砂畑ラッキョウの黄化現象に関する研究 (第3報)

土壤中 Zn の実態調査

柳沢健彦・上田弘美・田中 彰

(鳥取県農業試験場)

Studies on the chlorosis of leaves in Baker's garlic grown on sandy soils

III. Investigation on soil zinc status in the field

Takehiko YANAZAWA, Hiromi UETA and Akira TANAKA

Tottori Agricultural Experiment Station, Yoshinari, Tottori

Summary

Our previous paper showed that an abnormal chlorosis of leaves in Baker's garlic plants (*Allium bakeri* REGEL) at Fukube Village in Tottori Prefecture might be caused by low levels of available soil zinc in the sandy soils. The purpose of this paper was to present evidence of zinc deficiency in the soil and to elucidate some problems concerned with the development of farm-land.

The results obtained were as follows.

1. Soil pH, and calcium and phosphate contents were generally higher in the soil of the field where the chlorosis occurred in leaves than in it of the field where the healthy plant was grown. It was difficult to strictly evaluate the soil conditions inducing the chlorosis, but the following chemical properties were considered to be the average limits of their occurrence. Y_1 ; below 0.6~0.7, humus content; below 0.12~0.13 percent, soluble zinc in 0.1 N-HCl; below 3.0 ppm, exchangeable CaO; above 15 mg, available P_2O_5 ; above 1.1 percent. In plants grown on these soils zinc content in leaves was

below 25 ppm and CaO content was above 0.6 percent.

2. The results of investigation on the difference of some chemical properties among different layers in soil profile showed that in the deep layer (50~400 cm depth) pH was higher, Y_1 was lower, humus and zinc contents were lower, and Ca content was larger than in the shallow layer (0~10 cm depth).

When a new farm-land was developed, sloping ground was raised and scraped at the same level. Soils at various depth of soil profile were distributed over a field. It seemed therefore that plants grown in original subsoil layer showed a chlorotic appearance.

3. From the results, the occurrence of chlorosis of leaves in Baker's garlic plants grown on sandy soils might be associated with low soil zinc, decrease of soluble soil zinc at high pH, due to an excess of calcium in the soil and decrease of zinc absorption in plants due to the antagonism between zinc and phosphate.

緒 言

筆者らはさきに鳥取県岩美郡福部村の砂畑ラッキョウに発生する黄化現象について、これらの障害株は Zn 欠乏症に極めて類似し、硫酸亜鉛の葉面散布によつて黄化症状が消失し、生育、収量の回復を示し、Zn 含有量を増す、などの点より Zn 欠によるものであることを明らかにした。

しかし、Zn 欠の場合、土壤中に Zn の絶対量が少ない、Zn の絶対量はあつても土壤酸度が高い、他の要素との拮抗作用などのため Zn が吸収できない、Zn が土壤微生物により固定あるいは消耗されることなどが考えられる。

そこで、筆者らは Zn 欠によるラッキョウの黄化現象

が土壤中の Zn の欠乏によるものであるか、あるいはその他の要因によるものであるかを調査したので、その結果をここに報告する。

ラッキョウ黄化株と健全株周辺

土壤の Zn の実態 (調査 1)

調査方法

岩美郡福部村ラッキョウ栽培圃において、黄化現象の発生した 10 圃場を選び、1970 年 5 月 7 日各圃場より黄化株、健全株およびその周辺の土壤(10~20 cm)をサンプリングし、ラッキョウについては CaO, P_2O_5 , Zn, 土壤については pH, 腐植, 可溶性 Zn, 置換性 CaO, 有効 P_2O_5 などにつき調査した。

植物体の CaO, P_2O_5 , Zn は第 2 報 II 試験と同ような方法で分析した。

1971 年 2 月 8 日受理

土壌については、腐植：チューリン法， $\text{CaO} : 1\text{N}$ 錯酸アンモン浸出液によるキレート滴定法， P_2O_5 ：トルオーグ法， $\text{Zn} : 0.1\text{N-HCl}$ 浸出液によるジコン法で分析した。

調査結果および考察

黄化株の発生した 10 圃場を選定し、同一圃場内で黄化株と健全株のラッキョウおよびその周辺の土壌を調査した結果は第 1～2 表のとおりである。

pH・ Y_1 pH は黄化株周辺の土壌は健全株周辺の土壌

第 1 表 ラッキョウ黄化株と健全株周辺の土壌調査 (10～20 cm)

