

林木のメバエの生育に及ぼす光質と庇陰の影響

水 井 憲 雄 *

Effect of light intensity and spectral composition
on the growth of tree seedlings

Norio MIZU*

は じ め に

林木の生育に影響を及ぼす環境要因としての光は、光強度、日長、光質（波長組成）が、それぞれ重要な役割をはたしている。

林内光の波長組成は林冠を通過する際に吸収あるいは反射されるため、入射光のそれと異なることが注目されてきた。このような差異は季節、日中の時刻あるいは気象条件などによって変化するが、林内散光の波長組成は針葉樹林、広葉樹林とも 700 nm 以下の波長域が著しく減少し、遠赤色光の割合が相対的に高くなると報告されている（FEDERER & TANNER 1966, 森川 1976）。樹冠閉鎖の程度にもよるが、林床では林外と異なった波長組成の光条件下で稚樹が生育しており、その生育にたいする波長組成の影響を明らかにすることは、林内更新を考えるうえで重要である。

光強度と日長についてはこれまでもいろいろな研究があったが、光の波長組成にたいする林木の生育反応についての実験的研究は限られている。古く、原田（1939）は林内光の性質とトドマツ稚樹の生育について調べ、橙色光で稚樹の生育が良好であると報告している。最近、浅川ら（1974）は制御環境下において光の波長組成にたいするダケカンバ、クロマツ、トドマツなどのメバエの生長を調べ、樹種によって、また、日長や温度条件によって生育反応が異なることを報告した。さらに、森川ら（1976）は特定の波長組成の光の照射強度をかえてクロマツとシラカンバのメバエの生長を調べ、照射強度の増加にともなう上胚軸の生長が、波長組成によって異なることを報告した。

ここでは、制御環境下において可視域の照射強度を調節し、さらに特定波長域を除去してケヤマハンノキとカラマツのメバエの生育反応について実験を行なったので報告する。

この実験は農林省林業試験場造林部において行なった。ご指導をいただいた種子研究室長浅川澄彦博士、造林第一研究室員森川靖博士、種子研究室員長尾精文技官に厚くお礼申し上げます。

材料と方法

1974年に採取した長野県産のケヤマハンノキ(*Alnus hiruta* TURCZ.)およびカラマツ(*Larix leptolepis* GORD.)の種子を1975年9月11日に播種した。ケヤマハンノキは、1週間後子葉が展開したばかりのメバエを、

* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forest Experiment Station, Bibai, Hokkaido, 079-01

[北海道林業試験場報告 第15号 昭和53年3月 Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment Station, NO. 15, March, 1978]

パーミキュライトをつめたシードリングケース(幅 60 mm, 長さ 155 mm, 深さ 100 mm)に, ケース 1 個につき各 8 本を等間隔で移植した。カラマツは発芽がおくれ, 播種してから 25 日目にケヤマハンノキと同じ方法で移植した。各シードリングケースに移植したメバエは, ただちにグロースキャビネット(コイトトロン KB-20 型)に入れ, 水を入れたプラスチックバット上に置いた。ケースの底には直径 2mm の 12 個の穴があいており, そこから吸水するようになっている。グロースキャビネットの内法は縦 100 cm, 横 66 cm, 高 100 cm で, 側面がアクリル, 上面がガラスでできており, 温度を調節した空気を下面から吹きあげ, 両側面からもどす方式となっている。キャビネットの上部に備えつけた光源は東芝陽光ランプ(D R-400)4 個と三菱青色蛍光管(BF-40)14 本である。

メバエの生育条件としての温度は, 25 (昼; 6 時~22 時)~15 (夜; 22 時~6 時)の変温とし, 日長は 16 時間に調節した。可視光の特定波長域を除去するため, メバエに 4 種類のカラーアクリル箱をかぶせた。アクリルは無色(全光), 青色(赤色域除去), 黄色(青色域除去), 赤色(青・緑色域除去)で, 1 処理あたりのメバエ数は 16 本とした。各アクリルを透過する光の照射強度がほぼ一定となるように, 所定の枚数の中性ビニールフィルムをはりつけて調整した。メバエは光源下約 80 cm の位置付近で栽培されたが, 無色アクリル箱内のこの位置の照度は 6,600 ルックスであった。キャビネットごとに照射強度をかえるため, 4 種のアクリル箱の上から中性ポリエチレンフィルムで覆って照度が 1:2:3 割合になるよう調整した。各キャビネット内の無色アクリル区の相対照度は 100%(I), 64%(II), 30 が(III)であった。各区のアクリル箱を透過する可視域の照射強度は表-1 に示すとおりである。また, 4 種類のカラーアクリルを透過する光の波長組成は図-1 のとおりである(浅川ら, 1974)。

表-1 アクリル箱を透過する可視域の照射強度

Table 1 . Irradiance in visible light region through four color boxes .

