

琉球大学学術リポジトリ

琉球産土壌の微量元素に関する研究：III 沖縄産岩石と土壌およびそれに生育する作物のマンガン含量(農芸化学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 鎮西, 忠茂, 松田, 義之, Chinzei, Tadashige, Matsuda, Yoshiyuki メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/4526

琉球産土壤の微量元素に関する研究

Ⅲ 沖縄産岩石と土壤およびそれに生育する作物のマンガン含量

鎮 西 忠 茂* 松 田 義 之**

Tadashige CHINZEI and Yoshiyuki MATSUDA: Studies on minor elements of Ryukyuan soils. III. Manganese content of rocks, soils and crops in Okinawa.

I 緒 言

沖縄土壤の全マンガン含量について、2回にわたって報告^{9,10)}したが、石灰岩土壤(特に琉球石灰岩土壤)は国頭の非石灰岩土壤よりも全マンガン量が高いことを示している。しかし周知の如く、土壤の全マンガン含量の多寡は必ずしも、そこに生育している作物のマンガン欠乏及び過剰障害とはつながらない。即ちマンガンの可給度はいろいろな因子によって左右されるのである。このことについては Fujimoto & Sherman¹⁶⁾が記している通りである。そこで著者等は沖縄各地より集めた土壤について、置換性、易還元性、全マンガン量の定量を行い、その状態を知るように試みた。又併せてそれに生育した作物の葉中の全マンガン定量を行い又土壤の母岩と思われる岩石の全マンガンを測定して、土壤、岩石、作物相互の関係を調査した。その結果を本報では報告する。

II 実験試料及び方法

1 試料の採取調整

1) 土壤サンプル

3)に述べる植物サンプルを採取した畑の表土を20ヶ所^{11,43)}、15cmの深さまで取り、これを混合したものを四分法により減量して適量を実験室へ持ち帰った。又、所々心土を採取した。土壤は、風乾後20 meshの篩を通して貯蔵した。全N、P及び各種形態のMn定量には、100 meshの篩を通した。

土壤は、統別に分けて処理したが、土壤番号は最初の数字がサンプル通し番号、最後の数字がその統の表土(Aを附す)、又は、心土(Bを附す)の通し番号であり、中間の数字³⁶⁾又は符号¹⁾は、統の番号又は符号を示す。

土壤サンプルは73ヶ所、95点を試料に供した。

2) 岩石サンプル

土壤採取畑の母岩と思われるような岩石を採取し、よく水洗、乾燥後、乳鉢にて粉碎し100 meshの篩を通して供試した。

* 琉球大学農学部農芸化学科

** Williams International, Inc. (元農芸化学科研究生)

3) 作物サンプル

(1) 甘蔗葉

展開して肥厚帯を現わした最上位の葉を便宜上、No. 1とし以下、下方に向ってNo. 2, No. 3…の如く番号を附し、甘蔗茎を損わない為に主としてNo. 5葉を試料に供した。これはH. F. Clements¹²⁾のNo. 7~8に相当するであろう。

葉身と葉梢に分けて70~80°Cに約10日間乾燥後、粉碎して供試した。試料番号は最初の数字が通し番号、真中のBが葉身、Sは葉梢を意味し、最後の数字は葉位番号である。

(2) 甘藷葉等のサンプル

甘藷蔓約30cmのものを20~30本採取し、葉身、葉柄、蔓に分けて70~80°Cに約10日間乾燥後、粉碎して供試した。番号と符号は最初のもので、通し番号であり、2番目の符号のうちBは葉身、Pは葉柄、Vは蔓を示すものである。

(3) パインアップルは甘蔗と同様展開した葉を上より数えて4, 5番目のものを採取して、70~80°Cに乾燥粉碎して供試した。4, 5番は簡単に引抜けるようである。

(4) ミカン類

約30cmの小梢を採取し、全葉を70~80°Cに前記同様乾燥粉碎して供試した。

(5) 其他、茶、パンジロ、ソウシジュについてはミカン類と同様に処理した。

高粱は甘蔗と同様に、インゲンについては全葉を採取した。又、山東菜と大根については展開葉の上から5番目のものを採取、処理した。

作物葉採取には何れも収穫に影響を及ぼさないよう注意した。甘蔗で第5葉を採取したのもその為である。

2 実験方法

各種形態のマンガンを定量したが、外にpH、全窒素、其他2,3の可給態成分を定量したが方法は次の如くである。

1) 岩石および土壌の分析

土壌のpH、全窒素、可給態リン、置換性マンガ、易還元性マンガ、土壌および岩石の全マンガ含量についてはAdamsの方法²⁾(C. A. Black編, Methods of Soil Analysis)に従った。

置換性カリウム、カルシウム、マグネシウムは1N NH₄OAc液にて浸出し、カリ、カルシウムはコールマン炎光度計により、マグネシウムは原子吸光度計を用いた。

2) 植物中のマンガ定量

H. D. Chapman & P. F. PrattのMethods of Analysis for Soils and Water⁸⁾に記された方法に従った。

III 実験結果及び考察

各種マンガンを定量した土壌の2,3の化学的性質を示すと第1表の通りである。

Table 1. Some chemical properties of sample soils (1~16 series)

