
碩士學位論文

柑橘葉의 營養狀態와 耐凍性과의 關係

濟州大學校 大學院

園藝學科



1988年 12月

RELATONSHIP BETWEEN FREEZING TOLERANCE
AND NUTRITIONAL STATUS IN CITRUS LEAVES

Jai-Kwon, Cheong
(Supervised by Professor Doo-Khil Moon)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF AGRICULTURE

DEPARTMENT OF HORTICULTURE

GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

1988. 12.

柑橘葉의 營養狀態와 耐凍性과의 關係

指導教授 文 斗 吉

鄭 在 權

이 論文을 農學 碩士學位 論文으로 提出함.

1988年 12月 日

鄭在權의 農學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長

張田益 

委 員

한 해 룬 

委 員

文斗吉 

濟州大學校 大學院

1988年 12月 日

目 次

Summary

I. 緒 論	3
II. 研究史	4
III. 材料 및 方法	6
試驗 1. 잎의凍結溫度 및 水分狀態의 季節的 變化	6
試驗 2. 葉溫의 日變化	8
試驗 3. 凍結 및 融解速度와 低溫持續期間이 被害程度에 미치는 影響	8
試驗 4. 柑橘葉의 耐凍性 및 營養狀態의 季節的 變化	8
가. 耐凍性 測定	8
나. 葉內 無機成分 및 炭水化物 含量分析	9
試驗 5. 窒素施用水準이 耐凍性에 미치는 影響	9
試驗 6. 結實程度와 收穫時期가 耐凍性에 미치는 影響	9
IV. 結果 및 考察	11
1. 잎의凍結溫度 및 水分狀態의 季節的 變化	11
2. 葉溫의 日變化	14
3. 凍結 및 融解速度와 低溫持續期間이 被害程度에 미치는 影響	15
4. 柑橘葉의 耐凍性 및 營養狀態의 季節的 變化	16
가. 季節別 耐凍性 變化	16
나. 葉內 無機成分 및 炭水化物 含量의 季節的 變化와 耐凍性과의 關係	19
5. 窒素施用水準이 耐凍性에 미치는 影響	26
6. 結實程度와 收穫時期가 耐凍性에 미치는 影響	29
V. 摘 要	32
引用文獻	33

Summary

This study was carried out in order to obtain some basic data necessary to develop the cultural practices to increase freezing tolerance of *Citrus* tree in cold season. The seasonal changes in freezing tolerance of *Citrus* leaves, and mineral and carbohydrate contents were analyzed from Nov. 1987 to Apr. in 1988.

The results obtained are summarized as follows;

1. Freezing temperature observed in leaf of *C. unshiu* cv. Aoshima was -7.2°C in Nov. , gradually decreased down to -10.5°C in Feb. , and rapidly increased from Mar. Seasonal changes in water content and water potential of leaf showed the same pattern as those of leaf freezing temperature.
2. The leaf temperature observed on a clear and calm winter day were higher by about 4°C during daytime and lower by 0.5°C at night than the ambient air temperature.
3. Cold injury was increased by the longer duration of low temperature and by the rapid cooling or thawing.
4. The TTC reduction(%) were remarkably decreased by the incubation of leaf at -2°C for 2 h in Dec. , while it was not affected by the treatment at -10°C for 2 h in Jan. and Feb. In Mar. , the TTC reduction(%) was decreased by the treatment at -4°C for 2 h.
5. Only nitrogen content among various leaf inorganic elements often showed the positive correlation with leaf freezing tolerance in the same season. Seasonal changes in nitrogen contents, however, were not consistent with those in freezing tolerance.

-
6. Seasonal changes in the contents of total sugars, reducing sugars and total carbohydrates in the leaf were closely correlated with those in the freezing tolerance, while the correlation between the carbohydrate contents and the freezing tolerance was not recognized among trees in the same season.
 7. The application of excess nitrogen up to 24 kg/10a (2 times of standard level) increased both the leaf nitrogen content and the freezing tolerance, whereas 3 times of standard nitrogen didn't.
 8. Late harvest decreased the leaf freezing tolerance in the trees with heavy crop.

I. 緒 論

우리나라의 柑橘栽培地는 世界柑橘栽培地域中 氣象的으로 北端에 位置하고 있어서¹²⁾ 겨울철 低溫이 栽培上 큰 制限要因이 되고 있다. 樹體生長 및 果實品質 등을 評價하여 濟州道에서의 柑橘 經濟栽培 可能地는 海拔 200m 以下라고 報告한 바 있다.⁹⁾ 그러나 1964年 以後 政府의 積極的인 支援으로 柑橘栽培面積이 急增하면서 地形이나 局地的인 微氣象을 考慮치 않은 無計劃的인 栽植이 이루어져 地域에 따라서는 거의 常習的으로 寒害를 받고있는 果園도 많은 實情인데 特히 1977年 2月에 來襲한 寒波로 因한 落葉被害는 濟州道 全體 柑橘園에서 約 40%以上이었던 것으로 알려져 있다.⁴¹⁾

濟州道 柑橘의 主宗을 이루고 있는 溫州蜜柑은 食用이 可能한 柑橘類中에서 耐寒性이 가장 強한편이며,^{2, 16, 26)} 또한 台木인 탕자도 耐寒性이 強한 種類로 報告되고 있다.^{15, 20, 21)} 耐寒性의 程度는 同一 品種이라고 할지라도 樹體內 營養條件이나 樹令에 따라 다르고,³¹⁾ 結實程度^{27, 28)} 施肥量,^{8, 26, 28)} 土壤管理方法⁴⁾ 및 防風樹 管理⁴⁵⁾ 등 栽培條件에 따라서도 差異가 있다.

본 研究는 今後 耐寒性을 增進시킬 수 있는 栽培管理 方法을 追究해 나가기 爲한 基礎資料를 얻고자 1987年 11月부터 翌年 봄까지 興津早生, 靑島溫州, 黃金夏橘을 供試하여 耐凍性과 葉內 無機成分 및 炭水化合物 含量의 時期別 變化를 調査하여 잎의 營養狀態와 耐凍性과의 關係를 比較 分析하였다.

II. 研究史

柑橘은 아시아大陸 東南部 原産인 亞熱帶性 常綠果樹⁴⁸⁾로 겨울에도 自發休眠을 하지 않으며 低溫에 依한 生育過程의 停止, 糖 및 其他 滲透壓에 影響을 미치는 化合物의 蓄積, 自由水 含量의 減少, 그리고 細胞膜과 原形質의 安定化 等에 依해서 耐寒性 增強이 이루어진다고 알려져 있다.⁸²⁾

柑橘의 耐寒性 增強에 影響을 미치는 環境要因은 溫度^{31, 50, 73, 74, 81)}, 光^{72, 79)}, 그리고 水分條件^{31, 71, 75)} 等이 報告되고 있는데, 一定한 環境條件下에서도 耐寒性 增強程度는 品種^{81, 83)}이나 台木⁷⁷⁾에 따라서도 差異가 있다.

葉內 無機成分 含量에서 볼 때 窒素^{27, 28)}와 칼륨含量⁶⁴⁾이 耐寒性和 正의 相關이 있는 것으로 報告되고 있다. 그러나 窒素²¹⁾나 칼륨含量²⁵⁾이 높은 나무가 반드시 耐寒性 程度와 一致하지 않을 때도 있으며^{24, 25)}, 이들을 同時에 過多하게 施用할 때도 耐寒性이 弱해졌다는 報告가 있다.⁶⁴⁾ Spencer 等⁵⁹⁾은 그레이프후루트의 幼木에 對하여 磷酸과 칼슘含量이 1.01~4.52%까지 넓은 範圍를 나타내었는데도 被害程度에는 差異가 없었고 磷酸含量이 높을 때는 被害가 甚하였다고 하였는데, 이때 磷酸含量은 0.15~0.33%로 그레이프후루트의 磷酸 平均含量 0.14%⁶⁰⁾에 비해 높은 水準이었다.

Krezdorn 等³³⁾은 微量要素는 缺乏되지 않는 한 影響이 없었다고 하였고, Swietlik 等⁶²⁾은 그레이프후루트의 葉內 鐵, 亞鉛, 銅含量이 各各 59, 24, 4.9ppm 以下로 낮은 水準이었는데도 被害程度와 相關을 보이지 않았으나, 망간含量이 낮을 때(24ppm 以下)는 被害가 甚하였다고 하였으며, 망간含量이 높을 때도 被害가 增加되는 것으로 報告되고 있다.²⁸⁾ 窒素는 칼륨이나 磷酸과 相互 拮抗的 關係가 있고⁴⁹⁾, 칼륨이 缺乏되면 칼슘, 마그네슘, 鐵, 窒素 等이 增加되는 等 無機成分 相互間에 서로 복잡한 關係가 있는 것으로 알려져 있는데, 特定成分이 過多하거나 缺乏될 때 樹體內 無機營養分의 不均衡⁷⁾ 또는 生理障害로 耐寒性 弱화가 招來되는 것으로 나타나고 있어^{26, 28, 64)} 均衡施肥의 重要性이 암시되고 있다. 또한 多量의 化學肥料 施用은 一時的인 濃度障害를 일으켜 細根이 減少되고, 土壤이 酸性化하는데 이러한 境遇도 耐寒性이 弱化되는 것으로 報告

되고 있다. 17, 19, 28)

葉內 無機成分 含量은 品種에 따라 다르고, 7) 같은 品種에 있어서도 結實程度²⁷⁾나 栽培條件^{25, 28)} 또는 台木의 種類에 따라서도 差異가 있는 것으로 報告되고 있다. 1)

秋季以後 氣溫이 낮아짐에 따라 葉內 水分含量이 減少되고^{31, 74, 75)} 全炭水化物^{24, 50, 74)} 및 全糖^{34, 71, 78, 81)}이 增加되며 特히 還元糖의 增加가 크고^{30, 50, 57, 78, 81, 82)} 澱粉은 減少^{30, 31, 57, 78)} 되는 것으로 報告되고 있다. 또한 人爲的인 耐寒性 增強條件⁷⁴⁾이나 水分스트레스, 75) 低地溫 處理 等에 依해서도 같은 結果를 나타내어 糖含量의 增加가 耐寒性 增強에 關係하는 것으로 알려져 있다. 71)

葉中の 糖의 增減은 澱粉含量의 增減과 密接한 關係가 있어 氣溫低下에 따른 澱粉의 糖化는 細胞의 滲透壓을 높여^{30, 31, 65, 78)} 耐寒性이 增加되는 것으로 報告되고 있는데, 46, 71) Young⁶²⁾은 糖의 增加는 結合水를 增加시켜 組織內 水分의 安定性을 높힘으로써 耐寒性이 增加되는 것으로 推察하였다.

小中原^{30, 31)}와 佐々木 等⁵³⁾도 溫州蜜柑과 八朔 等에서 耐寒性이 가장 강한 1~2월에 糖含量이 많아, 糖含量이 많을수록 耐寒性이 增加된다는 것을 認定하였고, Yelenosky⁴⁾는 糖과 澱粉의 含量比가 13 : 1일때 耐寒性이 가장 강하였다고 報告하였다. 또한 Layne 等³⁶⁾은 복숭아에서 同一 時期에 耐寒性과 全糖 및 還元糖과는 正의 相關이 認定되었다고 하였다. 그러나 柑橘²⁰⁾과 사과⁴³⁾ 品種間 耐寒性 差異나, kiwifruit와 自生다래間의 耐寒性 差異를 糖 含量程度로 判斷하기는 困難하였다는 報告도 있다. 24)

炭水化物 含量도 栽培條件²⁸⁾이나 結實程度^{11, 18, 54)}에 따라 差異가 있고, 칼리 施用量에 따라서도 影響을 받는 것으로 알려져 있어 無機營養狀態나 炭水化物 含量에서 본 柑橘의 耐寒性 增加要因은 아직도 많은 檢討의 餘地가 있다.

Ⅲ. 材料 및 方法

試驗 1. 잎의 凍結溫度 및 水分狀態의 季節的 變化

濟州試驗場 圃場(濟州市, 海拔 180m)에 栽植된 15年生 靑島溫州를 供試하여 1987年 11月부터 翌年 4月까지 每月 잎의 凍結溫度, 水分含量 및 水分 포텐살을 調査하였다.

