

I 特性評価の方法

1. 評価の対象形質

今回の評価の対象形質は、成長形質の樹高と胸高直径、通直性の幹曲がりと根元曲がり、材質の容積密度、ヤング率、心材含水率及び心材色、生理特性の着花性、発根率、種子の百粒重及び花粉のアレルゲン含量である。通直性と生理特性の一部のデータについては、平成10年1月に関西育種場が発行した精英樹特性表から転載した。

成長と通直性については、さし木によるクローンと実生家系の別に、検定された育種区ごとに解析した結果を評価して掲載した。

2. 相対評価の方法

成長形質、通直性、ヤング率、雄花着花性種子百粒重及びアレルゲン含量については、相対評価を行った。成長形質と通直性については、育種区ごとに解析した結果をもとに評価し、ヤング率と種子百粒重については、調査場所ごとに、アレルゲン含量については関西育種基本区全体で評価した。

評価値のもとになる偏差値の算出方法は、次式によった。求められた偏差値から、下表の基準により評価値を決定した。

$$\text{偏差値} = 50 + (\text{各系統の値} - \text{調査セット全系統の平均値}) / \text{調査セット全系統の平均値の標準偏差} \times 10$$

偏差値による評価基準	
評価値	偏差値の範囲
5	6.5以上
4	5.5以上 6.5未満
3	4.5以上 5.5未満
2	3.5以上 4.5未満
1	3.5未満

3. 形質ごとの評価方法

(1) 成長特性

ア. 樹高

次代検定林5、10、20年次の調査において、m単位で測定した。調査データから、検定育種区ごとに系統の最小二乗推定値を求め、偏差値を算出して5段階で評価した。

イ. 胸高直径

次代検定林10、20年次の調査において、cm単位で測定した。調査データから、検定育種区ごとに系統の最小二乗推定値を求め、偏差値を算出し5段階で評価した。

(2) 通直性

ア. 幹曲がり

次代検定林 20 年次の調査において、下表の基準によって調査した。調査データから系統ごとに偏差値を算出し、5 段階で評価した。

幹曲がりの評価基準	
評価値	地上 1～5 m の範囲における幹曲がりの程度
5	全く曲がりがないもの
4	曲がりがあるが、地上 1～5 m までの間で 4 m の採材ができるもの
3	曲がりがあるが、地上 1～4 m までの間で 3 m の採材ができるもの
2	曲がりがあるが、地上 1～5 m までの間で 3 m の採材ができるもの
1	曲がりが大きく、地上 1～5 m までの間で 3 m の採材ができないもの

イ. 根元曲がり

次代検定林 20 年次の調査において、下表の基準によって調査した。調査データから系統ごとに偏差値を算出し、5 段階で評価した。

根元曲がりの評価基準	
評価値	地上 1 m までにおける根元曲がりの程度
5	全く曲がりがないもの
4	少し曲がりがあるが、採材時に切り捨てる部分がほとんどないもの
3	曲がりがあり、採材時に切り捨てる部分が 50cm 未満のもの
2	曲がりがあり、採材時に切り捨てる部分が 50cm 以上～75cm 未満のもの
1	曲がりがあり、採材時に切り捨てる部分が 75cm 以上のもの

(3) 生理特性

ア. 発根性

系統ごとの発根率の平均値を下表の基準によって 5 段階で評価した。平成 10 年 1 月に関西育種場が発行した精英樹特性表から転載した。

評価値	発根率の範囲	
5	90%以上	
4	70%以上	90%未満
3	50%以上	70%未満
2	30%以上	50%未満
1	30%未満	

イ. 雌花着花性

スギとヒノキの雌花着花性については、系統ごとの着花の程度を下表の評価基準により、5 段階で評価した。平成 10 年 1 月に関西育種場が発行した精英樹特性表から転載した。

評価値	着花の程度
5	着きやすい
4	比較的着きやすい
3	中間
2	着きにくい
1	ほとんど着花しない

ウ. スギ雄花着花性

関西育種基本区内を①近畿育種区・瀬戸内海育種区、②日本海岸東部育種区・日本海岸西部育種区及び③四国北部育種区・四国南部育種区の3地域に分けて、それぞれの地域ごとに以下の手順で調査、解析及び評価を行った。

