

温州みかんの微量金属元素の過剰に関する研究

森本 択也*

Studies on the excess of miner metal elements in Satsuma Mandarin trees.

Takuya Morimoto

緒 言

熊野市金山町においては1964年から県営パイロット事業によって160haに及ぶみかん園の造成、大規模開園が行なわれてきた。

開園は修正山成り方式の傾斜緩和型(写真①、②)で当時としては画期的な構想であった。

農道は大型機械の導入を前提としたことから造成面積の約20%を占有しており、圃場区画は40m間隔に3.5mの農道を設置し、さらに中央20mごとに薬剤散布、運搬などのために1.8mの作業道を設け、大型機械導入による作業体系を可能にしている。



写真① 金山パイロット開口状態



写真② 金山パイロット開口状態

品種は早生温州(宮川、興津)で10a当たり植栽本数250本、最終残存樹は約40~50本にする計画である。

このような大規模開園が行なわれると従来の開園方式では予想もしなかった問題がいろいろ起こっている。その1つは写真③のように山を30m以上も切りとった場合下層から第三紀層中新統の泥岩と思われる黒色の層が露出し、この切りとり部に定植したみかん苗木(1967年)がまもなく一部に枯死、あるいは生育不良となる現象が見られた。



写真③ 切りとり部の状態

この原因と対策法を解明するため、1968年から現地調査、再現試験および対策試験を行ない、一応の成績が得られたので、その結果を報告する。

本研究にあたり助言を賜った当所の西場静雄園芸部長、吉川操次環境部土壌肥料研究室長、石崎博一前環境部土壌肥料研究室長、吉川重彦技師また下迫勇助場長には本稿を草するにあたり、種々ご指導をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

材料および方法

1. 現地調査

生育障害樹の状態を把握するため1968年6月に観察および樹体調査を行ない、同時に障害樹の根、葉および土壌を採取し、分析に用いた。また別に隣接地の健全樹についても根と葉を採取し分析に供した。

樹体調査は障害樹50本について幹周、樹高および樹巾(東西、南北)と春枝の発生本数、長さを測定した。分析用の試料は新葉、旧葉に分けて採葉し、樹冠下より採根、採土を行なった。植物体の微量要素含量は三重大学に依頼し、乾物中のppmで表示した。土壌中のチッ素、有効態リン酸、置換性カリ、石灰、苦土は常法によって分析を行なった。葉中の銅、亜鉛の分析は、1規定一塩酸振とう法、マンガンは、1規定一酢酸アンモニウム振とう法によって供試液をつくり、原子吸光法で分析を行なった。

2. 再現試験

紀南かんきつセンター内の第三紀層を母材とする未耕土を5mmのふるいに通し、第1表のとおり、10kgの土に対して所定量の資材を混用して鉢(29×22cm)に入れた。

*紀南かんきつセンター

植栽は1968年5月16日に行ない、定植時の樹体の重さ、着葉数を調べた。処理後の着葉数は1968年6月18日、1969年8月6日に調査し、葉中成分は1969年12月4日に採葉し、原子吸光法で分析を行なった。

第1表 再現試験

処 理 区	土 10 kg当施用量
1 硫酸 マンガン	5.0 g
2 硫酸 マンガン	10.0
3 硫酸 銅	0.5
4 硫酸 銅	1.0
5 無 処 理	-

第2年目の再現試験も第2表のとおり、マンガン、亜鉛の組合せで行ない、第1年目と同様な方法で土10kgに対して、所定量の資材を混用して鉢に入れた。植栽は1969年4月30日に行ない、着葉数の調査は1969年8月6日、10月15日、葉、土壌の分析は1969年12月4日に行なった。

第2表 2年目の再現試験

処 理 区	土 10 kg当施用量
1 硫酸 マンガン	40.4 g
2 硫酸 銅	4.0
3 硫酸 亜鉛	30.0
4 硫酸銅+硫酸マンガン	2+20.2
5 硫酸銅+硫酸マンガン	2+10.1
6 硫酸銅+硫酸マンガン	1+20.2
7 硫酸銅+硫酸マンガン	1+10.1
8 銅+マンガン+亜鉛	4+40.4+30
9 無 処 理	-
10 普 通 土 壌	-

3. 対策試験

生育障害樹の現われた現地の未耕土壌を採土し、1cmのふるいを通し、第3表のとおり、10kgの土に対して所定量の資材を混用して鉢(29×22cm)に入れた。定植および調査時期、方法は対策試験の第1年目と同様に行なった。

2年目は第4表のとおり、消石灰とキレート鉄、堆肥炭酸ナトリウムなどを混用して土壌処理を行ないワグネルポットに入れた。水素イオン濃度別石灰の添加量の決定には緩衝曲線を用いた。調査時期、方法および分析法は再現試験の2年目と同様に行なった。

