ブドウの葉脈黄変葉の発生に関する研究(第3報)

葉脈黄変葉の発生に及ぼす土壌酸度とリン酸追肥の影響

樽 谷 勝

(香川大学農学部)

Studies on the Vein-Yellowing of Leaves in Grapes III. Effects of Soil Acidity and Phosphoric Acid Application on the Occurrence of Leaves with Vein-Yellowing

Masaru KURETANI

Faculty of Agriculture, Kagawa University, Miki, Kagawa

Summary

Four-year-old Campbell Early grape vines cultured in pots were used for the experiments. In mid March, slaked lime was applied to half the number of vines and sublimed sulfur to the remaining half for the adjustment of soil acidity (pH) to high and low levels. Half of each set of lime or sulfur applied vines was top-dressed with superphosphate early in May. After that an amount of copper sulfate was applied to the soil of all pots, each set of vines with or without superphosphate was further divided into two treatments; half of vines were kept under water-saturated soil conditions by flooding the pots with water from late July to induce the vein-yellowing of leaves and the remaining halves were provided with adequate moisture.

1. The range of soil pH before the flooding treatment was 6.3~6.7 in the lime applied pots and 2.4~2.6 in the sulfur applied pots, respectively. Further, the available phosphoric acid content in soil was higher in the former than in the latter, and was increased by the superphosphate top-dressing. The contents of Cu in soil exchangeable with N/5 KCl were just reciprocal to those of available phosphoric acid in these treatments.

2. The flooding treatment lowered the contents of N, K and Mg in the leaves of the basal part of shoots irrespective of the lime or sulfur application and the superphosphate top-dressing. The sap pH of the leaves was not affected by any of the treatments.

3. Vein-yellowing of basal leaves, detected only in the flooding treatment, was depressed by the superphosphate top-dressing and more notable in the lower soil pH condition than in the higher one. Further, the vines receiving both lime and superphosphate did not exhibit the vein-yellowing presumably caused by the excess of soluble copper in the soil even under circumstances which were suitable for the occurrence of the disorder.

緒 言

前報(15, 16)で、ブドウの結果枝基部葉における葉脈黄変葉の発生には、梅雨期の土壌過湿による土壌中 Cu の易溶化と、葉内の P および Cu 含量とが密接に関係し、葉脈黄変葉は葉内の P 含量が低く、Cu 含量が高く、P/Cu 比が小さいことによつて生ずる Cu 害現象である

1974 年 12 月 5 日 受理

ことを認めた。また、筆者は別に(14)、リン酸を含む葉面散布剤の梅雨期前散布によつて、梅雨期における葉脈黄変葉の発生と、それによる早期落葉が抑制されることを報告した。他方、わが国における銅鉍害地域の Cu 過剰障害の対策に関する研究(2, 3, 18, 19, 23, 25, 26)において、石灰およびリン酸を多量施用することによつて、Cu 過剰の害を軽減することができるという報告がなされて

いる。

本報は、銅鉍害対策として、その効果が認められている石灰およびリン酸の施用が、Cu 害とみなされる葉脈黄変葉の発生抑制にも有効であるかどうかを検討するとともに、石灰施用による土壤酸度の矯正と、リン酸の早期追肥が、葉脈黄変葉の発生に及ぼす影響について調査したものである。

材料および方法

材料および試験区

1.0×1.0×0.4 m のコンクリート製角型ポットに水田の沖積土壌を入れて、1ポット当たり2樹ずつを植付けた4年生のキャンベル・アーリーを用い、つぎに示すような処理を施した試験区を設け、各処理区当たり2ポットを供試した。すなわち、1972年3月15日に、1ポット当たり消石灰500g施用（以下中性化土壌という）と、硫黄華300g施用（以下酸性化土壌という）の2区に分けた。同時に各ポットに化成肥料（N-15、P-15、K-10）150gを施し、深さ約20cmの深耕を行ない、のち灌水した。ついで5月4日に、過リン酸石灰（P-17.5%）250gを2lの清水で浸出した上澄液を、2倍量に希釈して灌水をかねて施用し、それをリン酸追肥区とした。他方は同量の灌水を行なつてリン酸無追肥区とした。さらに5月25日に、各ポット当たり硫酸銅粉末10gずつを施し、中耕と灌水を行なつた。6月24日よりポット内土壌を、たん（湛）水状態にしたもの（たん水区）と、土壌湿度を適度に保つたもの（適湿区）に分けて実験を始めた。

