

カンキツ類の台木に関する研究 (第8報)

台木の種類と温州ミカンの耐寒性

吉村不二男・川北 高資・松野 克義

(農学部 果樹園芸学研究室)

Studies on the citrus root stock. VIII.

Influence of root stocks on cold resistance of Unshū orange trees.

by

Fujio YOSHIMURA, Takasuke KAWAKITA and Katsuyoshi MATSUNO

(Laboratory of Fruit-production, Faculty of Agriculture)

Summary

In early February, differences of cold injuries caused by a five day freezing treatment were observed among young orange trees of Unshū (*Citrus Unshu*) on three species of root stocks; such as Karatachi (*Poncirus trifoliata*), Yuzu (*Citrus junos*) and Natsumikan (*Citrus Natsudaidai*). Plants were frozen from 0°C (7:00 p.m.) to -5°C (6:30 a.m.) during the night, and warmed up to 0°C (9:40 a.m.) in the morning to bring out in the sunshine.

Cold resistance was highest in the trees on Karatachi stock followed by those on Yuzu stock, and was lowest in those on Natsumikan stock. Plants suffered from less cold injuries when irrigated enough before the freezing treatment.

緒 言

第6報では、カラタチ、ユズおよび夏ミカン実生を人為的に凍らせたが、その結果、耐凍性でカラタチが最も優れ、次いでユズで、夏ミカンが甚だ劣った⁽⁷⁾。これらは温州ミカンの台木に用いられている。そこで、耐寒性の高い台木は穂木の耐寒性を高めるといわれているので⁽⁹⁾、これらに接いだ温州ミカン幼樹を人為的に凍らせて、耐寒性をくらべてみた。

実 験 材 料 と 方 法

1961年11月10日に鉢植えのカラタチ台、ユズ台温州ミカン(1年生)および夏ミカン台温州ミカン(2年生)幼樹を加温ガラス室に入れて、十分に活着するように管理した。12月10日に無加温ガラス室に移して、半数に十分に灌水し、残りの半数には萎凋しない程度に灌水を極力ひかえて管理した(前者を灌水区、後者を無灌水区と呼称する)。1962年2月1日から16日までの間で、1日、2日、3日、4日および5日間続けて、夜間のみ凍らせた(1日区、2日区、3日区、4日区および5日区と呼称する)。すなわち、日没後2~5°C室に入れておいた材料を午後7時に0°Cの冷蔵庫内に入れ、以後はほぼ自然に近い経過で温度を下げ、翌朝6時30分に-5°Cになるようにした。その後、温度をあげて、午前9時40分に0°Cにして、冷蔵庫内から陽当りに出し、日没まで放置した。凍結処理の温度と時刻との関係は第1図に示す通りである。

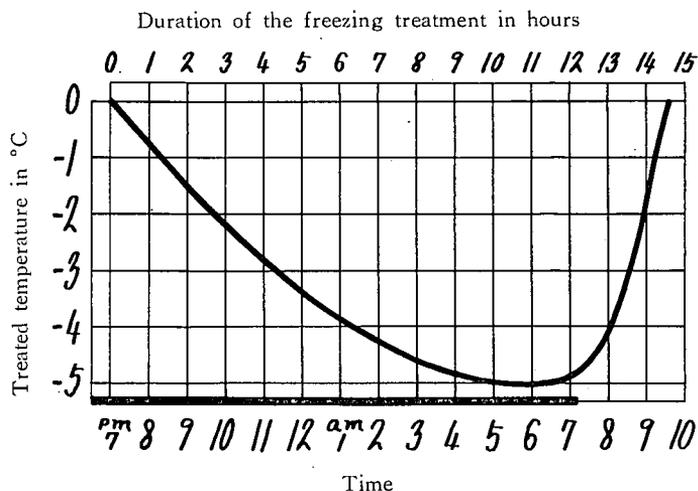


Figure 1. Hourly change of treating temperature. Plants were kept in the refrigerator every night for several days. Temperature was lowered at the rate of less than 0.8 degree per hour from 0°C to -5°C during a given period of time (7:00 p. m. to 6:30 a. m.). Experiment was conducted on February 1 to 16, 1962.

