温州ミカンに対する緑肥連用の影響 (第4報)

葉中の無機成分の変化について

坂本辰馬・奥地 進・薬師寺清司

(愛媛県果樹試験場)

T. SAKAMOTO, S. OKUCHI and K. YAKUSHIJI: Effects of long term application of green manure on Satsuma orange. IV. Effect on mineral composition of leaves

Summary

A long term experiment on the effect of application of green manure on Satsuma orange has been set up, and the results of the effects of treatments on yield, tree growth, and soil properties were previously reported. This report deals with the results of their effects on the mineral composition of leaves.

1. Analytical results of leaves sampled by the ordinary method from 1951 to 57 revealed that there were no differences in nitrogen, phosphorus, and potassium contents of leaves among 100%, 50% and 0% green manure plots. Calcium and magnesium contents were higher in leaves of the plots receiving larger amounts of green manure (100 and 75 % plots).

2. Analysis of both new and old leaves was carried out in August of 1960. It was impossible to find out significant differences in nitrogen, phosphorus and potassium contents of leaves among 100%, 50% and 0% green manure plots, because of large deviations of contents of those elements

even in the same plot. Calcium and magnesium contents in the leaves of 100% plot were significantly higher than those of 0% plot, and those of 50% plot were intermediate between those of 100% and 0% plots, or rather close to those of the plots receiving a larger amount of green manure.

3. Analysis of leaves sampled monthly from April to September of 1961 showed that difference was scarcely found in the contents of nitrogen, phosphorus and potassium of new leaves between 100% and 0% green manure plots. In old leaves, there were slight differences in phosphorus and potassium contents from April to July, but these differences disappeared in August or September.

4. It was impossible to find any correlation among yield, tree growth, quality of fruit juice and N, P or K content of leaves, while there were significant correlations between citric acid content of fruit juice and calcium content of leaves, and also between exchangeable calcium content of soil and calcium content of leaves.

前報⁽⁴⁻⁶⁾において、温州ミカンに緑肥を連用した場合の収量あるいは樹の生育におよぼす影響、ならびに土壌の変化を報告したが、本報は葉中の無機成分、窒素、リン酸、カリ、石灰、苦土の分析結果より、その影響をしらべたものである。

果樹の栄養診断としての葉分析については、すでに佐藤ら⁽¹¹⁾の数多くの報告があるが、そのうち実際栽培園の優良園と不良園の温州ミカンの葉分析の結果は、葉中の N, P, K 含量には両者間に著しい差を認めにくいことを明らかにしている。また中間ら⁽¹³⁾によれば、永年性作物である果樹の肥料試験では、樹体重量が大きいために吸収養分の稀釈が著しく（とくにリン酸など）、養分吸収効果を判定することは容易でない場合がある。

著者らの本試験の場合、緑肥施用量および施用年数の経過にしたがい樹の生育ならびに土壌の変化は著しい差

をもたらししたが、このような緑肥施用の影響が葉中の無機成分にどの程度反映しているか、そしてとくに試験開始後 10 年目頃より緑肥だけで窒素、リン酸、カリを供給している緑肥 100% 区と化学肥料(硫酸、過石、硫酸)だけで供給している緑肥 0% 区の供試樹間には、肉眼的にも明らかな樹勢の相違が認められたが、このような温州ミカンの葉中の無機成分含量にどの程度の差が認められるかを知らうとした。

I. 材料および方法

本試験の温州ミカン供試樹は第1報⁽⁴⁾に述べたような緑肥施用量の処理がおこなわれている。葉分析のための採葉方法は、各処理区の供試樹 6 本の各樹の樹冠表面の中位の高さより、できるだけ着果していない春枝を約 20 本えらび、各樹より 20 葉とり、計 120 枚を供試した。1954 年は供試樹 6 本中、前年に平均収量に近い収量を示した 3 本の樹を選出し、1 樹より 50 葉とつて供試し

1962 年 5 月 4 日受理

た。採葉は各年とも8月におこない、1953年と1954年は採収前の採葉もおこなった。

採取した葉は3%酢酸液で洗滌し、ついで水洗し、70℃前後の熱風で乾燥したのち粉碎した。粉碎葉中の窒素、リン酸、カリ、石灰、苦土をおもに佐藤らの方法^(7,8)によつて定量し、分析値は乾物中の重量%で表示した。

II. 1951年より1957年までの葉中の無機成分

1951年より53年までの葉分析の結果を第1表に、1954年より57年までの結果を第2表に示した。なお葉分析は緑肥施用の全処理区についておこなったが、ここでは緑肥100%区、50%区および0%区の3処理区の結果だけを表示した。

