

九州育種基本区における優良無花粉スギ品種の開発に向けた取り組み —令和3・4年度の九州育種場における一次試験の経過—

九州育種場 育種課 岩泉正和 福田有樹 松永孝治 倉原雄二 松永順 久保田正裕
遺伝資源部 探索収集課 武津英太郎 育種部 育種第一課 栗田学

1 はじめに

花粉症対策の一環として、森林総合研究所林木育種センターでは関係機関と連携して、成長等に優れた無花粉スギの開発を進めており、そのうち（雄性不稔遺伝子をホモ接合型でもつ）無花粉スギ品種についてはこれまで2022年度（令和4年度）末時点で東北・関東・関西育種基本区から計24系統が開発されている（林木育種センター2022）。九州育種基本区においても近年、各県等において無花粉スギに対する期待が急速に高まってきており、効果的な無花粉品種の開発と無花粉リソース整備の必要性が高い。これまで九州育種場では、林木育種センター本所と連携して、雄性不稔遺伝子を保有する精英樹等の探索を進め、雄性不稔遺伝子をホモ接合型で保有する（不稔ホモ）系統は発見されなかったものの、当該遺伝子をヘテロ接合型で保有する精英樹が2系統見い出された。九州育種場では、それら九州産のヘテロリソースおよび近隣地域産の無花粉リソースを交配親として、優良無花粉スギ品種の開発を進めている。

無花粉スギ品種の開発実施要領（林木育種センター2023）においては、対象個体について2箇所の試験地における成長特性等の評価が必要とされており、多くの場合、交配に基づき作出された不稔ホモ個体に対する優良性の検定（一次試験）により個体選抜を行い、さらにその個体からさし木増殖により得られたクローン個体に対する優良性の検定（二次試験）を行うことで、優良な不稔ホモ系統を無花粉品種として開発している（大平ら2017、静岡県2023）。九州育種場では、上記無花粉リソースと九州産の精英樹群とを交配させたF₁またはF₂家系から得られた不稔ホモ個体に対して初期成長の評価（一次試験）を実施し、2021年度（令和3年度）、2022年度（令和4年度）には、九州育種基本区では初となる優良無花粉スギ候補木（クローン検定（二次試験）への供試個体）を選抜した。今回、その一次試験の経過について報告する。

2 材料と方法

優良無花粉スギ候補木を選抜するため、2箇所の試験地を設定した（表1、表2）。一次試験地Aは九州育種場（熊本県合志市）内の911-5地番に、2018年度末に設定した。対照として雄性不稔遺伝子を持たない（可稔ホモ）系統同士のF₁家系8家系、ヘテロ×可稔ホモのF₁家系2家系、不稔ホモ×可稔ホモのF₁家系6家系、不稔ホモ×ヘテロのF₁家系2家系を植栽し、植栽時の本数は計192本であった。一次試験地Bは同場内の3号畑に、2019年度末に設定した。対照として可稔ホモ×可稔ホモのF₁家系11家系、ヘテロ×可稔ホモのF₁のうち不稔遺伝子判定DNAマーカー（坪村ら2019）によりヘテロと判定された個体のみを選抜した3家系、ヘテロ×ヘテロのF₁家系6家系、ヘテロ×ヘテロのF₁のうち上記の判定DNAマーカーにより不稔ホモ個体のみを選抜した4家系を植栽し、植栽時の本数は計418本であった。両試験地とも単木混交植栽とし、植栽間隔は1m×1.8mとした。

各試験地とも不稔遺伝子の保有形態（可稔ホモ/ヘテロ/不稔ホモ）が不明な一部家系の個体については、3成長期までに各個体の針葉からDNAを抽出し、上記の不稔遺伝子判定DNAマーカーを用いたPCR産物のゲル電気泳動により、個体別の不稔遺伝子の保有形態を明らかにした。3成長期後の2021年冬（一次試験地A）および2022年冬（一次試験地B）に、生存する全個体の樹高、胸高直径を計測した。測定データを家系毎に集計し、家系間および交配種別（不稔遺伝子の保有形態）間での初期成長の差異について解析した。さらに不稔ホモ個体については、各家系内で成長が上位かつ対照家系と比較しておおむね同等以上の個体を、家系あたり5個体を上限に優良無花粉スギ候補木として選抜した。