Location No.	Soil No.	Locality	pH		Total N (%)	Available nutrients (ppm)				Remarks
			H ₂ O (1:1)	CaCl ₂ (1:2)		P	K	Ca	Mg	
1-1. Nago Series (Alluvial soils)										
1-1	423-2-45A	Aha, Kunigami-son	5.28	4.48	0.178	238.0	160.0	420.0	55.0	40-70 cm in depth
1-2	424-2-11B		5.30	4.05	0.095	127.8	52.5	240.0	32.5	
2-1	435-2-46A	Fukuchi-baru, Mihara, Kushi-son	6.72	5.72	0.122	614.3	152.5	900.0	50.0	40-80 cm in depth
2-2	436-2-12B		5.05	3.80	0.485	197.8	152.5	420.0	35.0	
3	437-2-47A	"	7.11	6.34	0.124	871.5	235.0	1,530.0	35.0	
Average						409.9	150.5	702.0	41.5	
1-2. Izumi Series (Alluvial soils)										
4	374-5-5 A	Izumi, Motobu-cho	5.21	4.69	0.130	150.5	152.5	1,050.0	62.5	
1-3. Yabu Series (Alluvial soils)										
5	350-6-10A	Shikine-baru, Ota, Onna-son	8.02	7.71	0.234	196.7	45.0	6,075.0	110.0	
6-1	416-6-11A	Ada, kunigami-son	7.60	7.52	0.240	621.6	185.0	3,420.0	117.5	34-84 cm in depth
6-2	417-6-4 B		8.41	7.71	0.253	161.0	100.0	3,370.0	165.0	
7	418-6-12A	"	7.66	7.55	0.096	572.3	195.0	3,490.0	110.0	
Average						0.206	387.9	128.7	4,096.3	140.0
1-4. Ada Series (Kunigami Gravel Soils - Old Alluvial)										
8	370-9-12A	Shiokawa-baru, Motobu-cho	4.75	4.45	0.269	163.5	210.0	1,325.0	62.5	
9-1	429-9-13A	Teniya-baru, Teniya, Kushi-son	4.00	3.51	0.058	238.0	135.0	40.0	15.0	20-40 cm in depth
9-2	430-9-4 B		4.49	3.73	0.033	262.5	42.5	40.0	7.5	
10	431-9-14A	"	5.87	4.91	0.039	270.5	52.5	1,100.0	13.5	
Average						0.115	235.8	110.0	626.2	24.6
1-5. Nakagawa Series (Kunigami Gravel soils-Old Alluvial)										
11	360-10-23A	North Ag. High School Farm, Yoriai-baru, Nago-cho	4.52	4.10	0.039	142.5	185.0	850.0	384.0	
12	361-10-24A	"	4.25	4.05	0.092	165.2	485.0	1,325.0	210.0	
13	365-10-25A	"	4.01	3.82	0.173	490.4	252.5	1,000.0	162.5	
14-1	419-10-26A	Mitsukuri, Aha, Kunigami-son	4.51	3.90	0.090	290.5	152.0	270.0	22.5	Subsoil
14-2	420-10-4B		4.49	4.00	0.032	115.5	135.0	200.0	15.0	
15	421-10-27A	"	4.90	4.45	0.014	144.2	85.0	120.0	22.5	
16	422-10-28A	"	4.73	3.91	0.096	113.8	92.5	120.0	22.5	
17	425-10-29A	Ada, Kunigami-son	5.09	4.51	0.103	222.3	135.0	450.0	30.0	
18-1	438-10-30A	Toyohara-baru, Honoko, Kushi-son	5.41	4.43	0.130	136.5	160.0	550.0	77.5	30-58 cm in depth
18-2	439-10-5B		4.92	4.13	0.094	133.7	52.5	500.0	42.5	
Average						0.092	195.5	173.5	538.5	98.9

1-6. Itozu Series (Ryukyu limestone soils)

Location No.	Soil No.	Locality	pH		Total N (%)	Available nutrients (ppm)				Remarks
			H ₂ O (1:1)	CaCl ₂ (1:2)		P	K	Ca	Mg	
19-1	378-11-35 A	Takara-baru, Bise, Kamimoto-bu-son	8.01	7.59	0.205	119.0	567.5	5,800.0	302.5	35-70 cm in depth
19-2	379-11-6 B		8.05	7.50	0.182	123.2	200.0	3,650.0	115.0	
Average					0.194	121.1	383.8	4,225.0	203.8	

1-7. Mabuni Series (Ryukyu limestone soils)

20	341-12-35 A	Nta-baru, Maetzato, Itoman-cho	7.11	6.31	0.480	228.8	235.0	11,600.0	536.0	
21-1	344-12-36 A	Uehara, Oshima Tamagi-son	7.90	7.76	0.023	213.8	152.5	8,250.0	420.0	Subsoil
21-2	345-12-2 B		7.52	7.10	0.024	175.0	275.0	12,500.0	692.0	
22-1	345-12-37 A	Kira-baru, Tamagi-son	6.51	6.10	0.209	225.8	167.5	11,250.0	556.0	25-50 mc in depth
22-2	347-12-3 B		6.31	6.01	0.187	165.2	60.0	13,425.0	280.0	
23	357-12-38 A	Minatoue-baru, Gushichan-son	8.09	7.71	0.138	154.0	367.5	10,900.0	352.0	
24	358-12-39 A	Gushichan, Gushichan-son	7.43	7.31	0.337	175.0	530.0	10,650.0	276.0	
25	375-12-40 A	Iwaya-baru, Toyohara, Kamimobu-son	7.51	6.99	0.163	175.0	475.0	5,150.0	225.0	
26-1	376-12-41 A	"	7.51	6.01	0.240	210.0	635.0	3,925.0	257.0	25-50 cm in depth
26-2	377-12-4 B		7.88	7.21	0.192	285.0	285.0	3,750.0	150.0	
Average					0.199	201.3	320.3	9,140.0	374.4	

1-8. Eue Series (Ryukyu limestone soils)

