

九州育種基本区におけるスギ第二世代精英樹候補木の選抜 -九熊本第 110 号・九熊本第 129 号・九熊本第 130 号・九熊本第 139 号における実行結果-

九州育種場 育種課 武津英太郎・倉原雄二・松永孝治・栗田学・倉本哲嗣
育種技術専門役 竹田宣明
遺伝資源管理課 佐藤省治
場長 北本浩
総合調整室 福山友博

1 はじめに

林木育種センターでは、成長等の実用形質に優れた第一世代精英樹同士の人工交配家系により造成された育種集団林等からの第二世代精英樹候補木の選抜を進めている。九州育種基本区においては、2014 年度までにスギで 795 個体、ヒノキで 251 個体の第二世代精英樹候補木が選抜されている。集団林の林齢や設定された地域、交配親である精英樹の種類等を勘案して計画的に選抜を進めているところであり、2015 年度はスギ育種集団林 4 箇所より第二世代精英樹候補木の選抜を行ったのでその過程と結果を報告する。

2 材料と方法

選抜対象とした育種集団林の概要を表1に示した。これらの育種集団林は1990～1999年度に設定され、選抜時の林齢は16年から25年であり、第一世代精英樹同士の人工交配から得られた実生個体が植栽されている。試験地の設計は2～6反復の単木混交であり、植栽間隔は1.8mである。

選抜に用いた測定形質は樹高、胸高直径、幹曲り、根元曲りおよび応力波伝播速度である。樹高・胸高直径、幹曲り・根元曲りは15年次または20年次の定期調査データを用いた。樹高と胸高直径について、誤差に空間自己相関とランダム誤差を仮定した線型混合モデル¹⁾を用い、REML法により分散成分を推定し、遺伝性の指標として個体の狭義の遺伝率を求めた。また、BLUP法により各個体の育種価を求めた²⁾。求められた樹高および胸高直径の育種価と検定林平均値の和より材積式⁶⁾を用いて各個体の材積の育種価を求めた。応力波伝播速度の測定は、TreeSonic (Fakopp 社、ハンガリー) を用い、九熊本第 110 号では 25 年次、・129・130 号では 20 年次、139 号

では 15 年次に行った。応力波伝播速度の測定対象個体は家系あたり材積育種価上位 2～3 個体と試験地全体での材積育種価上位個体であり、試験地毎に 94～226 個体について、個体あたり 2 方向より測定した。応力波伝播速度をもとに立木ヤング係数の推定値を池田ら³⁾に基づいて下記により算出した。

$$E_v = (V_p)^2 \times \rho_{eff} / g / 10^6$$

ここで E_v は立木ヤング係数 (tonf/cm²)、 V_p は応力波伝播速度 (cm/sec)、 ρ_{eff} は有効密度 (g/cm³)、 g は重力加速度 (980cm/sec²) である。有効密度には池田ら³⁾に従い0.83g/cm³を用いた。得られた立木ヤング係数についてランダム誤差を仮定した線型混合モデルを用い、REML法により分散成分を求め、BLUP法により各個体の立木ヤング係数の育種価を求めた。REML法およびBLUP法による計算は、市販のソフトウェアASReml (VNI international、イギリス)を用いて行った。

机上選抜は、以下の基準により行った。1) 曲りによる選抜：根元曲りの表現型値が3以上・幹曲りの表現型値が4以上、2) 応力波伝播速度による選抜：立木ヤング係数の育種価が各育種集団林の平均以上、3) 家系内個体数による制限：各家系 (交配組合せ) 内の選抜数は最大5個体、4) 材積表現型値による選抜：材積の表現型値が各育種集団林の平均+0.5×標準偏差以上、以上の基準で選抜された個体群から材積育種価上位個体を選抜対象候補木とした。

机上選抜の結果を基に、現地で選抜対象候補木を目視で確認し病虫害等の欠点のない個体を第二世代精英樹候補木として選抜した。

※1 現在 西表熱帯技術園

第二世代精英樹候補木の選抜による改良の指標として相対遺伝的獲得量を算出した。相対遺伝的獲得量は、選抜された第二世代精英樹候補木の材積育種価平均値の育種集団林内平均値からの偏差を、各育種集団林の材積平均値に対する百分率として算出した。選抜された第二世代候補木集団の遺伝的多様性の指標として、Lindgrenら⁴⁾により提唱されたStatus Numberを算出した。Status Numberは集団の平均近縁度の逆数の1/2で定義され、集団内個体間の血縁度の上昇に合わせて減少する。集団内の個体間に血縁が全くない場合には最大値をとり、その値は集団内個体数と等しくなる。家系情報を基に算出が可能であり、候補木集団の遺伝的多様性のモニタリングに適していると考えられる。Status Numberの算出方法はLindgrenら⁵⁾に従った。

