

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：82105

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K15291

研究課題名(和文)カラマツにおける環境変動に適応した成長と繁殖のトレードオフの検証

研究課題名(英文) Verification of growth-reproduction trade-offs in Japanese larch in relation to environmental variation

研究代表者

松下 通也 (Matsushita, Michinari)

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・主任研究員

研究者番号：70624899

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：カラマツを対象樹種として、繁殖と成長形質のデータを収集し、地域環境への適応性を評価した。繁殖および成長形質データを整理し、成長における系統間/産地間の違いや、雄花/雌花における着花性におけるカラマツの系統特性を評価した結果、成長形質では有意な系統間の違いが検出される一方、系統間分散を上回る遺伝×環境の相互作用が検出された。また着花性(雄花・雌花双方)においても系統間差が検出された。系統ごとの遺伝的能力を推定し、形質ごとに解析した結果、各形質において地理的な傾向(勾配)が認められた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

成長と繁殖にトレードオフが存在する場合、成長の良い系統は採種園で着花しにくいという危惧が想定されるが、本研究結果よりその懸念はそれほど大きくない可能性が示唆された。本成果は、成長に優れた系統を選ぶことと採種園における繁殖性を両立できる可能性を示唆しており、カラマツ育種事業を進めるうえで有益な知見を提供できたと考えられる。

研究成果の概要(英文)：We collected data on the reproduction and growth traits in Japanese larch, and evaluated their adaptability to the local environment. The differences among clones and among provenances in growth and reproductive traits and their geographic trends were evaluated. As a result, there was a significant variation among clones in growth traits, and a relatively large variance component of genetic-environment interactions were also detected. There was also a significant variation among clones in reproductive traits (both of male and female cone production). Based on the estimates of genetic performance of each clone, this study detected geographical trends (cline) for both growth and reproductive traits.

研究分野：森林生態遺伝学

キーワード：カラマツ 繁殖 環境適応 UAV

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

将来の気候変動予測では、生物の成長や繁殖における地域環境への適応性低下が危惧されている[1]。しかし成長や繁殖のどのステージで、どのように適応性の低下が起こるのか十分解明されていない。適応性を評価する実証的手法の一つは、産地試験(相互移植試験)である[2]。これは様々な環境の産地に由来する系統を、相互の生育環境または共通環境の植栽地に移植し、成長や気象害等の状況を、産地・系統ごとに比較して適応性を評価する。草本では、実生から成熟までの生育段階を通じた成長・繁殖の評価が比較的短期で可能であり、イネ等の作物では、「種子成熟に最適な温度は系統によってどう異なるか?」等の知見が蓄積されつつある。一方、長命な樹木は生育に長い年月がかかるため、元々の生育環境にどのように適応しており、環境が変化した場合に成長や繁殖にどういった変化が生じるのかの評価は、草本に比べ困難である。また、樹木独特の繁殖特性として種子生産の豊作/不作が年によって大きく変動するようなマस्टリングがしばしばみられることもあり[3]、樹木の繁殖特性も含めた環境適応性は十分に進んでいない。

申請者は、カラマツなど天然分布域が限られる針葉樹において、植栽して伐採が可能なほどに成長できる植栽地環境は比較的幅広いのに対して、気候のあわないと考えられる地域で充実種子がほとんど取れないという実地での観察から、「成長等に比べて、繁殖において地域環境への適応が強く現れ、将来の気候変動リスクが大きい可能性があるのでは?」と、本研究を着想した。

2. 研究の目的

カラマツ属は、現在の気候では北半球の主に亜寒帯から寒帯に優占し、最終氷期後に高緯度域に分布拡大したと考えられている。ニホンカラマツの天然分布域は、本州中央の標高900~2800mの山塊に断片化している。カラマツでは、地域適応を評価するための IUFRO 国際産地試験が実施されており[4,5]、50年生の成長形質を解析して以下の結果が報告されている[6]。樹高や幹直径は、富士山や甲武信岳等の産地系統で大きく、北アルプスや浅間山の産地系統で小さい。

