

速報

接ぎ木クローンを用いた抵抗性クロマツの開花フェノロジーの遺伝様式の予備的な検討^{*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：接ぎ木クローンを用いた抵抗性クロマツの開花フェノロジーの遺伝様式の予備的な検討 九州森林研究 73：107－109, 2020 採種園産種子の遺伝的品質は採種園構成木の開花フェノロジーの一致性にも影響を受けると考えられており、様々な樹種で開花フェノロジーが調べられ、クローン間変異が報告されている。開花フェノロジーが相加的な遺伝によって支配されているならば、育種的な手法によってクローン間変異を縮小できる可能性がある。ここでは開花フェノロジーの相加的な遺伝性を検討するため、第二世代の抵抗性品種の接ぎ木個体の開花フェノロジーを調査し、その親（第一世代の抵抗性品種の接ぎ木個体）の開花フェノロジーとの順位相関を算出した。その結果、親と子の開花フェノロジーには弱い正の相関から中程度の正の相関がみられる場合と相関がみられない場合があった。この結果は開花フェノロジーが相加的な遺伝によって支配される形質である可能性を示唆するが、更なるデータの蓄積が必要であると考えられた。

キーワード：クロマツ、フェノロジー、開花、クローン間変異

I. はじめに

採種園産種子の遺伝的品質は採種園構成木の開花時期の一致性にも影響を受けると考えられている。様々な樹種で開花フェノロジーが調べられ、いくつかの林業用樹種では採種園構成クローン間の開花フェノロジーの変異が報告されている（例えば、El-Kassaby *et al.*, 1984, Griffin AR, 1984）。採種園構成木の開花フェノロジーの変異は開花時期の一致性が高いクローン間の交配を促して同類交配を引き起こし、採種園全体の交配を任意交配から偏らせることで、結果的に採種園産種子の遺伝的多様性を低下させる（Fundu and El-Kassaby, 2012）。また、開花時期が極端に早いクローンは園外花粉により受粉する場合があります（Alexander and Woeste, 2017）、採種園産種子の遺伝獲得量を低下させる可能性がある。もし、開花フェノロジーが相加的な遺伝によって支配されているならば、フェノロジーの早いクローンと遅いクローンの交配で得られる後代から選抜した品種は中間的なフェノロジーを示し、そのような品種を用いた採種園ではフェノロジーのクローン間変異の縮小が可能となるだろう。

クロマツ (*Pinus thunbergii*) は日本の海岸景観を構成する重要な樹種であるが、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ている（林野庁, 2019）。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を持つ品種を開発している（藤本ほか, 1989）。それらの品種の接ぎ木苗は抵抗性クロマツのクローナル採種園の採種木として用いられており、2017年3月までに全国で合わせて51カ所、19haの採種園が造成されている（林木育種センター, 2018）。

これまでにマツノザイセンチュウ抵抗性クロマツの開花フェノ

ロジーにはクローン間で変異があることが報告されている（戸田, 2004）。また、抵抗性クロマツの冬芽から針葉が出現する時期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ために、針葉の出現時期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（松永ほか, 2018）、針葉の出現時期について血縁個体間に類似性が有ることから、針葉の出現時期の変異の一部が相加的な遺伝分散によって説明されることが示唆されている（松永ほか, 2019 a）。ここでは近年開発された第二世代抵抗性クロマツ品種の開花フェノロジーを調査し、その親である第一世代品種の開花フェノロジーとの類似性を調べて、その遺伝様式について予備的な検討を行った。

II. 材料と方法

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9地番に植栽された第二世代抵抗性クロマツ18品種（植栽後7-9年目）および、21地番に植栽された12品種（植栽後4年目）の合計30品種の接ぎ木クローンを調査に用いた。これらの第二世代品種は第一世代品種同士の人工交配等から生じた実生家系に由来しており、それらの家系内から線虫の人工的な接種によって抵抗性について選抜した個体である。各品種の1個体について、南向きの日当たりのよい2枝を選び間伐テープで印をつけて調査枝とした。

2019年4月に3-4日おきに各調査枝の雌花の発育段階をそれぞれ0から6の7段階に分けて記録した（松永ほか, 2018）。具体的には0：冬芽内の雌花の芽鱗が見えない、1：芽鱗が確認できる、2：芽鱗が冬芽の先端から完全に露出している、3：芽鱗の先端から雌花の鱗片が露出する（開花開始）、4：約半数の鱗片が露出する、5：すべての鱗片が露出する（満開）、6：すべての鱗

^{*1} Matsunaga, K., Kurita, M., Fukatsu, E., Kurahara, Y. and Kubota, M. : The preliminary survey on the inheritance of flowering phenology in pinewood nematode resistant *Pinus thunbergii* using grafts.