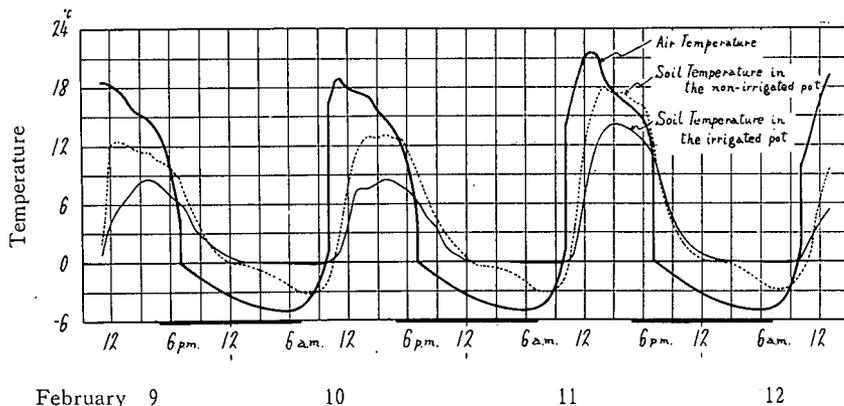


Figure 2. Air temperature at 30 cm high and soil temperature in center of pot (diameter 17 cm) from February 9 to 12, 1962. The potted plants were cooled from 0°C (7:00 p. m.) to -5°C (6:30 a. m.) and warmed up to 0°C (9:40 a. m.) in the refrigerator. They were kept in the sunshine during the daytime. Before the freezing treatment, a half of them had been irrigated enough ("Irrigated pot"), and another half of them had been irrigated a little ("Non-irrigated pot") from mid December to late January.

凍結、融解の操作中の葉の変化を観察して、所定日数凍らせたあと、無加温ガラス室に再び戻して、4日目に全材料に一樣に灌水した。その後は普通に管理して、落葉および展芽伸長状況を観察した。6月27日に水洗抜取って、秤量し、生体増加重を求めた。

なお、凍結、融解の操作中の気温およびポット中央部の地温の変化を、2月9日～12日を例にして示すと、第2図の通りである。すなわち、灌水しておく、と、地温は0°C以下にさがりにくく、日

較差が少なかった。

実 験 結 果

1. 低温処理中の茎葉の変化：冷蔵庫のガラス戸を透して、凍結状況を観察するとともに、凍結処理期間中の葉の変化を観察したところ、第1表および第3図をえた。

写真は凍結処理1日目、3日目および5日目に冷蔵庫内から陽当りに出した直後の状況である。

Table 1. The freezing temperature of leaves and the percentage of frozen leaves of young Unshū trees on three species of root stocks.

	Freezing temperature of leaves					Percentage of frozen leaves					
	1st day	2nd day	3rd day	4th day	5th day	1st day	2nd day	3rd day	4th day	5th day	
Karatachi stock	°C	°C	°C	°C	°C	%	%	%	%	%	
	Non-irrigation	-4.4	-4.4	-4.5	?	?	10	50	70	100	?
Irrigation	-5.0	-4.9	-4.6	-4.5	-4.5	5	20	30	30	33	
Yuzu stock	Non-irrigation	-4.4	-4.5	-4.5	?	?	20	33	50	100	?
	Irrigation	-5.0	-4.9	-4.6	-4.6	-4.5	5	10	15	15	25
Natsumikan stock	Non-irrigation	-4.3	-4.3	-4.4	?	?	50	60	90	?	?
	Irrigation	-4.5	-4.5	-4.3	-4.3	-4.3	20	20	50	60	65

Unshū trees were cooled down to -5°C every night between February 1 and 16, 1962. Before the treatment, a half of them had been irrigated enough ("Irrigation"), and another half of them had been irrigated a little ("Non-irrigation") from mid December to late January.

すなわち、凍結温度や凍結量では、カラタチ台温州ミカンとユズ台温州ミカンにいちじるしい差が見られなかったが、夏ミカン台温州ミカンはこれら二者よりも凍り易かった。灌水区ではいずれも無灌水区よりやや低い温度で凍ったが、一度凍った部分が翌日に凍り易く、凍結温度が順次高くなり、ついに無灌水区とはほぼ同じ温度で凍りはじめた。概して、一度凍った葉はとけてから半日～5日間上方に巻いて、萎凋症状を呈した。4日区および5日区では、葉が長期に亘って萎凋し、とくに、無灌水区ではその症状が極端で、葉が下垂し、たい色し、凍ったか否かわからないほどであった。その傾向は夏ミカン台温州ミカンにいちじるしく、一部の葉が落ちた。

2. 凍結処理樹の生育：凍結処理後、無加温ガラス室に移して、4日目に一様に灌水して、以後は普通に管理したところ、萎凋していた葉の大半は元の状態に戻ったが、いちじるしく萎凋していたものは落葉した。落葉の状況を写真で示すと第4図、落葉量を示すと第2表の通りである。

すなわち、いずれも落葉量ではユズ台温州ミカンで最も少なく、次いでカラタチ台温州ミカンで

Table 2. Abnormal leaf fall of Unshū trees on three species of root stocks after the freezing treatment of -5°C minimum temperature at night for 5 days between February 1 and 16, 1962.

