

マツノザイセンチュウ抵抗性マツ特性表について

はじめに

マツノザイセンチュウ抵抗性育種事業では昭和 53 年から関西、四国、九州の西日本で抵抗性個体の選抜が行われ、クロマツ 16 本、アカマツ 92 本が抵抗性個体として確定され、これら各クローンや家系の諸特性の調査も行われてきました。

九州育種場では、マツノザイセンチュウ抵抗性個体について、これまでの調査データを取りまとめた特性表を作成し、関係の皆様に使っていただくことは意義のあることと考え、関西、九州育種基本区内で選抜された 108 クローンのマツノザイセンチュウ抵抗性マツについて、これまで蓄積された調査データに基づいて、特性評価をした一覧表を作成することといたしました。

マツノザイセンチュウ抵抗性マツについては、抵抗性個体の実生家系のザイセンチュウ抵抗性を始めとして、着花性、種子生産性、種子の品質、成長性、つぎ木増殖性、樹種分類等 22 形質について評価しております。

今後、さらに調査を進め、データを更に蓄積し、より新しい特性評価を行い順次この特性表を改訂していきたいと考えております。

1. マツノザイセンチュウ抵抗性マツの形質ごとの評価方法

(1) 実生抵抗性（実生家系）

抵抗性採種園及び育種素材保存園からクローンごとに採種し、養苗した 2 年生苗にマツノザイセンチュウを接種（剥皮接種法で“島原”個体群を苗木 1 本当たり 5,000 頭接種）して残存率を調査したデータを各調査機関一括で、最小二乗法によって解き、各家系の推定値を偏差値に換算して、残存率の高いものを 5 とする 5～1 の 5 段階の指数による相対評価を行った。

なお、この評価には平成 2 年から平成 10 年まで 9 年間の育種場の調査データ及びアカマツについては大分県の調査データを、クロマツについては福岡県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県の調査データも用いて評価した。評価値の算出に当たって各家系で使用した調査データ数を「回数」欄に記載した。

(2) 雌花着花量（クローン）

育種素材保存園の 2 年生（昭和 62 年）から 7 年生（平成 4 年）まで 6 年間の雌花着花数を調査したデータを用いて、樹種別・年度ごとに各クローンの偏差値を求めた後、6 年間の平均偏差値を算出して、着花の多いものを 5 とする 5～1 の 5 段階の指数による相対評価を行った。

なお、評価値の算出に当たって各家系で使用した調査データ数を「回数」欄に記載した。

(3) 雄花着花量（クローン）

育種素材保存園の 2 年生（昭和 62 年）から 7 年生（平成 4 年）まで 6 年間の雄花着花を下記の指数で調査したデータを用いて、樹種別・年度ごとに各クローンの偏差値を求めた後、6 年間の平均偏差値を算出して、着花の多いものを 5 とする 5～1 の 5 段階の指数による相対評価を行った。

なお、評価値の算出に当たって各家系で使用した調査データ数を「回数」欄に記載した。

雄花着花量の調査基準	
調査指数	基準
5	ほぼ全ての枝に雄花を着生
4	かなり多くの枝に雄花を着生
3	雄花着生枝の数が中程度
2	雄花着生枝の数が少ない
1	ごく一部の枝にわずかに雄花を着生
0	全く着生なし

(4) 雌花開花時期（クローン）

育種素材保存園の6年生（平成3年）及び8年生（平成5年）の2年間の雌花開花時期（4月1日を基準日とする遅速）の調査データを用いて、樹種別・年度ごとに各クローンの偏差値を求めた後、2年間の平均偏差値を算出して、開花の遅いものを5とする5～1の5段階指数による相対評価を行った。

なお、評価値の算出に当たって各家系で使用した調査データ数を「回数」欄に記載した。

(5) 雄花開花時期（クローン）

育種素材保存園の6年生（平成3年）及び8年生（平成5年）の2年間の雄花開花時期（4月1日を基準日とする遅速）の調査データを用いて、樹種別・年度ごとに各クローンの偏差値を求めた後、2年間の平均偏差値を算出して、開花の遅いものを5とする5～1の5段階指数による相対評価を行った。

