カンキツ類の吸水に及ぼす土壌溶液濃度の影響 (第1報)

冬季における蔗糖および硫安の溶液濃度について

吉村不二男・堀尾昌志

(農学部・果樹園芸学研究室)

Studies on the water intake of citrus trees as affected by the concentration of soil solution. I.

On the effect of osmotic concentration of cane sugar and of ammonium sulphate solution in winter.

by

Fujio YOSHIMURA and Masashi HORIO

(*Laboratory of Fruit-production, Faculty of Agriculture*)

Summary

1. The effects of the osmotic concentrations of cane sugar and ammonium sulphate solutions were observed separately by growing the seedlings of Karatachi (Poncirus trifoliata), Yuzu (Citrus junos) and Natsumikan (C. Natsudaidai) under water culture for 2 to 4 days in late winter.

2. Water intake of a plant increased gradually with rising osmotic concentrations of the solutions from 0 atmos. until the maximum value of it was found at 0.07−0.13 atmos. cane sugar solution or at 0.10 − 0.20 atmos. ammonium sulphate solution. Then, it began to decrease as the osmotic concentration rose further. The amount of water absorbed at 0 atmos. solution (distilled water) was nearly the same to that absorbed at 0.40 − 0.68 (≒ 0.50) atmos. of the both solutions.

3. It was of interest that at a higher osmotic concentration than 0.50 atmos. water intake was more checked in ammonium sulphate solution than in cane sugar solution. That is, some of the plants wilted at 3.4 atmos. in case of ammonium sulphate while at 6.8 atmos. in case of cane sugar, and they died at 6.8 atmos. ammonium sulphate solution while at 10.2 atmos. cane sugar solution.

4. When compared the times which were taken for seedlings to wilt after being kept in the higher concentration of the solution, the phisiological drought resistance seems to be strong in the order of Karatachi, Yuzu and Natsumikan.

緒　　言

近年，カンキツ栽培では多収を目的として，成分含量の多い化学肥料を多用する傾向がきわめて強い。そのためにか，土壌溶液の異常な高濃度による生理的乾燥，または塩類そのものの過剰吸収によると思われる機能障害が各地で発生しはじめた。他方，ミカンの樹が冬季に凍結した場合に，土壌水分の補給が少ないと，その被害がいちじるしいと云われている[7]。したがって，初冬に化学

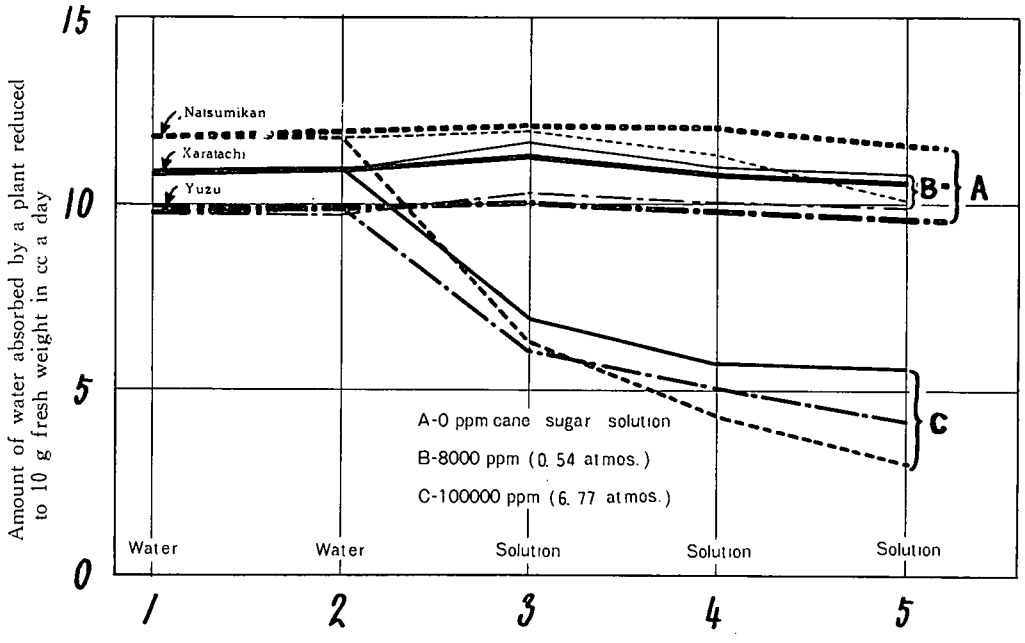
肥料が極端に施されて，しかも，その後に雨が極端に少ないと，一層寒害を助長するのでなかろうか。その間の関係を究めるために，まず，冬季にカンキツ類の実生を種々の濃度の蔗糖液および硫安液で水耕し，その場合の吸水と枝葉の外観にあらわれる異常を観察した。

