能性が高いという判断のもとに、林木育種センターでは1985年から地域虫害抵抗性育種事業（スギカミキリ）を始めました。この事業を行うに際して、予備的研究を行い、抵抗性個体開発のために4つのステップを踏まえることにしました（図－1）。



図－1 スギカミキリ抵抗性検定の流れとそれぞれの選抜規準

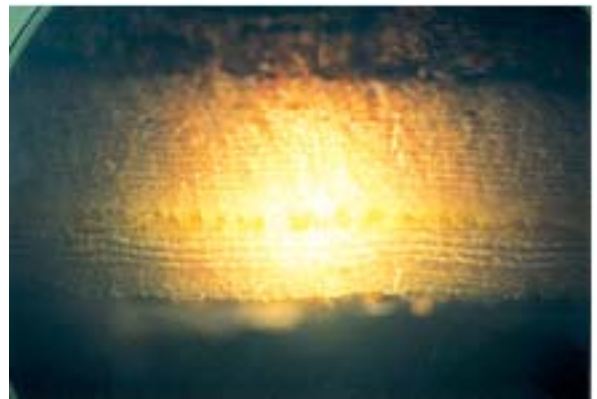
1. 激害林分から候補木の選抜

まず、スギカミキリによる激害林分地の情報を得ます。つぎに、そこの被害調査を行い、スギカミキリによる被害が見られず、しかも素性のいい個体を選抜します。

2. 簡易検定（ピン処理検定）

スギカミキリに対する抵抗性は傷害樹脂道形成

能力と深い関係があることがわかっていますので、まず選抜した個体の傷害樹脂道形成能力を調べます。スギは外傷を負うと脂を滲出し、腐朽菌などが侵入するのを防ごうとします。ですから、人為的に外傷を負わせても傷害樹脂道が形成されます（写真－1）。そこで、スギカミキリ幼虫による穿孔状態に近い状態を作り出すために、千枚通しなどの突起物を樹幹に差し込み、傷害樹脂道の形成能力を調べます。能力としての指標は、形成スピード、その面積および複数年輪に形成されるかなどです。このようにして傷害樹脂道形成能力の高い個体を選抜します。



写真－1 傷害樹脂道の形成状況

3. 一次検定（成虫放虫検定）

次に、実際にスギカミキリを樹幹内に穿孔させ、スギ個体の抵抗性を探る必要があります。そのためまず、簡易検定で選抜した個体のクローンをさし木やつぎ木などでたくさん育てます。その後、これらの個体を大きな網室の中に植え込むか、または植えた木を囲むように新たに網室を建てます（写真－2）。そして、しばらくそのまま育成させた後、この中にスギカミキリ成虫を放虫します。そうすると、スギカミキリ雌成虫は樹幹に産卵し、孵化した幼虫は樹皮下に穿孔しますので、樹皮を剥皮しスギカミキリ幼虫の穿孔状況を調べれば抵抗性が判断できます（写真－3）。こうして、辺材

部に穿孔した幼虫の割合が極めて少ないクローンを合格木とみなします。



写真-2 網室設置状況



写真-3 スギカミキリ幼虫による穿孔状況

ので、スギ個体同士が混み合ってしまうこれもスギ個体の成長にとってマイナスです。

したがって、両者とも好条件下で調査を行う必要があるため、最後に二次検定を行います。この検定は、孵化直後の幼虫を樹幹に直接接種し穿孔を行わせる方法です（写真-4）。この方法は、樹勢のいい供試木を用いて、また幼虫の個体間競争を最小限に抑えて抵抗性を判断することができますが、労力的に多数のスギ個体を検定できないため、一次検定において合格木が多かった場合には複数年かかります。この場合もやはり辺材部に穿孔した幼虫の割合が極めて少ないクローンを合格木とみなします。

このようにして、4つのステップを経てスギカミキリに対して抵抗性の高い個体を開発することができます。



写真-4 二次検定実施状況

（センター本所 育種課 加藤一隆）

4. 二次検定（幼虫接種検定）

一次検定は、自然条件で行ったようにみえますが、環境的にはスギカミキリにもスギにも決して好条件とはいえません。というのも、スギ個体あたりのスギカミキリ幼虫の穿孔頭数が多くなるため、穿孔した幼虫に個体間競争が働きます。このことは幼虫の生存にマイナスに働きます。また、スギ個体にとって網室のように網で覆われるような環境は、光を十分に受けることができません。さらに、検定効率を上げるため密植にしています