土壌調査地点	pH		Y ₁	腐植 (%)	Zn (ppm)	CaO (mg)	P ₂ O ₅ (mg)	
	KCl	H ₂ O						
黄化株周辺	1	4.35	6.85	0.20	0.08	3.25	12.61	0.62
	2	4.75	6.80	0.23	0.37	2.35	31.15	0.90
	3	3.89	5.30	2.38	0.14	3.65	10.66	0.69
	4	4.55	5.40	0.28	0.06	1.49	21.76	0.90
	5	4.40	6.65	0.30	0.07	2.75	25.95	0.70
	6	4.29	6.20	0.63	0.05	2.85	16.55	0.74
	7	4.50	6.35	0.45	0.11	2.58	14.02	0.69
	8	4.40	6.10	0.86	0.11	3.15	10.51	0.50
	9	4.40	6.20	0.30	0.06	2.25	17.52	0.37
	10	5.60	7.20	0.20	0.07	1.40	28.80	0.01
平均	4.51	6.31	0.58	0.11	2.57	19.00	0.61	
健全株周辺	1	4.05	5.85	1.15	0.16	4.43	10.52	1.35
	2	3.99	5.50	2.22	0.10	3.20	7.99	0.78
	3	3.95	5.45	0.25	0.14	5.33	14.31	0.81
	4	3.89	6.90	1.75	0.13	3.08	14.02	0.73
	5	3.95	5.45	1.85	0.12	4.78	14.45	0.62
	6	4.30	5.80	0.76	0.23	3.78	18.95	0.69
	7	3.90	5.00	2.30	0.15	3.13	10.51	0.81
	8	4.25	6.05	0.55	0.06	3.50	12.76	1.40
	9	4.15	5.60	1.48	0.18	3.20	13.32	0.90
	10	4.30	5.80	0.62	0.28	2.68	15.42	0.69
平均	4.07	5.74	1.28	0.16	3.71	13.23	0.88

第 1 図 土壌 pH と土壌中 Zn 含有量の関係

第 2 表 ラッキョウ黄化株と健全株の $\text{Zn} \cdot \text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ 濃度

調査地点		葉 身			鱗 茎		
		Zn (ppm)	CaO (%)	P_2O_5 (%)	Zn (ppm)	CaO (%)	P_2O_5 (%)
黄化株	1	24.9	0.695	1.20	20.6	0.533	2.340
	2	21.2	0.861	1.12	19.8	0.407	0.920
	3	20.2	0.870	1.24	20.8	0.435	1.148
	4	22.5	0.718	1.44	18.0	0.701	1.560
	5	25.0	0.767	1.30	14.4	0.432	0.980
	6	19.2	0.691	1.00	12.4	0.331	0.840
	7	26.6	0.576	1.48	22.0	0.468	1.520
	8	16.0	0.785	1.25	13.0	0.491	1.020
	9	22.4	0.933	1.52	15.8	0.617	2.420
	10	14.0	1.059	1.32	14.5	0.527	1.160
平均		21.2	0.796	1.29	17.1	0.494	1.391
健全株	1	29.4	0.446	1.18	21.2	0.177	0.920
	2	26.2	0.606	0.86	15.8	0.205	0.560
	3	24.6	0.559	1.07	19.8	0.126	0.940
	4	27.0	0.538	0.88	17.6	0.224	0.570
	5	29.6	0.641	1.10	20.2	0.280	0.860
	6	26.2	0.538	1.00	15.8	0.188	0.660
	7	25.4	0.534	1.08	15.4	0.185	0.880
	8	17.0	0.437	0.61	10.2	0.135	0.400
	9	32.2	0.529	0.80	16.2	0.205	0.550
	10	30.2	0.641	0.61	14.0	0.232	0.360
平均		25.8	0.547	0.92	16.6	0.196	0.670

より全般的に高い傾向が認められた。

Y_1 は黄化株周辺の土壌は健全株周辺の土壌より全般的に小さく、調査地点 No. 3 を除くと黄化株はおおよそ Y_1 0.6～0.7 以下に、健全株は 0.6～0.7 以上に多い傾向が認められた。

