

学 位 論 文 題 名

Ecophysiological studies of *Taxus cuspidata* saplings under various light and temperature conditions

(様々な光および温度条件下でのイチイ稚樹の生理生態学的研究)

学位論文内容の要旨

Plant growth and distribution are limited by the environmental factors like light, temperature, water availability and nutrition. How do conifers adapt to abiotic stresses associated with changing environments? For that purpose I investigated changes in PSII activity, xanthophyll cycle, antioxidant enzymes and intermediates of chlorophyll biosynthetic pathway in 0- and 1-year-old needles of saplings of evergreen conifer, *Taxus cuspidata* (Seib and Zucc.). First, I investigated the effects of high light (HL 650-700 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) with low temperature (LT 4°C) (HLLT) on *Taxus cuspidata* saplings which were grown at normal growth conditions. It caused a significant decrease in Fv/Fm ratio and significant increases in xanthophyll pool size (VAZ) and de-epoxidation rate (AZ/VAZ). In low light (LL 125-150 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and moderate temperature (MT 20°C) conditions (LLMT) following the HLLT, VAZ and AZ/VAZ decreased significantly but they remained significantly high in HLMT after the HLLT. During recovery, Fv/Fm ratio increased under both light conditions. The antioxidant enzyme ascorbate peroxidase and glutathione reductase activities were less affected by stress conditions i.e. HLLT.

I also investigated seasonal differences in photoinhibitional effects caused by high-light stress at either low or moderate temperature. Exposure of *T. cuspidata* saplings to high light with low temperature (HLLT) caused a significant decrease in Fv/Fm ratio in summer, autumn and spring (when new needles flush). On the other hand, the Fv/Fm ratio was initially very low in winter and remained constant under HLLT conditions. The Fv/Fm ratio was little affected by high light and moderate temperature conditions (HLMT) in summer, autumn and spring, while it increased significantly in winter. The xanthophyll pool size (VAZ) was increased significantly by both HLLT and HLMT conditions in summer and autumn, while in spring only under HLLT conditions, but in winter it was very high initially and remained high throughout the experiment. The de-epoxidation rate (AZ/VAZ) increased under HLLT and HLMT

conditions in summer, while in autumn and winter it was very high initially and remained constant throughout the experiment. I have also observed accumulation of intermediates of chlorophyll biosynthetic pathway only in newly flushed needles. I also investigated the effects of daily incident light and seasonal variation of temperature on *T. cuspidata* saplings under natural conditions during spring (when new needles flush), summer, autumn and winter. The results clearly show the plasticity of xanthophyll pool, PSII and carotenes in response to changing environmental conditions. Xanthophyll pool remained significantly high and at the same time low-sustained PSII was the characteristic of winter. On the other hand, during summer xanthophyll pool was significantly low and high PSII activity was maintained. It has been suggested by a number of peoples that under environmental stress conditions plants maintain a high level of A+Z and low PSII efficiency (Adams and Demmig-Adams 1994; Ottander et al. 1995, Verhoeven 1998, 1999). My observations are, however, in contrast with all these studies and in agreement with Barker et al. (2002) that maintenance of A+ Z can be but does not have to be associated with low PSII activity. The present study clearly shows that these two processes are totally different which are controlled by different factors. My results also suggest that chlorophyll biosynthesis was occurring only in newly flushed needles, while during summer, autumn and winter the chlorophyll biosynthesis is almost completed with a low turnover rate.

学位論文審査の要旨

主査	教授	原	登志彦
副査	教授	田中	歩
副査	教授	大原	雅
副査	助教授	隅田	明洋

学位論文題名

Ecophysiological studies of *Taxus cuspidata* saplings under various light and temperature conditions

(様々な光および温度条件下でのイチイ稚樹の生理生態学的研究)

植物は、低温、乾燥、強光などさまざまな環境からのストレスを受けながら生育している。低温や乾燥のストレスは、植物が受ける光ストレスを増幅することが知られているが、その光ストレスにより光合成系に生じた活性酸素は組織を破壊し、時として植物を枯死させる。申請者は、北方林に成育する常緑針葉樹のイチイを、高照度低温型バイオトロン及び野外においてさまざまな光および温度条件下で生育させ、光合成活性を中心にさまざまな生態学的、生理学的パラメータを調べ、寒冷圏環境へのイチイの応答と適応について光ストレスの観点から研究した。地球温暖化などの急激な環境変化の影響を最も強く受けるのは北方林生態系であろうと言われているが、その詳細に関する研究はあまり進んでいない。北方林が存在する寒冷圏の低温は光ストレスを増幅すると予想されるので、北方林樹木の光合成系がどのように光ストレスによって制御されているのかを明らかにすることは重要である。

まず、野外に生育しているイチイおよび高照度低温型バイオトロンで生育させたイチイを用いて光ストレスが光合成系の機能に及ぼす影響を実験的に解析した。特に春に展開したばかりの新葉が強光・低温による光ストレスを強く受け、光合成能力が著しく低下したが、旧葉ではその影響は非常に小さかった。また、冬季の葉は最大量子収率を低く保っていたが、温度が上昇するに伴い急速に光合成能力が回復した。強光・低温による光ストレスに対する防御には、抗酸化酵素の機能 (water-water cycle) よりもキサントフィルサイクルの機能のほうが有効に働いていた。また、クロロフィル合成過程の季節変化を調べたところ、春に展開する新葉でさかんに合成が行われており、そのクロロフィル合成経路が光ストレスにより傷害を受ける結果、強光・低温により春の新葉の

光合成能力が著しく低下することが示された。また、クロロフィル合成の中間代謝物の蓄積パターンの一日のうちの時間変化を調べたところ、春および夏において夜の暗い時間帯にクロロフィル合成が行われ、昼の明るい時間帯にはクロロフィル合成量が著しく減少していることが示唆された。これは、クロロフィル合成系が光ストレスの標的となるのを避けるための北方林樹木の適応であると考えられる。

このように、強光・低温による光ストレスが、北方林の常緑針葉樹の光合成系の発達を制御していること、そして、そのような光ストレスに対する植物の適応の仕組みを明らかにしたことは特筆すべき成果である。特に、本研究は、北方林樹木のクロロフィル合成中間代謝物蓄積の季節変化及び一日の時間変化に関する世界でも初めての研究であり、この点は非常に独創的である。

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、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、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。