

夏季の土壤溶液全吸引力が温州ミカン幼樹の生育と結実におよぼす影響

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者	鈴木, 鉄男 金子, 衛
巻/号	39巻2号
掲載ページ	p. 99-106
発行年月	1970年6月

夏季の土壤溶液全吸引力が温州ミカン幼樹の 生育と結実におよぼす影響

鈴木鉄男・金子 衛

(愛知県農業総合試験場・内海試験地)

Effects of total suctions in the soil solution during the summer
on the growth and fruiting of young Satsuma orange trees

Tetsuo SUZUKI and Mamoru KANEKO

Aichi Agricultural Research Center, Utsumi Branch, Utsumi, Aichi

Summary

Experiments were carried out to clarify the combined effects of various water regimes and fertilizer rates on the growth and fruiting of young Satsuma orange trees during two months, from July to August in 1969. Four and five year old plants grown in the Wagner's pots (1/2000 are), filled with a loam soil, were used as materials.

At regular intervals, watering were done to maintain the appropriate levels of soil moisture by determining the water content in each plot at the depth of 10 cm according to the volumetric method. The water suctions were calculated to express this force on the energy scale, pF and bar using soil moisture constants as shown in Table 2.

To make the plots with different osmotic suctions in the soil, the mixed fertilizers on various levels were supplied. Thereafter, separate fertilizers were done by determining the electrolytic conductivity of salts solution prepared from the saturated soil in each plot at regular intervals to maintain the definite osmotic suction. The osmotic suctions (P) in bar were estimated by the calculation from the values of the electrolytic conductivity (EC) of saturation extracts in mmhos/cm according to the following equation.

$$P = 0.36 \times EC$$

Total suction in the soil solution can be obtained as the sum of water suction and osmotic suction. The ranges of total, water and osmotic suction in the soil solution under different treatments are shown in Table 1.

Results obtained are as follows :

1. The trees reached their full growth when the total suction in soil solution did not exceed 2.5 bar as the sum of water suction of 0.5 bar and osmotic suction of 2.0 bar. Above its critical pressures, the trees showed a tendency to inhibit their growth. In this case it appeared that the water suction was more important than the osmotic one.

2. The suction in soil solution had the same effect on the fruit growth as described above. Index of fruit shape was also affected by the soil water suction, showing the tendency of increasing the ratio of vertical diameter to cross diameter with increasing the water suction. The full development of fruit color was shown in the plots with lower total suctions, especially the lowest osmotic suction, while incomplete coloring in plots of higher water suctions. Percent of fruit rind was high in the treatments with higher total suctions.

3. Soluble solids in fruit juice were higher in plots with total suctions below 3 bar than the ones in the other plots. On the contrary, citric acid was high in content in plots with higher total suctions and therefore tastes due to lowered sugar-acid ratio showed bad quality.

4. Both water saturation deficit and diffusion pressure deficit as measures of internal water status in leaves showed the tendency of increasing their values with increasing water and osmotic suctions in soil solutions. Leaves exposed at higher values of water suctions accompanied by increased solute suctions in soils showed a marked drop in both photosynthesis and transpiration. The suctions in such conditions had the same effect on the viability of fine roots, which were going to rot in very bad conditions.

5. The content of nitrogen, phosphorous and potassium in leaves was high at higher osmotic suctions, while the case with calcium was the reverse.

In conclusion, to give the best possible growth and fruiting of Satsuma orange trees, it is important to keep the water suctions below 0.5 bar and the osmotic suctions below 2.0, in other word total suctions below 2.5 bar in the soil solution by adjusting watering and fertilizer rate during the summer. The upper critical range of 2.5—3.0 bar as the total suction in the soil solution may be shown from our experiments.

I. 緒言

筆者らは、さきに温州ミカン幼樹におよぼす時期別土壌乾燥処理の影響と、生育時期別にみた好適土壌水分を調べ、その結果を報告した^(19,21)。本研究は前報に引続き、鉢植の温州ミカン幼樹を供試して、7月から8月にかけて土壌水分と施肥濃度を組合せた処理を行ない、土壌溶液全吸引力(水分吸引力+浸透吸引力)が生育と結実におよぼす影響を調査したものである。

II. 材料および方法

実験は1969年に、愛知農総試・内海試験地内で、第1表に示すような処理区を設けた。実験材料は壤土をつめた1/2,000aのワグネルポットに栽植中の4年生温州ミカン(大岩5号)を試験-1に、直径42cmの植木鉢に栽植中の5年生温州ミカン(大岩5号)を試験-2に供試した。各試験とも、7月から8月にかけての2か月間、土壌水分と施肥濃度を組合せて土壌全吸引力を調節しながら処理を行なった。試験-1では9区3反復、試験-2では6区5反復とした。土壌水分の調節のためには、採土による乾熱法により深さ10cmの土壌水分含量を測定しながら、土面をビニール被覆して降雨を遮断したり、またかん水を適宜実施した。施肥濃度の調節は電導度計で土壌溶液の電気伝導度を測定しながら、N-