土壌の pH と Zn の関係について ROGER および WU¹⁰⁾、WOLTZ ら²⁰⁾、SEATZ¹³⁾、WEAR ら¹⁹⁾は炭酸石灰あるいは石灰石の施用により植物中の Zn 含有率が低下することを認めた。MCGEORGE⁵⁾ は pH の高い土壌に硫黄を施用して、pH が低下し、植物中の Zn 含有率が高くなることを認めた。JURINAK らは粘土鉱物を使用した実験で溶液 pH の上昇とともに Zn の溶出が低下することを認めた。THORNE¹⁸⁾ は畑作物において土壌 pH と植物体の Zn 含有率との間には相関があり、高 pH で低 Zn 含有率を示すことを認めた。YOSHIDA & TANAKA²³⁾ は土壌 pH とそこに生育する水稻の Zn 含有率との間には高い相関があり、pH がアルカリ性側の土壌で体内 Zn 含有率の低いことを認めた。田中ら¹⁵⁾は土壌に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ または Na_2CO_3 を添加して土壌の pH を上昇させると、土壌溶液中の Zn 濃度が低下することを認めた。前田ら⁶⁾は塩酸と炭酸カルシウムで土壌の反応をかえ、シロナの Zn 吸収を調べ、pH が高くなると Zn の吸収が減り、pH が低くなると Zn が過剰に吸収されることを認めている。

本調査結果では pH が高く、 Y_1 が低い土壤に黄化株が多く、pH が低く、 Y_1 が高い土壤に健全株を多く認めている。これは土壤の pH が高いため土壤中の Zn が固定され、Zn の溶出が少なくなったためと考えられ、土壤の pH が高いことも黄化現象の一因と考えられる。

腐植含有量 腐植含有量は黄化株周辺の土壤は健全株周辺の土壤にくらべ全般的に少なく、調査地点 No. 2, 8 を除くと、黄化株は腐植含有量 0.12~0.13% 以下に、健全株は腐植含有量 0.12~0.13% 以上に多い傾向が認められた。

第2図 腐植と土壤中 Zn 含有量の関係

土壤の腐植含有量と Zn の関係について、山崎²¹⁾は有機物の Zn 固定は土の反応の変化による固定ほど大きいものでないとのべている。YOSHIDA ら²³⁾は石灰石の pH の高い土壤に有機物を添加すると Zn 欠乏症が激発することを認めた。田中¹⁵⁾は水稻において cellulose の添加により赤枯れが激発し、生育の悪化、Zn 含有率の低下することを認めている。

しかし、一方、NAIR ら⁷⁾は有機物と可溶性 Zn 含有量の間には正の相関あることを認めた。佐藤¹²⁾、野瀬⁹⁾、前田⁶⁾、野村⁸⁾は Zn 欠乏対策として堆肥を施す、被覆作物法をとるなど、有機物を十分施して地力を増強することの重要性をのべている。

本調査結果では腐植含有量の多い場合は健全株、少ない場合は黄化株を多く認めている。これは植物に吸収された Zn は腐植として土壤に還元される点より、腐植含有量が少ないということは Zn の供給量も少ないと考えられ、土壤中に腐植含有量の少ないことも黄化現象の一因と考えられる。

0.1 N-HCl 可溶性 Zn 含有量 土壤中の 0.1 N-HCl 可溶性 Zn 含有量は黄化株周辺の土壤は健全株周辺の土壤より低い傾向が認められた。

土壤中の 0.1 N-HCl 可溶性 Zn 含有量と黄化株発現の関係をみると、健全株周辺の土壤は 5.33~2.68 ppm、

黄化株周辺の土壤は 3.65~1.40 ppm の範囲内にあった。土壤中の 0.1 N-HCl 可溶性 Zn 含有量と黄化株発生との関係はそれぞれの圃場により異なり一概にいえないが、およそ 3.0 ppm を限界として、これより少ないところに黄化株が、多いところに健全株が多い傾向が認められた。

一方、この場合のラッキョウの葉の Zn 含有量はおよそ 25 ppm を限界として、25 ppm 以下に黄化株が、25 ppm 以上に健全株が多い傾向が認められた。

第3図 土壤中 Zn 含有量と葉身中 Zn 含有量の関係

このことより、土壤中の Zn の絶対量の少ないことも黄化現象の一因と考えられる。

これは筆者らがさきに行なつた Zn の施用効果に関する試験で黄化現象の回復がおとつたものおよび無処理の葉の Zn 濃度は 23.8~26.0 ppm の範囲内にあつた点とほぼ一致する。

置換性 CaO と有効態 P_2O_5 含有量 土壤中の置換性 CaO 含有量は黄化株周辺の土壤は健全株周辺の土壤にくらべ、調査地点 No. 3, 6, 8 を除くと全般的にか