アクリル箱の色 Box color 除去される波長域 (Wave length regions decreased)	照射強度 ($\mu\text{W} \cdot \text{cm}^{-2}$) Irradiance		
Neutral (Uniform decrease)	2921	1840	876
Blue (Red)	2991	1884	897
Yellow (Blue)	2848	1794	854
Red (Blue+Green)	2977	1875	893

注: 照射強度の調整方法

: N-30 1 枚

: N-15 1 枚, N-30 2 枚

Note : Control of irradiance .

: One sheet of N-30 polyvinylchloride film

: One sheet of N-15 and two sheets of N-30

polyvinylchloride film.

実験期間中はシードリングケースを置いたプラスチックバットにほぼ 3 日に一度の間隔で一定量の水を補給し, 肥料は実験期間中に 5 回施用した。1 回当りの施用量は 1 バット当り 38 cc で, その成分と濃度は, 硝酸アンモニウム(NH_4NO_3)40 ppm, リン酸カリウム(KH_2PO_4)30 ppm, 塩化カリ(KCl)25 ppm, 塩化カルシウム(CaCl_2)20 ppm, 硫酸マグネシウム($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)10 ppm, クエン酸鉄($\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)2 ppmである。

調査は毎週 1 回上胚軸の長さを測定した。最終調査としてはケヤマハンノキが移植後 65 日目, カラマツで

は 56 日目に掘取り，上胚軸長，下胚軸長，下胚軸直径，葉の展開数，節間長，乾物重量などを調べた。

結果と考察

(1) ケヤマハンノキ

上胚軸の生長経過は図2 に示すとおりである。照射強度Ⅰ区において，全光，青色域除去光および青・緑色域除去光下では比較的初期の生長が早い。しかし，これらは6週間目頃から生長量が低下した。これに反して，赤色域を除去した光のもとでは初期の生長が遅いが7週間を経過した頃から急速に伸長し，9週間にはもっとも大きくなった。

照射強度 Ⅱ区の各光条件下における生長経過はⅠ区の初期とほぼ同じであり，実験期間中この傾向はかわらなかった。9週間後の上胚軸長は青色域除去光 > 青・緑色域除去光 > 全光 > 赤色域除去光の順であった。

照射強度 Ⅲ区においては，青色域を除去した光と，青・緑色域を除去した光でほぼ同じ生長量を示したが，全光下ではこれより少なく(約 1/2)，赤色域を除去した光ではさらに少なかった(約 1/4)。この区の生長量の差は生育初期の段階からあらわれ，生育期間が長くなるにつれ(約 2 ヶ月)ますます大きくなった。

最終調査時における上胚軸の生長量と照射強度の関係をみると，赤色域を除去した光下では，Ⅰ，Ⅱ区間にほとんど差がなかった。しかし，Ⅲ区はこれらより著しく少なかった。全光下ではⅢ区に生長量のピークがあり，Ⅰ区がこれよりわずかに少ない程度で，Ⅱ区がやはり最も少ない値を示した。ところが，青色域を除去し

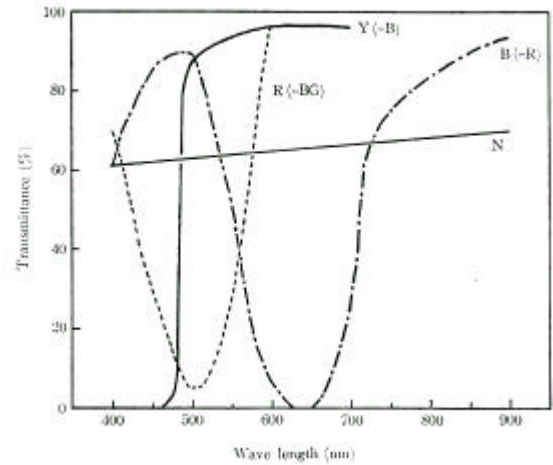


図-1 4種のカラーアクリル箱をとした光の分光特性(浅川ら, 1974).
Fig.1. Transmission in percentage to original irradiance of four color boxes (AsAKAWA et al. 1974).

