

鳥取県八頭郡河原町における梨葉黄化症の発生原因と
その対策に関する研究(第1報)

黄化症の発生状況と土壌の銅集積量の調査

長 井 武 雄・古 賀 英 明

(鳥取大学農学部農芸化学科作物栄養学研究室)

昭和49年9月10日受理

Studies on the Chlorotic Disorder of Japanese Pear Trees
at Old Orchards in Kawabara, Tottori Prefecture (Part 1)
Accumulation of Copper in the Affected Orchard Soils

Takeo NAGAI and Hideaki KOGA

(Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Tottori University)

In the last ten years, a chlorotic disorder of Japanese pear trees has occurred at some orchards past thirty or forty years old which are situated in Kawabara-Cho, Tottori Prefecture.

The chlorosis occurs on the upper young leaves of a growing twig in the period extending from late spring to early summer. In early May, the nitrogen, calcium, iron and manganese contents of chlorotic leaves were less than those of healthy leaves. The soils in this affected orchard acidified markedly and contained much copper. The amounts of copper extracted with 1 N NH_4OAc solution adjusted pH to 4.5 ranged from 21 to 164 ppm. These values are compared with those of the cultivated soils located in copper poisoned districts.

When soybean plants were grown on the affected orchard soil by pot experiment, the plants showed severe chlorosis which was caused by iron deficiency. Therefore, it was assumed that the chlorotic disorder of the pear trees is closely related to excess-copper originating from fungicide.

I. 緒 言

ここ数年来、鳥取県八頭郡河原町では二、三の梨園（二十世紀）で、5～6月の新梢伸長期の葉が黄化症状を呈す現象が認められている。この黄化はいずれも樹園地造成後30～40年を経た古い果樹園で発生しており、土壤は塩基に欠乏し、著しく酸性化が進んでいる。これに類似の黄化症状が鳥根県安来市においても発生していると報告¹⁾されているが、これによると、梨葉の黄化現象は石灰ボルドー液の撒布が行われなくなって以来多くなっており、土壤の酸性障害とカルシウム欠乏が合併してひきおこされた、栄養障害であると考えられている。

一般的に云えば、葉の萎黄症状はマグネシウム、鉄、マンガンなどの欠乏によって、葉緑素の生成が妨げられる結果生ずるが、酸性土壤などでは、銅、亜鉛あるいはマンガンなど重金属類の集積によってひきおこされる場合も多く知られている。²⁻⁸⁾例えば、古く REUTHER ら(1953)⁵⁾は銅含量が150 ppm を超えるようなフロリダの酸性砂質土壤で、柑橘に鉄欠乏による萎黄症が生ずることを認めている。我が国でも、三井ら(1958)⁴⁾は群馬県渡良瀬川沿岸の銅鉱毒地帯での銅の集積が、陸稲に鉄欠乏による萎黄症をもたらすことを明らかにすると共に、静岡県下の20～30年を経た梨園やみかん園の表層土にはかつて多量に施用した銅薬剤による銅が銅鉱毒地帯のそれに匹敵するほど集積していることを指摘し、これが果樹園跡地の根の浅い作物にマンガン欠乏と思われる被害を及ぼす原因になると報告している。

この様な報告事例からみると、石灰ボルドー液に由来する銅の過剰集積が、古い果樹園における葉の黄化現象に対して与える影響を、過小視することができないように思われる。

本研究では、上記河原町の梨葉黄化現象について、原因を究明すると共に、その改良対策の検討を行なうことにしたが、まず本報告においては、梨園における黄化症の発生状況と、土壤中の銅、マンガンの集積量を調査した結果について述べる。

II. 実 験

1. 河原町郷原の梨園における黄化症の概況

本研究で調査を行なった梨園は、鳥取県八頭郡河原町郷原に在り、面積約35アール、昭和9年に造成されたものである。表層が第3紀系中新統鳥取層群の円通寺礫岩・砂岩層と呼ばれる地層⁹⁾の風化物で覆われた丘陵の北

