

## 월동 및 해동기 뽕나무의 생화학적 물질의 변동과 내동성과의 관계

최영철 · 류근섭\* · 안영희\*\*

농촌진흥청 잠사곤충연구소, \*경북대학교 농과대학, \*\*중앙대학교 산업대학

## Studies on the Change of Biochemical Components during Wintering and Thawing Periods and Cold Hardiness of Mulberry(*Morus*)

Young Cheol Choi, Keun Sup Ryu\* and Young Hee Ahn\*\*

National Sericulture and Entomology Research Institute, RDA, Suwon 441-100, Korea

\*College of Agriculture, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

\*\*College of Industry, Chung-Ang University, Ansong 456-749, Korea

### ABSTRACT

In relation to cold acclimation, experiment was carried out to understand the seasonal changes in reserve substances of the mulberry. The shoot barks and leaves of three mulberry varieties(Kaeryangppong, Shinilppong and Yongcheonppong) were sampled, after that their reserve substances were analyzed. The cold hardiness of mulberry was investigated by DTA (Differential Thermal Analysis) method. To increase cold hardiness, gibberellin(100 ppm), kinetin(100 ppm) and Jambi 8 were sprayed on the mulberry leaves. After spraying, falling of the leaves of Yongcheonppong occurred earlier than the other varieties. After the first frost, all of treatments except gibberellin were entirely fallen. Growth regulator extended the leaves fallen. After spraying, water of the shoot barks was not showed difference in the content among the treatments, but amino acid, carbohydrate and soluble protein increased from September to October. Starch content of the shoot barks and leaves was maximum in October, but thereafter decreased during wintering stage. In Shinilppong, Jambi 8 spray increased cold hardiness by 1-2°C more than no spray. It was concluded that the cold hardiness of the mulberry in midwinter is closely related to the reserve substances with spraying Jambi 8 on the mulberry leaves.

Key words : Mulberry, DTA, Cold acclimation, Cold hardiness, Reserve substance, GA, Kinetin, Jambi 8

### 緒 論

일반적으로 溫帶性 樹木은 생장기에 활발한 동화작용에 의해 성장을 하며, 同化産物을 각 器官에 배분하여 안전한 越冬과 이듬해 봄 재생장에 사용하게 된다.

이들 온대성 수목의 대부분은 겨울동안의 저온에 살아남기 위하여 충분한 양분을 저장하면서 가을에 短日과 低溫 등의 環境情報를 받아 서서히 생장속도를 늦추어 休眠에 들어가게 된다. 이 때 식물의 細胞構造와 체내 저장물질은 저온에 대처하기 위해 알맞

는 형태로 재구성된다.

따라서 뽕나무는 貯藏期인 가을에 양분을 충분히 貯藏하지 못할 경우 월동 중 저온에 의한 凍害被害(cold damage)를 받기 쉬운데, 凍害豫防 측면에서는 뽕나무를 비롯한 다른 木本植物에 대해서 樹體內 저장물질 특히 탄수화물, 단백질, 세포농도 및 인지질의 계절적 변화 등과 凍害와 의 관련성에 대한 많은 연구결과가 있다(金, 1980; 酒井, 1982; Sagisaka and Araki, 1983; 黒田 等, 1984; Shim and Titus, 1985).

한편 1960년대 일본에서는 뽕나무 耐凍性에 대해

수많은 연구결과가 보고되었는데(酒井, 1960, 1964, 1967; Sakai, 1960, 1962), 이는 일본도 당시의 동해 피해가 심각했었음을 말해준다. 이러한 凍害에 대한 연구를 통하여 탄수화물, 단백질, 세포농도의 계절적 변화, 인지질의 변화 등의 기초적인 분야에 연구업적을 이룬 많은 보고(酒井, 1957b, 1958, 1982)가 있으나, 아직도 凍害豫防이라는 측면에서는 미흡한 점이 없지 않다.

그리고 酒井(1972)는 식물 耐凍性의 계절변화에 대응해서 세포의 침투농도는 현저히 높으며, 이것은 탈수 stress를 완화시킨다고 생각되며, 또한 겨울세포는 세포의 용적이 현저히 축소되고 細胞質이 증가한다고 하였다. 휴면기 식물세포의 생리적 특징은 細胞質에서 보면 含水量이 적고(55~60% 生重量 當) 당, 당알코올, 아미노산 등의 용질이 많기 때문에 細胞의 침투농도가 높고 세포막의 물 투과성은 가을에서 겨울에 걸쳐 현저히 높다고 하였다(Levitt and Scarth, 1936; 酒井, 1956).

金(1980)에 의하면 탄수화물은 耐凍성과 정의 상관관계를 나타냈는데, 특히 당과 RNA 함량과는 높은 정의 상관관계를 나타냈으며, 당 중에는 sucrose, glucose, fructose가 크게 영향을 미친다고 보고하였다.

崔等(1994)은 뽕나무 체내 합질소화합물의 계절변화를 조사한 결과 耐凍성이 증대되는 9월 이후부터 월동기 동안 탄수화물, 아미노산, 전질소 및 RNA 함량이 높았다고 보고하였다. 한편 Siminovitch *et al.* (1953), Siminovitch and Briggs(1954)는 당이 耐凍성 증대에 직접적으로 관여하지는 않지만 전분의 감소가 凍結脫水の 기계적 stress를 완화시켜 준다고 하였다.

그러나 匂坂(1971a, b)에 의하면 포플러나무에서는 ribose-U-<sup>14</sup>C 및 fructose-U-<sup>14</sup>C 등을 공급해 주면, 0°C에서 빠르게 sucrose로 변했다고 하였다. 즉 외부로부터 공급된 單糖類는 일단 sucrose로 전환된 뒤 대사되며, 온도가 높아지면 glucose와 fructose의 함량이 많아진다고 하였다.

酒井(1957a), Sakai(1962)는 뽕나무 가지내의 전분과 당 함량 및 세포의 침투농도를 조사한 결과 0°C에 10일간 hardening한 경우 耐凍성이 높아짐에 따라 당과 세포의 침투농도가 함께 증가했다고 하였다. 한편 무기이온의 양은 9월부터 이듬해 3월까지 거의 변화가 없었는데, 이것은 가을부터 겨울까지 세포의 침투농도가 증가하면서 수분의 감소와 당, 아미노산 및 이와 관련된 물질의 증가 때문이라고 하였다(吉田와 酒井, 1967; 酒井, 1957a; Sakai, 1962).

한편, 匂坂(1972)는 高等植物의 월동 중 특이한 아

미노산 축적에 대해 보고하였는데, 성장 중의 포플러 나무에서 ketoglutamic acid 다음으로 glutamic acid가 매우 많았으나, 초가을이 되면 소실되고 arginine이 증가한다고 하였고 눈이 트기 시작하면 glutamic acid 합성으로의 전환이 이루어진다고 하였다.