3 結果と考察

3.1 家系間・家系内での成長特性の違い

一次試験地Aにおける3成長期後の樹高および胸高直径の家系平均はそれぞれ1.57~4.39m、1.35~5.60cm、

表1 一次試験地Aの3成長期後における家系別の不稔遺伝子保有形態別個体数、樹高および胸高直径

家系名	交配種別	生存個体数	不稔遺伝子の保有度別			樹高平均 (m)	胸高直径平均 (cm)
			可稔ホモ	ヘテロ	不稔ホモ		
GFA03121 × GFA03565	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	15	15			2.90	2.73
GFA03288 × GFA03565	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	10	10			3.53	4.10
GFA03288 × GFA03225	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	9	9			3.88	4.70
GFA03121 × GFA03326	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	3	3			2.41	1.60
GFA03147 × GFA03565	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	2	2			4.39	5.60
GFA03288 × GFA03534	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	3	3			3.01	3.07
GFA03534 × GFA03565	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	1	1			3.42	2.80
GFA03565 × GFA03326	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	3	3			2.35	1.60
GFA03155 × GFA18106	ヘテロ × 可稔ホモ	1	1	0		3.88	3.30
GFA03155 × GFA18077	ヘテロ × 可稔ホモ	10	6	4		3.63	3.74
GFA05755 × GFA18106	ヘテロ(不稔ホモ × 可稔ホモ)	9		9		4.00	4.42
GFA05755 × GFA18188	ヘテロ(不稔ホモ × 可稔ホモ)	44		44		3.71	3.85
GFA05755 × GFA03153	ヘテロ(不稔ホモ × 可稔ホモ)	2		2		4.16	4.75
GFA35089 × GFA18097	ヘテロ(不稔ホモ × 可稔ホモ)	15		15		2.45	2.38
GFA35089 × GFA03534	ヘテロ(不稔ホモ × 可稔ホモ)	4		4		1.57	1.35
GFA35089 × 混合花粉	ヘテロ(不稔ホモ × 可稔ホモ)	2		2		2.63	2.15
GFA35089 × GFA03155	不稔ホモ × ヘテロ	2		2	0	2.96	2.40
GFA05755 × GFA03155	不稔ホモ × ヘテロ	21		9	12	2.22	1.51

表2 一次試験地Bの3成長期後における家系別の不稔遺伝子保有形態別個体数、樹高および胸高直径

家系名	交配種別	生存個体数	不稔遺伝子の保有度別			樹高平均 (m)	胸高直径平均 (cm)
			可稔ホモ	ヘテロ	不稔ホモ		
GFA03483 × GFA03418	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	6	6			2.94	3.33
GFA03534 × GFA03565	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	7	7			3.77	4.40
GFA03565 × GFA03418	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	5	5			3.90	4.74
GFA03225 × GFA03565	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	7	7			3.77	4.66
GFA03288 × GFA03121	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	4	4			3.78	4.28
GFA03167 × GFA03326	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	5	5			3.77	3.78
GFA03418 × GFA03534	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	6	6			3.71	4.67
GFA03326 × GFA03147	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	6	6			3.85	3.70
GFA03293 × GFA03483	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	4	4			3.02	2.60
GFA03094 × GFA03483	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	5	5			3.69	4.36
GFA03121 × GFA03293	対照(可稔ホモ × 可稔ホモ)	6	6			3.46	3.10
GFA03249 × GFA03332	ヘテロ × 可稔ホモ(ヘテロ選別)	29		29		3.74	4.56
GFA03332 × GFA03249	可稔ホモ × ヘテロ(ヘテロ選別)	27		27		3.73	4.82
GFA03155 × GFA03332	ヘテロ × 可稔ホモ(ヘテロ選別)	15		15		4.37	5.27
GFA03155 × GFA03249	ヘテロ × ヘテロ	40	15	15	10	3.84	4.42
GFA04248 × GFA03249	ヘテロ × ヘテロ	39	14	8	18	3.98	4.94
GFA04248 × GFA04235	ヘテロ × ヘテロ(不稔ホモ選別)	14			14	3.22	2.94
GFA04248 × GFA04250	ヘテロ × ヘテロ(不稔ホモ選別)	5			5	3.92	3.54
GFA03155 × GFA04254	ヘテロ × ヘテロ(不稔ホモ選別)	16			16	3.28	2.83
GFA04254 × GFA04235	ヘテロ × ヘテロ(不稔ホモ選別)	5			5	3.19	3.08