10:P₂O₅-6:K₂O-6:MgO-5の成分比率からなる配合肥料を適宜分施して行なつた。肥料形態としては硫酸、過石、硫加、硫マグを用いた。なお、あらかじめ石灰、あるいは微量要素を各区均一に施用しておき、その他の栽培管理は慣行に準じて行なつた。処理開始時の土壌の化学性と水分恒数は第2表のとおりである。

土壌の水分吸引力(pF)は既報⁽¹⁹⁾の方法で測定した。土壌溶液の電気伝導度は原則として飽和浸出液について電導度計で測定したが、飽和浸出液伝導度(Y)と1:2.5浸出液伝導度(X)の関係は $Y=7.11X-0.26$ ($r=0.971^{***}$)で、非常に高い正の相関があることがわかつたので、1:2.5浸出液から間接的に求める方法も併用した。浸透吸引力(P)は電気伝導度(EC: mmhos/cm 25°C)に基づき、 $P=0.36 \times EC$ の式⁽²⁹⁾で求め、全吸引力は(水分吸引力に相当する気圧)+(浸透吸引力)⁽²²⁾によつて示した。なお、全吸引力は従来の水分応力に、水分吸引力は水分張力に、浸透吸引力は浸透圧に、それぞれ相当するものである⁽²²⁾。

樹体生育量におよぼす影響をみるため、9月に新梢伸長量、葉数、幹周および樹容積を調査した。結実に関しては、樹勢、樹容積を考慮して摘果を行ない、試験-1では1樹当たりの着果数を10果内外とし、7月から採取

Table 1. The ranges of water, osmotic and total suctions in soil solution in various treatments.

Treatment		Water suction		Osmotic suction		Total suction
Moisture	Fertilizer	pF	bar	mmhos/cm	bar	bar
(Exp. 1)						
High	High	0.30~1.23	0.00~0.02	13.07~29.77	4.71~10.71	4.72~10.71
	Medium	0.59~1.27	0.00~0.02	7.40~15.98	2.66~5.75	2.68~5.75
	Low	0.56~1.29	0.00~0.02	1.03~3.15	0.37~1.13	0.39~1.14
Medium	High	1.28~2.39	0.02~0.25	16.44~35.46	5.91~12.76	5.97~12.84
	Medium	1.49~2.51	0.03~0.33	10.86~19.50	3.90~7.02	3.97~7.11
	Low	1.15~2.67	0.02~0.46	2.02~5.12	0.72~1.84	0.74~2.02
Low	High	2.43~3.53	0.27~3.40	25.95~53.49	9.34~19.25	9.74~19.52
	Medium	2.54~3.54	0.35~3.41	15.31~24.80	5.51~8.92	5.92~10.80
	Low	2.61~3.57	0.41~3.62	5.28~11.54	1.90~4.15	2.31~6.55
(Exp. 2)						
Medium	High	1.90~2.17	0.08~0.15	19.36~32.05	6.96~11.53	7.06~11.66
	Medium	1.92~2.42	0.08~0.26	9.40~17.87	3.38~6.43	3.64~6.51
	Low	1.95~2.62	0.09~0.40	2.56~7.41	0.92~2.66	1.21~2.75
Low	High	3.19~3.93	1.55~8.40	32.19~39.91	11.58~14.36	15.91~22.12
	Medium	3.21~4.01	1.60~10.00	14.42~21.10	5.19~7.59	9.05~15.19
	Low	3.21~4.01	1.60~10.00	5.12~9.83	1.83~3.53	3.43~12.07

期まではほぼ 10 日おきに果実の肥大状況を調べた。しかしながら、試験-2 では全般的に着果数が少なく、とくに少湿区では落果が多く、十分な調査ができなかつた。試験-1 では 11 月 28 日に、試験-2 では 12 月 16 日に全果実を採取し、1 樹当たり収量とともに、平均果重、果形指数、果皮の着色指数および果皮歩合を調べ、さらに果汁中の可溶性固形物含量とクエン酸含量を調査した。なお、これらの調査は既報⁽¹⁹⁾の方法に準じて行なつた。

春枝について、葉の W.S.D. (飽和水分不足度)、D.P.D. (拡散圧差)、見かけの同化量、蒸散量ならびに細根の活力度を測定した。W.S.D., D.P.D., 見かけの同化量、蒸散量の測定については既報^(20,21)の方法で、それぞれ 9 時に採葉して行ない、細根の活力度は TTC 法⁽¹⁾を一部変えて行なつた。葉分析と土壤分析については既報⁽¹⁹⁾の方法にしたがつた。