スギザイノタマバエ抵抗性の検定技術

1. はじめに

スギザイノタマバエ (*Resseliella odai* INOUE) は、体長約 2～3 mm のとても小さな昆虫ですが、その被害はスギの材価に大きな影響を与えます。九州地方の山地や中国地方の一部に分布し、これらの地域ではスギザイノタマバエの被害が深刻なものとなっています。

このようなスギザイノタマバエの被害に対する育種的な対策として、地域病虫害抵抗性育種事業が行われました。ここでは、育種事業の中で考案された簡易検定法¹⁾を紹介します。この方法は、人工的に幼虫をスギに接種することで、スギザイノタマバエに対する抵抗性を早期に判定するものです。

2. スギザイノタマバエの被害－皮紋と材斑－

成虫はスギの幹に卵を産み付け、卵からかえった幼虫は外樹皮中に潜ります。幼虫は内樹皮表面に落ち着くと、消化液を体の外に分泌して内樹皮を消化し、これを栄養として成長します。このとき、内樹皮は楕円状に変色します(写真－1)。この変色は皮紋と呼ばれています。また、この皮紋が形成層にまで達すると形成層が壊死し、その結果木部にも変色が起こります(写真－1)。この変色は材斑と呼ばれ、材価の低下を引き起こします。また、被害がひどくなると樹幹が凸凹になることも確認されています。



皮 紋 材 斑
写真－1 スギザイノタマバエの被害

3. 検定方法

スギザイノタマバエの検定では、スギの幹にケージ(写真－2)を取り付け、その中に羽化寸前の幼虫を入れ、ケージ内で強制的に羽化・産卵を行わせます。その結果、スギの幹にどのくらい皮紋ができたかを確認することで、抵抗性の強弱を判定します。なお、根元直径が 1 cm 以上あれば検定が可能です。



写真－2 検定用ケージ

(1) ケージの材料

- ・ケージフレーム＝トリカルネット

直径約 2.5 mm のプラスチック製で、縦・横とも 2.5 cm の網状になっています。1 m × 50 m のロール状ですが、2 m 程に切ったものが市販されています。

- ・ケージの外被＝спанボン

厚さ 0.1 mm のポリエステル製不織布で、1.05 m × 100 m のロール状で市販されています。あらかじめ加工したものを購入すると使いやすでしょう。検定木の大きさにもよりますが、直径 20 cm 前後の個体ならば長さ 1 m のものでセットが可能です。上下を 2～3 cm 折って接着し、2 m 程度のポリテープを通し、左右いずれか一端に両面テープを貼り付けておきます(図－1)。接種時には、この両面テープで不織布を筒状にします。

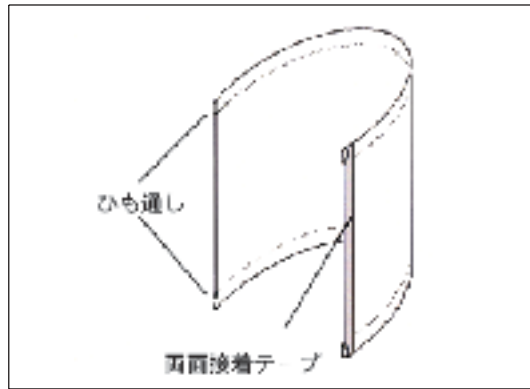


図-1 ケージ外被の作り方

・検定用幼虫

スギザイノタマバエの人工飼育方法は確立されていないので、激害林分に赴き、激害木に寄生している羽化寸前の幼虫（長さ3～4.5mmで赤橙色）を採取して使用します。

幼虫が多数寄生している激害木の外樹皮を剥ぎ、幅5～6cm、長さ10～15cmに切って用います。乾燥を防ぐため、水ゴケを十分湿らせてポリ袋に入れ、樹皮と一緒にしぼっておきます。