向きの斜面(平均斜度約30°)の一部が、標高差約25mに亘って利用されている。

梨葉の黄化現象は開園後30年ほどたった、昭和39年頃から気付かれるようになったと云う。昭和47年5月の調査の時点では、写真1および2に示すように、症状の特徴として発育枝の先端から $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{3}{4}$ ほどの葉が中肋、側脈を残して、全面一様に黄化しているのを認めた。健全な緑葉と比較すると、黄化葉は多少小形化し、肉厚感も減少している。



写真1 梨葉の黄化症状



写真2 健全葉と黄化葉の比較

この黄化現象はかなり遠方からも望むことができ、障害の著しい果樹はとくに斜面の下方、および向斜的地形を示す場所に多く分布している。季節的にみると、黄化は枝葉の発育が盛んとなる4月下旬から5月上・中旬にかけて著しく進行する。新梢の伸長が停止したのちも暫

くは黄化状態が続き、果実の肥大が盛んとなる7月中頃になって多少回復の兆がみえ、緑色が増してくるようである。本園では、この黄化が進んでも枝葉生育期間内の落葉は全く認められていない。また果実の甘味、風味にはあまり影響が及んでいないが、いわゆる玉太りには影響しており、果実重は健全樹のものに比べて2割程度小さいと云う。

昭和47年5月10日に採取した発育枝の先端部 $\frac{1}{2}$ の葉および枝について、健全、黄化症両者の無機要素含有率を示すと、第1表のとおりである。

第1表 発育枝の無機要素含量

(1972年5月10日採取)

試料	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	
葉	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	
	健全	4.08	0.34	1.61	1.20	0.26	75	487	30
枝	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	
	健全	2.50	0.30	0.91	1.10	0.22	288	149	37
	黄化	1.56	0.21	0.86	0.75	0.22	308	155	33

とくに葉についてみると、黄化葉は健全葉に比べてカルシウム含有率が著しく小さく、窒素、鉄、マンガン含有率はやや小さい。枝においても、黄化症を生じたものは窒素とカルシウムが減少している。しかし、鉄は多少増大している。

なお、強度の障害を示している果樹周辺の雑草にも、黄化萎縮症状を呈するものが散見された。そのうち、よもぎについて見掛上健全な生育を示していた個体との分析値を比較した。その結果を第2表に示す。

第2表 よもぎ地上部の無機要素含有率

試料	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu
	%	%	ppm	ppm	ppm
健全	1.39	0.31	54	376	54
黄化	2.12	0.42	27	1075	87

これによると、黄化症状を呈した個体は地上部の鉄含有率が低く、カルシウム、マンガン、銅含有率が高くなっている。

このような雑草にも黄化萎縮がみられることは、本園における梨葉黄化症が土壌的な要因による栄養障害であることを示唆するものであろう。

2. 梨園土壌の理化学性

樹園地土壌の代表的断面形態を第3表に、また層別別の化学的性質を第4表に示した。

土色は全般的に茶褐色であり、ほとんど全層に亘って

5 YR 4/6の色調を示す。腐植(C)含量は第1層に多く、下層に行くほど減少している。土性はCL、粒状構造が第1層と第5層に発達している。全体として碎易の手触を示し、礫は少ない。pHは全層に亘って低く、強酸性であることを示す。C・E・Cは高い値を示しているが、塩基飽和度は低い。N-酢酸アンモニヤ(pH4.5)抽出による銅量は21~164 ppmで、表層に多く下層ほど少ない。これらの値を樹園地Cu賦存量の全国平均値13.0 ppm¹⁰⁾に比べると、著しく高いと云える。とくに、密な細根分布がみられた20~40cmの層では、銅量がマンガン量を超えているが、このことは柑橘の根に対する銅の毒性⁶⁾がマンガンの50倍以上であると云われていることからみて、留意すべき点となろう。

表土(0~20cm)から分離した粘土フラクションについて、X-線分析および示差熱分析を行なった結果、本園土壌の粘土フラクションはカオリン鉱物を主とし、これに若干のパーミキュライトなど、14 XKを示す粘土鉱物が含まれていると考えられる。