III. 実験結果

1. 土壤の水分吸引力、浸透吸引力ならびに全吸引力

第 1 表に 7-8 月の 2 か月間における各測定値の範囲を示したが、いずれの区でも水分吸引力と浸透吸引力を一定の範囲内に規定して調節することははなはだ困難で、全吸引力にもかなりの変動がみられた。しかしながら、各区とも処理の影響を反映しており、水分吸引力では少湿区 > 中湿区 > 多湿区の順であり、浸透吸引力は多肥区 > 中肥区 > 少肥区の順で、とくに少湿-多肥区で著しく高かつた。全吸引力は土壤水分と施肥濃度によつて規制されたが、試験-2 の少湿区のように、極端な土壤乾燥で水分吸引力が上昇し、それに相当する気圧が著しく高い場合を除くと、一般的に施肥濃度の影響を強く受けるようであつた。

Table 2. Chemical properties and moisture constants of the soil prepared for experiments.
Soil chemical properties

	pH (H ₂ O)	Soluble salts concentration	NO ₃ -N	Available P*	Exchangeable cations			Cation exchange capacity
					CaO	MgO	K ₂ O	
Exp. 1	6.2	2.72	15.5	62.5	6.45	2.23	0.98	10.90
Exp. 2	6.0	3.36	21.0	69.7	6.99	2.32	0.62	11.14

Soil moisture constants**

	Water-holding capacity (pF 0.0)	Field capacity (pF 1.6)	Moisture equivalent (pF 2.7)	Wilting point (pF 4.2)
Exp. 1	45.5%	25.0%	15.5%	8.4%
Exp. 2	50.1	32.4	23.0	12.5

* Available P was determined by BRAY and KURTZ method.

** Soil moisture content expressed by volume.

Table 3. Effects of various water regimes and fertilizer rates on the growth of young Satsuma orange trees.

(Average per tree)

Treatment		Shoot length			Number of leaves	Trunk circumference	Capacity of tree crown
Moisture	Fertilizer	Spring shoot	Summer and autumn shoot	Total shoot			
(Exp. 1)							
		cm	cm	cm		cm	m ³
High	High	112.5	52.0	164.5	277	6.2	0.15
High	Medium	118.1	70.0	188.1	288	6.7	0.18
	Low	113.7	78.3	192.0	285	6.7	0.21
Medium	High	119.0	29.0	148.0	210	6.3	0.15
Medium	Medium	110.2	45.0	155.2	217	6.6	0.16
	Low	119.0	40.0	159.0	218	6.7	0.18
Low	High	105.0	10.3	115.3	151	5.9	0.12
Low	Medium	112.7	18.3	131.0	163	6.1	0.14
	Low	116.4	17.0	133.4	182	6.2	0.15
L. S. D.	(0.05)	n. s.	42.1	n. s.	49	n. s.	n. s.
	(0.01)	—	n. s.	—	68	—	—
(Exp. 2)							
Medium	High	217.2	147.8	365.0	485	7.5	0.28
Medium	Medium	238.0	327.0	565.0	763	7.8	0.48
	Low	200.2	380.0	580.2	751	8.0	0.54
Low	High	239.6	0	239.6	340	7.4	0.27
Low	Medium	210.2	28.6	238.8	359	7.5	0.27
	Low	210.2	42.8	253.0	363	7.5	0.29
L. S. D.	(0.05)	n. s.	111.0	136.1	109	n. s.	0.11
	(0.01)	—	151.5	185.6	149	—	0.14

Date of measurement : Sept. 1, 1969.

2. 樹体生育量

樹体の生育におよぼす処理の影響は、試験-1では夏秋枝伸長量と葉数に著しい差があり、多湿区>中湿区>少湿区の順で、水分吸引力の高い少湿区が明らかに劣り、多湿区、中湿区でも浸透吸引力が高い多肥区はかなり劣った。試験-2では夏秋枝伸長量、全新梢伸長量、葉数および樹容積で著しい差があり、いずれも水分吸引力の低い中湿区は少湿区よりもすぐれ、全吸引力の極端に高い少湿-多肥区では夏秋枝の発生が全くみられなかった。なお、一般に少湿区では干害による被害症状すなわち、落葉や萎凋がみられ、少湿-多肥区では葉面に黄褐色の斑点を生じたり、葉柄を枝梢上に残して落葉した。とくに試験-2の少湿-多肥区では、5本の供試樹のうち、1本が枯死し、ほかの2本が枯死寸前の状態となった(第3表)。