なお、評価値の算出に当たって各家系で使用した調査データ数を「回数」欄に記載した。

(6) 球果の結果率（クローン）

育種素材保存園の3年生（昭和63年）から5年生（平成2年）まで3年間の球果の結果率（雌花から球果になる歩留まり）を下記の式で算出し、樹種別・年度ごとに各クローンの偏差値を求めた後、3年間の平均偏差値を算出して、結果率の高いものを5とする5～1の5段階の指数による相対評価を行った。

なお、評価値の算出に当たって各家系で使用した調査データ数を「回数」欄に記載した。

$$\text{結果率} = \text{球果数} \div \text{雌花数} \times 100$$

(7) 1個体の球果数（クローン）

育種素材保存園及び採種園の9年生（平成6年）から13年生（平成10年）まで5年間のクローン別1個体当たりの球果数の調査データを用いて、樹種別・年度ごとに各クローンの偏差値を求めた後、5年間の平均偏差値を算出して、球果数の多いものを5とする5～1の5段階指数による相対評価を行った。

なお、この評価には平成6年から平成10年まで5年間の育種場の調査データ及びクロマツについては長崎県、鹿児島県の調査データも用いて評価した。評価値の算出に当たって各家系で使用した調査データ数を「回数」欄に記載した。

(8) 1球果の種子数（クローン）

育種素材保存園及び採種園の6年生（平成3年）から13年生（平成10年）まで8年間のクローン別1球果当たりの種子数を調査し、各クローンごとに平均値を算出して絶対評価を行った。

なお、この評価には平成3年から平成10年までの間で、6年間の育種場における調査データ及びクロマツについては福岡県の調査データも用いて評価した。平均値の算出に当たって各家系で使用した調査データ数を「回数」欄に記載した。

(9) 種子1000粒重（オープン種子）

育種素材保存園及び採種園の5年生（平成2年）から13年生（平成10年）まで9年間のクローン別種子1000粒重を調査し、各クローンごとに平均値を算出して絶対評価を行った。

なお、この評価には平成2年から平成10年まで9年間の育種場の調査データ及びクロマツについては福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、鹿児島県の調査データも用いて評価した。平均値の算出に当たって各家系で使用した調査データ数を「回数」欄に記載した。

(10) 種子発芽率（オープン種子）

育種素材保存園及び採種園の6年生（平成3年）から13年生（平成10年）まで8年間のクローン別種子発芽率を調査し、各クローンごとに平均値を算出して絶対評価を行った。

なお、この評価には平成2年から平成10年までの間で、6年間の育種場における育種場の調査データ及びクロマツについては福岡県、佐賀県、熊本県、鹿児島県の調査データも用いて評価した。平均値の算出に当たって各家系で使用した調査データ数を「回数」欄に記載した。

(11)樹 高（7年次）（クローン）

育種素材保存園のつぎ木クローン7年次の調査データを用いて、樹種別に各クローンごとの偏差値を算出して、5段階の指数による相対評価を行った。

(12)つぎ木活着率（クローン）

各クローン20本のつぎ木活着率を調査し、樹種別に各クローンごとの偏差値を算出して、活着率の高いものを5とする5～1の5段階の指数による相対評価を行った。

(13)つぎ木癒合良否（クローン）

各クローン20本のつぎ木を行い、活着したものについて癒合の良否を調査し、樹種別に各クローンごとの偏差値を算出して、癒合の良いものを5とする5～1の5段階の指数による相対評価を行った。

(14)つぎ木伸長量（クローン）

各クローン20本のつぎ木を行い、活着したものについてつぎ木当年の伸長量を調査し、各クローンごとに平均伸長量を算出して、絶対評価を行った。

(15)樹皮色（クローン）

育種素材保存園（6年生）で各クローンの樹皮の色を観察により5段階に区分したが、連続的に変化するためクロマツ型（暗黒色）、中間型、アカマツ型（赤褐色）、と更にその中間型として区分した。下記の区分基準は一応の目安として掲げた。

樹皮色の区分基準		
区 分	基	準
5	クロマツ型	（暗黒色）
4	アイグロマツ型	（灰黒色～淡黒色）
3	アイノコマツ型	（黒赤色）
2	アイアカマツ型	（黄赤色～白赤色）
1	アカマツ型	（赤褐色）