잎의 凍結溫度는 10~15cm 길이 程度의 春枝에서 先端으로부터 2~3번째 잎을 供試하였다. Martsof 等³⁹⁾의 方法으로 그림 1과 같이 copper constantan thermocouple 끝의 溫度感知部를 잎의 主脈에 插入하여 凍結箱에 넣었다. 溫度가 내려감에 따라 잎 表面에 생기는 結露現象이 잎의 凍結溫度에 影響을 주기 때문에¹³⁾ 그림 2와 같은 裝置

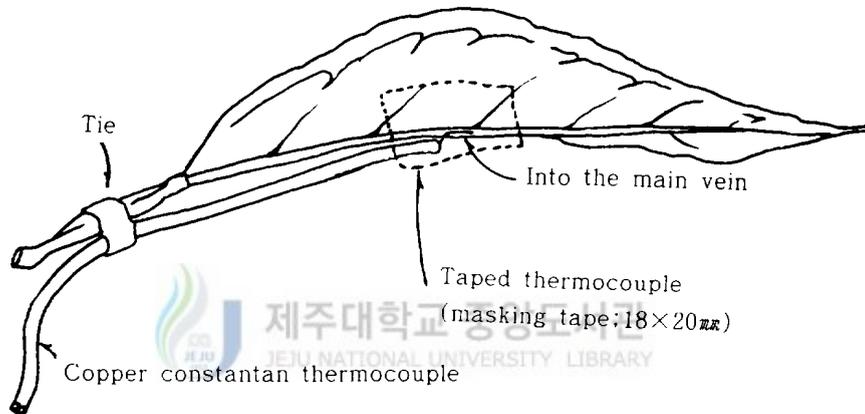


Fig. 1. Side view of *Citrus* leaf with the thermocouple inserted to the main vein for leaf temperature measurement

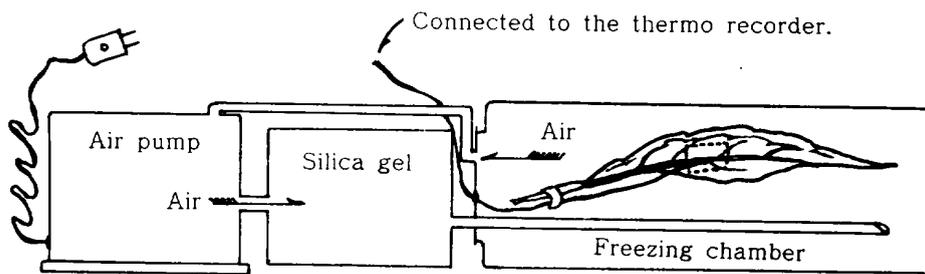


Fig. 2. Apparatus for monitoring the changes in leaf temperature during freezing

를 만들어 1~2分間 空氣를 循環시킴으로써 凍結箱 内部의 空氣를 除濕시킨 後 除濕裝
置가 附着된 狀態로 凍結箱을 $-16 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 의 冷凍庫에 넣어 葉溫變化를 觀察하였다.
multimeter(Eko instruments Trading Co. LTD Japan)로 每 4秒마다 溫度變化를
記錄하여 最初로 融解熱이 發生되는 點을 凍結溫度로 判讀하였다. ^{61,66)}

1회에 20~30枚의 잎을 供試하여 葉柄을 除去한 葉身을 부드러운 수건으로 깨끗이
닦고 生體重과 葉面積을 測定한 다음 105°C 의 乾燥器에서 3日間 乾燥後 稱量하여 生體
重에 對한 水分含量을 換算하였다.

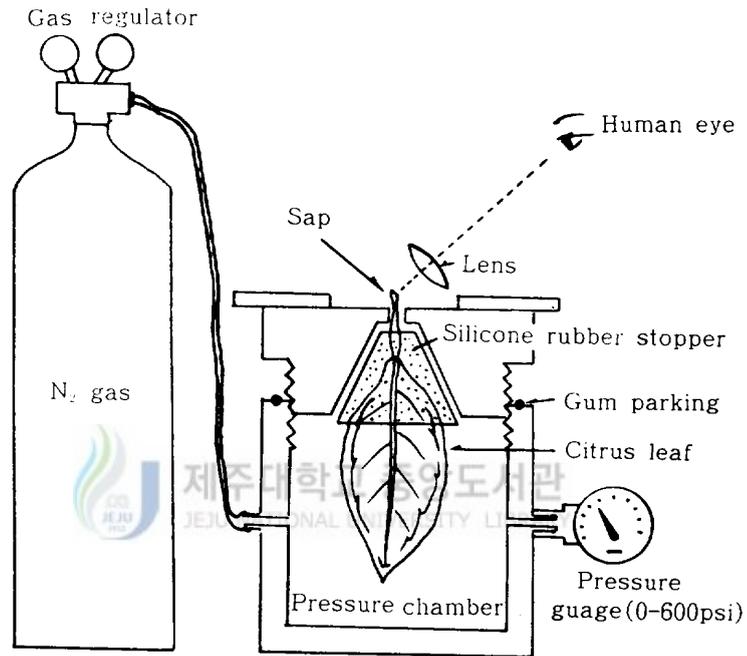


Fig. 3. Apparatus measuring water potential of the leaf

잎의 水分 포텐살은 測定用 나무를 標識해 놓고, 每月 上旬頃에 바람이 없고 맑은날
을 택하여 日中 水分 포텐살이 가장 낮은 午後 1~2時^{40,63)} 사이에 測定하였다. 나무의
南쪽 方向에서 春枝의 先端으로부터 2~3번째 잎을 採取한 즉시 그림 3과 같이 실리콘
고무마개로 잎을 固定하여 壓力箱에 넣은후 窒素가스로 $5\text{psi/sec} (=0.34\text{bar/sec})$ 의
速度로 加壓⁴⁰⁾하면서 葉柄의 切斷面에 導管의 물이 到達하는 瞬間 加壓을 멈추고 計器
上의 壓力을 읽었다.

試驗 2. 葉溫의 日變化

2.7×2.7m 間隔으로 栽植된 15年生 南柑 20號(樹高: 1.6m) 圃場에서 햇빛을 잘 받는 樹冠上部的 잎의 溫도와 周圍 氣溫의 日變化를 調査하였다.

葉溫測定은 그림 1과 같이 copper constantan thermocouple 끝의 溫度感知部를 잎의 主脈에 插入하여 테이프로 固定하였고, 氣溫測定用 溫度感知部는 알미늄호일로 그늘지게 한 後 葉溫測定用 잎과 10cm程度 떨어진 곳에 設置하여 multimeter로 每 15分마다 溫度를 調査하였다.

試驗 3. 凍結 및 融解速度와 低溫持續期間이 被害程度에 미치는 影響

15年生 靑島溫州의 健全한 春枝를 대상으로 低溫持續期間의 影響은 1987年 12月에, 凍結 및 融解速度의 影響은 1988年 2月에 評價하였다.

低溫持續期間은 -8℃에서 2, 4, 6, 8時間으로 달리하고, 溫度下降 및 上昇速度는 時間當 2℃와 6℃를 組合한 4處理에 對한 被害程度를 比較하였다. 其他의 方法과 被害程度測定은 試驗 4의 耐凍性 測定法에 準하였다.

試驗 4. 柑橘葉의 耐凍性 및 營養狀態의 季節的 變化

濟州試驗場 西歸柑橘試驗地(西歸浦市 東烘洞, 海拔 60m)에 栽植된 樹勢良好한 20年生 興津早生, 靑島溫州, 黃金夏橘을 각 10株씩 標識하여 1987年 11月 下旬부터 翌年 3月까지 每月 耐凍性을 調査하고 葉內 無機成分含量과 炭水化物含量을 分析하였다.

가. 耐凍性 測定

나무의 4方에서 10cm程度의 健全한 春枝를 採取하여 폴리에틸렌봉지에 넣은 후 實驗室로 運搬하였다. 4℃에서 2時間동안 冷蔵시킨 다음 時間當 2℃씩 溫度를 下降시켜 處理溫度에서 2時間 處理하였다. 融解는 溫度下降時의 逆順으로 하였으며, 4℃에서 2時間 經過後 Yadava 等⁷⁰⁾의 TTC檢定方法을 變形하여 잎의 被害程度를 評價하였다.

가지의 先端에서 2~3번째 잎의 中央部 主脈을 除外한 葉身을 4~6mm²의 切片으로 切른 後 100±5mg으로 稱量하여 TTC檢定 試料로 하였다. 0.6% TTC(2,3,5-triphenyl

tetrazolium chloride) 溶液 2.5ml이 들어있는 15ml들이 시험관에 시료를 넣고 잘 흔들어 잎 表面에 TTC溶液이 고루 묻게 한 다음 1분동안 減壓(2~10mmHg)하여 組織內로 浸透시켰다. 이것을 30℃의 恒溫器에서 暗黑狀態로 15時間동안 反應시킨 후 잎 切片을 蒸溜水로 數回 헹군다음 따로 준비된 시험관에 옮겼다. 7~9ml의 95% 에타놀을 加하여 80℃의 恒溫水槽에서 10分동안 앞에서 反應한 formazan을 抽出하고 어두운 곳에서 室溫으로 冷却시킨 다음 95% 에타놀을 加하여 10ml로 定량한 後 530nm의 波長에서 吸光度를 測定하였다. 低溫에 遭遇시키지 않고 4℃에 保管했던 가지를 對照區로 하여 TTC還元力(%)은 對照區의 吸光度에 對한 處理溫度에 處理된 잎의 吸光度를 百分率로 나타내었는데 TTC還元力이 높은 것은 被害程度가 적고, 따라서 耐凍性이 큰 것으로 評價하였다.

나. 葉內 無機成分 및 炭水化物 含量分析

葉分析 試料은 耐凍性 測定에 供試되었던 같은 나무 같은 時期에 春枝上의 先端으로부터 2~3번째 잎을 採取하여 中性洗劑와 脫이온水로 씻고 -50℃의 冷凍庫에 貯藏하였다가 凍結眞空 乾燥하여 40~50mesh로 粉碎하고 4℃의 冷藏庫에 保管하면서 分析하였다. 窒素는 Micro-kjeldahl法으로, 磷酸은 Vandate法으로 分析하고 칼륨, 칼슘, 마그네슘 및 微量要素는 原子吸光光度計로 分析하였다.⁴⁷⁾ 全炭水化物, 全糖, 澱粉 含量은 Anthrone法⁸⁴⁾으로, 還元糖은 Somogyi法⁶⁸⁾으로 分析하였다.

試驗 5. 窒素 施用水準이 耐凍性에 미치는 影響

西歸浦市 東烘洞(海拔 70m)에 所在한 柑橘園에서 12年生 興津早生을 供試하여 前年度에 窒素 12kg/10a를 標準施肥量으로 하고 2, 3倍量區를 設定하여 亂塊法 4反復(區當 1株)으로 遂行하고 1988年 2월에 處理別 耐凍性 및 葉內 無機成分과 炭水化物含量을 試驗 4에 準하여 分析하였다.

試驗 6. 結實程度와 收穫時期가 耐凍性에 미치는 影響

試驗 4와 같은 場所에서 杉山溫州 20年生을 供試하여 多結實樹(葉: 果比, 20:1)와

少結實樹(葉：果比, 50 : 1)로 區分하고, 다시 50~60% 및 90~100% 着色時 收穫하는 早期 및 晚期收穫區로 區分하여 2×2 要因試驗 4反復(區當 1株)으로 處理한 後 1988年 2月에 耐凍性과 葉內 無機成分 및 炭水化物 含量을 試驗 4와 같은 方法으로 分析하였다.



IV. 結果 및 考察

1. 잎의 凍結溫度 및 水分含量的 季節的 變化

잎의 凍結時 葉溫變化 曲線은 그림 4와 같았는데, 凍結時 發生하는 融解熱로 因하여 溫度下降이 一時 멈추고 오히려 上昇하기 始作하는 點(그림 4, C點)의 溫度를 잎의 凍結溫度로 하였다.

잎을 攪汁하여 얻은 汁液의 凍結時 溫度變化 曲線(그림 4, A)은 融解熱 發生에 依한 溫度上昇은 뚜렷하였으나 凍結溫度는 生葉狀態보다 0.7°C程度 높았기 때문에 잎의 凍結溫도의 季節的 變化는 生葉狀態에서 測定하였다.