第4図 土壤中 CaO と Zn 含有量の関係

なり高く、黄化株は置換性 CaO 含有量約 15 mg 以上に、健全株は約 15 mg 以下に多い傾向が認められた。

一方、この場合のラッキョウの CaO 含有量は葉では約 0.6%，鱗茎では約 0.3% を限界として、これより多い場合には黄化株が、少ない場合には健全株が多く認められた。

第5図 土壤中 CaO 含有量と葉身中 CaO 含有量の関係

土壌中の有効 P_2O_5 含有量は黄化株周辺の土壌は健全株周辺の土壌にくらべ、高い傾向が認められた。この場合、ラッキョウ

の葉の P_2O_5 含有量は黄化株に多く、健全株に少ない傾向が認められ、その限界は葉においておよそ 1.1%，鱗茎においては 0.7% と認められた。

第6図 土壤中 P_2O_5 含有量と葉身中 P_2O_5 含有量との関係

土壌中の CaO

および P_2O_5 含有量と Zn の関係について、WEAR¹⁹⁾ はソルガムで CaCO_3 と CaSO_4 を用い、 CaCO_3 の施用は Zn の含有量を減じ CaO の含有量を増加すること、 Zn 吸収の低下は CaO そのものによるのではなく pH の上昇によるものであることを認めている。野村ら⁸⁾ はコンニャクで CaO および P_2O_5 の過用は可給態の Zn を減少し、欠乏を激化することを認めた。BOAWN ら¹⁾ はパレイショにおいて P_2O_5 と Zn の間の拮抗作用を認めた。ROSCOE ら¹¹⁾ はトウモロコシとインゲンにおいて P_2O_5 と Zn の間に、負の相関のあることを認めた。WOLTZ ら²⁰⁾ は Zn の固定力は P_2O_5 より CaO が大きいことを認めている。

本調査結果では土壌中の CaO 含有量、 P_2O_5 含有量の多い場合に黄化株、少ない場合に健全株を多く認め、

CaO は間接的に土壌の pH を高め、 Zn を不溶性とし、 P_2O_5 は Zn との拮抗作用をもつものと考えられる。したがって、土壌中の CaO 含有量、 P_2O_5 含有量の多いことも黄化現象の一因と考えられる。

以上より、当地域の砂畑に発生するラッキョウの黄化現象は土壌中における Zn の絶対量が少ないということもその一因であるが、それだけではなく、土壌酸度が高いため Zn が固定されたり、 CaO 、 P_2O_5 など他の土壌成分、あるいは肥料成分との関係から Zn が不溶解性の形となるなどによるものと考えられる。しかし、土壌微生物による Zn の固定ないし消耗については調査を行なわなかつたので明らかでない。

層別土壌の Zn の実態 (調査 II)

砂畑におけるラッキョウの黄化現象は畑地造成および基盤整備畑に多く発生し、しかも土壌の移動量の多い部分や切土部に多いと考えられた²²⁾。そこで丘陵地を数mの深さまで切土し、畑地造成後黄化現象が著しく発生した畑地に隣接した露頭を対象として、深度別の Zn などの土壌養分について実態調査を実施した。

調査方法

- 1) 調査場所 鳥取県岩美郡福部村浜湯山
- 2) 調査時期 1970 年 5 月 7 日
- 3) 調査方法 1969 年畑地造成時できた断層について、第7図のように土壌をサンプリングし、 pH 、 Y_1 、腐植、可溶性 Zn 、置換性 CaO 、有効 P_2O_5 などにつき II の調査と同ような方法で調査した。

1: 地表面下 10 cm	4: 地表面下 200 cm
2: " 50 cm	5: " 400 cm
3: " 100 cm	

第7図 調査断面図

調査結果および考察

土壌の調査結果は第3表のとおりである。

$\text{pH} \cdot \text{Y}_1$ pH は地表面下 10 cm では 5.20~5.90 の間にあるが、地表面下 50 cm となると急に高くなり、6.65~7.15 となる。50~400 cmの間では多少上下の変動はみられるが大きな変化は認められない。