本稿は京都大学，小林章教授の校閲をえた。心から感謝する。

実験 I．溶液濃度と吸水量との関係

実験材料および方法：前年の11月から温室においた鉢植えのカラタチ，ユズおよび夏ミカンの1年生実生を材料とし，吸水量の測定には500 cc 容の三角フラスコで作った吸水計[6]を用いた。測定開始当日の午前10時に所定温度の水中に材料の根をつけておき，同時に種々の濃度の蔗糖および硫安溶液をいれた吸水計を所定温度に保った恒温水槽にとりつけた。午後4～5時に材料の根を吸水計に入れ，午後5時から1時間毎に吸水量を測った。

実験結果　A．**水耕液の濃度の変化と吸水量**：1962年2月の12日および13日の両日を10°C の蒸溜水で水耕し，14日，15日および16日の3日間を10°C の0 ppm（蒸溜水，浸透圧 0 気圧），8000 ppm（浸透圧 0.54 気圧）および 100000 ppm（浸透圧 6.77 気圧）の蒸糖液で水耕し，それぞれの吸水量を調査した。測定結果を生体重 10 g 当りの1日の吸水量で示すと第1図のとおりである。



Figures 1.　Effects of the concentration of cane sugar solution on the water intake of citrus seedlings. (Plants were grown in 0 ppm, 8000 ppm (0,54 atmos.) and 100000 ppm (6.77 atmos.) cane sugar solutions respectively after being kept in the distilled water for 2 days)

すなわち，0気圧（水）から0.54気圧の蔗糖液にかえると，カラタチおよびユズでは吸水量がやや ふえたが，夏ミカンでは次第に減った。0気圧から6.77気圧に移すと，いずれの種類においても，吸水が極端に劣り，その傾向は夏ミカンにおいて最もいちじるしかった。

実験結果　B．**種々の濃度の蔗糖液による水耕**：1962年2月17日から3月1日にわたって4日間ずつ，第1表に示す濃度の蔗糖液（液温10°C）で3種のカンキツ類実生を水耕し，吸水量を調査した。

Table 1. Osmotic pressure and concentration of cane sugar and ammonium sulphate solutions in the designated water culture.

Osmotic pressure of solution	Concentration of cane sugar	Concentration of ammonium sulphate
atmos.	ppm	ppm
0.00	0	0
0.04	500	60
0.07	1000	130
0.10	1500	190
0.13	2000	250
0.20	3000	380
0.27	4000	510
0.40	6000	760
0.54	8000	1010
0.68	10000	1260
3.38	50000	6300
6.77	100000	12600
10.15	150000	18900
13.54	200000	25200

その結果を，生体重10g当りの4日間の日平均吸水量で示すと，第2および第3図のとおりである。

すなわち，蔗糖液を用いた場合の大体の傾向としては，カラタチおよびユズは0.10気圧，夏ミカンは0.07および0.10気圧の溶液濃度で吸水が最も活発で，それよりも濃度が高くなると，吸水が次第に劣った。とくに，極端に高い浸透圧，たとえば，3.38～6.77気圧では3日目から，10.15～13.54気圧では2日目から吸水が極端に劣り，一部の葉が萎凋した。ことに，夏ミカンでは13.54気圧で，3日目，4日目になると，吸水せずに逆に脱水した。

