

速報

クロマツにおける針葉の展出フェノロジーの遺伝性の検討^{*1}松永孝治^{*2}・栗田 学^{*2}・武津英太郎^{*2}・倉原雄二^{*2}・久保田正裕^{*2}

松永孝治・栗田 学・武津英太郎・倉原雄二・久保田正裕：クロマツにおける針葉の展出フェノロジーの遺伝性の検討 九州森林研究 72：103－105，2019 マツノザイセンチュウ抵抗性採種圃産種子の遺伝的品質は様々な要因によって決まるが，採種圃構成クローン間の開花フェノロジーの一致性もその一つと考えられる。これまでにマツノザイセンチュウ抵抗性品種の開花フェノロジーと葉フェノロジーの間に一定の正の相関関係がみとめられ，葉フェノロジーを調べることで着花齢に達する以前に開花フェノロジーが推定できると考えられた。本論では抵抗性クロマツ9品種とクロマツ精英樹2クローンの自然受粉家系の展葉フェノロジーを調査して，その家系間変異を認めた。また，そのうち5家系の針葉の展葉率とそれらの親クローンの葉フェノロジーの指標の間に正の相関が認められた。これらの結果は葉フェノロジーが遺伝的に支配されている形質であることを示唆する。

キーワード：クロマツ，フェノロジー，開花，展葉，家系間変異

I. はじめに

クロマツ (*Pinus thunbergii*) は農地や市街地を飛砂や海風から守るために海岸に植栽され，日本の海岸景観を構成する重要な樹種である。しかしながら，マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) (以下，線虫) により引き起こされる材線虫病により，現在も全国的な被害を受け続けている (林野庁，2018)。材線虫病対策の一環として，森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター (以下，林木育種センター) は関係機関と協力して線虫に対する抵抗性育種を実施しており (藤本ほか，1989)，2017年3月までに全国で183個体を抵抗性クロマツ品種として選抜している (林木育種センター，2017)。これらの抵抗性品種は接ぎ木増殖され，抵抗性採種圃の構成木として利用されている。

採種圃産の自然受粉種子の遺伝的品質は採種圃を構成する系統やその空間配置のほか，構成系統の着花性，開花フェノロジー等の繁殖特性によっても影響を受けると考えられる。例えばダグラスファー (*Pseudotsuga menziesii*) の採種圃では，あるクローンの花粉親としての貢献はそのクローンの雄花の開花フェノロジーと一致して雌花を開花させているクローンにおいて高かった (Erickson and Adams, 1989)。松永ほか (2018) はマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツにおいて針葉の展出フェノロジーが雌花や雄花の開花フェノロジーと正の相関関係があることを示し，葉のフェノロジーを調べることで着花齢に達していない個体の開花フェノロジーを推定できることを報告した。

これまでに様々な樹種等において開花・開葉・シュートのフェノロジーの変異や遺伝性が，採種圃における開花の一致性，早期展葉による生長期間の延長，あるいは遅霜害等に関連づけられて調べられている (例えば *Abies alba*, (Mihai *et al.*, 2018) ; *Pinus radiata*, (Griffin, 1984) ; *Pinus taeda*, (Quesada *et al.*, 2017) ;

Pseudotsuga menziesii, (Li and Adams, 1993))。クロマツのフェノロジーについては抵抗性品種の開花時期のクローン間変異が調べられているが (戸田，2004)，その遺伝性は十分に明らかになっていない。ここではクロマツ針葉の展出フェノロジーの遺伝性を半兄弟間及び親子間の類似性から検討した。

II. 材料と方法

1. 針葉の展出フェノロジーの半兄弟家系間変異

2016年3月，熊本県合志市にある林木育種センター九州育種場 (以下，九州育種場) 内の苗圃に抵抗性クロマツ9クローンと精英樹クロマツ2クローンの自然受粉家系の種子をまき付けた (表-1)。これらの種子は九州育種場内の抵抗性クロマツ交配圃および育種素材保存圃に由来する。2017年2月にこれらの毛苗を床替えし，その後2018年4月まで据え置いた2年生苗を調査に用いた。調査個体数は各家系40～46個体で，これらは4反復 (9～13本/反復/家系) で構成されている。