Quamme *et al.*(1972a, b)은 示差熱分析을 통하여 사과나무 가지의 목질부 세포는 -40°C 전후까지 過冷却 상태를 유지할 수 있다고 하였다. 이 가지의 목부 방사유세포의 過冷却 능력은 계절에 따라 현저히 변화되며, 가을이나 봄에는 낮고 겨울에는 현저히 높으며 수체내의 함수량과 반비례한다고 하였다. Sakai (1977, 1978)는 耐凍성이 다른 약 20종의 常綠 및 落葉廣葉樹의 겨울가지에 대하여 示差熱分析을 한 결과 북방계 落葉廣葉樹는 다른 낙엽수와 달리 -70°C까지 過冷却하여도 목부 방사조직의 凍結이 일어나지 않았다고 하였다.

한편 식물에서 인위적으로 생리조절을 유도하기 위해 生長調節物質 등의 처리가 시도되었는데, 沈과 安(1983)은 낙엽성 수목류에 있어서 gibberellin(GA)을 비롯한 식물hormone의 처리로 잎의 chlorophyll 감소를 현저히 억제시켜 葉老화를 완화시켰다고 하였다. 또한 많은 溫帶性 樹木에 단일처리를 하면 잎과 생장점 부위에 여러종류의 생장억제물질이 축적되는데, Irving(1969)은 단일 하의 잎에는 ABA에 의한 생장억제물질의 농도가 높고 GA에 의한 생장촉진물질의 농도가 낮다고 하였다.

그리고 고농도의 ABA와 저농도의 GA조건 하에서 휴면이 유도되며 반대로 저농도의 ABA와 고농도의 GA조건 하에서는 휴면이 해제된다고 하였다. 이상과 같은 많은 연구결과에도 불구하고 뽕나무 耐凍성에 관해서는 단편적인 연구가 대부분이며, 전 생육환을 대상으로 하는 기초적인 연구가 매우 미흡한 실정이다. 또한 耐凍성 증대를 위한 보다 실질적인 연구는 더욱 부족한 실정이다.

本 研究는 이러한 문제들을 해결하기 위하여 耐凍성 증대를 위한 연구의 일환으로 生長調節物質 처리로 뽕잎의 老화를 지연시켜 휴면기 뽕나무 체내 저장물질의 경시적 변화를 조사하여 월동기 耐凍성과의 관계를 검토하였다.

## 材料 및 方法

### 1. 供試品種 및 生長調節劑 處理

공시 뽕나무는 耐凍성이 강한 용천뽕, 약한 신일뽕과 그 중간인 개량뽕을 사용하였다. 잠사곤충연구소(구 잠업시험장) 포장(수원 소재)에서 여름베기 후 자

Table 1. Composition of Jambi 8

Chemicals	Composition*(%)
Urea	0.7
K(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> )	0.2
ZnSO <sub>4</sub>	0.01
MnSO <sub>4</sub>	0.01
Fe-EDTA	0.07
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.05
MgSO <sub>4</sub>	0.1

\*Based on 1 l distilled water

연조건하에서 표준재배로 생육 중인 뽕나무에 1995년 7월부터 9월까지 배부식 분무기를 사용하여 gibberellin(GA) 100 ppm, kinetin 100 ppm과 微量要素가 함유된 蠶肥 8호(표 1)를 10일 간격으로 뽕잎의 앞뒤에 충분히 젖을 정도로 葉面撒布를 하였다.

이렇게 처리한 가지를 1995년 7월부터 12월까지 매달 10일 간격으로 가지의 선단부로부터 50~100 cm 부위의 1년생 가지를 채취하였다. 뽕잎은 가지 중앙부의 잎을 분석용 시료로 사용하였고, 가지 기부에서 2~3번째 부위의 잎을 채취하여 葉綠素 측정에 사용하였다.

채취한 시료 중 일부는 채취 당일 가지 皮部를 분리하여 循環熱風乾燥器를 사용하여 80°C에 24시간 건조 후 水分率을 조사하고 나머지는 채취 당일 생체 시료로 有機成分 분석시료를 조제하였다.

2. 下部落葉 調査

뽕나무 가지의 하부 낙엽이 발생하기 전인 1995년 10월 2일을 기준으로하여 완전 낙엽시까지 소실된 잎을 시기별로 조사하였다. 기준일의 잎을 100%로하여 시기별로 소실된 잎을 百分率로 계산하였다.

3. 葉綠素 測定

채취한 뽕잎을 직경 1.5 cm되는 punch borer를 사용하여 10장씩 3번복으로 취하였으며, 99.8%의 methanol을 50 ml 가한 후, aluminium foil로 광선이 닿지 않게 완전히 밀봉하여 냉암소에서 15~18시간 방치한 후, 葉綠素를 추출하였다. 試料 추출액 5 ml를 分光光度計(Gilford stasar III)로 광선파장 651 nm와 664 nm에서의 흡광도를 측정하여 Ozerol & Titus(1965)의 방법에 의하여 葉綠素를 정량하였다

4. 有機成分 分析

채취한 가지의 피부 및 뽕잎 생체시료를 각각 3g씩 칭량하여 polyvinylpyrrolidone(PVP) 0.6g, sea

sand 3g과 0.2M phosphate buffer(pH 7.2) 10 ml를 유발에 넣고 마쇄한 후 4겹의 가제로 짜서 遠心分離 튜브에 넣었다. 처리당 3번복으로 하여 high speed centrifuge(Hitachi 18PR-3)로 0~4°C에서 2,800×g에 10분간 遠心分離하여 상등액을 -25°C 냉동고에 보관 후 아미노산, 탄수화물, 수용성 단백질 및 전분의 분석용 시료로 사용하였다.

1) 아미노산

아미노산은 Ninhydrin법(朱等, 1991)에 의하여 분석하였으며, 추출한 시료용액에 ninhydrin solution을 넣고 恒溫水槽에서 20분간 끓여 식힌 후 spectrophotometer(Pharmacia LKB)를 사용 570 nm에서 흡광도를 측정하였으며, leucine에 의한 標準曲線으로부터 아미노산의 농도를 환산하였다.

2) 炭水化合物

탄수화물은 Phenol-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>法(朱等, 1991)에 준하여 정량하였으며, 시료용액에 phenol과 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(特級)을 가하여 發熱反應시킨 후 20~30분간 실온에 방치한 후 spectrophotometer를 사용 470 nm에서 吸光度를 측정하였다. 標準曲線은 glucose를 사용하여 당의 농도를 환산하였다.

3) 水溶性 蛋白質

수용성 단백질은 Lowry변법(Lowry et al., 1951)에 준하였으며, 추출한 시료를 color reagent와 phenol reagent를 각각 넣고 실온에서 25분간 방치한 후 spectrophotometer를 사용하여 640 nm에서 吸光度를 측정하여 BSA standard curve로 농도를 환산하였다.

