

学 位 論 文 題 名

Effects of temperature and growing season period on the leaf characteristics and shoot development of plants

(植物の個葉特性とシュート成長に対する温度と生育期間の効果)

学位論文内容の要旨

温帯から寒帯にかけての季節性の存在する地域では、多くの植物は開葉・開花・結実という生活環の明瞭な1年周期を持つ。温度の低下は、生育可能な期間を制約する。限られた生育期間内でいかに効率よく光合成を行い、必要な生産量を確保し、増殖できるかが、それぞれの種の存続や分布の拡大にとって重要である。

近年、大気中の二酸化炭素濃度の増加による地球温暖化が懸念されている。地球温暖化は、生育シーズン中の温度の上昇だけでなく、季節性の存在する地域における年間の生育可能期間を延長することも予想される。つまり、これらの地域では、生育シーズン中の温度の上昇だけでなく、生育期間の延長も重要な要因と考えられる。本研究では、植物の葉やシュート成長に対する温度と、それにともなう生育期間の変化の効果を、2つの異なるアプローチを用いて調べた。

高山植生は森林植生に比べて階層構造が未発達である。それ故、温度の上昇により植物のフェノロジー、個葉特性や成長、繁殖、そして植生の変化がより急速に進行する可能性がある。そこでまず、温度と生育期間の長さを人工的に変化させる方法として、野外温室の設置による人工的な温暖化実験を高山帯で行った。次に、自然条件下で温度とそれに伴う生育期間の変化が生じる場所として、標高の異なる調査地を選定し、比較調査を行った。

これらの結果から、長期的に生じるであろう植生変化がどのようなメカニズムで生じるのかを議論した。

(1) 温帯高山での人工温暖化実験による高山低木植物の3年間の反応

常緑種は葉を数年間保持するのに対して、落葉種は1シーズンしか保持しない。常緑種は越冬した葉により、雪解けとともに光合成を開始できる。また、古い葉は当年の成長や繁殖のために、栄養塩や資源を貯蔵する役割を持つといわれている。このような葉の著しい機能的差異のために、環境変化に対する植物の反応は、落葉種と常緑種で比較する必要がある。

・11個の開放型温室を大雪山系の風衝地（標高1680m）に設置し、3年間の実験を行った。人工的に温暖化された場所とコントロールとの間で、高山植物5種のフェノロジー、個葉特性、枝の伸長成長、繁殖を比較した。

・開放型温室による環境変化は、まず、短期間に個葉特性とフェノロジーに影響した。落葉種のクロマメノキは開放型温室内で、3年間とも有意に開葉が早まり、開花は1年目だけ早まった。落葉種のウラシマツツジ、常緑種のヒメイソツツジ・コケモモ・ガンコウランのフェノロジーは、開放型温室内で毎年早まるというわけではなく、種によっ

て有意に促進される年が異なった。

- ・葉の窒素濃度は、温室内で減少する傾向にあった。単位葉面積当たりの乾重も温室内で減少する傾向にあったが、個葉面積は増加する傾向にあった。

- ・植物に対する開放型温室の最も顕著な効果は全ての種の葉の寿命が増加したことである。この光合成期間の延長が資源の増加に大きく寄与していると考えられる。

- ・資源配分において常緑種と落葉種で著しい違いがみられた。すなわち、ヒメイトツジ・コケモモ・ガンコウランの常緑3種は全て、温室内で3年間の枝伸長量が増加したのに対し、ウラシマツツジとクロマメノキの落葉2種は変化が見られなかった。また落葉2種は温室内で3年間の生産花数が増加したが、常緑3種は変化が見られなかった。すなわち、温暖化に対して落葉種は繁殖に、常緑種は栄養成長により多くの資源を配分した。

- ・温室内で結実果実数の増加はクロマメノキのみで認められた。しかし、このサイトでは実生がほとんど見あらず、種子繁殖の成功率は非常に低いと考えられる。従って、栄養成長による増殖がこのサイトでは重要であり、常緑種の栄養成長への投資は植被の拡大に有利である。

（2）異なる標高でのナガボノシロワレモコウの開葉フェノロジー・個葉特性の季節変化と食害パターンの比較

多年生草本ナガボノシロワレモコウの葉の特性変化と主要な食害昆虫であるイチゴハムシによる食害の関係について、標高の違いによる温度の低下と、それにとまう生育期間の短縮による生活環の制約という観点から調べた。

