

柑橘類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

吉 村 不 二 男

(農学部果樹園芸学研究室)

Studies on the citrus root stock. IV.

Differences of water absorption by some varieties of citrus seedlings with respect to the root temperature in winter.

Fujio YOSHIMURA

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

緒 言

冬季に樹上で果実を未だ發育させている晩生柑橘類には、冬季の気温の高低は、枝葉や果実の寒害の有無、および果実の品質の良否に関連して、栽培地の適否を決める上に重要な要素となっている。ここでは、やはり冬季における枝葉や果実の生長に直接間接に影響する事柄として、冬季の根圏温度の高低が柑橘類の各種の台木の水分吸収に及ぼす影響を水耕法で調査した成績について述べる。

当実験を行うに当り種々便宜を与えられた門田寅太郎教授および直接に援助を希った竹松光輝、大野芳信の両君に感謝の意を表する。

I. 根圏温度 5°Cにおける各種実生の吸水日変化.

1. 実験材料および方法: 実験材料には枳殼 *Poncirus trifoliata* (生重5.98g), 柚 *Citrus junos* (生重5.07g), 舟床蜜柑 *Citrus Funadoko* (生重2.95g) および 夏橙 *Citrus Natsudaidai* (生重2.02g) の2年生実生を用いた。これらを1959年11月下旬から実験開始直前まで鉢植として、室温 3~20°C の所においた。

枳殼は頂部に2葉だけを着けており、これにならって他の種類も2葉に制限した。葉面積は枳殼 2.8cm², 柚 7.4cm², 舟床蜜柑 16.6cm² および夏橙 15.8cm² であった。吸水量測定装置は第1図に示す通りである。測定に当ってはゴム栓の穴に幹を通し、ゴム栓と幹を密着させるために、流動パラフィンを含ませた脱脂綿に気密グリスを塗り、これを幹に巻きつけた。次いで、ゴム栓をフラスコに封入した。水耕液は井戸水である。1960年1月26日の午前9時に材料を吸水計に取りつけた。フラスコを恒温水槽に浸し、午後9時にフラスコ内の温度を5°Cとした。翌日27日の午前5時から、28日の午後9時まで30分間毎に測定した。恒温水槽の水温の変化は±0.2°Cであったが、目盛管が内径0.24cmで、極めて細いために僅かの温度変化による水の膨張収縮も目盛の上に敏感に現われた。したがって、別に実生の幹をゴム栓の所で切断して封蠟したものと、植物のかわりに温度計を吸水計に取りつけたものを水槽に並置し、測定毎に目盛の読みの補正を行った。なお、実験日の気象条件をみると、27日には日最高気温 8.4°C, 日最低気温 -2.3°C, 空気湿度63%, 蒸発量 2.9mm であり、28日には夫々 4.5°C, 0°C, 65% および 3.2mm であった。

この吸水計による実生の吸水については、更に1960年12月16日から2月25日まで9日間、水温を15°Cとし、当実験も同種の材料2個体宛について比較検討してみた。その結果、4種共に水耕してから12時間の吸水が少々緩慢であったが、その後は、殆んど変動のない日吸水曲線を示した。但し、1日当りの総吸水量は第9日目に至って、枳殼、柚に少々変動があるように見えた以外には何等異常がなかった。

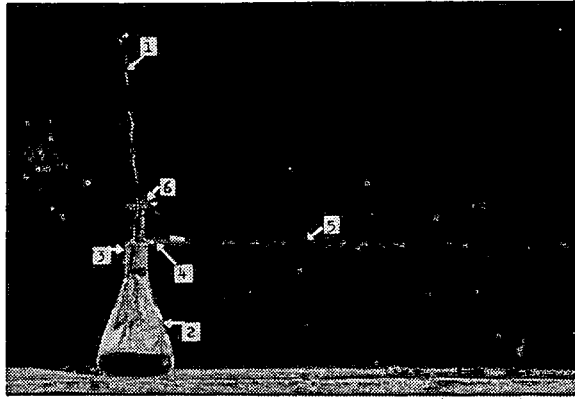


Figure 1. Water absorption meter.

