

# カンキツ類の寒害 (第2報)

温州ミカンと夏ミカンの抵抗性の比較

吉村不二男・大野芳信

(農学部果樹園芸学研究室)

## Studies on the cold injury of citrus trees. II.

Comparison of Citrus Unshū and Citrus Natsudaidai.

Fujio YOSHIMURA and Yoshinobu ŌNO

(Laboratory of Fruit-production, Faculty of Agriculture)

### Summary

1. With young plants of *Citrus Unshū* and *Citrus Natsudaidai* which had been kept in a warm house from the previous autumn, freezing treatments were conducted in mid February under different temperatures such as  $-2.0$ ,  $-3.5$ ,  $-5.5$ ,  $-7.0$  and  $-9.0^{\circ}\text{C}$ . As the result, *Citrus Unshū* was more resistant to the cold injury than *Citrus Natsudaidai* from the standpoint of degree of injury and the spring growth after the treatment.

2. Osmotic concentration and freezing point of leaf cell sap were observed by the plasmolysing method with cane sugar solution. The values were as follows: *Citrus Unshū*,  $1.1-1.2$  Mol and  $-(2.05-2.23)^{\circ}\text{C}$ . *Citrus Natsudaidai*,  $0.9-1.0$  Mol and  $-(1.67-1.86)^{\circ}\text{C}$ .

### 緒言

第1報では、各種のカンキツ類の植物体を  $-(5-12)^{\circ}\text{C}$  の低温にあわせ、その場合の凍結斑の現われ方や凍死の程度およびその後の生育状態からみた寒害抵抗性を比較した。その結果、種類によっていちじるしく異っており、とくに、これまでの概念を破って、温州ミカンは夏ミカンよりも凍害抵抗性が高かった。したがって、このたびはさらに、この点を再調査するとともに、葉の組織の細胞液の凍結点を比較した。

なお、御校閲をお願いした京大小林章教授に深く感謝する。

### 実験材料、方法および結果

実験 I : 材料としては前年秋から温暖な場所で管理してきた鉢植のカラタチ台温州ミカンと夏ミカン幼樹を用いた。1961年2月18日~25日の間、冷蔵庫に入れて、30分間に  $0.5^{\circ}\text{C}$  の低下速度で、 $0^{\circ}\text{C}$  から  $-2.0^{\circ}\text{C}$  あるいは  $-3.5^{\circ}\text{C}$  にまで冷却させ、前者では14時間、後者では12時間、恒温に保った。その後は再び  $0^{\circ}\text{C}$  に戻すが、処理前後の12時間は材料を必ず  $0-5^{\circ}\text{C}$  の冷室においた。

凍結処理の結果、温州ミカン幼樹は  $-2.0^{\circ}\text{C} \times 14$  時間では全然凍結しなかったが、 $-3.5^{\circ}\text{C} \times 12$  時間においても、茎の一部がやや濃緑色になったぐらいで、明らかな凍結斑は現われなかった。これに対して、夏ミカンは  $-2.0^{\circ}\text{C} \times 14$  時間で茎の一部の組織と葉の水滴の附着部が凍結し、 $-3.5^{\circ}\text{C} \times 6$  時間で、茎に凍結斑をあらわし、 $-3.5^{\circ}\text{C} \times 10$  時間で茎全部と一枚の葉の茎部が、 $-3.5^{\circ}\text{C} \times 12$  時間で2枚の葉の中肋に沿った部分が凍結した。処理後温暖なところにおき、5ヶ月間、生育を

比較した結果は、第1表のとおりで、凍結によって、夏ミカンは温州ミカンよりも生長が強く抑えられた。

Table 1. Spring growth on July 23 after being subjected to the freezing temperature in late February\*.

	Spring growth (increase in fresh wight)		
	Non-treatment	-2.0°C×14 hours	-3.5°C×12 hours
Citrus Unshū	0.60 g (100)	0.61 g (100)	0.53 g (86)
Citrus Natsudaidai	1.02 (100)	0.92 (90)	0.67 (65)

\* Treated on a different day between February 18 and 25, 1961.