第1表 たん水処理開始前の供試土壌の酸度

		リン酸追肥前 (5月4日)		たん水処理前 (6月22日)		全酸度 (γ_1)
		pH		pH		
		H ₂ O	KCl	H ₂ O	KCl	
中性化 土壌	リン酸追肥	6.80	6.36	6.93	6.31	0.25
	リン酸無追肥	6.73	6.28	7.28	6.71	0.40
酸性化 土壌	リン酸追肥	3.09	2.84	2.53	2.42	40.6
	リン酸無追肥	3.11	2.84	2.71	2.56	32.5

第2表 たん水処理開始前の供試土壌中の有効性リン酸およびCu含量

(6月22日、風乾細土中)

		有効性 リン酸 (P_2O_5)	N/5 HCl 溶出のCu	N/5 KCl溶 出の置換性 Cu
		mg/100g	ppm	ppm
中性化土壌	リン酸追肥	38.0	78.5	9.9
	リン酸無追肥	19.7	73.5	13.5
酸性化土壌	リン酸追肥	14.7	44.0	24.0
	リン酸無追肥	8.8	50.2	30.3

実験開始前におけるポット内土壌の酸度、有効性リン酸含量およびCu含量を調査した結果は、第1表および第2表のとおりである。

すなわち、土壌pHは中性化土壌で平均約6.5であるのに対して、酸性化土壌では2.4～2.6である。土壌中の有効性リン酸の含量は、リン酸追肥区は無追肥区よりも高い値を示し、とくに、中性化土壌では酸性化土壌にくらべて2倍以上の含量を示した。また、土壌中のN/5 HCl溶出のCu含量は、中性化土壌において酸性化土壌よりも高い値を示したが、N/5 KCl置換性Cuは、逆に酸性化土壌において高い値を示した。

調査項目および方法

(1) 新しょう基部葉の葉汁 pH

たん（湛）水処理開始前（6月22日）と、黄変葉の発生時（7月6日）に、新しょうの基部葉を採り、葉身および葉柄の磨砕搾汁のpHを、東亜電波工業KK製のガラス電極pH計（DM-IA型）を用いて測定した。

(2) 基部葉の黄変・落葉状態

たん水処理開始時（6月24日）から、新しょう基部における黄変葉の発生ならびに落葉状態を観察した。

(3) 黄変葉発生時の土壌 pH および Eh

たん水処理の各ポットに、黄変葉の発生が見られた7月4日と7月6日の2回、ポット内土壌またはたん水された水について、東亜電波工業KK製のガラス電極pH計（DM-IA型）および同社製の酸化還元電位差計（HM-5A型）を用いて、土壌pHおよびEhを測定した。

(4) 基部葉内の要素含量の変化

たん水処理開始前の6月22日と、たん水処理後の黄変葉発生時の7月6日に、各区の新しょう基部第1～4節位葉を採り、葉内の5要素（N, P, K, Ca, Mg）および微量要素（Mn, Fe, Cu, Zn）含量を分析した。分析試料の調製および分析方法は、前報（15, 16）の場合と同様に行なつた。

実験結果

(1) 新しょう基部葉の葉汁 pH

6月22日のたん水処理前と、7月6日の黄変葉発生時に、新しょう基部葉の葉汁pHを測定した結果は、第3表のとおりである。

すなわち、7月6日の測定において、適湿区がたん水区よりも高い値を示してはいるが、土壌酸度の差およびリン酸追肥の有無による差異は明らかではなく、一定の傾向は認められなかつた。

(2) 基部葉の黄変・落葉状態

たん水処理を行なつたポットでは、処理開始後早いものでは7日目ごろから、基部葉に黄変症状が現われた。

第3表 新しょう基部葉の葉汁 pH

			たん水処理前 (6月22日)	黄変葉発生時 (7月6日)
中性化 土 壤	リン酸追肥	適湿区	3.71	3.94
		たん水区	3.84	3.91
	リン酸無追肥	適湿区	3.97	4.12
		たん水区	3.78	3.46
酸性化 土 壤	リン酸追肥	適湿区	3.67	3.69
		たん水区	3.83	3.59
	リン酸無追肥	適湿区	3.57	4.11
		たん水区	3.90	3.97

第4表 黄変葉の発生および落葉状態
(7月6日, 新しょう 10 枝当たり)