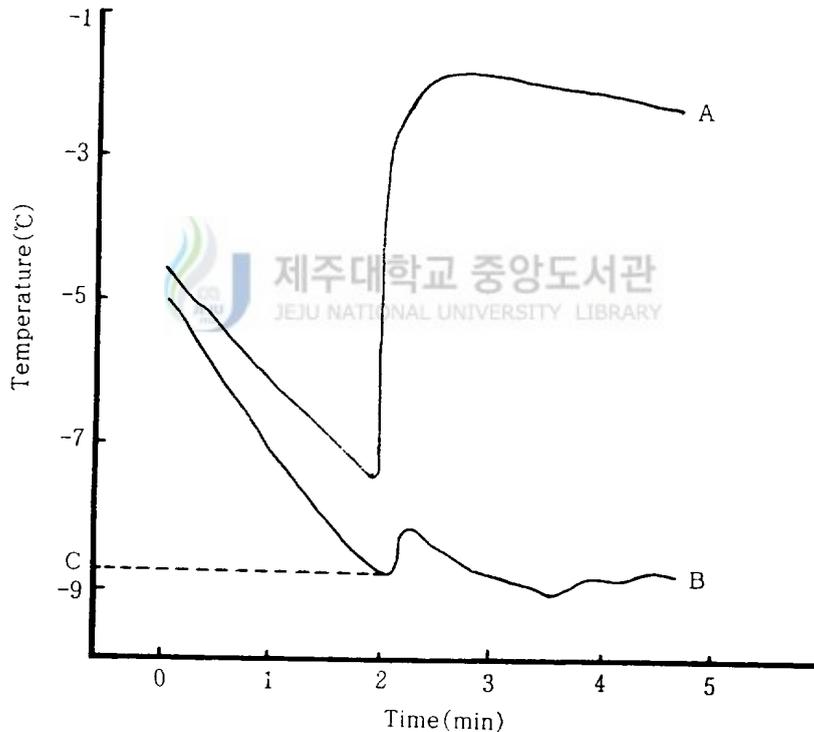


Fig. 4. Record of temperature (freezing curve) during the controlled freezing of a detached leaf (B) and leaf homogenate (A) in *C. unshiu* cv. Aoshima

靑島溫州 잎의 凍結溫度는 11月上旬에는 -7.2°C 였고, 2月에는 -10.5°C 로 最低를 나타내었으며 3月以後 急激히 높아졌는데 이러한 凍結溫도의 季節的 變化는 日平均氣溫의 季節的 變化와 비슷하였다(그림 5).

Yelenosky⁷⁵⁾는 水分 스트레스를 받고 있는 잎은 平均 1.1°C 程度 過冷却되고, 잎에 물을 뿌렸을 때는 凍結溫度가 $1\sim 3^{\circ}\text{C}$ 範圍內에서 上昇했다고 하였다.⁷⁶⁾ 잎 表面이 젖어 있을 때는 表面에 있는 水分이 먼저 結氷되면서 빠른 速度로 組織內에 있는 水分으로 結氷이 擴散되기 때문에 乾燥한 狀態보다 잎의 凍結溫度가 높아지는 것으로 알려지고 있다.¹³⁾

잎이 凍結될 때는 작은 油浸狀의 斑點들이 發生하고 凍結이 進行됨에 따라 잎 全體로 擴散되어 갔는데 凍結溫度가 높았던 11月과 3月에는 初期부터 큰 斑點이 나타났는데 反해 耐凍性이 컸던 1~2月에는 그 크기가 아주 작았다. 이러한 現象은 凍結時 動員될 수 있는 自由水의 含量差에 依한 것이 아닌가 생각된다.

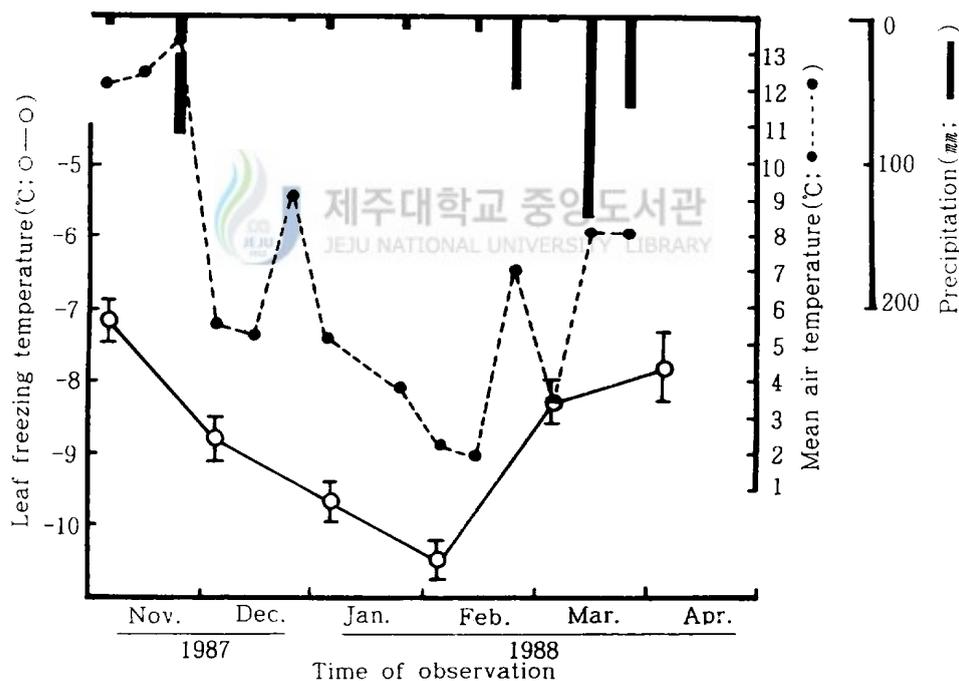


Fig. 5. Seasonal fluctuations in mean air temperature, precipitation and leaf freezing temperature of *C. unshiu* cv. Aoshima

低溫에 의해 耐凍性 增強이 이루어짐에 따라 凍結溫度가 낮아지고⁷³⁾ 耐凍性이 增加되는데, Anderson 等²⁾은 耐凍性을 充分히 獲得한 1月 溫州蜜柑 잎의 凍死溫度는 -11°C로 報告하였고, Huang¹⁴⁾도 -9°C以下부터 被害가 觀察되었으며 -12°C以下에서 被害가 甚하게 되는 것을 確認하였다. 小中原^{30,31)}는 盆에 栽植된 杉山溫州 幼木은 耐凍性이 가장 強한 1月下旬과 2月上旬에는 -7.5°C~-8°C에서 3時間 凍結에 견디는 程度의 耐凍性을 나타내었다고 하였다. 本 研究에서 觀察된 잎의 凍結溫도의 季節的 變化는 以上에서 言及된 耐凍性의 季節的 變化에 對한 既存 研究成績들을 잘 說明해 주는 結果라고 생각된다.

葉內 水分含量은 11月上旬에 59.4%였으나 잎의 凍結溫度가 가장 낮았던 2月中旬에는 49.9%로 9.5%의 減少를 보였고, 3月以後 急激히 增加되었다. 잎의 水分 포텐셜도 水分含量의 變化와 같은 傾向으로 減少되어 2月中旬에는 -39.9bar까지 낮아졌고, 3月以後부터 높아졌다(表 1). 本 試驗期間에는 12月上旬부터 2月上旬까지의 降雨量이 20mm에 不過한 冬季 가뭄現象을 나타내어(그림 5) 잎의 水分含量 變化가 降雨量의 影響을 받은 것으로 생각된다. 그러나 山田 等⁷¹⁾은 秋季以後 地溫이 내려감에 따라 뿌리의 吸水機能이 떨어져 葉內 水分含量이 減少된다고 하였다. 人爲的으로 溫度와 光 等を 調節하여 耐凍性 增強條件을 주었을 때도 水分含量이 減少되는 것으로 報告되고 있다.⁷⁴⁾ 이러한 水分含量의 變化는 體內 成分變化에 影響을 미쳐^{71,74)} 잎이 지나치게

Table 1. Monthly variation of moisture content and water potential in *C. unshiu* cv. Aoshima

Month	Moisture content (%)	Water potential (bars)
Early Nov.	59.4±1.1 ^z	-18.1±0.4
Early Dec.	56.2±3.1	-27.9±0.7
Mid Jan.	54.3±1.0	-32.1±0.5
Mid Feb.	49.9±0.5	-39.9±0.8
Early Mar.	55.0±0.1	-30.9±1.0
Late Apr.	55.6±0.2	-13.0±0.8

^z $\bar{X} \pm SE$

萎凋되는 境遇⁷³⁾를 除外하고는 水分 스트레스를 받고 있는 狀態에서 耐凍性이 增加되는 것으로 알려져 있다. 蒸散抑制劑인 Foliguard 등을 處理했을 때는 오히려 耐凍性이 弱해진다는 報告도 있다.⁷³⁾

2. 葉溫의 日變化

바람이 없고 맑은 겨울날 나무 先端部의 햇빛을 잘 받는 잎과 잎 周圍의 氣溫의 日變化를 調査한 結果는 그림 6 과 같았다.

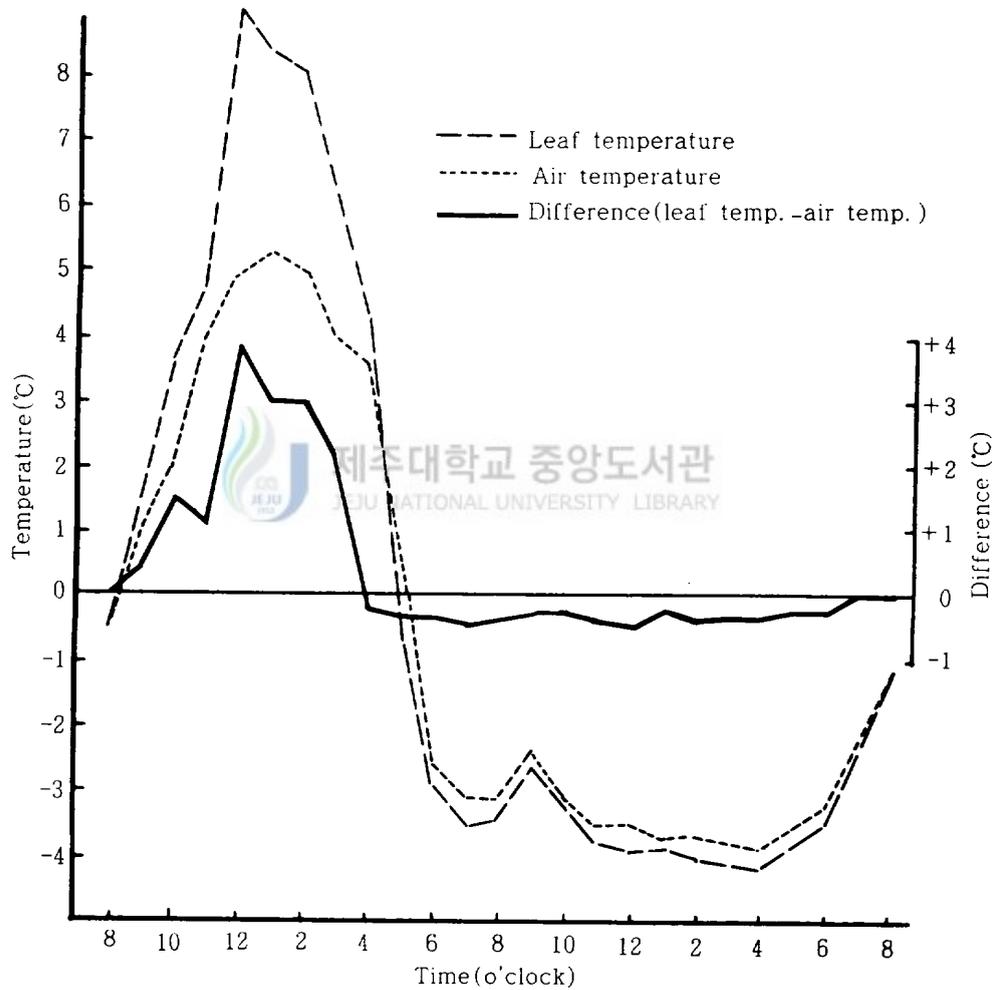


Fig. 6. Daily changes in air temperature and leaf temperature (Feb. in 1988)

葉溫은 午前 햇빛이 葉面에 비칠때 부터 빠른 速度로 높아지기 始作하여 12時頃에는 氣溫보다 4℃까지 높았고, 日沒이 되면서 反轉되어 夜間에는 氣溫의 높고 낮음에 거의 關係없이 0.5℃程度 낮게 維持되었다. 이는 溫度가 낮은 夜間에 氣溫보다 葉溫이 더 下降하기 때문에 翌의 凍結溫度보다 높은 氣溫에서도 凍害가 發生할 수 있음을 보여주는 結果라고 생각된다.

3. 凍結 및 融解速度와 低溫持續期間이 被害程度에 미치는 影響

그림 7은 凍結 및 融解速度에 따른 翌의 TTC還元力 減少를 나타낸 것이다.

