観賞樹木の生育に及ぼす温周性と光周性の相互影響

(第3報)

低温処理によるサンゴジュとクロマツの生長に対する
温度と光周反応の変化

森田正勝・岩本重治・樋口春三

(愛知県農業総合試験場)

Interrelated Effects of Thermo- and Photo-periodism on Growth and Development of Ornamental Woody Plants

III. Modification of Growth Responses of *Viburnum Awabuki* K. Koch and *Pinus Thunbergii* Parl. by Fall Chilling Pretreatment

Masakatsu MORITA, Shigeharu IWAMOTO and Haruzo HIGUCHI

Aichi Prefecture Agricultural Research Center, Nagakute-cho, Aichi

Summary

Effects of fall chilling on responses of sweet viburnum (*Viburnum Awabuki* K. Koch) cuttings and Japanese black pine (*Pinus Thunbergii* Parl.) seedlings to the subsequent daylength and temperature treatments were investigated. The chilling treatments were continued for 70 days at 3°C in the dark from October 15, 1976.

1) Shoot emergence of viburnum cuttings was promoted by long days and high ambient temperatures when cuttings were not subjected to fall chilling. The amount of shoot growth was greater in the long day lots than in the short day lots. The higher the ambient temperature, the greater the amount of shoot growth. In the lots receiving the long day and 25°C treatment, the shoot was elongating along a rectilinear growth curve during the entire course of growth measurement.

On the other hand, subsequent daylength and temperature treatments had almost no influence on the onset of shoot emergence when cuttings were subjected to fall chilling. As for the shoot growth, responses of viburnum cuttings to photoperiod seemed long-day-dependent in subsequent high temperature regimes, facultative-short-day-dependent in intermediate temperature regimes, and daylength-independent in low temperature regimes. The shoot growth of viburnum cuttings was quite active even under low temperature conditions. The shoots elongated along a rectilinear growth curve under 10°C like under 25°C.

2) Shoot emergence of pine seedlings was fairly promoted by long days and high ambient temperatures when seedlings were not subjected to fall chilling. In general, the shoot growth of pine seedlings was stimulated by long days and high ambient temperatures. However, when seedlings were subjected to fall chilling, the onset of shoot emergence was affected only slightly by subsequent daylength and temperature treatments. The shoot growth was greater in the long day lots than in the short day lots. The lower the ambient temperature, the greater the shoot growth of pine seedlings.

From the results obtained, it may be concluded that if viburnum cuttings and pine seedlings are subjected to fall chilling, subsequent optimum temperatures for the shoot growth of both species tested tend to shift from higher to lower regimes. Furthermore, both viburnum cuttings and pine seedlings that are subjected to fall chilling may show a markedly flourishing shoot growth under subsequent short day conditions.

緒言

これまで樹木の光周性に関して多くの研究がみられるが、生長に対する光周反応は種固有の性質としてとらえられている研究例が多い(1, 2, 16, 17, 21). しかし第1報(3)において、サンゴジュの生長は秋冬期に低温処理することによって日長依存性が変化し、長日性から相対的短日性へ変更されることを明らかにした。そして温周性と光周性との間に相互依存性の概念を提示した。

本研究は、秋冬期の低温刺激量を一定とし、その後の温度を変えてサンゴジュとクロマツの生長に及ぼす光周反応の変化をみたものである。

材料及び方法

供試樹種はサンゴジュとクロマツとした。サンゴジュは約10年生の庭園樹を繁殖母株とした。新しょうを先端から約12cmの長さで切り取り、新葉を上部より4枚残し、6月5日にさし木した。6月28日に15cmばかりに植え、試験開始まで露地に置き自然日長下で管理した。クロマツは畑で栽培された1年生苗を、2月20日に12cmばかりに植え、試験開始までサンゴジュと同様に露地に置き自然日長下で管理した。