4. マンガン、銅、亜鉛の土壌からの溶脱量の変化

第2年目の対策試験に用いたワグネルポットから浸透水を処理直後、処理後45日、270日目と施肥直後に採

取し原子吸光法で分析した。

第3表 対策試験

処 理 区	土 10 kg当施用量
1 キレート鉄	0.05 g
2 キレート鉄	0.1
3 消石灰	10.1
4 消石灰	20.1
5 堆肥	100
6 堆肥	200
7 無 処 理	-

第4表 2年目の対策試験

処 理 区	土 10 kg当施用量
1 消石灰 pH6	21.6 g
2 消石灰 pH7	26.4
3 消石灰 pH8	33.6
4 消石灰+キレート鉄	26.4
5 消石灰+堆肥	26.4+200
6 消石灰+炭酸ナトリウム	22.4+150.0 g
7 消石灰+灌水	26.4+水
8 消石灰+過磷酸石灰	26.4+15.0
9 消石灰(表面施用)	33.6
10 無 処 理	-

5. 土壌中のマンガン、銅、亜鉛の分布状態

生育障害樹の発生した場所(第4図)で、山をカットした岩壁にそって土壌表面から5cm、25cm、50cm、1m、2m、3m、4m、5m、7.5m、10m、12.5m、15m、17.5m、20m、25mごとに採土および岩石をとり、風乾細土について銅、亜鉛は0.1規定塩酸振とう法、マンガンは1規定酢酸アンモニウム振とう法によって供試液をつくり、原子吸光法で測定した。

成 績

1. 現地調査の結果

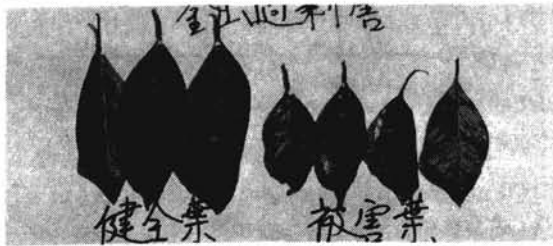
生育障害樹の発生した土壌は、開園にあたり山を30m以上も切りくずしたため、第三紀層中新統の黒色泥岩層が露出し、リッパで深耕を行なっているが有効土層の浅い礫質土である。生育障害樹の症状は第5表のとおり生育が劣り、枝が枯死して定植時よりも樹体が隣接地の健全樹と見比べて小さくなったものが多く、葉が黄化し、ひどい樹では落葉を伴ない枯死状態のものもあった。枯死しない樹でも春枝の伸長が悪く、葉には写真④のような黒かっ色の大はん点(2~5mm)を生じ、これらが集合して黒色の不定形な症状が現われ、葉身の発育も著しく不良であった。

第5表 生育障害樹樹体

項目	数	値
幹周		5.44 cm
樹高		58.9
樹巾	(東西)	38.1
	(南北)	38.4
春枝数(本)		39.8
春枝長		3.90

第7表 生育障害樹の成分含量

被健別	成分	Cu	Mn	Zn
被害樹	新葉	79 ppm	1410 ppm	450 ppm
	旧葉	12	235	48
	細根	79	1390	417
健全樹	新葉	10	103	25
	旧葉	7	367	23
	細根	58	1220	38



写真④ 生育障害樹の症状

また土壌分析の結果、pHは3.55であって強い酸性を示し、全チッ素、有効態リン酸、置換性カリなどは少なく一般の未耕土を分析した場合と同様な数値であると思われる。しかし、苦土は2.74 me、マンガンは9.5 ppm、銅は13 ppm、亜鉛は24 ppmで多く含有されていることが認められた。このように銅、マンガンの3成分が土壌、植物体中のいずれにも多く含まれていることが

第6表 再現試験の着葉数と葉中成分

処 理 区	定植時の樹体		着 葉 数		葉 中 (12月4日)		
	重 量	葉 数	6月18日	8月6日	Cu	Mn	Zn
1 マンガン	110 g	47枚	57枚	53枚	26.5 ppm	213 ppm	- ppm
2 マンガン	118	51	45	21	26.3	215	-
3 銅	92	33	45	42	36.0	33	-
4 銅	105	31	37	41	45.0	38	-
5 無 処 理	125	55	55	47	16.5	45	-

第8表 現地土壌(未耕土)の成分含量

成 分	Ph (Kcl)	T-N	有効態 P ₂ O ₅	置換性(100g中)			Cu	Mn	Zn
				K ₂ O	CaO	MgO			
含 量	3.55	0.057 %	2.31 mg	0.039 me	1.03 me	2.74 me	13 ppm	9.5 ppm	24.4 ppm

2. 再現試験

調査の結果、この黒色泥岩土には銅、マンガンの多量に含まれ、これが生育障害を起しているのではないかと考えられた。このことを確認するため尺鉢で再現試験を行なった結果は第6表のとおりである。鉢試験の結果着葉数が減少した以外には無処理区との間に差がみられなかった。葉分析の結果では、マンガンは200 ppm 以上も含有されているが、現地で見られるように枯死する状態にはならなかった。