実験結果　C．**種々の濃度の硫安液による水耕**：1962年3月7日から20日までの間で，蔗糖液と全く同じ浸透圧の硫安液（液温13°C）を用い，3種類のカンキツ類実生を1種類についてそれぞれ4日間ずつ水耕して，吸水量を調査した。その結果を，生体重10g当りの4日間の日平均吸水量で示すと，第4および第5図のとおりである。

すなわち，カラタチおよびユズは0.13気圧，夏ミカンは0.10気圧の溶液濃度で吸水が最も活発で，それ以上の濃度では吸水が劣った。

いま，これらの関係をわかりやすくするために，浸透圧0気圧（水）のときの吸水量を100として，それぞれの吸水比を示すと第6図のとおりである。

すなわち，0気圧のときにくらべて，溶液の浸透圧の高くなるにしたがって，カラタチ，ユズおよび夏ミカンのいずれもの吸水量は増大し，カラタチは0.1気圧（蔗糖）または0.13気圧（硫安），ユズは0.10気圧（蔗糖）または0.13気圧（硫安），夏ミカンは0.07～0.10気圧（蔗糖）または0.10気圧（硫安）で最高の吸水量を示した。次いで，それ以上に浸透圧が高くなると，吸水量は次第に低下し，カラタチでは0.68気圧（蔗糖）および0.68気圧よりやや高い価（硫安），ユズでは0.54気圧（蔗糖）および0.68気圧（硫安），夏ミカンでは0.40気圧（蔗糖）および0.40気圧よりやや低い価（硫安）以上になると，水（0気圧）での吸水量よりも劣りはじめた。

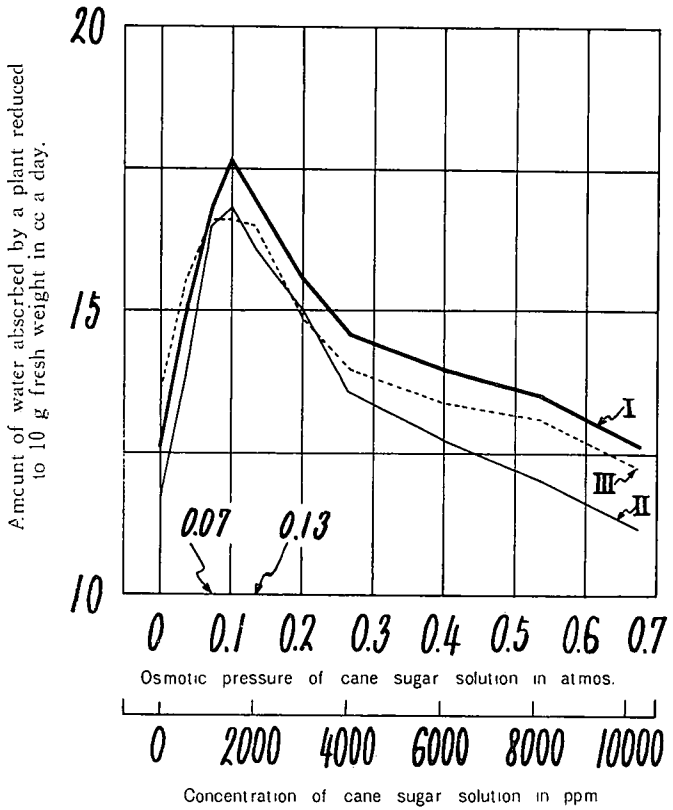


Figure 2. Water intake of citrus seedlings when cultured with various concentrations of cane sugar solution at 10°C near the end of February. I : Karatachi, II : Yuzu and III : Natsumikan.