4) 澱粉

전분의 분석은 조제한 건조 粉末試料 100 mg을 10 ml 원심분리관에 넣고 80% ethanol 10 ml를 첨가 80~85°C 恒溫水槽에서 30분간 정치하였다. 그리고 2,800×g에서 10분간 3회 원심분리 후 원심관에 남아 있는 잔사를 80°C 乾燥機에 건조 후 2 ml의 증류수를 첨가하여 沸騰水槽에서 15분간 가끔 원심관을 흔들면서 가열하였다. 원심관을 상온에서 냉각시킨 후 교반하면서 9.2N perchloric acid(PCA) 2 ml를 첨가하여 상온에서 15분간 가끔씩 원심관을 흔들어 주고 10 ml의 증류수를 첨가하여 다시 2,800×g 10분간 遠心分離하여 상등액을 회수하고 다시 4.6N PCA 2 ml를 첨가하여 15분간 교반 후 10 ml의 증류수를 첨가하여 원심분리 후 총 50 ml되게 증류수로 희석하여 전분 정량 추출액으로 사용하였다.

추출용액 5 ml을 100 ml로 희석하여 희석된 추출액 5 ml을 anthrone시약(Yoshida et al, 1972)을 사용 630 nm에서 吸光度를 측정하였다. 標準溶液으로는 glucose를 사용하여 전분의 농도를 환산하였다.

## 5. DTA(Differential Thermal Analysis)에 의한 耐凍性 檢定

생육기 동안 生長調節物質을 噴霧에 처리한 후 신일뽕의 내동성을 검정하기 위하여 1995년 10월부터 이듬해 3월까지 9회에 걸쳐 뽕나무 가지 선단 직경 0.5 cm 정도의 줄기를 3 cm 길이로 3반복 채취하여 表皮層을 완전히 제거하고 가지의 髓(pith)부분에 열전대 sensor를 삽입 후 DTA분석기(SC-904P)의 液體窒素가 충전된 저온 chamber 內에 충분히 침지되도록 하였다. 그리고 programed freezer에 의한 chamber의 온도를 1°C/min의 속도로 완만하게 하강시켰다. Multi-channel recorder로 열전대 sensor에 의해 감지되는 온도변화를 기록하였으며, recorder paper의 용출속도를 150 mm/hr로 하였다.

凍死點은 recorder paper에 기록된 곡선의 면적을 측정하여 모눈종이로 전체면적의 1/2지점을 측정하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 下部落葉率 變化

그림 1은 각 종 生長調節物質 처리 후 뽕나무 가지 하부 잎의 낙엽률을 조사한 것으로서 첫 서리가 내린 11월 1일(그림 14) 이후 가지하부의 낙엽이 급속히 증

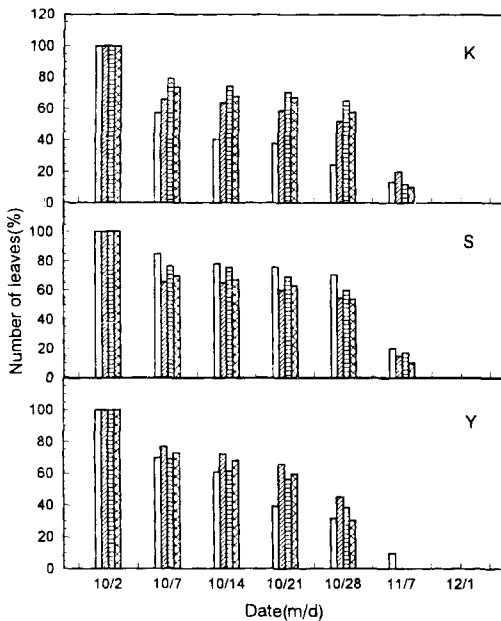


Fig. 1. Changes of the leaf fall after spraying growth regulator on the mulberry leaves. -□-, Gibberellin; -▨-, Kinetin; -▤-, Jambi 8; -■-, Control; K, Karyangppong; S, Shinilppong; Y, Yongcheonppong.

가하였다. 용천뽕은 11월 7일 gibberellin 처리구만 18% 정도 잔엽이 있었고 개량뽕과 신일뽕은 모든 처리구에서 10% 내외의 잔엽이 있었다. 그러나 12월 9일 이후는 3품종 모두 전체잎이 낙엽되었다. 처리간에도 같은 경향이었다. 이것은 사과나무 早生品種의 하부잔엽은 11월 1일경부터 급속히 증가하여 11월 9일에는 10% 정도의 잔엽이 있었다는 Yoo(1982)의 보고와 같은 경향이었으며, 특히 용천뽕의 初霜日 이후 하부낙엽이 빨랐던 것은 다른 품종에 비해 빨리 越冬準備를 하기 위해 수분감소가 빨리 왔던 때문으로 생각된다. 그리고 gibberellin 처리구의 하부낙엽은 모든 품종에서 지연되었는데, 이것은 gibberellin이 잎의 노화를 억제시킨 때문으로 생각된다. 이와같은 사실로 보아 뽕나무 잎의 노화를 지연시켜 貯藏養分을 많이 생산 축적시킴으로써 耐凍性을 증대시킬 수 있는 葉管理 技術의 개발이 중요한 것으로 생각된다.

### 2. 水分率 變化

생육 중에 있는 뽕나무에 탄소동화작용을 활발하게 하여 생육기간을 지연시킴으로써 보다 많은 양분을 생산 축적하여 耐凍性을 증대시키고자 生長調節物質인 GA, kinetin과 蠶肥 8號를 噴霧에 처리한 후 噴霧 및 가지 皮部의 수분함량을 조사한 결과(그림 2, 3) 품

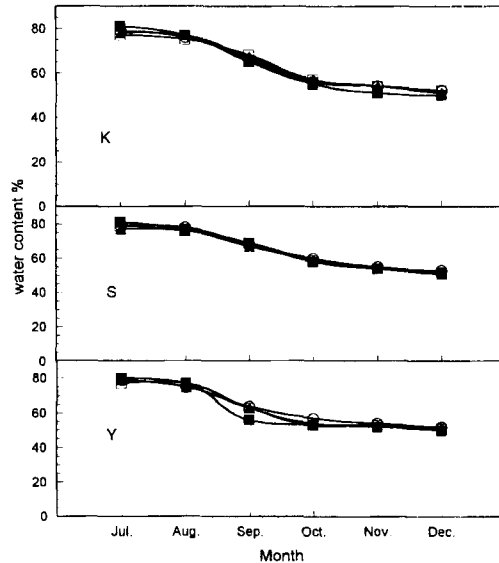


Fig. 2. Seasonal changes of the water content in the shoot barks of the mulberry after spraying growth regulator. -■-, Control; -○-, Gibberellin; -▲-, Kinetin; -□-, Jambi 8. Abbreviations are the same as seen in Fig. 1.

