

## 少花粉スギミニチュア採種園におけるクローン別の着花性及び種子生産量

中村博一 (群馬県林業試験場)

**要旨:** 群馬県に造成した少花粉スギミニチュア採種園の採種木を対象として、着花促進に効果があるジベレリンを処理し、複数年・複数区画においてクローン別に雄花・雌花着花性及び種子生産量を調べ、クローン毎の特性を検討した。分散分析により、クローン間差はどれも有意であった。クローン平均値の広義の遺伝率は雄花着花性が最も高い値(0.93)を示し、雌花着花性及び種子採取量についても0.7を越えていたことから、雄花・雌花着花性及び種子生産量のそれぞれの形質について、調査年度・区画の違いに関わらずクローン間の順位が高い再現性を示すことが示唆された。

**キーワード:** 少花粉スギ, ミニチュア採種園, 着花性, 種子生産

## I はじめに

近年、スギ花粉による花粉症患者が増え続けている中、スギ花粉症対策の一つとして、花粉の少ないスギ品種が開発(1)され、花粉発生源減少への期待が高まっている。

群馬県では、2003年からスギ花粉症対策として、ミニチュア採種園方式を導入し、花粉の少ないスギ品種で構成した採種園(以下、ミニチュア採種園)の造成を開始した。2005年に初めてミニチュア採種園から種子が生産でき、2006年春から、交付する種子を全量ミニチュア採種園から採取した種子(以下、花粉症対策種子)に切り替えている。これにより、2009年からは本格的に花粉症対策苗木の出荷が始まっている。

ミニチュア採種園方式を用いることで、定植後3年程度で種子生産が可能となり、従来の採種園に比べ、種子生産までの期間が約3分の1程度に短縮され、早期に花粉症対策種子の普及(2)が可能となった。しかしながら、ミニチュア採種園でのクローン別着花特性や種子生産性等についての報告が少ない。そこで本研究では、花粉症対策種子の品質向上及び種子の安定供給を行うため、クローン別の着花性及び種子生産量について調査を行った。

## II 調査地の概要及び調査方法

## 1. 調査地

調査地は群馬県渋川市内にある群馬県林業試験場林木育種場内(以下、林木育種場)のミニチュア採種園である。林木育種場は、標高約550mの南斜面に位置している。ミニチュア採種園は総面積0.11ha、総植栽本数460本、最大クローン数31クローン、植栽配置は9型で構成され、4区画に分かれている。A区画は2003年4月に造成し、面積0.02ha、植栽本数74本、クローン数11クローン、B区画は2004年4月に造成し、面積0.03ha、植栽本数131本、クローン数11クローン、C区画及びD区画は2005年4月に造成し、C区画は面積0.03ha、植栽

本数133本、クローン数31クローン、D区画は面積0.03ha、植栽本数122本、クローン数31クローンである。各区画ともに植栽苗木は、3年生の接ぎ苗木を植栽した。ミニチュア採種園は苗畑に造成されており、周囲は開けているが、一部ヒノキ防風林帯に面している。

## 2. クローン別の雄花・雌花着花性

1) 着花の誘導 種子採取の前年に、100ppmの濃度に希釈したジベレリン(GA3)水溶液を動力式噴霧機により、各年ともに採種区画の全個体に葉面散布して着花を誘導した。雄花・雌花の花芽の分化時期(3)の違いなどから効率的な着花促進を行うため、ジベレリン処理を2回に分けて行った。各年のジベレリン散布時期を表-1に示す。

2) 雄花・雌花着花量調査 着花量の判定については雄花・雌花の着生程度を表-2に示す0~5の6段階の指数(以下、着花指数)により採種木を4方向から評価し、平均したものを採種木の着花指数としてクローン別にまとめた。調査は、2005年から2010年の6年間行った。各年の着花量調査時期を表-3に示した。