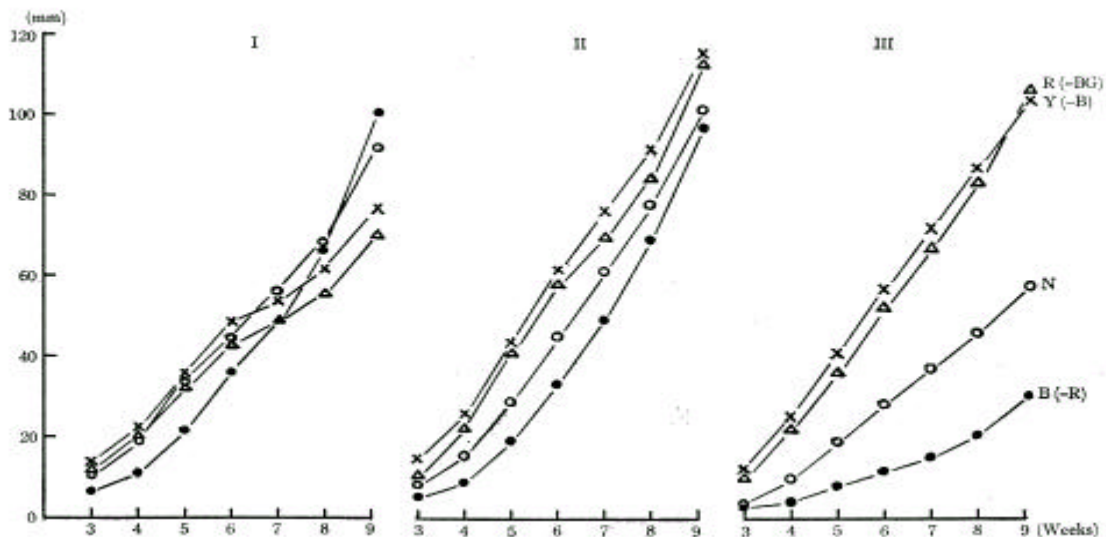


図-2 ケヤマハンノキ上胚軸の生長経過

Fig.2 Epicotyl growth of *Alnus hirsuta* seedlings under different filtered lights with three levels of irradiance (I, II, & III).

た光下と青・緑色域を除去した光下では、II 区にピークがあって、I 区はこれとほとんど差がみられない。逆に、照射強度の高い I 区が最も少なかった。すなわち、ケヤマハンノキの場合、赤色域を多く含んだ波長組成は照射強度が高くなると（ここでは約 $3,000 \mu W \cdot cm^{-2}$ ）上長生長を抑制する傾向がみられる。この現象はシラカンバやクロマツで調べられた結果とほぼ一致する（森川ら，1976）

波長組成と節間生長の関係は、図-3 に示したように各区で差があらわれた。I 区の赤色域を除去した光下では、他の波長組成にくらべて第3葉までの節間が短い、それ以降は上部になるにつれて長くなった。上胚軸の生長量が少なかった青色域除去光および青・緑色域除去光下の節間生長は第3葉以降、ほぼ同じかむしろ小さくなる傾向を示した。II 区では、I 区と同様赤色域除去光下で初期の節間が短い、他の光下の間には大きな違いがみられず第3～第4葉まで増大し、それ以降はあまり長くならない。区では、波長組成によって著しい差があらわれ、赤色域を除去した光下で極端に短く、第3、第4と上部の節間になっても I 区や II 区のような長い節間とはならなかった。

下胚軸の生長は胚乳の栄養に依存する面が大きいと思われるが、ケヤマハンノキの場合、わずかながら波長組成の影響があらわれた。照射強度各区を通じて赤色域除去光下で小さく、青色域を除去した光下で大きい。また照射強度によっても伸長量が異なり、I 区がやや大きな値を示した。

メバエの葉の展開数は照射強度が高い場合に波長組成による差が小さい。しかし、照射強度が低くなると、葉の展開数が少なくなり、そして波長組成間の差が大きくなった。I 区における葉の展開数は全光下で 4.8 枚、青・緑色域除去光下が 6.5 枚であった。