3. 果実の収量と品質

試験-1では第4表に示すように、果実収量は果数を

あらかじめ揃えたにもかかわらず、果実肥大にきわめて著しい差がみられ、浸透吸引力の低い中湿-少肥区と多湿-少肥区では多く、水分吸引力の高い少湿区は明らかに少なかった。平均果重についても、きわめて著しい差があり、浸透吸引力の低い多湿-少肥区と中湿-少肥区が大きく、多湿-中肥区と中湿-中肥区がこれにつき、水分吸引力の高い少湿区は著しく小さかった。果形指数は、一般的に水分吸引力の高い少湿区で小さく、果形が腰高であつた。着色指数は非常に著しい差があり、少肥区>中肥区>多肥区の順で、浸透吸引力が低い区ほど着色は良好であつたが、水分吸引力の高い少湿区は概して不良であつた。果皮歩合は、浸透吸引力の低い多湿-少肥区と中湿-少肥区で低く、水分吸引力の高い少湿区や浸透吸引力の高い多肥区では高く、処理区間に著しい差があつた。

果汁の可溶性固形物含量は、浸透吸引力の低い多湿-少肥区が最も多く、ついで中湿-少肥区、多湿-中肥区

Table 4. Effects of various water regimes and fertilizer rates on the yield and fruit quality of young Satsuma orange.

Treatment		Yield per tree		Weight of a fruit	Index of fruit shape	Index of fruit color	Rate of fruit rind	Analysis of fruit juice		
Moisture	Fertilizer	Number of fruits	Total weight of fruits					Soluble solids	Citric acid	Ratio of S/C
(Exp. 1)										
			g	g			%	%	%	
High	High	11.0	875	79.5	127.0	4.8	28.1	11.12	1.53	7.27
	Medium	10.3	896	87.0	129.3	5.2	27.6	11.64	1.49	7.81
	Low	10.6	975	91.2	129.3	5.5	23.9	12.83	1.37	9.36
Medium	High	10.6	837	78.3	127.0	4.3	29.9	11.09	1.75	6.34
	Medium	11.0	920	83.7	128.3	4.9	28.1	11.32	1.54	7.35
	Low	11.0	992	90.2	128.6	5.2	25.6	11.88	1.39	8.55
Low	High	10.0	650	65.2	124.0	4.1	32.5	10.36	1.93	5.37
	Medium	10.0	655	65.5	125.3	4.4	32.4	10.68	1.88	5.68
	Low	10.0	685	68.5	124.6	4.6	29.8	10.69	1.82	5.87
L. S. D.	(0.05)	n. s.	178	7.0	3.5	0.5	2.9	0.69	0.15	0.67
	(0.01)	—	245	9.6	n. s.	0.7	4.0	0.96	0.21	0.93
(Exp. 2)										
Medium	High	6.0	426	71.0	123.7	4.3	29.1	11.30	1.62	6.97
	Medium	5.6	403	72.0	128.5	5.0	27.5	11.84	1.53	7.73
	Low	5.8	462	79.8	128.1	5.7	26.2	12.38	1.41	8.78
Low	High	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	Medium	2.0	134	67.2	124.3	4.5	30.0	10.90	1.70	6.41
	Low	2.4	163	67.8	125.9	4.7	28.0	11.00	1.68	6.54

Harvested (Exp. 1) : Nov. 28, 1969.

(Exp. 2) : Dec. 16, 1969.

と続き、多湿区と中湿区のうちでは、浸透吸引力が高くなるにつれて可溶性固形物含量が減少した。これに反して、水分吸引力が高い少湿区では著しく少なかった。クエン酸含量は、可溶性固形物含量とは逆に浸透吸引力の低い多湿一少肥区と中湿一少肥区で明らかに少なく、水分吸引力の高い少湿区では非常に多かつた。甘味比は、多湿区と中湿区においては浸透吸引力が高くなるにつれて低くなつたが、水分吸引力の高い少湿区は全般的に非常に低く、食味不良であつた。なお、試験-2 では着果数が少ないので十分な調査ができなかつたが、傾向としては試験-1 によく似た結果が得られた (第4表)。

4. 葉の W.S.D., D.P.D., 見かけの同化量, 蒸散量ならびに細根の活力度

第5表に示すように、試験-1 の葉の W.S.D. は水分吸引力が高まるにつれて上昇する傾向が認められ、少湿区>中湿区>多湿区の順で、少湿区の葉の水分不足度は非常に大きかつた。同様に D.P.D. も少湿区では著しく高く、多湿区は低いことが認められ、少湿区の葉は拡散圧差が大きく、吸水力も高いように推測された。なお、これらは水分吸引力とは別に多肥区>中肥区>少肥区のように浸透吸引力が高いほど上昇する傾向を示した。見かけの同化量は、水分吸引力の高い少湿区で著しく少なく、さらに多湿区と中湿区では浸透吸引力の高い多肥区で減少する傾向がみられた。蒸散量についても、見かけの同化量とよく似た傾向があり、水分吸引力の高い少湿区では極端に減少すること、多湿区、中湿区においても多肥区は少ないことが認められた。細根の活力度の比較では、少湿区ではなほだ低く、さらに多湿区と中湿区においては、浸透吸引力が高まるにつれて活力度が低下し、多湿一少肥区と中湿一少肥区では高いことが認められた。試験-2 においても、これらの点に関してはよく似た傾向が得られた (第5表)。