(1): seedling, (2): E. Myer flask, 500 cc, (3): Rubber stopper, (4): Γ glass tube, (5): graduated glass tube. The water in (2) was maintained at the designated temperatures, by keeping (2) in the thermostatic water bath. When the water in (5) was absorbed, surplus water was added through (6). The opening between the seedling and the rubber stopper was packed with cotton which was soaked with liquid paraffin and plastered with grease. Water absorption by seedlings in this apparatus was normal within 8 days at 15°C water temperature.

2. 実験結果：実験結果を示すと第2図の如くである。

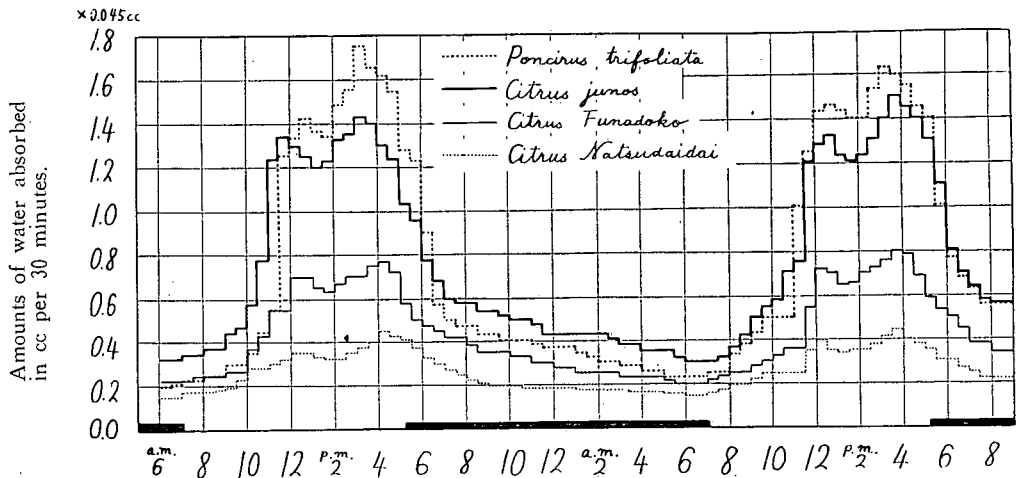


Figure 2. Average rates of water absorption by four varieties of citrus seedlings on a blight and cold winter day. The seedling roots were kept in 5°C water on January 27-28, 1960. The daily maximum and minimum air temperature, the relative humidity and the evaporation was 8.4°C, -2.3°C, 63% and 2.9 mm on 27 and was 4.5°C, 0°C, 65% and 3.2 mm on 28 respectively.

すなわち、冬季の低温下における柑橘類実生の吸水日変化は、いずれも一頂曲線に近い二頂曲線を示した。日出（午前7時）後2～3時間は意外に緩慢な吸水であるが、10時頃から漸く活発化し、12時（正午）前後に第1の山（maximum）が現われた。その後1～2時間は変化なく、午後3時頃から再び活発化し、午後4時頃には1日の最高値を示した。日没後には減退し始めるが、比較的活発であり、午後9時以後には徐々に減退して、日出前に最低値を示した。試みに、昼夜間に

Table 1. Water absorption by citrus seedlings reduced to 10 g in fresh weight on the cold, blight day and the cold night in winter. Their roots were kept in the 5°C water on January 27 and 28, 1960.