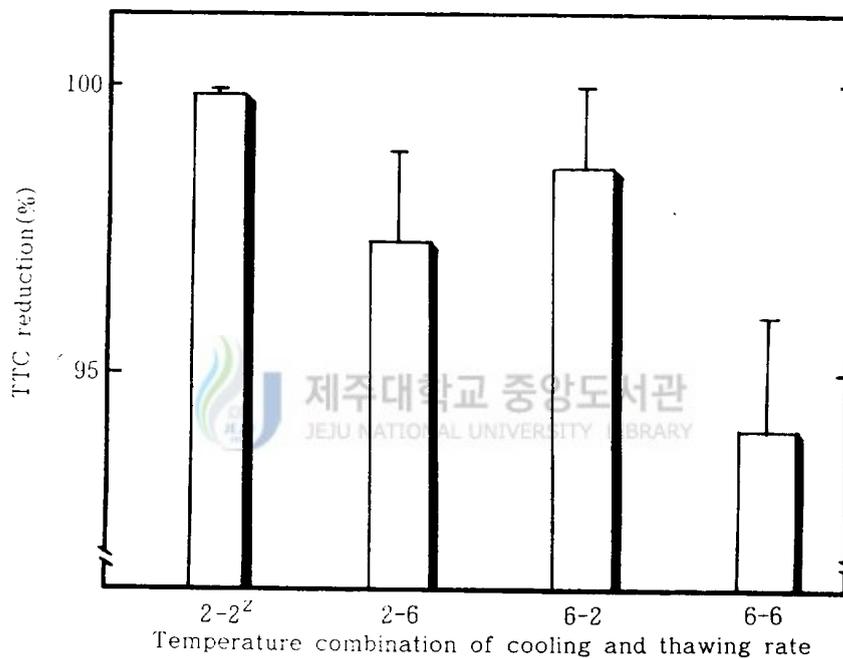


Fig. 7. Effect of cooling and thawing rates on TTC reduction (%) in *C. unshiu* cv. Aoshima (Feb. in 1988)

^z Cooling rate (°C/hr) - Thawing rate (°C/hr)

凍結 및 融解速度가 빠를수록 被害가 커졌는데 凍結速度보다는 融解速度의 影響을 더 크게 받는 것으로 나타났다. 또한 低溫持續期間이 길어질수록 거의 直線的으로 被害가 增加되었는데(그림 8) 落葉果樹에서도 寒害被害는 主로 低溫에 依해 影響을 받고,

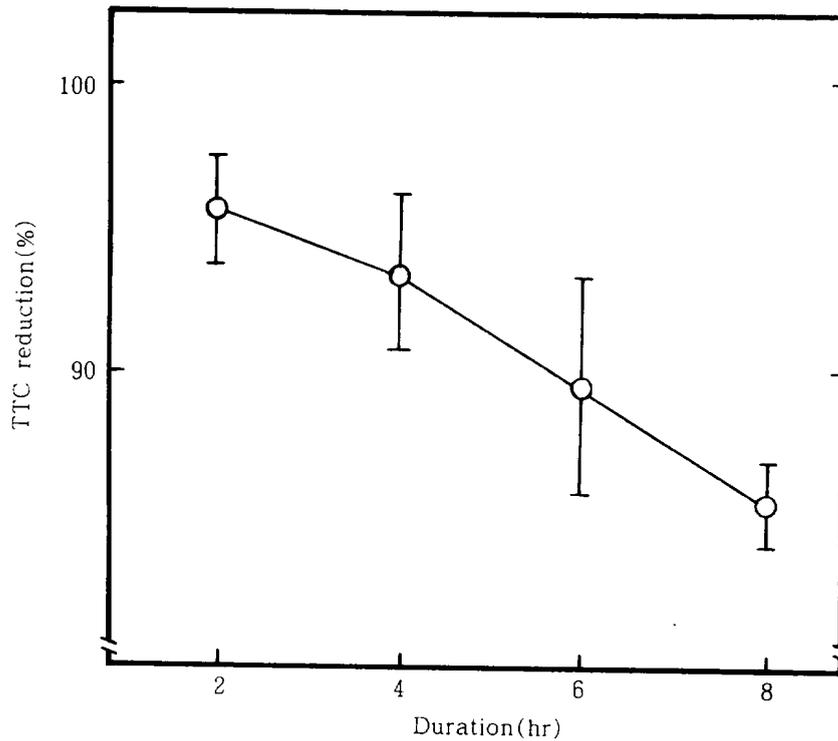


Fig. 8. Effect of low temperature duration (-8°C) on TTC reduction (%) in *C. unshiu* cv. Aoshima (Dec. in 1987)

同一 低溫下에서도 持續期間이 길수록 增加되는 것으로 알려져 있다.^{25, 58)} 濟州道 柑橘 栽培地域의 冬季 最低氣溫은 寒害被害가 甚했던 1977年 2月의 境遇 西歸測候所에서는 -6.8°C 로 測定되었고, 當時 -5°C 以下 持續期間은 12時間으로 나타나고 있어⁴¹⁾ 被害의 主因은 局地氣象 現象에 依한 低溫뿐만 아니라 低溫持續期間이나 溫度의 急變에 依한 것으로 생각되었다.

4. 柑橘葉의 耐凍性 및 營養狀態의 季節的 變化

가. 季節別 耐凍性 變化

興津早生, 靑島溫州, 黃金夏橘을 供試하여 TTC檢定方法으로 測定한 季節別 耐凍性은 上記品種 共히 11月에는 -2°C 부터 被害가 나타나기 始作하였고, 溫度가 낮아질수록

그 정도가甚하였다. 1月과 2月에는 -10°C 에서 2時間凍結에서도被害가 거의 나타나지 않았으며 3月下旬에는 -4°C 以下부터被害를 입는 것으로觀察되었다(그림 9). 品種別로 볼 때 11月에는 黃金夏橘이多少 낮은傾向이였고 12月以後부터는差異가 없었으며, 3月에는 興津早生이 높았다(그림 10). 耐凍性이 가장 강한 1月과 2月에 -10°C 에서 4時間凍結時에는 興津早生은 1月과 2月 모두 TTC還元力의減少가 10%程度로 비슷하였으나 靑島溫州와 黃金夏橘은 1月の減少가 15~20%였다가 2月에는 10%以內로 보여 耐凍性增加가 2月까지繼續되는 것으로 나타났다. 黃金夏橘은 他品種에比하여 耐凍性獲得이 느리고 反對로 消失이 빨라 11月이나 3月에는 寒波에 依한 寒害의 危險性이 큰 것으로 생각되었다.



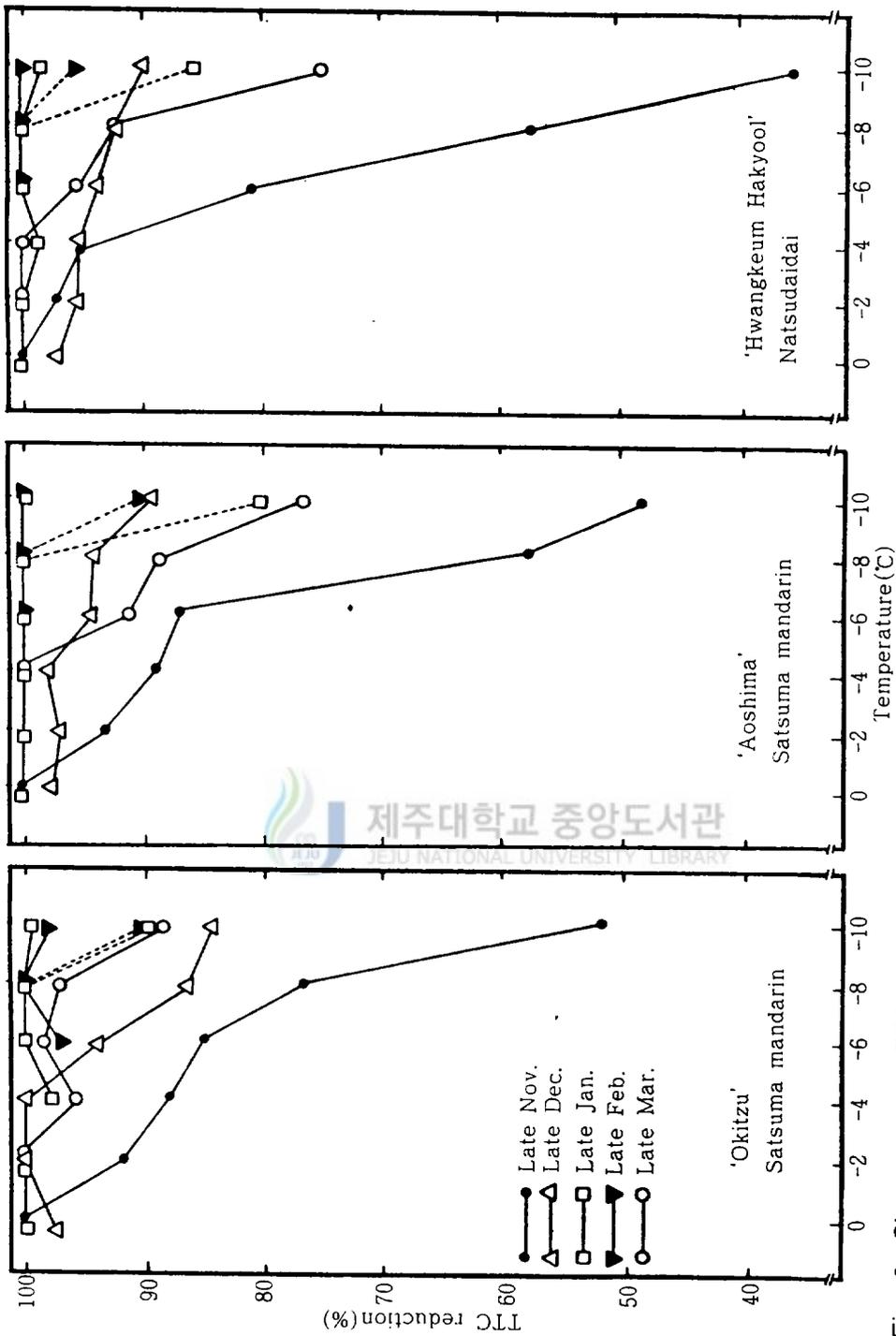


Fig. 9. Changes in the TTC reduction (%) by *Citrus* leaves as affected by low temperature treatments in different seasons. Leaves were incubated at each temperature for two hours except those (for four hours) indicated by dotted line

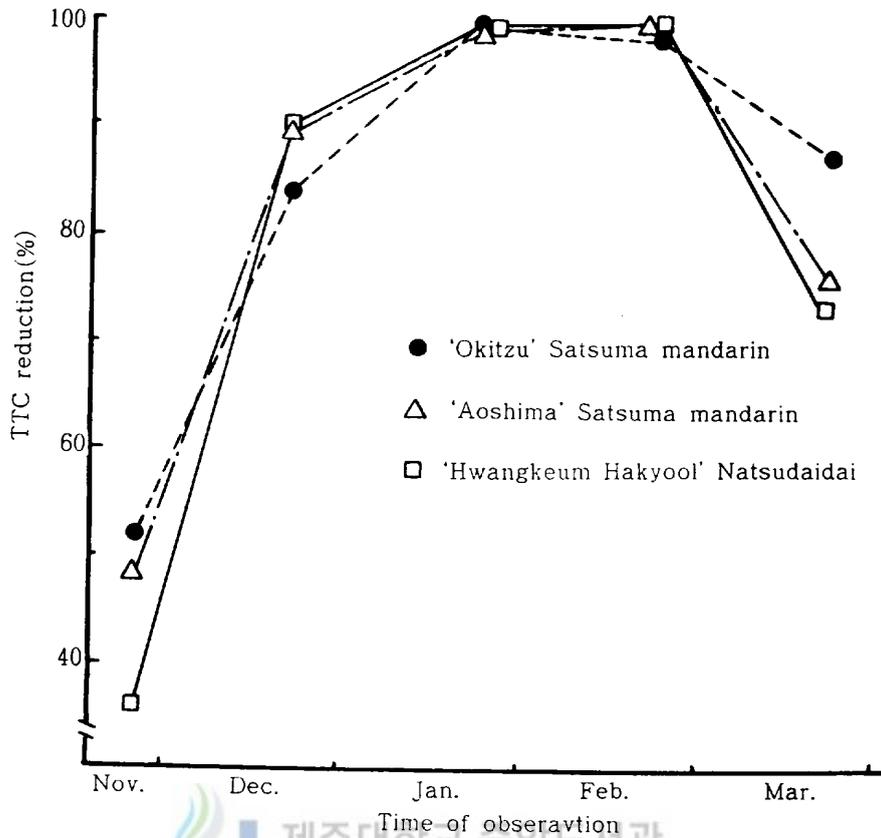


Fig. 10. Seasonal changes in the TTC reduction (%) by *Citrus* leaves as affected by low temperature (-10°C) for two hours

나. 葉內 無機成分 및 炭水化物含量의 季節的 變化와 耐凍性과의 關係

葉內 窒素 및 칼륨含量은 11月以後 漸次 낮아져서 1月과 2月に 各各 가장 낮았고 以後 높아지는 經時的 變化를 보였는데 變化幅은 크지 않았다. 品種間에서 볼 때 窒素含量은 黃金夏橘이 11月과 12月에는 他 品種보다 낮았으며 全 期間을 通하여 칼슘含量은 높고, 칼륨含量은 낮은 傾向을 나타내었다(그림 11). 微量要素는 3品種 共히 큰 差가 없었으나 鐵含量은 時期에 따라 含量變化가 多少 甚하였다. 네블오렌지에 있어서는 鐵含量이 높아지고, 銅含量은 낮아진다는 報告³⁵⁾가 있으나 本 試驗結果에서는 傾向이 뚜렷하지 않았다.