- ・高地個体群（標高980m）ではナガボノシロワレモコウの葉の窒素濃度は高く、単位葉面積当たりの乾重量は低下していた。生育期間の長い低地個体群（標高4m）では、植物は生育シーズンを通して開葉しており、1シーズン中に葉のコホートをより多く形成していた。一方、生育期間の短い高地個体群では、この植物は生育シーズンの最初の短い期間に一斉に開葉を終了していた。高地個体群でのこのような葉の質と開葉パターンの変化は、短い生育期間内に正の炭素バランスを維持するための適応反応であると考えられる。

- ・摂食実験によりイチゴハムシにとってのエサ条件としての葉の質は高地個体群で高いという結果が得られた。それにも関わらず、野外では高地個体群でイチゴハムシによる食害は低かった。

- ・イチゴハムシの産卵数の季節変化は高地、低地ともに一山型の分布を示したが、その産卵期間は、低地で約6週間であるのに対し、高地ではわずか3週間に短縮していた。生育シーズンを通しての根出葉1本当たりの産卵数は低地で3.5個であるのに対し、高地では0.8個と著しく減少していた。

- ・イチゴハムシの生活環の大きな特徴は、成虫で越冬することである。高地では、植食者のイチゴハムシにとってのエサ条件が良いにもかかわらず、食害が減少していたのは、低温とそれにとまう生育期間の減少が植食者のイチゴハムシの産卵期間を大きく制限し、その活動性も減少させたためと考えられる。

本研究で明らかになったことは、生育期間の延長により高山植物の資源獲得量は増加するが、常緑植物と落葉植物では資源配分パターンに違いがあるということである。資源獲得の増加による常緑低木の著しい栄養成長の増加は、これらの植物の植被の拡大につながり、高山帯における植生変化が生じると考えられる。また、温度の上昇とそれに伴う生育期間の延長は、植食者による食害を増加し、植物の光合成による資源獲得量を減少させる方向へ作用すると予想する。

学位論文審査の要旨

主査	教授	原	登志彦
副査	教授	甲	山隆司
副査	教授	小	池孝良 (大学院農学研究科)
副査	助教授	福	田弘巳
副査	助教授	露	崎史朗

学位論文題名

Effects of temperature and growing season period on the leaf characteristics and shoot development of plants

(植物の個葉特性とシュート成長に対する温度と生育期間の効果)

温度による季節性のある地域では、植物の生活環は明瞭な1年周期を持つ。温度の上昇は植物の生育期間を延長し、その生活環に影響を及ぼす。このような地球環境変化に伴う植生変化のメカニズムの解明は、今日の重要な課題である。本研究では、植物の葉やシュート成長に対する温度と生育期間の変化の効果を、(1)人工温暖化実験と、(2)標高の異なるサイトの比較により明らかにした。

(1) 開放型温室の設置は、高山低木植物の開葉・開花時期を早める効果があった。葉の窒素濃度は温室内で減少し、単位葉面積当たりの乾重(LMA)も減少する傾向にあった。調査した5種全ての植物に共通する効果は、葉の寿命の増加である。温室の設置により枝伸長量は常緑種で増加したが、落葉種では変化しなかった。また、生産花数は落葉種で増加したが、常緑種では変化しなかった。すなわち、温暖化により落葉種は繁殖に、常緑種は栄養成長に、より多くの資源を配分していた。

(2) 多年生草本のナガボノシロワレモコウの葉の特性を比較したところ、高地で窒素濃度は高く、LMAは低下した。また、低地では順次開葉パターンを、高地では一斉開葉パターンを示した。高地で観察された葉の質と開葉パターンの変化は、短い生育期間内に正の炭素バランスを維持するための適応反応であると考えられる。主要な食害昆虫であるイチゴハムシにとって、高地の葉がエサ資源としての質が高かった。それにも関わらず、野外では高地個体群で食害率が低かった。イチゴハムシの産卵期間は、低地で約6週間であるのに対し、高地ではわずか3週間に短縮していた。そして根出葉1本当当たりの産卵数は高地では低地の約4分の1であった。成虫でのみ越冬するイチゴハムシは、高地では低温と生育期間の減少により産卵期間が大きく制限され、個体数が制約されていることが示された。

本研究で得られた新たな知見は、生育期間の延長により高山植物の資源獲得量は増加するが、常緑植物と落葉植物では資源配分パターンに違いがあるということである。資源獲得の増加による常緑低木の著しい栄養成長の増加は、これらの植物の植被の拡大につながり、高山帯における植生変化が生じると考えられる。また、温度の上昇とそれに伴う生育期間の延長は、植食者による食害を増加し、植物の光合成による資源獲得量を減少させる方向へ作用すると予想される。これらの成果は、地球環境変化に伴う植生変化の予測にも貢献するものと期待される。

審査員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が博士（地球環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。