地上部の乾物重量および胚軸の長さあたりの乾物重量を I 区的全光下を 100 とした相対値で示すと表-2 のとおりである。これによると、照射強度 I 区では全光下が最も大きな値を示し、青・緑色域除去光、青色域除去光下がこれにつづいた。この区では赤色域除去光下が最も小さな値を示した。しかし、II 区と III 区では I 区と違って全光下が少なく、青・緑色域除去光下が大きな値を示し、その差が著しい。つまり、波長組成にたいする反応は照射強度によって異なる。全光および赤色域除去光下の場合、照射強度が低くなると乾物重は大幅に減少したが、青色域除去光下では減少の割合が少なかった。青・緑色域を除去した光下の場合、I 区より II 区の乾物重量比がむしろ高い値を示しているが、これは上胚軸の伸長量が影響したものと思われ、単位軸長あたりの乾物重量比では、やはり II 区が小さい値となった。I 区における青色域除去光および青・緑色域除去光下では上胚軸の伸長量が II 区とほぼ同じであり、I 区より上回っていたにもかかわらず乾物重量が少なく、下胚軸の直径も

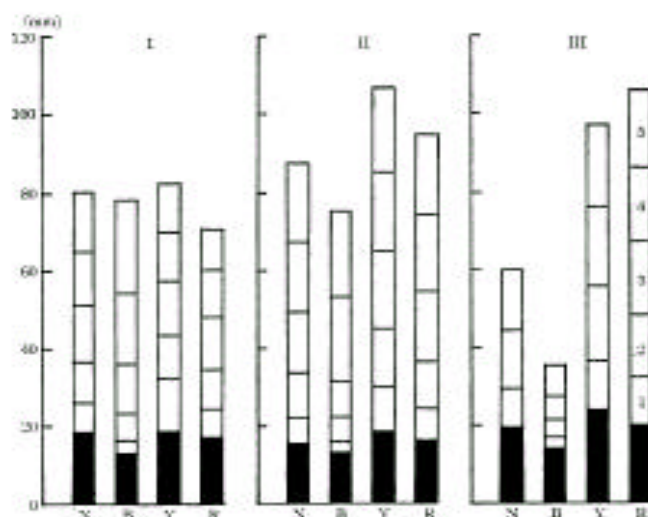


図-3 ケヤマハンノキの下胚軸（黒ぬり部分）と上胚軸節間の長さ

Fig.3. Hypocotyl (painted) and internode length of epicoty1 (blank) of . *Alnus hirsuta* seedlings under different filtered lights with three levels of irradiance (I , II , & III).

Numerals in blank column show the order of internode .

表 - 2

ケヤマハンノキの波長組成別,照射強度別乾物重量比

Table2

Top dry weight and dry weight per unit axis length of *Alnus hirsuta* seedlings under different filtered lights with three levels of irradiance (I, II & III) (Ratio to the value of neutral in I).

アクリル箱の Box Color						
	地上部重 TW	単位軸長あた り地上部重 TW/TH	地上部重 TW	単位軸長あた り地上部重 TW/TH	地上部重 TW	単位軸長あた り地上部重 TW/TH
Neutral	100	100	58	55	11	17
Blue	81	80	68	68	13	35
Yellow	98	114	80	68	23	22
Red	94	120	105	91	40	37

Note: 1)TW: Top weight; TH: Top height.

2)See Table 1 for , & .

小さい。これはメバエが非常に脆弱であることを示している。

葉の単位面積あたりの乾物重量(葉面積重:Area1 Weight)は、図 - 4 に示すとおり、照射強度が高い場合に波長組成の影響が強くあらわれた。青・緑色域除去光下で多く、赤色域除去光下および全光下で少ない。葉面積重の多少は、葉の厚さと関係があることを意味し、赤色域を多く含んだ光下がわずかながら多かった。

(2) カラマツ

カラマツの上胚軸の生長経過は図-5 に示すとおりである。これによると、ケヤマハンノキと異なることは、I, II 区の赤色域除去光下において初期の段階から著しい伸長を示したことである。急速な上長生長は8週間を経過しても依然としてかわらず、他の光下のメバエとの差が次第に大きくなった。この両区における赤色域除去光下以外の波長組成では、成長過程に大きな違いがなく、区の8週目になってわずかに差があらわれた程度である。