2018年4月に苗木の針葉の展出の状態を数日おきに確認して，家系間で針葉の展出の状態に十分な差が生じたと考えられた4月20日，各苗の主軸のシュートについて針葉の展出の状態 (展出段階) を，松永ほか (2018) の方法によって調べた。展出段階の基準は，0：冬芽 (長枝，シュート) 内の短枝が見えない，1：長枝の鱗片葉 (茶色) から短枝の鱗片葉 (白い爪状，葉束鞘) が露出する，2：短枝の鱗片葉が伸長し，縦横比が2対1を超える，3：短枝の鱗片葉の先端から針葉が露出する (どれか一本でも)，4：すべての短枝から針葉が露出する，である。各家系について反復ごとに以下の式に従って展葉率を算出した。

$$\text{展葉率} = \text{展出段階が3以上の個体数} / \text{調査個体数}$$

展葉率について家系を要因とした Kruskal-Wallis 検定と Dunn の多重比較 ($\alpha = 0.05$) を行った。

^{*1} Matsunaga, K., Kurita, M., Fukatsu, E., Kurahara, Y. and Kubota, M. : A preliminary investigation of the inheritance of needle emergence phenology in *Pinus thunbergii*.

^{*2} 森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター九州育種場 Kyushu Regional Breed. Office, Forest Tree Breed. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Forest Res. Man. Org., Koshi, Kumamoto 861 - 1102 Japan

2. 針葉の展出フェノロジーの親子間の関係性

展出フェノロジーの遺伝性を検討するため、本研究で調査した抵抗性クロマツ5家系（三崎90, 唐津16, 唐津17, 佐土原15, 岡垣5）の家系平均展葉率と、その親クロンの10~12年生の接ぎ木について、2016年に調査した展出フェノロジーの指標（最も早いクロンが段階3に達した日を0として、各クロンが段階3に達するために要した日数）の間の関係について、Spearmanの順位相関係数を求めた。

なお、本研究における解析にはStatistix 9を用いた。

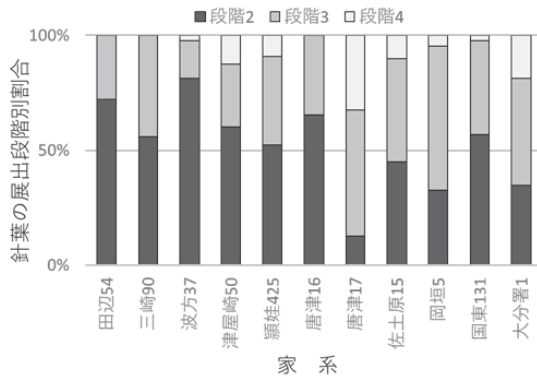


図-1. クロマツ自然受粉 11 家系の針葉の展出段階別割合

表-1. クロマツ自然受粉家系の展葉率

家系	反復数	平均	±	SD	*
田辺54	4	0.28	±	0.12	ab
三崎90	4	0.44	±	0.11	ab
波方37	4	0.18	±	0.13	b
津屋崎50	4	0.40	±	0.10	ab
穎娃425	4	0.48	±	0.16	ab
唐津16	4	0.34	±	0.20	ab
唐津17	4	0.88	±	0.05	a
佐土原15	4	0.55	±	0.13	ab
岡垣5	4	0.68	±	0.28	ab
国東131	4	0.44	±	0.23	ab
大分署1	4	0.65	±	0.18	ab
平均		0.48	±	0.24	

*同じ文字のついた家系間には有意差なし

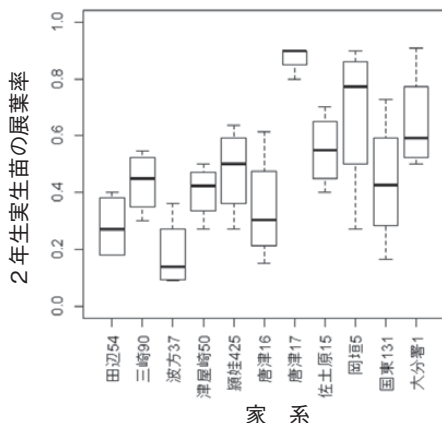


図-2. クロマツ自然受粉家系の展葉率

上のひげの上端, 箱の上端, 箱の中の太線, 箱の下端, 下のひげの下端は4つの測定値の最大値, 大きな2つの値の中央値, 真ん中の2つの値の中央値, 小さな2つの値の中央値, 最小値をそれぞれ示す。