27-1	389-Eu-1 A	Gusuku, Agarieue, Ie-son	7.95	7.20	0.243	249.5	615.7	7,850.0	215.5	17-42 cm in depth
27-2	390-Eu-1 B		8.09	7.49	0.143	205.5	200.0	7,300.0	155.0	
28-1	393-Eu-2 A	Hamasaki, Agarieue, Ie-son	8.22	7.81	0.114	245.0	457.5	5,800.0	325.0	42-64 cm in depth
28-2	394-Eu-2 B		8.32	7.80	0.201	144.2	135.0	13,300.0	215.0	
29-1	397-Eu-3 A	Gusuku-baru, Agarieue, Ie-son	7.19	6.81	0.234	185.5	420.5	2,030.0	150.0	Subsoil
29-2	398-Eu-3 B		7.21	6.78	0.130	163.5	135.0	2,180.0	155.0	
30	401-Eu-4 A	Kada-baru, Agarieue, Ie-son	6.00	5.67	0.175	142.5	360.0	1,140.0	157.5	
31	402-Eu-5 A	Maja, Ie-son	7.61	7.15	0.198	213.5	360.0	2,520.0	100.0	
32-1	403-Eu-6 A	"	7.75	7.45	0.179	163.5	250.0	2,710.0	110.0	35-60 cm in depth
32-2	404-Eu-4 B		7.81	7.30	0.126	147.0	167.5	2,400.0	67.5	
33-1	405-Eu-7 A	Uja-baru, Nishieue, Ie-son	7.95	7.61	0.243	147.0	535.0	3,720.0	172.5	42-63 cm in depth
33-2	406-Eu-5 B		8.53	7.79	0.110	165.2	142.5	1,850.0	103.0	
Average					0.175	181.0	315.7	4,404.1	161.5	

1-9. Nagara-baru Series (Ryukyu limestone soils)

Location No.	Soil No.	Locality	pH		Total N (%)	Available nutrients (ppm)				Remarks
			H ₂ O (1:1)	CaCl ₂ (1:2)		P	K	Ca	Mg	
34-1	391-Ng-1A	Hamasaki, Agarieue, Ie-son	8.49	7.70	0.219	173.3	120.0	4,500.0	180.0	45-76 cm in depth
34-2	392-Ng-1B		8.53	7.79	0.110	147.0	52.0	4,025.0	142.5	
Average					0.165	160.2	86.0	4,263.0	161.3	

1-10. Maizaku-baru Series (Ryukyu limestone soils)

35-1	399-Ma-1A	Kitanamizato, Agarieue, Ie-son	7.67	7.11	0.237	232.8	385.0	2,450.0	157.0	Subsoil
35-2	400-Ma-1B		7.13	6.79	0.201	178.5	135.0	1,780.0	103.0	
Average					0.219	205.7	260.0	2,115.0	131.0	

1-11. Inamine Series (Marl soils)

36	339-13-30A	Ganaha, Tomigusuku-son	7.21	7.40	0.159	590.1	600.0	2,750.0	312.0	
37	340-13-31A	"	8.05	7.95	0.462	225.8	210.0	13,200.0	612.0	
38	342-13-32A	China, Chinen-son	8.20	7.95	0.363	178.5	185.0	12,150.0	536.0	
39	355-13-33A	Maebashi-baru, Tomoyose, Kochinda-son	7.71	7.48	0.192	135.5	567.5	14,100.0	396.0	
40	356-13-34A	Kochinda, Kochinda-son	8.04	7.70	0.123	129.5	310.0	13,550.0	396.0	
Average					0.260	251.9	374.5	11,150.0	450.4	

1-12. Iju Series (Marl soils)

41	343-14-8A	Shinzato, Sashiki-son	7.50	7.70	0.011	163.5	585.5	13,200.0	420.0	
----	-----------	-----------------------	------	------	-------	-------	-------	----------	-------	--

1-13 Namizato Series (Paleozoic limestone soils)

42	371-15-7A	Ishikawa, Sakimotobu, Motobu-cho	7.51	6.91	0.252	248.5	600.0	6,025.0	387.5	
43	368-16-8A	Higashi-baru, Yamanoha, Yabu-son	7.81	7.11	0.213	185.5	660.0	5,625.0	237.5	
44	369-16-9A	Higashi-baru, Yamanoha, Yabu-son	8.11	7.52	0.198	165.2	202.5	7,300.0	275.0	
45	372-16-10A	Henachi-baru, Motobu-cho	4.85	4.54	0.338	168.0	600.0	3,200.0	412.5	
Average					0.250	191.8	515.6	5,537.5	328.1	

1-14. Gusuku Series (Paleozoic limestone soils)

46-1	395-Gu-1A	Agarieue, Ie-son	7.74	7.32	0.177	514.5	310.0	3,720.0	150.0	25-43 cm in depth
46-2	396-Gu-1B		7.36	6.96	0.140	259.0	142.0	1,740.0	130.0	
Average					0.159	386.8	226.0	2,730.0	140.0	

1-15. Gushiken Series(Paleozoic shale soils)