3. 梨園土壌による畑作物の栽培試験

第4表に示したごとく、本梨園土壌には多量の銅集積がみとめられた。本項においては、この銅が作物の生育に対し土壌的障害要因として作用する可能性があるか、否かを明らかにするために、大豆のポット栽培試験を行なった。

(1) 試験法

i) 供試土壌

昭和47年4月下旬に、明白な黄化症を示す樹体3本を選び、それぞれの主幹から2 m以内の地点の表層土(0~20cm、以下旧園土壌と称す)を採取し、これらをよく混合して用いた。また同じ斜面の西側に続いており、昭和29年に造成開園された梨園の健全樹下から表層土(以下新園土壌と称す)を採取し、これを対照土壌として用いた。

両土壌の主な化学的性質を示すと第5表のとおりである。

とくに鉄、マンガン、銅の含有率について両土壌を比較すると、旧園土壌では銅含量が多く、新園土壌ではマンガン含量が多い。しかし、鉄含量は両土壌の間に大差を示していない。

ii) 大豆の栽培法と収穫物の分析法

それぞれ両土壌の風乾細土を、Nとして1.0 g相当量の磷硝安加里(16-10-14)とよく混合して、5千分の1ア

第3表 層位別土壌の理学的性質

(1971年11月11日調査)

層位	深さ (cm)	色	腐植	土性	構造	孔隙性	手触	礫	植物根の分布	水分含量 (%)
1	0-20	7.5 YR 4/4	碎易の堆肥を含む	CL	粒状構造やや発達	海綿状	粘調性微弱頗る碎易	極めて少ない		38
2	20-25	5 YR 4/4		C		多孔状	同上	少ない(粗礫、角礫腐朽している)	細根分布(密)	37
3	25-40	同上		CL		同上	同上	少ない(角礫)		36
4	40-55	同上		C		海綿状	同上	ほとんどなし	太い根みとめられる	33
5	55-70	同上	堆肥の層あり	CL	粒状構造発達	同上	同上	少ない(粗礫、角礫腐朽している)	細根分布(多し)	31
6	70-	5 YR 4/6		SL		同上	可塑性微弱碎易	碎易の細石多い		31

第4表 層位別土壌の化学的性質

層位	深さ (cm)	pH		C	N	CEC	塩基飽和度	置換性		酢酸アンモン(pH 4.5)可溶		
		H ₂ O	KCl					CaO	MgO	Fe	Mn	Cu
1	0-20	4.0	3.4	5.40	0.50	28.8	48.6	0.241	0.060	282	166	164
2	20-25	4.2	3.4	2.55	0.21	24.3	43.7	0.174	0.028	206	63	132
3	25-40	4.3	3.4	1.71	0.13	22.8	40.9	0.129	0.028	185	74	86
4	40-55	4.5	3.8	1.26	0.08	21.4	41.0	0.129	0.032	206	114	72
5	55-70	4.4	3.6	1.17	0.08	20.8	38.0	0.112	0.024	160	95	37
6	70-	4.2	3.4	0.46	0.05	20.4	34.2	0.101	0.020	88	115	21

第5表 供試土壌の化学的性質

供試土壌	pH		置換性		可給態 P ₂ O ₅ (1)	Fe*	Mn**		Cu***		Zn
	H ₂ O	KCl	CaO	MgO			酢安(2)	酢安(2)	易還元性(3)	酢安(2)	塩酸(4)
新園土壌(健全)	3.9	3.4	0.190	0.018	515	111	182	1215	71	303	9
旧園土壌(障害)	4.3	3.6	0.233	0.027	534	105	79	589	163	565	14

備考: * ジピリジル比色法。 ** 過よう素酸カリウム比色法。
 *** ジチオカルバミン酸比色法。
 (1) 2.5% 酢酸抽出。 (2) 1N 酢安(pH 4.5)抽出。
 (3) 0.2% ハイドロキノン含有中性 1N-酢安抽出。 (4) HCl (1:10)抽出。