低温遭遇区は、10月15日から12月24日まで70日

間、はち植えの植物体を暗黒状態で3℃に保った。処理後は温室に入室し温度と日長処理を行った。

低温に遭遇しない区の植物体は10月15日から温室に入室し、温度と日長処理を行った。

温度処理は夜間10℃、18℃及び25℃の3区とし、日中はすべて25～30℃とした。しかし、10℃区においては設定温度が得られたのは11月上旬からであった。

日長処理は短日と長日の2区とした。短日区ではシルバーボリトウを用いて17時から8時まで被覆し、9時間日長とした。長日区は短日区と同様に被覆し、17時から19時及び4時から8時まで白熱電球100Wを2m²当たり1灯点灯し、16時間日長とした。

各試験区とも8個体供試した。4月以後は設定温度の維持が困難となったため、生長の測定は3月29日に中止した。

実験結果

1. 温度と日長処理がサンゴジュの生長に及ぼす影響

低温に遭遇しない区におけるサンゴジュの生長に及ぼす温度と日長の影響を第1図に示した。また低温に遭遇しない区及び低温遭遇区の結果を2月15日に写真撮影

Fig. 1. Effects of photoperiod and temperature on growth of *Viburnum Awabuki* K. Koch without chilling treatment. Plant height shows growth after treatment.

し第3図に示した。

低温に遭遇しない区において処理別にみると、長日下では25°C区は11月上旬から生長を開始し、ほぼ直線的に生長した。18°C区の生長は25°C区より2週間遅れて開始し、約2カ月間25°C区と同様におう盛に生長したが、その後停止した。10°C区は25°C区より約3カ月遅れて生長を開始し、その後1約カ月後に生長を停止した。

一方短日下では、25°C区は2月下旬に生長を開始し、20日後には停止した。18°C区は全く生長がみられなかった。10°C区は25°C区より1週間遅れ生長を開始し約1カ月後に停止した。

実験打ち切りの3月29日における茎の伸長生長量は長日下のほうが短日下に比べてはるかに多く、そして長短両日長区とも高温区ほど多く、25°C、18°C、10°Cの順であった。しかし、18°Cの短日区は生長が全くみられなかった。

次に低温遭遇したサンゴジュの生長に対して、日長及び温度がどのように影響するかを調べて第2図に示した。

生長開始期は低温に遭遇することによって、日長及び温度区間の差がごくわずかとなり、10°Cの長短両日長区が他の区と比べて1~2週間遅かった。

低温遭遇区の生長について処理区別にみると、長日下では、25°C区及び10°C区の生長は停止することなくほぼ直線的に継続した。これに対して18°C区の生長は緩慢であり2月上旬に停止し、約1カ月後に再びごくわず

Fig. 2. Effects of chilling pretreatment on modification of growth response of *Viburnum Awabuki* K. Koch to day length and ambient temperatures. Plant height shows growth after treatment.

Unchilled control

Chilling treatment with 3°C for 70 days

Fig. 3. Effects of temperature treatment on modification of growth response of *Viburnum Awabuki* K. Koch to day length and ambient temperatures. Plant materials were photographed on 15 th of Feb.

1) 10°C SD 2) 18°C SD 3) 25°C SD
4) 10°C LD 5) 18°C LD 6) 25°C LD

かに生長が認められた。

一方短日下では、25°C区の生長は生長開始から3週間後の1月下旬に停止し、その後生長しなかった。18°C区は2月下旬まで生長を継続した。10°C区のみ生長は停止することなくほぼ直線的に継続した。

以上の結果より3月29日における生長量をみると、長日下では25°C区が最も多く、10°C区がこれに次ぎおう盛な生長がみられ、18°C区は最も少なかった。短日下では温度が低い区ほど生長量が多く、10、18、25°C区の順であった。

なお低温遭遇区において温度別に日長反応をみると25°Cの高温下では長日によって促進され、18°Cの中間下では逆に短日下で促進された。また10°Cの低温下では日長効果がほとんど発現しないことが認められた。

2. 温度と日長処理がクロマツの生長に及ぼす影響

低温に遭遇しない区のクロマツの生長に及ぼす温度と日長の影響について第4図に示した。また低温に遭遇しない区及び低温遭遇区の結果を3月29日に写真撮影し第6図に示した。クロマツにおいては低温に遭遇しない区及び低温遭遇区とも、サンゴジュでみられたように直線的な生長はみられず、すべての区とも生長は一定期間継続しその後停止した。

Fig. 4. Effects of photoperiod and temperature on growth of *Pinus Thunbergii* Parl. without chilling treatment. Plant height shows growth after treatment.