(16)針葉型（クローン）

育種素材保存園（6年生）で各クローンの針葉の形態を観察により5段階に区分したが、連続的に変化するためクロマツ型（太く長く強剛―刺感強い）、中間型、アカマツ型（細く短く柔軟―刺感が全くない）、と更にその中間型として区分した。下記の区分基準は一応の目安として掲げた。

針葉型の区分基準		
区 分	基	準
5	クロマツ型	（太く長く強剛―刺感強い）
4	アイグロマツ型	（太く長くやや剛―刺感ややある）
3	アイノコマツ型	（中 間―刺感がない）
2	アイアカマツ型	（細く短く軟―刺感がない）
1	アカマツ型	（細く短く柔軟―刺感が全くない）

(17)冬芽色（クローン）

育種素材保存園（6年生）で各クローンの冬芽の色を観察により5段階に区分したが、連続的に変化するためクロマツ型（太く灰白色～帯褐色）、中間型、アカマツ型（細く赤褐色）、と更にその中間型として区分した。下記の基準は一応の目安として掲げた。

冬芽色の区分基準		
区 分	基	準
5	クロマツ型	（太く灰白色～帯褐色）
4	アイグロマツ型	（太く帯褐灰色）
3	アイノコマツ型	（中 間）
2	アイアカマツ型	（細く帯褐色～赤褐色）
1	アカマツ型	（細く赤褐色）

(18)球果型（クローン）

育種素材保存園（6年生）で各クローンの幼球果（開花の翌春）の形状（形及び種鱗のトゲ）を観察により5段階に区分したが、連続的に変化するためクロマツ型（先端が丸み

を帯び種鱗にトゲがほとんど無い)、中間型、アカマツ型(先端が尖った感じで種鱗にトゲが有り)、と更にその中間型として区分した。下記の区分基準は一応の目安として掲げた。

球果型の区分基準		
区 分	基 準	
5	クロマツ型	(先端が丸みを帯び種鱗にトゲがほとんど無い)
4	アイグロマツ型	(先端が丸みを帯び種鱗にトゲが少し有り)
3	アイノコマツ型	(中 間)
2	アイアカマツ型	(先端がやや尖った感じで種鱗にトゲが有り)
1	アカマツ型	(先端が尖った感じで種鱗にトゲが有り)

(19) 樹脂道指数 (クローン)

育種素材保存園(5～7年生)で各クローン3個体を選定し、4年生枝の基部のから各個体10針葉、各クローン30針葉について、針葉の中央部を切断した切片の樹脂道を検鏡し、下記の式で樹脂道指数(Resin Duct Index: RDI)を算出した。

なお、RDIは完全なアカマツの場合は0となり、クロマツの場合は2となる。

$$RDI = Rd' / 2 + rd' / rd$$

Rd' : クロマツ型主樹脂道の数
rd : 副樹脂道の総数
rd' : クロマツ型副樹脂道の数

(20) DNA分析 (クローン)

育種素材保存園(7～9年生)から各クローンの当年枝を採取し、核DNAのRAPD(random amplified polymorphic DNA)分析を行い、各クローン間の遺伝的類似度を算出した。さらに、標準クローンの遺伝的類似度の平均値と、各クローンの遺伝的類似度の隔たりから各クローンのアカマツ度、クロマツ度を求め、クロマツ(T)、種間雑種(hy)、アカマツ(D)に区分した。

なお、各クローン(i)のアカマツ度(dDi)、クロマツ度(dTi)は次式により計算した。

$$dDi = 1 - (Fd - Fdi) / (Fd - Fdt)$$

$$dTi = 1 - (Ft - Fti) / (Ft - Fdt)$$

Fdi: i クローンとアカマツ標準クローンとの類似度の平均値。

Fti: i クローンとクロマツ標準クローンとの類似度の平均値。

Fd : アカマツ標準クローン間の類似度の平均値。

Ft : クロマツ標準クローン間の類似度の平均値。

Fdt: アカマツ標準クローンとクロマツ標準クローン間の類似度の平均値。

この評価は「九州大学渡辺敦史ら: 日林誌 78(3)1996」に掲載されたデータを使用した。

(21) 針葉長 (クローン)

育種素材保存園(5～7年生)で各クローン3個体を選定し、4年生枝の基部のから各個体10針葉、各クローン30針葉について、針葉の長さを測定し、クローン平均値を算出した。

(22) 針葉中央径 (クローン)