Ⅲ. 結果と考察

1. 針葉の展出フェノロジーの半兄弟家系間変異

針葉の展出段階は各家系によって大きくバラつき、唐津17で段階4に達する個体が最も多く、波方37で段階2の個体が最も多かった（図-1）。全家系の平均展葉率は0.48で、唐津17が0.88と最も高く、波方37が0.18と最も低かった（表-1, 図-2）。Kruskal-Wallis検定の結果、展葉率は家系間で有意に異なり（Kruskal-Wallis Statistic = 25.3669, $P = 0.0047$ ）、波方37は唐津17に対して5%水準で有意に平均展葉率が低かった（表-1）。

2. 針葉の展出フェノロジーの親子間の関係性

5家系の2年生実生苗の平均展葉率とそれらの親である接ぎ木クロンの展出フェノロジーの指標間の順位相関係数は-0.987 ($P = 0.0167, n = 5$) となり、針葉の展出が早い親クロンの後代家系は平均展葉率が高く、展出が遅い親クロンの後代家系は平均展葉率が低いことが示され（図-3）、針葉の展出の早さが遺伝的に支配されていることが示唆された。

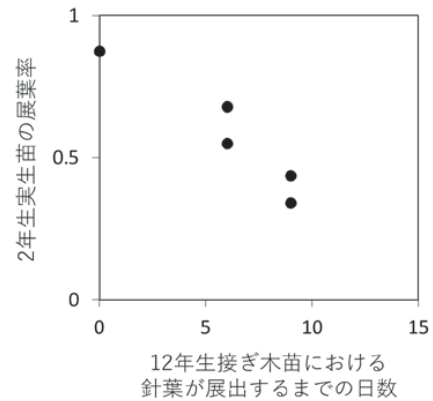


図-3. 12年生クロマツ接ぎ木苗の展葉フェノロジーの指標とその実生後代家系の展葉フェノロジーの指標の関係

Ⅳ. まとめ

本研究では、自然交配家系（半兄弟）、および母樹とその子供の間で針葉の展出フェノロジーの指標に類似性があることを示した。一般に半兄弟や親子間といった血縁個体間の表現型の類似性は相加的遺伝分散と関連すると考えられる（ファルコナー, 1993）。本論の結果から、少なくともクロマツ針葉の展出フェノロジーの変異の一部は、相加的遺伝効果に基づき、後代に遺伝する形質であると考えられた。今後の交雑育種によるフェノロジーの改良・調整の可能性が示唆された。

引用文献

Erickson VJ and Adams WT (1989) Can J For Res 19 : 1248 - 1255
 藤本吉幸ほか (1989) 林育研報 7 : 1 - 84
 ファルコナー DS (1993) 量的遺伝学入門 546 pp 蒼樹書房, 東京
 Griffin AR (1984) Aust For Res 14 : 271 - 281
 Li P and Adams WT (1993) Can J For Res. 23 : 1043 - 1051

松永孝治ほか (2018) 九州森林研究 71 : 55 - 58

Mihai G *et al.*, (2018) iForest 11 : 284 - 290

Quesada T *et al.*, (2017) Tree Genetics & Genomes 13 : 65

林木育種センター (2017) マツノザイセンチュウ抵抗性品種一覧
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/ftbc/business/sinhijnnsyu/>

teikousei.html (2018年9月21日アクセス)

林野庁 (2018) 森林・林業白書 平成30年版, 326 pp. 全国林業改良普及協会, 東京

戸田忠雄 (2004) 林育研報 20 : 83 - 217

(2018年10月29日受付 ; 2019年1月8日受理)