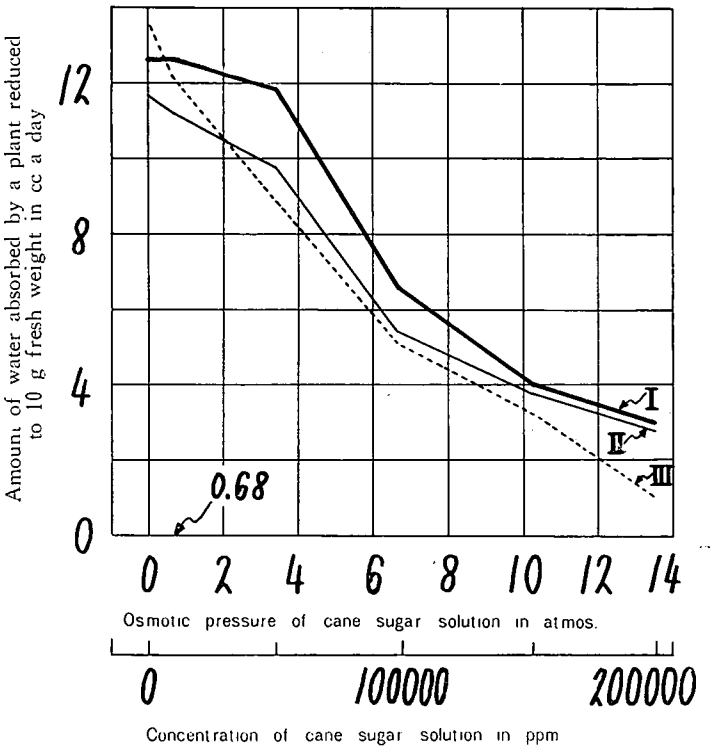


Figure 3. Water intake of citrus seedlings when cultured with high concentrations of cane sugar solution at 10°C near the end of February. I : Karatachi, II : Yuzu and III : Natsumikan

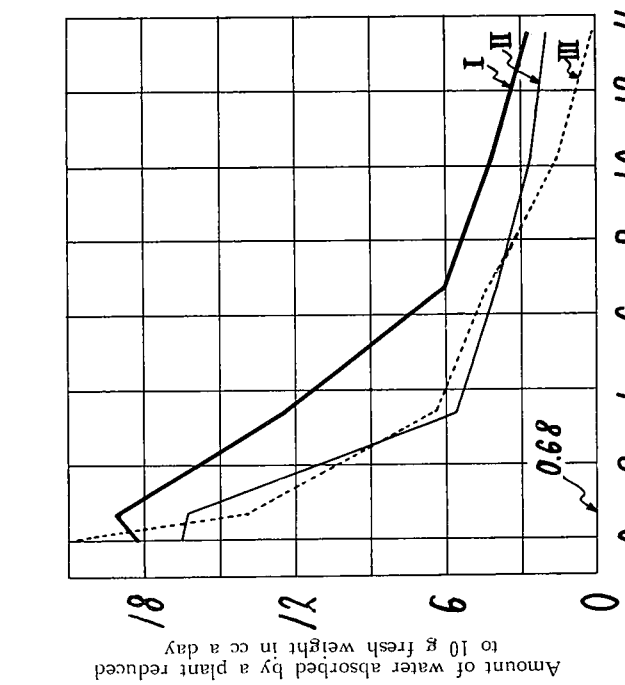


Figure 5. Water intake of citrus seedlings when cultured with high concentrations of ammonium sulphate solution at 13°C in mid-March. I : Karatachi, II : Yuzu and III : Natsumikan.