低温に遭遇しない区の長日下では 25°C 区は 11 月中旬から 2 カ月間おう盛に生長を続けその後生長は停止した。18°C 区は 25°C 区より約 1 カ月遅れて生長を開始し、40 日間生長を継続した。10°C 区では 2 月中旬に生長が開始し、生長開始期は 25°C 区より約 3 カ月遅れた。そして生長は約 30 日間継続した。

一方短日下では、生長開始が全体的に遅かった。25°C 区は 2 月下旬に生長を始め約 10 日間伸長を継続した。10°C 区の伸長開始期は 25°C 区より 1 週間早く、やや緩慢ながら生長を継続した。これに対して、18°C 区は生長が全く認められなかった。

以上の結果より、3 月 29 日時点における生長量をみると、長日区が短日区より明らかに多かった。長日下における温度別の生長量は 25°C 区が最も多く、10°C、18°C の順であった。一方短日区では 10°C で生長が多く、25°C がこれに次ぎ 18°C は全く生長しなかった。

低温遭遇がクロマツの生長に対する温度と光周反応の変化に及ぼす影響を第 5 図に示した。

生長開始期は低温に遭遇することによって、日長区間及び温度区間の差はごくわずかとなった。すなわち、長日区は短日区に比べて 1~3 週間早かった。また長日下では 25°C 区が早く、次いで 18°C 及び 10°C 区の順にそれぞれ 1 週間の差がみられた。短日下では温度区間に差はみられなかった。

生長速度は長短両日長下とも 10°C 区及び 18°C 区で

Fig. 5. Effects of chilling pretreatment on modification of growth response of *Pinus Thunbergii* Parl. to day-length and ambient temperatures. Plant height shows growth after treatment.

は早く、25°C 区は特に遅かった。生長期間は 10°C 区と 25°C 区は長く 18°C 区は短かった。

この結果、調査中止期の 3 月 29 日における低温遭遇区における生長量は長日下のほうが短日下よりも多く、そして低温に遭遇しない区で示された傾向とは逆に、長短両日長下とも高温の 25°C が最も少なく、低温区ほど多かった。

考 察

サンゴジュとクロマツの自然状態における生長周期に対する観察結果を述べると次のとおりである。

サンゴジュは 3 月から生長を開始し、5~6 月に生長を停止する。その後葉原基が形成され芽が肥大する。そして 7~8 月の高温下で第 2 回目の生長を開始し、10 月に生長が停止し、再び葉原基が形成されて芽が肥大し休眠する。

クロマツは 3 月から生長を開始し、5~6 月には針葉が展開し、生長を停止して冬芽を形成する。その後夏期の高温下で葉原基数を増加し冬芽は肥大する。9 月頃に

Unchilled control

Chilling pretreatment at 3°C for 70 days

Fig. 6. Effects of temperature treatment on modification of growth response of *Pinus Thunbergii* Parl. to day-length and ambient temperatures. Plant materials were photographed on 29 th of March.

- 1) 10°C SD   2) 18°C SD   3) 25°C SD
4) 10°C LD   5) 18°C LD   6) 25°C LD

葉原基形成を停止し休眠する。

樹木の生長と休眠に関してはいろいろな報告 (18, 19, 20) がみられるが、永田は樹木の生長周期と環境条件について研究し (6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13), アカマツ型とポプラ型の2つに分類した (14)。両者の特徴的な相違は、アカマツ型では生長と葉原基形成が相互抑制的に作用し、生長が停止した後に葉原基形成期に入るものとした。これに対してポプラ型は、頂端分裂組織は葉原基形成をつづけながらつぎつぎと展開していくため連続的な生長をするものとした。