第1表 温州ミカンの葉中の N, P, K, Ca 含量におよぼす緑肥施用の影響(1951—1953)

採葉年月日 (試験経過 年数)	緑肥施用量	N %	P %	K %	Ca %
1951年 8月下旬 (6年)	緑肥 100%	2.82	0.16	1.92	2.81
	" 50%	2.82	0.15	1.46	2.33
	" 0%	2.72	0.14	1.54	2.41
1952年 8月上旬 (7年)	緑肥 100%	2.99	0.17	1.83	2.90
	" 50%	3.10	0.17	1.94	2.88
	" 0%	3.05	0.13	1.47	2.55
1953年 8月12日 (8年)	緑肥 100%	2.77	0.17	1.75	2.93
	" 50%	2.79	0.17	1.78	2.19
	" 0%	3.00	0.17	1.73	2.02
1953年 11月25日 (8年)	緑肥 100%	3.09	0.17	1.49	2.34
	" 50%	3.04	0.17	1.48	2.38
	" 0%	3.01	0.17	1.53	2.21

註 葉中の各無機成分の値は乾物%を示す

第1表によれば、8月に採った葉中の窒素含量は、1953年において緑肥0%区が100%区および50%区よりやや高かつたが、採収前には3者間にほとんど差を認めることができなかった。(1951年—57年の葉分析については統計処理をおこなっていないので、分析値の有意差を判定することはできない。そこで単に分析値の大小を論ずることしかできないことを予め断っておきたい)。つぎにカリ含量は1951年および1952年に緑肥100%区が0%区よりわずかに高くなっている。りん酸含量には緑肥処理区間および年次間に差を認めることはできない。石灰は各年緑肥100%区が0%区より高い含量を示し、とくに1953年の8月の採葉分にはこの傾向が強かつた。しかしこの年の採収前の採葉分ではごくわずかな差にすぎなかつた。なお緑肥50%区について、その葉中の無機成分含量が緑肥100%区と0%区の間値を示すという傾向は認められない。

第2表 温州ミカンの葉中の N, P, K, Ca, Mg におよぼす緑肥施用の影響(1954—1957)

採葉年月日 (試験経過 年数)	緑肥施用量	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
1954年 8月13日 (9年)	緑肥100% 1*	3.39	0.18	1.76	3.01	0.28
	" 2*	3.10	0.18	1.76	2.83	0.26
	" 3*	3.21	0.18	2.00	2.66	0.26
	" 平均	3.23	0.18	1.84	2.83	0.27
	緑肥 50% 1*	2.89	0.15	1.70	3.07	0.18
	" 2*	2.99	0.17	2.10	2.55	0.19
	" 3*	3.21	0.15	2.00	2.70	0.23
	" 平均	3.03	0.16	1.93	2.77	0.20
	緑肥 0% 1*	3.10	0.16	1.90	2.36	0.21
	" 2*	3.06	0.17	2.01	2.36	0.19
	" 3*	3.21	0.15	2.00	2.70	0.23
	" 平均	3.12	0.16	1.97	2.47	0.22
1954年 12月上旬 (9年)	緑肥100% 1*	3.19	0.14	1.44	3.24	0.25
	" 2*	3.22	0.15	1.56	2.92	0.27
	" 3*	3.16	0.14	1.50	3.12	0.27
	" 平均	3.19	0.14	1.50	3.09	0.26
	緑肥 0% 1*	3.43	0.14	1.44	2.92	0.21
	" 2*	3.36	0.15	1.37	2.60	0.18
	" 3*	3.36	0.14	1.42	2.56	0.19
	" 平均	3.38	0.14	1.41	2.69	0.19
1955年 8月中旬 (10年)	緑肥 100%	2.97	0.19	1.52	2.67	0.29
	" 50%	2.94	0.17	1.70	2.50	0.25
	" 0%	3.03	0.16	1.64	2.48	0.26
1956年 8月下旬 (11年)	緑肥 100%	3.16	0.17	1.88	3.28	0.20
	" 50%	2.98	0.17	1.80	3.06	0.20
	" 0%	3.01	0.15	1.57	2.95	0.16
1957年 8月下旬 (12年)	緑肥 100%	3.08	0.16	1.40	2.32	0.26
	" 50%	3.10	0.16	1.44	2.09	0.21
	" 0%	3.05	0.16	1.41	1.94	0.24

*: 供試樹番号

註 葉中の無機成分の値は乾物%を示す

つぎに第2表によれば、1954年は前述のとおり各緑肥処理区の3本の供試樹ごとに分析値を表示したが、供試樹によつてかなりのかたむきが認められる無機成分がある。平均すれば、8月採葉分では窒素は緑肥50%区、石灰は緑肥0%区、苦土は緑肥50%区で低くなっている。カリおよびりん酸には差は認められないようである。この年の採収前の採葉分では、窒素は緑肥0%区のほうが高く、石灰および苦土は緑肥100%区のほうが高い含量を示した。