ール・ポットに埋め、これに6月4日、大豆(赤莢9号)種子の4粒を播いた。7月7日まで栽培を継続した。

地上部収穫物の乾燥粉末を濃硝酸で予備分解したのち硝酸、過塩素酸、硫酸の混合液(5:4:1)で湿式灰化する。分解液をほとんど乾固するに至らせ、これを1N HClに溶解して分析に供する。それぞれカルシウムとマグネシウムはキレート滴定法、鉄はジピリジル比色法、マンガンは過よう素酸比色法、銅はジチオカルバミン酸

比色法によって定量した。

(2) 試験結果

旧園土壌では発芽後2週間ほどしてから、新しく出葉した第3葉以上の葉位のものに、明瞭な黄化症が発生した。第3葉は出葉時すでに一様に黄化が始まっており、展開後も葉面はむしろ平らである。症状が進行すると黄白色となり、さらに葉の先端あるいは周辺部が褐変する。

これに対し、新園土壤に生育したものは、比較的初期に出葉、展開した葉で側脈間に多少凹凸を生じ、きわめて僅か淡緑に退色するものがあるほかには、とくに異状と思われる徴候を示さなかった。

収穫物重と地上部の塩基および重金属含量を示すと、第6表のとおりである。

第6表 大豆の収穫物重と地上部の要素含有率

供試土壤	収穫物重(g/個体)		地上部の要素含有率				
	地上部	地下部	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu
新園土壤	1.30	0.42	%	%	ppm	ppm	ppm
			1.02	0.46	108	1960	54
旧園土壤	0.95	0.44	0.89	0.31	43	570	72

黄化萎縮症状を呈した旧園土壤では、新園土壤の場合に比べて銅含有率が高い反面、カルシウム、鉄、マンガン含有率が減少している。両種土壤における植物体のマンガン及び銅濃度の差は、それぞれ土壤における含有量の差異にもとづくものであろう。旧園土壤における含有率を志波ら¹¹⁾が大豆緑葉について求めたCuおよびMn量の、それぞれ29.3および63.9ppmに比べると、Cu量は2倍以上、またMn量で8倍以上となっている。藤原ら¹²⁾によると、大豆のマンガン欠乏症状は亜鉛欠乏に似ていて、葉脈を緑色に残し、他は明らかに黄変して細脈間が凸起してくる。さらに症状が悪化すると凸部は斑点状に褐変してくると云う。このような特徴を先に述べた旧園土壤の黄化症と対比して考えれば、旧園土壤の場合は鉄欠乏による疑いが濃い。

葉中の鉄(あるいは活性鉄¹³⁾)濃度の減少によって黄化症を生ずる場合、これに対する重金属の作用は、一方では鉄の吸収を阻害して地上部鉄濃度を低下させるが、他方では地上部の生育を抑制して相対的に鉄濃度を高めている。したがって、重金属が生育抑制因子としてよりは鉄の吸収抑制因子として顕著に作用する条件で、地上部鉄濃度が減少して黄化症が発生すると考えることもできる¹⁴⁾。一般的には、鉄、マンガン、銅の間には植物の生育に対する相互作用が認められており、とくに黄化症の発生をもたらす銅の濃度は鉄供給濃度の多少によって異なってくる。したがって、土壤中のマンガン、銅濃度の単純な比較から、ただちにマンガンに対する銅の黄化症要因としての優位性を論ずるのは妥当でない場合もある。

しかし、本試験の場合は両種土壤間の鉄抽出量に大差がないので、培地の鉄供給力が同じであると見做し、両種土壤のマンガン、銅濃度の単純な比較を行なうと、旧

園土壤では酢安(pH4.5)可溶マンガン量(79ppm)が新園土壤より約100ppm少ないが、銅量(163ppm)は約90ppm多い。旧園土壤ではこの過剰の銅が生育の抑制と共に、鉄の吸収抑制に大きな影響を及ぼしているように考えられる。

