

徳島平野東部の水田転換ナシ園におけるクロロシスについて (2):

誌名	徳島県果樹試験場研究報告 = Bulletin of the Tokushima Horticultural Experiment Station
ISSN	03892956
巻/号	14
掲載ページ	p. 21-29
発行年月	1986年3月

徳島平野東部の水田転換ナシ園における クロロシスについて

第2報 キレート鉄の施用効果

和田 英雄・森

聡・赤井 昭雄

Studies on the Chlorotic Disorder of Japanese
Pear Trees in Tokushima Prefecture.

2. Effects of Chelated Iron on the Recovery of Chlorosis.

Hideo WADA, Satoshi MORI and Teruo AKAI

I 緒 言

前報¹⁾で、徳島県下の水田転換ナシ園で昭和57年頃から発生している葉のクロロシスについて、症状程度と葉中無機成分ならびに土壌化学性との関係を調査した。その結果、症状葉は健全葉に比べ、N, P, K, B, Naが高くCaが低く、重症葉ほどFe/P比, Ca/K比が低くなることと、発生園土壌はpH、石灰飽和度が高く、有効リン酸が多く、Feが少ないことから、高pHと多リン酸条件下でひき起されたFe欠乏によるものと推定した。

島根²⁾、鳥取^{3,5)}や蛇紋岩地帯⁸⁾におけるナシ葉クロロシスの発生園土壌は、いずれも低pH条件下でそれぞれCu^{2,3)}、Mn⁵⁾またはNi⁸⁾の過剰吸収がひき起したもので、対策として酸度矯正が有効^{2,4,7,9)}とされたのに対し、本県下の事例は石灰誘導型に近いと考えられるため、対策はおのずから異なる。

ここでは対症療法的に鉄剤の葉面散布ならびに土壌施用による治癒効果を検討した。

II 材料および方法

1. リン酸添加が症状程度の異なる土壌からのFeの溶出に及ぼす影響(室内実験)

前報での調査結果、すなわち高pH・多リン酸が誘起したFe欠であるとした推論に、さらに論拠を得るため、症状程度の異なる園地土壌に水溶性リン酸を添加して、溶出されるFe濃度がどう変わるかをみた。各風乾細土10gをポリ容器に秤取し、リン酸1石灰をP₂O₅として、50mg/100g添加してよく混合し、適湿状態で数分間放置し1N酢安(pH4.5)100mlを加えて1時間振とう後、ろ液のFeを定量した。

2. 鉄剤の種類による土壌中のFe移行の相違(室内実験)

置換容量測定用カラム(径15mm,長さ14cm)に重症園の風乾細土10gをつめ、モール塩(硫

酸第1鉄アンモニウム)とキレート鉄の、それぞれFeとして100ppm液100mlを滴下し、浸出するFeを定量した(第1図)。

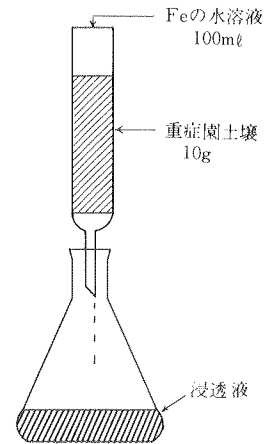
3. 鉄剤の葉面散布試験

(1) 葉身浸漬法による室内予備実験

板野郡松茂町の発生園から、昭和58年6月3日に重症で生育中庸な發育枝を数本持帰り、葉柄をつけて摘葉し、硫酸第1鉄、モール塩、キレート鉄を用いてそれぞれ所定Fe濃度の水溶液に、葉柄側の葉身を浸漬して比較した。

(2) 立木に対するモール塩散布試験

切断葉による予備テストの結果、葉害発生程度が最も軽かったモール塩を用いて、6月21日にFeとして100, 200, 500ppmで散布した。なお展着剤加用の影響をみるため、展着剤(Tween 20)を100ppm添加した。



第1図 Feの浸出実験

4. 土壌施用試験

(1) 鉄剤の種類別予備テスト

葉面散布テストと同様の鉄剤3種を用いて、昭和58年6月21日に土壌施用した。それぞれ1樹当りFeとして20gを20ℓの水に溶解し、樹冠下に鍬(フォーク)で深さ5~10cmの小孔を多数あけて灌注した。