1955年—57年における葉中の窒素、りん酸およびカリの含量も緑肥処理区の3者間にほとんど差を認めることはできない(1956年のカリは緑肥100%区が0%区よりやや多くなっている)。そして窒素は3.00%前後の含量、りん酸は0.16%前後、カリは1.5~1.8%の含量を示した。石灰および苦土は緑肥100%区が0%区よりわずかに多い傾向であるが、年次によつてその差にかた

むきがある。

以上 1951 年より 57 年までの葉中の窒素, リン酸およびカリは緑肥処理区 3 者間および年次の経過による著しい差は認められない。石灰および苦土は緑肥 100% 区が 0% 区よりわずかに高い含量を示すのではないかと推定される。

III. 1960 年の葉分析

1957 年までの葉分析は, 各緑肥処理区の全供試樹からの慣行採葉(採葉反覆回数は 1 回)による結果で, 供試樹間および採葉部位などによる葉中の無機成分の偏差を全く考慮しなかつた。そこで 1960 年につぎのような採葉法をこころみ, 分析結果の統計処理により, 各緑肥処理区間の葉中の無機成分含量の差を知り, あわせて既往の結果の吟味資料を得ようとした。なお供試葉は 8 月

末に新葉および旧葉を採つた。

1. 慣行による採葉

全供試樹より 1 回採葉数 120 枚で, 反覆 4 回採葉した。この結果は第 3 表のとおりである。

本表によれば, N は新葉では 5% 有意水準で緑肥 0% 区が 50% 区より多くなっているが, 100% 区と 0% 区または 100% 区と 50% 区とでは有意差は認められない。そして旧葉では全く差を認めることができない。P は新葉において 5% 有意水準で緑肥 0% 区が 100% 区および 50% 区より多い。K は新葉および旧葉においてほぼ N と同じ傾向を示した。Ca および Mg は新葉旧葉いずれにおいても, 1% ないし 5% 有意水準で, 緑肥 100% 区は 0% 区より高い含量を示した。

新葉と旧葉とでは緑肥施用量に無関係に前者に多くな

る無機成分は, N, P, K で, 後者に多くなる成分は Ca および Mg であつたが, この傾向はつぎの 2 つの採葉法の場合でも同様であつた。また緑肥施用量区間では, 新葉および旧葉を問わず, Ca および Mg 含量は緑肥 0% 区より 100% 区に高い傾向を示し, N, P, K 含量には特定の傾向を認めることができない。そしてまたこれらの傾向はつぎの 2 つの採葉法の場合でも同様であつた。

2. 各供試樹別採葉

各緑肥施用量区ごとに 4 樹を選出し, 各樹より 60 枚採葉して葉分析に供試した。この結果は第 4 表である。

本表によれば, 新葉中の N は 5% 有意水準で緑肥 50% 区が 0% 区より高い含量を示し, 慣行採葉の場合と逆転した。しかし緑肥 100% 区と 0% 区または 50% 区とでは有意差は認められない。また旧葉においても全く差は認められない。P は新葉では 5% 有意水準で緑

第 3 表 温州ミカンの葉中の無機成分におよぼす緑肥連用の影響—I
1960 年における慣行採葉分について*

緑肥 施用量	葉の新旧 無機成分	新 葉					旧 葉				
		N %	P %	K %	Ca %	Mg %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
緑 肥	100%	2.97	0.15	1.69	2.49	0.24	2.50	0.11	1.27	2.65	0.30
緑 肥	50%	2.94	0.15	1.54	2.23	0.23	2.61	0.09	1.24	2.40	0.25
緑 肥	0%	3.15	0.17	1.82	1.88	0.20	2.33	0.09	1.17	2.27	0.23
L. S. D.	5%	0.20	0.02	0.18	0.21	0.03	—	0.02	—	0.24	0.04
	1%	—	—	0.27	0.32	—	—	—	—	0.36	0.06

*: 各供試樹より採葉, 反覆 4 回採葉, 1 回採葉数 120 枚

第 4 表 温州ミカンの葉中の無機成分におよぼす緑肥連用の影響—II
1960 年における各供試樹別採葉分について*

緑肥 施用量	葉の新旧 無機成分	新 葉					旧 葉				
		N %	P %	K %	Ca %	Mg %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
緑 肥	100%	3.08	0.17	1.55	2.58	0.20	2.44	0.10	1.23	2.79	0.28
緑 肥	50%	3.23	0.15	1.79	2.40	0.22	2.27	0.11	1.16	2.53	0.27
緑 肥	0%	2.93	0.14	1.80	2.15	0.17	2.51	0.08	1.11	2.25	0.21
L. S. D.	5%	0.28	0.02	0.24	0.27	0.05	—	—	—	0.44	0.05
	1%	—	0.03	—	0.41	—	—	—	—	—	—