（2）ケージの設置

- ・ 幼・成虫のケージ外への脱出と、アリなど他の昆虫の進入を防ぐため、ケージを取り付ける部分にまきつけるペーパータオル、取り付け用のビニールひも、フレーム用クイックタイ等を用意します。
- ・ 供試木樹幹の地上40cm及び130cmの外樹皮を削って平滑にし、ペーパータオルを巻き付けます。
- ・ スパンボンドを樹幹に回し、両面接着テープで両端を貼り合わせて筒状にします。このとき、湿度が高いと接着しにくいことがあるので、作業は晴天の日中が良いでしょう。
- ・ 下のペーパータオル部で筒の下部分を締め、さらに10cm上部をポリテープでしばります。
- ・ トリカルネットを樹幹にまわし、両端の3・4箇所をクイックタイでとめて筒状にし、スパンボンド内に入れます。
- ・ 幼虫のついた外樹皮をケージの底に入れ、上のペーパータオル部と、その下10cmをしぼります（図-2）。

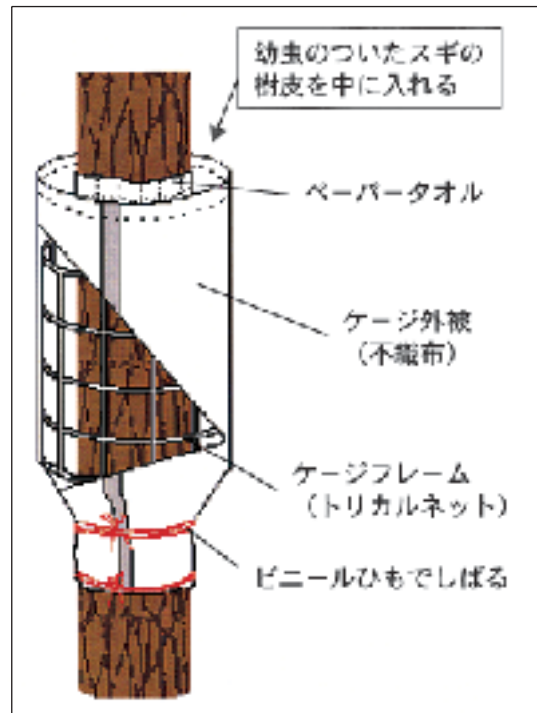


図-2 ケージの設置方法

（3）皮紋と材斑の調査

検定木のケージを外し、皮紋と材斑の調査を行います。皮紋は検定木の外樹皮をカッターなどで剥いで内樹皮を露出させると観察することができます。また、材斑は材を垂直に切断することで観察できますが、材全体に形成された材斑の数を確認することはとても手間がかかるので、通常は皮紋数を用いて抵抗性の判定を行います。

（4）接種と調査の時期

一般にケージの設置は7～8月に行い、皮紋の調査はその年の冬に行います。幼虫が羽化する寸前の時期（九州中部の山地では7月中～下旬）に幼虫を採取しますが、前もって幼虫の採取場所に赴き、幼虫の状態や数を調べておく必要があります。

引用文献

- （1） 藤本吉幸・戸田忠雄・西村慶二・山手慶太・前田武彦（1986）スギザイノタマバエ抵抗性育種に関する研究－簡易検定法の検討－．日林九支研論集39：65－66

（九州育種場 育種課 佐々木峰子）

エゾマツカサアブラムシ抵抗性エゾマツ品種の開発に関する取り組み

1. はじめに

エゾマツ (*Picea jezoensis* (Sieb. et Zucc.) Carr.) は東アジア北部に分布し、日本には北海道に分布します。北海道では天然木が建築材や家具材等として利用されてきましたが、天然更新が困難なこともあり、近年その資源量は戦前の6割まで減少し、資源の回復が望まれています。しかし、育苗技術が十分に確立されていないことに加え、エゾマツカサアブラムシの被害が積極的な造林を妨げています。このため、北海道育種場では昭和52年からエゾマツカサアブラムシ抵抗性エゾマツ品種の開発に関する取り組みを行っています。なお、接種技術の開発については、エゾマツカサアブラムシの生態の解明に取り組んでいる森林総合研究所北海道支所と共同で行いました。

品種開発にむけて、はじめに抵抗性候補木を被害林分から選抜し、これをつぎ木増殖して接種検定用試験地を造成し、エゾマツカサアブラムシの生態にもとづいて接種技術を開発しつつ接種検定を行うこととしました。