(2) キレート鉄施用量試験

予備テストの結果、キレート鉄が卓効を示したので、施用適量を知るため、昭和59年6月16日に1樹当り75, 150, 300gをそれぞれ前項同様に土中灌注した。

(3) キレート鉄施用樹の葉中Feの推移

果樹試験場県北分場(和泉砂岩系砂壤土)に栽植の10年生幸水を供試し、昭和59年7月16日にキレート鉄(150g/樹)を土中灌注し、3日後から1年後まで定期的に採葉して、葉中成分を追跡調査した。

(4) キレート鉄施用による治癒効果

葉色の判定は日本園芸植物標準色票(農水省編)により、乾物増加速度は7月上旬に半葉法で、果実は8月上旬に収穫して、それぞれ治癒の前後で比較した。

なお全項にわたって、分析は次の方法によった。土壌分析のpHはガラス電極法、置換容量はSHOLLENBERGER法、全Nはケルダール法、有効P₂O₅は2.5%酢酸(1:50, 1時間振とう)浸出法で、置換性塩基および1N酢安(pH4.5)浸出の金属元素は原子吸光法で分析した。葉分析のNはケルダール法、Pはバナドモリブデン法、K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Niは原子吸光法によった。

Ⅲ 結 果

1. リン酸添加が症状程度の異なる土壌からのFeの溶出に及ぼす影響

供試土壌はいずれもpH(H₂O)が6.0~7.5のほぼ中性で、有効P₂O₅は明らかに表層で多いが0~45cmの平均でみると重症園で36mg/100g、健全園で22mg/100gであった。同様にP₂O₅無添加土壌からのFeの溶出量は、有効P₂O₅とは逆に下層ほど多く、3層の平均では重症園で239ppm、軽症園で618ppm、健全園で847ppmであった。

こうした条件の土壌に、P₂O₅を50mg/100g添加すると、Feの溶出量は無添加の10~25%にまで低下した。同様にFe以外のMn、Zn、Cuについてリン酸添加の影響をみると、Mn、Znでは70~80%、Cuでは90%以上の溶出がみられ、リン酸添加の影響はFe>Mn、Zn>Cuの順に強く現われた。(第1表、第2表)。

第1表 リン酸の添加が土壌中Feの溶出に及ぼす影響

深 さ (cm)	pH (H ₂ O)	有効P ₂ O ₅ (Kcℓ) (mg/100g)	C E C (me/100g)	溶出 Fe (ppm)					
				原 土	原土+P ₂ O ₅	減少量	減少率(%)		
重症園土壌	0-15	7.22	6.45	80	8.60	105	25	80	76
	15-30	7.51	6.60	13	6.78	261	44	217	83
	30-45	7.28	6.54	15	7.42	350	39	311	89
軽症園土壌	0-15	5.97	5.17	68	10.40	265	66	199	75
	15-30	6.45	5.74	23	10.30	664	107	557	84
	30-45	6.70	5.97	9	9.36	924	121	803	87
健全園土壌	0-15	6.78	6.38	44	8.34	221	49	172	78
	15-30	7.44	7.24	14	7.72	935	96	839	90
	30-45	7.32	6.95	3	7.40	1385	158	1227	89

← 添加前の化学性 → (Feは1N-酢安(pH4.5)で溶出
P₂O₅はリン酸1石灰を50mg/100g添加)

第2表 リン酸の添加が土壌中Mn、Zn、Cuの溶出に及ぼす影響

深 さ (cm)	溶 出 原土	Mn (ppm)			溶 出 原土	Zn (ppm)			溶 出 原土	Cu (ppm)		
		原土+P ₂ O ₅	減少率(%)			原土+P ₂ O ₅	減少率(%)			原土+P ₂ O ₅	減少率(%)	
重症園土壌	0-15	131	118	10	4.0	3.3	17	7.2	6.8	6		
	15-30	63	48	24	0.5	0.4	20	8.3	8.1	2		
	30-45	85	65	24	0.4	0.3	25	6.7	6.5	3		
軽症園土壌	0-15	110	88	20	14.2	8.0	44	10.1	9.4	7		
	15-30	59	42	29	1.7	1.4	28	11.1	10.2	8		
	30-45	54	43	20	0.8	0.6	25	10.7	9.8	8		
健全園土壌	0-15	147	124	16	2.3	1.9	27	10.5	9.3	11		
	15-30	135	95	30	0.9	0.8	21	16.4	14.8	10		
	30-45	138	120	13	0.6	0.5	27	15.1	15.0	1		