5. 葉内要素含量

第6表に示すように、試験-1 に

ついてみると、葉内N含量は多湿一多肥区が最も高く、ついで中湿一多肥区であつたが、傾向としては浸透吸引力の高い区で高く、多肥区>中肥区>少肥区の順であつた。P含量についても、多肥区>中肥区>少肥区の順であつたが、水分吸引力の高い少湿区で全般的に低いことが注目された。K含量も概して多肥区>中肥区>少肥区の順であつたが、水分吸引力の高い少湿区でやや高いように見受けられた。Ca含量は浸透吸引力の高い多肥区で低い傾向があり、Mg含量は多湿区でやや低いようであつた。

IV. 考 察

土壤の留水力として、作物根の吸水と反対方向に最も大きなエネルギーを示すものは、土壤の水分吸引力(水

Table 5. Effects of various water regimes and fertilizer rates on the water saturation deficit (W.S.D.), diffusion pressure deficit (D.P.D.), apparent photosynthesis and transpiration in leaves, and viability in fine roots of young Satsuma orange trees.

Treatment	W. S. D.	D. P. D.	Apparent photosynthesis*	Transpiration*	Viability of fine roots**
Moisture					
Fertilizer					
(Exp. 1)					
	%	atm	g/m ² /hr	g/m ² /hr	%
High	9.26	13.4	0.59	76.3	23.0
High Medium	7.02	12.3	0.70	110.9	54.3
High Low	7.14	10.2	0.84	156.2	89.6
Medium	19.00	21.5	0.59	72.9	22.2
Medium Medium	16.90	19.6	0.69	99.7	53.3
Medium Low	14.95	17.8	0.83	132.1	84.5
Low	30.95	34.6	0.37	19.9	14.0
Low Medium	26.18	29.7	0.41	24.2	18.4
Low Low	24.10	27.6	0.42	32.0	21.3
Date of measurement	Jul. 30, '69	Jul. 30	Aug. 12	Aug. 12	Aug. 22
(Exp. 2)					
High	14.36	17.6	0.59	85.7	32.2
Medium	12.61	15.6	0.71	129.4	51.4
Medium Low	10.96	13.8	0.85	146.0	87.5
Low	32.53	39.8	0.38	29.5	20.5
Low Medium	28.25	32.1	0.44	36.8	24.1
Low Low	25.11	29.2	0.51	66.4	28.0
Date of measurement	Aug. 4, '69	Aug. 4	Aug. 6	Aug. 6	Aug. 5

* Calculated from the rate of apparent photosynthesis and transpiration during period of 9 a. m. — 1 p. m.

** Determined by testing the activity dehydrogenase with tetrazolium reaction.

Table 6. Effects of various water regimes and fertilizer rates on the contents macro-mineral elements in leaves of young Satsuma orange trees.

Treatment		N	P	K	Ca	Mg
Moisture	Fertilizer					
(Exp. 1)						
		%	%	%	%	%
High	High	5.02	0.199	1.37	1.95	0.225
	Medium	4.51	0.188	1.27	2.41	0.233
	Low	3.50	0.166	1.20	2.53	0.231
Medium	High	4.74	0.210	1.28	2.24	0.240
	Medium	4.18	0.183	1.28	2.51	0.264
	Low	3.63	0.171	1.24	2.48	0.241
Low	High	3.87	0.170	1.86	2.39	0.338
	Medium	3.80	0.170	1.40	2.57	0.269
	Low	3.56	0.158	1.46	2.43	0.247

Sampled from spring leaves : Aug. 25, 1969.

分張力) であるが、このほかに土壤溶液自体の浸透吸引力(浸透圧)も吸水には負の影響を与えている。一般にはこの水分吸引力と浸透吸引力の両者を合わせて、土壤の全吸引力(水分応力)と称し、作物体の吸水力とは逆の方向に作用するものとされている^(23,25)。果樹においても、水分生理の研究とか水分管理の実施に当たっては、土壤溶液の塩類濃度とか施肥量との関連を考慮することは有意義であると考えられる^(9,14)が、温州ミカンについてのこの種の研究はきわめて少ない。