また現地生育障害樹の分析および土壌分析の結果は第7表および第8表のとおりである。これによると生育障害樹の新葉にはマンガン1410 ppm、銅79 ppm、亜鉛450 ppmが含まれ、健全樹に比較して著しく高い数値を示した。また細根中においても同様にこれらの成分を多く含んでいることが認められ、とくに亜鉛が健全樹に比べて高い数値であることが明らかになった。

明らかとなった。

このことから、第2年目は銅、マンガンの組合せの再現試験を行なったが、その結果は第9表および写真⑤のとおりである。これによると処理後の着葉数(10月15日)は6区のマンガン多量施用区の葉数が処理前の1.5倍で増加数をもっとも少なく5区、7区のマンガン少量施用区は銅の施用量に関係なく、1.7倍に増加し4区の銅、マンガンの多量施用区は中間の値を示した。つまり着葉数の少ない原因としてマンガが大きく影響しているものと考えられ、また3区、8区の硫酸亜鉛施用区では明らかに生育障害を起し、枯死する状態になった。

3. 対策試験

対策試験の結果については第10表のとおりで、消石灰20.1 g、堆肥200 gを混用処理した区のもののが落葉数が少なく、キレート鉄の施用については効果が認められ

第9表 再現試験の着葉数と葉、土壌中の成分

処 理 区	定植時の樹体		着 葉 数		土		葉		
	重 量	着葉数	8月6日	10月15日	C u	Z n	C u	M n	Z n
1 マ ン ガ ン	4039	82枚	71枚	107枚	3 ppm	2.6 ppm	16 ppm	3250 ppm	18.0 ppm
2 銅	340	79	106	90	40	3.0	11	75	16.5
3 亜鉛	320	59	7	7	3	—	—	—	—
4 銅 + マンガン	380	70	107	110	—	—	16	1345	16.5
5 銅 + マンガン	352	80	134	132	23	3.4	19	1110	17.8
6 銅 + マンガン	357	66	103	97	11	1.7	16	1849	16.5
7 銅 + マンガン	375	84	160	142	—	—	18	1139	18.3
8 銅+マンガン+亜鉛	323	78	20	4	—	—	—	—	—
9 無 処 理	350	78	186	139	2	2.5	14	40	15.0
10 普 通 土 壤	425	67	169	189	—	—	18	35	21.0



写真⑤ 再現試験

なかった。

葉中の銅含有量は消石灰、堆肥の多量施用区がもっとも少なかった。マンガンの含有量は消石灰施用区で減少し、とくに多量施用の効果が認められた。亜鉛についてもマンガンの同様の効果が認められた。

いずれも現地の生育障害樹に比較して葉中の金属成分含有量が大きく減少した。

さらにこれらの効果を高めるため、第2年目には消石灰、堆肥などの組合せ、また消石灰を用いて土壌処理を行ない水素イオン濃度を異にした処理区を設けて試験を行なった。その結果については第11表および写真⑥のとおりである。処理前に対し、10月15日における着葉数の

増加は5区の消石灰と堆肥の組合せがもっともよく、次いで7区の灌水区であった。

葉中成分のうちマンガンは土壌中の pH 値が高くなるにつれて含有量が減少し、葉色が濃緑になる傾向が観察された。9区の石灰表層施用区は効果がなく、定植後1週間目ですでに葉の黄化現象が現われ、その後約20%の落葉があり、2週間目には半数以上の樹が枯死状態になった。しかし、炭酸ナトリウムを併用して表層施用することによりこのような障害が抑えられることが明らかになったが、葉脈間がわずかに黄化した。総合的にみると消石灰と堆肥の混用施用区がもっとも生育が良く、夏芽も多く発生し生育状況はほぼ正常であった。



写真⑥ 対策試験

第10表 対策試験の着葉数と葉中成分

処 理 区	定植時の樹体		着 葉 数		葉中(12月4日)		
	重 量	葉 数	6月18日	8月 6日	C u	M n	Z n
1 キレート鉄	1189	53枚	18枚	0枚	—ppm	—ppm	—ppm
2 キレート鉄	70	23	27	5	—	—	—
3 消石灰	120	36	42	15	20.5	50	14.5
4 消石灰	63	63	78	29	16.3	30	12.0
5 堆肥	95	35	28	8	39.5	60	—
6 堆肥	65	24	18	33	16.5	58	19.8
7 無処理	100	42	25	0	—	—	—