^{*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

片間の空隙が見えない（閉花）とした。同様に各調査枝の雄花の発育段階も0から6の7段階に分けて記録した。各段階は、0：冬芽内の雄花の芽鱗が見えない，1：芽鱗が確認できる，2：芽鱗が割れ雄花の鱗片が露出する，3：芽鱗と露出した鱗片が同程度の大きさになる，4：鱗片が伸長し球形から卵型でなくなる，5：裂裂して花粉の飛散が始まる（花粉飛散），6：花粉の飛散が終わる，とした。その後，4月1日を1として，各調査枝について，雌花の発育段階3（雌花開花），雌花の発育段階5（雌花満開）および雄花の発育段階5（花粉飛散）に達するまでに必要とした日数を求めた。各品種について2本の枝の平均値を求めて，その品種の雌花開花，雌花満開および花粉飛散時期の推定値とした。これらの雌花3，雌花5および雄花5という発育段階は他の発育段階に比べて発育段階の見分けが容易であるため，これらの段階をその後の解析に用いた。なお，9地番の植栽木は21地番の植栽木より樹齢が若いいためか，ほとんどの個体で雄花が着生しなかった。そのため，9地番の植栽木は雌花のデータのみを解析に用いた。

第二世代品種の親である第一世代品種の接ぎ木クローンの開花フェノロジーの評価値は既報の値を用いた。昭和60年までに選抜した初期の第一世代品種の開花フェノロジーの値は，各品種1個体について2枝を2年間にわたり調査した値である（戸田，2004）。また，それ以降に追加選抜した第一世代品種の開花フェノロジーの値は各品種について1から2個体の各2枝を4年間に渡り調査した値を用いた（松永ほか，2019 b）。これらの各品種のフェノロジーの評価値は偏差値に基づいて1から5の5段階で示されており（1：偏差値の値が35未満，2：35から45未満，3：45から55未満，4：55から65未満，5：65以上），1は開花時期が最も早く，5は開花時期が最も遅いことを意味する（戸田2004）。

第二世代抵抗性品種の開花時期の推定値とその中間親（母樹と花粉親の平均値）の開花フェノロジーの評価値の間で Spearman の順位相関係数を求めた。同じ両親を持つ第二世代品種はそれらの平均値をとり，子の平均値としてまとめた。また，片親のフェノロジーデータしか得られず，中間親の推定値が得られない親子の組み合わせは，解析から除外した。解析はソフト Statistix 9（Analtical Software）を用いた。

Ⅲ. 結果と考察

21地番と9地番における雌花の開花フェノロジーはほぼ同じであった（図-1）。どちらの植栽地においても4月15日前後および4月19日前後にそれぞれ多くのクローンが雌花の開花と満開に達した。北21地番では花粉の飛散は雌花の開花と満開の間で生じた。雌花と雄花の開花フェノロジーについて概ねどちらも最大で10日程度の品種間のバラつきがみられた。雌花は開花すればすぐに花粉を受容する可能性があるため，21地番に植栽されたクローンが花粉を飛散する前に雌花が開花したクローン（4/9から4/12の間に雌花が開花したクローン）は園外の花粉によって受粉するリスクがあると考えられた。