置換酸度 Y_1 についてみると、地表面下 10 cm では 0.95~1.56 の間にあるが、地表面下 50 cm では 0.23

第3表 調査断面における層位別土壌調査

調査地点	層位	pH		Y ₁	腐植 (%)	Zn (ppm)	CaO (mg)	P ₂ O ₅ (mg)
		KCl	H ₂ O					
A	1	3.90	5.20	0.95	0.69	4.60	8.83	0.96
	2	4.45	7.15	0.28	0.05	2.40	12.06	0.84
	3	4.35	7.20	0.15	0.07	3.60	12.48	0.67
	4	4.45	6.50	0.20	0.17	2.75	13.32	0.65
	5	4.80	7.10	0.13	0.06	3.43	14.02	0.55
B	1	4.10	5.70	1.56	0.96	5.02	9.96	0.80
	2	4.35	6.90	0.23	0.13	2.58	10.37	1.08
	3	4.40	6.80	0.22	0.24	2.70	12.34	0.28
	4	4.30	6.95	0.23	0.17	2.00	12.34	0.64
	5	4.70	6.80	0.15	0.05	2.95	13.32	1.12
C	1	4.10	5.90	1.44	0.29	3.20	11.22	0.40
	2	4.30	6.65	0.30	0.09	1.73	11.22	0.55
	3	4.65	6.65	0.17	0.16	2.75	10.37	1.36
	4	4.70	7.05	0.25	0.11	2.40	12.34	0.47
	5	5.00	7.10	0.15	0.11	1.65	12.62	0.55

1：地表面下 10 cm，2：同 50 cm，3：同 100 cm

4：同 200 cm，5：同 400 cm

～0.30 と急激な低下を示し，50～400 cm の間では極く僅か低下する傾向は認められるがほとんど変化しない。

既述のごとく，周辺土壌調査では健全株はおおよそ Y₁ 0.6～0.7 以上に，黄化株はおおよそ 0.6～0.7 以下に多かったが，これよりみると地表面下 10 cm の土壌は健全株，それ以下の深さの土壌は黄化株の範囲と考えられる。

地表面下 50 cm 以下となると pH が高くなり，土壌中の Zn 固定が大きく，Zn 欠乏が発生しやすいと考えられる。

腐植含有量 腐植含有量は地表面下 10 cm では，0.29～0.96% と各地点により大きい開きがあるが，地表面下 50 cm においては 0.05～0.13% と急激に低下し，50～400 cm の間では多少変動はみられるが，大きな変化は認められない。

周辺土壌の調査では健全株は土壌中の腐植含有量おおよそ 0.12～0.13% 以上に，黄化株はおおよそ 0.12～0.13% 以下に多かったが，これよりみると地表面下 10 cm の土壌は健全株，それ以下の土壌は黄化株の範囲にあると考えられる。

0.1 N-HCl 可溶性 Zn 含有量 0.1 N-HCl 可溶性 Zn 含有量は各地点による変異が大きい，全体を総括的にみると，地表面下 10～400 cm の間においては地表面 10 cm に多く，50 cm 以下はかなり上下するが，全体としては深層となるほど減少の傾向が認められる。

NAIR ら⁷⁾，KANEHIRO ら⁴⁾は土壌断面の可溶性 Zn について，地表面が最も高く，深さと共に減少することを

認めている。本試験結果もこれらと同ような傾向を示している。

調査健全株は土壌中の 0.1 N-HCl 可溶性 Zn 含有量がおおよそ 3.0 ppm 以上に，黄化株はおおよそ 3.0 ppm 以下に多かったが，これよりみるとおおよそ地表面下 10 cm までの土壌は健全株，それ以下の土壌は黄化株の範囲となり，地表面下 50 cm 以下の深層土では Zn 欠乏が発生しやすいと考えられる。

表土に 0.1 N-HCl 可溶性 Zn 含有量の多いのは植物に吸収された Zn が腐植などにより表土に還元されたためと考えられる。

置換性 CaO と有効態 P₂O₅ 含有量 土壌の層位別置換性 CaO 含有量については深層位となるほど増加する傾向が認められるが，400 cm 層位でも 12.62～14.02 mg にとどまっており，さきに健全株は土壌中の置換性 CaO 含有量 15 mg 以下に，黄化株は 15 mg 以上に多いとのべたが，これよりみると各層位の土壌とも健全株の範囲にあると考えられる。

しかし，栽培期間中の施肥法によっては深層位土壌ほど CaO 含有量が 15 mg 以上になりやすいことが考えられる。

土壌の層位別有効 P₂O₅ 含有量については地点，層位による変異が極めて大きく，一定の傾向は認められなかったが，調査Ⅱにおいて黄化株は健全株にくらべ，その周辺の土壌および植物体の P₂O₅ 含有量が高かった点より，おそらく，その後の施肥で P₂O₅ を過用した場合には Zn との拮抗作用により Zn 欠乏を起こすのではなからうかと考えられる。