雄花着花量・雌花着花量については、個体値を用いて区画・年度の組み合わせを反復とし、以下の線型モデルを仮定した。

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + F_j + BF_{ij} + e_{ijk}$$

ここで $Y_{ijk}$ は個体測定値、 $\mu$ は総平均値、 $B_i$ は区画と年度の組み合わせ*i*の効果、 $F_j$ はクローン*j*の効果、 $BF_{ij}$ は反復とクローンの組み合わせ効果、 $e_{ijk}$ は誤差である。クローンの効果の検定は反復とクローンの組み合わせ効果の平均平方を用いて行った。年度・区画・クローンの組み合わせに欠損があったために、クローン毎の最小二乗推定値(4)を求め、クローン平均値とした。計算は農林水産研究情報総合センターの統計パッケージSASのGLMプロシージャを用いた。

### 3. クローン別の種子生産量

球果採取は、林業種苗法に沿って9月20日以降で球果の充実の程度を確認し、クローン別に球果採取を行った。採取した球果は、屋内で約1ヶ月半自然乾燥させ、始めに、目の粗さが5mmの篩を使用し、球果から種子を分けた。次に、目の粗さが1mmの篩を使用し、種子より小さい混ざり物を取り除き、クローン毎に種子を計量した。分析には、クローン1本当たりの種子生産量とするため、それぞれ、クローン毎に計量した種子量を採取した本数で割った数量をクローン1本当たりの種子生産量とした。調査は、2006年から2010年の5年間行った。

種子生産量は区画・年度毎のクローン平均値を用いて、区画・年度の組み合わせを反復として、以下の線型モデルを仮定した。

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + F_j + e_{ij}$$

ここで  $Y_{ijk}$  は区画・年度毎のクローン平均値、 $e_{ij}$  は誤差である。クローン毎に最小二乗推定値を求め、クローン平均値とした。

### 4. 雄花・雌花・種子生産量のクローンの広義の遺伝率

雄花着花量・雌花着花量についてクローンを変量としてクローン、クローンと反復の交互作用、誤差の分散成分を求め、個体の広義の遺伝率とクローン平均値の広義の遺伝率(反復率)を求めた。

$$R_i = \sigma_F^2 / (\sigma_F^2 + \sigma_{B \times F}^2 + \sigma_e^2)$$

$$R_c = \sigma_F^2 / (\sigma_F^2 + \sigma_{B \times F}^2 / r + \sigma_e^2 / (r * t))$$

ここで  $R_i$  は個体の広義の遺伝率、 $R_c$  はクローン平均値の広義の遺伝率である。r は反復数、t は反復内個体数で、本調査結果の平均数である  $r=4.1$ 、 $t=6.2$  を用いた。種子生産量についてはクローンを変量としてクローン、誤差の分散成分を求め、反復平均値の広義の遺伝率とクローン平均値の広義の遺伝率(反復率)を求めた。

$$R_i = \sigma_F^2 / (\sigma_F^2 + \sigma_e^2)$$

$$R_c = \sigma_F^2 / (\sigma_F^2 + \sigma_e^2 / r)$$

ここで  $R_i$  は反復平均値の広義の遺伝率、 $R_c$  はクローン平均値の広義の遺伝率である。r は反復数、本調査結果の平均数である  $r=2.8$  を用いた。計算には統計パッケージ SAS の VARCOMP プロシージャーを用いた。

## III 結果及び考察

雄花・雌花着花量について、分散分析の結果を表-4、表-5に、クローン別の雄花の着花指数結果を図-1に示した。分散分析の結果、クローン間の違いは両形質について有意であった ( $p < 0.01$ )。雄花着花指数については、利根6号の1.3が最も低い値を示し、那珂5号の3.6

が一番高い値を示した。次にクローン別の雌花の着花指数結果をまとめたものを図-2に示す。雌花着花指数については、那珂5号の3.7が最も高い値を示し、足柄下6号の1.4が一番低い値を示した。雄花・雌花両形質共に、5年生から9年生の若齢木についても着花指数の高い傾向にあるクローンと低い傾向にあるクローンがあることが分かった。

雄花着花量と雌花着花量のクローン平均値(最小二乗推定値)の順位相関は低く、有意な関係は認められなかった(ケンドールの順位相関係数  $r=0.02$ 、 $p=0.89$ )。このことから、種子親として寄与が大きいクローンと花粉親として寄与が大きいクローンは異なることが示唆された。