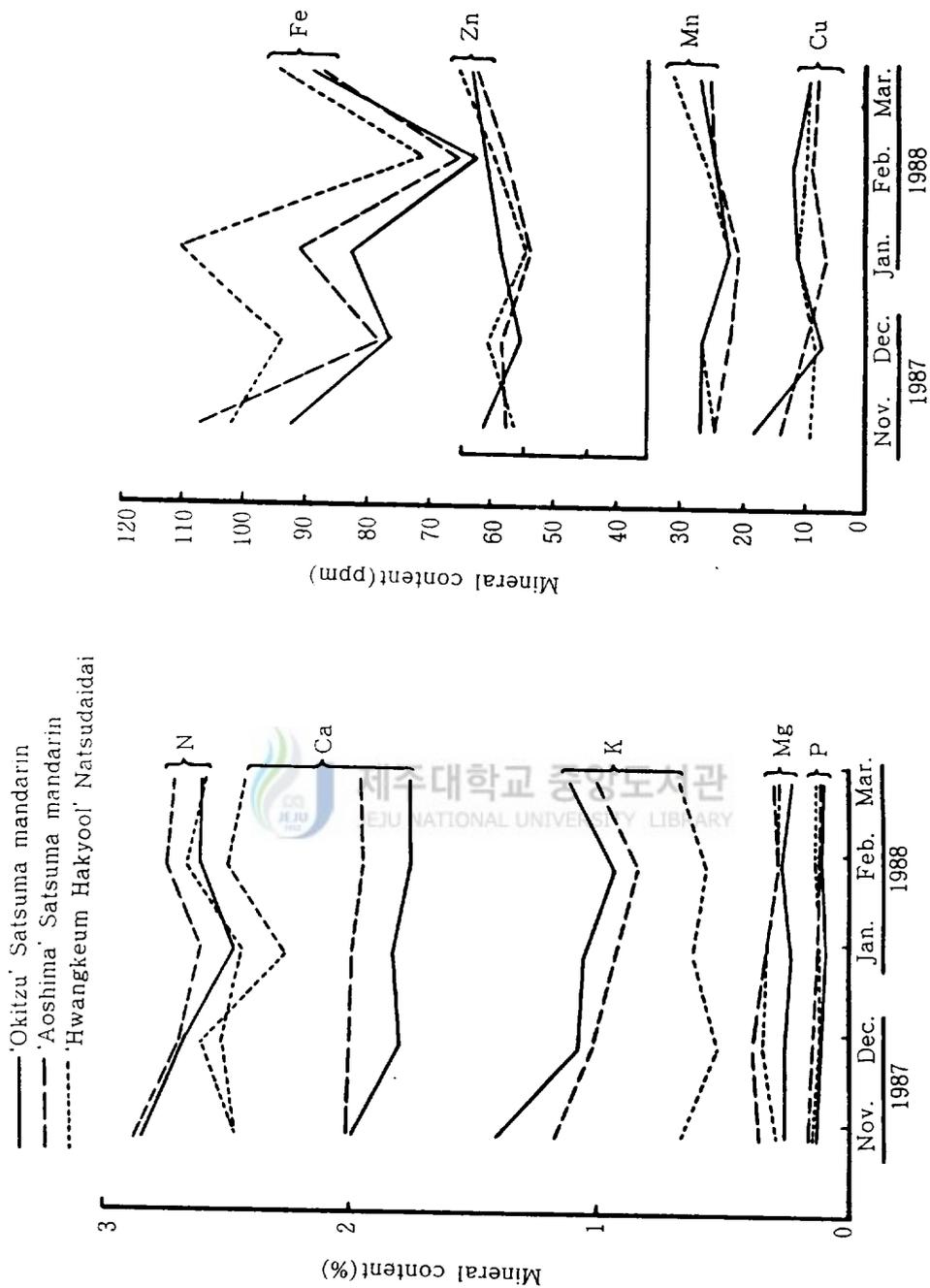


Fig. 11. Seasonal fluctuations of mineral contents in *Citrus* leaves

葉内 無機成分中 窒素含量은 時期別로 耐凍性과 正의 相關關係를 나타내는 境遇가 많았으나(表 2) 他 成分들과, 그리고 몇가지 無機成分含量間의 組合으로 얻어지는

Table 2. Correlation coefficients between TTC reduction(%) and mineral contents in *Citrus* leave

cv. and mineral element	Time of observation				
	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
<i>C. unshiu</i> cv. Okitsu					
N	0.730*	0.834**	0.556*	0.311	0.269
P	0.258	-0.129	-0.038	-0.203	0.580
K	0.034	-0.129	-0.186	-0.281	0.413
Ca	-0.268	0.108	-0.083	-0.182	-0.259
Mg	0.098	0.120	-0.258	-0.388	0.013
Mn	0.751*	-0.700*	-0.300	0.075	0.364
Zn	0.532	-0.421	0.117	-0.061	0.235
Cu	0.317	0.611	0.297	0.042	0.269
Fe	0.629	0.365	-0.007	-0.519	0.127
<i>C. unshiu</i> cv Aoshima					
N	0.685*	0.575	0.545*	0.327	0.422
P	-0.015	-0.406	-0.403	-0.134	-0.243
K	0.656	0.038	-0.266	-0.067	0.059
Ca	0.260	-0.391	0.125	0.204	0.311
Mg	-0.307	-0.633	0.285	-0.357	-0.383
Mn	0.683*	0.460	0.315	0.333	0.014
Zn	0.348	-0.525	0.201	0.195	0.605
Cu	0.227	-0.341	-0.039	0.158	-0.084
Fe	0.286	-0.517	-0.046	0.300	-0.188
<i>C. natsudaidai</i> cv. Hwangkeum Hakyool					
N	-0.060	0.744*	0.703**	-0.023	0.666*
P	0.149	-0.023	0.494	0.000	0.213
K	-0.222	0.585	-0.225	-0.318	-0.236
Ca	-0.565	-0.131	0.385	0.300	0.339
Mg	0.721*	-0.434	0.181	0.148	0.156
Mn	0.418	-0.565	-0.168	0.065	-0.087
Zn	0.359	0.070	-0.428	0.328	0.080
Cu	0.484	0.455	0.438	0.107	-0.042
Fe	-0.199	0.403	0.438	-0.151	0.048

* : Significant at 5% level

** : Significant at 1% level

DRIS指數⁶⁰⁾들은 耐凍性과 一定한 關係를 보이지 않았다. 葉內 窒素含量을 높힘으로서 耐凍性이 增加되었다는 報告^{27, 43, 64)}와 本 試驗結果는 一致하였는데, 耐凍性은 11月以後 漸次 增加되었으나 葉內 窒素含量은 減少되는 傾向이어서 耐凍性의 季節的 變化와는 一致하지 않았다.

葉內 全炭水化物含量은 3品種 共히 11月과 12月 사이에 急增한 後 緩慢한 變化를 보이면서 2月들어 多少 낮아졌다가 3月에는 다시 增加되었으며, 澱粉含量은 1月까지 비슷한 水準으로 維持되다가 2月부터 增加되기 始作하였다(그림 12). 全糖 및 還元糖도 11월부터 急增하여 1월에 가장 높은 含量을 나타내었고, 以後 낮아지는 傾向을 보였다(그림 13).

靑島溫州는 全糖含量이 12月과 1月에는 다른 두 品種보다 낮았으나 繼續的인 增加를 보여 2월에 가장 높은 含量을 나타내었고, 3月에는 같은 水準으로 減少되었다. 黃金夏橘은 全糖 및 還元糖含量이 他 品種에 比하여 1월까지 대체로 높은 傾向을 나타내었다. 이러한 炭水化物含量의 季節的 變化는 이미 報告된 結果들^{24, 34, 36, 50, 71, 74, 78, 81)}과 大體로 一致하였다.

葉內 炭水化物含量의 季節的 變化와 耐凍性 變化間에는 全糖, 還元糖 및 全炭水化物含量은 耐凍性과 高度의 正의 相關關係가 認定되었는데 澱粉含量과는 一定한 傾向을 나타내지 않았다(表 3). 이와같은 傾向은 以前에 報告된 研究結果들^{36, 50, 71, 74, 78, 81)}에서도 나타나고 있는데 耐凍性의 季節的 變化는 全糖含量의 變化와 類似하였다.

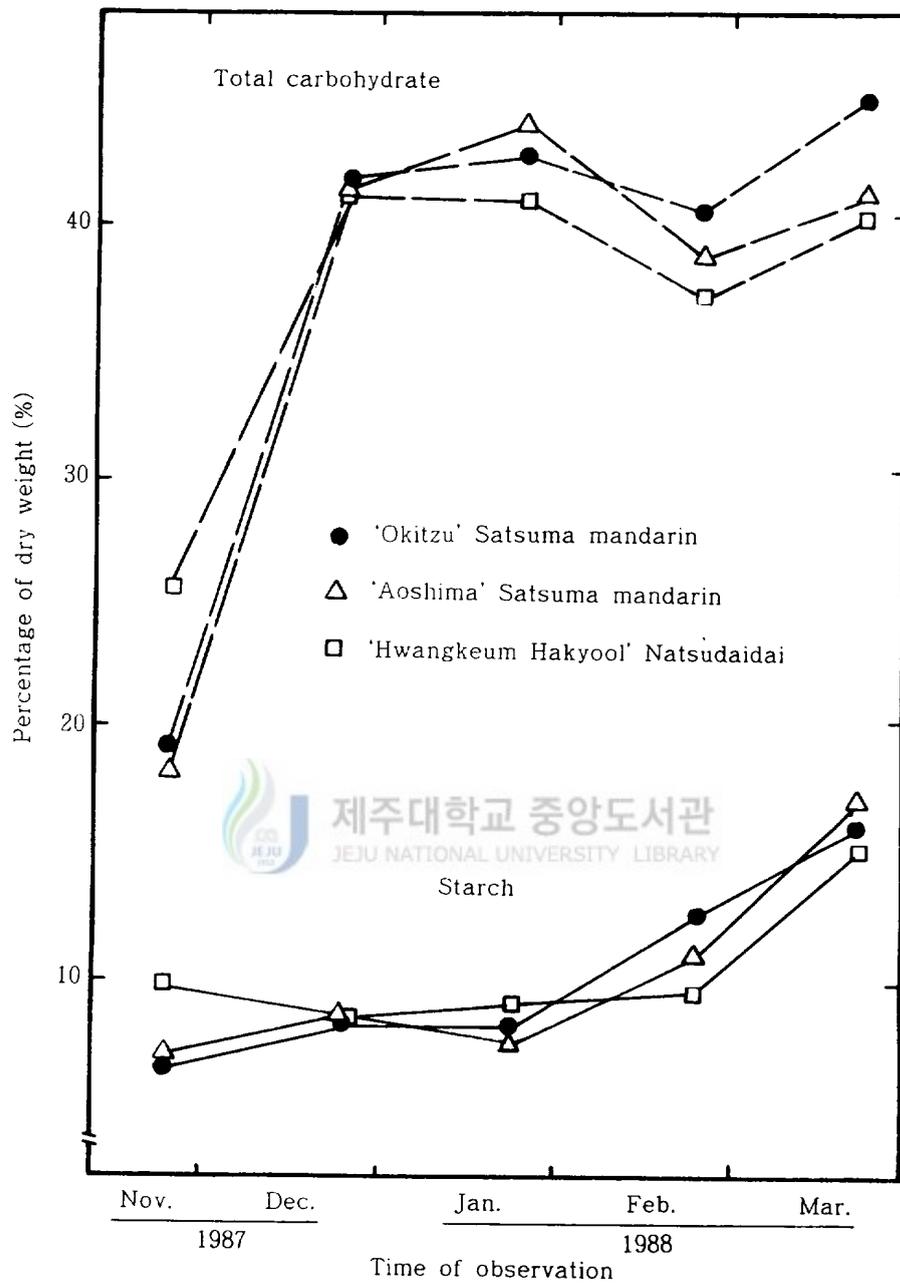


Fig. 12. Seasonal fluctuations in total carbohydrate and starch contents in *Citrus* leaves