以上要するに，地表面下 50 cm 以下の深層土は地表面下 10 cm の表層土にくらべ，土壌中の 0.1 N-HCl 可溶性 Zn 含有量，腐植含有量は少なく，pH は高く，Y₁ は低く，さらに CaO 含有量は多く，Zn が固定されやすく Zn 欠乏が発生しやすいと考えられる。

このことより，基盤整備，あるいは畑地造成に伴う土壌の切土部分，あるいは切土を培土した部分に発生が多いと考えられる。さきに筆者ら²²⁾がラッキョウ黄化現象の実態調査において土壌の切盛と黄化の関係について検討し，黄化現象の発生は切土の部分に多いとするのが妥当のように推察されるとしたが，この点と一致するものである。

摘 要

鳥取県岩美郡福部村の砂畑に発生するラッキョウの黄化現象について，土壌中の Zn などの実態を調査した結果はつぎのようである。

1. 黄化株周辺の土壌は健全株周辺の土壌にくらべ，

相対的に pH は高く、 Y_1 は低く、腐植、Zn 含有量は低く、CaO、 P_2O_5 含有量が高い傾向が認められた。その限界は一概にはいえないが、およそ Y_1 : 0.6~0.7 以下、腐植 : 0.12~0.13% 以下、0.1 N-HCl 可溶性 Zn : 3.0 ppm 以下、置換性 CaO : 15 mg 以上、また、その時の葉の養分濃度は Zn : 25 ppm 以下、CaO : 0.6% 以上、 P_2O_5 : 1.1% 以上と考えられた。

2. 層別別土壌については地表面下 50~400 cm の土壌は地表面下 10 cm の表層土にくらべ、pH は高く、 Y_1 は低く、腐植含有量、Zn 含有量は低く、CaO 含有量が高い傾向が認められ、地表より 50 cm 以下の深層土は Zn 欠を発生しやすい条件にあると考えられる。

3. ラッキョウ Zn 欠の要因として、土壌中の Zn 含有量が少ないこと、土壌の pH が高いため Zn が不溶性となること、土壌中の CaO 含有量が間接的に pH を高め Zn を不溶性とすること、および土壌中の P_2O_5 との拮抗作用による Zn の吸収不能などが考えられる。基盤整備、畑地造成した場合土壌の切土部分、あるいは切土を培土した部分に発生が多いと考えられる。

引用文献

1. BOAWN, L. C. and G. E. LEGGETT. 1964. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28 : 229—232.
2. CHANDLER, W. H. 1937. Bot. Gaz. 98 : 625—646.
3. JÜRINAK, J. J. and D. W. THRONE. 1955. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 19 : 446.
4. KANEHIRO, Y. and G. D. SHERMAN. 1967. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 31 : 394—399.
5. MACGEORGE, W. T. 1948. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 13 : 114—116.
6. 前田正男. 1968. 作物の要素欠乏・過剰症. 農文協 : 138—147.
7. NAIR, G. G. and B. V. MEHTA. 1959. Soil Sci. 87 : 155—159.
8. 野村精一・只木正之. 1970. 農及園. 45(2) : 373—378.
9. 野瀬久義. 1956. 農及園. 31(1) : 230—232.
10. ROGERS, L. G. and C. H. WU. 1948. J. Am. Soc. Agrom. 40 : 563.
11. ROSCOE ELLIS, Jr., J. F. DAVIS and D. L. THURLOW. 1964. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28 : 83—86.
12. 佐藤公一. 1956. 農及園. 31(1) : 221—224.
13. SEATZ, L. F., A. J. STERGES and J. C. KRAMER. 1953. Agron. J. 51 : 115.
14. 堤 道雄・藤原彰夫. 1956. 農及園. 31(1) : 155—158.
15. 田中 明・下野勝昭・石塚喜明. 1969. 土肥雑. 40(10) : 415—419.
16. 田中彰一. 1956. 農及園. 31(1) : 217—220.
17. ———. 1960. 東海近畿農試園芸部特別報告. 1 : 29—47.
18. THORNE, W. 1957. Advance in Agronomy 9 : 31.
19. WEAR, J. I. 1956. Soil Sci. 81 : 311—315.
20. WOLTZ, S., S. J. TOTH and F. E. BEAR. 1953. Soil Sci. 76 : 115.
21. 山崎 伝. 1968. 微量要素と多量要素. pp. 263—272. 博友社.
22. 柳沢健彦・中村幸治. 1970. 鳥取農試研報. 10 : 66—73.
23. YOSHIDA, S. and A. TANAKA. 1969. Soil Sci. and Plant Nutr. 15 : 75.