ミニチュア採種園から生産した実生後代苗木については、花粉症対策苗木としての形質が期待されている。実生後代苗木の雄花着花性については、採種木の雄花着花性が低ければ実生後代苗木の雄花着花性も低くなる(5)ため、花粉症対策採種園の造成を検討する際には、今回の結果を踏まえ、那珂5号や群馬5号など雄花着花指数の高い傾向を示したクローンを除いたクローン構成にすることにより、花粉症対策苗木の品質向上に繋がると考えられる。

種子生産量についての分散分析の結果を表-6に、クローン別の1本当たりの種子生産量についてまとめたものを図-3に示した。分散分析の結果のクローン間差は有意であった ( $p < 0.01$ )。種子生産量については、比企13号の0.59%が最も高い数量で、足柄下6号の0.01%が一番低い数量であった。雄花・雌花の形質と同様に、種子生産量についても高い傾向にあるクローンと低い傾向にあるクローンがあることが分かった。

雌花着花指数と種子生産量とのクローン平均値については有意な順位相関が認められたが、その関係は強くなかった(ケンドールの順位相関係数  $r=0.31$ 、 $p < 0.05$ )。これは、クローン毎の種子の大きさが違うことにより、那珂5号や愛甲2号のように雌花着花指数が高い値を示していても種子が小さいため、精選時に種子が篩の下に落ちる割合が高く、球果から生産できた種子量(以下、総種子生産量)の減少幅が大きい。逆に、津久井3号や比企13号のように雌花着花特性が低い値を示していても種子が大きいため、種子が篩の上に残る割合が高く、総種子生産量の減少幅が小さくなることが要因の一つと考えられる。

安定的な種子生産を行うためには、足柄下6号や勝浦1号など雄花着花特性が低く且つ、種子生産量が少ないクローンを除き、比企13や津久井3などの種子が大きく種子

生産量も多いクローンや河沼1号のように雌花着花指数が高く種子生産量も多いクローン構成にすることにより、安定的に種子供給が可能となると言えよう。

雄花・雌花着花量の個体の広義の遺伝率はそれぞれ0.494, 0.264であり、またクローン平均値の広義の遺伝率はそれぞれ0.932, 0.782であった。種子生産量の回復平均値の広義の遺伝率は0.578、クローン平均値の広義の遺伝率は0.794であった。栗延(6)や田村(7)によると、個体の広義の遺伝率が、スギ挿し木で直径が0.3, 樹高が0.4程度と報告されている。これと比較すると、雄花着花量、種子生産量については成長形質よりも高い遺伝率を示し、遺伝的な支配が大きいことを示している。また、クローン平均値の広義の遺伝率についてはどの形質についても0.7を越える値を示し、今回調査したミニチュア採種園においては、年度・区画の影響は少なく、高い評価値を示すクローンは安定して高い値を示すことが示唆された。

VI おわりに

早期に種子供給が可能なミニチュア採種園は花粉症対策への期待が大きい。そのためには、品質の高い花粉症対策種子の生産に加え、安定した種子の供給についても考えなければならない。雄花着花指数で値の高い傾向を示したクローンの中には、種子生産量でも高い数量となっていることから、単に雄花着花指数の高いクローンを除いて採種園を改良すると、種子については改良前と比較し品質は向上する可能性があるが、種子生産量については改良前よりも低下することが考えられる。また、雄花着花指数の高いクローンを除くことにより、採種園内の花粉密度が低下し、外部花粉の影響を受けやすくなることも懸念される。については、新規に造成する採種園又は造成した採種園の立地条件、周辺環境など考慮しクローンを選定する必要がある。

ミニチュア採種園は採種木が低木であり、クローンの改良については従来に比べ格段に容易になった。これにより、研究の成果を速やかに事業に活用できるようになった。今回得たクローン毎の特性結果を踏まえ、今後も継続的に調査し、ミニチュア採種園の管理方法を構築していきたい。

最後に、本調査データを分析いただきました(独)林木育種センター武津英太郎氏に深く感謝いたします。

引用文献

(1) 近藤禎二(1997) 花粉の少ないスギ精英樹. 林木の育種 183 : 7-9.