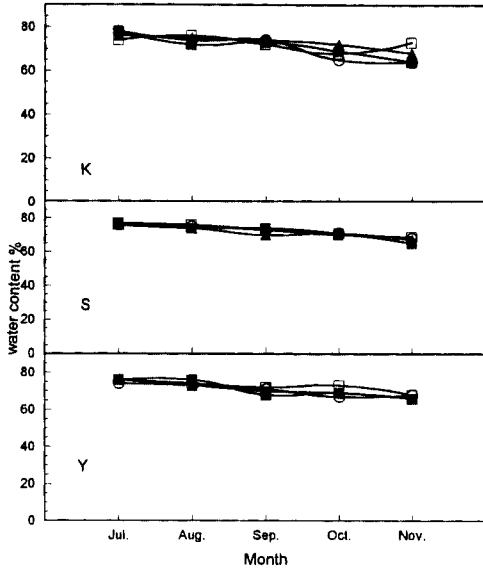


Fig. 3. Seasonal changes of the water content in the leaves of the mulberry after spraying growth regulator. Symbols and abbreviations are the same as seen in Fig. 2.

중별로는 공시한 3품종 모두 같은 경향을 보였다. 가지 皮部 내의 수분변화는 생육기인 7~8월에는 80% 정도로 높았으나, 그 후 월동기인 12월까지 계속 감소를 하여 50~60%로 생육기에 비해 20~30% 감소하였다. 뽕잎 중의 수분 변화를 보면 생육기인 7월부터 낙엽이 될 때까지 계속 감소하였으나 감소폭은 가지 皮部보다 적었다. 호르몬 및 蠶肥 8號 처리에 의한 수분감소 효과는 나타나지 않았으나, 용천뽕의 경우 蠶肥 8號 처리구의 뽕잎 중 수분감소는 가장 적었다.

이와같은 결과는 崔 等(1994)이 보고한 바와 같은 경향으로서 뽕나무의 경우 체내 수분함량이 50% 정도에서 월동하는 것으로 나타났으며, 耐凍性이 강한 용천뽕의 월동 중 含水量이 가장 적은 것으로 나타났다.

Okamura(1973), Koga *et al.*(1966)은 함수량이 다른 종자를 液體窒素 중에서 급속냉각하여 생존한계 含水量을 조사한 결과 생중량 당 18~19%까지의 결합수에서는 생존가능한 것으로 보고하였다. 따라서 耐凍性을 강화시켜 凍害被害를 막기 위해서는 월동 중 식물체내 수분함량을 적게하고 세포 내 貯藏物質의 침투농도를 높게하는 것이 중요할 것으로 생각된다.

### 3. 葉綠素의 變化

각 종 生長調節物質 처리 후 뽕잎의 엽록소 함량을

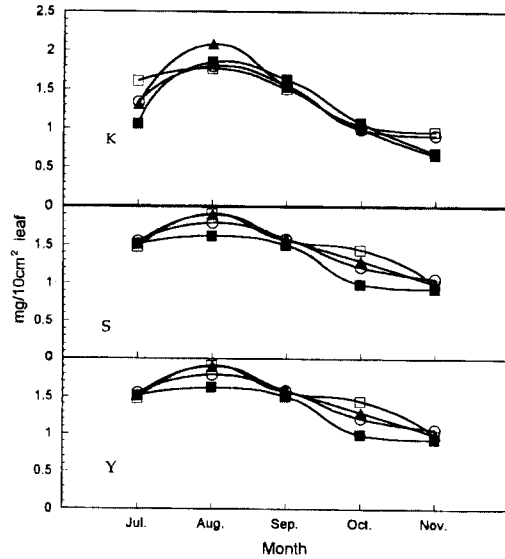


Fig. 4. Seasonal changes of the chlorophyll content in the mulberry leaves after spraying growth regulator. Symbols and abbreviations are the same as seen in Fig. 2.

조사한 결과 그림 4에서 보는 바와 같이 개량뽕 등 3품종 모두 7월부터 11월까지 계속 감소하는 경향이었으며, 7월 뽕잎 생체시료 10 cm<sup>2</sup>에 엽록소 함량이 1.5 mg정도 였으나 첫서리가 내린(그림 14) 11월 이후에는 1 mg내외로 감소하였다.

이와 같은 결과는 Shim and Ahn(1982, 1983), 崔 等(1994)의 연구보고와 일치하고 있으며, Kang(1979)의 사과나무에서의 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다. 그리고 生長調節物質 처리에 따른 엽록소 함량은 생육기간 중에는 큰 차이가 없었으나, 낙엽기인 11월에는 3품종 모두 무처리에 비해 호르몬 및 蠶肥 8號 처리구의 엽록소 함량이 많았으며, 품종별로는 신일뽕의 함량이 가장 많았다. 이상의 결과로 보아 gibberellin, kinetin 및 蠶肥 8號 처리는 뽕나무에서 chlorophyll의 감소를 억제하였던 바, 이는 Jonathan and Latetsch(1968), 沈과 安(1983)의 보고와도 같은 경향을 보였다. 따라서 뽕나무에 있어서 gibberellin을 비롯한 식물 hormone 및 蠶肥 8號 처리는 葉老화를 완화시켜 생육기 동안 충분한 양분을 축적함으로써 凍害豫防은 물론 이듬해 봄 발아를 왕성하게 하여 수량을 높이는 것으로 생각된다.

### 4. 아미노산의 變化

生長調節物質 처리 후 뽕나무 가지 皮부 및 뽕잎

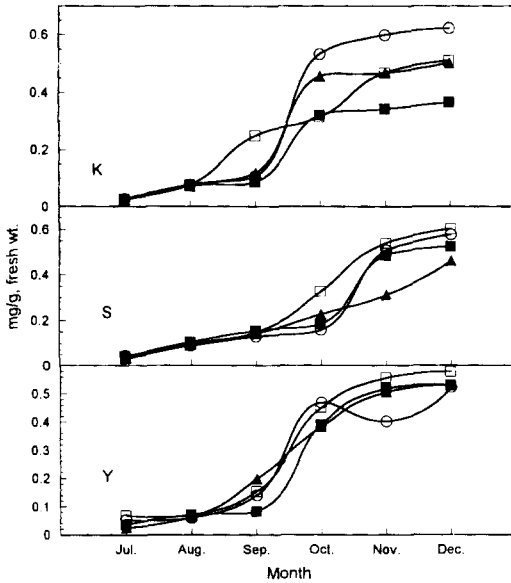


Fig. 5. Seasonal changes of the amino acid content in the barks of the mulberry after spraying growth regulator. Symbols and abbreviations are the same as seen in Fig. 2.