Location No.	Soil No.	Locality	pH		Total N (%)	Available nutrients (ppm)				Remarks
			H ₂ O (1:1)	CaCl ₂ (1:2)		P	K	Ca	Mg	
47	367-17-16 A	Todoroki-baru, Sukuta, Nago-cho	4.55	4.18	0.290	605.9	120.0	1,195.0	89.5	
48	382-17-17 A	Itton-baru, Furushima, Kamimotobu-son	5.28	4.19	0.317	188.0	185.0	125.0	30.0	
49	385-17-18 A	Nuhayama, Ogimi-son	5.13	4.73	0.148	563.9	392.5	775.0	102.5	
50	386-17-19 A	"	5.87	5.50	0.141	497.6	635.0	4,965.0	470.0	
51	387-17- 6 B	Nuha, Ogimi-son	5.15	4.41	0.118	490.4	417.5	1,050.0	47.5	
52	388-17- 7 B	"	5.01	4.01	0.136	175.0	67.5	125.0	32.5	
53-1	414-17-21 A	Takae, Higashi-son	4.35	3.85	0.165	165.5	567.5	200.0	470.0	27-47 cm in depth
53-2	415-17- 8 B	"	4.42	3.89	0.143	135.2	35.0	210.0	12.5	
54-1	426-17-22 A	Maehara Teniya, Kushi-son	4.54	3.95	0.182	234.5	120.0	340.0	40.0	Subsoil
54-2	427-17- 9 B	"	4.79	3.81	0.037	238.0	42.5	20.0	35.0	
55	428-17-23 A	"	4.66	3.91	0.097	225.8	127.5	200.0	52.5	
56-1	432-17-24 A	Izumikawahara, Abu, Kushi-son	4.55	4.02	0.128	210.0	402.5	620.0	47.5	Subsoil
56-2	433-17-10 B	"	4.49	3.90	0.134	133.7	67.5	230.0	27.5	
57	434-17-25 A	"	4.42	3.81	0.103	504.0	210.0	310.0	27.5	
58	440-17-26 A	Toyohara Kushi-son	4.90	3.81	0.057	151.2	127.5	80.0	32.5	
59	441-17-27 A	Kushi, Kushi-son	4.95	4.12	0.061	252.0	77.5	450.0	35.0	
Average					0.144	293.2	224.7	680.9	97.0	

1-16. Yanaza Series(Paleozoic shale soils)

60	348-18-26 A	Tsumasa-baru, Nakadomari, Onna-son	7.39	7.11	0.171	147.0	52.5	7,675.0	210.0	Mixed Paleozoic limestone
61	349-18-27 A	Tancha, Onna-son	5.26	4.82	0.098	171.5	60.0	6,175.0	164.0	
62	351-18-28 A	Kisen-baru, Onna-son	4.75	4.20	0.118	173.3	20.0	850.0	92.0	
63	352-18-29 A	"	4.51	4.26	0.154	213.5	117.5	1,050.0	194.0	
64	353-18-30 A	"	3.40	3.90	0.173	171.5	135.0	1,100.0	68.0	
65	354-18-31 A	Akamichi-baru, kise, Nago-cho	4.70	4.24	0.110	165.2	100.0	900.0	44.0	
66	359-18-32 A	North Ag. High School Farm, Ogimi-yama, Nago-cho	4.97	4.28	0.143	218.8	510.0	4,500.0	92.0	
67-1	363-18-33 A	North Ag. High School Farm, Yoriai-baru, Nago-cho	4.39	4.02	0.133	185.5	36.0	2,400.0	556.0	Subsoil
67-2	364-18- 8 B	"	5.42	4.98	0.093	147.0	167.5	675.0	1,175.0	
68	365-18-34 A	"	4.79	4.20	0.160	146.0	177.5	925.0	675.0	
69	373-18-36 A	Yanaza, Motobu-cho	4.70	4.09	0.136	243.5	135.0	600.0	50.0	

1-16. Yanaza Series (Paleozoic shale soils) —cont'd

Location No.	Soil No.	Locality	pH		Total N (%)	Available nutrients (ppm)				Remarks
			H ₂ O (1:1)	CaCl ₂		P	K	Ca	Mg	
70	380—18—36 A	Katsuusokona-baru, Kamimotobu-son	4.91	3.60	0.206	119.0	160.0	2,150.0	172.5	
71	381—18—37 A	Itton-baru, Furushima, Kamimotobu-son	4.37	3.45	0.207	131.3	335.0	400.0	60.0	
72	383—18—38 A	Yona, Kunigami-son	4.42	3.70	0.176	614.3	250.0	2,450.0	190.0	
73	384—18—39 A	"	4.25	3.81	0.329	656.3	260.0	675.0	72.0	
Average					0.161	233.6	167.7	2,168.3	254.3	

第 1 表によれば pH は石灰岩に由来するものは概ね中性乃至微アルカリ性を呈し、他の岩石に由来するものは酸性である。又、N 含量は一般に低く、0.011~0.485%，平均 0.163% であった。可給態リン酸含量は 113.8~871.5 ppm，平均 242.5 ppm で、平均以上含まれているものには名護統、屋部統、城統、具志堅統等がある。何れも表土の P 含量が大である。これは施肥の結果であるかもしれない。稲嶺統、屋部統を除き石灰質土壌は一般に可給態リン酸含量が低い。又、pH の低い安田、中川両統も P 含量が低い。

可給態カリは 20~600 ppm で平均 242.8 ppm であった。石灰質土壌のうち、糸洲、摩文仁、江上（エウエ）、稲嶺、伊集、並里統は可給態カリ含量が高い。沖積土壌（名護、伊豆味、屋部統）と国頭れき層土壌（安田、中川統）、粘板岩土壌（具志堅、屋名座両統）は可給態カリが低いことを示した。可給態石灰含量はいうまでもなく石灰質土壌が多い。

可給態マグネシウム含量は 2, 3 の例を除き一般に低く、平均 190.3 ppm であった。

第 2 表に土壌の各種型マンガ（置換性マンガ、易還元性マンガ、全マンガ量）、その母岩であろうと思われる岩石の全マンガ量と土壌に生育している作物の葉中の全マンガの定量結果を表示した。

Table 2. Manganese contents of Soils, rocks, and crops in Okinawa.