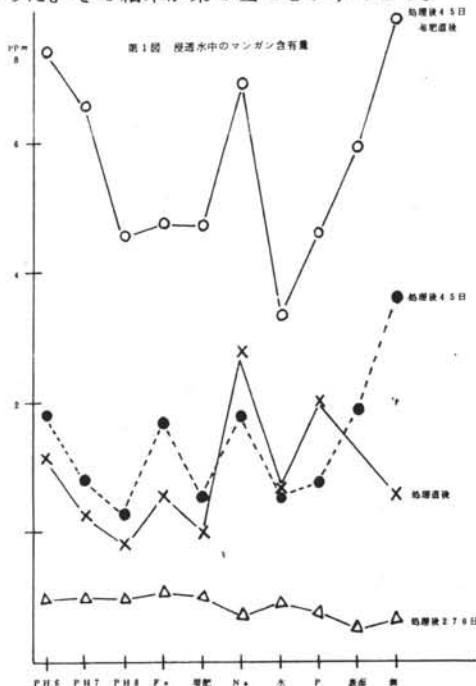
第11表 対策試験の着葉数と葉、土壌中の成分

処 理 区	定植時の樹体		着 葉 数		土		葉		
	重 量	着葉数	8月6日	10月15日	C u	Z n	C u	M n	Z n
1 消石灰 pH 6	235g	94枚	77枚	83枚	— ppm	— ppm	8 ppm	125ppm	13.3 ppm
2 消石灰 pH 7	281	90	89	86	6	4.5	9	113	15.0
3 消石灰 pH 8	230	79	75	79	—	—	11	78	13.3
4 消石灰+キレート鉄	297	112	97	91	—	—	13	63	16.0
5 消石灰+堆 肥	257	103	94	125	5	4.3	10	138	17.0
6 消石灰+ナトリウム	293	101	101	95	5	6.1	8	198	14.0
7 消石灰+灌 水	238	101	99	109	6	6.3	10	88	14.0
8 消石灰+磷 酸	282	99	90	90	6	4.1	9	95	14.5
9 消石灰(表面施用)	263	94	23	0	—	—	—	—	—
10 無 処 理	210	85	46	13	8	8.8	—	—	—

4. 銅、マンガン、亜鉛の土壌中の変化

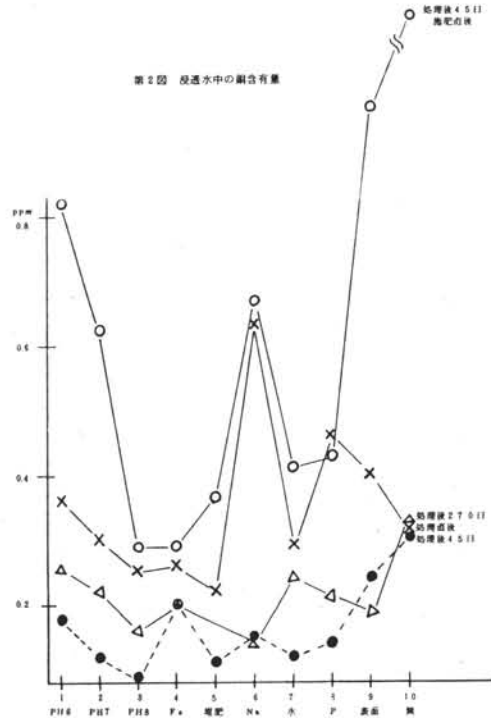
以上の試験の結果から石灰、堆肥などを土壌施用した場合にマンガン、銅、亜鉛の土壌中での変化について検討するために第4表の対策試験で処理されたポットから浸透水を採取し、分析を行なった。

処理植付直後、45日目、270日目の3回と、処理後45日目に施肥を行ないその直後の浸透水についても分析を行なった。その結果が第1図のとおりである。



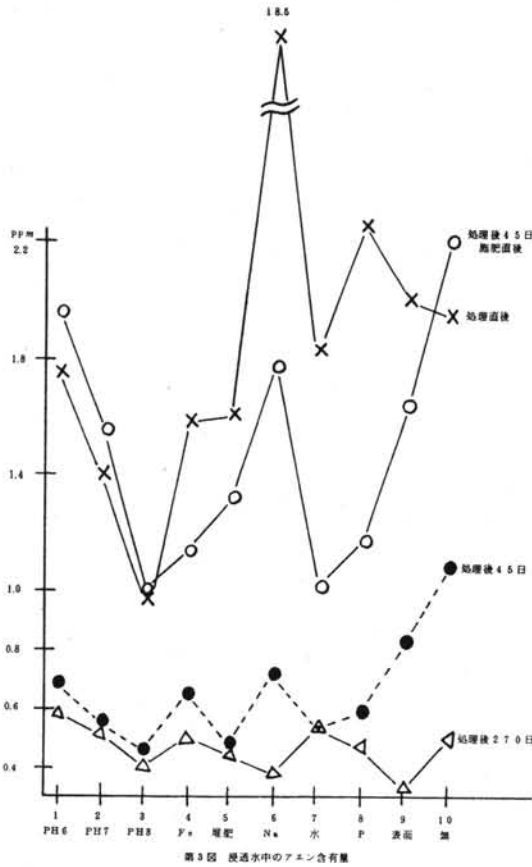
その結果によると、マンガンは処理直後でナトリウム施用の6区がやや多く溶脱し、pH値が高まるにつれて減少することが認められた。処理後45日で、10区の無処理区がやや多く溶脱しているが、全体的には処理直後とあまり変化していない。しかし、施肥後の浸透水については灌水区でやや低下しているが、全体には急激に溶脱量が増加する傾向を示し、処理後270日目には溶出量が約80%程度に減少した。