2. エゾマツカサアブラムシについて

エゾマツカサアブラムシ (*Adelges japonicus* Monzen) は、虫えい形成害虫の一種で、30年生以下の若いエゾマツに寄生します。虫えい (写真-1) は冬芽に形成され、これが形成されると冬芽はそれ以上伸長することができなくなるため成長が阻害されます。植栽後11年目の造林地で3割の芽が虫えい化した場合、生長量が翌年3割減少した例も知られています⁴⁾。



写真-1

エゾマツカサアブラムシは常に一次寄主上で生活し、1生活環が1年で完結し、第1世代虫 (幹母) と第2世代虫 (虫えい内虫; 有翅虫) からなります。有性世代はなく雌のみの単為生殖です。越冬した第1世代幼虫は春に成虫となり100~300粒程度を産卵し、ここから孵化した第2世代幼虫が開いたばかりのエゾマツの冬芽に刺激を加えることにより虫えいが形成されます。第2世代虫は虫えいの中で成長し、8月下旬~9月中旬頃、虫えいの外に出て体長2mm程度の成虫 (有翅虫; 写真-1左上) となり、移動・分散の後、または羽化した場所からほとんど移動せずに針葉の裏側に産卵します。卵は10~15日で孵化し、第1世代幼虫となり、これらは冬芽の基部に移動して越冬します⁵⁾。

3. 抵抗性候補木の選抜

抵抗性候補木は、北抵抗北2号試植検定林から選抜しました。北抵抗北2号試植検定林は、昭和52年度に旧苫小牧営林署管内に設定されたエゾマツカサアブラムシ抵抗性検定林で、道内5産地71母樹から採取した種子から造成したものです³⁾。被害調査は昭和52年、57年、62年および平成5年に行い、植栽された999本について、57年までは実際の虫えい数を、62年以降は樹高が高くすべての虫えいをカウントするのが困難になったため、被害指数を調査しました。同時に樹高・胸高直径も調査しました。

調査の結果、被害の受けやすさ・受けにくさには個体間・産地間の変異があることが分かりましたので (図-1)、被害を受けなかった、またはほとんど受けなかった個体のうち、樹高の高いもの37個体を抵抗性候補木として選抜しました (図-2)。比較のため、被害は小さいが樹高が低いもの、樹高は高いが被害の大きかったものも対照木として選木しました。また、場内の育種素材保存園の精英樹から4クローンを選木しました^{1, 2)}。

選抜した候補木等は平成4年度と5年度の冬に採種し、5年度と6年度の春につぎ木増殖を行いました。

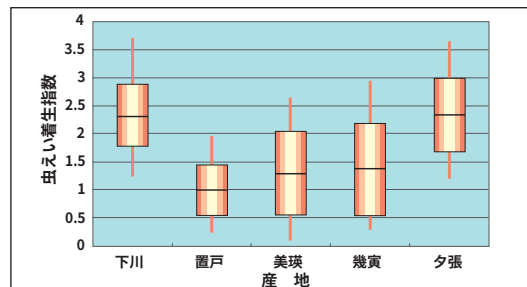


図-1 虫えい着生指数の変異 (平成5年度調査)

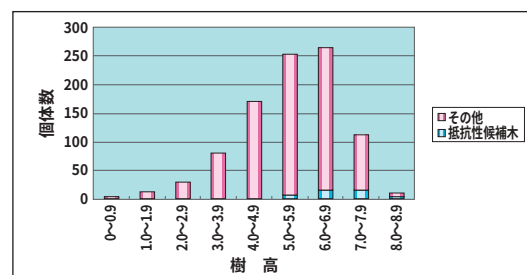


図-2 北抵抗性北2号検定林における植栽木の樹高分布 (平成5年度調査)

4. 試験地の設定とエゾマツカサアブラムシの接種

平成9年春、つぎ木増殖した個体が定植に十分な大きさになったので、育種場内に接種検定用試験地を造成しました。設計は、7行×7列を1ブロックとし、ここに単木混交で抵抗性候補木等を49本植栽し、このブロックを12 (縦3ブロック×横4ブロック) 配



写真-2

置する設計にしました（写真-2）。平成9年、10年および11年の各年9月に、エゾマツカサアブラムシの天敵であるクモ類やハサミムシ類を除去するためです。次に、その枝に10頭のエゾマツカサアブラムシの有翅虫を接種します。接種後枝を捕虫ネットで作った袋で覆い、袋の根元をビニタイで縛ります。ビニタイで縛る部分には綿を詰めます。

