

柑橘類の台木に関する研究 (第6報)

数種の実生の耐寒性

吉村 不二男・葛岡 暁男

(農学部, 果樹園芸学研究室)

Studies on citrus root-stocks. VI.

Differences in the cold-resistance among six varieties of citrus seedlings.

by

Fujio YOSHIMURA and Akio KUZUOKA

(Laboratory of Fruit-production, Faculty of Agriculture)

緒 言

台木選抜の資料を得るために、実生を用いて、生理生態学的な調査をこころみているが、この調査を進めていくうちに、これらの耐寒性を知る必要がある。そこで、これら実生を人為的に凍結させて、低温に対する抵抗性を比較してみることとした。

この調査に尽力希った大野芳信君に感謝する。

実験 I. 凍結処理

実験材料および方法：1960年1月25日から29日に亘って、箱植の枳殻、柚、舟床蜜柑、夏橙、法元文旦および八朔の実生(2~3年生)を2台の大型冷蔵庫に入れて、温度を -5°C 、 -7°C あるいは -9°C の極温まで調節しながら順次さげて、凍結処理を行った。その温度の変化は第1図に示すと

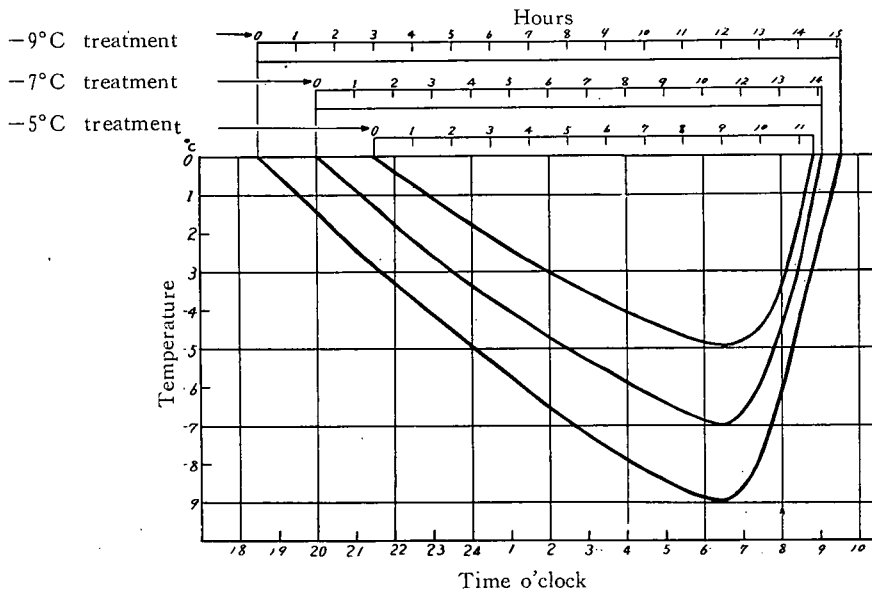


Figure 1 The change of the temperature in the refrigerator.

おりである。この資料は本学農学部、高知、京都および仙台の気象資料を参考にした。凍結処理前12時間を予冷として、また、処理後12時間を、0~2°Cの冷室に移した。以後7月23日までガラス室で標準管理を行って、生育状態を比較した。なお、材料は1959年10月中旬に箱植にして、凍結処理の前日まで、温暖室(8~26°C)に入れておいたが、いずれの材料も伸長は一応停止していた。なお、枳殻の頂部には2~3枚の葉を着けていた。

実験結果：凍結による枯死葉発生数、凍結処理後6ヶ月間の生育状況をしめすと、第1、2表および第2図のとおりである。

Table 1 The percent of leaves of six varieties of citrus seedlings frozen to death by the freezing treatment.