	Poncirus trifoliata	Citrus junos	Citrus Funadoko	Citrus Natsudaidai
During the day time (7 a. m. - 5 p. m.).	cc	cc	cc	cc
Absorption rate per hour.	1.60 (100)	1.72 (106)	1.39 (81)	1.07 (67)
Total amounts for 10 hours.	16.0	17.2	13.9	10.7
During the night (5 p. m. - 7 a. m.).	0.81 (100)	0.86 (106)	0.82 (101)	0.80 (99)
Absorption rate per hour.	11.3	12.0	11.4	11.2
Total amounts for 14 hours.	27.3 (100)	29.2 (107)	25.3 (93)	21.9 (80)

おける吸水量を比較してみると、第1表の如くである。夜間の吸水量（単位生体重当り）が比較的多く、概して、1日総吸水量の40~50%に及んでいる。このことは玉井氏⁽¹¹⁾の枳殻台温州蜜柑についての調査成績と一致している。単位時間当りの吸水量についてみると、夜間に較べて昼間が遙かに大であり、且つ種類間の差が顕著に認められた。結局、根圏温度5°Cにおける1日の総吸水量を比較するに、枳殻100に対して、柚107、舟床蜜柑93、夏橙80であった。

II. 低温に対する各種実生の適応性

1. 実験材料および方法：前実験と同じ4種の柑橘類実生を用い、夫々2個体ずつを供試した。実験開始時の生体重を示すと、枳殻実生Ⅰ樹4.98g、Ⅱ樹6.03g、柚実生のⅠ樹3.72g、Ⅱ樹5.26g、舟床蜜柑実生のⅠ樹2.64g、Ⅱ樹2.95g、および夏橙実生のⅠ樹2.42g、Ⅱ樹2.44gであった。材料の扱いは前実験と同様であり、いずれも頂部に2葉だけを残した。1960年1月30日の午前10時に材料を吸水計に取付け、午後9時に水温を15°Cとした。1月31日には水温を15°Cとし、2月1日、2日には10°C、3日、4日には5°C、6日および7日の午前中は1°Cとした。毎日、午後9時に翌日の所定の水温に切換え、午前6時までそのままおき、午前6時から午後9時まで30分間毎に吸水量を測定した。調査方法の細部については前実験と同じである。なお、1月30日から2月6日までの気温、空気湿度および蒸発量を示すと第2表の如くである。

Table 2. The air temperature, the relative humidity and the evaporation from January 30 to February 6, 1960 at Kōchi.

	Daily maximum air temperature	Daily minimum air temperature	Relative humidity	Evaporation
Jan. 30	11.5°C	-0.6°C	52%	3.0 mm
31	13.6	3.6	62	2.3
Feb. 1	8.7	8.4	61	3.3
2	9.7	8.8	62	3.1
3	12.1	8.0	53	3.3
4	11.9	2.6	59	3.2
5	11.5	2.0	65	2.8
6	13.2	1.8	63	3.2