銅は第2図のとおり、ナトリウムおよびリン酸施用区は初期の溶脱がやや多く、45日目よりも270日目の方が溶脱が多く、急速には減少しないようである。施肥後の溶脱についてはマンガンと同様に著しく多くなり、無処理区でもっとも多く、pH値が低下するとともに溶脱量が多くなる傾向を示している。



亜鉛は第3図のとおりで、初期の溶脱が多く処理別に見るとナトリウム区が最高であるが、経時的に、漸次減少の傾向がみられる。施肥後の溶脱量は無処理区、pH6区、ナトリウム区で多く、pH8区、灌水区で少ないが、全体的には増加している。

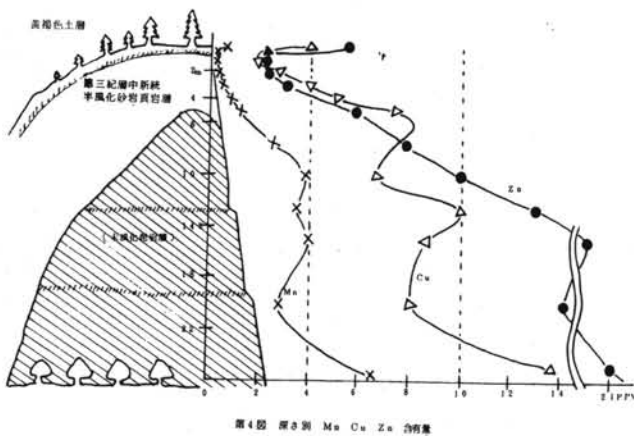
以上のように浸透水を分析した結果、一般に3成分とも時間の経過とともに溶脱量が減少する傾向がみられる。



第3図 浸透水中のFe含有量

5. 土壌中のマンガン、銅、亜鉛の分布状態

山を大きく削り取った場合、深さ別にこれらの成分がどのように分布しているかについて写真③の所から土および岩石を採取し、分析した結果は第4図のとおりである。



第4図 深さ別 Mn Cu Zn 含有量

マンガンは表層で0.6ppmであり、1mの部位ではもっとも低く0.2ppmであった。また10mの深さまで漸次増加し、それ以下はあまり増減しないが、25mの深さでは6~11ppmの値を示した。

銅は表層で4ppmであったが、マンガンと同様1mで1.8ppmと最低の値を示し、それ以下、6mの黒色の泥岩層の部位まで増加し、10mと20mのところやや減少し25mの深層では18~18ppmであった。

亜鉛は表層で5.5ppmと高い含量を示したが、1mで2ppmで最低となり、以下15mまで直線的に増加し、25mの深さでは21~34ppmであった。

このように亜鉛は他の金属より表層でやや多く、深層においても3成分中もっとも高い数値を示し、マンガンはもっとも低い値を示したが、3成分とも表層で少なく、深層で増加する傾向が見られた。

論 議

現地での早生温州に起った生育障害は定植後まもなく葉に黄化現象が現われ、その後落葉を伴ない枯死状態のものもあった。異常落葉の症状について岩本ら²⁾はみかんのはん点部を顕微鏡で観察し、はん点の種類を黄かっ色おう(凹)型はん(斑)、黒かっ色大型はん(斑)、濃かっ色おう型はん(斑)、とつ(凸)型黒色はん(斑)に分けている。また石原ら¹⁾は赤かっ色大はん点(径)2~5mmあるいはかっ色小はん点(径0.2~0.3mm)を生じて落葉するとしている。金山パイロットでの症状は黒かっ色小はん点および黒かっ色大はん点を生じ、これらが集合したような不定形の症状が現われ、葉身の发育も著しく不良であった。

現地調査によりこの泥岩の砕いたれきを主体とする土には銅、マンガンが多量に含まれ生育障害の原因もこれによるものと推察されたので確認のため硫酸マンガン硫酸銅を土壌施用し再現試験を行なった。葉中マンガン銅はそれぞれ200ppm、30ppm以上の過剰吸収をしているが、現地で生育障害をおこした黒かっ色大型はんあるいは枯死する状態のようにはならなかった。石原ら¹⁾もマンガンを土壌施用した場合、4年間のうち異常落葉はんでんが発生したのは1年のみであったが、マンガンの含有量は増加したという。異常落葉はん点はマンガン施用区のみが発生し、アルミニウム、銅、亜鉛、ニッケルの施用区には発生しなかったことと、再現しにくいことを認めている。

現地生育障害樹および土壌分析の結果、植物体、土中にマンガン、銅はもちろん亜鉛も多量に含まれていることが明らかになった。したがって、2年目にはマンガン、銅、亜鉛の組合せによって再現を行なった。銅とマンガンの関係では銅の施用量にあまり関係なく、マンガンの施用が多くなるにつれて着葉数が減少した。硫酸亜鉛施用区では生育障害を起こし、枯死する状態になった。

