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

樽 谷 勝

(香川大学農学部)

Studies on the Vein-yellowing of Leaves in Grapes

II. On the Vein-yellowing as Induced by Copper Taken through Roots

Masaru KURETANI

Faculty of Agriculture, Kagawa University, Miki, Kagawa

Summary

Further experiment was conducted with Campbell's Early grape to elucidate the effect of copper taken through roots on the vein-yellowing of leaves at the basal part of shoots.

1. Vein-yellowing of leaves was observed on the rooted cuttings of the grape treated with 50 to 2000 ppm copper sulfate solutions. The symptom appeared earlier and more distinctly with increasing concentration of copper sulfate. But, when cultured with 0.1% KH_2PO_4 solution before the copper sulfate treatment, the vein-vein-yellowing decreased eased in developing rate and become less distinct.

2. The existence of copper surrounding the vascular bundle was clearly shown by staining with Diphenyl Carbazide solution in cross sections of the yellowed vein induced by the above treatment with 1000 ppm copper sulfate solution.

3. When the 6-year-old vines planted in the pots were submerged at the root zone after application of copper sulfate powder to the soil, the veins of leaves at the basal part of shoots turned yellow distinctly. From the result of leaf analysis, it was revealed that they contained more Cu and sometimes more Mn and Fe than the non-treated vines. Moreover, they contained less P, showing a lower ratio of P to Cu.

緒 言

前報(8)において、香川県地方のキャンベルス・アーリー種ブドウ園の梅雨期にみられる結果枝基部の葉脈黄変葉について、葉内要素含量の特異性を明らかにした。また、筆者はブドウの早期落葉の研究において、葉脈黄変葉の発生は葉内の P 含量の減少(5)、または葉内の P との相互関係による Cu 含量の過剰(6)にもとづくものと推定した。他方、この葉脈黄変葉は小林・許ら(2,3)がキャンベルス・アーリーにおいて、ボルドー液の Cu 害としているものと同じ徴候を示すものと思われた。

本報ではこのような見地から、とくに根より吸収される Cu が葉脈黄変葉の発生に及ぼす影響を観察するため、硫酸銅溶液を用いたさし木苗の水耕実験と、土壌への硫酸銅施用と土壌たん水の実験を行なった結果を報告

する。

実験材料および方法

A. さし木苗の硫酸銅溶液水耕実験

水耕法 1970 年 6 月 1～9 日の間、室内においてキャンベルス・アーリーのさし木を第1表に示した各種濃度の硫酸銅溶液で水耕した。水耕装置には第1図のように壁面および上面をしゃ光した 1 l 容のビーカーを用い、連続通気を行なった。なお、硫酸銅溶液水耕(後処理)の前に、70 時間水(イオン交換水)あるいは 0.1% リン酸一カリ溶液で水耕する前処理を行なった。

葉脈黄変葉の発生経過と根の状態観察 第1表に示した前処理と後処理の水耕全期間を通じ、毎日朝・夕に水耕装置の点検・調節を行なうとともに、葉脈黄変葉の発生経過、発生葉数ならびに根の状態を観察した。

葉脈内の Cu の定性的観察 後処理の硫酸銅 1000

1973 年 8 月 20 日 受理

ppm 区に発生した葉脈黄変葉について、葉脈（中央主脈の基部）の横断切片を、Diphenyl Carbazide 溶液（1% アルコール溶液 10：水 10）で約 30 分間染色し、蒸留水 1：グリセリン 1 液で封じてプレパラートを作り、顕微鏡下で Cu の存在を定性的に観察(12)し、対照区の水（イオン交換水）のみで水耕したものと比較した。

茎葉内の Cu 含量の分析

後処理水耕の 5 日後に、各区のさし木苗より茎葉の乾燥粉末試料をつくり、その Cu 含量を原子吸光法によつて分析した。

第 1 図 さし木苗を用いた硫酸銅溶液の水耕実験方法

きどき振とうしつつ 1 日間，3 日間，6 日間おいた浸出上澄液について，原子吸光法によつて分析した。その結

第 1 表 硫酸銅溶液水耕の試験区と水耕液の pH

試 験 区		水耕液の pH
前 処 理	後 処 理	
70時間，水（イオン交換水）にて通気水耕	硫酸銅 2,000 ppm 液	4.94
	〃 1,000 〃	5.18
	〃 500 〃	5.42
	〃 100 〃	5.60
	〃 50 〃	5.88
	水（イオン交換水）	6.50
70 時間，0.1% リン酸一カリ液にて通気水耕	硫酸銅 2,000 ppm 液	4.38
	〃 1,000 〃	4.45
	〃 500 〃	4.73
	〃 100 〃	5.10
	〃 50 〃	5.31
	0.1% リン酸一カリ液	4.71