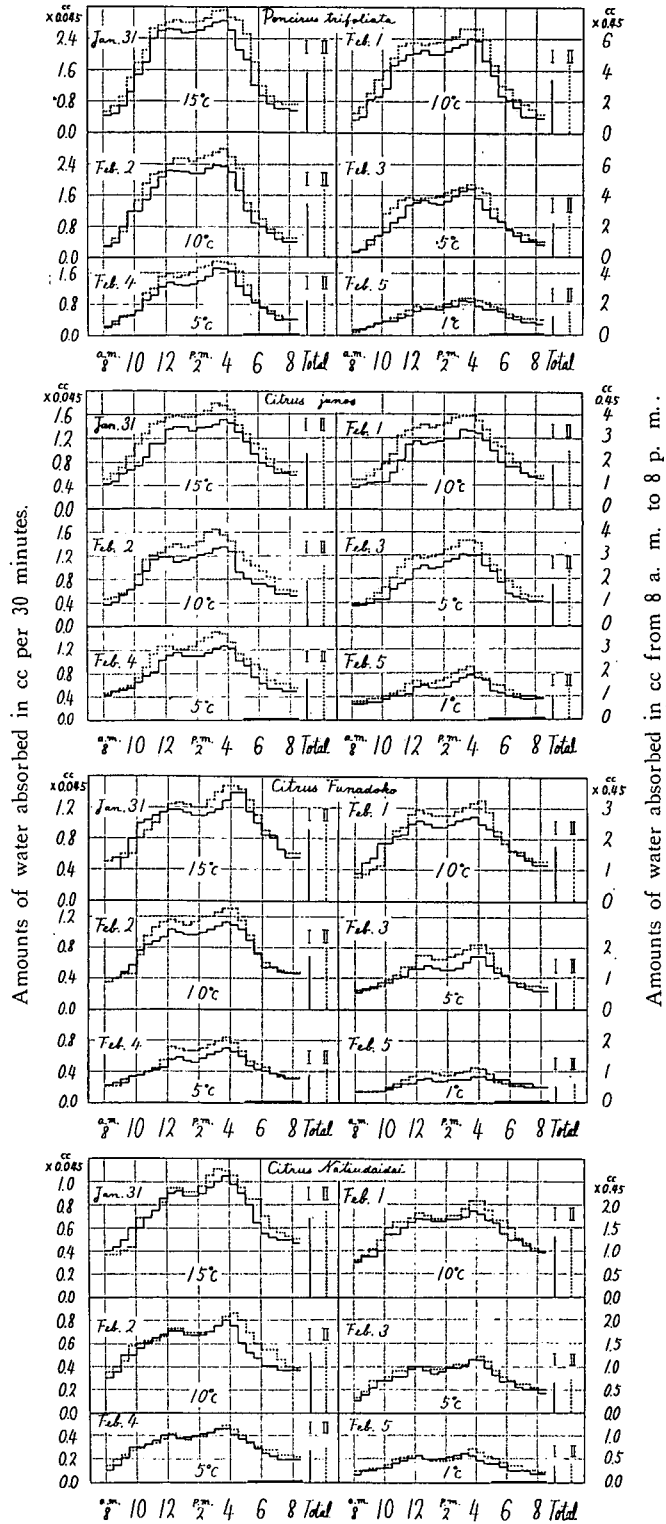


Figure 3. Effects of low root temperatures on the water absorption of four varieties of citrus seedlings in winter. The roots of the seedlings were kept in

water at 15°C on January 30 and 31, at 10°C on February 1 and 2, at 5°C on February 3 and 4 and then at 1°C on February 5 and 6, 1960. The fresh weight of the seedlings used for the experiments were 4.98 g and 5.26 g for *Poncirus trifoliata*; 3.72 g and 5.26 g for *Citrus junos*; 2.64 g and 2.95 g for *Citrus Funadoko* and 2.42 g and 2.44 g for *Citrus Natsudaidai* respectively.

2. 実験結果：実験結果は第3図の如くである。

いずれの種類も各温度において、夫々画一的な吸水曲線を示した。すなわち、前結果と同様に二頂曲線または二頂曲線に近い一頂曲線で、第一の山は低く、12時（正午）前後に現われ、最大の山は午後4時前後であった。

水温降下に伴って、いずれの種類においても夫々吸水量が明らかに減少した。種類間の比較を容易にするために、1日の総吸水量を、水温15°Cの時の100分比で示すと、第4図の如くなる。