Number of days treated		Non-treatment	1	2	3	4	5
		%	%	%	%	%	%
Karatachi stock	Non-irrigation	3.3	4.7	16.4	25.4	41.3	50.0
	Irrigation	0.0	0.4	0.9	5.5	13.0	22.0
Yuzu stock	Non-irrigation	0.0	0.7	12.0	17.5	31.3	40.0
	Irrigation	0.0	0.0	0.3	0.3	0.5	1.2
Natsumikan stock	Non-irrigation	27.5	48.3	69.6	80.6	92.1	100.0
	Irrigation	0.3	5.8	28.5	40.9	61.9	88.6

Remarks: Same as stated in Table 1.

少なく、夏ミカン台温州ミカンで最も多かった。十分に灌水したものは萎凋の回復が早く、落葉が少なかった。灌水の効果はユズ台温州ミカンで最もいちじるしく、次いでカラタチ台温州ミカンであった。夏ミカン台温州ミカンでは凍結処理日数が多いと灌水の効果が減った。なお、夏ミカン台温州ミカンの無灌水区をみると、凍結処理しないものも28%も落葉し、1回凍結処理すると48%落葉し、ユズ台およびカラタチ台温州ミカンの5日区とほぼ同程度に落葉した。

いちじるしく落葉したものは春季に早く展芽したが、展いた葉が小さく、また、枝数がますが、枝の伸びが悪かった。6月27日に水洗抜取ってみると、根の発育が悪く、生体重が余り増加してなかった。一部枝枯れしたものは目方が減った。6月27日までの生体重増加量を示すと第3表、生育状況を写真で示すと第5図の通りである。

Table 3. Comparison of increased fresh weight per 100 g between irrigated and non-irrigated Unshū trees on three species of root stocks, respectively, on June 27 nearly 5 months after the freezing treatment of -5°C minimum temperature.

Number of days treated		Non-treatment	1	2	3	4	5
		g	g	g	g	g	g
Karatachi stock	Non-irrigation	32.0 (100)	30.6 (96)	28.6 (90)	24.2 (76)	16.5 (52)	6.8 (21)
	Irrigation	32.1 (100)	31.8 (99)	30.6 (96)	30.1 (94)	25.9 (91)	21.9 (68)
Yuzu stock	Non-irrigation	38.1 (100)	36.7 (96)	34.5 (90)	30.3 (80)	24.4 (64)	19.4 (51)
	Irrigation	38.6 (100)	38.5 (100)	37.7 (98)	37.6 (97)	36.8 (95)	29.1 (75)
Natsumikan stock	Non-irrigation	12.3 (100)	-2.1 (-)	-13.8 (-)	-17.3 (-)	-17.9 (-)	-18.0 (-)
	Irrigation	33.0 (100)	24.5 (74)	20.8 (63)	12.4 (37)	6.4 (19)	-0.4 (-)

Remarks: Same as stated in Table 1.

すなわち、ユズ台およびカラタチ台温州ミカンの無処理区では灌水の効果があったが、凍結処理を繰り返したものに灌水の効果があった。無灌水区で3日間凍らせると、生育が抑えられたが、十分に灌水しておく、4日間凍らせても、生育が左程に抑えられなかった。他方、夏ミカン台温州ミカンでは灌水をひかえると、凍らせなくとも極端に生育が劣り、灌水区を100として37にすぎなかった。まして、一回でも凍結処理すると生育が極端に抑えられたことは興味があった。

考 察

I. 台木の種類と寒害程度: いま、高知の冬季の雨量を示すと、概して、11月中旬から3月上旬まで雨が少ない。当学部の最近10ヶ年間の平均雨量は11月 125mm, 12月 68mm, 1月 58mm, 2月 87mm, 3月 180mmで、1月の1mm以上の雨天の間隔は5~8日である。一般に、「カラカン」のときにミカンが傷むと云われているので、最近10ヶ年間でミカンが寒害をうけた日、その前後の雨量、その間の晴天日数を示すと第4表の通りである。