調査は、林野庁通達の「雄花着花性に関する調査実施要領」に準じて、平成6年～18年にかけて行った。調査個体ごとに樹冠を上部、中部、下部に分け、それぞれの部位別に雄花の着生している枝の割合を表1の基準により5段階の指数で評価した。また、1枝あたりの雄花数を目測により調査し、表2の基準により4段階の指数で評価した。部位別に求められた雄花の着生割合と着生量について、評価値をそれぞれ個体ごとに合計し、表3の基準により雄花の着花性を総合的に評価し、雄花着花指数を求めた。

調査場所は複数箇所にわたっており、また、調査場所によって調査したクローンも異なるため、始めに調査場所ごとにデータを解析し、その結果得られた値をもとにして、全ての調査場所をこみにした解析をする2段階の方法をとった。解析方法を以下に示す。

・ 第一段階

検定林の調査データ（ n カ所）については、雄花着花指数のプロット平均値を用いて、ブロック、クローン及び年次を要因とした分散分析を行い、検定林毎に最小二乗推定値（ x_n ）を推定した。育種素材保存園の調査データについては、雄花着花指数のクローン平均値を用いて、クローンと年次を要因とした分散分析を行い、最小二乗推定値（ y ）を推定した。

・ 第二段階

第一段階で求めた最小二乗推定値（ x_n 、 y ）を用いて、場所とクローンを要因とした分散分析を行い、最小二乗推定値（ z ）を求め、偏差値を算出し5段階で評価した。

表1 雄花の着生割合の評価基準

評価値	雄花の着生している枝の割合
4	3/4以上
3	1/2以上、3/4未満
2	1/4以上、1/2未満
1	1/4未満
0	なし

表2 雄花の着生数の評価基準

評価値	1枝あたりの着生数
3	雄花100穂以上
2	雄花10穂以上、100穂未満
1	雄花10穂未満
0	なし

表3 調査木の総合評価

着花指数	着生割合	着生数
5	12~10	9~8
4	9~7	7~5
3	6~4	4~3
2	3~1	2~1
1	0 (なし)	0 (なし)

エ. ヒノキ雄花着花性

関西育種基本区内を①日本海岸東部育種区・日本海岸西部育種区、②近畿育種区・瀬戸内海育種区及び③四国北部育種区・四国南部育種区の3地域に分けてそれぞれの地域ごとに以下の手順で調査、解析及び評価を行った。

調査は、林野庁通達の「雄花着花性に関する調査実施要領」に準じて、交配園・採種園において、平成9年から平成18年にかけて実施した。関西育種場の調査では、1クローンあたり1~3個体(ラメート)について4年間、府県・林木育種協会の調査では、1クローンあたり1~3個体(ラメート)について5年間にわたって行われた。雄花の自然着花量調査は、個体ごとに一次枝3枝について、下表の基準に基づき5段階指数で評価した。また、ジベレリン処理による着花量についても、同様に一次枝3枝について下表の基準に基づいて評価した。

ヒノキ雄花着花性の評価基準(一次枝全体の雄花総量で評価)

指数	雄花の着生状況
5	雄花の着生範囲が広く、着生量が非常に多い
4	雄花の着生範囲が広く、着生量が多い
3	雄花の着生範囲、着生量とも中程度
2	雄花の着生範囲が狭く、着生量が少ない
1	雄花の着生範囲、着生量とも非常に少ないか、全くない

調査地は複数箇所にわたっており、また、調査地によって調査したクローン構成も異なっていた。このため、始めに調査地ごとにデータを解析し、その結果得られた値をもとにして、地域内全ての調査地の結果をまとめた解析をする2段階の方法をとった。解析方法を以下に示す。

・ 第一段階

各個体 3 枝の雄花着花指数を平均した値を用いて、クローンと年次を要因とした分散分析を調査地ごとに行い、クローンの最小二乗推定値 (x) を求めた。最小二乗推定値は、自然着花及びジベレリン処理による着花の両方について求めた。