			葉脈黄変 葉	葉脈黄変 以外の黄 変葉数	落葉数
中性化 土 壤	リン酸追肥	適湿区	0 枚	1.4枚	0 枚
		たん水区	0	21.0*	15.0
	リン酸無追肥	適湿区	0.7	2.7	3.9
		たん水区	1.2	8.8	10.0
酸性化 土 壤	リン酸追肥	適湿区	0	1.4	0
		たん水区	2.5	10.0	4.1
	リン酸無追肥	適湿区	0	1.0	0
		たん水区	9.1	7.5	8.3

注: (1) 葉面に少しでも黄変部があるものは黄変葉数に含めた。
(2) * はかっ斑病による黄変葉数が加わっている。

第1図 たん水処理の各区に発生した黄変葉
C…中性化土壌, S…酸性化土壌, P…リン酸追肥,
αP…リン酸無追肥, W…たん水処理

処理開始後 12 日目にあたる 7 月 6 日に, 新しょう基部に発生した黄変葉の状態および落葉数を調査した結果は, 第4表ならびに第1図, 第2図のとおりである。

たん水処理による葉脈黄変葉の発生は, リン酸追肥区はリン酸無追肥区よりも少なく, また, リン酸無追肥区であつても酸性化土壌よりも中性化土壌のほうが少なかった。つまり, 酸性化土壌のリン酸無追肥・たん水区において, 葉脈黄変葉の発生が最も多く認められた。

黄変葉の現われ方は第2図のようであるが, 酸性化土壌においては, やや急速に明りような黄変状態を示したのに対して, 中性化土壌では黄変葉の発現が緩慢で, ぼかし状の黄変を示した。

(3) 黄変葉発生時の土壌 pH および Eh

前項に示す黄変葉の発生時にあたる 7 月 4 日と 7 月 6 日の 2 回, 各ポット内土壌の pH と Eh を測定した結果は, 第5表のとおりである。

土壌 pH については, 中性化土壌および酸性化土壌ともに, 各区ともたん水処理前の場合とほぼ同様の傾向を示し, たん水処理の影響は明らかでなかった。たん水処理の各区の土壌 Eh は, 適湿区にくらべていちじるしく低い値を示した。また, たん水された水の Eh も低く, ポット内土壌が還元状態にあることが認められた。

(4) 基部葉内の要素含量の変化

たん水処理前 (6 月 22 日) と, 処理後の黄変葉発生時 (7 月 6 日) に, たん水処理をした各区について, 新しょう基部葉の要素含量を分析した結果は, 第6表のとおりである。

すなわち, 5 要素についてみると, 中性化土壌および酸性化土壌のいずれにおいても, リン酸追肥の有無にかかわらず, たん水処理によつて N, K, Mg の含量はいちじるしく減少し, P および Ca も減少した。また, 微量元素のうちでは, Fe は増加し, Zn は減少する傾向が

第5表 黄変葉発生時の土壌 pH および Eh
(7月4日, 6日の2回測定平均値)

			pH (H ₂ O)	Eh	
				土 壌 (mV)	水 (たん水) (mV)
中性化 土 壤	リン酸追肥	適湿区	7.11	341.5	—
		たん水区	6.67	66.9	49.2
	リン酸無追肥	適湿区	6.95	326.0	—
		たん水区	7.07	95.9	75.7
酸性化 土 壤	リン酸追肥	適湿区	2.65	487.7	—
		たん水区	2.87	105.8	73.3
	リン酸無追肥	適湿区	2.80	487.8	—
		たん水区	3.05	106.4	68.3

第2図 たん水処理の各区に現われた黄変葉の状態

左 { 上…中性化土壌・リン酸追肥・たん水区
下…中性化土壌・リン酸無追肥・たん水区
右 { 上…酸性化土壌・リン酸追肥・たん水区
下…酸性化土壌・リン酸無追肥・たん水区

第6表 たん水処理前・後の基部葉内要素含量（乾物中）

			N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Mn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)
中 性 化 土 壌	リン酸追肥	前	2.17	0.28	1.50	1.65	0.35	80	45	20.0	40
		後	1.90	0.18	0.42	1.59	0.20	55	113	12.4	24
	リン酸無追肥	前	1.86	0.15	1.73	1.95	0.31	96	50	17.6	35
		後	1.64	0.15	0.96	1.04	0.17	76	124	16.0	33
酸 性 化 土 壌	リン酸追肥	前	1.98	0.24	1.30	1.83	0.45	118	50	17.6	38
		後	1.58	0.18	0.42	0.84	0.22	116	107	11.6	23
	リン酸無追肥	前	1.81	0.16	1.06	1.80	0.38	90	70	15.0	35
		後	1.57	0.13	0.53	1.25	0.17	104	81	19.2	21