2. 鉄剤の種類による土壌中のFe移行の相違

硫酸第1鉄アンモニウムのFeは、当初の100ppmが浸透液中にわずか1.1~4.2ppmであったのに対し、キレート鉄では93~95ppmを示していて、キレート態のFeはほとんど土に吸着・固

定されることなく移動していることが確認された(第3表)。

第3表 鉄剤の種類による土壤中の移行の相違

種 類	当初のFe (ppm)	溶出液のFe (ppm)
硫酸第一鉄アンモン	100	1.1 - 4.2
キレート鉄	100	93.1 - 95.0

3. 葉面散布試験

(1) 葉身浸漬法による予備実験

浸漬処理3日めにおいて、浸漬部は開始当初とほとんど変らなかつたが、非浸漬部分はやや緑化が認められた。鉄剤3種中では、葉害(浸漬部分の黒変)の発生は、モール塩が最も軽く、キレート鉄が最も激しかった(第4表)。

第4表 葉身浸漬法による鉄剤の種類と葉害

鉄剤*	Fe ppm	開 始 時 pH	時 EC _{ms}	3 日 後		葉害***
				葉色**		
①	0	5.53	0.005	1 G Y	3 1 0 4 (明黄緑)	—
	100	6.50	0.385	5 G Y	3 5 0 5 (〃)	—
	200	5.06	0.670	3 G Y	3 3 0 5 (〃)	+
	500	4.65	1.315	〃	〃 (〃)	#
	1,000	4.24	2.220	〃	〃 (〃)	#
②	0	5.53	0.005	1 G Y	3 3 0 5 (明黄緑)	—
	100	5.28	0.790	5 G Y	3 5 0 5 (〃)	—
	200	5.07	1.420	〃	〃 (〃)	—
	500	4.82	3.050	3 G Y	3 3 0 5 (〃)	—
	1,000	4.60	5.425	〃	〃 (〃)	#
③	0	5.53	0.005	3 G Y	3 3 0 5 (明黄緑)	—
	50	5.90	0.090	〃	〃 (〃)	#
	100	5.80	0.155	〃	〃 (〃)	###
	250	5.63	0.290	〃	〃 (〃)	####
	500	5.17	0.665	〃	〃 (〃)	####

*① 硫酸第一鉄 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Fe 20.0%)

*② モール塩 $\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Fe 14.2%)

*③ キレート鉄 Fe-EDTA (Fe 13.5%)

** 日本園芸植物標準色票

*** Feの過剰吸収による 黒褐色壊死斑

(2) 立木に対するモール塩散布試験

予備テストの結果から、葉害の最も軽かつたモール塩を散布したが、Fe 100 ppmの低濃度でも果面に銹状の斑点が付着し、そのため外観品質を低下させられると思われた。展着剤の加用は緑化部分をやや大きくしたが、葉害の発生を助長した。葉上の薬液付着部は小斑点状に緑化したが、非付着部分へ拡大することなく、葉身全体を緑化させるにはごく低濃度での多数回散布が必要であることを確認した(第5表)。

徳島平野東部の水田転換ナシ園におけるクロロシスについて

第5表 モール塩の立木散布における効果と葉害

Fe ppm	展着剤 ppm	緑化の程度	葉害*
100	0	+	±
	100	+	+
200	0	+	+
	100	+	#
500	0	#	+
	100	#	#

* 果面の銹状斑点

4. 土壌施用試験

(1) 鉄剤の種類別予備試験

施用約1年後の6月15日に調査した結果、硫酸第1鉄およびモール塩はほとんど治癒効果がみられなかったのに対し、キレート鉄施用樹の症状程度は明らかに軽く、ほとんど実害がないと思われる程度にまで緑化が進んでいた。

(2) キレート鉄施用量試験

キレート鉄75g施用区では葉害は何ら発生しなかったが、各3樹宛処理したうち150g施用区および300g施用区では、各1樹に葉害が発生した。葉害が150g施用区にも発生したことから、発生樹でも樹全体でなく特定の主枝単位で発生したことから、地下部との関連が強いと考えられた。