21地番の第二世代品種とその中間親の間の順位相関係数は雌花の開花と満開でそれぞれ-0.098 ($P=0.839$, $n=8$) と0.485

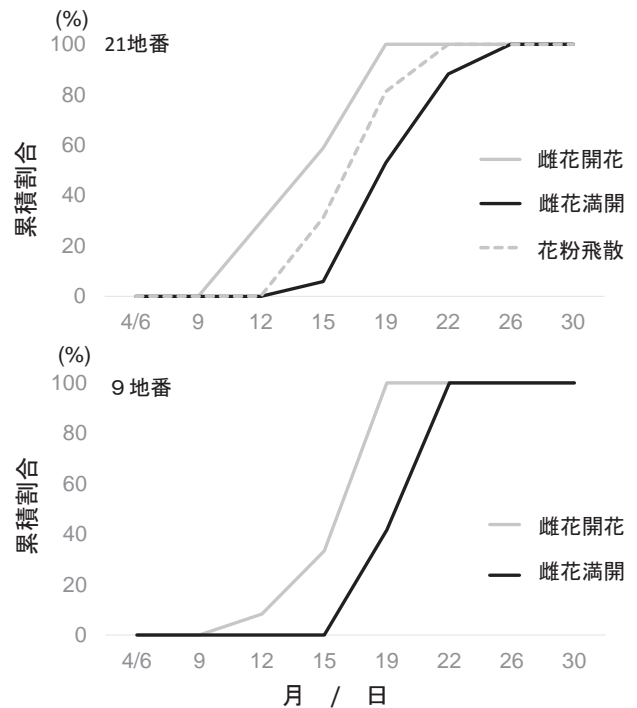


図-1. 第二世代品種の雌花および雄花の開花フェノロジー

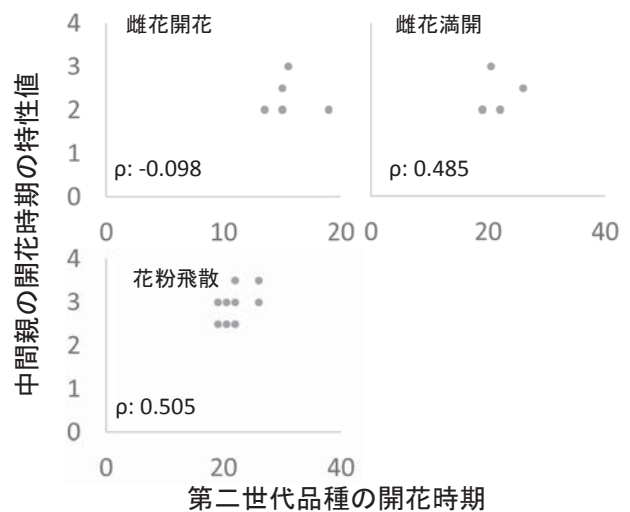


図-2. 21地番の第二世代品種とその中間親のフェノロジー間の順位相関. 図中の数字は順位相関係数を示す.

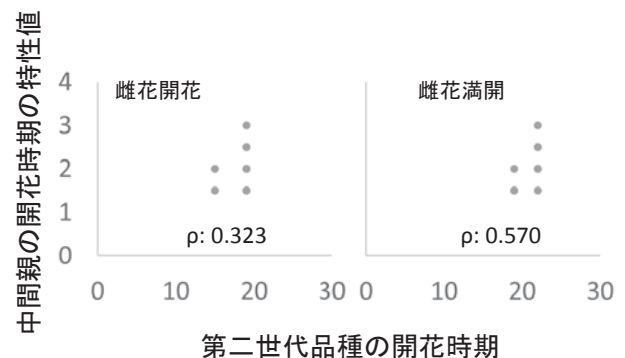


図-3. 9地番の第二世代品種とその中間親のフェノロジー間の順位相関. 図中の数字は順位相関係数を示す.

($P=0.216$, $n=8$), また花粉飛散の順位相関は 0.505 ($P=0.161$, $n=9$) であった (図-2)。一方, 9 地番の第二世代品種とその中間親の間の順位相関は雌花の開花と満開でそれぞれ 0.323 ($P=0.385$, $n=9$) と 0.570 ($P=0.107$, $n=9$) であった (図-3)。

雌花のフェノロジーは 21 地番の開花において親子間の相関が認められなかったが, それ以外の場合は弱い正の相関から中程度の正の相関がみられた。一方雄花のフェノロジーは中程度の正の相関が認められた。

一般に子と中間親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)。今回の結果から, クロマツ開花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可能性が示唆された。また, 今回の結果において, 親子間の相関係数がそれほど大きくない場合があった理由として, 今回用いた第二世代の親品種のフェノロジーの変異が十分に大きくなかった可能性, 親品種の構成が偏っていた可能性, 効果の大きな少数の遺伝子もフェノロジーに寄与している可能性, 親と子の調査年が異なるために, 環境と遺伝の交互作用が影響した可能性等が考えられる。

引用文献

- Alexander L and Woeste K (2017) PloS ONE 12 : e 0171598
 El-Kassaby YA *et al.* (1984) *Silvae Genetica* 33 : 120 - 125
 ファルコナー D.S. (1993) 量的遺伝学入門 546 pp 蒼樹書房, 東京
 藤本吉幸ほか (1989) 林育研報 7 : 1 - 84
 Funda T and El-Kassaby YA (2012) CAB Reviews Perspectives in Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources 7 : No. 13
 Griffin AR (1984) *Australian For Res* 14 : 271 - 281
 松永孝治ほか (2018) 九州森林研究 71 : 55 - 58
 松永孝治ほか (2019 a) 九州森林研究 72 : 103 - 105
 松永孝治ほか (2019 b) 日本森林学会大会発表データベース 130 : P 2 - 140
 林木育種センター (2018) 林木育種の実施状況および統計 平成 29 年度版, 90 pp. 林木育種センター
 林野庁 (2019) 森林・林業白書 令和元年版, 360 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
 (2019 年 11 月 12 日受付 ; 2019 年 12 月 14 日受理)