	-5°C ^a treatment	-7°C ^a treatment	-9°C ^a treatment
	%	%	%
Poncirus trifoliata	0	0	0
Citrus junos	0	0	100
Citrus Funadoko	0	50	100
Citrus grandis var. Hōgen	0	80	100
Citrus Hassaku	0	80	100
Citrus Natsudaidai	0	100	100

a: The minimum temperature of the freezing treatment as shown in Figure 1.

Table 2 Increase in fresh weight of six varieties of citrus seedlings as related to the freezing treatment.

	Non treatment	-5°C ^a treatment	-7°C ^a treatment	-9°C ^a treatment
	g	g	g	g
Poncirus trifoliata	0.90(100)	0.77(86)	0.62(69)	0.54(60)
Citrus junos	0.38(100)	0.31(82)	0.19(50)	0.10(26)
Citrus Funadoko	1.09(100)	0.60(55)	0.46(42)	0.06(6)* ^b
Citrus grandis var. Hōgen	0.99(100)	0.58(59)	0.11(11)** ^b	— **** ^b
Citrus Hassaku	0.30(100)	0.08(27)	0.01(3)** ^b	— **** ^b
Citrus Natsudaidai	0.67(100)	0.13(19)** ^b	— **** ^b	— **** ^b

a: The minimum temperature of the freezing treatment as shown in Figure 1.

b: Some plants died back and then died gradually after or without sprouting in spring.

Numbers of *marks show the numbers of the died plants.

枳殻：-9°C以上の凍結処理では、枳殻の葉は融解後も全然異常がなく、春季に新梢が伸び出してから、いろいろと落葉した。もちろん、枯死するものもなく、新梢の伸長が旺盛で、6種のうちで、生育がもっともよかった。しかし、無処理のものに比べると、いずれも生重増加量が少く、凍結処理の極温が低いほど生育が悪かった。

柚：-9°C処理樹は全葉が凍死し、温暖室に移しても、樹上に乾枯固着していたが、直ちに展芽伸長して、枯死する個体もなく、6種のうちで、枳殻に次いでよい生育を示した。-5°C、-7°C処理樹の葉は全然凍死しないが、枳殻より以上に生育が悪かった。すなわち、-5°C処理樹の生重増加量は無処理区を100として、枳殻86に対して柚82であった。

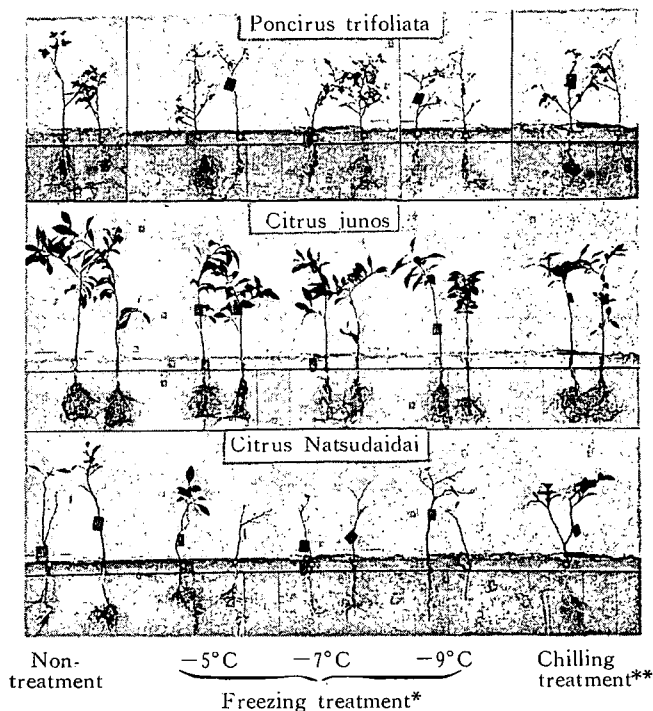


Figure 2 Growth of three varieties of citrus seedlings as related to the freezing and chilling treatments in the preceding winter. Photographs were taken on July 23, 1960.