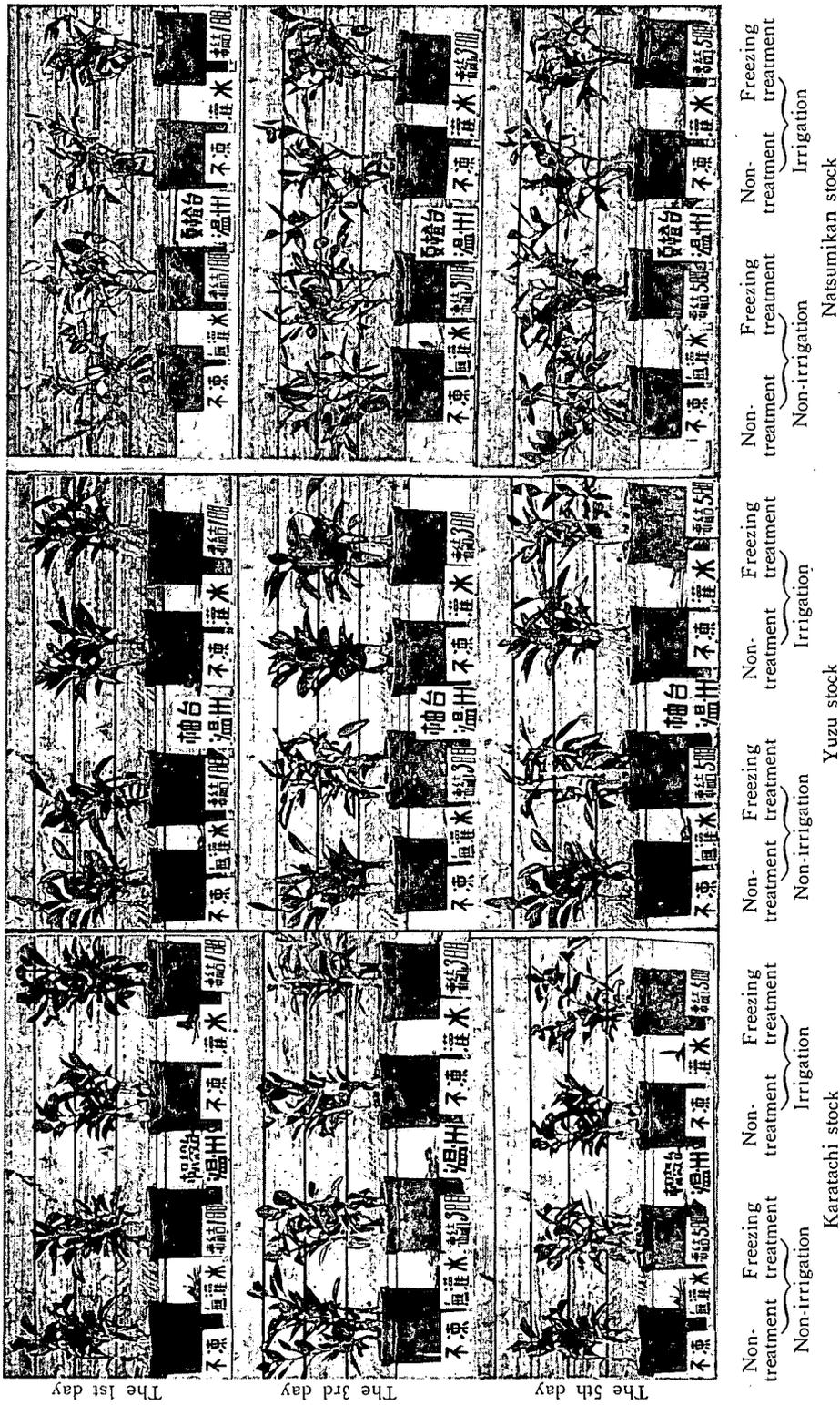


Figure 3. Effects of irrigation on the cold injury of Unshū trees on three species of root stocks, caused by a five day freezing treatment between February 1 and 16, 1962. Plants were frozen from 0°C (7:00 p.m.) to -5°C (6:30 a.m.) during the night in the refrigerator, and warmed up to 0°C (9:40 a.m.) in the morning to bring out in the sunshine. Picture was taken on 1st, 3rd and 5th days of the treatment soon after the plants were brought out from the refrigerator.