産地の気候条件と成長形質との間に相関があり、太平洋側気候の産地で成長が良く、多雪な日本海側気候の産地で成長が悪い。産地と植栽場所との交互作用の効果は小さく、成長の良かった産地のカラマツはどの植栽場所であっても上位ランクであった。このように、成長形質については、気候条件に関連した産地間変異が明らかになりつつある。一方、繁殖については、植栽環境の影響や、系統による繁殖しやすさの違いが大きいことは経験的に知られているが[7]、各系統における繁殖性の良し悪しが産地によって異なる傾向を示すかなど不明である。そこで本研究では、繁殖と成長における環境への応答性を評価するとともに、地域環境適応に関連した成長と繁殖のトレードオフ関係があるか(「あちら立てばこちら立たず」の負の相関関係)を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

カラマツを対象として地域環境適応に関連した繁殖と成長のトレードオフを検証するため、以下の流れで研究を進めた。

様々な産地に由来する多数の系統がクローンとして集植されている試験地(長野県御代田)において、繁殖と成長形質のデータを収集し、地域環境への適応性評価を進めた。共通植栽試験地において、気温や土壌含水率等の環境データを継続的に記録するとともに、ドローン(UAV)を活用して展葉期4月~落葉期12月まで複数回にわたる空撮画像を取得し、樹冠サイズや葉群フェノロジーの季節的な変化を撮影画像情報より算出した。また、目視によりカラマツの樹体に着生する球果数を数え、5段階の着果指数(着果なし:1~樹体全体に着果:5)を記録した。また、樹高や直径等の成長形質や、樹冠構造および葉群フェノロジー等の解析を進め、系統(クローン)間のばらつきを評価し、系統・産地による調査結果の差異の有無を確認した。また、展葉期4月~落葉期12月に複数回取得した空撮画像を解析した。

4. 研究成果

展葉期4月~落葉期12月まで複数回にわたる空撮画像を解析した結果、展葉の早い系統・遅い系統といった葉群活性状況の季節的な変化に系統間差が認められた。また本州天然分布域でも北限に近い産地では落葉が早い傾向であるなど産地による傾向が認められた。

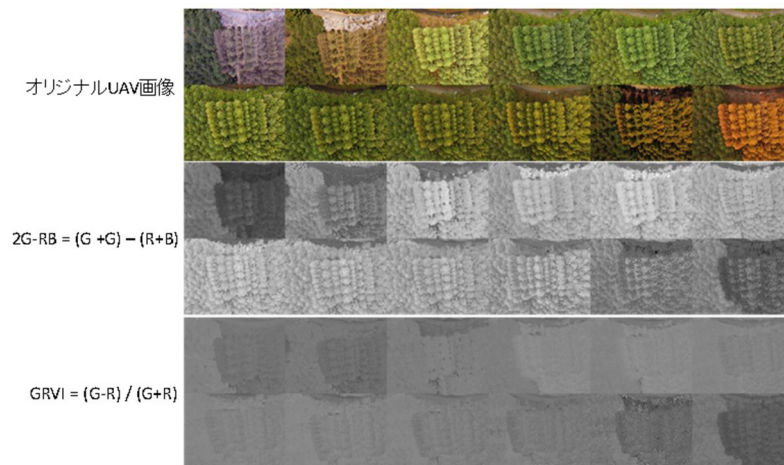


図. カラマツ精英樹系統をクローン保存した集植地における展葉・落葉フェノロジーの推移.