石原¹⁾は各微量金属元素の施用が生育におよぼす障害程度はニッケル>銅>亜鉛>マンガン>アルミニウムの順で、ニッケルの障害がもっとも顕著であると報じている。金山パイロットの生育障害はマンガン、銅、亜鉛が相互に作用したものであろうと考えられる。

対策試験では石灰、堆肥、キレート鉄を施用したが、石灰、堆肥の多量施用の効果が高く、葉中のマンガン、銅含有量も減少した。岩本²⁾、神吉³⁾、石原¹⁾も土壌の酸性をきょう正することによってマンガンの過剰吸収による異常落葉はん点の発生を減少させることを認め、また山崎⁶⁾も土壌のpHの値が上昇すると、有効態亜鉛および銅、マンガンは不活性化して過剰害が軽減できることを認めている。銅の過剰があまりひどくない場合にはキレート鉄の施用効果も認めているが、本試験ではキレート鉄の効果は明らかでなかった。

第2年目は消石灰、堆肥などの組合せで対策試験を行なった。緩衝曲線によって、pH6 pH7 pH8 に処理（実際には目標pH値まで上昇していない）した。葉中のマンガンは土壌のpHが高くなるにつれて含有量が減少し、葉色が濃緑になることが観察されたが、葉中の銅、亜鉛含有量とpHの関係は明らかでなかった。

石灰を表層施用しても効果はまったく現われなかった。しかし炭酸ナトリウムを併用して表層施用すると、葉脈間がわずかに黄化したが、過剰害は軽減された。細田克己氏（鳥取大学）も水稻で10ppmの銅含量の土壌に対して0.1%に相当する硫化ナトリウムあるいは生石灰を施すと銅の害作用は完全に抑えられたという。

消石灰と堆肥の混用施用区がもっとも生育がよく夏枝も多く、生育状況は正常であった。

生育障害の対策法として当面、石灰、堆肥などを施用することによって過剰害は軽減されたが、石原¹⁾は結実区と不結実区では、結実区の方が不結実区に比較して異常落葉はん点を生じ、マンガン含量が著しく増加したという。温州みかんは長期にわたって生育し、生育過程も幼木から結実期の成木と樹の生理も変化する。したがって長期にわたる基本的な対策を立てる必要があり、第4表のように石灰、堆肥など各種処理を行なった場合にマンガン、銅、亜鉛が土壌中でどのように変動しているかについて浸透水中の溶出量を調査した。この結果ナトリウムを施用した区ではマンガン、銅、亜鉛のいずれも初期の溶脱量が他の処理に比べてもっとも多く、pH値を高めるといずれの成分も溶出量が減少した。施肥後の溶脱量はいずれの成分も各処理において増加し、特に無処理区、および石灰施用の少量区で多くなった。

神吉³⁾ 石原¹⁾も化学肥料の多量施用はpHを低下さ

せ、可溶性マンガンの溶出量を多くし、その結果、樹体各部のマンガン含量を高めるので、施用量をなるべく少なくするとともに酸性をきょう正する必要を認めている。

山崎⁶⁾は土壌のpH値が上昇すると、有効態の亜鉛が減少する。これは難溶性の亜鉛の水酸化物が出来たためであり、マンガンは有効態の二価のマンガンを不溶性の四価のマンガンに酸化され、銅は土壌有機物の含量、粘土鉱物の種類および土の酸度などが溶解度を支配する大きな因子であるという。

浸透水中の溶出量からみると、マンガン、銅、亜鉛とも処理後の期間が長くなるにつれて溶脱量が減少している。

現地未耕土中のマンガン、銅、亜鉛の分布状態は表層土でマンガンを0.6ppm、銅が4ppm、亜鉛が5.5ppmで亜鉛がもっとも多い。これは心土から植物に吸収された亜鉛が、落葉などの遺体といっしょに表土に戻されるからであると山崎⁶⁾は述べている。

深さ1mではマンガン、銅、亜鉛がそれぞれ0.2ppm、1.8ppm、2ppmともっとも少なくなり、黒色泥岩層の現われ始めた15mぐらいまでは各成分とも増加の傾向を示し深層ではマンガン、銅、亜鉛がそれぞれ11ppm、18ppm、34ppmの高い数値を示した。

今後このような地質での開園にあたり、これら3成分の分布状態からみると黒い岩壁が露出すればマンガン、銅、亜鉛含量が急速に増加する。したがって、開園に際し、山をカットする場合は黒色岩盤までにするのが望ましいが、このような黒色の泥岩が露出すれば上述の処理によってマンガンの溶解度を抑えることはもちろん、深耕を確実にしない排水を良好にして通気、通水性を高め風化分解を促進させる必要がある。山崎⁶⁾によると土壌水分が著しく多くなると、土が還元状態になり、不溶性の四価のマンガンを二価のマンガンに還元され、有効態に変化し植物に吸収されるという。