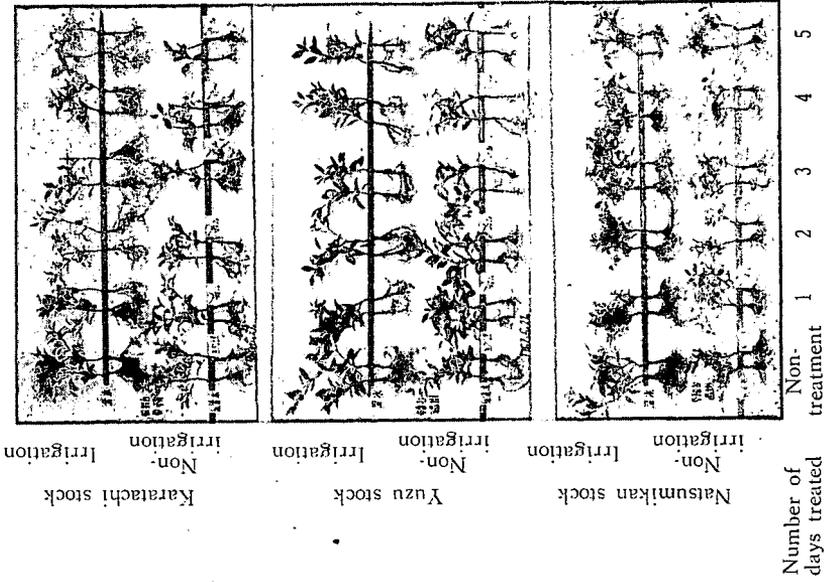


Figure 5. Comparison of spring growth of Unshū trees on three species of root stocks between irrigated and non-irrigated trees, respectively, on June 27 nearly 5 months after the freezing treatment of -5°C minimum temperature.

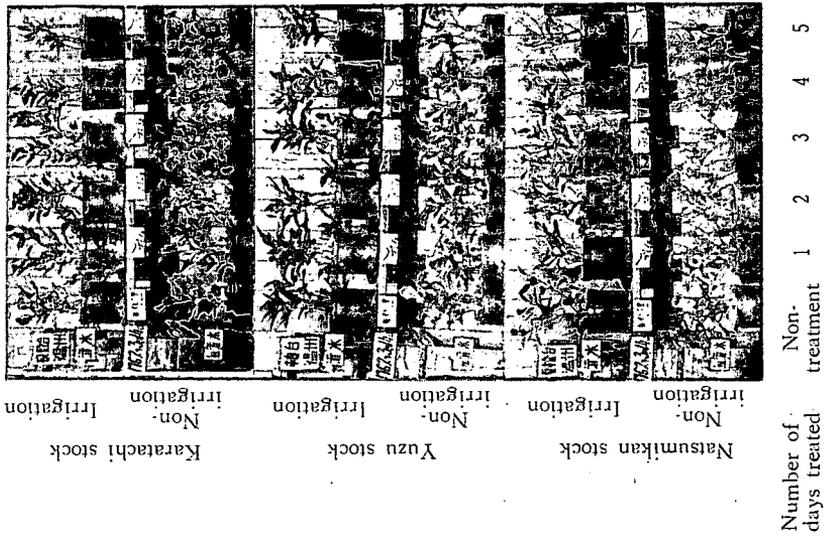


Figure 4. Comparison of abnormal leaf fall between irrigated and non-irrigated Unshū trees on three species of root stocks, respectively. Picture was taken on March 14 nearly a month after the freezing treatment.

Table 4. Date of cold injury for citrus trees and rain fall in winter last 10 years in Kōchi prefecture.

Date of cold injury	Date and amount of the last rain fall before cold injury	Date and amount of the first rain fall after cold injury	Number of fine days
January 17, 18 and 19, 1959.	December 24, 1958. (68 mm)	January 28, 1959. (37 mm)	35 days
December 30 and 31, 1960, January 1 and 2, 1961.	December 12, 1960. (10 mm)	January 8, 1961. (20 mm)	27 days
From January 12 to February 3, 1963.	December 29, 1962. (17 mm)	February 8, 1963. (11 mm)	41 days