実験Ⅱ：材料としては前年の秋から温暖な場所で管理してきた鉢植のカラタチ台温州ミカンと夏ミカンの幼樹を1960年2月11日～14日に冷蔵庫に入れて、それぞれ-7°Cおよび-9°Cに凍結させたが、その方法は第1報の場合と同じである(第1図)。また、別の冷蔵庫内の温度を同様に調節して、搬入した植物体の葉に凍結斑が現われた-5.5°Cに、4.5時間および7.5時間保ち、ふたたび徐々に0°Cに戻した。ちなみに、この恒温の保持時間は、他の1台の庫内の温度を-5.5°Cから-7°C、-9°Cの極温まで下げ、ふたたび-5.5°Cまで戻すまでの時間である(第1図)。なお、凍結処理前後の12時間は0～5°Cの冷室においた。

処理中や直後樹体の被害状況およびその後の生長量を示すと第2図および第2および3表のとおりである。

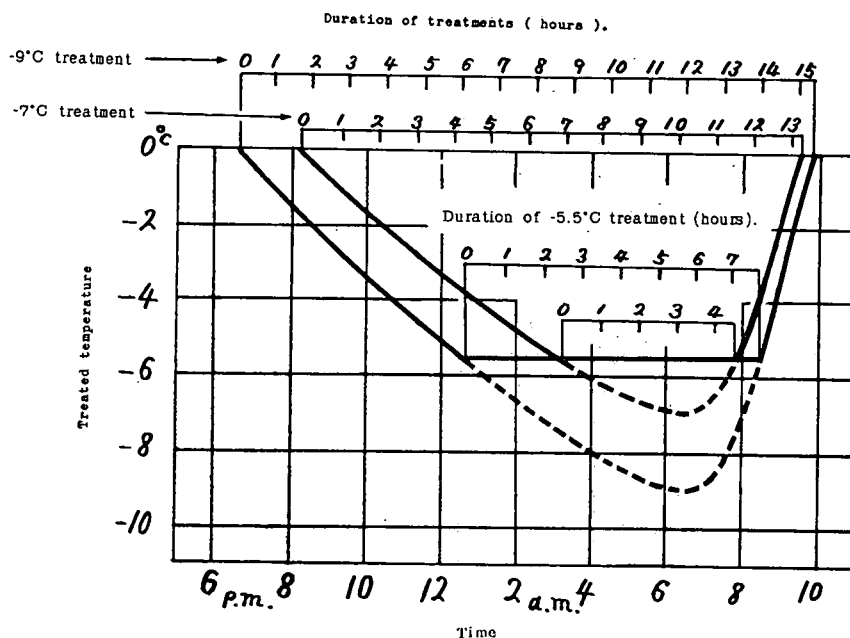


Figure 1. Experimental design of freezing treatments.

Plants were kept in a warm glass room of minimum temperature 3.5°C and maximum temperature 17.0°C, except the treating hours designated in the above figure and 12 hours before and after being subjected to the freezing treatments.

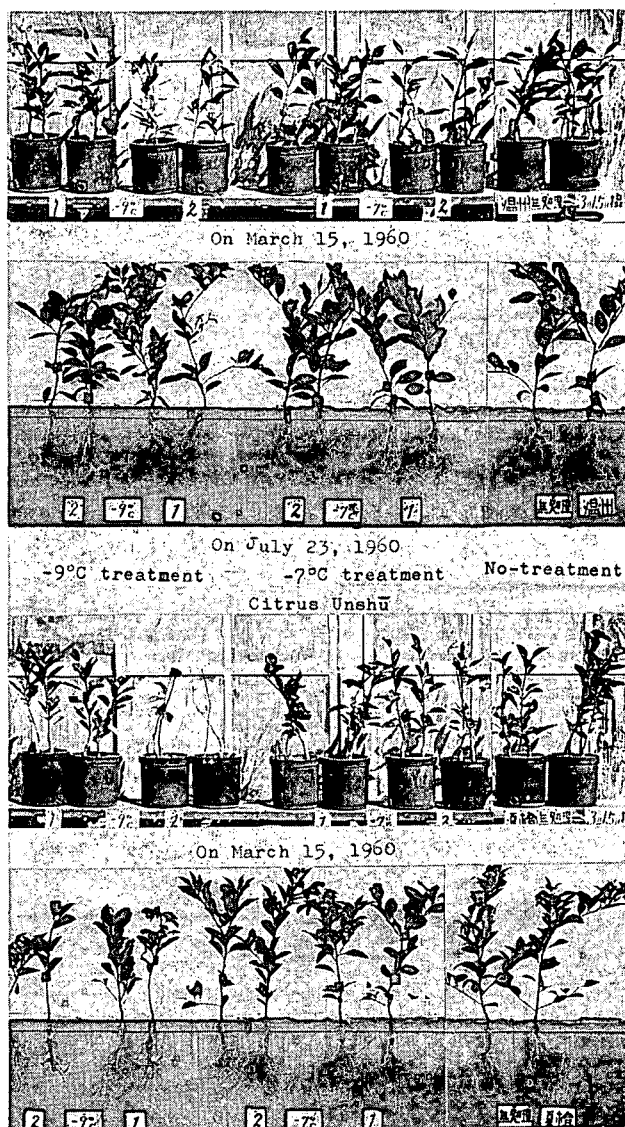


Figure 2. Spring growth of *Citrus Unshū* and *Citrus Natsudaidai* after the freezing treatments in mid February, 1960. 1: Trees were cooled gradually down to  $-5.5^{\circ}\text{C}$  at which the freezing spots appeared on leaves, and then kept at  $-5.5^{\circ}\text{C}$  for 4.5 or 7.5 hours, as unbroken line in Figure 1. 2: Trees were cooled alike down to  $-7^{\circ}\text{C}$  or  $-9^{\circ}\text{C}$  minimum temperature, as broken line in Figure 1.