この永田の分類に従えば、本実験に供試したクロマツ及びサンゴジュの自然環境下における生長様式は、いずれもアカマツ型に属している。

一方、本実験におけるサンゴジュの生長についてみると、低温に遭遇しない場合 25°C 長日下でのみ継続的に生長し、他は時期の早晚はあるがいずれも生長の停止がみられた。これに対して低温処理した場合、10°C の低温下においても生長は長短両日長下で停止することなく継続するように変化した。そして 18°C の中温下では低温遭遇の有無にかかわらず、長短両日長下でいずれも生長は停止した。

この現象について考察すると、自然状態においてはサンゴジュは生長期と停止期をくり返す樹種であるが、低温に遭遇しない場合、高温長日下では茎の生長と葉原基形成は同時に行われ、アカマツ型からポプラ型に移行するものと考えられる。そして低温に遭遇することによって、10°C の低温下においても茎の生長と葉原基形成が同時に行われるように変化したものと考えられる。しかしながら 18°C の中温下では、低温の有無にかかわらず生長と葉原基形成との間に強い相互抑制が働くものと考えられる。

次に第1報 (3) において、サンゴジュを低温処理し、その後夜間 18°C で栽培した場合、生長に対する日長依存性は長日性から相対的短日性へと変化することを報告した。本実験において、この日長依存性の変化は 18°C の中温下においてのみ発現し、10°C の低温下では中性となり、25°C の高温下では低温処理後も長日性で変化しないことが明らかとなった。また生長期である葉原基形成期と休眠期のいずれの時期に低温に遭遇するかによって、その後の温度と日長に対する反応が異なることが推察される。したがって今後さらに秋期における葉原基形成期と休眠期を明確に区別する手段を考え、低温処理開始時期の違いによる温度と日長に対する生長反応について検討が望まれる。

本実験においてサンゴジュ及びクロマツとも、低温に遭遇しない区の 10°C 区は長、短両日長下とも生長開始期が著しく遅れたが、生長開始後はかなり生長した。これは 10°C の温度に長期間遭遇することによって低温処理効果が発現したものと考えられる。このことについて森田ら (4) はアジサイにおいて、10°C の温度に長期間遭遇することによって茎葉が生長し、低温遭遇としての効果がみられたことを報告し、また長尾ら (5) はシュウカイドウ塊茎地上の休眠に関する実験において 10°C 自体に低温処理効果があることを報告している。

したがって、サンゴジュとクロマツの両樹種において共通的に言えることとして、低温に遭遇することによって生長に対する適温は高温から低温へと変換することが示された。

サンゴジュ及びクロマツの低温処理は第1報及び永田 (8) のアカマツの実験結果を考慮して、3°C で 70 日間行った。そして本実験の結果から、低温処理後は休眠が打破されたものと判断した。しかしながら、永田ら (15) はブラタナスの冬芽の開芽率に及ぼす低温処理日数とその後の温度、及びジベレリン処理の影響を調べ、低温処理後 15°C 以下の温度では十分に休眠打破されたと判断できても、25°C の温度ではジベレリンが開芽を抑制する休

眠現象がみられ、完全な休眠打破のためには 25°C では 15°C に比べてさらに長い低温処理期間を必要とすることを報告した。

この点から考慮すると、サンゴジュ、クロマツにおいても、今後低温処理期間の差による温度と日長反応の違いが検討されなければならない。

以上のことから、従来光周性及び温周性は種また品種固有のものとしてとらえられる傾向がみられた。しかし本研究の結果においても、第1報(3)及び第2報(4)と同様に温周性と光周性との間に相互依存性の概念が示唆された。

摘 要

サンゴジュとクロマツを10月15日より3°C、70日間低温処理し、低温処理が生長に対する温度と光周反応の変化に及ぼす影響を調べた。

1. サンゴジュでは、低温処理しなかった場合生長開始期は高温長日によって早まった。生長量は長日区が短日区より多く、そして高温区は多かった。25°C長日区のみ直線的に生長した。これに対して低温処理区では、生長開始期に対する日長及び温度の影響はほとんど消失した。生長に対する日長反応は高温域では長日性、中温域では相対的な短日性、低温域では中性となった。そして生長は低温域でもおう盛となり10°C区においても25°C区と同様に直線的に生長した。