温州ミカンの生育と土壤の水分吸引力との関係について、山崎ら⁽²⁶⁾は pF 2.0 付近で生育がすぐれ、pF 3.5 では抑制されて新梢発生時期も不規則となることを認め、富田ら⁽²⁴⁾は夏季の好適土壤水分は pF 2.0~2.3 の範囲にあり、pF 3.0 では果実の発育が抑えられることを報告している。さらに筆者ら^(19,21)は、時期別好適土壤水分を樹体生育、結実の両面からみて、5~6 月は pF 1.0、7~8 月は pF 2.0、9~10 月は pF 3.0 付近にあることを認め、夏季は pF 2.9 (容水量の 30% 相当)で、葉などに干害徴候があらわれることを指摘した。本実験でも、水分吸引力の高い少湿区では干害による被害症状がみられ、生育が明らかに抑制されたが、生育には水分当量の pF 2.7 以下が好適のようで、水分吸引力では 0.5 bar 以下に相当する。なお、多肥区のように塩類濃度の高い区において土壤水分含量が比較的高かつたのは、多肥による土壤構造の悪化とイオンの水和によって、透水性が低下したためと考えられる⁽⁷⁾。

土壤の浸透吸引力は飽和浸出液の電気伝導度に基づい

て算出したが、電気伝導度の測定に当たっては、土壤と水の比率など浸出方法が研究者によつて若干異なり、いろいろな方法がある^(11,12,17,29)。作物の生育におよぼす可溶性塩類の影響としては、塩類に含まれる特定イオンの異常吸収による栄養代謝の阻害、土壤溶液の浸透圧の増加による水分吸収の阻害、すなわち生理的乾燥などがある^(2,6,7)が、一般的のは場状態では浸透圧の作用の方が一次的原因をなすものと考えられる⁽²⁾。アメリカの地域塩害研究所では、耐塩性による作物分類を、土壤の飽和浸出液の電気伝導度を測定することにより行なっているが、一般の作物では土壤溶液の浸透吸引力が 2 bar 以下であるか、25°C における飽和浸出液の電気伝導度が 4 mmhos/cm 以下であれば、塩類による障害をほとんど受けないとしている⁽⁶⁾。

本実験では、各区における電気伝導度の測定値にかなりの幅があり、しかも樹体生育に対する水分吸引力の影響が大きいと、生育を阻害する電気伝導度の限界は明確でなかつた。水分吸引力の影響が比較的小さいと思われる多湿区について考察すると、3.15 mmhos/cm 以下の少肥区で生育が最もすぐれ、その時の浸透吸引力は 1.13 bar 以下を示した。これに反して、電気伝導度が大きく、浸透吸引力の高い多肥区は、葉面に多肥障害と思われる黄褐色の斑点を生じたり、落葉がみられ、生育が著しく阻害された。そして本実験に関する限り、樹体生育は電気伝導度が 5~6 mmhos/cm 以下、浸透吸引力では 2.0 bar 以下の場合に、比較的良好のように見受けられた。筆者ら⁽¹⁸⁾は、さきには揚栽植の温州ミカンで、土壤の塩類濃度が 1 : 2.5 浸出液の電気伝導度で 1 mmhos/cm 以上になると、細根の腐敗がみられ、樹の生育が阻害されることを報告したが、この場合の 1 mmhos/cm は飽和浸出液の 6.85 mmhos/cm に相当し、浸透吸引力では 2.46 bar となる。なお、林⁽⁶⁾はナン園の土壤溶液濃度について、適湿状態で大体 0.2~0.5 bar であるが、施肥によつて上昇し、梅雨期のような湿潤時には約 3 bar 付近で、7 月の乾燥時には 2 bar 付近で、生育が不良となることを認めており、筆者らの結果とほぼ一致した結果が得られた。PEARSON ら⁽¹⁵⁾は、飽和浸出液の電気伝導度が 4 mmhos/cm になるとグレープフルーツの生育が 50% も減少したことを認め、また岡本ら⁽¹⁴⁾は温州ミカンについて、主幹の肥大生長を Dendrograph でみたところ、電気伝導度の高い高濃度施肥区では日中の一時的な収縮の回復が夜間になつても遅く、振幅が大で、過剰施肥によつて何らかの生理的異常がみられたことを報告している。

しかし生育阻害を生じる危険限界は、作物の種類や栽

培条件によつて大きく変動するものと思われ、果樹でもかなりの幅がみられるようである。すなわち、細井⁽⁹⁾の研究によれば、各種果樹の耐肥性は、最も抵抗性の弱いのはモモで、オキおよびナシがこれについて弱く、ミカンは最も強く、ブドウも強い部類に属している。山崎ら⁽²⁷⁾は、ミカン幼樹は 10 bar では約 25 日でほとんど枯死し、25 bar 以上では約 10 日で枯死したことを報告しているが、本実験結果でも、試験-2 において少湿一多肥区の全吸引力は 15.9~22.1 bar に達して、枯死樹が出た。ただし、処理が長期間にわたる場合は、比較的低い全吸引力でも生育に悪影響をもたらすことは十分に考えられる。