本試験ではマンガン、銅などが過剰に集積していない土壤を用いた大豆栽培区を設けていないため、土壤的要因がもたらす障害を黄化症に限定して検討せざるを得なかった。新園土壤の大豆は黄化現象こそ示していないが地上部のマンガンおよび銅濃度は決して低くはなく、また鉄濃度も高い値と云えない。新園土壤が含む多量のマンガンあるいは銅が、むしろ大豆の生育抑制により大きく作用したため、その結果として、植物中铁濃度が黄化症発生の限界値を超えている可能性についても考慮が必要である。このような点など、多くの問題が残されているが、本試験の結果から、梨葉黄化症の原因を究明するためには、土壤中のマンガン、鉄、銅の集積量と、これら重金属の相互作用を無視することができないと考えられる。

4. 梨園における鉄、マンガン、銅の集積状況調査

(1) 調査法

昭和46年10月上旬、それぞれ健全樹1個体、弱度障害樹2個体、強度障害樹3個体を調査対象として選び、それらの主幹から1mおよび2m離れた地点を、深さ50cmまでボーリングして土壤を採取した。10cm毎の試料につき、生土で土壤pH(H₂O)の測定、風乾土で1N-酢安(pH4.5)可溶性の鉄、マンガン、銅を定量した。各重金属の定量法は前項、3の場合と同じである。

(2) 調査結果

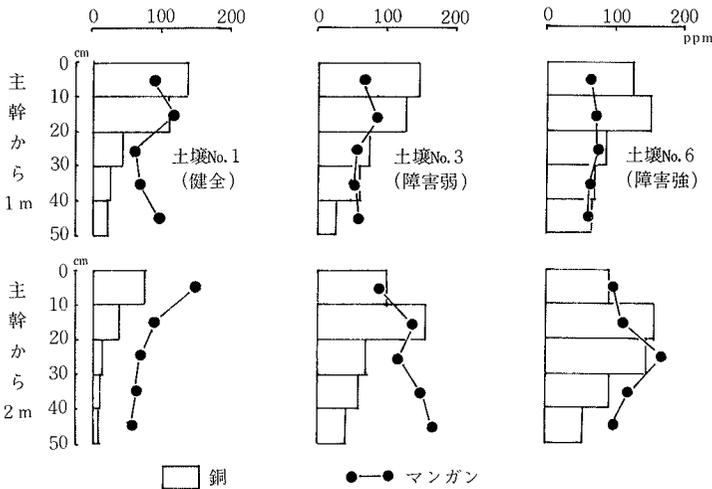
各ボーリング地点の深さ50cmまでの土壤pHを第7表に示す。

第7表 ボーリング地点深さ50cmまでの土壤pH

主幹からの距離(m)	深さ(cm)	健全樹			障害樹(弱)			障害樹(強)		
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.4	No.5	No.6
1.0	0-10	3.7	3.8	3.8	3.6	4.1	3.6	3.6	4.1	3.4
	10-20	4.1	3.8	3.9	3.6	4.1	3.4	4.1	3.4	3.8
	20-30	4.0	4.0	4.1	3.7	4.0	3.8	4.0	3.8	3.9
	30-40	4.2	4.2	4.1	4.0	3.8	3.9	4.0	3.8	4.2
	40-50	4.2	4.1	4.1	4.3	3.8	4.2	4.3	3.8	4.2
2.0	0-10	4.2	4.3	4.3	4.0	4.3	3.9	4.0	4.4	3.9
	10-20	3.9	4.2	4.2	4.0	4.4	3.9	4.0	4.4	4.1
	20-30	3.8	4.2	4.2	4.2	4.5	4.4	4.2	4.4	4.1
	30-40	4.2	4.3	4.2	3.6	4.4	4.1	4.2	4.4	4.1
	40-50	4.0	4.3	4.1	3.8	4.3	4.2	4.0	4.3	4.2

一般的に云って、土壌pHはいずれの地点でも低く、強酸性であることを示している。

つぎに、No.1(健全樹下)、No.3(弱度障害樹下)およびNo.6(強度障害樹下)の地点における深さ50cmまでのマンガンを銅抽出量を第1図に示す。



第1図 深さ50cmまでのマンガ、銅抽出量

酢安可溶性銅は調査した全ての地点で高濃度に集積している。一般的にみると、深さ20cmまでの層に多く、下層になるにつれて減少する傾向がある。しかし、強度の黄化症状を呈した樹体の附近では、かなり下層まで高い値を示すと共に、ある場合には10~30cmの深さに明らかな集積層の存在が認められる。このような集積層では銅量がマンガンを超えている場合が多い。