注：pH の測定は，東亜電波工業 KK 製，携帯用ガラス電極 pH 計 DM-IA 型による。

第 2 図 コンクリートポットによる硫酸銅施用たん水実験の方法

第 2 表 供試土壌の器械的組成と土質（乾土中%）

れ き	粗 砂	細 砂	微砂粘土	土 質
8.1	22.6	32.7	36.6	れきを含む砂壤土

注：分析は沈降法と篩別法による。

B. 土 壌 へ の 硫 酸 銅 施 用 と た ん 水 処 理 実 験 処 理 法

1.0×1.0×0.4m のコンクリート製角型ポットに，水田土壌を入れて植え付けた 6 年生のキャンベルス・アーリー結果樹を用い，1 ポット当たり硫酸銅粉末 10g を施用した区と無施用区を設け，さらに両区とも 6 月 21 日より土壌湿度を適湿状態（対照区）とたん水状態（たん水区）にして観察を始めた（第 2 図）。

供試土壌の組成，pH および置換酸度は第 2，第 3 表のとおりである。

また，たん水処理前の 6 月 18 日における N/5KCl-置換性 Cu の含量を調べた。風乾細土 50g を 300ml 容の三角フラスコにとり，N/5KCl 200ml を加え，と

第 3 表 供試土壌の pH および置換酸度

	pH		置 換 酸 度	
	H ₂ O	KCl	Y ₁	全酸度
無 施 用	4.49	3.82	15.2	45.6
硫 酸 銅 10g 施 用	4.70	3.67	21.5	64.5

注：1) pH の測定は東亜電波工業 KK 製，携帯用ガラス電極 pH 計 DM-IA 型による。

2) 置換酸度は大工原氏法による。

第 4 表 供試土壌中の N/5KCl-置換性 Cu（乾土中 ppm）

	1 日間浸出	3 日間浸出	6 日間浸出
無 施 用	10 以下	10 以下	10 以下
硫 酸 銅 10g 施 用	112	108	88

果は第4表のとおりである。

土壌 Eh の変化状態調査 6月20日（たん水処理開始前）、6月24日、7月2日・7月8日にポット内の深さ約10cm 部位の土壌または水（たん水区のみ）を採り、東亜電波工業KK製の携帯用酸化還元電位差計（RM—PC—211 型）によつて測定した。

葉脈黄変葉の発生と落葉状態調査 たん水処理開始15日後の7月5日と7月7日における、葉脈黄変葉の発生と落葉状態を調査した。

基部葉内の微量元素含量およびP含量とCu含量との関係 7月5日に各区の新しう基部の第1～4節葉をとり、葉内のMn、Fe、Cu、Zn含量を、それぞれ原子吸光法によつて分析した。また、健全樹と葉脈黄変葉発生樹の新しう基部葉について、P含量をバナドモリブデン比色法により、Cu含量を原子吸光法によつて分析して、両者の相対関係をみた。

実験結果

A さし木苗の硫酸銅溶液水耕実験

葉脈黄変葉の発生経過と根の状態 水（イオン交換水）および0.1%リン酸一カリ溶液で70時間通気水耕を行なつた前処理期間中には、いずれの区も異状をみることなく経過した。しかし、後処理の硫酸銅溶液の水耕においては、その濃度によつて黄変葉の発生状態が異なつた。すなわち、水→硫酸銅2000ppm区では2日目には基部葉から順次葉脈の変色がみられ、4日目には下葉の枯死が始まり、その後次第に上位葉が黄変・枯死した。また、水→硫酸銅100ppm以上の濃度の各区では、4日目には基部葉に葉脈の黄変がみられ、5日目には水→硫酸銅50ppm以上の各区に葉脈黄変葉の発生が認められた。