중의 아미노산 함량의 변화를 조사한 결과(그림 5, 6), 3품종 모두 가지 皮部 및 뿌잎 중의 아미노산은

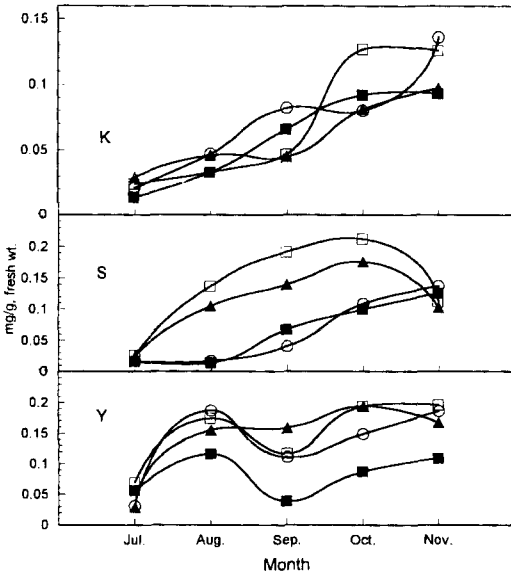


Fig. 6. Seasonal changes of the amino acid content in the leaves of the mulberry after spraying growth regulator. Symbols and abbreviations are the same as seen in Fig. 2.

계속 증가하는 경향을 보였으며, 가지 皮部의 경우 9월 이후 급격히 증가하여 월동시 높은 함량(5~6 mg/g, FW)을 유지하는 것으로 나타났다. 특히 개량뽕은 월동시 무처리에 비해 gibberellin, kinetin 및 蠶肥 8號 처리구가 함량이 높았으며, 뽕잎 중의 아미노산은 각 품종 모두 蠶肥 8號 처리구의 함량이 높았다. 용천뽕의 경우 hormone 및 蠶肥 8號 처리구의 함량이 무처리에 비해 생체시료 g당 1~1.5 mg 많았다.

이와같이 월동 중 아미노산의 증가는 勾坂(1972a), Sagisaka(1974)의 보고와 같이 봄 성장 개시에 필요한 아미노산 합성이 월동기에 접어들면서 활성화된 때문으로 생각된다. 또한 9월 이후의 아미노산 증가는 Shim and Ahn(1983), 崔等(1994)의 보고에서 처럼 식물체 내 貯藏窒素源으로서 직접 이용되는 有機態窒素가 arginine으로 변화되어 성장시기에 필요한 아미노산의 합성에 이용되기 위해 증가한 것으로 생각된다.

### 5. 水溶性 蛋白質의 變化

그림 7, 8은 生長調節物質을 처리한 후 뽕나무 가지 皮部와 뿌잎 중의 수용성 단백질 함량을 나타낸 것으로서 아미노산의 변화와 같이 뽕나무 가지 皮部 내의 수용성 단백질은 각 품종 모두 10월 이후 증가하였으며, 개량뽕과 용천뽕의 가지 皮部 내 수용성 단

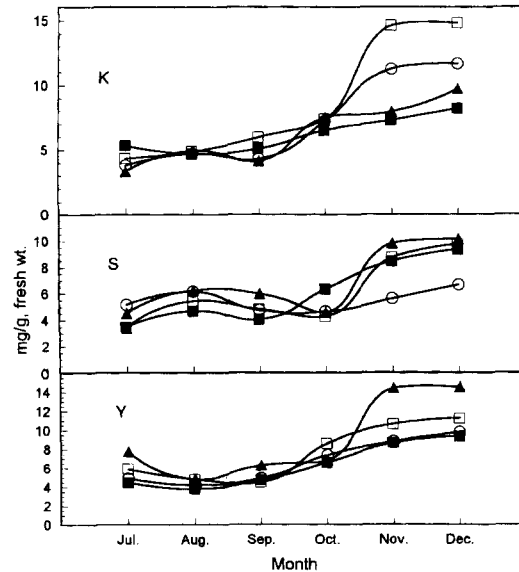


Fig. 7. Seasonal changes of the soluble protein content in the shoot barks of the mulberry after spraying growth regulator. Symbols and abbreviations are the same as seen in Fig. 2.

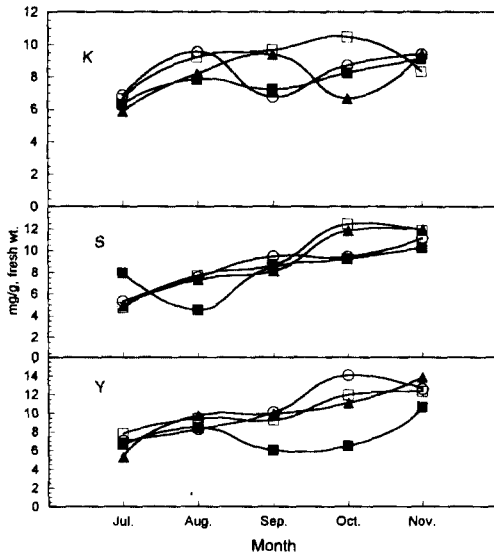


Fig. 8. Seasonal changes of the soluble protein content in the leaves of the mulberry after spraying growth regulator. Symbols and abbreviations are the same as seen in Fig. 2.

백질은 무처리에 비해 hormone 및 蠶肥 8號 처리구가 높았다. 특히 개량뽕의 경우 蠶肥 8號 처리구가 무처리에 비해 10월 이후 수용성 단백질 함량이 생체중 g당 10 mg정도 증가하였다. 이와같은 결과는 崔等 (1994)의 보고에서 처럼 개량뽕의 단백질 함량이 다른 품종에 비해 낮았지만 식물 hormone과 蠶肥 8號 등의 처리로 증가를 보인 것으로 생각된다.

또한 Siminovitch *et al.*(1968)은 아카시아 가지 皮部에서 추출된 단백질이 겨울에는 여름보다 훨씬 많았다고 하였으며, 이와같은 사실은 耐凍性이 증가하는 시기에 수용성 단백질 함량이 증가한다는 보고와 일치하였다.