* : The minimum temperature of the freezing treatments.

** : At -1.5°C for 264 hours continuously.

舟床蜜柑： -7°C 、 -9°C 処理樹の全葉が凍死し、処理後の生育が著しく悪く、7月23日までに一部が枯死した。 -5°C 処理樹の葉は凍死しなかったが生育が著しく抑制された。概して6種のうち中位の生育を示し、生重増加量は無処理区を100として55であった。

文旦、八朔： -7°C および -9°C 処理樹の全葉が凍死して、生育がはなはだしく阻害されて、多数の個体が枯死した。とくに -9°C 処理樹は全部枯死した。 -5°C 処理樹の葉は凍死しないが、生育が抑制され、生重増加量で無処理樹を100として文旦59、八朔27であった。

夏橙：6種のうちで、凍結に対して夏橙がもっとも弱い。 -7°C 、 -9°C 処理樹は全葉が凍死して、かつ、新梢が伸び出してから、あるいは伸び出さないままに、全個体が頂部より順次枯死した。 -5°C 処理樹の葉は全然凍死しなかったが、生育が極端に抑制され、枝梢が枯込んで、2個体が枯死した。

実験 II. 低温処理

実験材料、方法および結果：前実験において、極温が -9°C になっても、地表下5cmの地温は -1°C 以下に下らず、根は $-1\sim 0^{\circ}\text{C}$ に長時間曝されることになった。そこで、台木としての耐寒性をみるいみで、次の実験をこころみた。前実験と同様に管理した箱植の枳殻、柚および夏橙実生(2年生)を1960年2月8日から2月19日の264時間にわたって、 -1.5°C の恒温器中に入れて、低温処理をほどこした。その間、地表下5cmの地温は 0°C 前後であった。処理後温暖室に移しても、外観では何等異常なく生育していた。ところが、7月23日に秤量してみると、6ヶ月間の生育に種類間差が見られた。すなわち、第3表および第2図に示すとおりで、枳殻の生体重増加量ももっと

Table 3 Increase in fresh weight of three varieties of citrus seedling after six months of chilling treatment (-1.5°C for 264 hours continuously) in the preceding winter.

	Non-treatment	Chilling treatment
Poncirus trifoliata	g 0.78 (100)	g 0.63 (81)
Citrus junos	0.45 (100)	0.36 (80)
Citrus Natsudaidai	0.53 (100)	0.21 (40)

も多く、柚が次いで多い。之に反して、夏橙がはなはだしく少かった。

考 察

凍結によって組織が死に致る状況を考えてみることにする。夏季(9月以前)の枝梢⁽⁷⁾や 20°C 以上の温度較差のある急激な冷却の場合⁽²⁾あるいは、1分間に約 1°C も下る程に冷却速度が早い場合^{(2),(9)}には細胞内凍結が起り易く、かつ、組織はきわめて容易に死ぬ。しかし、一般には、先ず細胞外凍結が起り、細胞液の脱水が行われる。その細胞外凍結の強度が高まると、細胞液の脱水が極度に達して死に致る⁽¹¹⁾。自然状態では、枝の伸長停止後^{(1),(9)}秋から冬にかけて枝梢内の含糖量が減るが⁽⁹⁾、含水量が減るために、細胞液の糖濃度が高まり⁽⁸⁾、その脱水抵抗が高くなって、耐凍性が自然に高まって来る⁽⁸⁾ものである。冬季においては、概して、細胞液の脱水抵抗が高い⁽⁸⁾ものあるいは、人為的に高められると、それに伴って耐凍性が高く、あるいは、高まる。いいかえると、浸透圧が高い、あるいは、人為的に高められると、耐凍性も高いし、また、高くなるものである。しかし、成育中の枝梢では、含糖量や、浸透圧が高くて、耐凍性がかならずしも高いとはいえない⁽⁸⁾。したがって、冬季にはほとんど強制休眠の状態にある柑橘類⁽¹³⁾では、浸透圧の高いものが耐凍性が高いかどうか疑問である。そこで、こころみに此等実生の細胞液の浸透圧をしらべてみることにした。12月24日に圃場にある実生の葉をとり、蔗糖液を用いて葉の中肋表皮細胞の原形質分離の有無をしらべて浸透圧を測定した。その結果は第4表のとおりである。

Table 4 The osmotic pressure of the leaf epidermal cells of some citrus seedlings on December 24.