(2) 林木育種センター東北育種場(2001) 東北育種基本区スギミニチュア採種園技術マニュアル, 2-48

(3) 全国林業改良普及協会(1998) 林業技術ハンドブック. 703pp, 全国林業改良普及協会, 東京.

(4) 栗延晋(2008) 林木育種のための統計解析 (10) -不揃いな2元分類データの分散分析法-. 林木の育種 229 : 43-46.

(5) 坪村美代子, 中田了五, 武津英太郎, 福田陽子(2009) 人工交配家系を用いたスギ雄花着花性の遺伝性. 第120回日林学術講. CD-ROM

(6) 栗延晋(1993) 次代検定林における精英樹の材質について. 林木の育種 161 : 28-32.

(7) 田村明, 栗延晋, 武津英太郎, 飯塚和也(2006) スギ精英樹クローンにおける炭素貯蔵量の選抜効果の試算. 日本森林学会誌 88 : 15-20.

表-1. ジベレリン散布時期

	2004	2005	2006	2007		2008	2009
	A区画	B区画	C区画	D区画	A区画	B区画	C区画
雄花促進	6/24	6/29	6/30	6/26	6/26	6/24	6/25
雌花促進	7/21	7/21	7/31	7/27	7/27	7/29	7/30

表-2. 雄花・雌花着花量調査指数表

指数	内容
0	着生していない
1	わずかに着生している
2	着生している量が少ない
3	ある程度着生している
4	全体にかなり着生している
5	一見にして全体に密に着生している

表-3. 雄花・雌花着花量調査時期

	2005	2006	2007	2008		2009	2010
	A区画	B区画	C区画	D区画	A区画	B区画	C区画
調査日	3/14	3/6	3/20	3/30	3/30	3/26	2/25

表-4. 雄花着花量の分散分析表

要因	自由度	平方和	平均平方	F値	有意水準
回復	6	86.3556216	14.3926036	26.63	**
クローン	29	223.2098256	7.6968905	14.24	**
回復xクローン	91	49.1906596	0.5405567	2.13	**
誤差	671	170.451735	0.2540264		
総	797	610.3058647			

\*\* : 1%水準で有意

表-5. 雌花着花量の分散分析表

要因	自由度	平方和	平均平方	F値	有意水準
回復	6	78.9956293	13.1659382	10.3	**
クローン	29	121.159871	4.1779266	3.27	**
回復xクローン	91	116.2820359	1.2778246	3.8	**
誤差	671	225.5910989	0.3362013		
総	797	614.6455138			

\*\* : 1%水準で有意

表-6. クローン別の種子生産量の分散成分

要因	自由度	平方和	平均平方	F値	有意水準
回復	5	0.17919381	0.03583876	4.05	**
クローン	29	0.97375003	0.03357759	3.79	**
誤差	49	0.43354786	0.00884792		
総	83	1.5864917			