一般に温州みかん園は石灰質肥料の施用が繰返し行なわれるのでこれら3成分の不活性化、あるいは溶脱も繰返し行なわれ、また風化分解することによって、自然に溶脱あるいは不溶性となってみかんに対する影響が減少するであろうと思われる。

摘 要

- 1967年に、修正山成り方式により造成された熊野市金山町パイロット地域、温州みかん園に生育障害が発生したので、1968年に温州みかんの生育障害樹の実態調査を行なうとともに、1968年および1969年に再現試験および対策試験を実施し、葉および土壌について分析を行なった。

2. 生育障害園の実態調査成績は次のとおりであった。
- (1) 生育障害樹の症状は秋から冬に多く観察され、濃かっ色小はん点および黒かっ色大はん点(径2~5mm)を生じ、これらが集合したような不定形の症状が現われ、著しいものは落葉を伴ない、枯死状態となるものもあった。
 - (2) 生育障害の発生した土壌は山を深く切りくずし、第三紀層中新統の泥岩の露出した耕土の浅い礫質のところである。
 - (3) この土壌にはマンガン、銅、亜鉛が多量に含有され、深層ほど多く、深さ15mぐらいまでは増加する傾向を示した。
 - (4) 生育障害樹の葉、細根中にはマンガン、銅、亜鉛が健全樹に比較して多量に含有されていた。
3. 再現試験の結果、マンガンを施用した区の一部の葉に黒かっ色小はん点を生じたが、現地でみた症状よりは著しく軽度であった。第2年目に亜鉛を混用した処理区では落葉を伴ない枯死状態となった。
4. 対策試験の結果、消石灰および堆肥の多量施用の効果が高く、キレート鉄の効果はみられなかった。石灰の表層施用は効果がなく、定植後1週間目で葉に黄化現象が現われ、2週間目には半数以上の樹が枯死状態になった。
- 石灰と堆肥の混用施用区で生育障害はほぼ完全に抑えられ、春、夏枝も正常に伸長した。

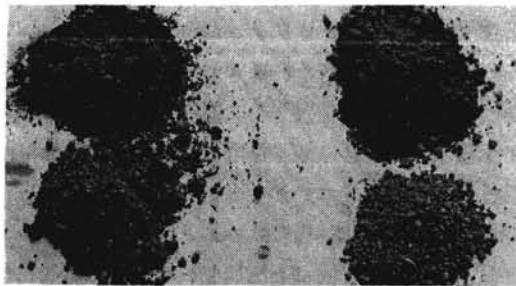
5. 生育障害の発生した土壌の浸透水にはマンガン、銅、亜鉛が多く含まれ、初期の溶脱量は亜鉛>銅>マンガンの順に多いが8成分とも経時的に漸次減少する傾向が認められた。しかし、施肥することによって溶脱量が増加した。これは施肥することによって土壌のpH値を低下させ、マンガン、銅、亜鉛が可溶性に変化し溶出量を多くしたためと思われる。

土壌中のマンガン、銅、亜鉛は浸透水中の溶脱量から推察すると初期には土中の可溶性マンガン、銅、亜鉛が多いが、漸次減少する傾向が認められた。

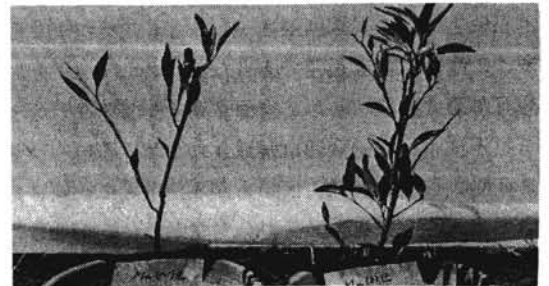
引用文献

1. 石原正義・横溝久・長谷嘉臣・金野三治・佐藤公一・綾森強・佐藤隆(1971):温州みかんの異常落葉に関する研究 園試報 A 10 55~155
2. 岩本数人(1961):温州みかんの異常落葉症について(予報)農及園 36 1971~1972
3. 神吉久遠(1966) 温州みかんの異常落葉とその対策 農及園 41 1333~1337
4. 神吉久遠(1968) 温州みかんの異常落葉園の現地調査 園学雑 37 51~56
5. 森本拓也(1970) 温州みかんの微量金属元素の過剰に関する研究、昭和45年園芸学会秋季大会研究発表要旨
6. 山崎博(1968) 微量要素と多量要素、土作物の診断 対策 第3版 東京博友社

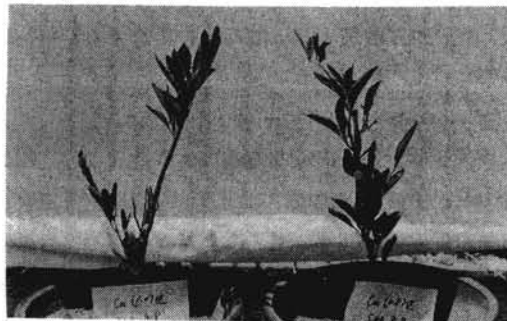
I 再現(1968年5月定植、1969年8月撮影)



