

令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号：33919

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06130

研究課題名(和文) 暖温帯林共存樹種の葉のフェノロジーと被食率、生産性の関係に基づく温暖化影響の予測

研究課題名(英文) Warming effects on the leaf phenology, herbivory, and productivity of coexisting species in a warm-temperate forest

研究代表者

長田 典之 (Osada, Noriyuki)

名城大学・農学部・准教授

研究者番号：80400307

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：温帯地域では樹木の展葉フェノロジーは個体の生産性に直結するため、展葉フェノロジーの種間差を明らかにすることは重要である。本研究ではこれまで数多く行われてきた開芽時期だけでなく、葉の形質の季節変化パターンを通じた葉の成熟時期の種間差にも着目した。愛知県豊田市の暖温帯二次林の林床に共存する常緑広葉樹と落葉広葉樹の展葉フェノロジーを経時的に調べるとともに、定期的に葉を刈り取って葉の形質を調べることで、常緑樹と落葉樹の展葉過程を比較した。この結果、開芽時期や葉の形質の季節変化には明瞭なパターンが存在しており、葉の被食されやすさの季節変化と対応していることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在、温暖化によって温帯地域の森林樹木の生育期間が長くなってきている。このような温暖化に樹木がどのように応答するのかを明らかにすることは、今後の森林生態系の変化を予測する上で重要である。本研究では、春に樹木の葉が開き、徐々に発達して成熟していく過程およびその期間に受ける葉の被食パターンについて、愛知県豊田市の暖温帯二次林に共存する多数の樹種を比較した。この結果から、春における展葉時の生産性や葉の被食されやすさについて常緑広葉樹と落葉広葉樹で明確に異なることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：Phenology of leaf emergence is particularly important in coexisting trees in temperate regions because it directly affects tree productivity. In this study I investigated the seasonal changes in leaf traits during leaf development in coexisting deciduous and evergreen broad-leaved species in a warm-temperate secondary forest in Toyota City, Aichi Prefecture. The leaf developmental patterns differed between deciduous and evergreen species, and were associated with seasonal patterns of leaf herbivory.

研究分野：森林生態学

キーワード：フェノロジー 温暖化 森林樹木 常緑広葉樹 落葉広葉樹 被食

## 1. 研究開始当初の背景

現在、世界各地で温暖化が進行している。温暖化によって森林樹木がどのような影響を受けるかを明らかにすることは、森林生態系の今後の変化を予測する上で重要な課題である。温暖化の明瞭な影響として、ヨーロッパやアメリカの様々な植物の開芽、展葉開始時期が早期化している一方で落葉時期には明瞭な変化が見られないことや、種によって開芽・展葉開始時期の気温や日長への応答が異なることが明らかになっている。日本においても気象庁の長期フェノロジーデータセットを用いた解析によって、イチヨウなどの開芽時期が早期化し、落葉時期が遅延化していることが明らかになっている。日本の森林に優占する多様な森林樹種について葉のフェノロジーが生理生態学的にどのように決まっているのかを明らかにすることは、今後の温暖化応答の種間差を予測する上で重要である。

これまでの樹木の葉のフェノロジー研究の問題点として、常緑広葉樹はあまり着目されていないことが挙げられる。これまでのフェノロジー研究では落葉広葉樹や常緑針葉樹に着目して気温や日長がフェノロジーに与える影響が明らかになりつつある。一方、常緑広葉樹のフェノロジーについては種間差の明確な傾向やそれが生じる生理生態学的な理由はほとんどわかっていない。申請者が文献調査を行った結果、日本全国で 240 種以上の落葉広葉樹について開芽フェノロジーが調べられていたものの、常緑広葉樹のデータは 50 種程度だった (Osada et al. 未発表)。また、申請者の研究によると、京都の常緑広葉樹林では常緑樹より落葉樹のほうが平均的な開芽時期は早かったものの、種間差が大きく、常緑広葉樹では開芽時期を予測するための適切な形質を見出すことができなかった (Osada 2017)。日本の暖温帯地域では落葉広葉樹と常緑広葉樹が混交しているため、両者を含む多様な共存樹種のフェノロジーがどのように生理生態学的に決定されているかを明らかにする必要がある。

また、樹木の生産性という観点に基づく、開芽、展葉開始時期よりも葉の成熟時期の種間差が重要である。これまでの葉のフェノロジー研究では開芽、展葉開始時期に着目することが多く、葉の成熟時期の種間差に着目した研究は少ない。一般に、落葉樹では葉の展葉完了時期と成熟時期 (光合成速度が最大になる時期) がほぼ一致するが、多くの常緑樹では展葉が完了してから葉が成熟するまでに 1 ヶ月以上の時間がかかる。したがって、温暖化による葉の成熟時期の種間差は、開芽時期の種間差とは異なる可能性が高い。