\*\* : 1%水準で有意

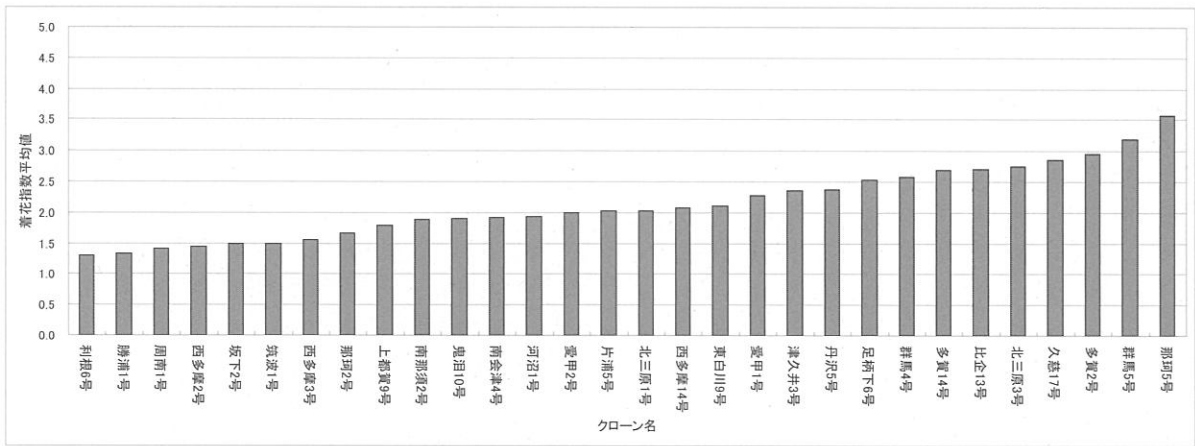


図-1. クローン別の雄花着花量

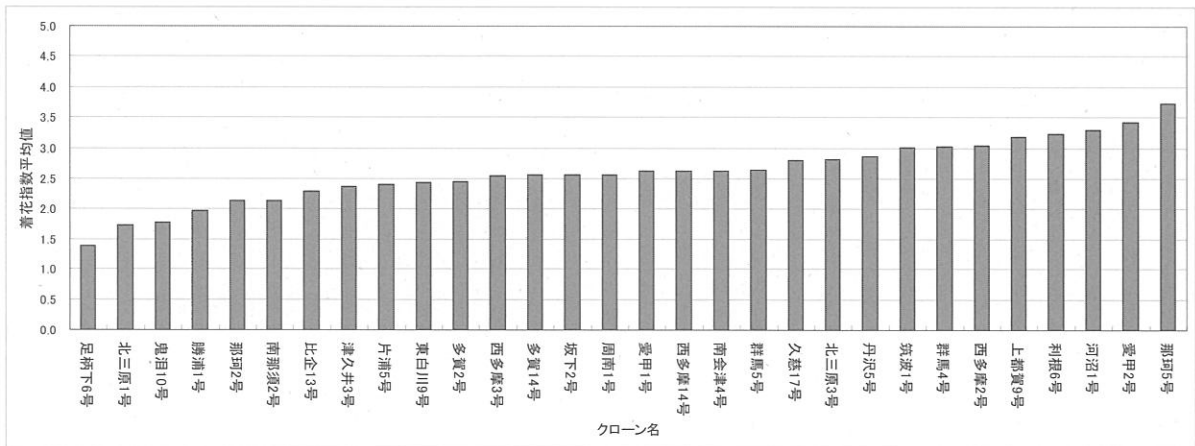


図-2. クローン別の雌花着花量

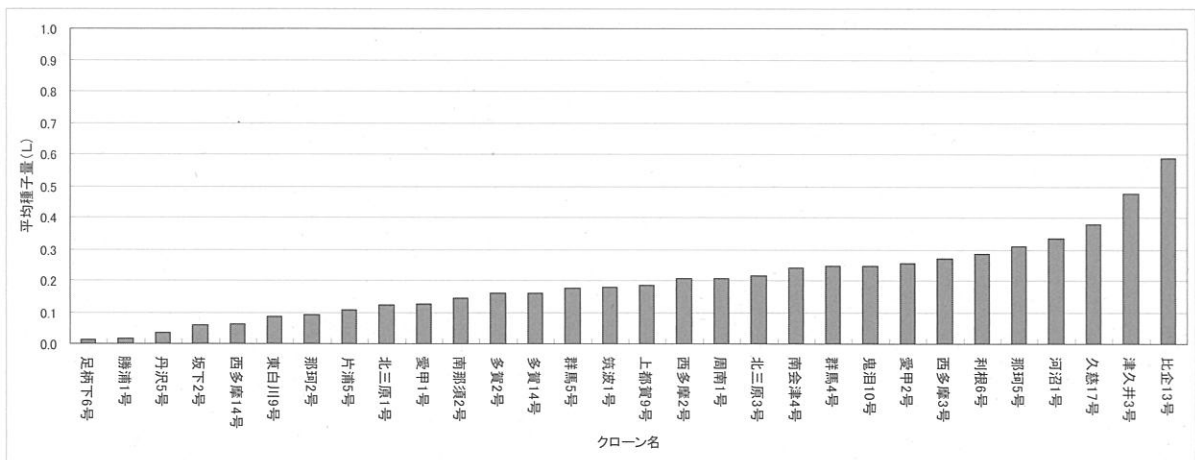


図-3. クローン別一本当たりの種子生産量