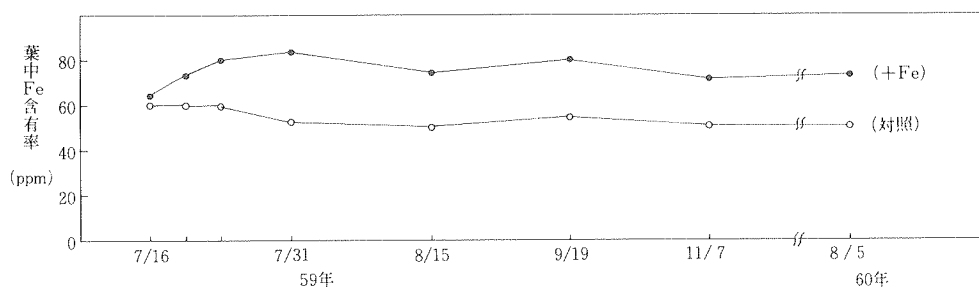
葉害は直接的なFeの過剰吸収によるものと思われ、最も早くは3日めから主として発育枝葉に黒褐色の斑点を生じて落葉した。無機分析の結果、葉害発生葉は1葉当り乾物重、N、P、Kがやや低く、Feが健全葉の約2倍の180ppmを示していた(第6表)。

第6表 キレート鉄による葉害発生樹の葉中成分 (6月中旬施用, 7日後調査)

	葉の乾物重 (mg)	N %	P %	K %	Ca %	Mg %	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm
葉害葉	538	2.48	0.169	1.70	1.12	0.345	181.2	15.3	14.7	10.2
正常葉	656	2.67	0.184	1.92	1.13	0.325	79.7	8.7	14.1	8.6

(3) キレート鉄施用樹の葉中Feの推移

施用3日後に顕著な葉中Feの増加がみられた後、1~2週間後にピークとなり、その後は



第2図 キレート鉄施用樹の葉中Feの推移

ごくわずかに低下する程度で推移し、1年後においても施用樹が明らかに高濃度を示していた(第2図)。

(4) キレート鉄施用による治癒効果

キレート鉄施用樹は無施用重症樹に比べ、葉の乾物重%, 1葉当り乾物重, Feが高く, N, P, KとくにP, Kが著しく低かった(第7表)。従って、キレート鉄施用樹のCa/K比およびFe/P比が明らかに上昇した。

第7表 キレート鉄施用樹の葉の形質, 葉中無機成分

発育枝上の部位	葉の乾物重		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	Ca	Fe×100	
	1葉当り	乾物重(mg)	%	%	%	%	%	ppm	ppm	ppm	ppm	/K	/P	
無施用樹	先端葉	25.5	233	2.86	0.36	3.01	0.52	0.44	25	26	15	13	0.17	0.69
	中央葉	26.6	278	2.89	0.26	3.00	0.69	0.41	26	29	9	12	0.23	0.90
	基部葉	26.8	297	2.72	0.27	2.81	0.82	0.49	28	22	8	15	0.29	1.04
施用樹	先端葉	29.8	326	2.59	0.31	2.28	0.49	0.39	28	22	12	16	0.21	0.90
	中央葉	31.4	356	2.60	0.25	2.14	0.57	0.31	38	22	6	10	0.27	1.52
	基部葉	34.2	535	2.91	0.18	1.80	1.36	0.55	56	27	7	14	0.76	3.11

昭和59年に、同一園内の重症樹とほぼ健全樹について葉や果実の形質を調査し、重症樹に対して12月上旬にキレート鉄150g/樹を施用して、翌年における治癒効果を検討した(第8表)。

第8表 黄化樹に対するキレート鉄施用効果

	発育枝の葉色*		葉重 (mg/cm ²)		乾物増加速度**		新梢伸長停止月日		新梢長(cm)	
	前年	60年	前年	60年	前年	60年	前年	60年	前年	60年
前年黄化樹	3103—3104	3306—3506	4.10 (68.4)	6.35 (95.3)	22.2 (39)	36.4 (89)	6.27	7.8	64.1 (87)	103.3 (98)
健全樹	3306—3506	3306—3506	5.99 (100)	6.66 (100)	57.1 (100)	40.9 (100)	7.16	7.8	73.8 (100)	105.3 (100)

	果径 (cm)		果重 (g)		果色**		糖度 (%)		リンゴ酸 (%)	
	前年	60年	前年	60年	前年	60年	前年	60年	前月	60年
前年黄化樹	7.10 (89)	8.60 (101)	181 (74)	290 (107)	3.8	3.3	12.3	13.2	0.11	0.12
健全樹	7.95 (100)	8.50 (100)	243 (100)	270 (100)	3.0	3.3	11.9	13.4	0.12	0.12