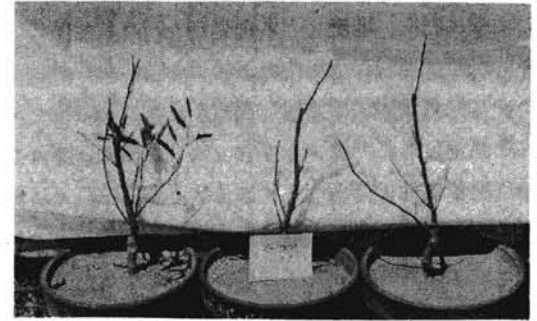
① 左…現地土壌 右…普通土壌



③ 左…マンガン 10g 右…マンガン 5g

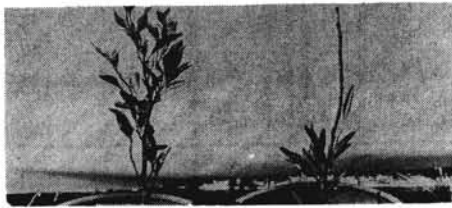


② 左…硫酸銅 1g 右…硫酸銅 0.5g

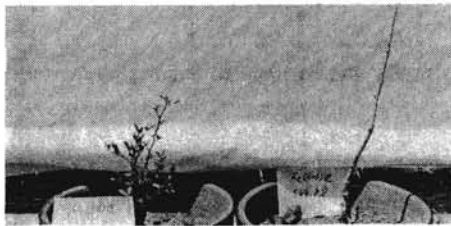


④ 硫酸亜鉛

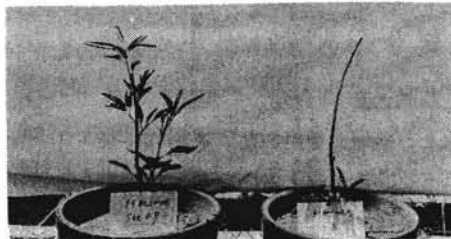
II 対策（1968年5月定植、1969年8月撮影）



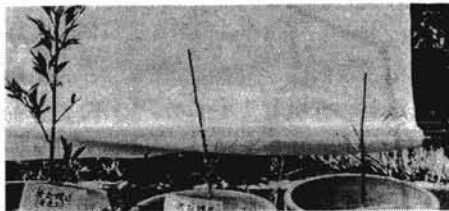
⑤ 左…消石灰 20.2g 右…消石灰 10.1g



⑥ 左…キレート鉄 0.1g 右…キレート鉄 0.05g



⑦ 左…堆肥 200g 右…堆肥 100g



⑧ 左…無処理 中…無処理 右…マンガン 0.05g
(普通土壌) (現地土壌) (現地土壌)

III 対策（1969年7月定植、1969年8月撮影）



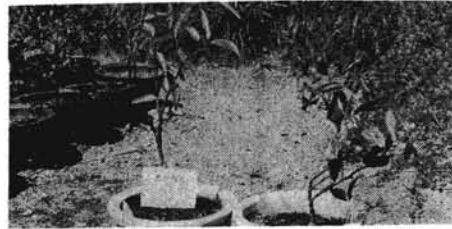
⑨ 左…pH8 右…pH6+灌水



⑩ 石灰表面施用 pH8

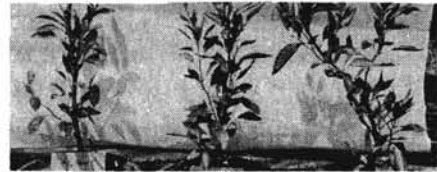


⑪ 左…pH6 右…pH7

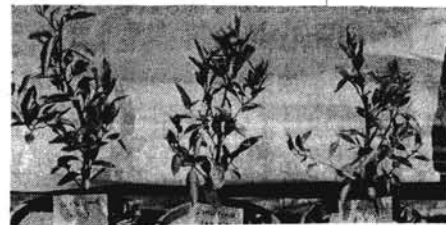


⑫ 無処理

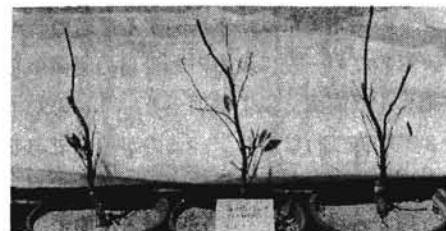
IV 再現（1969年4月定植、1969年8月撮影）



⑬ 左…マンガン 40g 中…硫酸銅 2g 右…硫酸銅 4g



⑭ 左…Cu+Mn 2g 10g 中…Cu+Mn 1g 20g 右…Cu+Mn 2g+20g



⑮ 硫酸銅+マンガン+硫酸亜鉛



⑯ 左…無処理 中…普通土壌 右…Cu + Mn
(未耕土) 1g 10g