		M. 濃度 ¹										
		1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8	0.7
Poncirus trifoliata	根 殻	卍	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrus junos	柚	卍	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-
Citrus Aurantium	橙	卍	卍	卍	+	+	-	-	-	-	-	-
Citrus Funadoko	舟 床 蜜 柑	卍	卍	卍	卍	+	-	-	-	-	-	-
Citrus Tachibana	橘	卍	卍	卍	卍	+	+	-	-	-	-	-
Citrus sulcata	三 室 柑	卍	卍	卍	卍	卍	+	-	-	-	-	-
Citrus grandis var. Högen	文 旦	卍	卍	卍	卍	卍	卍	+	-	-	-	-
Citrus Hassaku	八 朔	卍	卍	卍	卍	卍	卍	+	+	-	-	-
Citrus Natsudaidai	夏 橙	卍	卍	卍	卍	卍	卍	+	+	-	-	-
C. sinensis var. Fukuhara	福原・オレンジ	卍	卍	卍	卍	卍	卍	卍	+	-	-	-
C. sinensis var. brasiliensis	ネーブル・オレンジ	卍	卍	卍	卍	卍	卍	卍	+	+	-	-

The data are shown as the concentration (mol) of sucrose by which the cell sap was plasmolysed. -: Not plasmolysed. +, 卍, and 卍: The degree of plasmolysis.

すなわち、根殻がもっとも高くして1.4~1.5 molで、柚がこれに次いで高い。オレンジ類がもっ

とも低く 0.8~1.0 mol, 夏橙はこれに次いで低かった。この浸透圧の高低の順位と、当実験の凍結処理による生育阻害の軽重の順位とが比較的良好に一致していることは興味がある。すなわち、耐凍性のもっとも高いものは枳殻で、柚がこれに次いで高い。これに反して、文旦、八朔および夏橙ははなはだ低く、なかでも夏橙はとくに低い。

いま、細胞液の浸透圧から氷点を算出する^{(10)・(11)}と、ほぼ、 $-(1.5^{\circ}\sim 2.8^{\circ})^{\circ}\text{C}$ である。氷点が 1°C 降下するにつれて、組織の凍死点は $-(10\sim 20)^{\circ}\text{C}$ 降下する⁽¹²⁾もので、バラの表皮組織では浸透圧が 0.45~0.74 mol で組織の凍死点は $-(18\sim 30)^{\circ}\text{C}$ で、枝の凍死点は $-(10\sim 28)^{\circ}\text{C}$ である⁽⁷⁾。ところが、低極温 -9°C 以上である当実験において、凍結処理後に枯死個体が発生している。いま、その枯死する経過を見てみることにする。凍結処理で葉が凍死し乾枯しているが、枝梢には異常が見られなかった。春になって展芽し伸長し始めてから、あるいは一部、展芽しないままに、頂部から順次枯込んで行く。また、夏橙では葉が凍死していない樹までも枯死した。枯死した理由についてさらに調査する必要があるが、当実験の枯死の場合は純然たる凍死とは断じにくい。実験Ⅱにおいて、低温処理の温度が -1.5°C で処理期間中、凍結斑が全然見られなかった。処理後も枝葉に異常がなかったが、生育が著しく抑制されていた。一般に、落葉樹において、芽の自発休眠を完了するうえで或る低温量が必要であるが、必要な低温量以上に低温にあうと生育がかえって阻害されることが観察されている⁽¹⁴⁾。すなわち、柿で $-1\sim 0^{\circ}\text{C}$ の低温に10日以上、葡萄で15日以上、桃で30日以上あうと生育がかえって悪くなる。このことは当実験Ⅱの結果と似た現象で興味がある。いずれにしても低温に対して枳殻がもっとも強く、柚がこれに次いで強く、夏橙ははなはだ弱いといえる。