3 結果と考察

選抜対象育種集団林の平均樹高は15年次で9.1m～11.2m、平均直径は13.0～14.0cmであった(表1)。各育種集団林における個体の狭義の遺伝率を表2に示した。立木ヤング係数の遺伝率は概して高い値を示した。成長形質に関しては非常に低い遺伝率を示す育種集団林が多かった。

机上選抜・目視による現地確認の結果、スギで計76個体を第二世代精英樹候補木として選抜した。育種集団林ごとの選抜に関連する遺伝的指標を表2に示した。多様性の指標としての候補木集団のStatus Numberは4.01～9.63となり(表2)、候補木の交配親として関与した第一世代精英樹集団のStatus Number(7～14、クローン数と同値)と比較して減少しており、選抜された上位集団は特定の親への偏りがあることを示した。材積の遺伝的獲得量は1.6%～21.2%となり、成長形質の遺伝率が低かった110号では低い獲得量を示した(表3)。特にこの育種集団林からの選抜候補木については今後のクローン検定・後代検定に基いた再評価が重要と考えられる。選抜個体の一覧を表3に示した。

なお、今回の報告では情報を示さなかったが、九熊本第110号と同時期に設定された九熊本第109号においても同様の選抜を試み、第二世代候補木20個体を選抜した。ただし、同育種集団林では家系の偏りが非常に大きく、かつ立木ヤング係数の平均値が高かった(82tonf/cm²)ことから、前述の4検定林で実施した立木ヤング係数の

選抜基準に加え、選抜個体の立木ヤング率として充分と考えられる育種価の予測値70 tonf/cm²以上の個体についても第二世代精英樹候補木として選抜した。しかし、同検定林の立木ヤング率の選抜集団の平均値が高かった原因が、植栽箇所の環境によるものなのか、遺伝的な要因によるものなのか現段階で不明確であることから、選抜した候補木の将来の利用に向け、今後クローン検定・後代検定を通じて適正な評価値であることを確認することが重要である。

今回選抜した個体より2016年2～3月につき木増殖用の穂を採取し、2016年3月に候補木あたり8本をつぎ木増殖した。今後九州育種場内に定植し利用を進める予定である。

4 まとめ

本報告による選抜により、九州育種基本区の第二世代精英樹候補木の本数はスギで891個体となった。初期に選抜された第二世代精英樹候補木については10年次を超えるクローン検定結果が得られていることから、その結果に基づき第二世代精英樹候補木の整理を進めていく必要がある。また、それ以外の第二世代精英樹候補木の成長や挿し木発根性等の形質の評価を進めていく必要がある。

貴重な試験地の設定・管理・測定にこれまでに関わった林野庁・九州森林管理局および林木育種センターの関係者の皆様に深く感謝する。

表1 選抜対象とした育種集団林の基本情報

樹種	検定林名 (コード)	所在地	設定 年度	植栽 本数	植栽 家系数 ^{*1}	第一世代 精英樹数 ^{*2}	15年次平均	
							樹高 (m)	直径 (cm)
スギ	九熊本第110号 (2201)	佐賀森林管理署 東脊振森林事務所 松隈九瀬谷国有林11れ2林小班	1990	2100	19	9	9.3	13.7
スギ	九熊本第129号 (2423)	宮崎森林管理署 法ヶ岳森林事務所 茶臼岳国有林2156ろ1林小班	1995	2035	33	35	11.2	13.3
スギ	九熊本第130号 (2424)	大隅森林管理署 大根占森林事務所 平野国有林3023と5林小班	1995	1350	33	35	9.1	14.0
スギ	九熊本第139号 (7016)	熊本南部森林管理署 四浦森林事務所 平ノ下国有林2059し2林小班	1999	2145	48	18	10.9	13.0

*1: 植栽家系数は交配組合せ数(対照家系を除く)を示す。

*2: 第一世代精英樹数は交配親として関与した第一世代精英樹数(対照の植栽個体の親となった精英樹は除く)を示す。

表2 育種集団林毎の遺伝率と選抜された第二世代精英樹候補木の情報

樹種	検定林名 (コード)	個体の狭義の遺伝率(標準誤差)			選抜 本数	選抜率	選抜 組合せ数 ^{*1}	第一世代 精英樹数 ^{*2}	Status Number	材積 相対遺伝 獲得量
		樹高	胸高直径	ヤング率						
スギ	九熊本第110号 (2201)	0.101 (0.223)	0.0 (0.0)	≈ 1.0 (0.180)	17	0.8%	6	7	4.01	1.6%
スギ	九熊本第129号 (2423)	0.031 (0.088)	0.089 (0.304)	0.382 (0.391)	20	1.5%	6	10	6.34	16.6%
スギ	九熊本第130号 (2424)	0.304 (0.179)	0.245 (0.146)	0.576 (0.371)	20	1.5%	9	14	9.63	21.2%
スギ	九熊本第139号 (7016)	0.177 (0.073)	0.117 (0.054)	≈ 1.0 (0.476)	19	1.3%	7	9	4.87	16.0%