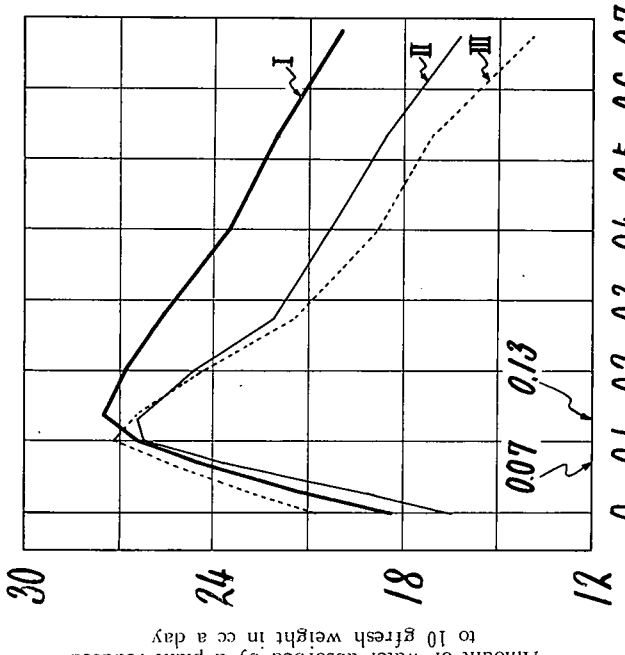
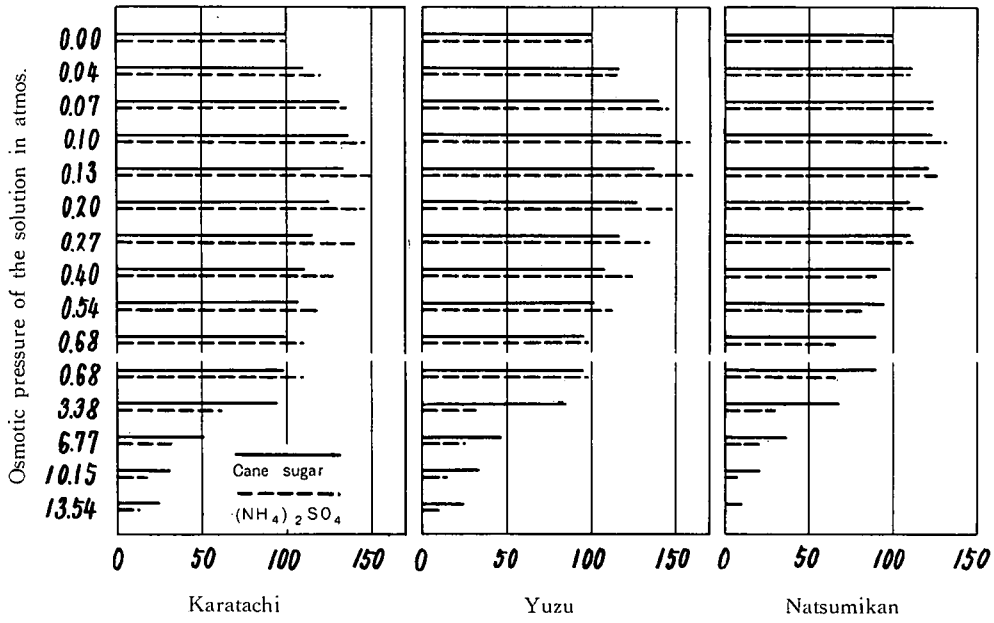


Figure 4. Water intake of citrus seedlings when cultured with various concentrations of ammonium sulphate solution at 13°C in mid-March. I : Karatachi, II : Yuzu and III : Natsumikan.



Index of water intake on the basis of 100 for the value at 0 atmos. (distilled water)

Figure 6. Effects of the osmotic pressure of cane sugar and of ammonium sulphate solution on the water intake of citrus trees in late winter.