2-1. Nago Series (Alluvial soils)

Location No.	Soil No.	Locality	Mn content in soils (ppm)			Rock		Crop	
			Exch-angeable	Easily-reducible	Total	Name & No.	Total Mn (ppm)	Name & No.	Total Mn (ppm)
1-1	423- 2-45 A	Aha, Kunigami-son	7.70	45.00	350.0			Sugar cane	
1-2	424- 2-11 B		5.90	53.00	500.0			62-B-5	75.0
								62-S-5	80.0
2-1	435- 2-46 A	Fukuchi-baru, Mihara, kushi-son	1.30	3.70	50.0			Santosai	
2-2	436- 2-12 B		1.45	10.80	35.0			2-5	17.5
								Citrus	
								11	27.0
3	437- 2-47 A	"	2.20	10.80	15.0				

2-2. Izumi Series (Alluvial soil)

4	374- 5- 5 A	Izumi, Motobu-cho	21.90	174.00	1,100.0	Paleozoic limestone		Sugarcane	
						27	620	38-B-5	162.5
						28	220	38-S-5	129.0

2-3. Yabu Series (Alluvial soils)

Location No.	Soil No.	Locality	Mn content in soils (ppm)			Rock		Crop	
			Exchangeable	Easily reducible	Total	Name & No.	Total Mn (ppm)	Name & No.	Total Mn (ppm)
5	359-6-10A	Shikine-baru, Ota, Onna-son	9.30	19.75	355.0			Sweet potato 38-B 38-P 38-V	36.3 10.0 10.0
6-1	416-6-11A	Ada, Kunigami-son	0.20	21.00	540.0			Sugarcane 58-B-5 58-S-5	67.5 40.0
6-2	417-6-4B		1.90	8.00	210.0				
7	418-6-12A	"	0.50	19.20	970.0			Sugarcane 59-B-5 59-S-5 60-B-5 60-S-5 Sweet potato 52-B 52-P 52-V	5.0 10.0 5.0 7.5 43.5 10.0 7.5

2-4. Ada Series (Kunigami Gravel soils -- Old alluvial soils)

Contd.

8	370-9-12A	Shiokawa-baru, Motobu-cho	4.50	91.00	105.0	Kunigami gravel 22	275	Sugarcane 35-B-5 35-S-5	132.0 124.8
9-1	429-9-13A	Teniya-baru, Teniya, Kushi-son	0.65	2.7	30.00			Pineapple 13	10.0
9-2	430-9-4B		0.30	0.6	35.00				
10	431-9-14A	"	1.50	1.6	30.00			Sugarcane 63-B-5 63-S-5	20.0 10.0

2-5. Nakagawa Series (Kunigami Gravel soils - Old alluvial soils)

11	360-10-23A	North Ag. High School Farm, Yoriai-baru, Nago-cho	35.07	170.70	600.0	Sandstone 16	100.00	Pineapple 3	665.0
12	361-10-24A	"	17.80	432.00	1,440.0	Sandstone 17	1,470.00	Pineapple 4	882.5
13	366-10-25A	"	278.07	338.00	925.0	Sandstone 18	1,975.00	Sugarcane 31-B-5 31-S-5	377.5 355.8
14-1	419-10-26A	Mitsukuri, Aha, Kunigami-son	0.80	1.60	143.5			Sugarcane 61-B-5 61-S-5	37.5 67.5
14-2	420-10-4B		0.60	1.74	120.0				
15	421-10-27A	"	0.50	3.00	65.0			Pineapple 11	10.0
16	422-10-29A	"	0.20	6.83	75.0			12	25.0
17	425-10-29A	Ada, Kunigami-son	0.30	1.30	120.0			Citrus 5 6	3.50 2.50
18-1	438-10-30A	Toyohara-baru, Kushi-son	0.20	3.48	110.0			Sugarcane 65-B-5 65-S-5	20.0 55.0
18-2	439-10-6B		0.40	2.20	155.0				

2-6. Itozu Series (Ryukyu limestone soils)

19-1	378-11-35A	Takara-baru, Bise, Kamimotobu-son	2.67	472.00	1,325.0	Ryukyu limestone 32	385.00	Sugarcane 41-B-5 41-S-5	55.0 92.5
19-2	379-11-4B		0.90	164.00	925.0				

2-7. Mabuni Series (Ryukyu limestone soils)

Loc- ation No.	Soil No.	Locality	Mn content in soils (ppm)			Rock		Crop	
			Excha- ngeable	Easily reduci- ble	Total	Name & No.	Total Mn (ppm)	Name & No.	Total Mn (ppm)
20	341-12-35 A	Nta-baru, Maezato, Ito- man-cho	2.60	18.60	1,293.8	Ryukyu limestone 2	190.0	Sweet potato 35-B 35-P 35-V Sugarcane 22-B-5 22-S-5	22.5 27.5 11.8 160.4 137.5
21-1 21-2	344-12-36 A 345-12-2 B	Uehara, Oushi- ma, Tamagi- son	1.20 0.40	17.20 56.00	1,103.3 687.5	Ryukyu limestone 5	75.0	Sorghum 1	43.4
22-1 22-2	346-12-37 A 347-12-3 B	Kira-baru, Tamagi-son	18.40 3.50	28.00 26.50	262.5 187.5	Ryukyu limestone 6	40.0	Sweet potato 37-B 37-P 37-V	185.0 63.8 52.5
23	357-12-38 A	Minatoue- baru, Gushi- chan-son	0.60	220.00	1,775.0	Ryukyu limestone 13	465.0	Sugarcane 29-B-5 Sweet potato 39-B 39-P 39-V	57.0 81.3 52.5 31.7
24	358-12-39 A	Gushichan, Gushichan- son	4.90	67.33	160.0	Ryukyu limestone 14	105.0		
25	375-12-40 A	Iwaya-baru, Toyohara, Kamimotobu- son	2.67	488.00	1,625.0	Ryukyu limestone 29	695.0	Sugarcane 39-B-5 39-S-5	42.5 53.5
26-1 26-2	376-12-41 A 377-12-4 B	"	6.67 1.13	960.00 866.00	2,400.0 3,350.0	Ryukyu limestone 30 Concretion 31	110.0 6,100.0	Sugarcane 40-B-5 40-S-5	106.7 28.0