20~40cmの深さにおける鉄、マンガ、銅抽出量の平均値を算出して第8表に示す。

第8表 深さ20~40cmにおけるFe、Mn及びCuの溶出量(pH4.5酢安抽出、ppm)

土壌No.	障害の状況	主幹から1mの地点			主幹から2mの地点		
		Fe	Mn	Cu	Fe	Mn	Cu
1	健全	200	62	34	285	72	7
2	弱度	147	54	65	132	130	64
3		126	29	88	151	47	55
4	強度	280	90	91	190	53	85
5		259	74	51	248	49	74
6		241	66	76	173	142	116

これによると、密に細根が分布していると思われる、主幹から2m離れた地点で、障害樹下(55~116ppm)は健全樹下(7ppm)に比べて銅集積量が著しく大きいこと

が判る。そして、弱度障害樹の場合には主幹から1mの地点で、銅量がマンガンを超えているが、強度障害樹の場合には主幹から2mの地点で銅量がマンガンを超えている場合が多い。つぎに鉄抽出量をみると、弱度障害樹下では2例共に健全樹下を下回る値を示し、強度障害樹下では主幹から1mの地点でむしろ大きな値を示すが、2mの地点では小さな値になっている。

柑橘園あるいは鉍毒地域の畑作物栽培においてみられるように、本調査梨園の場合にも、銅が鉄の吸収抑制や体内活性鉄濃度の低下に関係し、黄化症の発現に影響していると考えれば、障害が顕著である場合は、根圏のかなり広範囲に亘る多量の銅集積が大きく影響しており、また他方、障害の弱い場合は、銅の集積量は強度障害の場合に比べて小さいけれども、全般的に可給態鉄の少ないことも要件の一つになると考えられる。

Ⅲ. 考 察

これまで述べてきたごとく、本研究の調査によって、梨葉黄化症の発生がみられる河原町郷原の果樹園土壌は、銅集積量が多く、また著しく酸性化の進んでいることが判明した。銅含有量について1例を示せば、第5表における旧園土壌(0~20cm)でHCl(1:10)可溶性銅量は565ppmに達している。これは銅汚染地土壌中の推定全銅量¹⁰⁾である100~800ppmに匹敵する値である。

筆者らが調査を行なった果樹園の経営者の話によると今から10年ほど前、丁度樹令が30年ほどに達したころから黄化症が現われるようになっていたが、それまでの間平均すると毎年10アール当り20~30kgの硫酸銅がボルドー液用に使用されている。この量は硫酸銅の銅(Cu)含有率を25%とすると、6~7kgの銅量に相当し、ボルドー液を30年間にわたり連続して撒布したときは、10アール当り銅量は180~210kgに達する。この銅が全て土壤表層10cm以内に均一に集積したとすれば、土壤中濃度は、1800~2100ppm、また深さ50cmまでの全層に均一に分布した場合には360~420ppmとなる。

秋田県米代川流域地域の土壌、または青森県坪川地域の水田表土(洪積土壌)および鉍泥などの事例¹⁰⁾から、可溶性銅は土壤中全銅の10~20%程度と見做されるので、

上記ボルドー液に由来する可溶性銅量を試算すると、表層10cmに蓄積した場合は180~420 ppm、また50cmまでの層に分布した場合には36~84 ppmという値になる。これらの値は第4表あるいは第1図に示した可溶性銅量に近似しており、この梨園の高い銅含量が、長年人為的に添加されたものの集積に由るものであることを裏書きしている。