第5表 硫酸銅溶液水耕による黄変葉の発生状態（5日間処理）

試 験 区	着葉数	枯死・黄変葉数			枯死・黄変葉の発生割合
		枯死	黄変	計	
70時間、水（イオン交換水）にて通気水耕	硫酸銅 2,000 ppm 液	12枚	6枚	1枚	7枚 58.3%
	〃 1,000 〃	13	3	3	6 46.1
	〃 500 〃	9	1	3	4 44.4
	〃 100 〃	9	0	4	4 44.4
	〃 50 〃	7	0	2	2 28.5
	水（イオン交換水）	7	0	0	0 0
70時間、0.1% リン酸一カリ液にて通気水耕	硫酸銅 2,000 ppm 液	10	0	4	4 40.0
	〃 1,000 〃	8	0	3	3 37.5
	〃 500 〃	8	0	3	3 37.5
	〃 100 〃	10	0	1	1 10.0
	〃 50 〃	12	0	0	0 0
	0.1% リン酸一カリ液	9	0	0	0 0

第3図 硫酸銅溶液の水耕によつて発生した葉脈黄変葉の状態（水→硫酸銅1000ppm液）

これに対して、前処理として0.1%リン酸一カリ溶液で水耕し、後処理の硫酸銅溶液に移したものでは、硫酸銅100ppm以上の各区に黄変葉が発生したが、これらの黄変葉は水→硫酸銅溶液で水耕した場合のように、葉脈の黄変によるものばかりではなく、葉肉・葉脈の区別なく葉身全体がぼかし状に黄変したものが多く、また、葉脈の黄変は不明りようであつた。

後処理開始後5日目における各処理区の、黄変葉の発生状態は第5表および第3図のとおりである。

水→硫酸銅溶液においては50ppm以上の各区に葉脈黄変葉ならびに枯死葉がみられ、硫酸銅溶液の濃度の高いものほど、それらの発生比率が高いことが認められ

た。これに対し0.1%リン酸一カリ溶液→硫酸銅溶液も硫酸銅100ppm以上の区に黄変葉の発生をみたが、前者にくらべると黄変葉の発生比率は低かつた。

これらの水耕実験における根の状態を観察したところ、前処理期間は各区とも差異がなく、白色の正常根であつた。後処理においては水のみあるいは0.1%リン酸一カリ溶液で水耕を続けた両区は、正常な新根の発生とその伸長が認められた。硫酸銅溶液で水耕した各区の細根は、日時の経過とともに黒変・枯死し、比較的太い根も次第に変色した。

葉脈内のCuの定性的観察 水→硫酸銅 1000ppm 区と、水→水区における葉脈の横断切片を、Diphenyl Carbazide 溶液で染色し、検鏡したところ、第4図に示すように水→硫酸銅 1000ppm 区の葉脈黄変葉では、維管束の導管部付近に赤紫色の染色部分があり、Cu の存在を認めた。これに対して水→水区のものでは、Cu の存在は認められなかった。

第4図 葉脈内の Cu の有無
上：水→硫酸銅 1000ppm 液（導管周辺の染色部分が Cu の存在を示す）
下：水→水区

茎葉内の Cu 含量 後処理開始5日後に、各区の茎葉内の Cu 含量を分析した。その結果は第6表のとおりである。

本表の結果によると茎葉内の Cu が、おおむね 40ppm 以上存在した場合に葉脈黄変葉が発生したといえる。ところが、硫酸銅 2000ppm 区のように、葉が急激に枯死するほどの高濃度では、かえって茎葉内の Cu 含量が少ない。これは急速に根が侵されたためと思われる。

B. 土壌への硫酸銅施用とたん水処理実験
土壌 Eh の変化

たん水処理前および処理開始後における各区の土壌

第6表 硫酸銅溶液水耕後における茎葉内の Cu 含量
(乾物中 ppm)

試 験 区		Cu 含量
前 処 理	後 処 理	
70時間水（イオン交換水）にて通気水耕	硫酸銅 2,000ppm 液	45ppm
	〃 1,000 〃	365
	〃 500 〃	165
	〃 100 〃	83
	〃 50 〃	40
	水（イオン交換水）	19
70時間、0.1% リン酸一カリ液にて通気水耕	硫酸銅 2,000ppm 液	15ppm
	〃 1,000 〃	230
	〃 500 〃	123
	〃 100 〃	80
	〃 50 〃	24
	0.1% リン酸一カリ液	14