2-8. Eue Series (Ryukyu limestone soils)

27-1 27-2	389-Eu-1 A 390-Eu-1 B	Gusuku, Agarieue. Ie-son	3.25 0.20	666.00 468.00	2,150.0 3,250.0	Ryukyu limestone 43	216.7	Sugarcane 44-B-5 44-S-5	25.5 20.0
28-1 28-2	393-Eu-2 A 394-Eu-2 B	Hamasaki, Agarieue, Ie-son	2.20 3.10	504.00 552.0	2,250.0 2,325.0	Ryukyu limestone 44	245.0	Sugarcane 46-B-5 46-S-5	42.5 38.8
29-1 29-2	397-Eu-3 A 398-Eu-3 B	Gusuku-baru, Agarieue, Ie-son	0.70 25.00	272.00 528.00	1,575.0 1,550.0	Ryukyu limestone 46 Mn Concretion 47	240.0 13,600.0	Sugarcane 48-B-5 48-S-5 Sweet Potato 42-B 42-P 42-V 43-B 43-P 43-V	70.0 95.0 25.0 21.0 15.0 60.0 11.8 9.2
30	401-Eu-4 A	Kada-baru Ie-son	20.50	220.00	3,050.0	Ryukyu limestone 49	295.0	Sugarcane 50-B-5 50-S-5 Sweet potato 44-B 44-P 44-V	102.5 112.5 52.5 37.5 10.0

2-13. Namizato Series (Paleozoic limestone soils)

Loc- ation No.	Soil No.	Locality	Mn content in soils(ppm)			Rock		Crop	
			Excha- ngeable	Easily reduci- ble	Total	Name & No.	Total Mn (ppm)	Name & No.	Total Mn (ppm)
42	371-15-7A	Ishikawa, Sakimotobu, Motobu-cho	0.80	588.00	1,500.0	Paleozoic limestone 23	55.0	Sugarcane 36-B-5 36-S-5	264.0 215.0
43	368-16-8A	Higashibaru, Yamanoha, Yabu-son	1.80	65.33	310.0	Paleozoic limestone 20	32.5	Sugarcane 33-B-5 33-S-5	141.3 114.3
44	369-16-9A	"	2.80	268.00	530.5	Paleozoic limestone 21	67.5	Sugarcane 34-B-5 34-S-5 Guava tree 2	79.2 58.5 17.5
45	372-16-10A	Henachi-baru, Motobu-cho	1.30	192.00	750.0	Paleozoic limestone 24	20.0	Sugarcane 37-B-5 37-S-5	282.5 179.2

2-14. Gusuku Series (Paleozoic limestone soils)

46-1	395-Gu-1A	Agrieue,	0.30	295.00	4,275.0	Paleozoic limestone 45	1,008.0	Sugarcane 47-B-5 47-S-5	53.5 56.3
46-2	395-Gu-1B	Ie-son	7.50	832.00	3,900.0				

2-15. Gushiken Series (Paleozoic shale soils)

47	367-17-16A	Todoroki- baru, Sukuta, Nago-cho	73.00	250.00	340.0	Shale 19	135.0	Sugarcane 32-B-5 32-S-5	92.5 141.3
48	382-17-17A	Itton-baru, Furushima, Kamimotobu-son	9.60	27.30	250.0			Sugarcane 43-B-5 43-S-5	235.0 178.8
49	385-17-18A	Nuhayama, Ogimi-son	27.70	426.00	1,200.0	Paleozoic shale 39	720.0	Citrus	15.0
50	386-17-19A		13.80	78.00	5,025.0	40	550.0		
51	387-17-6B	Nuha,	0.30	0.40	87.0	Paleozoic shale 41	210.0	Citrus	12.3
52	388-17-7B	Ogimi-son	0.60	0.80	100.0				
53-1	414-17-21A	Takae,	0.20	2.00	75.0	Paleozoic shale 59	75.0	Pineapple 9 10	2.5 55.0
53-2	415-17-8B	Higashi-son	0.10	1.60	20.0				
54-1	426-17-22A	Maehara, Teni- ya.Kushi-son	0.60	3.40	35.0	Paleozoic shale 61	75.0	Citrus 7 8	6.7 9.0
54-2	427-17-9B		0.50	1.74	25.0				
55	428-17-23A		1.40	2.30	50.0				
56-1	432-17-24A	Izumikawa- hara, Abu,	0.60	1.50	115.0			Citrus 9 10	20.0 20.0
56-2	433-17-10B		0.40	1.40	185.0				
57	434-17-25A	Kushi-son	0.60	2.10	100.0				
58	440-17-26A	Toyohara, Kushi-son	0.80	1.65	45.0	Paleozoic shale 62	65.0	Pineapple 14	5.0
59	441-17-27A	Kushi, Kushi-son	0.20	1.20	40.0	" 63	50.0	Citrus 12	37.5

2-16. Yanaza Series (Paleozoic shale soils)—cont'd

60	348-18-26A	Tsumasa-baru, Nakadomari, Onna-son	1.80	4.25	150.0	Paleozoic shale 7	1,202.5	Sugarcane 25-B-5 25-S-5	81.3 29.8
61	349-18-27A	Tancha, Onna-son	1.90	4.13	1,350.0	" 8	90.0	Sugarcane 26-B-5 26-S-5	23.3 40.0
62	351-18-28A	Kisen-baru,	1.30	4.88	65.0			Pineapple 1	111.3
63	352-18-29A	Onna-son	1.40	5.75	15.0				
64	353-18-30A		1.50	4.63	20.0				
65	354-18-31A	Akamichi- baru, Kise, Nago-cho	1.10	0.87	50.0	Paleozoic shale 9	43.0	Pineapple 2	36.3