また、施用する肥料形態や土質によつても土壤溶液濃度は大きく変動し、樹体生育にいろいろな影響を与えていることは、すでに知られている^(8,10,13)。本実験では硫酸、過石、硫加および硫マグの化学肥料を配合して施用したため、肥料の種類による差異については不明である。なお、多肥区では細根の活力度が明らかに低下しており、腐敗が極めて多かつたが、多肥とくに窒素の濃度障害といわれている現象を示す^(4,5,18,20)。

果実の肥大と品質に対する水分吸引力、浸透吸引力ならびに全吸引力の影響は、樹体生育におよぼす影響とほぼ同じ傾向を示したが、全吸引力が 1.14 bar 以下の多湿一少肥区が肥大と品質の面で最もすぐれ、全吸引力が増大するにともない劣悪化するようである。すなわち、果実の肥大と品質に対しても夏季の水分吸引力は 0.5 bar 以下に、浸透吸引力は 2.0 bar 以下にあることが望ましく、全吸引力としても約 2.5 bar 以下が好適のようである。ただしその場合、本実験の条件の範囲内では水分吸引力の影響が非常に大きく、これに浸透吸引力の影響が付加されて、累積的に作用しているものと考えられる。HARDING ら⁽⁷⁾、および PRATT ら⁽¹⁶⁾はネーブルオレンジで、飽和浸出液の電気伝導度が 3 mmhos/cm 以上になると収量が低下し、5~6 mmhos/cm では著しく減収することを報告している。また米田ら⁽³⁰⁾は、ブドウガラス室土壌の飽和浸出液の電気伝導度をみたところ、表土で 4 mmhos/cm 以上のものが約 63%、6 mmhos/cm 以上のものが約 40% もあり、このような条件は樹の老衰や果実の品質低下の一因をなしていることを明らかにしている。しかしながら、これらの果実に対する影響を水分吸引力や浸透吸引力との関係だけで論議することはできず、土壌中の塩類の組成や無機態窒素の消長などによる影響をも、あわせて考慮すべきである。前報^(19,21)で、少湿処理により乾土効果があられ、引続き硝酸化作用が活発化し、生成した $\text{NO}_3\text{-N}$ が水で溶脱されな

めに高濃度で経過することを認めたが、多肥処理の場合は肥料とくに硫酸が多量に施用された関係で、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度が異常に高まり、硝酸化作用が抑制されて⁽³¹⁾ 肥効が秋季に持ち込まれ、窒素の遅効き現象を招き、これらのことが果実の品質に悪影響をおよぼしたものと考えられる。

葉の W.S.D. と D.P.D. の測定により、土壤の全吸引力が高まるにつれて、葉の水分不足度が上昇し、拡散圧差も大きくなることが認められたが、その場合、おもに水分吸引力が影響しており、前報⁽²¹⁾とよく似た結果が得られた。また多肥区のように浸透吸引力が高まる場合も若干上昇する傾向を示したが、これは化学肥料を多量に施用した結果、土壤の塩類濃度とともに全吸引力が上昇して、根の吸水作用が阻害され、たとえ土壤水分含量が比較的高い場合でも、植物に生理的乾燥を招くためと思われる⁽²⁰⁾。

葉の見かけの同化量と蒸散量は、水分吸引力、浸透吸引力の変化にともない大きく変動することが認められ、見かけの同化量については前報⁽²⁰⁾の結果とほぼ一致した。なお、細根の活力度は処理の影響を直接反映し、ひいては、樹体生育その他の面で密接な関係を有しているものと推察される。

土壤の乾湿や施肥濃度と果樹の葉内成分含量の関係については、数多くの報告がなされているが、土壤の全吸引力との関係から考察したものは比較的少なく、不明の点が多い。本実験では、葉の N, P および K 含量はともに多肥区のような浸透吸引力の高い場合に多く、Ca 含量は逆に少ない傾向があつたが、これらについては水分吸引力の影響もかなりあるように見受けられた。

V. 摘 要

壤土をつめた鉢植の温州ミカン幼樹を供試して、7~8 月に土壤水分と施肥濃度を組合せた処理を行ない、土壤溶液の全吸引力（水分吸引力+浸透吸引力）が生育と結実におよぼす影響を調査した。

1. 樹体生育量は、水分吸引力が 0.5 bar 以下で、浸透吸引力は 2.0 bar 以下で良好であり、全吸引力が 2.5 bar 以上になると生育が阻害されるようであつたが、その場合とくに水分吸引力の影響が大ききようであつた。