注：前はたん水処理前（6月22日），後はたん水処理後（7月6日）を示す。

あつたが、Mn および Cu では必ずしも一定の傾向はみられなかつた。しかし、これらの変化のうち P 含量と Cu 含量について、リン酸追肥の有無の影響をみると、リン酸追肥区では葉内の P 含量が高く、たん水処理後の Cu 含量が低い傾向があつた。この傾向は中性化土壤および酸性化土壤の両者で認められた。また、たん水処理後における Cu 含量は、他の各区にくらべて酸性化土壤のリン酸無追肥区でやや高かつた。

考 察

ブドウの発育に対する土壤の好適 pH についての報告や記述は多く見られる(7, 8, 10)が、小林(8)によれば、土壤 pH が樹体の生長、果実の収量・品質に及ぼす影響は、土壤中の H イオンそのものの影響よりも、土壤 pH の変化にともなう特殊養分の有効度が問題であるとしている。これに関連して本実験の供試土壤の pH をみたとき、たん水処理前の石灰施用による中性化土壤で 6.3~6.7 であるのに対して、酸性化土壤では 2.4~2.6 で強い酸性状態にあつた(第1表)ことは、当然に土壤中における要素成分に影響をあたえるものと考えられる。事実、第2表にみられるように、たん水処理開始前の供試土壤において、すでに有効性リン酸および Cu 含量に差があらわれていた。すなわち、有効性リン酸含量はリン酸追肥および無追肥ともに、中性化土壤のほうが酸性化土壤よりも高い含量を示していた。土壤中の Cu 含量は、N/5 HCl 溶出の Cu 含量では、中性化土壤において酸性化土壤よりもはるかに高い値を示したが、N/5 KCl 置換性 Cu は、逆に酸性化土壤において高い値を示した。

土壤中の P 含量および Cu の含量ならびにその存在形態の相異は、その後のたん水処理にともなう葉脈黄変葉の発生に対して、当然に影響を及ぼすものと考えられる。すなわち、前報(16)で明らかにしたように、葉脈黄変葉の発生には、根から吸収された Cu の多少とともに、P との相対量が密接に関係するからである。

本実験において、供試土壤の pH が中性化土壤と酸性化土壤とではいちじるしい差異が認められたにもかかわらず、新しょう基部葉内の葉汁 pH の測定結果(第3表)において、両者間にはつきりした差異を認めることはできなかった。このことは、樹体内における生化学的な緩衝能の影響によるものと思われる。

ブドウに対するリン酸の施用が、果実の収量・品質に及ぼす影響については、今さらとり上げるまでもなからう。しかし、リン酸と葉脈黄変葉の発生との関係については、筆者(14)が行なつた6月上旬のリン酸を含む葉面散布剤の施用が、基部葉内の P 含量を高め、それが葉脈黄変葉の発生を少なくしたことは、興味あるリン酸施用

の効果とみなされる。本実験においても、リン酸追肥の有無が、とくに、供試土壤中の有効性リン酸と置換性含量に及ぼす影響(第2表)と、葉脈黄変葉の発生に及ぼす影響(第4表)とは、ともに注目すべきことである。

小林(4, 5)によると、ブドウは他の果樹類にくらべて、Cu に対する抵抗性は強いものとされているが、これは主としてボルドー液または他の銅剤による Cu に対する抵抗性をみたものである。この点、本実験のように土壤中の Cu が、根から吸収された場合の Cu 害とは観点が異なっている。土壤中の Cu による作物の Cu 害の状態およびその対策については、果樹園土壤における銅蓄積(21, 24)ならびに鉱毒地域の土壤に関する調査など(2, 3, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 25, 26, 28)多くの報告がある。そのうち、大野(23)および松木・勝谷(18, 19)が、Cu 由来する鉱毒防除剤として、石灰ならびに硫化物を用いて試験を行ない、石灰と硫化ソーダおよび硫化水素が、有害な重金属類の不溶化または除去に効果があることを認めており、施用された石灰が鉱毒中和剤として作用すると同時に、土壤反応の改良に効果を示すためであるとしている。また、土壤反応と Cu の溶解度について細田(2)は、土壤中の Cu は pH 3 のときおよそ 80% が溶解し、pH 6 以上になるとそれが微量になると述べている。