*1: 選抜組合せ数は、選抜された個体が属する交配組合せの総数を示す。

*2: 第一世代精英樹数は、選抜された個体集団の交配親として関与した第一世代精英樹数を示す。

表3 選抜されたスギ二世代精英樹候補木一覧

a) 九熊本第110号

系統名	系統コード	樹高 (m)	直径 (cm)	幹曲 *1	根元曲 *1	育種価偏差値	
						材積	立木ヤング係数
スギ九育 2-816	GFA33522	15.0	21	5	4	77.0	51.3
スギ九育 2-817	GFA33523	14.0	20	5	4	69.6	58.2
スギ九育 2-818	GFA33524	16.5	23	5	5	63.0	52.7
スギ九育 2-819	GFA33525	14.5	21	4	3	74.8	50.5
スギ九育 2-820	GFA33526	15.5	19	4	4	77.3	60.7
スギ九育 2-821	GFA33527	15.0	19	4	4	76.8	58.5
スギ九育 2-822	GFA33528	16.5	23	4	4	73.9	63.2
スギ九育 2-823	GFA33529	14.5	22	4	4	60.3	58.3
スギ九育 2-824	GFA33530	16.5	21	5	4	70.6	57.7
スギ九育 2-825	GFA33531	14.5	20	4	4	60.9	53.5
スギ九育 2-826	GFA33532	15.0	20	5	4	59.2	59.2
スギ九育 2-827	GFA33533	15.0	19	5	4	58.3	62.8
スギ九育 2-828	GFA33534	15.0	20	4	4	63.6	57.3
スギ九育 2-829	GFA33535	15.0	22	4	5	76.0	60.0
スギ九育 2-830	GFA33536	14.0	20	5	5	58.3	52.8
スギ九育 2-831	GFA33537	15.5	18	4	5	67.4	64.1
スギ九育 2-832	GFA33538	14.5	23	5	4	56.6	59.5

各形質値は20年次の測定値に基づく。

*1: 幹曲・根元曲は5段階指数評価値(九州育種基本区精英樹特性表参照)。

b) 九熊本第129号

系統名	系統コード	樹高 (m)	直径 (cm)	幹曲 *1	根元曲 *1	育種価偏差値	
						材積	立木ヤング係数
スギ九育 2-833	GFA33539	17.5	28	5	5	72.7	53.2
スギ九育 2-834	GFA33540	13.7	19	4	5	72.2	58.5
スギ九育 2-835	GFA33541	17.2	23	4	4	71.3	56.9
スギ九育 2-836	GFA33542	17.5	21	5	5	71.2	58.5
スギ九育 2-837	GFA33543	15.6	22	4	5	69.6	68.0
スギ九育 2-838	GFA33544	15.0	22	5	4	69.6	53.9
スギ九育 2-839	GFA33545	18.6	23	4	4	69.5	66.8
スギ九育 2-840	GFA33546	18.2	22	4	5	68.8	55.9
スギ九育 2-841	GFA33547	14.2	19	5	5	68.7	53.1
スギ九育 2-842	GFA33548	16.3	24	5	4	68.4	51.1
スギ九育 2-843	GFA33549	17.7	22	5	5	68.4	62.4
スギ九育 2-844	GFA33550	17.9	26	5	4	68.1	65.5
スギ九育 2-845	GFA33551	17.4	22	4	5	66.3	62.4
スギ九育 2-846	GFA33552	16.8	19	4	4	66.0	61.0
スギ九育 2-847	GFA33553	13.7	22	4	4	65.2	56.9
スギ九育 2-848	GFA33554	18.1	21	5	5	65.1	50.7
スギ九育 2-849	GFA33555	17.9	22	5	4	64.8	56.8
スギ九育 2-850	GFA33556	17.1	21	5	4	64.3	50.7
スギ九育 2-851	GFA33557	16.7	21	4	5	64.2	57.7
スギ九育 2-852	GFA33558	18.4	23	4	3	64.2	57.7