*: 各緑肥施用量区ごとに 4 樹供試, 各樹より 60 枚採葉

第 5 表 温州ミカンの葉中の無機成分におよぼす緑肥連用の影響—III
1960 年における選出供試樹 1 本よりの採葉分について*

緑肥 施用量	葉の新旧 無機成分	新 葉					旧 葉				
		N %	P %	K %	Ca %	Mg %	N %	P %	K %	Ca %	Mg %
緑 肥	100%	3.16	0.18	1.60	2.60	0.24	2.27	0.12	1.17	2.83	0.31
緑 肥	50%	2.97	0.17	1.64	2.22	0.22	2.50	0.12	1.04	2.60	0.24
緑 肥	0%	3.09	0.15	1.78	2.08	0.17	2.45	0.10	1.06	2.19	0.20
L. S. D.	5%	0.17	0.03	—	0.25	0.03	0.22	—	—	0.37	0.03
	1%	—	—	—	0.36	0.04	—	—	—	0.54	0.04

*: 選出供試樹 1 本より採葉, 反覆 5 回採葉, 1 回採葉数 30 枚

肥 100%区が 50% 区および 0% 区より高い含量で、これも慣行採葉の場合と逆転した傾向であり、そして旧葉には差はなかつた。K 含量は慣行採葉の場合とほとんど同じ傾向であつた。

3. 選出供試樹 1 本よりの採葉

各緑肥施用量区の代表的な供試樹 1 本を選び、1 回採葉数 30 枚で 5 回反覆採葉し、結果は第 5 表である。

本表によれば、N は新葉において 5% 有意水準で緑肥 100% 区が 50% 区より高い含量を示し、旧葉においては緑肥 50% 区が 100% 区より高い含量を示したが、100% 区と 0% 区、50% 区と 0% 区との間では有意差は認められなかつた。P は新葉において 5% 有意水準で緑肥 100% 区が 0% 区より高い含量を示す以外は旧葉においても有意差はない。K 含量には新葉および旧葉とも有意差はなく、Ca および Mg は慣行採葉の場合と全く同じ傾向を示した。

以上 3 つの採葉法による葉分析より、葉中の無機成分とくに N, P, K 含量には、採葉法により有意差を示す各緑肥施用量区間の傾向が一様でなく、かなりの偏差のあることが推定される。とくに新葉中の N 含量には採葉法によつて値の変化が著しく、これより緑肥施用量区間の特定の傾向を判断することは不可能である。つぎに新葉中の P および K は N とやや趣を異にして、P は慣行採葉の場合を除けば緑肥 100% 区が 0% 区より高い含量を示した。K はその含量値の大小よりみると、緑肥 0% 区は 100% 区より高い含量であつたが、有意差を示したのは各供試樹別採葉の分だけであつた。しかしながら P および K についても、以上の分析結果だけで緑肥施用量区間の傾向を判断するのは危険であろう。また旧葉中の N, P, K 含量には緑肥施用量区間でほとんど差がないとみて差し支えないであろう。Ca および Mg は前述したとおりであるが、緑肥 100% 区と 50% 区との間、さらに 50% 区と 0% 区との間の有意差は、採葉法によつて一定していなかつた。しかし含量値の大小からは明らかに緑肥 100% 区 > 50% 区 > 0% 区の傾向が認められる。

この 1960 年の葉分析の結果より、1957 年までの既往の分析結果を吟味検討すると、N, P, K は緑肥施用量区間に含量差が認められないものと考えられる。Ca および Mg は緑肥施用量区間の有意差の疑問な年度もあるが、上に述べた傾向が認められる。そしてこの傾向は Ca については、すでに試験開始後 6 年目にはみられ、Mg についてもほぼ同様ではなかつたかと推定される。

IV. 1961 年の旧葉および新葉中の無機成分の月別変化

1960 年の 8 月末採葉の葉分析の傾向が、新葉展開か

ら充実にいたる期間においても認められるかを 1961 年に調査し、これより各区間の葉中の無機成分含量の差の有無をさらにたしかめようとした。すなわち緑肥 100% 区と 0% 区の各供試樹のうち、1960 年に選出した 1 本の供試樹より、4 月より 9 月まで採葉した。採葉はおのの樹につき、予め約 20 本の短枝を選出し、各枝より旧葉および新葉をそれぞれ 2 枚計 40 枚を採つた。そして各枝の着花および着果は、葉数に対して同一割合になるように摘蕾（5 月上旬）および摘果（7 月中旬）した。なお 6 月 13 日の採葉前後は新葉の生長拡大のほぼ停止期に相当し、6 月 24 日頃は新葉の充実に始める時期に相当していた。この結果は第 1 図から第 5 図までのとおりである。