育種素材保存園(5～7年生)で各クローン3個体を選定し、4年生枝の基部のから各個体10針葉、各クローン30針葉について、針葉の中央部径を測定し、クローン平均値を算出した。

なお、一般的に針葉中央径はアカマツが細く、クロマツが太い。

2. マツノザイセンチュウ抵抗性マツ特性評価の対象

(1) 実生抵抗性（実生家系）

実生家系の抵抗性は、九州育種場の育種素材保存園、採種園及び各県の採種園で調査した結果で評価した。調査機関及び調査年度は下記のとおりである。

調査機関	クロマツ	アカマツ
九州育種場	平成 2 年～10 年	平成 2 年～10 年
福岡県森林林業技術センター	平成 5 年、9 年	
熊本県林業研究指導所	平成 9 年	
大分県林業試験場	平成 10 年	平成 10 年
宮崎県林業総合センター	平成 8 年～10 年	
鹿児島県林業試験場	平成 6 年、8 年、9 年	

(2) 雌花着花量・雄花着花量（クローン）

雌花着花量、雄花着花量の調査は、九州育種場の育種素材保存園で昭和 62 年から平成 4 年まで 6 年間の調査結果で評価した。

(3) 雌花開花時期・雄花開花時期（クローン）

雌花開花時期、雄花開花時期の調査は、九州育種場の育種素材保存園で平成 3 年及び平成 5 年の調査結果で評価した。

(4) 球果の結果率（クローン）

球果結果率の調査は、九州育種場の育種素材保存園で昭和 63 年～平成 2 年のまで 3 年間の調査結果で評価した。

(5) 1 個体の球果数（クローン）

1 個体の球果数は、九州育種場の育種素材保存園及び各県の採種園で調査した結果で評価した。調査機関及び調査年度は下記のとおりである。

調査機関	クロマツ	アカマツ
九州育種場	平成 6 年～10 年	平成 6 年～10 年
長崎県総合農林試験場	平成 8 年	
鹿児島県林業試験場	平成 6 年～7 年	

(6) 1 球果の種子数（クローン）

1 球果の種子数は、九州育種場の育種素材保存園、採種園及び各県の採種園で調査した結果で評価した。調査機関及び調査年度は下記のとおりである。

調査機関	クロマツ	アカマツ
九州育種場	平成 3 年、平成 6 年～10 年	平成 3 年、平成 6 年～10 年
福岡県森林林業技術センター	平成 9 年	

(7) 種子 1000 粒重（オープン種子）

種子の 1000 粒重は、九州育種場の育種素材保存園、採種園及び各県の採種園で調査した結果で評価した。調査機関及び調査年度は下記のとおりである。

調査機関	クロマツ	アカマツ
九州育種場	平成 2 年～10 年	平成 2 年～10 年
福岡県森林林業技術センター	平成 9 年	
佐賀県林業試験場	平成 9 年	
長崎県総合農林試験場	平成 8 年～9 年	
熊本県林業研究指導所	平成 7 年	
鹿児島県林業試験場	平成 5 年～7 年	

(8) 種子発芽率（オープン種子）

種子発芽率の調査は、九州育種場の育種素材保存園、採種園及び各県の採種園から採取した種子の苗畑発芽率の調査結果で評価した。調査機関及び調査年度は下記のとおりである。

調査機関	クロマツ	アカマツ
九州育種場	平成 3 年～10 年	平成 3 年～10 年
福岡県森林林業技術センター	平成 9 年	
佐賀県林業試験場	平成 8 年	
熊本県林業研究指導所	平成 6 年～9 年	

(9) 樹 高 (クローン)

樹高の調査は、平成5年に九州育種場の育種素材保存園（7年生）で実施した。

(10) 樹皮色・針葉型・冬芽色・球果型 (クローン)

樹皮色、針葉型、冬芽色及び球果型の調査は、平成3年に九州育種場の育種素材保存園で実施した。

(11) 樹脂道指数・針葉長・針葉中央径 (クローン)

樹脂道指数、針葉長及び針葉中央径の調査は、平成3年に九州育種場の育種素材保存園から採取した針葉で実施した。

(12) DNA分析 (クローン)

DNA分析の調査は、九州育種場の育種素材保存園から採取した試料を九州大学で分析（平成4～6年度）を実施した。