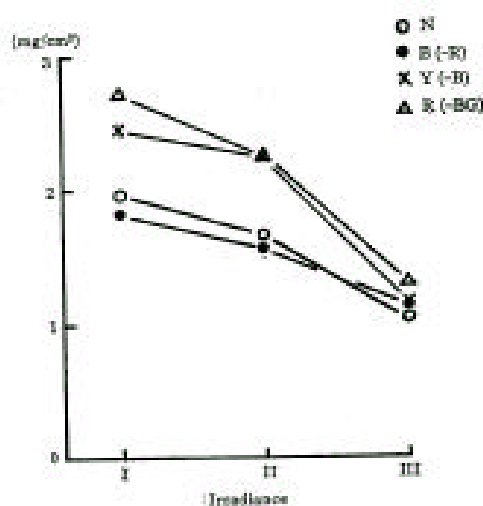


図 - 4 カヤマハンノキの葉の単位面積あたり乾物重量
Fig. 4 . Areal weight of *Alnus hirsuta* leaves under different filtered lights with three levels of irradiance (, , &)

これらの最終的な成長量は赤色域除去光下の約 1/2 にとどまった。一方、照射強度の低い I 区では、生長初期から徐々に波長組成の影響があらわれたが組成間のちがいはごく少なかった。カラマツもケヤマハンノキと同様、赤色域除去光下で照射強度の影響を強く受け、照射強度が高ければ生長量は増大し、低ければ著しく少なかった。ところが、赤色域を除去しない光下でも照射強度が低くなれば上長生長は少なくなり、ハケヤマハンノキと異なる傾向をしめした。地上部の乾物重量比は表-3 に示したように、波長組成による差が著しかった。各区を通じて青・緑色域除去光下が最も大きな値を示した。照射強度が低下すると、ケヤマハンノキと同様、乾物重量も少なくなった。異なる点は I 区における波長組成間の値であり、全光下より青色域除去光下が大きく、青・緑色域除去光下はさらに大きな値を示した。単位軸長あたりの乾重比においても、I, II 区ではケヤマハンノキより波長組成の影響が大きかったようである。

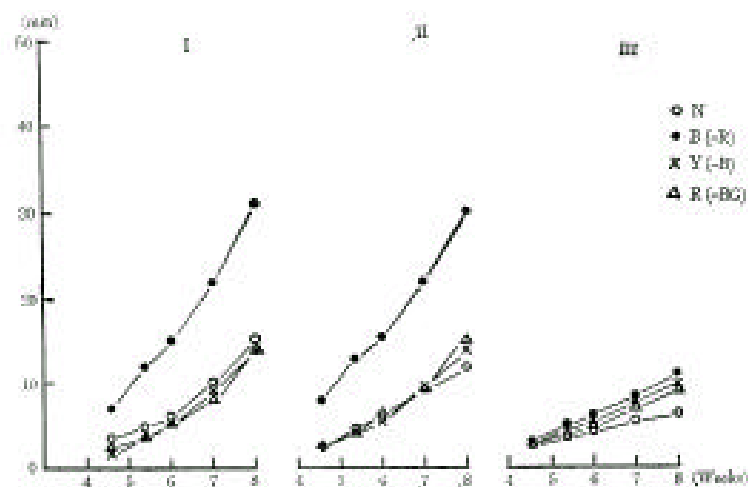


図-5 カラマツ上胚軸の生長経過

Fig. 5. Epicotyl growth of *Larix leptolepis* seedlings under different filtered lights with three levels of irradiance (I, II, & III).

表-3 カラマツの波長組成別、照射強度別乾物重量比

Table 3. Top dry weight and dry weight per unit axis length of *Larix leptolepis* seedlings under different filtered lights with three levels of irradiance (I, II & III) (Ratio to the value of neutral in I).

アクリル箱の色 Box Color	I		II		III	
	地上部重 TW	単位軸長あたり地上部重 TW/TH	地上部重 TW	単位軸長あたり地上部重 TW/TH	地上部重 TW	単位軸長あたり地上部重 TW/TH
Neutral	100	100	41	43	13	15
Blue	72	46	56	34	16	16
Yellow	138	133	75	82	25	26
Red	159	151	119	115	34	39

Note: 1) TW: Top weight; TH: Top height.

2) See Table 1 for I, II, & III.