第 1 図 1961 年の旧葉および新葉中の窒素含量

1. 窒 素 第 1 図によれば、4 月 13 日から 9 月 13 日までの旧葉中の N 含量にもつとも大きな差を認めたのは 7 月 13 日 (0.30%), やや差を認めたのは 5 月 14 日 (0.24%) と 9 月 13 日 (0.19%) で、いずれも緑肥 0% 区が 100% 区より N 含量が高かつた。これ以外の時期の採葉分には著しい N 含量の差は認められない。しかしながら 4 月から 9 月までの旧葉中の N 含量については、緑肥 100% 区と 0% 区とでその高低が交錯変化して一定の傾向は認められない。平均すれば緑肥 0% 区が 100% 区より高い N 含量であるが、N 含量の偏差、採葉反覆回数の 1 回であることなどを考慮すれば、この平均の有意性は疑問な点が多いものと考えられる。新葉は 6 月 13 日より採取し始め、8 月 11 日に最高の N 含量を示したが、9 月までの期間における緑肥 100% 区と 0% 区は全く同じような傾向を示し、N 含量に差を認める

第2図 1961年の旧葉および新葉中のりん酸含量

ことはできない。

2. リン酸 第2図によれば、旧葉中のPは4月以降減少する傾向を示し、新葉では6月24日採葉分に最高の含量を示し、これ以後は0.15%前後の含量に減少する傾向が認められる。旧葉中のP含量の高低からみると、4月より9月までの採葉期間中つねに緑肥0%区が100%区より高い含量であつた。そして5月14日の採葉分においてこの差はもつとも大きく(0.043%)、これ以後差は減少し、7月13日の採葉分にもつとも少なくなり(0.007%)、以後また少し差が大きくなった。また新葉では6月13日の採葉分に0.023%、7月13日に0.026%の差で緑肥0%区が高いP含量を示すが、これ以外ではほとんど差は認められない。以上より推察すると、とくに旧葉中のPは緑肥0%区が100%区より高い含量を示す時期もあるが、一般にカンキツの葉分析のために採葉される8月～9月頃においては、旧葉および新葉中のP含量には両区間で差がないものと考えられる。

3. カリ 第3図によれば、旧葉中のK含量は採葉期間を通じて平均 $1.15 \pm 0.10\%$ または $1.20 \pm 0.10\%$ 前後を変動し、著しい変化は認められなかつた。新葉では7月13日ないし8月11日の採葉分に最高含量を示し、9月13日には1.65%前後に急減した。旧葉中のカリに緑肥100%区と0%区とでやや差が認められるのは4月13日と6月13日の採葉分だけで、7月13日以降は全く差がない。新葉では8月11日および9月13日の採葉分のKには両区の差は認められないようであるが、7月13日より以前では約0.20%以上の差で緑肥0%区のほうがK含量が高かつた。そしてとくに6月13日には0.30%以上の差が認められた。

以上より新葉中のK含量は、新葉生長期および充実開

第3図 1961年の旧葉および新葉中のカリ含量

第4図 1961年の旧葉および新葉中のカルシウム含量

始期前後においては、緑肥0%区のほうが高いことが推定される。そして8月～9月頃になると両区の差がなくなるのはPの場合と同様の傾向と考えられるようである。

4. 石灰 第4図によれば、Ca含量は旧葉が新葉より高いこと、さらに緑肥100%区が0%区より高いことは前述と同様である。旧葉では緑肥100%区で5月14日と6月13日との間にかなりの急増が認められるが、0%区では9月まで漸増の傾向にあるようである。新葉では緑肥100%区に段階的に急増する傾向、0%区に7月13日以降漸増の傾向が認められる。したがつ

第5図 1961年の旧葉および新葉中のマグネシウム含量

て新葉では採葉月日が経過するにつれて、両区の Ca 含量の差が大きくなる傾向を示すことになる。

5. 苦 土 第5図によれば、Mg 含量は旧葉では採葉期間を通じて、また新葉では7月13日以降は緑肥100%区が0%区より高かった。旧葉では5月14日の採葉分には両区の差が認められなくらいであつたが(ただし4月13日のMg含量より著しい減少はあつた)、それ以後緑肥100%区では葉中のMgが急激に増加し、9月13日には0.39%に達した。一方0%区では9月まで0.19%前後を変動するくらいのMg含量にすぎなかつた。したがつて6月13日以降は両区のMg含量の差がますます大きくなつた。新葉においては、緑肥100%区では採葉月日の経過とともに増大するのに対して、0%区では0.19%前後を変動するだけであつた。そして緑肥100%区では旧葉中のMgは新葉のそれよりつねに高い含量であつたが、0%区では交錯変化を示した。以上より1961年においては、新葉および旧葉中のMg含量は緑肥100%区が0%区よりかなり高いことが明らかに認められる。