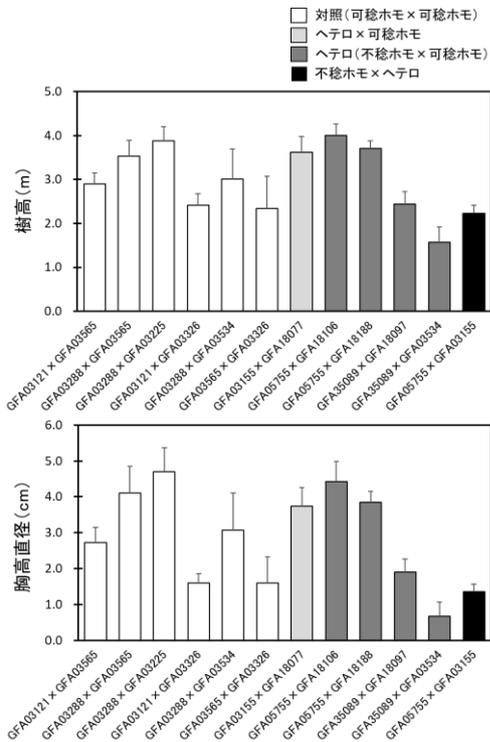


図1 一次試験地Aにおける家系別の3成長期後の樹高および胸高直径。エラーバーは標準誤差を表す。

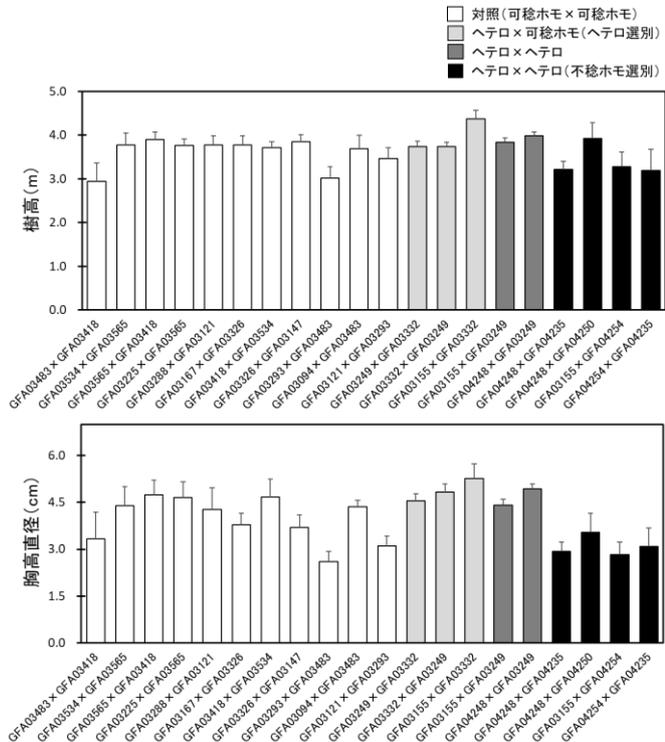


図2 一次試験地Bにおける家系別の3成長期後の樹高および胸高直径。エラーバーは標準誤差を表す。

同じく一次試験地Bにおける家系平均はそれぞれ 2.94～4.37m、2.60～5.27cm であり、成長特性には少なからず家系間差が見られた(表1、表2)。一次試験地Aにおける不稔ホモ個体を含む家系(不稔ホモ×ヘテロ)の樹高と胸高直径の平均は対照家系よりも小さかった(図1)。一方で、一次試験地Bにおける不稔ホモを含む家系(ヘテロ×ヘテロ)の中には樹高と胸高直径の平均が対照家系を上回るものも見られた(図2)。各家系内でも個体間での成長特性の違いは大きく、例えば一次試験地AのGFA05755×GFA03155家系(21個体)の3成長期後樹高は0.83～3.68m(平均2.22m)、一次試験地BのGFA04248×GFA03249家系(39個体)では2.47m～4.73m(平均3.98m)、GFA03155×GFA04254家系(不稔ホモのみ植栽:16個体)では1.05m～4.91m(平均3.28m)であった。

交配家系の成長特性は親系統の遺伝的特性の違いが影響すると考えられ、実際に一次試験地Aの不稔ホモとエリートツリー等(可稔ホモ)の交配組合せであるGFA05755×GFA18106家系やGFA05755×GFA18188家系は全体的に成長量が大きく、エリートツリー等由来の家系ではヘテロ(F₁)化しても成長がよいことがわかる。今回の不稔ホモ個体を含む家系については、家系にもよるが対照家系や他の交配種別と比べて若干成長量が小さい傾向がみられた一方で、当該家系内の個体間での成長量も