### 6. 炭水化物的 變化

生長調節物質 처리 후 탄수화물의 계절변화를 알아보기 위하여 뽕나무 가지 皮部 및 뽕잎 중의 탄수화물 함량을 조사한 결과 그림 9, 10에서와 같이 아미노산과 수용성 단백질의 변화와 비슷한 경향을 보였는데, 7월부터 12월까지 계속 증가를 하였다. 3품종 모두 무처리에 비해 가지 皮部和 뽕잎 중의 탄수화물은 7월에 생체시료 g당 15 mg내외의 었으나 12월에는 30 mg정도까지 증가를 하였으며, 뽕잎 중에서도 낙엽시까지 함량이 높았다. 이와같이 탄수화물의 함량이 많은 것은 吉田과 酒井(1967), Sakai(1960)등이 보고한 바와 같이 落葉期까지 앞에서 만들어진 貯藏養

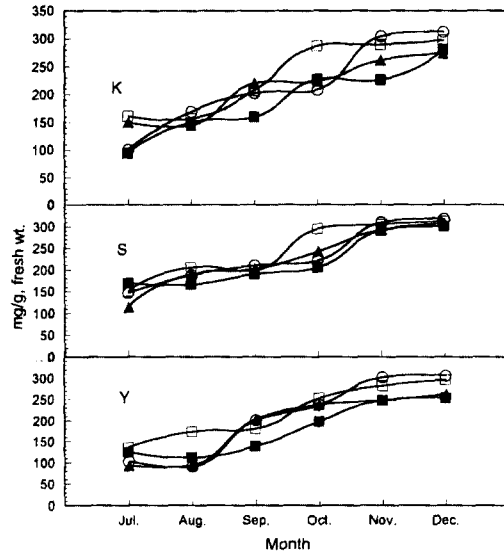


Fig. 9. Seasonal changes of the carbohydrate content in the shoot barks of the mulberry after spraying growth regulator. Symbols and abbreviations are the same as seen in Fig. 2.

분의 이동이 계속되기 때문으로 생각되며, 겨울에 축적된 당의 종류나 그 비율은 식물의 종류에 따라 상당히 다르며(酒井, 1960; Sakai, 1962), 또한 많은 식

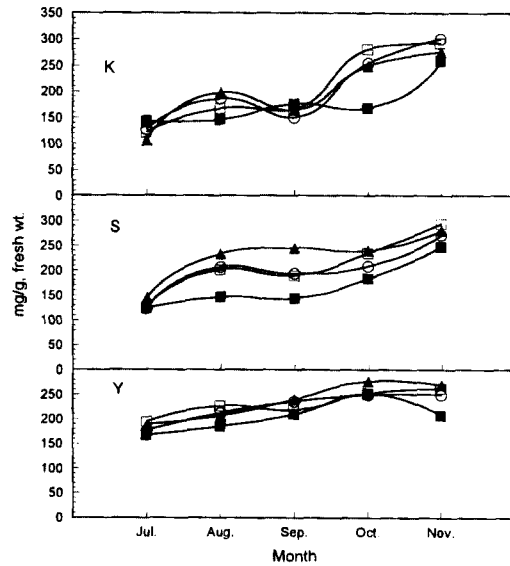


Fig. 10. Seasonal changes of the carbohydrate content in the leaves of the mulberry after spraying growth regulator. Symbols and abbreviations are the same as seen in Fig. 2.

물에서 겨울에 raffinose나 stachyose의 축적이 계속 된다는 보고(柏田, 1955; Parker, 1959; Jeermias, 1958; Sakai, 1962; Trunova, 1963)와 같은 경향이라고 생각된다.

**7. 澱粉의 變化**

그림 11, 12는 生長調節物質 처리 후 뽕나무 가지 皮部 및 葉肉 中の 澱粉含量的 變化를 나타낸 것으로서 가지 皮部 및 葉肉 中の 澱粉은 각 품종 모두 7월 부터 10월까지 계속 증가를 보이다가 월동기에 접어들면서 계속 감소하였다. 특히 蠶肥 8號를 처리한 개량뽕의 가지 皮部와 신일뽕의 葉肉 中 澱粉含量이 가장 많았다. 각 품종 모두 가지 皮部의 澱粉含量은 건물중 당 0.03% 정도로 가장 많았으며, 그 후 급격히 감소하여 월동 중에는 0.02% 미만을 보였다. 이와같이 澱粉의 감소는 凍結脫水의 기계적 stress를 완화시킨다고 하였으며(Siminovitch *et al.*, 1953; Siminovitch and Briggs, 1954), 또한 당의 증가를 가져오므로 澱粉의 감소는 곧 耐凍性を 증대시킬 것으로 생각된다. 그리고 Levitt(1956)는 가을 가지의 신장이 정지되고 동아가 형성되면 澱粉축적이 정지되고 수중에 따라 다르지만 9월 하순경 澱粉이 높고 10월 하순 이후 기온(그림 14)이 내려감에 따라 당이나 sorbitol로 변화된다고 한 것으로 보아 뽕나무도 같은 경향을 보인 것으로 생각된다.

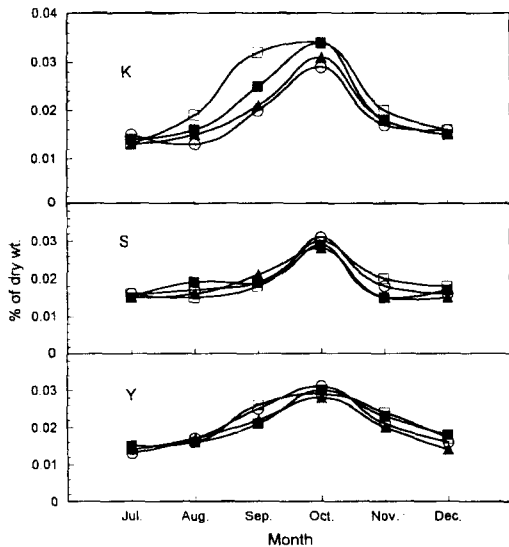


Fig. 11. Seasonal changes of the starch in the shoot barks of the mulberry after spraying growth regulator. Symbols and abbreviations are the same as seen in Fig. 2.

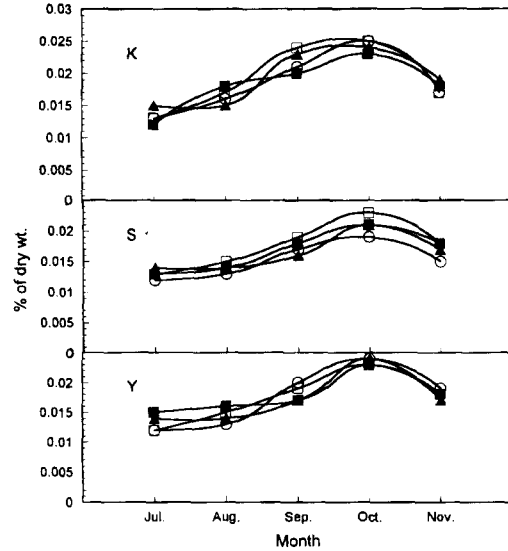


Fig. 12. Seasonal changes of the starch content in the leaves of the mulberry after spraying growth regulator. Symbols and abbreviations are the same as seen in Fig. 2.