前田(17)は、土壤中に Cu が過剰のときの対策として、鉄欠乏に対する鉄剤の葉面散布のほか、石灰質肥料の施用による土壤 pH の上昇、有機物の施用、リン酸の増施などをあげている。また、リン酸は Cu の吸収を悪くする要素であるとし、リン酸を増施すると Cu の吸収が抑えられ、とくに溶性リン肥はリン酸と石灰を含んでいるので、銅過剰地帯に多肥すると Cu の過剰害が防止できると述べている。田中(25)もまた、鉱毒地水田の土壤改良法として、肥鉄土の客土とあわせて、石灰施用ならびにリン酸肥料の増施が効果的であるとしている。

これらの報告を総合すると、石灰は鉱毒を中和し、重金属を水酸化物として沈でんせしめて無害化し、また、石灰およびリン酸は有害物質に対して、きつ抗的に作用するようである。このような作用性は、植物体内に Cu が吸収されることを防ぐものであると考えられている。

このほか、鉱毒土壤に対する有機物の施用効果について、松木・勝谷(19)の報告がある。一般にブドウ園の土壤管理において、有機物肥料の施用が樹体の健全な生長、果実の収量・品質に好影響をあたえることは、よく知られているところである。松木・勝谷(19)が述べているように、有機物肥料の分解によつて生ずるコロイドが、土壤中に蓄積・存在する Cu の易溶化抑制ならびに

その吸収を抑制する効果と、有機物肥料のもつ土壤の理・化学性の悪化防止の効果とを考え合わせれば、有機物肥料の施用もまた葉脈黄変葉の発生を防止する対策として、はなはだ重要なことであるとみなされる。

果樹の湿害、耐水性および土壤の酸化還元電位に関する報告の主なるものとして、林・脇坂(1)、小林・島村・池田(6)らをはじめ、森田(20)、山崎(27)の報告があるが、土壤たん水や過湿が土壤の Eh を低下し、根の機能を害することは、これらの報告のほか、筆者の実験(12, 13)によつても、明らかに認められていることである。本実験においても葉脈黄変葉の発生に対する影響として、たん水処理が土壤 Eh を低下させ(第5表)、それが葉脈黄変葉の発生を促進しているものと思われる(第4表)。

本研究のねらいとするところは、ブドウの梅雨期における葉脈黄変葉の発生と、それにとまなり早期落葉の防止対策を究明しようとするものであり、本実験の結果が示すように、石灰施用による土壤酸度の矯正ならびにリン酸の早期追肥は、この時期における、この種の落葉防止対策として、有力な手段となるものと考えられる。

摘 要

大型ポットに植栽した4年生のキャンベル・アーリーを用い、3月中旬に石灰と硫酸華をもつて土壤酸度を調節して、中性化土壤と酸性化土壤に2分し、さらに、5月上旬にリン酸の追肥をしたものと無追肥とに分けた。各区に硫酸銅粉末を土壤に施用して、それらを6月下旬から適湿区とたん水区に分け、それぞれの処理が葉脈黄変葉の発生に及ぼす影響を調査した。

1. たん水処理開始時の土壤 pH は、中性化土壤で 6.3~6.7、酸性化土壤で 2.4~2.6 であった。供試土壤中の有効性リン酸含量は、リン酸追肥区において高く、それは酸性化土壤よりも中性化土壤においてより高かった。供試土壤中の N/5 KCl 置換性 Cu 含量は、中性化土壤よりも酸性化土壤において高く、両者ともリン酸無追肥区のほうが、リン酸追肥区よりも高かった。

2. たん水処理によつて、新しょう基部葉内の N, K および Mg 含量を低下せしめた。たん水処理の影響は、石灰施用による土壤酸度の中性化およびリン酸追肥の有無にかかわらず、同じ傾向を示した。基部葉の葉汁 pH に及ぼす、土壤酸度およびリン酸追肥の影響は認められなかった。

3. 葉脈黄変葉は、たん水処理区において発生を見たが、リン酸無追肥区はリン酸追肥区よりも多く、また、酸性化土壤では中性化土壤よりも多く発生した。

4. 本実験の結果より、石灰施用による土壤酸度の中

性化およびリン酸の追肥は、葉脈黄変葉の発生を抑制する効果のあることが認められた。

謝 辞 本研究の遂行に当たり、京都大学名誉教授小林章博士ならびに香川大学教授草沢正義博士から、ご懇切なご教示とご助言をいただいた。また、本実験の遂行には香川大学農学部梅田裕助教授のご協力を得た。あわせて深甚の謝意を表する。