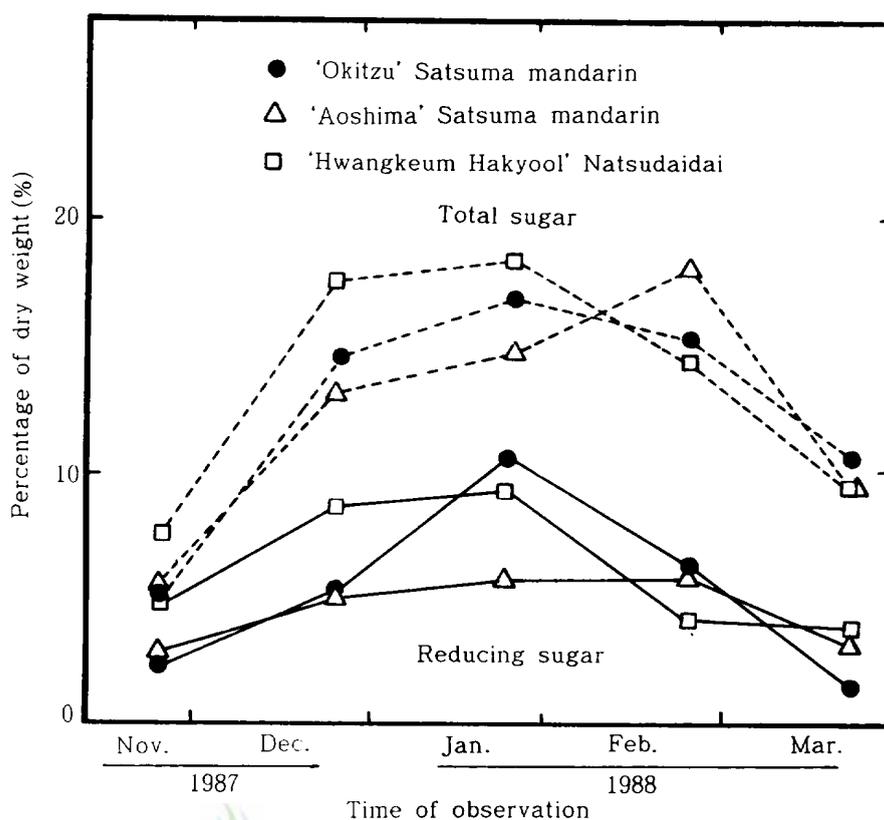


Fig. 13. Seasonal fluctuations in total sugar and starch contents in *Citrus* leaves

Table 3. Correlation coefficients between TTC reduction(%) and sugar, starch or total carbohydrate contents in *Citrus* leaves from Nov. in 1987 to Mar. in 1988

Cultivar	Correlation coefficient			
	Sugar		Starch	Total carbohydrate
	Total	Reducing		
<i>C. unshiu</i> cv. Okitsu	0.843**	0.698**	0.178	0.665**
<i>C. unshiu</i> cv. Aoshima	0.835**	0.665**	0.178	0.726**
<i>C. natsudaidai</i> cv. Hwangkeum Hakyool	0.696**	0.304**	-0.163	0.640**

* : Significant at 5% level

** : Significant at 1% level

Table 4. Monthly fluctuations in correlation coefficients between TTC reduction (%) and sugars, starch or total carbohydrate contents in *Citrus* leaves

Cultivar	Time of observation				
	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
Total sugar					
<i>C. unshiu</i> cv. Okitzu	0.159	0.734**	-0.047	0.207	-0.573
<i>C. unshiu</i> cv. Aoshima	0.664*	0.220	0.433	0.424	0.045
<i>C. natsudaidai</i> cv. Hwangkeum Hakyool	-0.102	-0.437	0.283	-0.255	0.226
Reducing sugar					
<i>C. unshiu</i> cv. Okitzu	0.185	0.291	0.111	0.217	-0.067
<i>C. unshiu</i> cv. Aoshima	-0.131	-0.323	-0.079	0.709**	0.115
<i>C. natsudaidai</i> cv. Hwangkeum Hakyool	-0.440	0.126	0.032	-0.147	-0.471
Starch					
<i>C. unshiu</i> cv. Okitzu	-0.509	-0.018	-0.103	0.606	0.574
<i>C. unshiu</i> cv. Aoshima	-0.340	0.656*	-0.252	0.341	-0.616
<i>C. natsudaidai</i> cv. Hwangkeum Hakyool	0.106	-0.720**	0.049	0.344	-0.288
Total carbohydrate					
<i>C. unshiu</i> cv. Okitzu	0.153	0.437	0.173	0.903**	-0.130
<i>C. unshiu</i> cv. Aoshima	-0.195	0.446	-0.205	0.018	-0.570
<i>C. natsudaidai</i> cv. Hwangkeum Hakyool	0.156	-0.723**	0.022	-0.304	-0.433

* : Significant at 5% level

** : Significant at 1% level

興津무생은 全糖含量이 높았던 1~2월에 耐凍性이 가장 높은 것으로 나타났고, 靑島溫州에서도 全糖含量은 繼續 增加되어 2월에 가장 높았는데 耐凍性 變化도 이와 잘 一致하였다. 그러나 黃金夏橘은 11월부터 1월까지 他 品種보다 全糖含量은 높았으나 耐凍性은 높지 않았다. 河瀨 等²⁰⁾은 耐凍性의 品種間 差異와 糖含量間에는 一定한 關係가 認定되지 않아 品種에 따라서 耐凍性에 關與하는 生化學的인 其他 因子에 依해 耐凍性이 支配되는 것으로 推察하였는데 本 研究에서도 이와 一致하였다. 또한 金 等²⁴⁾도

kiwifruit와 種이 다른 自生다래間에 耐凍性 程度는 糖含量과 一致하지 않았다고 報告하였다.

同一 時期에 있어서 耐凍性과 炭水化物含量과의 關係는 表 4에 나타내었는데 세 品種 共히 一定한 關係를 보이지 않았다. 河瀬 等²⁰⁾은 同一 品種內에서 糖含量은 耐凍性과 關係가 있다고 하였으나 本 研究에서는 供試樹의 樹勢가 서로 비슷하여 炭水化物 含量差가 크지 않았던 때문에 생각된다.

5. 窒素施用水準이 耐凍性에 미치는 影響

窒素施肥量을 달리한 興津무생을 供試하여 잎의 凍結溫度와 TTC還元力을 調査한 結果는 그림 14와 같았다.

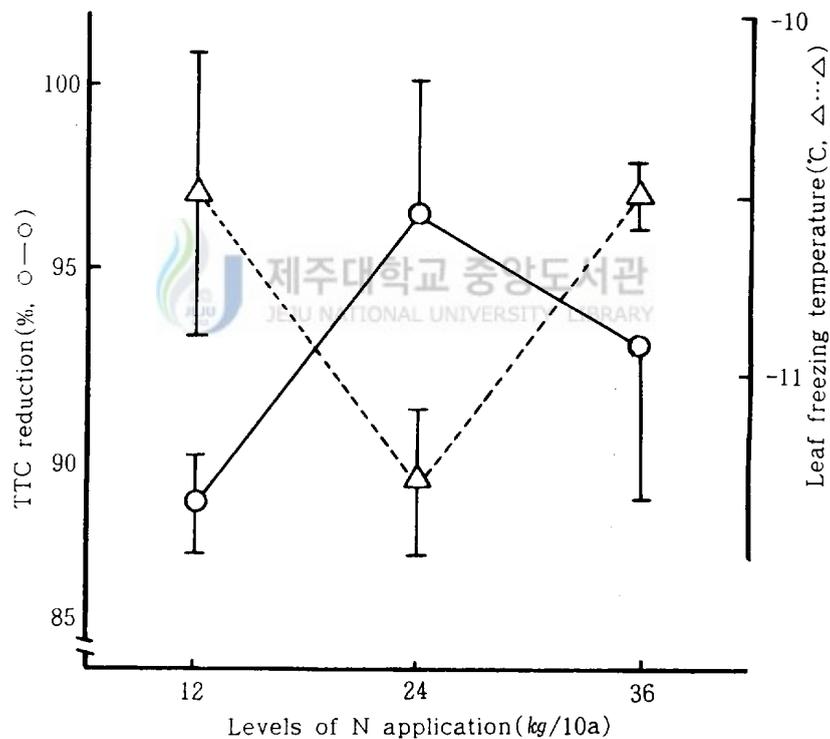


Fig. 14. Effects of the levels of nitrogen (N) application on the TTC reduction (%) and the leaf freezing temperature in *C. unshiu* cv. Okitsu leaves

TTC還元力으로 評價되는 耐凍性은 窒素 2倍量區(24kg/10a)가 컸는데, 3倍量區에서 는 크지 않았고, 앞의 凍結溫度도 2倍量區에서 基準量區 및 3倍量區에 比하여 0.6~0.7 °C程度 낮았다.

葉内 窒素含量도 2倍量區에서 높아 비록 有意性은 認定되지 않았으나 葉内 窒素含量 이 높을수록 耐凍性은 增加되는 傾向을 나타내었다(表 5.6). 鐵含量은 窒素 3倍量區에 서 높았으나 耐凍性과는 一定한 關係를 보이지 않았다. 칼슘含量은 耐凍性과 負의 相關 關係가 認定되었으나 葉内 無機成分含量의 季節的 變化와 耐凍性과의 關係(表 2)에서 는 相關이 認定되지 않고 있어 이들의 關係를 認定하기는 어려웠다.

Table 5. Effect of nitrogen(N) application levels on leaf mineral contents^z in *C. unshiu* cv. Okitsu

Levels of N application (kg/10a)	Mineral content								
	N	P	K (%)	Ca	Mg	Mn	Zn (ppm)	Cu	Fe
12	2.54a ^y	0.149a	1.011a	1.777a	0.390a	33.3a	19.9a	7.4a	68.3a
24	2.61b	0.150a	0.948a	1.596a	0.314a	35.9a	20.1a	6.5a	60.0a
36	2.56a	0.144a	0.870a	1.670a	0.356a	40.6a	17.8a	5.8a	84.7a

^z Leaves sampled for the determination of mineral contents on Feb. 23, 1988

^y Mean separation within column by Duncan's multiple range test at the 5% level

Table 6. Correlation coefficients between TTC reduction (%) and leaf mineral contents in *C. unshiu* cv. Okitsu affected by different levels of nitrogen(N) application

	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	Cu	Fe
TTC reduction (%)	0.610	0.318	0.289	-0.653*	-0.557	-0.098	0.327	-0.218	-0.054

*: Significant at 5% level

窒素施肥量 增加에 따른 葉内 無機成分含量間의 相互作用⁷⁾은 나타나지 않았는데 窒素 3倍量區에서 鐵 및 망간含量이 높았던 것은 窒素 過多施肥에 의해 土壤의 酸性化^{8, 17, 28)}가 招來된 것으로 생각되었다.

葉内 炭水化物含量은 窒素施用水準間에 差異가 認定되지 않았다(表 7). 그러나 모든 處理를 綜合했을때 잎의 耐凍性은 葉内 全糖 및 還元糖과 高度의 正의 相關關係가 認定되었고, 澱粉含量과도 正의 相關을 나타냈으나 全炭水化物含量의 相關係數는 有意性이 認定되지 않았다(表 8).

Table 7. Effect of the levels of nitrogen(N) application on sugar, starch and total carbohydrate contents in the leaf of *C. unshiu* cv. Okitsu

Levels of N application (kg/10a)	Sugar		Starch (%)	Total carbohydrate (%)
	Total (%)	Reducing (%)		
12	19.17 ^z	6.61	12.52	53.33
24	19.77	7.51	14.13	52.75
36	18.98	6.84	12.55	51.90

^z NS within columns.

Table 8. Correlation coefficients between TTC reduction(%) and sugar, starch or total carbohydrate contents in the leaf of *C. unshiu* cv. Okitsu affected by different levels of nitrogen(N) application

	Correlation coefficient
Total sugar	0.711**
Reducing sugar	0.713**
Starch	0.583*
Total carbohydrate	0.560

* : Significant at 5% level

** : Significant at 1% level

6. 結實程度와 收穫時期가 耐凍性에 미치는 影響

그림 15는 結實程度와 收穫時期를 달리한 杉山溫州를 供試하여 TTC還元力을 調査한 結果를 나타낸 것이다.