第7表 たん水処理前・後における土壌 Eh の変化
(mv)

		6月20日 (処理前)	6月24日 (処理 3日目)	7月2日 (処理 12日目)	7月8日 (処理 18日目)
無 施 用	対 照 区	395	329	369	408
	たん水区	340	232	{土 136 水 -46}	水-40.5
硫 酸 銅 10g 施用	対 照 区	397	361	374	382
	たん水区	335	217	{土 155 水 -46}	水-41.2

Eh の変化状態を調査した結果は、第7表のとおりである。

すなわち、硫酸銅施用の有無にかかわらずたん水区では、たん水処理開始後次第に土壌 Eh が低下し、処理後12日目（黄変葉の発生がみられる時期）以降の測定では、土壌についての測定で対照区の 1/2 以下の値を示し、また、同時にポット中の水について測定した結果では土壌について測定した数値よりも Eh の低下傾向がはつきりと認められた。これらの測定結果からたん水区の土壌および水は、たん水処理日数の経過とともに還元状態になっていることが認められる。

第8表 硫酸銅の土壌施用とたん水処理が黄変・落葉に及ぼす影響（1枝当たり）

		7月5日			7月7日		
		黄変葉	落葉	計	黄変葉	落葉	計
無 施 用	対 照 区	0.25 枚	0 枚	0.25 枚	0.18 枚	0.19 枚	0.37 枚
	たん水区	1.88	0	1.88	1.33	1.22	2.55
硫 酸 銅 10g 施用	対 照 区	0.31	0	0.31	0.12	0.31	0.43
	たん水区	0.70	0	0.70	1.00	0.76	1.76

葉脈黄変葉の発生と落葉状態 たん水区においてすでに黄変葉の発生がみられた7月5日と7月7日に、葉脈黄変葉の発生と落葉の状態を調査した。その結果は第8表のとおりである。すなわち、各区とも新しう基部葉に黄変葉の発生をみたが、たん水区では対照区よりも黄変葉数および落葉数が多く、終末期には急速に落葉数が増加した。とくに硫酸銅施用たん水区においては、きわめて鮮明な葉脈の黄変が認められた。

第5図 硫酸銅の土壌施用とたん水処理による葉脈黄変葉の発生状態
上：無施用対照区，下：硫酸銅施用たん水区

基部葉内の微量元素含量およびP含量とCu含量との関係 7月5日に新しう基部の第2～4節葉をとり、葉内の微量元素含量を分析した結果は第9表のとおりであり、たん水処理の各区では対照区にくらべてCu含量が高く、Fe含量も高い傾向にあつた。つぎに健全樹と葉脈黄変葉発生樹のそれぞれの基部葉について、葉内のP含量とCu含量を分析し、その相互関係をみると第10表のとおりである。

葉脈黄変葉発生樹においては健全樹にくらべてP含量

第9表 硫酸銅の土壌施用とたん水処理が基部葉内の微量元素含量に及ぼす影響（乾物中 ppm）

		Mn	Fe	Cu	Zn
無 施 用	対 照 区	114	27	10.8	31
	たん水区	103	46	58.5	30
硫酸銅 10g 施用	対 照 区	99	24	24.8	31
	たん水区	136	57	72.7	34

第10表 基部葉内のP含量とCu含量の相対関係

		P	Cu	P/Cu比
		%	ppm	
無 施 用	健 全 樹	0.236	10.8	219
	葉脈黄変葉発生樹	0.192	58.5	33
硫酸銅施用(A)	健 全 樹	0.196	24.8	80
	葉脈黄変葉発生樹	0.079	72.7	11
硫酸銅施用(B)	健 全 樹	0.128	12.4	103
	葉脈黄変葉発生樹	0.116	47.5	24

注：1）A・Bは、供試ポットのちがいを示す。

2）P/Cu比は、P含量(%)をppm値に換算して計算した。

が低く、Cu含量が高い。したがってP/Cu比を求めると、その値は健全樹において大きく、葉脈黄変葉発生樹でははるかに小さい。このことからP含量とCu含量との間には、きつ抗的な関係がみられた。