2. 果実の肥大も、水分吸引力が 0.5 bar 以下、浸透吸引力は 2.0 bar 以下の場合に良好で、全吸引力が 2.5 bar 以上になると肥大が抑制された。果形指数は水分吸引力が高いと小さく、果形が腰高となつた。着色指数は全吸引力、とくに浸透吸引力が低い区ほど大きかつたが、水分吸引力が高い区は概して着色不良であつた。果皮歩合は全吸引力の高い区で大きかつた。

3. 果汁の可溶性固形物含量は、全吸引力が 3.0 bar 以下の区で多く、水分吸引力や浸透吸引力が高い区ほど少なかった。これに反してクエン酸含量は全吸引力の低い区では少なかったが、水分吸引力や浸透吸引力が高い区は非常に多いため、これらの区では甘味比が低く、食味不良であった。

4. 葉の W.S.D. と D.P.D. は水分吸引力が高まるにつれて上昇し、さらに浸透吸引力がますにつれて若干上昇した。見かけの同化量と蒸散量は、水分吸引力の高い区で極端に減少し、浸透吸引力が高い場合もその傾向があった。細根の活力度でも同じような傾向がみられた。

5. 葉内の N, P および K 含量は、浸透吸引力が高い区で多く、低い区では少なかったが、Ca 含量は逆の傾向を示した。

以上の結果から、温州ミカンの生育と結実に対しては、夏季の水分吸引力は 0.5 bar 以下が、浸透吸引力は 2.0 bar 以下が望ましく、全吸引力では 2.5~3.0 bar 付近に生育阻害の限界があるように考えられる。

引用文献

1. 相見靈三・藤巻和子. 1960. 農及園. 35: 1345—1346.
2. BERNSTEIN, L. and H. E. HAYWARD. 1958. Ann. Rev. Plant Physiol. 9: 25—46.
3. 大後美保 編. 1967. 農林防災 共立出版. 東京.
4. FORD, H. W., W. REUTHER and P. F. SMITH. 1957. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70: 237—244.
5. 藤田克治・大垣智昭. 1963. 農及園. 38: 631—634.
6. 藤原彰夫, ほか共訳. 1956. ラッセル: 植物生育と土壌 朝倉書店. 東京.
7. HARDING, R. B., P. F. PRATT and W. W. JONES. 1958. Soil Sci. 85(4): 177—184.
8. 林 真二. 1960. 梨 朝倉書店. 東京.
9. 細井寅三. 1961. 農及園. 36: 1273—1276.
10. ————. 1961. 農及園. 36: 1593—1596.
11. JACKSON, M. L. 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc.
12. 関東ハウス土壌研究グループ. 1964. 農及園. 41: 61—63.
13. 大垣智昭・古藤 実. 1965. 果樹に関する土壌肥料研究集録. pp. 247—250.
14. 岡本 茂・湯田英二. 1968. 昭和 41, 42 年度文部省科学研究費「温州ミカンの水分収支に関する研究」成績検討会資料.
15. PEARSON, G. A., J. A. GOSS and H. E. HAYWARD. 1957. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 69: 197—203.
16. PRATT, P. F., R. B. HARDING., W. W. JONES and H. D. CHAPMAN. 1959. Hilgardia 28(15): 381—420.
17. SMITH, D. E. and G. F. WARREN. 1957. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70: 501—511.
18. 鈴木鉄男・金子 衛・田中 実. 1966. 昭和 40 年度カンキツ試験研究打合せ会議. 第 2 分科会資料. pp. 415—419.
19. ————. 1967. 園学雑. 36(4): 389—398.
20. ————. 鳥潟博高. 1969. 園学雑. 38(1): 1—8.
21. ————. 田中 実. 1969. 園学雑. 38(4): 287—294.
22. 寺沢四郎. 1965. 土壌の物理性 11, 12: 69—82.
23. 戸刈義次, ほか編. 1961. 作物生理講座 (3) 水分生理編 朝倉書店. 東京.
24. 富田栄一・東 史郎. 1969. 和歌山果試報告. 2: 33—59.
25. WADLEIGH, C. H. and A. D. AYERS. 1945. Plant Physiol. 20: 106—132.
26. WALLACE, A., M. H. KIMBALL., R. T. MUELLER and H. V. JR. WELCH. 1952. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 59: 22—30.
27. 山崎清功・氏家 勉・川村秋男. 1967. 畑かん研究集録. K: 43—45.
28. ————. 川村秋男. 1967. 四国農試報告. 17: 13—46.
29. 米田茂男. 1958. 農及園. 33: 1337—1342.
30. ————. 河内知道・柳井雅美. 1959. 岡山大学農学術報告. 14: 33—44.
31. ENO, C. F., W. G. BLUE, and J. M. GOOD, JR. 1955. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19: 55—58.