以上のことから、ケヤマハンノキとカラマツのメバエの生育は可視光の波長組成によって異なり、それはまた照射強度によっても大きな影響をうけることがわかった。

カラマツの場合、照射強度 I, II 区とも赤色域除去光下での上長生長促進現象が著しく初期から認められたが、ケヤマハンノキの場合には照射強度の高い I 区で、しかも 2 ヶ月くらいしてやっと同じ現象が認められた。ケヤマハンノキの場合、照射強度が低ければ伸長促進現象が全く起らないものか、あるいは生育期間が長くなって次第にあらわれるものかこの実験では明らかでない。こんご検討を重ねる必要がある。

乾物重量の増加には赤色光域が重要な役割を果しているように思われるが、照射強度を低くすると赤色光域除去光下だけでなく、全光下での乾物生産も著しくおちるから、青色光域が抑制的にはたらいっている可能性がたかい。

この実験は、制御環境下で、しかも約 2 ヶ月という限られた生育期間について行なわれたものであるが、林木のメバエがいろいろな形で波長組成の影響をうけることは明らかである。最近、林内散光で著しく比率の高く

なる遠赤色光域が、林木のメバエの生長に特異的に作用しているらしいことも報告されている（森川ら，1976）。このような波長組成の影響も含めて、光にたいする林木の反応を明らかにし、林内更新における問題を新しい視点から考えてみる必要がある。

摘 要

制御環境下において、可視域の波長組成と照射強度にたいするケヤマハンノキとカラマツのメバエの生育反応を調べた。

両樹種とも、波長組成および照射強度にたいして異なった反応を示した。

ヤマハンノキの上胚軸の伸長は、照射強度が高い場合(約 $3,000 \mu W \cdot cm^{-2}$)に赤色域除去光下で促進され、低い場合(約 $900 \mu W \cdot cm^{-2}$)は青色域除去光および青・緑色域除去光下で促進された。下胚軸の伸長は照射強度にかかわらず赤色域除去光下で少なかった。葉の展開数は照射強度を著しく低下させると少なくなるが、波長組成による大きな違いはあらわれなかった。しかし、葉の単位面積あたりの乾物重量は赤色域の組成が多い光下で増大する傾向を示した。節間生長量は照射強度が高い場合に赤色域除去光下で大きかった。

一方、カラマツの上胚軸の生長は、照射強度が $1,800, 3,000 \mu W \cdot cm^{-2}$ の場合には赤色域除去光下で促進され、とくに生長初期からこの現象があらわれた。照射強度が $900 \mu W \cdot cm^{-2}$ の場合にはほとんど促進が認められない。

地上部の乾物重量にたいする波長組成の影響は、両樹種ともほぼ同じ傾向が認められ、青および緑色域を除去した光下で乾重が多く、赤色域除去光下および全光下で乾重が少なかった。ケヤマハンノキでは照射強度が高意場合に、赤色域除去光以外には差が認められなかった。

文 献

浅川澄彦 1974 林木の性質と光質．林業技術 387 : 6-9

———・佐々木忠彦・森 川 靖 1974 特定波長域を選択的に減らした光線下での林木のメバエの生長．日林誌 56: 441-447

FEDERER, C. A. & TANNER, C. B. 1966. Spectral distribution of light in the forest. Ecology 47 : 555-560.

原 田 泰 1939 光線の性質の差異が林木稚樹の発芽生育に及ぼす影響について．日林誌 21 : 203-213; 289-295; 361-377; 435-457

森 川 靖 1976 施設農業における光質利用の技術化に関する総合研究。農林省農林水産技術会議事務局研究成果 86 : 33-35

———・浅川澄彦・佐々木忠彦 1976 波長組成と強度をかえた光条件下における林木のメバエの生長．日林誌 58 : 174-178

Summary

The present paper deals with growth response of alder (*Alnus hirsuta*) and larch (*Larix leptolepis*) seedlings under different light conditions.

Growth of these seedlings was differently affected both by light intensity and spectral composition.

The epicotyl growth of alder was promoted with the increased irradiance in a blue box where red light region was almost removed. With the decreased irradiance, however, it was promoted in a yellow box where blue light region was almost removed as well as in a red box where both

blue and green light regions were almost removed . The hypocotyl growth of alder was not promoted in the blue box with any irradiance .

Areal weight (mg/cm^2) of alder leaves showed a tendency to increase both in the red and yellow boxes .

On the other hand , the epicotyl growth of larch was promoted in the blue box with higher irradiance .

Dry matter production of both species was promoted in all color boxes with the increased irradiance , but it was the lowest in the blue box .