実験 II. 水耕液濃度と萎凋枯死状況

実験材料および方法：種々の浸透圧（0.68気圧，3.38気圧，6.77気圧，10.15気圧および13.54気圧）の蔗糖液および硫安液に実生の根をそれぞれつけて，葉が萎凋しはじめるに要した日数および枯死数をくらべた。ただし，蔗糖液の液温は10°Cで調査期間は1962年2月10日から3月9日であるが，硫安液の液温は13°Cで，調査期間は3月11日から30日まであった。実験結果は第2表のとおりである。

Table 2. Days taken for citrus seedlings to wilt after being kept in high concentrations of cane sugar or ammonium sulphate solution in late winter.

Osmotic pressure of solution in atmos.	0.68	3.38	6.77	10.15	13.54
Concentration of cane sugar in ppm at 10°C	10000	50000	100000	150000	200000
			days	days	days
Karatachi	—	—	14	7*	4**
Yuzu	—	—	5	4*	2—3**
Natsumikan	—	—	6	2—3*	2**
Concentration of ammonium sulphate in ppm at 13°C	1260	6300	12600	18900	25200
		days	days	days	days
Karatachi	—	12	6	4**	2**
Yuzu	—	8	4*	3**	2**
Natsumikan	—	6	4*	3**	2**

Number of *-mark indicates number of dead plants among two plants a plot.

すなわち，蔗糖液，硫安液いずれの場合でもカラタチが最も長く耐え，次いでユズおよび夏ミカンであった。蔗糖液の3.38気圧以下の濃度では葉が萎凋しなかった。なお，水耕後の温度や水耕時期が違っていたとはいえ，硫安液の場合には3.38気圧の濃度ですでに萎凋し，蔗糖液の場合にくらべて多くの個体が急速に枯死し，蔗糖液と硫安液とでは，萎凋枯死していく経過が違っていた。すなわち，蔗糖液では葉の先端から除々に褪色し，順次萎凋し，一枚一枚枯れていき，枯れた部分は生残った部分と明かに区別ができた。ところが，硫安液では，上方の葉から乾枯して，枯れた部分と生きた部分とが不鮮明なままで，木全体が一斉に枯れた。半枯れのものでは，どこまで枯れたのか不明瞭であった。その状況をカラタチで示すと，第7図の写真のとおりである。



Figure 7. Symptoms of Karatachi when cultured with high concentrations of cane sugar and ammonium sulphate solutions. Allows point to the wilted and died parts.

考　　察

1．吸水に好適な溶液濃度（浸透圧）

作物栽培の観点から，少しでも萎凋の兆候が見えるような土壌溶液濃度では，十分な生育が望めない。ところが，果樹では葉に萎凋の兆候が見えなくても，果実の肥大がいちじるしく劣る[4]ので，初期萎凋点（PF 3.9　約8気圧）よりも多い土壌水分を維持しても，必ずしも生育に十分であるとはいえない。従来の実験的あるいは経験的な結果から判断して，容水量の60～80%が果樹の生育に好適とされている。

一般に，果樹の根が土壌中から水を吸収しようとする力に対抗して水分応力――土壌の水分張力＋土壌溶液の浸透圧――がある[8]。土壌水分量が多く，溶液濃度が低いと，水分応力は土壌の水分張力にほとんど等しく，逆に，水耕の状態では水分応力は溶液の浸透圧そのものである。したがって，当実験で吸水が最も活発なときの浸透圧はカンキツ類実生の吸水に好適な水分応力（気圧）にほぼ等しいと考えてよく，その価は第3表のとおりで，蔗糖では0.07～0.13気圧，硫安では0.10～0.20気圧の範囲である。

Table 3. Osmotic pressure of cane sugar and ammonium sulphate solutions at which water intake by a plant was greatest.