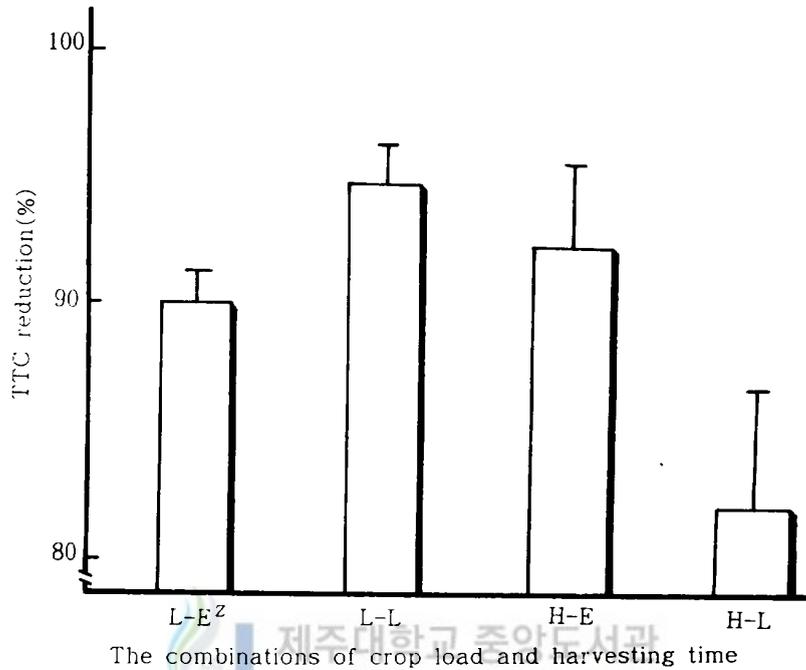


Fig. 15. Effects of the combination of crop load and harvesting time on the TTC reduction (%) in *C. unshiu* cv. Sugiyama

^zCrop load (light (L), heavy (H))-harvesting time (early (E), late (L))

少結實樹 早期 및 晚期收穫區, 多結實樹 早期收穫區間에는 差異가 없었으나 多結實樹 晚期收穫區에서는 TTC還元力이 떨어져 耐凍性이 弱한 것으로 나타났다.

葉內 無機成分은 마그네슘 및 망간含量이 收穫時期가 늦은 區에서 높았고, 칼슘含量은 多結實樹 特히 晚期收穫區에서 낮은 傾向이었으나 耐凍性 程度와의 相關은 一定한 傾向이 없었다. 結實量이 많을수록 칼륨은 果實에 依해 消耗가 크고⁴⁴⁾, 特히 칼륨含量이 낮을때 耐寒性 低下가 招來되었다는 報告⁶⁴⁾ 등으로 미루어 볼 때 本 試驗에서도 칼륨含量이 多結實樹 晚期收穫에서 낮아 耐凍性 程度에 影響을 미친 것으로 생각된다.

窒素含量은 處理間 差는 認定되지 않았으나 耐凍性 程度와는 正의 相關關係가 認定되었다(表 9, 그림 16).

Table 9. Effect of crop load and harvesting time on leaf mineral contents in *C. unshiu* cv. Sugiyama

Treatment		Mineral element								
Crop load	Harvesting time	N	P	K (%)	Ca	Mg	Mn	Zn (ppm)	Cu	Fe
		Light	Early	2.63	0.138	0.879	2.205	0.309	24.1	26.0
	Late	2.72	0.140	0.843	2.222	0.336	27.0	25.6	10.5	63.9
Heavy	Early	2.68	0.139	0.804	2.167	0.269	22.6	24.4	9.8	56.9
	Late	2.59	0.142	0.765	2.517	0.349	26.8	25.2	10.1	60.6

Significance										
Crop load (A)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harvesting time(B)	-	-	-	-	*	**	-	-	-	-
Interaction (A×B)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

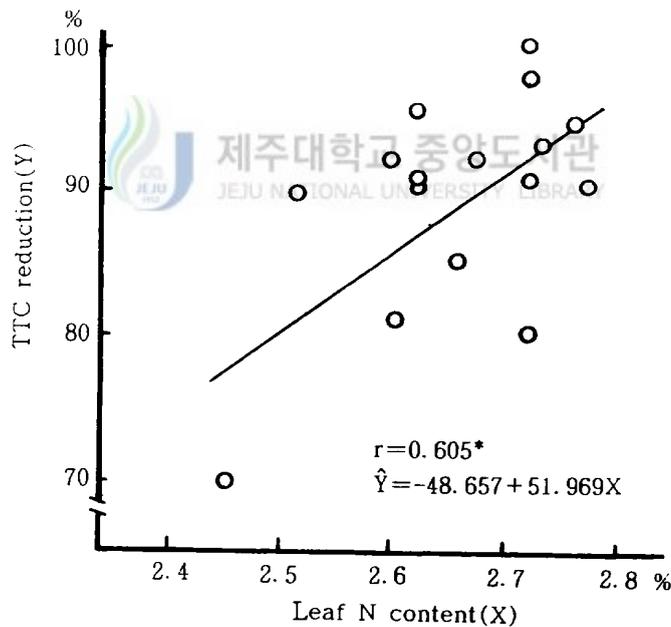


Fig. 16. Relationship between TTC reduction (%) and leaf N content in *C. unshiu* cv. Sugiyama

Table 10. Effect of crop load and harvesting time on leaf sugar, starch and total carbohydrate contents in *C. unshiu* cv. Sugiyama

Treatment		Sugar		Starch (%)	Total carbohydrate (%)
Crop load	Harvesting time	Total (%)	Reducing (%)		
Light	Early	10.56	3.72	15.91	42.50
	Late	10.79	4.04	17.90	45.18
Heavy	Early	10.56	4.16	16.64	43.68
	Late	10.54	4.38	14.44	40.80
Significance					
Crop load (A)		-	**	-	-
Harvesting time (B)		-	-	-	-
Interaction (A×B)		-	-	**	-

葉內 炭水化物含量은 晩期收穫에서 還元糖含量이 많았고, 澱粉含量은 少結實樹에서 晩期收穫이, 多結實樹에서는 早期收穫에서 含量이 많아 結實程度나 收穫時期間에 뚜렷한 傾向을 나타내지 않았다.

金原²⁸⁾는 葉 : 果比를 40 : 1로 調節했을 때 全糖 및 還元糖含量이 많아지고 落葉率이 낮았다고 하였고, Goldschmidt 等¹¹⁾, Jones 等¹⁸⁾, Schaffer 等⁵⁴⁾도 過多結實이 炭水化物含量의 減少原因이 되어 다음해에 隔年結果를 일으키는 것으로 報告하였다. 本試驗에서도 還元糖을 除外한 全糖, 澱粉 및 全炭水化物含量은 少結實樹에서 多少 높은 傾向을 나타내었는데 耐凍性 程度와는 一定한 關係를 보이지 않았다.

V. 摘 要

柑橘나무의 耐凍性 增進을 目標로 하는 栽培管理方法을 開發해 나가기 爲한 基礎資料를 얻고자 1987年 11月부터 翌年 4月까지 翌의 耐凍性의 季節的 變化와 無機成分 및 炭水化物含量과의 關係를 比較檢討하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 靑島溫州 翌의 凍結溫度는 11月에 -7.2°C 였는데, 이후 漸次 낮아져서 2月에는 -10.5°C 로 가장 낮았고 3月以後 急激히 높아졌다. 葉內 水分含量 및 水分 포텐셜도 凍結溫도와 같은 樣相으로 變化하였다.

2. 맑고 바람이 없는 겨울날의 葉溫은 氣溫보다 晝間에는 4°C 까지 높았으나 夜間에는 0.5°C 程度 낮았다.

3. 凍結被害는 低溫 持續期間이 길수록, 그리고 凍結 및 融解速度가 빠를수록 甚하였다.

4. 翌의 TTC還元力은 11月에는 -2°C , 2時間 處理에서도 顯著히 減少되었으나, 1~2月에는 -10°C 處理에서도 減少되지 않았고 3月에는 -4°C 부터 減少되기 始作하였다.

5. 同一 時期에 있어서 翌의 無機成分中 窒素含量만이 耐凍性和 正의 相關을 보이는 境遇가 많았으나, 耐凍性의 季節的 變化와 窒素含量의 季節的 變化와는 一定한 關係를 나타내지 않았다.

6. 葉內 全糖, 還元糖 및 全炭水化物含量의 季節的 變化와 耐凍性의 季節的 變化는 高度의 正의 相關關係가 認定되었으나 同一 時期의 耐凍性和 炭水化物含量과의 關係는 一定한 傾向이 없었다.

7. 標準施肥量의 2倍($24\text{kg}/10\text{a}$) 窒素施用은 冬季 葉內 窒素含量과 耐凍性을 다 같이 增加시켰으나 3倍施用區에서는 增加效果가 없었다.

8. 着果量이 많고 收穫時期가 늦은 나무는 耐凍性이 弱하였다.

引用文獻

1. 安達義正, 中島芳和, 堀金正己. 1967. エズ台およびカラタチ台温州ミカンの生育ならびに果實の收量と品質に及ぼすリン酸施肥の影響. 園學雜 35(2) : 98~105.
2. Anderson, J. A., L. V. Gusta, D. W. Buchanan, and M. J. Burke. 1983. Freezing of water in *Citrus* leaves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(3) : 397~400.
3. Andrews, P. K., and E. L. Proebsting. 1983. Differential thermal analysis and freezing injury of deacclimating peach and sweet cherry reproductive organs. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(5) : 755~759.
4. 白子勳. 1984. 冬季의 土壤溫度가 柑橘의 落葉 및 品質에 미치는 影響. 濟州大學 論文集 17 : 59~72.
5. Brown, C. S., E. Young, and D. M. Pharr. 1985. Rootstock and scion effect on the seasonal distribution of dry weight and carbohydrates in young apple trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(5) : 696~701.
6. Cain, D. W., and R. L. Anderson. 1979. Relative freezing injury to 'Velvet', 'Redhaven', and 'Siberian C' peaches following controlled freezer tests at selected dates during two winters. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(6) : 839~843.
7. Chapman, H. D. 1968. The mineral nutrition of *Citrus*. In Reuther, W. et al(eds). The Citrus industry Vol. II : 212~227.
8. 정재권, 김광식. 1986. 감귤원 토양관리에 관한 연구, 질소시용수준 구명시험. 제시연보. pp. 290~298.
9. 鄭舜京, 吳成都, 洪淳範. 1976. 柑橘栽培 限界 海拔高選定에 關한 研究. 農試研報 18(園藝·農工編) : 77~84.

10. Davies, F. S., D. W. Buchanan, and J. A. Anderson. 1981. Water stress and cold hardiness in field-grown *Citrus*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(2) : 197~200.
11. Goldschmidt, E. E., and A. Golomb. 1982. The carbohydrate balance of alternate-bearing *Citrus* trees and the significance of reserves for flowering and fruiting. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107(2) : 206~208.
12. 韓海龍, 權五均. 1977. 柑橘栽培新書. pp. 41~45. 先進文化社.
13. 羽生壽郎, 松岡延浩, 令久, 中山敬一. 1986. 作物の霜害と環境条件. 第2報ダイズ苗葉面の乾濕が凍結温度に及ぼす影響. 農業氣象 41(4) : 331~335.
14. Huang, S. 1982. An investigation of the Satsuma freezing injury temperature index. Acta Horticulturae Sinica 9(4) : 21~25. Cited from Hort. Abstr. 53(12). 1983.
15. 池田 勇, 中谷宗一, 小林省蔵. 1978. ネーブルオレンジの台木に関する研究. I. 台木がネーブルオレンジの樹の生育, 耐寒性, ステムヒッティングの発生, 収量及び果實の品質に及ぼす影響. 果樹試報 E2 : 39~57.
16. 池田 勇, 小林省蔵, 中谷宗一. 1980. 1977年の寒波による被害から見たカンキツ類の耐寒性. 果樹試報 E3 : 49~65.
17. 石原正義, 綾森 強, 佐藤 隆, 横溝 久, 金野三治. 1971. 温州ミカンの'異常落葉'に関する研究. II 施肥量の相違が'異常落葉'の発生ならびに微量金属元素の吸収に及ぼす影響. 園試報 A10 : 99~129.
18. Jones, W. W., T. W. Embleton, M. L. Steinacker, and C. B. Gree. 1970. Carbohydrates and fruiting of 'Valencia' orange trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95(3) : 380~381.
19. 金子 偉, 鈴木鐵男, 田中 實. 1970. 温州ミカンの生育と結實ならびに土壤の化学性に及ぼす多肥の影響. 愛知縣農業総合試験場研究報告 B(園藝) 2 : 1~10.
20. 河瀬憲次, 吉永勝一, 内田 誠, 廣瀬和榮. 1982. カンキツ類の耐凍性に関する研究.