大きく異なることから、家系内選抜(両親の遺伝的性能が集積された優良個体の選抜)が重要であることが示唆される。

3.2 優良無花粉スギ候補木の選抜

2箇所の一次試験地において不稔ホモと判定された個体の中から、3成長期後の成長データに基づき、良好な成長特性を示した個体について、一次試験地Aからは4個体、一次試験地Bからは20個体、計24個体を選抜した(表3)。

選抜した個体の一部には胸高直径が対照個体の平均よりも小さいもの含まれているが、九州はさし木林業地帯であり、個体選抜よりもクローンでの優良性検定の重要性がより高いと考えられる。このことから、やや幅広くに個体選抜を行い、それら候補木の成長性等をクローン検定することにより、九州育種基本区での普及に適した優良無花粉スギを選抜していく考えである。

今回選抜した個体については2022年度末にクローン検定のためのさし木増殖を実施し、さし木発根性の評価とさし木苗の育成を進めているところであり、翌2023年度末には対照系統のさし木苗も含めて九州育種場内に植栽し、二次試験地を設定する予定である。

4 まとめ

今回、九州育種場内の2箇所の一次試験地から、無花粉遺伝子をホモ接合型で保有し、かつ初期成長に優れた個体を、九州育種基本区で初となる無花粉スギ品種候補木として選抜した。

無花粉スギ品種の開発には、優良スギ系統と雄性不稔遺伝子保有スギ系統の交配家系の中から優良かつ不稔遺伝子を保有する個体を選抜する必要があるが、効率的な交配規模や選抜率等の検討に重要な、家系内での不稔遺伝子の保有形態と成長等の優良性との関連性についてはまだ知見が十分でない。今後、さらなる交配家系の作出や育苗、成長等の評価・選抜を進めつつ、上記に関するデータも同時に蓄積していくことが重要と考えられる。

最後に、今回報告した交配家系の作出や育苗、試験地の設定・管理等に尽力いただいた林木育種センター九州育種場の歴代関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

表3 2箇所の一次試験地から選抜した無花粉スギ品種候補木

個体名	樹高 (m)	胸高直径 (cm)
一次試験地A (2021年度選抜)		
GFA05755×GFA03155_1	3.25	2.1
GFA05755×GFA03155_2	3.68	3.2
GFA05755×GFA03155_3	3.38	2.8
GFA05755×GFA03155_4	3.64	2.6
対照全平均	3.24	3.38
一次試験地B (2022年度選抜)		
GFA04248×GFA04235_1	3.77	3.5
GFA04248×GFA04235_2	3.78	3.9
GFA04248×GFA04235_3	3.93	4.2
GFA04248×GFA04235_4	4.36	3.7
GFA04248×GFA04235_5	5.05	5.6
GFA04248×GFA03249_1	4.51	5.7
GFA04248×GFA03249_2	4.61	5.3
GFA04248×GFA03249_3	4.70	6.2
GFA04248×GFA03249_4	4.67	5.4
GFA04248×GFA03249_5	4.64	6.2
GFA04254×GFA04235	4.45	4.5
GFA03155×GFA04254_1	4.27	3.8
GFA03155×GFA04254_2	4.91	5.1
GFA03155×GFA04254_3	4.80	4.8
GFA03155×GFA04254_4	4.52	4.9
GFA03155×GFA04254_5	4.20	3.9
GFA03155×GFA03249_1	4.51	5.2
GFA03155×GFA03249_2	4.06	4.0
GFA03155×GFA03249_3	4.12	5.6
GFA03155×GFA03249_4	4.10	4.5
対照全平均	3.62	4.00

5 引用文献

大平峰子・坪村美代子・星比呂志（2017）新たな無花粉

スギ品種「林育不稔1号」の開発、林木育種情報 24, 7

林木育種センター（2022）令和4年版 2022年報.

林木育種センター（2023）国立研究開発法人森林研究・

整備機構森林総合研究所林木育種センター品種開発実
施要領－花粉症対策品種等－.

https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/sinhi_jnnsyu/yuryouhinsyu/documents/yoryo_kafunsyo.pdf

静岡県農林技術研究所森林・林業研究センター（2023）

花粉症対策に朗報！無花粉スギ優良品種の開発.

https://www.pref.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/044/311/mukafunsugi.pdf

坪村美代子・郷田乃真人・平尾知士・三嶋賢太郎・小長

谷賢一・田村美帆・高橋誠・渡辺敦史（2019）雄性不

稔スギ「爽春」の雄性不稔原因遺伝子を持つ個体を検

出する簡易 DNA マーカーの開発. 日本森林学会

誌, 101, 155-162