	Cane sugar solution	Ammonium sulphate solution
	atmos.	atmos.
Karatachi	0.10 − 0.13	0.13 − 0.20
Yuzu	0.07 − 0.13	0.10 − 0.13
Natsumikan	0.07 − 0.10	0.10 − 0.13

2．耐早性の強弱

土壌が乾いてくると，土壌溶液が濃縮されて，浸透圧が急激に高くなる。とくに，この傾向は多量に化学肥料を施してある場合にいちじるしい。一般に10気圧の浸透圧をもつ土壌溶液ではほとんどのものが生育できず，2気圧くらいから生育に障害が見られはじめるものが多い[1],[4],[5],[8],[9]。当実験結果では，10.15気圧以上の高い濃度の蔗糖液および硫安液ではほとんどの個体が枯死し，6.77気圧の蔗糖液および3.38気圧の硫安液でも葉が萎凋した。

また，葉が萎凋しなくても，それ以前にすでに吸水が抑制されている。生育に障害をおよぼさない程度の吸水とは如何程のものを指すかは明かでないが，水（浸透圧0）での吸水量にくらべて，溶質を加えることによって吸水が劣りはじめる溶液濃度を示すと第4表のとおりである。

Table 4. Osmotic pressure of the culture solution at which citrus seedlings absorbed the same amount of water as in the distilled water of 0 atmos.

	Cane sugar solution	Ammonium sulphate solution
	atmos.	atmos.
Karatachi	0.68	A little higher than 0.68
Yuzu	0.54	0.68
Natsumikan	0.40	A little lower than 0.40

すなわち，蔗糖液の場合にはカラタチ 0.68気圧，ユズ 0.54気圧，夏ミカン 0.40気圧である。この点から生理的にみた耐旱性は，カラタチで最も強く，次いでユズで，夏ミカンでは最も弱いことになる。

硫安液の場合には，蔗糖液の場合よりも低い浸透圧3.38気圧ですでに吸水が極端におさえられ，多くの個体が枯れはじめた。したがって，この場合には液温や調査時期の違いがあったとしても，硫安イオンそのものの過剰吸収による害作用[2],[3]を考慮すべきである。

摘　　要

カンキツ類の実生を種々の浸透圧（0～14気圧）の蔗糖液および硫安液で2～4日間水耕して吸水状態をしらべた。

1）その結果，植物体の単位重量（生体）当りの吸水量は溶液濃度が0気圧から高くなるにつれて増大し，蔗糖液では0.07～0.13気圧，硫安液では0.10～0.20気圧のとき最大であった。これより溶液濃度が高くなると吸水量は減少し始め，両液の0.5気圧前後（0.4～0.7）では0気圧のときの吸水量と殆ど同じになった。

2）更に溶液濃度が高くなると，吸水量ははなはだしく減少するが，その傾向は蔗糖液よりも硫安液でいちじるしかった。その結果，硫安液では約3.4気圧，蔗糖液では約6.8気圧で，葉が萎凋し，さらに，硫安液では約6.8気圧になると一部の植物体が枯死した。その場合の生理的耐旱性を比較すると，カラタチが最も強く，次いでユズであり，夏ミカンが最も弱かった。

引　用　文　献

1．林　真二．1960．梨：96－98．
2．細井　寅三．1960．果樹園における土壌溶液濃度の問題について．
3．＿＿＿＿．1961．果樹の養水分吸収．農業及園芸．36：1273－1276，1993－1596．
4．Kramer P. J. 1949. Plant and soil water relationships：25－30，60－72，263－264.
5．小林　章．1954．果樹園芸学総論：137－138，331－332．

6．吉村不二男．1961．柑橘の台木に関する研究（第4報） 冬季の根圏温度と柑橘類実生の吸水．高知大学学術報告．10 自然科学II (2)：9−16.
7．————・大野芳信・川北高資・松野克義．1963．カンキツ類の寒害（第3報） 二，三の凍結および融解処理と樹体の寒害発生．園芸学会雑誌．12：
8．Wadleigh, C. H. and A. D. Ayers. 1945. Growth and biochemical composition of bean plants as conditioned by soil moisture tension and salt concentration. Plant Physiol. 20：106−132.
9．———— and H. G. Gauch. 1948. Rate of leaf elongation as affected by the intensity of the total soil moisture stress. Plant Physiol. 23：485−495.

（昭和38年6月15日受理）