すなわち、雨が極端に少なく、快晴の日が25~40日続いて、朝方に $-(5\sim 8)^{\circ}\text{C}$ まで冷込んで、寒害をうけている。一般に、夜間が寒冷であると、植物組織は細胞内から脱水、凍結し、昼間に融解して、その水は細胞内に戻るのが常である。ところが、カンキツ類では、その水の相当量が蒸散する⁽¹⁰⁾。これらの諸現象が連日繰返えされると、当実験結果にみるように、数日間で葉が萎凋下垂し、葉の水分が急激かつ極端に欠乏し、落葉する⁽¹⁰⁾。なお、興味あることは、無灌水区にくらべて、灌水区は耐寒性の点で優っていたことである。したがって寒冷で夜間に凍ると、カンキツ類の葉は急激にかつ極端に水分欠乏を生じ、その急場をしのげないと寒害をうける。その急場を急速に補いえたものが耐寒性に優ることになる⁽¹⁰⁾。すなわち、第一に、低温下でもより多く吸水して、葉に補給できる台木、第二に、乾燥に強い台木を使うと耐寒性が高くなろう。

まず、根圏温度 1°C における吸水量をくらべた報告をみると、カラタチ実生の値を100とすると、ユズ実生 128, 夏ミカン実生 51⁽⁴⁾である。また、カラタチ台温州ミカンの値を100とすると、ユズ台温州ミカン 109, 夏ミカン台温州ミカン 67⁽⁵⁾である。当実験では、凍らせたユズ台温州ミカンは葉の萎凋状況や、その後の落葉、生育阻害の程度で最も少なく、次いで、カラタチ台温州ミカンが少なかった。夏ミカン台温州ミカンでは極端に萎凋して、甚だしく落葉し、生育がいちじるしく劣った。すなわち、寒害の軽重と上記の低温度の吸水能力の高低との順位がよく一致していたことは興味がある。とくに、地温がほぼ 0°C までしかさがらなかった灌水区に、その傾向がいちじるしかった。

次に、吉村、堀尾等⁽⁶⁾は冬季に高濃度の蔗糖液で水耕して、カンキツ類実生の耐旱性をくらべているが、カラタチ実生で最も高く、次いでユズ実生で高く、此等に較べて夏ミカン実生ははなはだ低いと報じている。当実験の凍らせなかったものについてみると、ユズ台およびカラタチ台温州ミカンでは無灌水区と灌水区とにいちじるしい生育差が見られなかった。しかし、夏ミカン台温州ミカンでは、灌水区にくらべて無灌水区ははなはだ多く落葉し、その後の生育に極端に劣った。まして、これらを凍らせると、葉は極端に萎凋し、落葉し、枝枯れを生じ、その後の生育がいちじるしく抑えられた。夏ミカン台温州ミカンが耐旱性に劣る結果と考えられる。

II. 凍結の難易と台木との関係：カンキツ地帯では通常、夜間に冷えるとき、気温の下降速度は1時間に 1°C 以下である。したがって、カンキツ類の凍結は細胞外凍結で、細胞の脱水抵抗の高いもの——細胞液の浸透圧の高いもの——が凍り難いといわれている⁽¹⁾⁽²⁾。当実験で、ユズ台およびカラタチ台温州ミカンに比べて、夏ミカン台温州ミカンがやや高い温度で凍り、凍結量が多かった。そこで、実験に供した材料のうち、灌水して、凍らせなかったものを、1963年1月中旬まで普通に管理して、葉の中肋表皮細胞の浸透圧を、蔗糖液による原形質分離法で測ったところ、ユズ台温州ミカンで $1.1\sim 1.2\text{ mol}$ 、カラタチ台温州ミカンで $0.9\sim 1.2\text{ mol}$ 、夏ミカン台温州ミカンで $0.9\sim 1.0\text{ mol}$ であった。これらの台木について浸透圧を測った結果をみると、カラタチ実生で $1.3\sim 1.4\text{ mol}$ 、

ユズ実生で1.2~1.3 mol, 夏ミカン実生で0.9~1.0 mol⁽⁶⁾ である。人為的に凍らせた結果では、耐凍性ではカラタチ実生が最も優れ、続いてユズ実生で、夏ミカン実生は極端に劣っている⁽⁷⁾。すなわち、台木の浸透圧が穂木の浸透圧にどれ程に影響するか明かでないが、温州ミカンの凍結の難為に台木の耐凍性の高低がある程度影響していることがうかがえる。

III. 冬季灌水と地温との関係：いま、高知の冬季の地温を示すと第5表の通りである。

Table 5. The mean and the lowest soil temperature in winter at Kōchi from 1954 to 1963.