引用文献

1. 林 真二・脇坂幸雄. 1956. 果樹の湿害について。土壤の酸化還元電位の低下及び有害還元物質との関係。園学雑. 25(1): 59—67.
2. 細田克己. 1939. 鉄毒土壤改良の基礎的研究 I. 鳥取県岩美鋤山の鉄毒に就て。土肥雑. 13(1): 55—57.
3. 金井 徹. 1971. 銅鉄害の歴史とその対策。近代農業における土壤肥料の研究。第2集. pp. 15—24. 養賢堂.
4. 小林 章. 1944. ボルドー液葉害の細胞生理学的観察。(1) 硫酸銅に対する抵抗性。農及園. 19(6): 585—586.
5. . 1949. 葡萄に於けるボルドー液葉害の生理学的研究。園芸学研究集録. 4: 176—195.
6. . 島村和夫・池田 勇. 1954. 果樹根群の耐水性に関する研究(第4報)。土壤の酸化還元電位の低下と果樹種類の抵抗性。農及園. 29(4): 547—548.
7. . 熊代克己・福長信吾・北川博敏. 1957. 土壤反応が葡萄の生長並に果実の収量・品質に及ぼす影響(第2報)。園芸学研究集録. 8: 1—9.
8. . 1958. 果樹と土壤反応の問題。農及園. 33(9): 1325—1329.
9. . 1960. 磷酸と果実の収量品質。農及園. 35(1): 7—12.
10. . 1970. ブドウ園芸. pp. 193—220. 348—355. 養賢堂.
11. 樽谷 勝. 1970. ブドウの早期落葉に関する研究. V 梅雨期の湛水・多湿が早期落葉に及ぼす影響について。香川大農学報. 21: 207—216.
12. . 1971. ブドウの早期落葉に関する研究. VI 新梢基部葉の黄変・落葉に及ぼす葉内要素含量の変化。香川大農学報. 22(2): 123—134.
13. . 1971. ブドウの早期落葉に関する研究. VII 新梢基部葉からの ^{32}P の吸収・移行について。香川大農学報. 22(2): 135—141.
14. . 1972. ブドウの早期落葉に関する研究. VIII 葉面散布剤による梅雨期落葉の抑制効果について。香川大農学報. 23(2): 241—245.
15. . 1975. ブドウの葉脈黄変葉の発生に関する研究(第1報)。葉脈黄変葉の葉内要素含量について。園学雑. 43(4): 393—398.
16. . 1975. ブドウの葉脈黄変葉の発生に関する研究(第2報)。根から吸収された Cu による葉脈の黄変について。園学雑. 43(4): 399—405.

17. 前田正男. 1969. 原色作物の要素欠乏・過剰症—診断と対策. pp. 154—160. 農文協.
18. 松木五楼・勝谷信一. 1939. 鉍毒防除剤に対する一考察. (第1報) 硫化物の効果とその作用に就て. 土肥雑. 13(10): 639—647.
19. ————. 1939. 鉍毒防除剤に対する一考察. (第2報) 石灰及び有機物の効果に就て. 土肥雑. 13(10): 648—652.
20. 森田修二. 1939. 土壤の酸化還元電位に関する研究. I 果樹園及び茶園土壤の酸化還元電位と優良, 不良の関係について. 土肥雑. 13(7): 451—460.
21. 三井進午・天正 清・熊沢喜久雄・藤田 哲・矢崎仁也. 1958. 作物体の鉄・マンガン代謝に及ぼす銅の影響について (第1報). 銅鉍毒地帯に生育する陸稲のクロロシスに関する現地調査, 並びに果樹園に於ける銅集積状況調査. 土肥雑. 28: 505—507.
22. ————・今泉吉良. 1958. 原色図解作物の要素欠乏—診断と対策. pp. 192—193. 207—208. 博友社.
23. 大野数雄. 1939. 鉍毒防除法に就て. 土肥雑. 13(1): 54.
24. 大杉 繁・小沢潤二郎. 1938. 銅薬剤使用に依る果樹園土壤の銅蓄積に就て. 農及園. 13(8): 7—10.
25. 田中秀太郎. 1959. 鉍毒地水田の土壤改良法. 農及園. 34(9): 1393—1396.
26. 塚本正一郎. 1957. 銅鉍害地水田に対する施肥改善. 農及園. 32(5): 769—772.
27. 山崎 伝. 1952. 畑作物の湿害に関する土壤化学的並に植物生理学的研究. 農技研報B. I: 1—92.
28. ————. 1966. 微量要素と多量要素 (土壤・作物の診断・対策). pp. 273—286. 博友社.