**8. 耐凍性 變化**

그림 13은 生長調節物質 처리 후 DTA에 의한 신일뽕의 耐凍性を 검정한 결과 무처리를 비롯한 kinetin, 蠶肥 8號 처리 후 耐凍性 變化를 보면 그 pattern은 비슷한 경향으로 10월부터 12월 중순까지 계속 耐凍性이 증대되어 12월 12일경에 耐凍性이 가장 높았으며, 蠶肥 8號 처리구는 무처리나 kinetin 처리구에

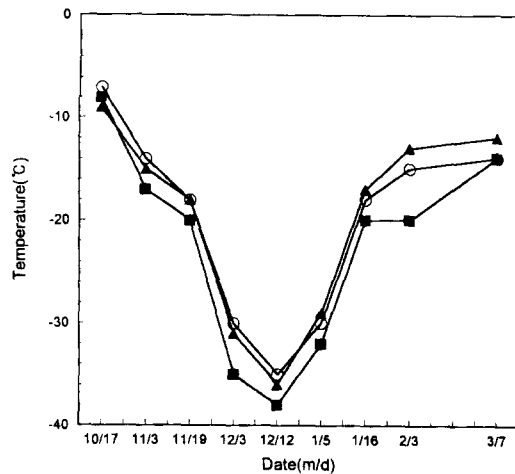


Fig. 13. Seasonal changes of the killing point in the mulberry(Shinilppong) after spraying growth regulator. -○-, Control; -▲-, Kinetin; -■-, Jambi 8.



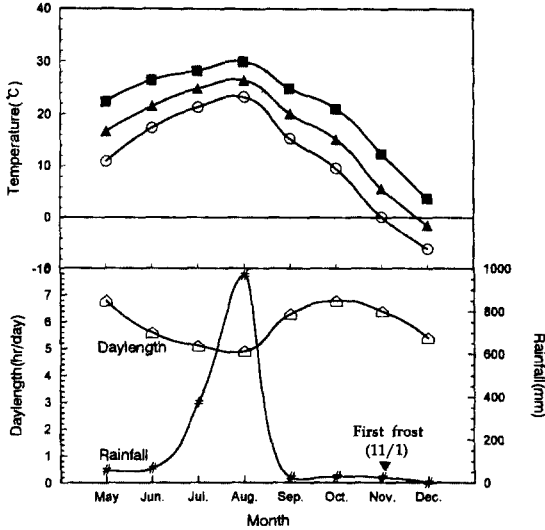


Fig. 14. Changes of temperature, daylength and rainfall during 1995 in Suwon. -■-, Max. temperature; -○-, Min. temperature; -▲-, Mean temperature.

비해 내동성이 증대되어 동사점이 최대 -38°C까지 감소하여 무처리나 kinetin 처리구에 비해 1~2°C 동사점을 하강시켜 내동성을 증대시켰다.

이와같은 결과는 유전적으로 내동성이 강한 용천뽕보다 내동성이 약한 신일뽕에 생육기간 동안 생장조절물질을 처리할 경우 다소 내동성을 증대시킬 수 있는 가능성을 보여주는 것으로 생각된다.

특히 생육기에 蠶肥 8號를 뽕잎에 葉面撒布한 경우 뽕나무 체내 저장물질의 증가는 물론 내동성도 높일 수 있었기 때문에 뽕나무 동사豫防을 위해서는 이러한 생장조절물질의 처리는 효과적이라 생각된다.

摘 要

이 실험은 각종 생장조절물질 처리로 뽕잎의 노화를 지연시켜 뽕나무 체내 저장물질의 변화를 검토하고 월동기 내동성과의 관계를 구명하기 위하여 개량뽕, 신일뽕, 용천뽕 등의 가지皮部 및 뽕잎을 자연상태 하에서 1995년 7월부터 12월까지 채취하여 저장물질을 분석하고 DTA에 의한 내동성을 검정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

생장조절물질 처리 후 하부낙엽은 내동성이 강한 용천뽕이 가장 빨리 진행되었으며, 첫서리 내린 직후(11월 1日)에 gibberellin 처리구를 제외하고 완전낙엽이 되었으며, 생장조절물질 처리구의 낙엽속도는 무처리에 비해 다소 지연되었다.

한편 내동성 증대를 위해 생장조절물질인 gibbere-

lin(100ppm)과 kinetin(100ppm) 그리고 蠶肥 8號를 처리하였을 때 무처리에 비해 가지皮部 내 수분함량은 차이가 없었으나 아미노산, 탄수화물 및 수용성 단백질은 9~10월 이후 함량이 높았다. 가지皮部 및 뽕잎 중의 전분은 10월에 함량이 가장 높았으며, 그 후 월동기 동안 감소하였다. 그리고 신일뽕에 생장조절물질을 처리한 결과 蠶肥 8號 처리는 약 1~2°C정도 내동성을 증대시켰다.

이상의 결과 생육기에 葉面撒布劑인 蠶肥 8號를 처리함으로써 越冬期 뽕나무 체내 저장물질의 증가는 내동성 증대와 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다.

謝 辭

이 研究는 '95년도 慶北大學校 公募課題 研究費 支援에 의하여 수행되었음.

引用文獻

崔榮哲, 柳根變, 李和周, 安永熙(1994) 뽕나무 生體內 含窒素化合物의 季節的 消長에 관한 研究. 農業論文集, 36(2): 289~296.  
 朱鉉圭, 趙黃衍, 朴忠均, 曺圭成, 蔡洙圭, 馬相朝 (1991) 食品分析法. 裕林文化社, 서울, pp. 263~264.  
 Irving, R. M.(1969) Characterization and role of an endogenous inhibitor in the induction of cold hardiness in *Acer negundo*. Plant Physiol., 44: 800~805.  
 Jeermias, K.(1958) Über den Jahresgang einiger Zucker in den Blättern von *Hedera helix* L.. Planta, 52: 195~205.  
 Jonathan J. Golathwaite and W. H. Latetsch(1968) Control of senescence in *Rumex* leaf dizes by gibberellic acid. Plant Physiol., 43: 1855~1858.  
 Kang, S. M.(1979) The biochemistry of nitrogen recycling in the apple. Ph. D. thesis, University of Illinois.  
 柏田 豊(1955) 桑の炭水化合物に關する研究(III). 桑條の遊離糖の時期的變化. 日蠶雜, 24: 76~79.  
 金浩樂(1980) 뽕나무 耐寒性에 關한 研究-특히 枝條 含有物質과 耐寒性과의 關係에 대하여. 韓蠶學誌, 22(1): 7~23.  
 Koga, S., A. Echigo and K. Nunomura(1966) Physical properties of cell water in partially dried *Saccharomyces cerevisiae*. Biophys. J., 6: 665~674.  
 黒田治之, 西山保直, 村上準市(1984) リンゴ樹耐凍性に及ぼす窒素とリン酸の施用ならびに秋施肥の影響. 北海道農試年報, 140: 1~11.  
 Levitt, J. and G. W. Scarth(1936) Frost-hardening studies with living cells. II. Permeability in relation to frost resistance and the seasonal cycle. Can. J.