V. 考 察

本試験は温州ミカンの成木にたいして、緑肥中に含まれているN, P, Kの量にもとづいて、年間のN, P, Kの施用を緑肥だけから施用する緑肥100%区、75%を緑肥からおよび25%を硫酸、過りん酸石灰、硫酸カリから施用する緑肥75%区、以下緑肥50%区、緑肥25%区、ならびに硫酸、過りん酸石灰、硫酸カリだけから施用する緑肥0%区の各肥培処理で、15か年以上(1962

年現在継続中)継続されているものである。

このような緑肥施用処理で、温州ミカンの葉中の無機成分の変化は上述のとおりであつたが、試験開始後15年目および16年目の葉分析の結果をもとにして、樹の生育、樹勢、収量または果実の品質、ならびに土壌の変化などとの関連を考察すると、つぎのことが認められるようである。

まず葉中のN, P, Kの含量は、緑肥100%区、50%区および0%区の間でほとんど差がなかつたので、試験開始後15~16年目においても、N, P, Kの供給形態および緑肥施用量の割合によつて、試験区間を通じてのNとPあるいはNとKとの間に何らの相関も存在しない。

佐藤ら⁽⁹⁾の砂耕による温州ミカン幼木の試験では、N濃度と葉中のP含量には負の相関が認められる場合があるようであり、SMITHら⁽¹²⁾は、オレンジ葉中の無機成分の相関について、NとK、NとP、KとCa、KとMgとの間には負の相関、NとCa、NとMgの間には正の相関があることを指摘している。本試験のりん酸の施用量は窒素あるいはカリの5分の1で、慣行よりかなり少ないが、NとPとの相関はなく、また新葉中においてもP欠乏を示すような含量ではなかつた⁽¹⁾。

つぎにCaまたはMgとN, P, Kの間でも、試験区間を通じての一定の相関は認められないようである。そして新葉中のCaおよびMg含量は、緑肥0%区においてもそれぞれ2.0%および0.15%以上を示し、これら成分のはなはだしい欠乏を示していないように考えられる⁽¹⁾。

このような葉中の無機成分の傾向より、とくに本試験の施肥構成の両極端の緑肥100%区と0%区において、試験開始15~16年後でも葉中のN, P, Kの成分に著しい差がもたらされないことが推定される。しかしながら樹の生育、樹勢および収量は、緑肥100%区のほうがはるかに優れた結果を示しているが、これらと葉中のN, P, Kとの間に何らかの関連を求めることは不可能のようである。葉分析を始めた試験開始後6年目は、緑肥100%区と0%区とはほぼ同等の収量をあげ、7年目以後0%区の樹の生育の衰え、収量の減少が顕著になつている。このような変化と葉中のN, P, K含量とが無関係に進行するかは、その判断はきわめて困難である。一般には樹体内の貯蔵養分がきわめて豊富なことより、短期間に葉中の成分にまで差をもたらしうな現象は認められないことも考えられる。このような現象は、著者らの別の試験(未発表)の無肥料栽培においても、最初の3~4年は施肥区と同様の生育および収量、さらに同様の葉中の無機成分含量を示すことより推定される。しかしながらこ

のような現象が長年にわたつて、連続されるものでないことは当然である。それで本試験の場合、試験開始 15～16 年後においても葉中の N, P, K の含量の変化のないことよりみて、ミカン樹自体の N, P, K の吸収割合(施肥量に対する吸収割合ではない)は変つていないのではないかと想像される。

そこで緑肥 0% 区の樹の生育の衰え、収量の減少にもつとも影響した原因は、土壤条件の変化に求められなければならない。すなわち緑肥 0% 区は、外部よりの粗大有機物の施用は全くなく、かつ酸性肥料の連用および石灰苦土の無施用は、第 2 報に述べたような土壤の変化をもたらした。このような土壤の変化は、ミカンの根群の生育伸長の発達にはきわめて不良な環境であることは言うまでもない。したがつて根の生育発達への阻害が、地上部の生育発展の抑制となつたことが充分に考えられる。そこでこのような条件におけるミカン樹でも、養水分の吸収は行なわれているのであり、地上部の単位重量(または葉の単位重量)あたりの養分吸収量は、樹の生育が旺盛な緑肥 100% 区と同等であると考えられないこともない。しかし緑肥 100% 区のほうの養分吸収割合が多くても、稀釈効果の影響が強すぎて、採葉上または分析上これを認めることができないのではないかととも考えられるが、これらの点の明確な考察は不可能である。なお土壤および葉中の特殊成分の欠乏の有無との関連性をさらに検討する余地があるので、上の考察の妥当性について、後報で変更される場合もあることを附加しておきたい。また 1961 年の月別の旧葉および新葉中の N, P, K の含量に、緑肥 100% 区と 0% 区とで多少の差が認められたことについては、さらに考察データーを必要とするので、ここでは省略したい。