9月に接種したエゾマツカサアブラムシにより、翌年8月頃うずら卵大の虫えいが形成されますが、この時期にエゾマツの各個体ごとに虫えい数を調査し、形成された虫えい数をもってエゾマツの抵抗性・感受性の評価としました。また、調査時には虫えいをその都度もぎとり、繁殖したエゾマツカサアブラムシが試験地内に拡散しないよう注意を払いました。

なお、接種は10本程度出ている枝のうちの1本だけに行うためエゾマツの生存には大きな影響を及ぼさないと考えられるため、数年連続の接種が可能です。また、接種する第2世代虫は場内の遺伝資源保存園から毎年採取しました。

5. 接種検定の結果

平成9年度、10年度および11年度の接種結果をまとめて図-3に示しました。これは、平成9年～11年の3年間の虫えい形成数を、1年度当たり、1クローン・1個体あたりの虫えい形成数として集計したものです。これをみると、抵抗性候補木は0、すなわち3年間の接種検定ですべての個体においてただの一度も一つたりとも虫えいが形成されなかったものと、虫えい形成数が0を越えて0.5以下のもの（図中の0～0.5）が三分の二以上を占めました。一方、樹高は高いが抵抗性検定林においては虫えいが多くついていた対照木では、2.0～2.5のものがもっとも多いという結果になりました。また、場内の育種素材

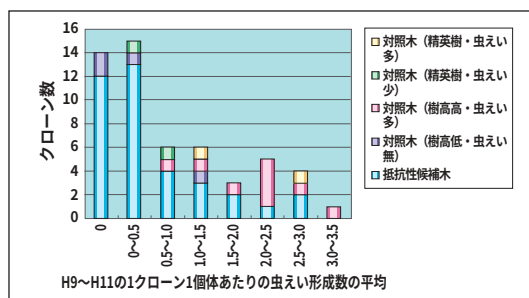


図-3 H9～H11の接種結果

保存園で虫えい形成数が少なかった精英樹は接種検定でも虫えい形成数が少なく（0～1.0）、保存園で虫えい形成数が多かった精英樹は接種検定でも多い（1.0～3.0）という結果となりました。

各年度間において、1クローン・1個体あたりの虫えい形成数の相関関係をみると（表-1）、いずれの年度間の組み合わせにおいても有意な相関があることがわかりました。なお、ここで順位相関を求めたのは、図-3に示したように、虫えい形成数の頻度分布が正規分布から大きく外れているためです。

表-1 虫えい形成数における接種年度間の順位相関係数

接種年度	H9	H10	H11
H9	—	0.373**	0.711**
H10		—	0.418**
H11			—

**：1%水準で有意

このことから、検定に供した各クローンにおいては、年度が違って虫えい形成数が少ないものは少なく、多いものは多いという傾向があることがわかりました。

これらのことから、図-3で0の階級に位置する抵抗性候補木12クローンは、抵抗性木としてたいへん有望であると考えられました。候補木全体に対する割合は、 $12/37=32.4\%$ となりました。

6. おわりに

昭和52年から行ってきたエゾマツカサアブラムシ抵抗性エゾマツ品種開発への取り組みですが、ようやく抵抗成木として有望な個体を見いだすことができました。ここまでこの技術開発は多くの方々の協力を得たからこそ継続することができました。旧苫小牧営林署の方々をはじめご協力いただいた関係機関・関係各位に深謝いたします。

引用文献

- (1) 板鼻直栄・生方正俊（1996）エゾマツカサアブラムシ抵抗性の産地間変異と抵抗性候補木の選出．林木育種センター北海道育種場年報17：38～41
- (2) 板鼻直栄（1999）エゾマツカサアブラムシ抵抗性候補木と抵抗性検定の取り組み．旭川営林支局流域管理技術交流発表収録45：54～55
- (3) 河野耕蔵（1978）エゾマツカサアブラムシ抵抗性育種のいとうち．北海道の林木育種21：25～26
- (4) 尾崎研一・小泉力（1989）エゾマツカサアブラムシのゴールがエゾマツの生長に与える影響．日林北支論37：107～108
- (5) 尾崎研一（1994）森林昆虫—総論・各論—，カサアブラムシ類．473～477．養賢堂（北海道育種場 育種課 星比呂志）（センター本所 育種工学課 板鼻直栄）（森林総研 北海道支所 尾崎研一）