2-16. Yanaza Series (Paleozoic shale soils) —cont'd

Location No.	Soil No.	Local-ity	Mn content in soils (ppm)			Rock		Crop	
			Excha-geable	Easily-reduc-ible	Total	Name & No.	Total Mn (ppm)	Name & No.	Total Mn (ppm)
66	359-18-32 A	North. Agric. High School Farm, Ogimi-yama, Nago-cho	1.00	3.75	115.0	Paleozoic shale 15	170.0	Tea plant 1	43.3
67-1 67-2 68	363-18-33 A 364-18-8 B 365-18-34 A	N. Ag. High School Farm, Yoriai-baru, Nago-cho	14.40 3.27 11.40	64.00 11.20 37.40	240.0 135.0 300.0	Paleozoic shale 18	1,950.0	Citrus 1	67.5
69	373-18-35 A	Yanaza, Motobu-cho	16.33	108.00	435.0	" 25 26	1,003.3 332.5	Pineapple 5-4 5-5	655.0 670.0
70	380-18-36 A	Katsuusokona-baru, Kamimotobu-son	1.25	87.50	240.0	" 33	480.0	Sugarcane 42-B-5 42-S-5	125.0 18.8
71	381-18-37 A	Itton-baru, Furushima Kamimotobu-son	3.60	6.10	165.0	" 34 35	212.5 30.0	Pineapple 6	268.8
72 73	383-18-38 A 384-18-39 A	Yona, Kunigami-son	29.20 25.30	190.00 273.00	700.0 610.0	" 37 38	930.0 810.0	Acacia confusa 1 2 Pineapple 7 8 Citrus 2	85.0 79.0 526.3 267.5 17.5

土壤の水溶性マンガンの定量を試みたが、殆んど陰性であったので取止め、上記の如く置換性、易還元性、全マンガンを定量するに止めた。

1) 土壤の各種マンガン含量

第2表によれば土壤の置換性マンガン量は0.10~278.07 ppmである。278.07 ppmを示したのは1例である。之は北部農林高校寄合原農場の土壤で明らかにマンガン過剰障害を有するようと思われる、パイナップルは黄化していた。これを除いて、他のものの平均を取ってみると5.92 ppmであった。土壤中の易還元性マンガン含量は0.40~960.00 ppmで平均169.05 ppmを示した。土壤中の全マンガンは15~5'025 ppm平均912.5 ppmであった。全マンガンは前回に報告したのと大体同様な傾向を示している。即ち石灰岩質土壤はその含量が大であり、粘板岩土壤、国頭礫層土壤はその含量が低い。しかし、第2表のNo.11, 12, 13は含量が極めて高いが、マンガン含量の高い砂岩の影響を受けているものと思われる。今その状態を知るため、各統別に3つの型のマンガン含量平均値を記すと第3表の如くである。此3つの型のマンガン間には相関々係は見出されなかった。粘板系土壤（頁岩土壤）のマンガン含量の低いことは志波、児平⁴⁴も指摘している。

塩入、吉田⁴⁷によれば老朽化水田では活性マンガン量が低く、健全田で48~218 ppmであるに対し、老朽化水田では0~26 ppmであったことを報告している。著者等と定量法が異なるので比較にならないと思われるが、屋部統、中川統、安田統、具志堅統、屋名座統にマンガン欠乏の可能性があろう。又pHの点から⁴³糸洲、摩文仁、江上、長良原、稲嶺、伊集、城統等にその可能性があろう。

(1) 土壤の置換性マンガン量

置換性マンガンの頻度分布を見ると5 ppm以下が73.7%を占め、30 ppm以下で97%を占めている(第4表参照)

Table 3. Mean values of exchangeable, easily reducible, and total manganese content of each soil series.

No.	Soil series	Mean values of manganese content(ppm)			Number of soils	Remarks	
		Exchangeable	Easily reducible	Total			
1	Nago	3.71	24.66	190.0	5	Excluded 3 soils of high Mn content	
2	Izumi	21.90	174.00	1,100.0	1		
3	Yabu	2.98	16.99	518.8	4		
4	Ada	1.74	23.98	50.0	4		
5	Nakagawa	0.45	2.88	112.7	7		
6	Itosu	1.79	312.00	1,125.0	2		
7	Mabuni	4.21	274.80	1,285.0	10		
8	Eue	6.98	483.00	2,599.0	12		
9	Nagara-baru	2.60	254.00	1,012.5	2		
10	Maizaku-baru	12.23	295.80	1,387.5	2		
11	Inamine	4.84	92.84	684.4	5		
12	Iju	1.90	26.30	555.0	1		
13	Namizato	1.68	278.33	772.7	4		
14	Gusuku	3.90	574.00	4,037.3	2		
15	Gushiken	8.15	50.09	480.8	16		Excluded 4 soils of high Mn content
	"	0.53	1.67	73.1	12		
16	Yanaza	7.65	53.70	306.0	15		

Table 4. Frequency distribution of exchangeable manganese

Exchangeable Mn (ppm)	Number of soils	Frequency (%)
0 - 5	70	73.7
5 - 10	7	7.4
10 - 15	4	4.2
15 - 20	4	4.2
20 - 25	4	4.2
25 - 30	3	3.2
30 - 35	0	0.0
35 - 75	2	2.1
278	1	1.0
	95	100.0

(2) 土壤の易還元性マンガン量

次に易還元性マンガンの頻度分布を見ると第 5 表の通りである。50ppm以下が51.6%を占めている。而もこのうち全サンプルの33.7%は10ppm以下であった。