葉分析の結果よりは明確でないが、本試験の施肥構成からみて、緑肥 100% 区と 0% 区とでは、とくに窒素の効果の遅速および持続性がかなり違うだろうという推定は、すでに第 1 報に述べたとおりである。緑肥 100% 区の土壤は、試験年数の経過とともに土壤窒素の蓄積増大ことに易分解性の有機態窒素の増大が認められ(未発表)、そしてこの遊離無機化する窒素の効果の-highいことが考えられる。この窒素のミカン樹の生育に対する影響は、具体的な数値では説明できないが、窒素効果の影響が強いと推定される反応は果実の品質にみられるようである。すなわちすでに 1951 年頃より、緑肥 100% 区および 75% 区の果実は着色がおくれ、着色濃度も淡く、果皮がやや粗厚の傾向があり、1954 年(試験開始後 9 年目)にはこの傾向がはつきりと認められる。このようなミカン果実の品質の傾向は、結果

量その他の条件で著しく左右されるので、必ずしも窒素だけの影響とは判断されない場合がある。しかし本試験の場合、緑肥 100% 区および 75% 区の供試樹の大部分がこのような果実の品質傾向を示し、さらに 50% 区は 100% 区と 0% 区の中間の品質を示すことより、窒素の影響が強いものと推定できる^(3,10,14)。

果実の品質に関連して、果汁中の全糖および遊離クエン酸と葉中の N, P, K の間では相関は認められない。前報⁽⁶⁾において緑肥 0% 区の果汁中の全糖含量は 100% 区より高いのではないかと推定したが、緑肥 100% 区的全糖含量が低いのは、上述のような窒素の影響によるものかどうかの判断は困難である⁽¹⁰⁾。

つぎに緑肥 0% 区の遊離クエン酸含量の高いことは、葉中の Ca 含量の低いことと相関々係が認められる。すなわち 1951 年(試験開始後 6 年目)以降の緑肥 100% 区、50% 区および 0% 区の果汁中のクエン酸と葉中の Ca とを plot すると、第 6 図のようになる。そして $r = -0.40$ で有意性が認められる。これより緑肥 0% 区にクエン酸が高くなることは、緑肥 100% 区が 0% 区より窒素効果の影響の強いことより、Ca の影響の強いことが推定される。

また葉中の Ca 含量と土壤の置換性 Ca との間にも相関が認められるようである。すなわち 1958 年の土壤の置換性 Ca と 1957 年の新葉、1960 年の新葉および旧葉(いずれも 8 月採葉)中の Ca とを plot すると、第 7 図のようになる(1958 年以前の置換性 Ca は分析しなかつたので、この年度の前後の葉中の Ca と 0—10 cm および 0—20 cm の土壤の平均置換性 Ca とを重複して plot した。そこでこの plot 法にはかなりの無理があることを断つておく)。本図によれば、 $r = 0.75$ で有意性が認められる。

HARDING⁽²⁾によれば、土壤の置換性カチオンとオレ

第 6 図 葉中の Ca 含量と果汁中のクエン酸含量との相関

第7図 土壌の置換性石灰と葉中の石灰含量との相関

註 ○: 土壌の深さ 0—10cm の置換性石灰の場合
●: 土壌の深さ 0—20cm の置換性石灰の場合

ンジ葉中のカチオンとは相関の認められるものもあるが、Ca だけは有意的な相関は認められなかつたことを報じている。これは California 地帯のような微酸性ないし微アルカリ性土壌では、優良園または不良園といえども置換性石灰含量に大差のないことによるものではないかと想像される。

本試験では Mg についても上述のような相関が認められないこともないが、Ca のように顕著でない。また K についてはさらに相関は認められないようである。上述の葉中の Ca 含量を媒介とした相関関係は、緑肥 0% 区の酸性肥料の連用による土壌中の塩基溶脱、一方 100% 区においては施用緑肥中からの塩基の供給による塩基の増減が直接に影響しているものと考えられる。