2. クロマツでは、低温処理しなかった場合、生長開始期は高温長日によって早まった。生長も概して高温、長日によって促進した。しかし低温処理した場合、生長開始期は日長と温度による差が非常に少なくなった。生長量は長日区で多く、両日長下とも低温区は多かった。

以上の結果から秋期の低温遭遇によって両樹種の生長に対する適温は高温から低温へと変化し、短日下においてもおう盛に生長することが示された。

謝 辞 本研究を行うにあたり、終始御指導をいただいた愛知県農業総合試験場園芸研究所長嶋田永生博士に心よりお礼申し上げます。

引用文献

1. DOWNS, R. J. and H. A. BORTHWICK. 1956. Effects of photoperiod on growth of trees. Bot. Gaz. 317—326.
2. KRAMER, P. J. 1936. Effects of variation in length of day on growth and dormancy of trees. Plant Physiol. 11 : 127—137.
3. 森田正勝・岩本重治・樋口春三. 1978. 観賞樹木の生育に及ぼす温周性と光周性の相互影響(第1報). 温度処理によるサンゴジュの生長に対する光周反応の変化. 園学雑. 46 : 495—500.
4. ————. 1978. 観賞樹木の生育に及ぼす温周性と光周性の相互影響(第2報). ハイドランジャの栄養生長期における温度と日長がその後の開花に及ぼす影響. 園学雑. 47 : 71—78.
5. 長尾昌之. 1970. シューカイドウ塊茎地上の休眠植物の化学調節. 5 : 91—104.
6. 永田 洋・佐藤大七郎. 1965. 林木の光周性(Ⅳ). ポプラ, カラマツ, ウダイカンパの生長におよぼす日長とジベレリンの影響. 日本林学会講演集. 214—216.
7. 永田 洋. 1967. アカマツの休眠芽の光周性に関する研究Ⅰ. 当年生および1年生アカマツの生長におよぼす日長の影響. 日本林学会誌. 49 : 279—285.
8. ————. 1967. アカマツの休眠芽の光周性に関する研究Ⅱ. 当年生アカマツの休眠打破におよぼす温度と日長の影響. 日本林学会誌. 49 : 415—420.
9. ————. 1968. アカマツ休眠芽の光周性に関する研究Ⅲ. 1年生アカマツ冬芽の光周性. 日本林学会誌. 50 : 174—180.
10. ————. 1968. アカマツ休眠芽の光周性に関する研究Ⅳ. 休眠導入期の冬芽の低温感応性. 日本林学会誌. 50 : 211—216.
11. ————. 1968. アカマツ休眠芽の光周性に関する研究Ⅴ. アカマツの光感応部位. 日本林学会誌. 50 : 238—240.
12. ————. 1969. アカマツ休眠芽の光周性に関する研究Ⅵ. 形成期の冬芽の光周性. 日本林学会誌. 51 : 85—90.
13. ————. 1968. アカマツ休眠芽の光周性に関する研究Ⅶ. 形成期のアカマツ冬芽の低温感応性. 北海道林試報告. 6 : 41—49.
14. ————. 1969. 林木の芽の休眠. 植物化学調節. 4 : 33—39.
15. 永田 洋・津田 豊. 1974. プラタナス冬芽の開芽におよぼす低温処理とジベレリン処理の影響. 三重大農学部演習林報告. 9 : 9—18.
16. NITSCH, J. P. 1959. Growth responses of woody plants to photoperiodic stimuli. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70 : 512—525.
17. ————. 1957. Photoperiodism in woody plants. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70 : 526—544.
18. SMITH, H. and N. P. KEFFORD. 1964. The chemical regulation of the dormancy phases of bud development. Amer. Jour. Bot. 51 : 1002—1012.
19. VEGIS, A. 1964. Dormancy in higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 15 : 185—224.
20. WAREING, P. E. 1956. Photoperiodism in woody plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 7 : 191—214.
21. WAXMAN, S. 1956. Influence of light on plant growth. Amer. Nurserym. 104 : 11—12.