さらに、開芽、葉の成熟時期の種間差と被食率との関係が整理されていない。一般に、葉は展葉時期には柔らかく防御物質も少ないため、植食性動物に被食されやすい。熱帯林では葉の被食率とフェノロジーの関係が調べられ、植食性動物による葉の被食を減らすためにフェノロジーが調節されている可能性が考えられてきたが、温帯林の葉のフェノロジー研究では温度や日長、遅霜などの非生物環境に着目することが多く、共存する樹種におけるフェノロジーと葉の被食率の関係は考慮されてこなかった。植食性動物による葉の被食についてのオーストラリアの研究によると、個葉サイズが大きい種ほど展葉期間が長く、葉の被食率が高い傾向があることが指摘されている。しかし、この研究では開芽時期の種間差は考慮されていない。日本のような温帯地域では季節が進むと気温が上昇し、植食性動物も活動的になるため、開芽時期や葉の成熟時期が遅い種ほど被食されやすいかもしれない。とくに常緑広葉樹では晩春に開芽する種が多いため、フェノロジーと被食との関係が重要になる可能性がある。

## 2. 研究の目的

本研究では、暖温帯林に共存する常緑広葉樹と落葉広葉樹多種を対象として、これまで研究対象とされることが多かった開芽時期だけでなく、展葉完了時期、葉の成熟時期 (光合成機能が最大になる時期) の種間差を明らかにすることを目的とした。さらに、着葉期間を通じて葉の葉重 / 葉面積比や窒素含量などの機能形質と葉の被食率の変化を調べることによって、種による葉のフェノロジーの違いが被食率に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究では、愛知県豊田市の暖温帯二次林の林床に共存する常緑広葉樹と落葉広葉樹の展葉フェノロジーを経時的に調べるとともに、定期的に葉を刈り取って葉の形質の季節変化パターンを調べることで、常緑樹と落葉樹の展葉過程を比較した。葉のフェノロジーとしては、開芽・展葉の起こる 3-7 月に開芽・展葉状況および葉の被食率を測定した。対象種の特定の葉に印をつけて葉長および被食率を毎週記録すると同時に、一部の葉について刈り取りを行い、葉重 / 葉面積比や窒素含量などの機能形質を調べることで、季節的な葉の成熟過程の種間差を明らかにした。また、一部の種については光環境による差を評価するために、陽葉と陰葉について上記項目を比較した。

#### 4 . 研究成果

開芽時期は落葉樹では3月下旬から4月上旬、常緑樹では4月上旬から5月中旬であり、展葉完了時期は落葉樹では4月下旬から5月上旬、常緑樹では5月中から7月上旬だった。LMA(葉重/面積比)は展葉初期に減少し、その後やや増加して一定になる種が多く、落葉樹と常緑樹で成熟時のLMAには明瞭な差が見られたものの、季節変化パターンには一貫した差は見られなかった。窒素濃度は展葉初期に急激に減少し、定常に達する種が多く、初期の窒素濃度と減少速度は落葉樹のほうが常緑樹よりも大きい傾向が見られた。展葉時における葉の乾燥重量の増加速度は落葉樹より常緑樹のほうが大きかったのに対し、窒素量の増加速度には常緑樹と落葉樹で差は見られなかった。また、落葉広葉樹では展葉時期から夏まで葉が被食されていたのに対し、常緑広葉樹では展葉時に被食率が高かったものの、展葉後にはほとんど被食されなかった。このように、暖温帯二次林に同所的に共存する落葉広葉樹と常緑広葉樹では展葉フェノロジーを通じた葉の形質の変化と被食の関係には明瞭な差があることが明らかになった。

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 0件）

1. 著者名 Osada, N.	4. 巻 221
2. 論文標題 Intraspecific variation in spring leaf phenology and duration of leaf expansion in relation to leaf habit and leaf size of temperate tree species	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Ecology	6. 最初と最後の頁 939-950
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11258-020-01052-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 長田典之
2. 発表標題 常緑広葉樹と落葉広葉樹の展葉フェノロジーおよび展葉にともなう葉形質の変化パターン
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長田典之
2. 発表標題 ブナの展葉フェノロジーの遺伝的分化パターン
3. 学会等名 日本森林学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長田典之
2. 発表標題 常緑広葉樹二次林における展葉フェノロジーと被食率の関係
3. 学会等名 日本生態学会
4. 発表年 2019年～2020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
---------	---------