・ 第二段階

第一段階で求めた最小二乗推定値 (x) を用いて、上述の 3 地域ごとに場所とクローンを要因とした分散分析を行い、最小二乗推定値 (y) を求めた。これについても自然着花及びジベレリン処理による着花の両方について求めた。さらに、最小二乗推定値 (y) の平均値と標準偏差を地域ごとに求め、クローンごとに偏差値を算出し 5 段階指数で評価した。

オ. 種子の百粒重

種子の採種源ごとに平均値と標準偏差を求め、各クローンの偏差値を算出のうえ、5 段階で評価した。平成 10 年 1 月に関西育種場が発行した精英樹特性表から転載した。

カ. スギ花粉アレルギー含量

関西育種基本区内のスギ精英樹等について以下の手順でアレルギー含量の測定、解析及び評価を行なった。

平成 13~20 年の 7 月に関西育種場本場（岡山県勝田郡勝央町）、山陰増殖保存園（鳥取県智頭町）、四国増殖保存園（高知県香美市）に保存されているクローンに対し、100ppm の GA3 水溶液を噴霧し、雄花の着花促進を行なった。翌年 2 月、雄花着生枝を採取し、グラシン袋をかけて水挿しした。開葯後直ちに花粉を採取し、シリカゲルにより含水率が約 10%以下になるまで乾燥させた。乾燥させた花粉は、森林総合研究所林木育種センター本所（茨城県日立市）に送付し、2 種類（Cryj1 及び Cryj2）のアレルギー含量の測定（3 回測り平均をとった）を行なった。アレルギー（Cryj1 及び Cryj2）の抽出及び定量は、福田ら（2007：林育研報 No.23, 37-51）を参照していただきたい。

Cryj1 及び Cryj2 それぞれのアレルギーについて、各年の測定値から、各クローンの最小二乗推定値を求め、これをクローンのアレルギー含量の推定値とした。Cryj1 及び Cryj2 は独立した形質で、また、感作率に大きな違いが認められないことから、合計値を総アレルギー含量の推定値とした。なお、一方のアレルギーしか測定されなかったクローンについては、総含量は算出しなかった。

Cryj1、Cryj2 及び総アレルギー含量それぞれについて、推定値から偏差値を算出し、アレルギー含量の少ないものを 5、多いものを 1 として、5 段階で評価した。Cryj1, 2 含量については評価値とともに、測定回数（年数）を示した。測定回数が 1 回のみは推定値の信頼性が低いため、参考値として扱っていただきたい。

(4) 材質特性

ア. 容積密度

容積密度は、次の式により算出し、下表の評価基準により5段階で評価した。

$$\text{容積密度 (g/cm}^3\text{)} = \text{絶乾重量 (g)} / \text{容積 (cm}^3\text{)}$$

評価値	容 積 密 度
5	0.42 g/cm ³ 以上
4	0.39 g/cm ³ 以上 0.42 g/cm ³ 未満
3	0.33 g/cm ³ 以上 0.39 g/cm ³ 未満
2	0.30 g/cm ³ 以上 0.33 g/cm ³ 未満
1	0.30 g/cm ³ 以上

イ. ヤング率

林木育種センターによる次代検定林の材質調査要領に従って調査した。タッピング法により生材の動的ヤング率を測定し、各クローンの偏差値を算出のうえ5段階で評価した。

ウ. 心材の生材含水率

心材および辺材の含水率を次式1により算出し、次式2により含水率の比を算出した。次式2により含水率の比を求め、下表の評価基準に従い5段階で評価した。

$$\text{式 1. 生材含水率 (\%)} = \{(\text{生材重量 (g)} - \text{絶乾重量 (g)}) / \text{絶乾重量 (g)}\} \times 100$$

$$\text{式 2. 含水率の比} = \text{心材含水率} / \text{辺材含水率}$$

評価値	含水率の比
5	0.30未満
4	0.30以上
3	0.45以上
2	0.60以上
1	0.75以上

エ. 心材色

下表の基準により心材色を調査し、個体ごとの測定値をクローンごとに集計して平均値を求め、小数第一位を四捨五入して1～5の指数による評価値とした。

心材色の評価基準

心材の色	黒心	中間色	赤心
評価指数	1	3	5