各形質値は20年次の測定値に基づく。

*1: 幹曲・根元曲は5段階指数評価値(九州育種基本区精英樹特性表参照)。

c) 九熊本第130号

系統名	系統コード	樹高 (m)	直径 (cm)	幹曲 *1	根元曲 *1	育種価偏差値	
						材積	立木ヤング係数
スギ九育 2-853	GFA33559	14.5	21	4	4	80.6	56.4
スギ九育 2-854	GFA33560	13.2	24	4	4	78.3	63.1
スギ九育 2-855	GFA33561	12.9	24	4	3	76.4	62.3
スギ九育 2-856	GFA33562	12.7	23	4	4	74.4	60.8
スギ九育 2-857	GFA33563	11.9	20	4	3	68.8	64.5
スギ九育 2-858	GFA33564	14.5	26	4	4	66.9	55.7
スギ九育 2-859	GFA33565	12.9	24	4	3	66.1	63.2
スギ九育 2-860	GFA33566	12.3	20	4	4	66.1	62.5
スギ九育 2-861	GFA33567	14.2	23	5	3	65.7	58.7
スギ九育 2-862	GFA33568	14.2	24	4	3	65.3	63.4
スギ九育 2-863	GFA33569	13.6	23	5	5	64.7	65.9
スギ九育 2-864	GFA33570	12.8	23	4	4	64.3	60.0
スギ九育 2-865	GFA33571	12.0	21	4	3	63.1	65.7
スギ九育 2-866	GFA33572	13.2	21	4	4	62.6	53.7
スギ九育 2-867	GFA33573	12.7	20	4	5	61.9	76.8
スギ九育 2-868	GFA33574	16.2	25	5	4	61.0	69.9
スギ九育 2-869	GFA33575	12.8	22	4	3	60.7	53.7
スギ九育 2-870	GFA33576	14.0	19	4	4	60.7	83.4
スギ九育 2-871	GFA33577	13.3	21	4	3	60.6	53.5
スギ九育 2-872	GFA33578	14.0	20	4	4	60.5	57.1

各形質値は20年次の測定値に基づく。

*1: 幹曲・根元曲は5段階指数評価値(九州育種基本区精英樹特性表参照)。

d) 九熊本第139号

系統名	系統コード	樹高 (m)	直径 (cm)	幹曲 *1	根元曲 *1	育種価偏差値	
						材積	立木ヤング係数
スギ九育 2-873	GFA33579	12.0	16	4	3	76.5	53.9
スギ九育 2-874	GFA33580	11.4	14	4	4	62.7	56.9
スギ九育 2-875	GFA33581	10.9	15	4	3	71.0	61.6
スギ九育 2-876	GFA33582	14.5	18	4	4	62.8	63.1
スギ九育 2-877	GFA33583	12.8	12	5	4	75.5	77.1
スギ九育 2-878	GFA33584	11.9	16	4	3	62.6	56.9
スギ九育 2-879	GFA33585	14.1	15	4	3	77.2	77.1
スギ九育 2-880	GFA33586	16.2	18	4	4	64.9	61.8
スギ九育 2-881	GFA33587	14.9	17	4	3	76.1	52.9
スギ九育 2-882	GFA33588	15.2	16	4	3	63.5	56.9
スギ九育 2-883	GFA33589	13.4	15	4	3	76.7	61.4
スギ九育 2-884	GFA33590	14.5	16	5	5	79.0	70.1
スギ九育 2-885	GFA33591	12.9	17	4	4	70.5	53.1
スギ九育 2-886	GFA33592	12.8	17	4	4	61.3	66.6
スギ九育 2-887	GFA33593	11.2	14	4	4	68.4	53.1
スギ九育 2-888	GFA33594	12.2	14	4	4	62.8	56.9
スギ九育 2-889	GFA33595	13.1	16	4	3	79.7	78.7
スギ九育 2-890	GFA33596	12.4	15	4	4	61.2	52.1
スギ九育 2-891	GFA33597	12.3	15	5	4	62.7	56.9

各形質値は15年次の測定値に基づく。

*1: 幹曲・根元曲は5段階指数評価値(九州育種基本区精英樹特性表参照)。

International Ltd、 Hemel Hempstead、 HP1
1ES、 UK www.vsni.co.uk(2009)

5 引用文献

- 1) Dutkowski G、 Costa e Silva J、 Gilmour A、 Wellendorf H、 Aguiar A: Spatial analysis enhances modelling of a wide variety of traits in forest genetic trials. Canadian Journal of Forest Research 36、 1851-1870(2006)
- 2) Gilmour A、 Gogel B、 Cullis B、 Thompson R: ASReml User Guide Release 3.0. VSN

- 3) Ikeda K: 応力波伝播速度による立木材質の評価と適用(第3報). 木材学会誌 46、 558-565(2000)
- 4) Lindgren D、 Gea L、 Jefferson P: Loss of genetic diversity monitored by status number. Silvae Genetica 45、 52-58(1996)
- 5) Lindgren D、 Gea L、 Jefferson P: Status number for measuring genetic diversity. Forest Genetics 2、 69-76(1997)
- 6) 林野庁: 熊本営林局 立木材積表(1970)