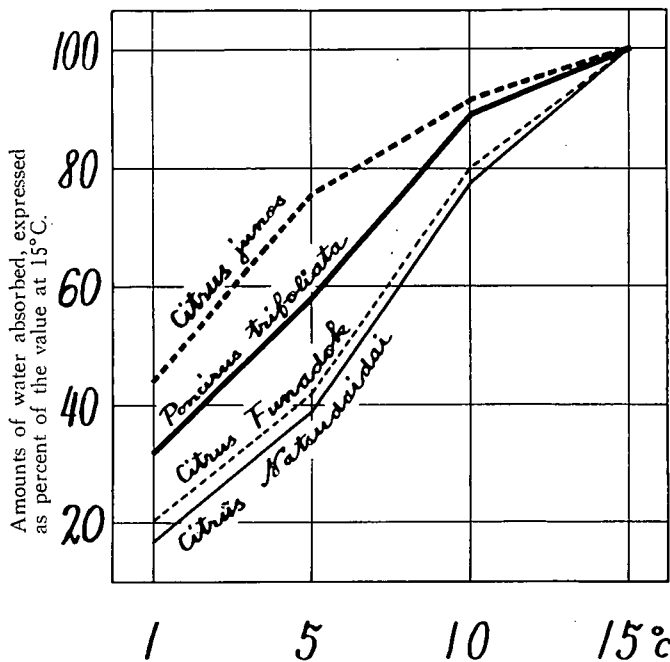


Figure 4. Varietal differences of water absorption rate among citrus seedlings at various root temperatures changed from 15°C to 1°C expressed as percent of the value at 15°C. The roots of the seedlings were kept in water at the designated temperatures.

これによると、舟床蜜柑、夏橙は水温が5°C以下になると甚だしく吸水を減じ、明らかにS字曲線を示し、枳殻は10°C以下になると直線的に吸水を減少して、緩慢なS字曲線を示した。これに対し、柚は1°Cになって始めて吸水を甚だしく減少して、S字の上半部の如き型となり、抛物線を呈した。すなわち、1°Cにおける吸水量は15°Cを100とすると、柚で43、枳殻で32、舟床蜜柑で20、夏橙で17であって、柚、枳殻は舟床蜜柑や夏橙よりも耐寒性の高いことを示している。

今、生重10g当りの各個体の吸水量を計算して、各温度について、枳殻を100として示すと、第5図の如くなる。

すなわち、15°C、10°Cでは舟床蜜柑と夏橙の吸水量が枳殻および柚よりも優れているが、5°C、1°Cでは逆転して、前二者よりも後二者が優れた。特に、1°Cでは柚の吸水量が4種中最も優れた。

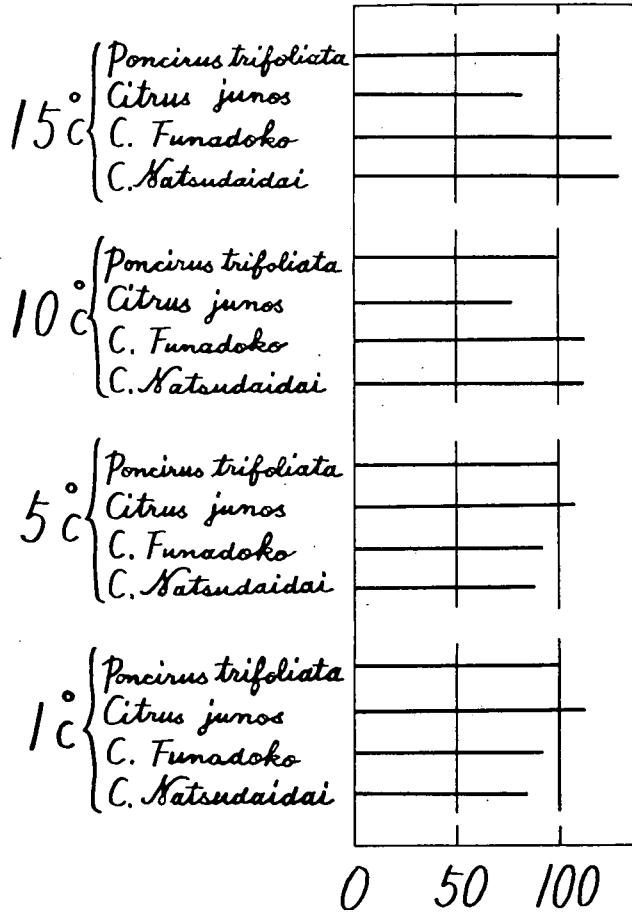


Figure 5. Varietal differences of the total amounts of water absorbed by citrus seedlings which were reduced to 10 g in fresh weight. Their roots were kept in water at the designated temperatures for 24 hours. The data are expressed as percent of the value of *Poncirus trifoliata*.