ボルドー液の調製にさいして、4斗式および6斗式のそれぞれは硫酸銅の半量および等量に相当する石灰(CaO)を必要とする。したがって、石灰ボルドー液が撒布される限り、結果的には10アール当り15~25kgの石灰が毎年施用されていたことになる。樹令が20~30年の場合、果実中の総石灰量(CaO)は10アール当り、多く見積っても1kgていどと推定¹⁹⁾されるので、果実成分として樹園地から持ち出される石灰量は、ボルドー液として添加される石灰量の一部に過ぎないと云える。

しかし、一般的には表層の石灰は下層深くへ極めて移動しがたい反面、樹下根圏(下層土)の石灰は表層への生物学的移動によって減少して行く傾向がある。そして果実成分として土壌から持ち出される石灰は、主に下層から吸収されるのであるから、もし石灰質資材が与えられなければ、これによる損失が加わって、下層土の石灰量は減少の一途をたどることになる。本調査園の場合には、第4表にみられるように、置換性石灰量は25cm以下の層で急激に表層(0~25cm)の50%程度まで減少している。

古い果樹園¹⁾では、石灰ボルドー液が使われなくなって以来、酸性障害が多くなっていると云われている。このことからみると、以前には、石灰の下層から表層への生物学的移動による減少量と、表層から下層への供給量との間に釣り合いがとれており、これによって、根圏土壌中の石灰レベルが酸性障害を生じない程度に維持されていたのではなかろうか。このバランス調節にはたしたボルドー液に由来する石灰の機能を想定すると、ボルドー液が使われなくなってからの石灰不足の顕在化が理解できるように思われる。

本研究の場合、とくに注目されることは、局所的にはあるが、銅は下層に移行して細根分布の密な層に集積層を形成しており、さらにこの層の酢安可溶性銅の濃度がマンガン濃度を超えていることである。SMITH⁷⁾は銅、マンガン、亜鉛がオレンヂの根の生長に及ぼす影響をしらべ、これらの重金属が根を痛める作用は銅>亜鉛>マンガンの順であることを報告し、またSMITH and SPECHT⁶⁾およびREUTHER and SMITH⁵⁾らは、銅

マンガン、亜鉛が鉄欠乏をもたらす作用はとくに銅が強く、マンガンの50倍以上であることを認めている。銅が各種の重金属と共に、多くの作物に鉄欠乏による萎黄症状をもたらすことは、HEWITT⁸⁾も報告しており、我が国においても、安尾ら¹⁵⁾、三井ら^{4,16,17)}、小林ら¹⁸⁾によって詳細な研究が行なわれている。

本研究では、梨園土壌の障害要因について手掛を得るために、梨園土壌が含む重金属に対する大豆の感応試験を行なったところ、明らかに鉄欠乏によると思われる萎黄症状を認めることができた。そして、この障害に対する銅の影響について若干の考察を試みたのであるが、梨葉の黄化症が根圏に集積している多量の銅と密接な関係にあることを推察するのは、上記した多くの研究例、あるいは第1図に示したボーリング調査の結果からみても困難なことではないように思われる。しかし、第1表に示した葉分析の結果では、健全葉に比べて黄化葉の鉄、マンガン含量が低下しているとしても、その差は極めて小さく、これらの結果から鉄、マンガン、銅の相互関係を窺い知ることは難しいようである。銅あるいはマンガンの鉄吸収に及ぼす影響は、鉄の供給濃度によっても異なっている。また、重金属は鉄吸収の抑制と生育抑制のうち、その何れにより大きく作用するかによって、葉中の鉄含有率が変り、延いては鉄欠乏症の発現に対する影響も異なってくると考えねばならない。一義的に根圏土壌の銅含有レベルをもって、黄化症発現の可能性を論ずるのは妥当性を欠く場合もある。

今後さらに黄化症の発生原因を明らかにするため、葉面撒布による欠乏要素の確認を行なうと共に、葉中の活性鉄含量¹³⁾あるいはP/Fe・比¹⁸⁾などについて、検討を進めたいと考えている。なお、当然のことながら本果樹園土壌の改良対策として酸度の矯正が第一に必要である。この他、種々適当な土壌改良措置に対する果樹のレスポンスの検討から、土壌障害因子として銅の重みが明確にされるであろう。