* 日本園芸植物標準色票

** mg/dm²/hr

*** カラーチャート

その結果、葉色は健全樹と大差なくなり、単位葉重は著しい回復を示し、乾物増加速度、新梢長にも差がなくなった。果径、果重についてもよく回復し、健全樹と同等以上の数値を示した。糖度については、59年の黄化樹は新梢の伸長停止が早く、やや早熟化の傾向がみられたことから健全樹よりやや高かったが、60年には差がなくなった。

Ⅳ 考 察

前報¹⁾において、徳島県下のナシ園に多発しているクロロシスの発生原因として、土壌 pH が微酸性～中性で有効リン酸が豊富であることを挙げた。きわめて集約的に管理していて、石灰やヨウリン、過石などの資材を多用しているいわば篤農家の園に多発していることと符合している。

過石の主成分である第 1 リン酸石灰を P_2O_5 として 50mg/100g 添加すると、土壌からの Fe の溶出は明らかに減少し、Fe-P として難溶塩に変化し土壌に固定されることが暗示された。リン酸添加の影響は、1 N-酢安 (pH4.5) 浸出でみる限り、Fe で最も激しく、Mn, Zn がこれに次ぎ、Cu はあまり影響されなかった。症状発生園では葉中 Fe と同時に、葉中 Mn および Zn もかなり低レベルであり、既往の成績と比べて明らかに低かった(第 9 表)。本報告におけるクロロシス園では、黄白症状とは別に、あるいは併発するかたちで、俗に赤ヤケ症と称して葉が赤紫褐変し、発育枝の節間が短くなる現象もみられ、無機成分分析の結果、葉中 Zn が 10ppm 以下に低下していて、Zn 欠乏と思われる症状が散見された¹⁰⁾。これらのことから、本報告のクロロシスには Fe 以外の Mn, Zn もある程度関与していて、その原因は土壌における高 pH とリン酸多用によるこれら金属元素の有効性の低下に求めることができると考えられる。

第 9 表 ナシのクロロシス葉における金属元素の含有率 (ppm)

研究者	発生園土壌	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni
石原ら ⁸⁾	和歌山蛇紋岩地帯	59~201	26~190	15~133	101	17~54
山根ら ²⁾	島根 老朽化園	43~144	123~368	19~32	13~51	1.4~4.8
長井ら ³⁾	鳥取 老朽化園	60	403	—	32	—
上田ら ⁵⁾	鳥取 老朽化園	106~173	384~403	32~44	28~29	—
筆者ら ¹⁾	徳島 水田転換園	29~44	12~26	9~34	10~26	2.0~3.6

高 pH, 多リン酸条件下では、無機の鉄塩を施用しても速やかに不溶化するので、中性～微アルカリ性のもとで安定とされる Fe-EDTA の有効性が高い¹¹⁾と考えられる。室内実験的に現地土壌を用いてテストした結果でも、95%以上が固定されることなく浸透していくことが確かめられた。

鉄剤の葉面散布としてテストした 3 種のうちで、キレート鉄が最も薬害が激しかったのは Fe の過剰吸収のためと思われる。モール塩と硫酸第 1 鉄の比較では、散布液の Ec 値は前者が明らかに高いにもかかわらず薬害程度は軽かった。いずれにせよ従来からの多数の報告にもあるように、稀薄液の多数回散布が必要で、煩雑な上に果面を汚損するおそれがあるので実用的でない。

キレート鉄の土壌施用による薬害は、3 日めで早くも現われた。施用量と薬害程度とがパラレルでなく、1 樹の中でも特定の枝単位で発生したことは、地下部の根群密度に差があって、

その根に関連する主枝に影響が強く現われたのであろう。葉害発生葉の無機成分のうちFe が 180 ppm を示したが、Feの過剰限界については明らかでない。石原ら⁸⁾の成績では、クロロシス発生園でも葉中Feが 180 ppm以上を示した園が23園中3園もあるなど、他の金属元素との比率の問題もあって、Feは好適濃度についても未だ明確でない。