これまでに蓄積した繁殖および成長形質データを整理し、成長形質における系統間/産地間の違いや、雄花/雌花における着花性におけるカラマツ第一世代精英樹の系統特性を評価した結果、成長形質では、有意な系統間(家系間)の違いが検出される一方、系統間分散を上回る遺伝×環境の相互作用も検出された。また着花性(雄花・雌花双方)においても系統間の違いが検出された。系統ごとの遺伝的能力推定値を算出し、形質ごとに傾向を確認したところ、地理的な傾向(勾配)が各形質において認められた。

雄花着花性では西低東高の傾向であったのに対し、雌花着花性では長野出身の系統で高い傾向といった地理的傾向が認められた。一方、成長形質では、長野東部の系統で能力が高く推定される傾向であった。系統ごと推定された遺伝的能力における各形質間の関連性を検討した結果、雄花と雌花の着花性同士では有意な正の相関が認められた。しかし繁殖形質(雄花・雌花)と成長形質との関連性は、明瞭には検出されなかった。

研究課題を立案した当初の仮説では、由来地域に関連した遺伝的能力における地理的傾向が形質ごとに存在し、またその地理的傾向のクライン(勾配)が形質によって異なることを想定したが、この傾向は本研究結果より支持された。一方、もう一つの仮説として、由来地域による遺伝的能力の地理的傾向が形質によって異なることにより、例えば成長と繁殖の間にトレードオフ(あちら立てばこちら立たずの負の相関関係)が存在するのではという想定については、検出されなかった。

仮に、成長と繁殖(開花しやすさ)との間にトレードオフ関係が検出された場合、繁殖よりも成長を優先する戦略をとるか否か? といったカラマツの各系統による環境応答性の違いを示唆するものであり、林木育種を進めていくうえで成長良好な系統の選抜を進めることが採種園での種子生産性とのバランスに留意する必要性が高まるが、本研究成果は育種的な成長改良を進めていくことと種苗供給の安定性が必ずしも矛盾しないことを示唆すると考えられた。

[1]IPCC 第5次報告書、[2]永光(2014) 森林遺伝育種 3:48-57、[3]Nakagawa et al. (2012) Biotropica 44:715-719、[4]永光ら(2014) 森林遺伝育種 3:111-117、[5]Toda & Mikami (1976) Silvae Genetica 25:209-216、[6]Nagamitsu et al. (2013) Tree Genetics & Genomes 10:87-99、[7]田村ら(2012)北方森林研究

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Matsushita Michinari、Nishikawa Hiroki、Tamura Akira、Takahashi Makoto	4. 巻 11
2. 論文標題 Effects of Light Intensity and Girdling Treatments on the Production of Female Cones in Japanese Larch (<i>Larix kaempferi</i> (Lamb.) Carr.): Implications for the Management of Seed Orchards	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Forests	6. 最初と最後の頁 1110～1110
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/f11101110	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 松下通也・田村明
2. 発表標題 二ホンカラマツにおける展葉・落葉フェノロジーの変異
3. 学会等名 第67回森日本生態学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田中功二・松下通也・田村 明
2. 発表標題 採種園に補植したカラマツ若齢接ぎ木苗の着花特性
3. 学会等名 第7回森林遺伝育種学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西川浩己・神戸陽一・小林正男・羽田直美・三浦充・渡辺真紀子・松下通也・田村明
2. 発表標題 環状剥皮したカラマツ採種木の着果促進効果の継続性について
3. 学会等名 第130回日本森林学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松下通也
2. 発表標題 カラマツ属における光環境の改善による着花促進
3. 学会等名 カラマツ育種技術連絡会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松下通也・田村明
2. 発表標題 UAVを活用したカラマツ等の樹木個体の着果評価手法の検討
3. 学会等名 第65回日本生態学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松下通也・西川浩己・田村明
2. 発表標題 明るさ等の採種圃環境に対するカラマツの着果性のクローン間変異
3. 学会等名 第6回森林遺伝育種学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Michinari Matsushita, Akira Tamura, Masatoshi Ubukata
2. 発表標題 Variation among clones in the inter-annual reproductive fluctuation of Japanese larch (<i>Larix kaempferi</i>) in relation to climatic factors
3. 学会等名 IUFRO Seed Orchard Conference 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------