このことは、舟床蜜柑や夏橙は枳殻や柚に較べて、冬の氣候の比較的暖いところでないと生育の困難な事を示している。

考 察

柑橘は地温が低くなると吸水力が著しく減じ、特に寒くて快晴の日には萎凋が見られる⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾。したがって、Krammer氏(1949)は柑橘の寒害はいわば低地温により吸水が減退しているのに蒸散が行われるために生ずる乾害としている。また、同氏(1942)によると、25°Cより15°C、10°C、5°C、0°Cと順次地温が下った最合、耐寒性の低い植物では、早くより吸水が減じ、吸水曲線はS字曲線を描いている。他方、耐寒性の高いものでは、相当な低温にならない限り、吸水が急減せず、吸水曲線はS字の上半部の型、拋物線を描いており⁽⁸⁾、低温においても吸水量は多い⁽⁹⁾。地温が高い(25°C⁽⁸⁾あるいは15°C⁽⁶⁾)場合の吸水量に対する低温時(0.4°C⁽⁸⁾あるいは5°C⁽⁹⁾)の吸水量の比数は、北方産の植物の方が南方産の植物よりも高く⁽⁶⁾⁽⁸⁾、この比数の違いや、低温時の吸水量の相違は生態的な意義をもっている⁽¹²⁾。したがって、根圏温度の低下に伴う吸水量の変化をみれば、寒害に対する台木としての抵抗性の強弱が大体わかることになる。

参考のために、高知における冬季の平均地温およびその低極温について、最近5カ年の平均値を示すと第3表の通りである。他方、高知における柑橘類の根圏の地温を、今までに調査された枳殻

Table 3. The mean and the lowest soil temperatures in winter at kōchi from 1955 to 1959.

Depth under ground cm	Month				
	November	December	January	February	March
10	13.6 (9.1)*	7.7 (1.8)	5.5 (1.4)	6.9 (0.3)	8.6 (5.2)
20	14.4 (11.0)	9.5 (4.8)	7.3 (3.1)	7.9 (4.5)	11.0 (6.7)
30	15.4 (12.6)	10.9 (6.7)	7.8 (5.1)	8.9 (5.3)	11.5 (8.0)
50	16.4 (13.7)	12.1 (9.9)	9.3 (6.7)	9.8 (8.0)	12.0 (9.0)
100	17.3 (15.1)	13.5 (10.5)	10.6 (9.0)	10.2 (9.3)	12.0 (9.9)

* Numbers in () were the lowest soil temperatures in the last 5 years.

台および柚台温州蜜柑の根群の地中における自然分布⁽⁶⁾⁽¹⁰⁾ から判断すると、5~10°Cである。したがって、高知における柑橘類の台木としては一応は舟床蜜柑や夏橙が枳殻や柚よりも適当のように思われる。しかしながら、高知における地温の極温は甚だしく低く、地表下30 cmより浅い処では0~5°Cである。かような点からみて、高知においていずれの種類の台木が有利であるかは判じ難い。いずれにしても、吸水に関して、低温に対する適応性は柚が最も大で、次いで枳殻であり、夏橙は最も劣っている。それ故に台木として枳殻を広く使用するには、その根がより深く土中に分布するように管理することが必要ある。特に晩生柑橘類の栽培には是非必要なことである。