考 察

近時、果樹栽培においてCuの過剰症(1)をはじめ、ボルドー液のCu害(2, 3, 4, 11, 12, 13)について注目されつつある。これらの報告によると葉や新しうに現われるCuの過剰または葉害の徴候は、果樹の種類、葉齢、被害の程度によつて異なり、葉面では葉脈間に黒色の斑点を生ずるもの（カキ、ブドウ）、紫かつ色または紫斑を生ずるもの（モモ、ナシ）、葉脈が黒かつ変するもの（ナシ）などがあげられている。しかし、これらの報告にみられる徴候はボルドー液または銅製剤の散布によるCu害であつて、本実験のように根から吸収されたCuによる害とは異なるものと思われる。

筆者が行なつた別の実験(7)で、硫酸銅溶液をブドウの新しう切枝に吸収させた場合には、葉脈が黒かつ色ないし紫かつ色に変色した。本実験においては上記の実験の場合と異なり、根から吸収されたCuが葉に移行したもので、根でCuが吸収されてから体内を移行し葉脈の変色が発現するまでの間に、体内の要素成分あるいは酵素などが直接または間接に関与し、さらには緩衝的作用もあつて、切枝に硫酸銅溶液を直接的に吸収させた場合のように、短時間に強烈な変色徴候を示さなかつたものと思われる。Cuによつて葉脈が黄変するのは、小林

許ら(3,4)が述べているように、葉内に侵入した Cu が、その集積の比較的多い葉脈部分においてタンパク質合成酵素の活性を低下させ、また、葉内の SH 基との結合によつて過剰酸化を起こし、葉緑素の脱色を促進するためであると考えられる。

Cu が植物の生理を害する濃度は、作物の種類や Cu の供給状態によつて異なり、水稻(9,10)においては水耕では 5ppm で生育を害するが、土壌中では 75ppm まではほとんど害作用がないことが認められている。本実験の場合に、水→硫酸銅溶液において 50ppm 以上の各区で、また、0.1% リン酸一カリ溶液→硫酸銅溶液では 100ppm 以上の各区で、それぞれ葉脈黄変葉の発生をみたが、これらの茎葉内の Cu 含量の分析結果ならびに前報(8)におけるブドウ園に発生した葉脈黄変葉の分析結果から考察して、根から吸収された Cu による葉脈黄変葉は、葉内 Cu 含量が約 40ppm 以上になると発生するものとみなされる。しかし、前報(8)の葉脈黄変葉にみられた葉内成分の特異性ならびに本実験の 0.1% リン酸一カリ溶液→硫酸銅溶液の場合に葉脈黄変葉が少なかったことを考えあわせると、本症の発生には単に葉内の Cu 含量のみならず、葉内の P 含量が相対的に関係することを無視することはできない。

つぎに、硫酸銅粉末を土壌に施してたん水した場合に、鮮明な葉脈の黄変をみたが、これは施用した Cu が土壌たん水によつて溶出されて吸収されやすくなり、葉内に入つて葉脈の黄変を起こしたものと考えられる。土壌中において肥料あるいは殺菌剤として土壌に加えられた Cu の大部分は、比較的浅層において腐植とキレート化合物をつくつて固定された形で存在する(15)、このほかに土壌中に陽イオンとして溶けているものや粘土と結合して置換性 Cu として存在するものもある(15)とされている。したがつて、Cu の過剰症の発現は土壌の酸度、置換容量に支配されるものとし、また、土壌の粘土と有機物含量が少ないほど可給態 Cu が過剰になりやすく、土にリン酸を多く施用すると Cu 過剰の害が軽減される(1,9,15)としている。

高橋ら(14)によれば、たん水下の土壌中には CuS あるいは Cu_2S が存在し、これらは酸化状態のもとでは $\text{CuS} + \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{Cu}(\text{OH})_2 + \text{S}$ となり、ついで H_2SO_4 と反応して CuSO_4 となるものと解され、この酸化は化学的あるいは硫黄バクテリアによつて進行するという。そうして CuS は溶解度が低く、作物が天然下で Cu を吸収しうるのは CuS の酸化によるものとされている。このようなことからブドウ園において梅雨期の前後に土壌が酸化と還元をくりかえすことによつて、土壌中の