- I. 幼木及び實生での品種間 差異とその季節變動. 果樹試報 D4 : 25~46.
21. 河瀬憲次. 1972. 温州ミカンの台木選抜とその種類(2). 農業および園藝 47(3) : 468~472.
 22. Kelley, J. D. 1972. Nitrogen and potassium rate effects on growth, leaf nitrogen and winter hardiness of *Pyracantha coccinca* 'Lalandi' and *Ilex crenata* 'Rotundifolia'. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97(4) : 446~448.
 23. Ketchie, D. O., and A. L. Ballard. 1972. Relationship of electrolytic conductance to cold injury and acclimation in fruit trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97(3) : 403~406.
 24. 金浩烈, 金圭來. 1986. Kiwifruit의 樹體內 化學成分과 耐凍性과의 關係. 農試論文集(園藝) 28(2) : 95~103.
 25. 金浩烈, 金圭來. 1986. Kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch)의 耐凍性에 關한 研究. 農試論文集(園藝) 28(2) : 82~94.
 26. Kim, Y. Y. 1974. Effect of N, P, and K levels on cold resistance of 'Miyagawawase' Satsuma orange and freezing test of *Citrus* trees. A thesis for the degree of master of science in agriculture, Graduate school, Seoul National University.
 27. 金榮龍. 1987. 温州蜜柑 收穫前後의 尿素葉面 施肥가 葉中成分, 耐寒性 및 結實에 미치는 影響. 서울大學校大學院 農學博士 學位論文.
 28. 金原敏治. 1968. 温州ミカンの 摘果, 多肥 および かん水が 寒害におよぼす影響. 愛知縣 農業總合試驗場研究報告 B(園藝) 3 : 1~8.
 29. Kliewer, W. M., and J. A. Cook. 1971. Arginine and total free amino acid as indicators of the nitrogen status of grapevines. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96(5) : 581~587.
 30. 小中原 實. 1969. 柑橘類の氣象災害とその對策. 農業および園藝 44(1) : 219~224.

31. 小中原 實. 1975. 칸킷의 寒害發生機構と防除に關する 實驗的 研究. 靜岡縣 柑橘試驗場 特別報告 3. pp. 138~144.
32. 高官達, 金承化, 文德永. 1984. 寒風害에 依한 冬季落葉이 溫州蜜柑의 樹體生長과 開化, 結實에 미치는 影響. 農試研報(園藝) : 65~72.
33. Krezdorn, A. M., and J. D. Martsof. 1985. Rview of effects of cultural practices on frost hazard. Proc. Florida State Hort. Sci. 97 : 21~24. Cited from Hort. Abstr. 56(3). 1986.
34. Lasheen. A. M., and C. E. Chaplin. 1971. Biochemical comparison of seasonal variations in three peach cultivars differing in cold hardiness. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96(2) : 154~159.
35. Labanauskas, G. K., W. W. Jones, and T. W. Embleton. 1960. Seasonal changes in concentrations of micronutritients(zinc, copper, boron, manganese, and iron) in leaves of Washington Navel orange. Amer. Soc. Hort. Sci. V. 7 : 300~307.
36. Layne, R. E., and G. M. Ward. 1978. Rootstock and seasonal influences on carbohydrate levels and cold hardiness of 'Redhaven' peach. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(3) : 408~413.
37. Leyden, R. F., and P. W. Rohrbaugh. 1963. Protection of *Citrus* trees from cold damage. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 83 : 344~351.
38. 眞木太一. 1987. 各種의 風害とそれらの 防止方法(6). 農業および園藝 62(5) : 633~635.
39. Martsof, J. D., and J. F. Gerber. 1969. Infrared radiation shields for cold protection of young *Citrus* trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94 : 217~220.
40. 文德永. 1982. 溫州蜜柑의 葉內水分 potential에 關한 研究. 濟州大學校 大學院 碩士學位論文.

41. 문덕영, 김창원, 정순경, 김한용, 김영용, 권혁모. 1977. 柑橘 寒害에 관한 研究. 柑橘 寒害對策에 관한 調査研究. 濟試研報 : 285~292.
42. 文鍾烈. 1983. 果樹의 凍害發生狀況 및 耐凍性에 관한 研究. 慶熙大學校 大學院 博士學位論文.
43. 文鍾烈, 辛建哲, 崔鍾升, 金聖奉. 1985. 사과나무의 耐寒性에 관한 研究. 農試論文集(園藝) 27(1) : 107~115.
44. 中間和光. 1975. 칸킥트類의 榮養生理と施肥. pp. 64~68. 誠文堂 新光社. 東京.
45. 남기웅, 권혁모. 1986. 柑橘園 防風樹 管理法 究明試驗. 濟試研報. pp. 297~310.
46. Nordby, H. E., and G. Yelenosky. 1982. Relationships of leaf fatty acid to cold hardening *Citrus* seedlings. *Plant Physiol.* 70 : 132~135.
47. 農村振興廳. 土壤化學分析法.
48. 農山漁村文化協會. 1982. 農業技術大系. 果樹篇 I. 칸킥트. pp. 3, 127~136.
49. 岡田長久. 1983. 칸킥트의 린および 칼리움의 吸收に及ぼす施用窒素의 影響. 靜岡柑試研報 19 : 29~40.
50. Purvis, A. C., and G. Yelenosky. 1982. Sugar and proline accumulation in Grapefruit flavedo and leaves during cold hardening of young trees. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107(2) : 222~226.
51. Quamme, H., C. Stushnoff, and C. J. Weiser. 1972. The relationship of exotherms to cold injury in apple stem tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97(5) : 608~613.
52. Sahota, S. S., and J. S. Arora. 1981. Effect of N and Zn on 'Hamlin' sweet orange (*C. sinensis* Osbeck). *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 50(3) : 281~286.
53. 佐々木 勝昭, 泉 季實, 竹林晃男, 水谷僖雄, 吉村不二男. 1986. 冬季における ハツサク葉内成分含量の經時的 變動と長期の防寒被覆의 影響. 農業および園藝

- 61(5) : 667~668.
54. Schaffer, A. A., E. E. Goldschmidt, R. Goren, and D. Galili. 1985. Fruit set and carbohydrate status in alternate and nonalternate bearing *Citrus* cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(4) : 574~578.
 55. Sharples, G. C., and R. H. Hilgeman. 1972. Leaf mineral composition of 5 *Citrus* cultivars grown on Sour orange and Rough lemon rootstocks. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97(3) : 427~430.
 56. 清水達夫, 鳥瀉博高, 鳥居鎮男. 1976. 温州ミカンの着果負擔に関する研究(第4報). 着果樹と不着果樹の物質生産過程について. 園學雜 45(2) : 123~134.
 57. 清水達夫, 鳥瀉博高, 鳥居鎮男. 1978. 温州ミカンの着果負擔に関する研究(第5報). 着果樹と不着果樹の炭水化物 經濟 について. 園學雜 46(4) : 465~478.
 58. 辛建哲, 崔鍾升, 金聖奉, 文鍾烈, 金正浩. 1986. 低溫과 低溫持續時間이 落葉果樹의 凍害에 미치는 影響. 農試論文集(園藝) 28(1) : 48~52.
 59. Spencer, W. F. 1960. Effects of heavy applications of phosphate and lime on nutrient uptake, growth, freezing injury, and root distribution of Grapefruit trees. Soil Sci. 89 : 311~318.
 60. Sumner, M. E. 1985. The diagnosis and recommendation integrated system(DRIS) as a guide to orchard fertilization. 葉分析에 依한 果樹施肥改善 세미나. FFTC/ASPAC & RDA pp. 6-1~19.
 61. 鈴木義則, 山本 薫. 1985. 散水氷結法による 防霜對策に関する研究. (3)有効散水強度の下限値. 農業氣象 41(1) : 9~15.
 62. Swietlik, P., and J. V. Laduke. 1985. Nutritional status and growth response of freeze injured *Citrus* trees to mineral foliar sprays in the first year of recovery. J. Rio Grande Valley Hort. Soc. 38 : 51~58. Cited from Hort. Abstr. Vol. 56(6). 1986.
 63. Syvertsen, J. P., and L. G. Hilbrigo. 1980. Seasonal and diurnal *Citrus*

- leaf and fruit water relations. Bot. Gaz. 141(4) : 440~446.
64. 高辻豊二, 石原正義. 1980. ウンシュユミカンのカリ栄養に関する研究(第3報). 樹體の耐寒性と二三の樹體內成分含量に及ぼす影響. 果樹試報 A7 : 45~62.
 35. 鳥瀉博高, 原幹博, 森哲治, 大川勝徳. 1974. 温州ミカンの着果負擔に関する研究(第2報). 浸透價, 可溶性固形物含量, 含水量の相互間の相關關係および組織粉末比重の季節變化について. 園學雜 43(2) : 115~124.
 66. Wieser, C. J. 1970. Cold resistance and acclimation in woody plants. HortScience Vol. 5(5) : 403~410.
 67. Wiegand, C. L., and W. A. Swanson. 1985. Grapefruit response to freeze simulated by chemical defoliation and pruning. J. Rio Grande Valley Hort. Soc. 38 : 63~74. Cited by Hort. Abstr. 56(6). 1986.
 68. Williams, S. 1984. A. O. A. C. 14(eds). pp. 581~582.
 69. Wood, B. W. 1986. Cold injury susceptibility of pecan as influence by cultivar, carbohydrates and crop load. HortScience 21(2) : 285~286.
 70. Yadava, U. L., S. L. Doud, and D. J. Weaver. 1978. Evaluation of different methods to assess cold hardiness of peach trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(3) : 318~321.
 71. 山田 壽, 向井啓雄, 宇都宮直樹, 杉浦 明, 若名 孝. 1985. カンキツ及びアボカトの耐寒性に及ぼす低地温の影響. 園學雜 53(4) : 419~426.
 72. Yelenosky, G. 1971. Effect of light on cold hardening of *Citrus* seedlings. HortScience Vol. 6(3) : 234~235.
 73. Yelenosky, G. 1975. Cold hardening in *Citrus* stems. Plant Physiol. 56 : 540~543.
 74. Yelenosky, G. 1978. Cold hardening 'Valencia' orange trees to tolerate -6.7°C without injury. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103(4) : 449~452.
 75. Yelenosky, G. 1979. Water-stress induced cold hardening of young *Citrus*

- trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104(2) : 270~273.
76. Yelenosky, G. 1983. Ice nucleation active(INA) agents in freezing of young *Citrus* trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(6) : 1030~1034.
77. Yelenosky, G., H. K. Wutscher. 1985. Growth capacity of 'Valencia' orange buds on different rootstocks during cold-hardening temperatures. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(1) : 78~83.
78. 吉村不二男, 加藤紘一, 増田治之. 1966.カンキツ類の寒害(第5報). 低温 遭遇に伴う温州ミカンの枝葉の細胞 浸透壓 ならびに 体内成分の變化と 耐凍性の増大との關係. 園學雜 35(2) : 106~110.
79. Young, R. H. 1961. Influence of day length, light intensity, and temperature on growth, dormancy and cold hardiness of Redblush grapefruit trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 78 : 174~180. Cited from Hort. Abstr., 32(3). 1962.
80. Young, R. 1969. Cold hardening in 'Redblush' grapefruit as related to sugars and water soluble proteins. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94 : 251~254.
81. Young, R. 1969. Cold hardening in *Citrus* seedlings as related to artificial hardening conditions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94(6) : 612~614.
82. Young, R. 1970. Induction of dormancy and cold hardiness in *Citrus*. HortScience Vol. 5(5) : 411~413.
83. Young, R., and W. D. Bell. 1974. Photosynthesis in detached leaves of cold-hardened *Citrus* seedlings. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(5) : 400~403.
84. Yoshida, S., D. A. Forno, and J. H. Cook. 1971. Laboratory manual for physiological studies of rice. The International Rice Research Institute. pp. 38~41.

謝 辭

本 研究를 遂行함에 있어서 始終 細心한 指導와 도움을 아끼지 않으신 文斗吉 指導教授님께 衷心으로 深查의 뜻을 표합니다. 그리고 論文審査에 수고하여 주신 韓海龍 大學 院長님, 張田益 教授님과 恒常 깊은 關心을 가지고 指導와 助言을 주신 白子勳, 李宗錫, 朴庸奉, 蘇寅燮 教授님들께도 深甚한 謝意를 표합니다.

특히 本 研究가 圓滑히 이루어질 수 있도록 도와주신 濟州試驗場 鄭順圭場長님, 李鍾烈場長님, 金東睦場長님, 그리고 文德永科長님을 비롯한 園藝科 職員여러분들께도 고마움을 전하는 바입니다.

本 論文은 國費 獎學金의 도움으로 이루어졌음을 밝혀두는 바이며, 이를 爲해 애써주신 여러분들께 깊은 感謝를 드립니다.

끝으로 오늘이 있기까지 어려움을 함께한 丙子에게 이 論文을 드립니다.