土壤条件は異なるが、和泉砂岩系砂壤土におけるキレート鉄の施用テストの結果、葉中 Fe は3日めに顕著に上昇し、10日後頃にピークとなった後ほぼその濃度を維持したまま経過した。葉中にとり込まれたFeがほとんど移動しないためと思われる。1年後においても明らかに高かったことから、キレート鉄の肥効はある程度持続性があると考えられるが、詳細については更に検討する必要がある。

重症樹に対するキレート鉄施用試験の結果、著しい治癒効果が認められ、1年後には健全樹に比べて果実形質にも差がみられないほどに回復した。石原ら⁸⁾の調査では、クロロシス発生園の平均収量は健全園の66%であり、本報告でも重症樹では果径で11%小さく果重で26%低かった。現場の重症園では、通常よりも強い摘果をして着果数を制限しているにもかかわらず、果実肥大が抑制されているので減収率は30%以上になる。

キレート鉄の標準的な施用量としては、成木1樹当り75~110g (Feとして10~15g)程度と考えられるが、より安全性を考慮すれば50g (Feとして7g) がよい。きわめて速効性であるため、5月下旬頃の新梢伸長期になっても緑化が不良で黄白症の発生が肉眼的に感じられるようになってからの土壤施用で十分効果がある。しかしキレート鉄の施用で黄白症がほとんど治癒した後も、ZnやMn欠乏の徴候が残っている園もあり、今後の検討課題である。ともかく根本的には、高pH、多リン酸のような過剰施用を慎しむとともに、有機物の多用、深耕等による総合的な土作りが肝心と思われる。

V 摘 要

徳島平野東部の水田転換ナシ園で発生しているクロロシスの対症的療法として、2~3の鉄資材について検討した。

1) リン酸を多用すると、土壤からの1N-酢安 (pH4.5) による金属元素の溶出量が減少したが、その程度はFeで最も激しく、 $Fe > Mn, Zn > Cu$ の順であった。

2) 鉄剤3種 (硫酸第1鉄、硫酸第1鉄アンモニウム、キレート鉄)のうちでは、葉面散布の葉害は硫酸第1鉄アンモニウムが最も軽かったが、低濃度でも果面を汚損するおそれがあった、実用的でなかった。

3) 同じ3種を土壤施用した場合、前2者では効果が明らかでなく、キレート鉄は速効的であり、クロロシスの治癒効果が高かった。

4) キレート鉄の施用量は、成木1樹当り50g程度でよいが、クロロシス発生園はMnやZn欠乏を併発している場合もあるので、総合的な栄養診断の上に立った対策が必要である。

引用文献

- 1) 和田英雄・山尾正実・赤井昭雄・森 聡(1984). 徳島平野東部の水田転換ナシ園におけるクロロシスについて. (第1報)発生状況, 葉中無機成分および土壌化学性. 徳島果試研報 12: 9~16.
- 2) 山根忠昭・松浦一人・山路 健・小豆沢斉(1973). 安来地方で発生するナシのクロロシスに関する研究. 島根農試研報11: 52~66.
- 3) 長井武雄・古賀英明(1975). 鳥取県八頭郡河原町における梨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. 鳥大農研報27: 34~41.
- 4) ———・山内益夫(1975)・—————(第2報) 樹園地土壌に対する二, 三の改良措置が銅の溶解度と畑作物の生育に及ぼす影響. 同誌27: 42~48.
- 5) 上田弘美・田中 彰・谷本英明(1975). 廿世紀梨の黄化および異常落葉について. (第1報) 実態調査について. 鳥取農試研報15: 39~46.
- 6) ———・—————・—————(1976). —————.
(第2報) 黄化の再現試験について. 同誌16: 49~57.
- 7) ———・—————・—————(1976). —————.
(第3報) 黄化の現地対策試験について. 同誌16: 59~67.
- 8) 石原正義・佐藤公一・山下重良・長谷嘉臣・金野三治(1968). ジャ紋岩地帯ナシのクロロシスに関する研究. I クロロシス園の葉, 細根ならびに土壌分析. 園試報A 7: 73~93.
- 9) ———・長谷嘉臣・横溝 久・金野三治・佐藤公一(1969). —————.
II. ジャ紋岩土壌におけるナシの生育, クロロシスの発生, 樹体成分に及ぼすニッケル, クロム, 消石灰の施用ならびにモリブデン処理の影響. 同誌A 8: 31~48.
- 10) 和田英雄: (未発表)
- 11) MARTELL, A. E. (1957). The chemistry of metal chelates in plant nutrition. Soil Sci 84: 13~26.