Table 2. Effects of different freezing temperatures on the growth of citrus species.

Temperatures treated	Per cent frozen parts of a plant		Per cent dead leaves of a plant		Spring growth* (increased in fresh weight)		
	$-7^{\circ}\text{C}$	$-9^{\circ}\text{C}$	$-7^{\circ}\text{C}$	$-9^{\circ}\text{C}$	Non-treated	$-7^{\circ}\text{C}$	$-9^{\circ}\text{C}$
<i>Citrus Unshū</i>	60 %	100 %	0 %	0 %	0.99 g (100)	0.58 g (59)	0.45 g (46)
<i>Citrus Natsudaidai</i>	80	100	0	100	1.66 (100)	0.75 (45)	0.45 (27)

\* Treated on a different day between February 11 and 14, and dug up on July 23, 1960.

Table 3. Growth of citrus species as affected by the duration of freezing temperature  $-5.5^{\circ}\text{C}^*$  after the first appearance of cold injury to leaves.

Hours under $-5.5^{\circ}\text{C}$	Per cent frozen parts of a plant		Per cent dead leaves of a plant		Spring growth (increased in fresh weight)		
	4.5	7.5	4.5	7.5	Non-treatment	4.5	7.5
Citrus Unshū	10 %	33 %	0 %	0 %	0.99 g (100)	0.82 g (83)	0.70 g (71)
Citrus Natsudaïdai	20	75	0	0	1.66 (100)	1.31 (79)	1.08 (65)

\* When the temperature of the refrigerator was lowered gradually, the freezing spot appeared first at  $-5.5^{\circ}\text{C}$  on the leaves.

すなわち、 $-5.5^{\circ}\text{C}$ および $-7^{\circ}\text{C}$ 、 $-9^{\circ}\text{C}$ と凍結温度が低いほど、また凍結時間が長いほど凍結の程度は甚だしくなり、その後の生長量も劣った。しかし、いずれの場合も温州ミカンに比べ夏ミカンの被害の程度が大であった。なお、 $-5.5^{\circ}\text{C} \times 7.5$ 時間で、夏ミカンの葉も凍死しなかったこ

Table 4. Intensity of plasmolysis of leaf epidermal cells in various concentrations of cane sugar solution.

Concentration of cane sugar solution, Mol	Intensity of plasmolysis										
	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7
Poncirus trifoliata	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Citrus junos	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Citrus Aurantium	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Citrus Unshū	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Citrus grandis var. Hōgen	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Citrus Hassaku	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Citrus Tamurana	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Citrus Natsudaïdai	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Citrus Limon	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-
Citrus sinensis var. brasiliensis	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-

+ : Intensity of plasmolysis. - : Not plasmolysed.

Table 5. Osmotic concentration and freezing point of leaf cell sap.\*

		Osmotic concentration	Freezing point
		Mol	$^{\circ}\text{C}$
Poncirus trifoliata	カラタチ	1.3 ~ 1.4	$-(2.42 \sim 2.60)$
Citrus junos	ユズ	1.2 ~ 1.3	$-(2.23 \sim 2.42)$
Citrus Aurantium	ダイダイ	1.1 ~ 1.2	$-(2.05 \sim 2.23)$
Citrus Unshū	温州ミカン	1.1 ~ 1.2	$-(2.05 \sim 2.23)$
Citrus grandis var. Hōgen	法元文旦	1.0 ~ 1.1	$-(1.86 \sim 2.05)$
Citrus Hassaku	ハサク	1.0 ~ 1.1	$-(1.86 \sim 2.05)$
Citrus Tamurana	日向夏ミカン	0.9 ~ 1.0	$-(1.67 \sim 1.86)$
Citrus Natsudaïdai	夏ミカン	0.9 ~ 1.0	$-(1.67 \sim 1.86)$
Citrus Limon	レモン	0.9 ~ 1.0	$-(1.67 \sim 1.86)$
Citrus sinensis var. brasiliensis	オレンジ	0.8 ~ 0.9	$-(1.49 \sim 1.67)$

\* Calculated by the plasmolysing method with cane sugar solution (Table 4).