Depth under ground cm	Month	December	January	February
		°C	°C	°C
10		8.5 (1.8)*	5.2 (0.3)	6.4 (0.3)
20		9.8 (4.8)	6.7 (3.0)	7.7 (4.1)
30		10.9 (6.7)	7.6 (4.8)	8.5 (4.9)
50		12.9 (7.5)	8.9 (5.8)	9.4 (5.7)

* Numbers in () are the lowest soil temperatures in the last 10 years.

すなわち、1月および2月の地温は根圏で5.2~8.5°Cで、地下50~100 cmで9°C以上である。ところが、寒冷日が続くときには、根圏温度が0.3~4.9°Cにさがる。通常、寒い日が続いたあと、雨天となり、日最低気温が高くなり、同時に、根圏温度もあがり、地下50 cmの地温とほぼ同じ6~7°Cになる。その際、雨を伴わないと、日最低気温が高くなっても、根圏温度がさ程にあがらず、3~5°Cにとどまる。いま、1956年の1月7日~12日および1958年の1月22日~27日を例にとって示すと第6表の通りである。

Tabl 6. Influence of rain fall on the soil temperature in winter.

Date	Weather	Air temperature		Soil temperature			
		Daily maximum	Daily minimum	10 cm depth	20 cm depth	30 cm depth	
		°C	°C	°C	°C	°C	
January , 1956	7	○	15.1	-3.7	2.6	4.7	6.9
	8	○	8.9	-7.5	2.2	4.0	6.2
	9	○	9.5	-5.1	2.0	4.0	6.2
	10	○	5.4	-2.6	2.6	4.4	6.1
	11	○	8.5	3.3	3.0	5.0	6.4
	12	○	10.2	5.1	3.2	5.4	6.9
January , 1958	22	○	11.6	-2.8	2.8	4.5	6.7
	23	○	12.0	-2.6	3.0	4.8	7.0
	24	○	6.8	-6.4	2.3	4.6	6.6
	25	○	9.2	-6.1	2.2	4.5	6.1
	26	● (25mm)	12.2	0.4	6.0	6.5	6.5
	27	○	9.2	3.2	6.0	6.3	7.4

* Signs of "○" show the fine day and "●" the rainy day, and 25 mm is amount of rain fall.

当実験において(第2図), 鉢土に十分灌水しておく、気温が-5°Cまでさがっても、鉢土中の地温は0°C以下にさがり難く、日較差がはなはだ少なかった。すなわち、冬季に灌水しておく、カンキツ園の根圏温度が5°C以下にさがらないであろう。したがって、地温が高いただけカンキツ類が吸水し易く、寒害を軽減する一助となろう。

要 約

1. 1962年2月1日～16日に数日間続けて、種々の台木に接いだ温州ミカンを、夜間に人為的に凍らせ (-5°C), 昼間に陽当りにおいて、耐寒性をくらべた。なお、凍結処理前の12月および1月に材料の半数に十分に灌水し、他の半数には萎凋しない程度に灌水をひかえて育てた。その結果
2. 耐寒性の点で、ユズ台温州ミカンが最も優り、続いて、カラタチ台温州ミカンが優ったが、夏ミカン台温州ミカンははなはだ劣った。また、12月、1月に十分に灌水しておくこと、いずれも耐寒性が高められた。なお、夏ミカン台温州ミカンは乾燥に弱かった。

引 用 文 献

1. 酒井 照. 1955. 低温科学 13: 21-31.
2. 田口 亮平. 1958. 作物生理学: 671-695.
3. 吉川勝好・高橋基生. 1962. 日本植物学会第27回大会記録.
4. 吉村不二男. 1961. 高知大学学術報告 10 (24).
5. 吉村不二男. 1961. 高知大学学術報告 10 (6).
6. 吉村不二男・堀尾昌志. 1962. 園芸学会中四国大会発表要旨. 1963. 高知大学学術報告 12 (2).
7. 吉村不二男・葛岡暁男. 1961. 高知大学学術報告 10 (7).
8. 吉村不二男・大野芳信. 1962. 高知大学学術報告 11 (6).
9. 吉村不二男・大野芳信. 1962. 高知大学学術報告 11 (7).
10. 吉村不二男・大野芳信・川北高資・松野克義. 1963. 園芸学会春季大会発表要旨.

(昭和38年6月15日受理)