- Res. C.*, **14** : 285~305.
- Levitt, J.(1956) *The Hardiness of plants*. Academic Press, New York.
- Lowry, O. H., N. J. Rosebrough, A. L. Farr and R. J. Randall(1951) Protein measurement with the Folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193** : 265~275.
- Okamura, T.(1973) Studies on the state of water in soybean in relation to moisture content. *Res. Bull. Obihiro Zootech Univ.*, Ser. 1, **8** : 89~317.
- Ozerol, N. H and J. S. Titus(1965) The determination of total chlorophyll in methanol extracts. *Trans. III. State Acad. Sci.*, **58** : 150~151.
- Parker, J.(1959) Seasonal changes in white pine leaves : A comparison of cold resistance and free-sugar fluctuations. *Bot. Gaz.*, **212** : 46~56.
- Quamme, H. A. C. Stushnoff and C. J. Weiser(1972a) The relationship of exotherms to cold injury in apple stem tissues. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **97** : 608~613.
- Quamme, H. A., C. J. Weiser and C. Stushnoff (1972b) The mechanism of freezing injury in xylem of winter apple twigs. *Plant Physiol.*, **51** : 273~277.
- 匂坂勝之助(1971a) ポプラの燐酸エステル含量と生活相の關係 II. 低温科學, 生物篇, **29** : 19~28.
- 匂坂勝之助(1971b) 0°C におけるポプラと馬鈴薯塊莖のりボ-ス-14C代謝. 低温科學, 生物篇, **29** : 29~38.
- 匂坂勝之助(1972) 開葉前後におけるポプラの遊離アミノ酸. 低温科學, 生物篇, **30** : 9~13.
- Sagisaka, S.(1974) Effect of low temperature on amino acid metabolism in wintering poplar. Arginine-glutamine relationships. *Plant Physiol.*, **53** : 319~322.
- Sagisaka, S. and T. Araki(1983) Amino acid pools in perennial plants of the wintering stage and at the beginning of growth. *Plant Cell Physiol.*, **24** : 479~494.
- 酒井 昭(1956) 植物における耐凍性増大と外圍溫度. 低温科學, 生物篇, **14** : 7~15.
- 酒井 昭(1957a) 木本類の耐凍性増大と糖類及び水溶性蛋白質との關係(1). 低温科學, 生物篇, **15** : 17~29.
- 酒井 昭(1957b) 桑枝條の耐凍性増大に及ぼす抑制劑の影響-先枯防止に對する試案. 日蠶雜, **26**(1) : 13~19.
- 酒井 昭(1958) 木本類の耐凍性増大過程 II. 耐凍性増大と糖類及び水溶性蛋白質との關係(2). 低温科學, 生物篇, **16** : 23~24.
- 酒井 昭(1960) 木本類の耐凍性増大過程 VII. 糖類の季節的變化(2). 低温科學, 生物篇, **18** : 1~14.
- Sakai, A.(1960) Relation of sugar content to frost hardiness in plants. *Nature*, **185** : 698~699.
- Sakai, A.(1962) Studies on the frost-hardiness of woody plants. I. The causal relation between sugar content and frost-hardiness. *Cont. Inst. Low Temp. Sci., Ser. B.*, **11** : 1~40.
- 酒井 昭(1964) 木本類の耐凍性増大過程 X. 枝の耐凍性を効果的にかめみ溫度. 低温科學, 生物篇, **22** : 29~50.
- 酒井 昭(1967) 木本類の耐凍性増大過程 . ニセアカシアの幹の耐凍性と物質變動の關係. 低温科學, 生物篇, **25** : 29~44.
- 酒井 昭(1972) 植物の寒害と耐凍性, 1968年以前の研究論文リスト. 雪永, **34** : 44~53.
- 酒井 昭(1977) 日本の常緑及び落葉廣葉樹の耐凍性. 低温科學, 生物篇, **35** : 15~43.
- Sakai, A.(1978) Freezing tolerance of evergreen and deciduous broad-leaved trees in Japan with reference to tree regions. *Low Temp. Sci. B.*, **36** : 1~19.
- 酒井 昭(1982) 植物の耐凍性と寒冷適應-冬の生理. 生態學-. 學會出版センタ, 東京, pp. 469.
- Shim, K. K. and Y. H. Ahn(1982) Seasonal changes in nitrogenous compounds in senescing leaf and bark tissues of the Ginto trees. *Jour. Kor. Soc. Hort. Sci.*, **23**(4) : 314~322.
- 沈慶久, 安永熙(1983) 造景樹木類의 葉綠素 變化에 關한 研究. 成大論文集(自然大), **34** : 197~206.
- Shim, K. K. and Y. H. Ahn(1983) Mobilization of storage nitrogen in ginko trees(*Ginko biloba* L.) shoot bark. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, **24**(1) : 35~41.
- Shim, K. K. and J. S. Titus(1985) Accumulation and mobilization of storage proteins in the Ginko shoot bark. *J. Kor. Soc. Hort. Sci.*, **26**(4) : 350~360.
- Siminovitch, D., C., M. Wilson and D. R. Briggs (1953) Studies on the chemistry of the living bark of the black locust tree in relation to frost hardiness V. Seasonal transformation and variation in the carbohydrates : Starch-sucrose interconversions. *Plant Physiol.*, **28** : 383~400.
- Siminovitch, D. and D. R. Briggs(1954) Studies on the chemistry of the living bark of the black locust tree in relation to frost hardiness VII. A possible direct effect of starch on the susceptibility of plants to freezing injury. *Plant Physiol.*, **29** : 331~332.
- Siminovitch, D., B. Rheume, K. Pomeroy and M. Lepage(1968) Phospholipid, protein, and nucleic acid increase in protoplasm and membrane structures associated with development of extreme freezing resistance in black locust tree cells. *Cryobiology*, **5** : 202~225.
- Trunova, T. I.(1963) The significance of different forms of sugars in increasing the frost resistance of the coleoptiles of winter wheat. *Fiziol. Rast.*, **10** : 495~499.
- Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Lock and K. A. Gomes(1972) *Laboratory manual for physiological studies of rice*. 2nd edition, the International Rice

Research Institute Philippines, pp. 38-41.

吉田静夫, 酒井 昭(1967) 木本類の耐凍性増大過程  
XIII. ニセアカシアの幹の耐凍性と物質變動との關係. 低温科學, 生物篇, **25**: 29~44.  
Yoo. W. H.(1982) Studies on the autumnal senes-

cence related to quantitative changes in nitrogenous compounds in different tissues of early and late apple varieties. Ph. D. thesis, Seoul National University.