とは興味がある。

実験Ⅲ：1960年12月17日に蔗糖液を用いて、原形質分離法により、葉の中肋表皮細胞の浸透圧を測り、細胞液の氷点を算出し<sup>(10)</sup>た。

その結果は、第4および5表のとおりである。

すなわち、ワシントン・ネーブル・オレンジの細胞液の氷点は $-(1.49\sim 1.67)^{\circ}\text{C}$ で最も高く、次いで夏ミカンの $-(1.67\sim 1.86)^{\circ}\text{C}$ であり、温州ミカンの $-(2.05\sim 2.23)^{\circ}\text{C}$ で甚だ低かった。

## 考 察

冷却の温度差が急速に $20^{\circ}\text{C}$ 以上であると、細胞内に凍結が起り、きわめて容易に凍死する<sup>(7)</sup>が、当実験のように冷却速度が30分 $-0.5^{\circ}\text{C}$ 程度で、きわめて緩慢な場合には、細胞内凍結は起らず<sup>(7)</sup>、凍死歩合は低い<sup>(9)・(6)</sup>。一般に細胞外の凍結によって凍死する場合には、細胞液の脱水現象が起り、それが極端になると凍死するといわれている<sup>(7)・(10)</sup>。したがって、細胞液の浸透圧が高いと、脱水抵抗が高くなり<sup>(9)・(9)</sup>、凍死もし難い<sup>(9)・(10)</sup>、氷点も低下し<sup>(10)</sup>、それにもなって組織の凍死点も低い<sup>(9)・(11)</sup>。当実験ⅠおよびⅡにおいて、浸透圧の低い夏ミカンに比べて、浸透圧の高い温州ミカンがあらゆる点で、耐寒性の高かったことは当然である。とくに、凍結温度が $-9^{\circ}\text{C}$ のときに、枯死葉歩合が、温州ミカンで0%であるのに夏ミカンで100%であった。いずれにしても、第1報で報じたとおり、これまでの概念を破って、生理学的にみて、温州ミカンが夏ミカンよりも耐寒性の高いことは注目に価する。

## 摘 要

1. 前年秋より温暖なところで管理した温州ミカンおよび夏ミカンの幼樹を、2月に、 $-2^{\circ}\text{C}$ 、 $-3.5^{\circ}\text{C}$ 、 $-5.5^{\circ}\text{C}$ 、 $-7^{\circ}\text{C}$ および $-9^{\circ}\text{C}$ の低温にあわせて、その枝梢や葉の凍害の程度および樹体の生長量を調査した。その結果、温州ミカンは夏ミカンに比べ耐寒性が高かった。なお $-5.5^{\circ}\text{C}$ ×7.5時間で夏ミカンの葉は凍死しなかった。

2. 葉の中肋の表皮細胞の浸透圧を蔗糖液で測り、細胞液の氷点を算出した。その結果、ワシントン・ネーブル・オレンジ  $-(1.49\sim 1.67)^{\circ}\text{C}$ 、夏ミカン・レモン・日向夏ミカン  $-(1.67\sim 1.86)^{\circ}\text{C}$ 、文旦・ハサク  $-(1.86\sim 2.05)^{\circ}\text{C}$ 、ダイダイ・温州ミカン  $-(2.05\sim 2.23)^{\circ}\text{C}$ 、ユズ  $-(2.23\sim 2.42)^{\circ}\text{C}$ 、カラタチ  $-(2.42\sim 2.60)^{\circ}\text{C}$ であった。

## 引 用 文 献

1. 安藤広太郎. 1919. 農試報告. 44: 1.
2. Carrick, C. B. 1920. Corn. Agr. Exp. Sta. Mem. 36.
3. Chandler, W. H. 1913. Mo. Agr. Exp. Sta. Res. Bul. 8.
4. Goff, E. S. 1899. Wis. Agr. Exp. Sta. Bul. 77.
5. 小林 章. 1954. 果樹園芸総論: 47~54.
6. 酒井 照. 1955. 低温科学. 13: 21~31.
7. 酒井 照. 1956. 低温科学. 14: 17~23.
8. 酒井 照. 1959. 低温科学. 17: 43~49.
9. 酒井 照. 1959. 園学雑. 28: 310~316.
10. 坂村 徹. 1952. 植物細胞浸透生理: 203~209.
11. 田口 亮平. 1958. 作物生理学: 671~695.
12. 吉村不二男. 1961. 園学雑. 30 (4): 351~356.
13. 吉村不二男, 葛岡 暁男. 1961. 高知大学学術報告. 10 (7).
14. 吉村不二男, 大野 芳信. 1961. 高知大学学術報告. 11 (6).