IV. 要 約

最近、鳥取県八頭郡河原町の樹令30~40年の古い二十世紀梨園で、5~6月の新梢伸長期の葉に黄化症状を呈する現象が認められるようになってきている。本研究では、その原因を究明するために、梨園における黄化症の発生状況を観察すると共に、土壌中の銅、マンガンの集積量を調査した。

得られた結果を要約すると、次のとおりである。

(1) 調査の対象にした梨園は河原町郷原に在り、表層が第3紀系中新統鳥取層群の円通寺礫岩・砂岩層と呼ばれる地層の風化物で覆われた丘陵の北向きの斜面を利用したものである。

(2) 黄化現象は樹齡が約40年のものに多く現われており、枝葉の發育が盛んとなる4月下旬から5月上・中旬にかけて、著しく進行する。5月上旬の観察では、發育枝の先端から $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{3}{4}$ ほどの葉が中肋、側脈を残して、全面一様に黄化している。

(3) 黄化葉の5月上旬の無機組成を健全葉に比べると黄化葉はカルシウム含有率が著しく小さく、また窒素、鉄、マンガン含有率はやや小さい。なお、果樹園の雑草中にも黄化萎縮症状を呈するものが認められており、このような黄化は土壌的要因によるものと考えられる。

(4) 土壌の深さ70cmまでのpHは全層にわたって4.0前後の値を示し、著しく酸性化が進んでいる。また1N-酢安(pH4.5)可溶の銅量は21~164ppmで、一般的に云えば、表層に多く下層ほど少ない。また、ある場合には20~40cmの深さに銅の集積層が認められ、この層における可溶性銅の含量はマンガン量を超えている。

(5) 葉に黄化症を示す果樹の周辺から採取した表層土壌を用いて、大豆の栽培試験を行なったところ、発芽して2週間ほどあとに鉄欠乏によると思われる萎黄症状が現われた。

(6) 深さ50cmまでのボーリング調査の結果から、根圏土壌中の可溶性銅含量と黄化症の強度の間には、密接な関係のあることが窺われた。

文 献

- 1) 山根忠昭・松浦一人・森上健：土肥学会講演要旨集 No.18, 89(1972).
- 2) Uexkül, H. R.: *Green Bulletin*, 1, 55(1963) Ackerbau MBH Verlag.
- 3) 三井進午・今泉吉郎：作物の要素欠乏——診断と対策——, 309頁(1958) 博友社.
- 4) 三井進午・天正清・熊沢喜久雄・藤田哲・矢崎仁也：土肥誌, 28, 505 (1958).
- 5) Reuther, W. and P. F. Smith: *Soil Science*, 75, 219 (1953).
- 6) Smith, P. F. and A. W. Specht: *Plant Physiology*, 28, 371 (1953).
- 7) Smith, P. F.: *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 67, 202 (1956)
- 8) Hewitt, E. J.: *J. Expt. Bot.*, 4, 59(1953).
- 9) 地質調査所編：5万分の1地質図幅説明書，鳥取北部・鳥取南部，30頁(1963).
- 10) 環境庁土壌農業課編：土壌汚染，167頁(1973) 白亜書房.
- 11) 志波清時、児玉文雄：土肥誌, 22, 308, 310(1952).
- 12) 藤原彰夫・立谷寿雄：東北大学農学研究所彙報, 2, 179 (1950).
- 13) Oserkowsky, J.: *Plant Physiology*, 8, 449 (1933).
- 14) 茅野充男・三井進午：土肥誌, 38, 249, 255(1967).
- 15) 安尾正之・渡辺敏夫：土肥学会講演要旨集, No. 1, 1 (1955).
- 16) 三井進午・熊沢喜久雄・矢崎仁也：土肥誌, 31, 451 (1960).
- 17) 三井進午・矢崎仁也・熊沢喜久雄：土肥誌, 31, 455 (1960).
- 18) 小林茂久平・只木正之・松村蔚：群馬県農業試験場特別報告, 第5号, 1 (1964).
- 19) 鳥取大学農学部園芸学研究室未発表資料による。