要 約

1. 温暖な処 ($8\sim 26^{\circ}\text{C}$) で管理した箱植の実生を1961年1月下旬に冷蔵庫に入れて、庫内の温度を自然に近い状況に調節し、極温を -5°C 、 -7°C 、あるいは -9°C として、凍結処理をほどこした。融解後の生育を観察し、実生の耐寒性を比較した。
2. 耐寒性のもっとも高いものは枳殻で、 -9°C 処理で葉も凍死していない。柚がこれに次いで高く、 -9°C 処理で葉が凍死したが、 -7°C 処理および -5°C 処理では葉が凍死していない。舟床蜜柑、文旦、八朔および夏橙の耐凍性は低く、 -7°C および -9°C 処理でほとんどの葉が凍死して、春季になって展芽して、あるいは、展芽しないまま多くの個体が枯死した。その傾向は夏橙がもっともはなはだしい。
3. 葉の中肋表皮細胞の浸透圧をはかってみると、浸透圧の高低と凍結処理後の生育不振の程度の軽重とがよく一致していた。
4. また、 -1.5°C に264時間連続してあうと、枳殻、柚、夏橙いずれも生育が抑制された。なかでも、夏橙の生育がとくに悪く、耐寒性ももっとも低いことがわかった。

引 用 文 献

1. 酒井 照. 1956 低温科学 生物編 第13輯: 21~31
2. 酒井 照. 1956 低温科学 生物編 第14輯: 17~23
3. 酒井 照. 1959 低温科学 生物編 第17輯: 21~27
4. 酒井 照. 1959 低温科学 生物編 第17輯: 29~33
5. 酒井 照. 1959 低温科学 生物編 第17輯: 35~41
6. 酒井 照. 1959 低温科学 生物編 第17輯: 43~49
7. 酒井 照. 1959 園芸学会雑誌 28 (4): 310~316
8. 酒井 照. 1960 低温科学 生物編 第18輯: 1~13
9. 酒井 照. 1960 園芸学会雑誌 29 (3): 233~238
10. 坂村 徹. 1950 植物生理学: 103~134
11. 坂村 徹. 1952 植物細胞浸透生理: 1~107, 203~209

12. 田口 亮平. 1960 作物生理学 : 671~703
13. 吉村不二男. 1960 高知大学学術報告 9 (13)
14. 吉村不二男. 1961 園芸学会雑誌 30 : (印刷中)

(昭和36年 9 月25日受理)

Summary

1. Six varieties of Citrus seedlings were suffered to the freezing temperature in the electric refrigerators and the difference in the cold resistance among them was investigated. As the result, the cold resistance was highest in *Poncirus trifoliata* and was followed by *Citrus junos*, *Citrus Funadoko*, *Citrus grandis* var. *Hogen*, *Citrus Hassaku*, and *Citrus Natsudaïdai*, in order.

2. The osmotic pressure of the leaf epidermal cell sap of Citrus seedlings was measured by the method of plasmolysis in the sucrose solution. The variety which was higher in the cold resistance had also the higher osmotic pressure.

3. The seedlings of *Poncirus trifoliata*, *Citrus junos* and *Citrus Natsudaïdai* which received chilling treatment at -1.5°C for 264 hours continuously at the middle of February grew poorly as compared to the non-treated seedlings. Especially, the growth of *Citrus Natsudaïdai* was retarded most badly and it was clear that the cold resistance of *Citrus Natsudaïdai* was the weakest among them.

(Received September 25, 1961)