(追補) 本試験開始後 15~16 年目の緑肥 100%, 50% および 0% 区の供試温州ミカン樹および土壌断面の状態を示すと、それぞれ第8図および第9図のようである。

VI. 摘 要

温州ミカンの成木に対して緑肥施用量および連用の効果試験を 1946 年よりおこない、葉中の無機成分の変化についてつぎの結果をえた。試験区は緑肥中の 3 要素成分量にもとづいて、緑肥 100% 区、75% 区、50% 区、25% 区、0% 区を設け、不足成分量は硫安、過石、硫酸で補足した。

1. 1951 年(試験開始 6 年後)より 57 年までの慣行採葉分の分析結果では、葉中の N, P, K 含量に緑肥処理区間および年次間によつて何らの差または変化は認められない。Ca および Mg は緑肥多量区(緑肥 100% 区、75% 区)が少量区(0% 区、25% 区)より高い含量を示し、緑肥少量区で年次経過とともに減少していった

ことが推定される。

2. 試験開始 15 年後の 1960 年の 8 月に新葉と旧葉について種々の採葉法をこころみ、統計処理で試験区間の葉中の無機成分の差を検討したが、含量の偏差が大きく、N, P, K にはほとんど差を認めることができなかった。Ca と Mg は緑肥多量区のほうが、有意差的に高い含量を示し、50% 区は中間的傾向または多量区に近い傾向を示した。

緑肥 100%

緑肥 50%

緑肥 0%

第8図 緑肥連用温州ミカンの樹の変化
(1961 年 11 月, 試験開始 16 年後)

3. 1961年の4月より9月までの緑肥100%区と0%区の供試樹の葉分析では、新葉のN, P, Kは両区でほとんど差が認められない。旧葉では4月～7月に多少の差があるが、8月および9月ではこの差がなくなる傾向を示した。CaおよびMgは2.と同じ傾向であった。

4. 以上の葉分析結果と樹の生育、収量、果実の品質および果汁成分との関連性について、葉中のN, P, Kとの直接の相関を求めることはできなかった。果汁中の遊離クエン酸と葉中のCa、または土壌の置換性Caと葉中のCaとはかなりの相関が認められた。

引用文献

1. CHAPMAN, H. D. 1960. Leaf and soil analysis in citrus orchards. Calif. Agr. Exp. Sta. Ext. Serv. Manual 25: 1—53
2. HARDING, R. B. 1954. Exchangeable cations in soils of California orange orchards in relation to yield and size of fruit and leaf composition. Soil Sci. 77: 119—127.
3. JONES, W. W and T. W. EMBLETON. 1959. The visual effect of nitrogen on fruit quality of Valencia oranges. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 73: 234—236.
4. 坂本辰馬・奥地 進・山本恒久・薬師寺清司. 1961. 温州ミカンに対する緑肥連用の影響(第1報) 収量ならびに樹の生育におよぼす影響. 園学雑. 30: 215—221.
5. 薬師寺清司. 1961. (第2報) 土壌の変化について. 園学雑. 30: 334—340.
6. 松本俊夫・薬師寺清司. 1962. (第3報) 果汁中の全糖およびクエン酸の変化について. 園学雑. 31: 257—262.
7. 佐藤公一. 1952. 果樹葉分析に関する研究(第1報) 葉分析に関する基礎的研究. 農技研報. E. No. 1.
8. 1957. 果樹の葉分析法. 戸荻外6氏編:
9. 石原正義・栗原昭夫. 1958. 果樹葉分析に関する研究(第18報) 温州ミカンの葉分析に及ぼすNとPの相互関係(1956年). 農技研報. E. 7: 1—16.
10. 1958. (第19報) 温州ミカン結実樹の葉分析(肥料試験)(1954—1957年). 農技研報. E. 7: 17—40.
11. 1958. (第20報) 生産力の異なる温州ミカン園および梨園の葉分析による比較. 農技研報. E. 7: 41—54.
12. SMITH, P. F., W. REUTHER, A. W. SPECHT and G. HRNCIA. 1945. Effect of differential nitrogen, potassium and magnesium supply to young Valencia orange trees in sand culture on mineral composition especially of leaves and fibrous roots. Plant Physiol. 29 (4): 349—355
13. 田中論一郎・中間和光外. 1960. 温州ミカンに対する磷酸質肥料の影響について(第1報) ^{32}P 使用による磷酸移動分布について. 園学雑. 29: 63—69.
14. 高橋郁郎. 1958. 柑橘. P. 285. 養賢堂.

緑肥 100%

緑肥 50%

緑肥 0%

第9図 緑肥連用温州ミカン園土壌断面の変化
(1960年3月, 試験開始15年後)

作物試験法. 337—353. 農業技術協会.