CuS あるいは Cu_2S は容易に $\text{Cu}(\text{OH})_2$ に變じて溶出するものと考えられる。

本実験の結果が示す葉脈黄変葉発生樹における基部葉内の P 含量と Cu 含量および P/Cu 比の大小は、前報(8)で示唆した P 含量と Cu 含量との相対関係が葉脈黄変葉の発生に関与することを一層明確にしたものであり、葉脈黄変葉の発生の原因究明と、その防止対策を考究するうえで、はなはだ興味あることである。

摘 要

ブドウの新しょう基部における葉脈黄変葉の発生に及ぼす Cu の影響をみるために、キャンベルス・アーリーを用いて実験を行なつた。

1. 硫酸銅の 50~2000ppm 溶液で、さし木苗を水耕した場合に、各区に葉脈の黄変葉が発生し、高濃度のものほど発生が早く、黄変が明りようであつた。しかし、硫酸銅溶液に処理する前に 0.1% リン酸一カリ溶液で水耕した場合には、黄変葉の発生割合が低く、葉脈の黄変は不明りようであつた。

2. 硫酸銅の 1000ppm 溶液の水耕において発生した葉脈黄変葉の葉脈の切片を、Diphenyl Carbazide 溶液で染色し検鏡したところ、維管束部に Cu の存在を認めた。

3. 硫酸銅を土壌に施用してたん水した区では、新しょう基部に葉脈黄変葉が発生し、対照区にくらべて葉内の Cu 含量が高く、Mn および Fe もやや高い傾向がみられた。さらに、葉脈黄変葉の発生樹は健全樹にくらべて、基部葉の P 含量が少なく、反対に Cu 含量が多く、P/Cu 比が小さかつた。

謝 辞 本実験の実施にあたり、前京都大学教授小林章博士ならびに香川大学農学部葦沢正義教授から、ご懇切なるご教示とご助言をいただいた。また、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. 藤沼善亮. 1969. 微量要素の施用とその過剰害. 農および園. 44(8): 1201—1202.
2. 小林 章・許 唱範・兼松信夫・浜田憲一. 1969. ブドウ“キャンベル・アーリー”葉におけるボルドー液の薬害に関する研究(第1報). 薬害発生と銅固着量, 溶解量におよぼす降雨ならびに葉内成分の時期的変化. 園芸学会研究発表要旨(秋季): 70—71.
3. ————. 1969. ブドウ“キャンベル・アーリー”葉におけるボルドー液の薬害に関する研究(第2報). 薬害発生と

- 葉内 SH 基との関係。園芸学会研究発表要旨（秋季）：72—73.
4. ———. 1971. ブドウ園芸. pp. 213—220. 養賢堂.
5. 樽谷 勝. 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.
6. ———. 1972. ブドウの早期落葉に関する研究. X. 梅雨期における葉脈黄変葉の葉内要素成分について. 香川大農学報. 24(1)：97—103.
7. ———. 1972. ブドウの早期落葉に関する研究. X. 葉脈黄変葉の発現に及ぼす Cu 溶液の影響—新梢切枝およびさし木幼木についての観察. 香川大農学報. 24(1)：104—115.
8. ———. 1974. ブドウの葉脈黄変葉の発生に関する研究(第I報). 葉脈黄変葉の葉内要素含量について. 園学雑. 43：393—398
9. 三井進午・今泉吉良. 1958. 原色図解作物の要素欠乏—診断と対策. 博友社.
10. ———. 1970. 植物栄養と肥料の研究（三井進午博士論文選集）. 養賢堂.
11. 大崎 守・松尾 平・飯田 実. 1955. 葡萄キャンベル・アーリーに対する石灰ボルドー液の葉害に関する研究（第1報）. 園学雑. 24：149—154.
12. 島村和夫・逸見浩昭. 1969. ナシの葉におけるボルドー液の銅害発生機構に関する研究（第1報）. 銅害の発生と葉の外部形態ならびに被害部の顕微鏡的観察. 園芸学会研究発表要旨（秋季）：68—69.
13. ———. 1969. ナシの葉におけるボルドー液の銅害発生機構に関する研究. 岡山大農付属農場：1—61.
14. 高橋英一・谷田沢道彦・大平幸次・原田登五郎・山田芳雄・田中 明. 1969. 作物栄養学 pp. 100—140. 180—186. 朝倉書店.
15. 山崎 伝. 1966. 微量要素と多量要素. 土壌・作物の診断・対策. 博友社.