総合的害虫管理

用語解説

一次害虫と二次害虫

ある一種の害虫を防除するにしても、単一の防除手段だけでは効果が不十分な場合があります。このような場合、他の補完的な防除手段と組み合わせることによってより満足できる防除効果が得られる時があります。このように、あらゆる適切な技術を相互に矛盾しない形で使用し、経済的被害を生じるレベル以下に害虫個体群を減少させ、かつその低いレベルに維持するための害虫個体群管理のことを**総合的害虫管理**と呼んでいます。また、最近では薬剤を含む各種の手段による生態系への被害を最小限に抑えるべきことも加えられています。

抵抗性品種を創出した場合にもこのような手段を考えなければなりません。というのも、抵抗性を決める要因は複数の遺伝子座に支配されている傾向があり、完全に後代に発現されるとは限りません。また、環境が悪化した場合、樹勢の弱まりにつれて抵抗性も弱まると考えられるため害虫による被害を受けやすくなります。さらに、害虫において新しいバイオタイプが出現し、植物の抵抗性の度合いが軽減される可能性もあります。したがって、予め他の防除と組み合わせることによって最悪の結果にならないよう備える必要があります。他の防除として考えられるのは、殺虫剤などの化学的防除、天敵の利用などの生物防除および感受性品種と抵抗性品種を組み合わせるなどの耕種的防除があります。

このような抵抗性品種と組み合わせた総合的害虫管理は農業分野では盛んですが、林業分野ではあまり例がありません。というのも、抵抗性品種がほとんど創出されていないからです。しかしながら、林木育種センターではこれまで長い時間と多くの労力をかけ抵抗性品種を創出する活動が行われており、今後多くの抵抗性品種が創出される予定です。いよいよ林木についても総合的害虫管理を考える時代になってきました。

総合的害虫管理は林木育種センターだけで行うことは不可能ですので、いろいろな機関と連携して技術開発を行うことが重要でしょう。

(センター本所 育種課 加藤一隆)

森林内やその周辺には林木を食餌とする様々な昆虫類が生活しています。害虫とは、人間に不利益を与える虫のことであり、特に林業経営に直接あるいは間接的に有害な作用を及ぼす昆虫のことを林業害虫と呼んでいます。林業害虫は、発生場所、摂食の形態や部位などの観点から様々に区分することができます。例えば、加害する林木の健康度の観点からは、健全に生育している林木を加害するものを**一次害虫**、衰弱木、損傷木、被害木など健全とは言えない林木を加害するものを**二次害虫**と区分されます。

一次害虫の代表的な例としては、食葉性昆虫のマツカレハがあげられます。マツカレハの幼虫はマツケムシと呼ばれ、その名のとおりアカマツ、クロマツなどマツ属の針葉を摂食します。大発生すると被害を受けた木の多くは枯死したり、かろうじて生き残っても二次害虫の標的になってしまいます。ところで、冬になると公園などに植えてあるマツの幹にワラがまいてあるのをよく見かけますが、これはマツカレハの幼虫に越冬場所を与え、一網打尽にしてワラごと焼いてしまうマツカレハの防除法のひとつです。次に二次害虫ですが、マツ類の樹皮下を食害するマツクイムシがその代表例にあげられます。マツクイムシとは、マツ類の樹皮下に穿孔、食害する穿孔性昆虫類の総称でクイムシ科やカミキリムシ科などの多くの昆虫が含まれます。穿孔性昆虫類の防除法には、衛生択伐といって繁殖場所となる老齢木や腐朽木を除去する方法があります。しかし、老齢木や腐朽木はキツツキ類などの営巣木になるので、衛生択伐をやりすぎると野生動物たちの住みかを奪ってしまうおそれもありますので注意が必要です。

一般にこれらの害虫たちも通常の生息密度の下では、森林生態系の一員として物質循環の重要な役割を果たしているのです。害虫の防除に当たっては対象害虫の完全除去を目指すよりも、本来の森林生態系における生物的平衡状態へ誘導することが大切です。

(林木育種センター本所 育種課 野村考宏)