摘 要

晩生柑橘類に対する適当な台木の種類の選択の参考に供するために、枳殻、柚、舟床蜜柑および夏橙の2年生の実生について、冬季における根圏温度と吸水との関係を調査した。

1. 1月下旬に根圏温度を5°Cに保った場合の吸水の日変化をみたところ、いずれの種類も、単位生体重当りの単位時間の吸水量は夜間に比して昼間において遙かに大で、種類の間の差が一層顕著に認められた。例えば、5°Cにおける1日の総吸水量を比較すると、枳殻100に対して、柚107、舟床蜜柑93、夏橙80であった。

2. 1月下旬から2月上旬にかけて、根圏温度を、15°C、10°C、5°C および1°C と低下させた場合の吸水能の変化をみると、15°Cおよび10°Cでは舟床蜜柑と夏橙が枳殻と柚よりも優れていた。しかるに、5°Cおよび1°Cでは逆転して後二者が前二者よりも優れ、特に1°Cでは柚の吸水能が最も優れていた。

引 用 文 献

1. Bialoglowski, J. 1936. Effect of extent and temperature of roots on transpiration of rooted lemon cuttings. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 34 : 96-102.
2. Cameron, S. H. 1941. The influence of soil temperature on the rate of transpiration of young orange trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 38 : 75-79.
3. Clements, F. E. and Martin, E. V. 1936. Effect of soil temperature on transpiration in

- Helianthus annuus*. *Plant Physiol.* 9: 619-630.
4. Haas, A. R. C. 1936. Growth and water losses in citrus as affected by soil temperature. *Calif. Citrograph* 21: 467, 469.
 5. 木村光雄. 1941. 傾斜地における柑橘「温州」の根群について 園学雑. 12 (3): 179-193.
 6. Kozolowski, T. T. 1943. Transpiration rates of some forest tree species during the dormant season. *Plant Physiol.* 18: 252-260.
 7. Kramer, P. J. 1937. The relation between rate of transpiration and rate of absorption of water in plants. *Amer. Jour. Botany* 24: 10-15.
 8. ———. 1942. Species differences with respect to water absorption at low soil temperatures. *Amer. Jour. Botany* 29: 828-832.
 9. ———. 1949. Plant and soil water relation: 227-244 pp.
 10. 野呂癸己次郎. 1952. 柑橘栽培新編: 126-130 pp.
 11. 玉井荒太郎. 赤松祕理. 藤川泰弘. 1959. 吸水日変化に見られる作物の特異性 農及園. 30: 1451-1452.
 12. Whitfield, C. J. 1932. Ecological aspects of transpiration. II. *Botanical Gazette* 94: 183-196.

(昭和36年7月25日受理)

Summary

The difference of water absorption by roots kept at low temperature were investigated among four citrus seedlings; *Poncirus trifoliata*, *Citrus junos*, *Citrus Funadoko* and *Citrus Natsudaidan*. Amounts of absorbed water were measured by the water absorption meter as shown in Figure 1. In the first experiment, the amount of water absorbed by each roots kept at 5°C were measured every 30 minute for 38 hours successively. In the second experiment, the water temperature was changed gradually from 15°C to 1°C and the water absorption at various root temperatures were measured.

1. The curve of daily water absorption rate by the seedlings at low root temperature (5°C) were nearly the same among four varieties. However, water absorption rates per hour during the daytime were markedly different among them. In consequence, the total amount of water absorbed for 24 hours at 5°C root temperature was 80 in *Citrus Natsudaidai*, 93 in *Citrus Funadoko* and 107 in *Citrus junos* as compared to 100 in *Poncirus trifoliata*, respectively.

2. With the gradual lowering of root temperature, the water absorption rates by citrus seedlings decreased generally. At 15°C and 10°C, *Citrus Natsudaidai* absorbed the most abundant water followed by *Citrus Funadoko*. On the other hand, at 5°C and 1°C *Citrus junos* showed the highest water absorption, followed by *Poncirus trifoliata*. These results show that *Citrus junos* and *Poncirus trifoliata* have higher cold resistance than *Citrus Funadoko* and *Citrus Natsudaidai*.

(Received July 25, 1961)