Table 5. Frequency distribution of easily reducible manganese

Easily reducible Mn (ppm)	Number of soils	Frequency (%)
0 - 50	49	51.6
50 - 100	9	9.5
100 - 200	8	8.4
200 - 300	9	9.5
300 - 400	4	4.2
400 - 500	5	5.3
500 - 600	6	6.3
600 - 700	1	1.0
700 - 800	0	0.0
800 - 900	2	2.1
900 - 1000	2	2.1
	95	100.0

(3) 土壤の全マンガン量

次に全マンガンの頻度分布を示すと第6表の通りである。全マンガン含量には非常な広がりのあることがわかる。

Table 6. Frequency distribution of total manganese

Total manganese (ppm)	Number of soils	Frequency (%)
0 - 100	22	23.2
100 - 200	15	15.8
200 - 500	12	12.6
500 - 1000	16	16.8
1000 - 2000	16	16.8
2000 - 3000	6	6.3
3000 - 4000	5	5.3
4000 - 5000	2	2.1
5000 -	1	1.1
	95	100.0

3つの型のマンガン含量間に相関々係があるかどうかを検定した結果は何れも相関は見出されず、可溶化には他の因子が働いているであろうことを示した。

2) 岩石中の全マンガン含量

岩石中の全マンガン含量(第1表参照)については非常にまちまちで、その岩石から生成されたと思われる土壤中の全マンガンとの間に相関々係はないように思われる。例えば琉球石灰岩、古生界石灰岩は全マンガン含量が高くないが土壤の全マンガン含量は高い。各岩石毎の全マンガン量とそれから誘導された土壤中の全マンガンの平均値を記すと第7表の通りである。

Table 7. Mean values of total manganese content of rocks and soils derived from the corresponding rocks

Rock name	Total manganese content (ppm)	
	Rocks (number of rocks)	Soils (number of soils)
Paleozoic limestone	289.0(7)	1,766.5(7)
Paleozoic shale	419.1(21)	480.5(24)
Ryukyu limestone	299.9(16)	1,887.0(26)
Marl	390.8(6)	662.8(6)

岩石中マンガン結核は岩石31で6,100 ppm, 岩石47は13,600 ppm, 岩石51は14,400 ppmを示した。又砂岩や粘板岩の中にマンガン含量の比較的高いものがあった。例えば岩石17, 18は砂岩でそれぞれ1,470, 1,975 ppmを示し、岩石7, 18, 25は粘板岩で夫々1,202 ppm, 1,995 ppm, 1,003 ppmを与えた。

3) 作物組織中の全マンガン量

作物の葉中の全マンガン量を第2表にかかげたが、之を作物別に分け、又その生育している土壤の3形態のマンガン量を併せて示すと第8表の通りである。本表では1—甘蔗, 2—甘藷, 3—パイナップル, 4—ミカン, 5—雑(山東菜, 高粱, 大根, インゲン, バンジロ, 茶, ソウシジュ)に分けて

表示した。

Table 8. Content of crop leaf manganese and three types of soil manganese. (ppm -Oven dry basis)

8-1. Suagar cane and related soils

Location No.	Crop No.	Total Mn (ppm)	Sampling date	Soil manganese content(ppm)			Remarks
				Exchange-able	Easily reducible	Total	
1	62-B-5*	75.0	12/19/1969	6.9	49.00	425.0	Typhoon No.12 on 10/7/1969
	62-S-5	80.0					
2	38-B-5	162.5	6/15/1969	21.90	174.00	1,100.0	
	38-S-5	129.0					
3	58-B-5	67.5	12/18/1969	1.05	14.50	375.0	Typhoon No.12 on 10/7/1969
	58-S-5	40.0					
4	59-B-5	5.0	12/19/1969	0.50	19.20	970.0	Typhoon No.12 on 10/7/1969
	59-S-5	10.0					
	60-B-5	5.0					
	60-S-5	7.5					
5	35-B-5	132.0	9/14/1969	4.50	91.00	105.0	
	35-S-5	124.8					
6	63-B-5	20.0	12/25/1969	1.50	1.60	30.0	Typhoon No.12 on 10/7/1969
	63-S-5	10.0					
7	31-B-5	377.5	5/6/1969	278.07	338.00	925.0	
	31-S-5	355.8					
8	61-B-5	37.5	12/19/1969	0.53	3.29	98.4	Typhoon No.12 on 10/7/1969
	61-S-5	67.5					
9	65-B-5	20.0	12/26/1969	0.30	5.68	132.5	Typhoon No.12 on 10/7/1969
	65-S-6	55.0					
10	41-B-5	55.0	7/12/1969	1.79	318.00	1,125.0	
	41-S-5	92.5					
11	22-B-5	160.4	5/3/1969	2.60	18.60	1,293.8	
	22-S-5	137.5					
12	39-B-5	42.5	7/12/1969	2.67	488.00	1,625.0	
	39-S-5	53.5					
13	40-B-5	106.7	7/12/1969	3.90	913.00	2,875.0	
	40-S-5	28.0					
14	44-B-5	25.5	9/9/1969	1.73	562.00	2,700.0	Typhoon No.9 on 8/20/1969
	44-S-5	20.5					
15	46-B-5	42.5	9/9/1969	2.65	528.00	2,288.0	Typhoon No.9 on 8/20/1969
	46-S-5	38.8					
16	48-B-5	70.0	9/10/1969	12.85	245.00	1,562.5	Typhoon No.9 on 8/20/1969
	48-S-5	95.0					
17	50-B-5	102.5	9/10/1969	20.50	220.00	3,050.0	Typhoon No.9 on 8/20/1969
	50-S-5	112.5					
18	51-B-3	60.0	9/10/1969	19.50	504.00	1,937.0	Typhoon No.9 on 8/20/1969
	51-S-3	41.8					
	51-B-4	58.8					
	51-S-4	43.5					
	51-B-5	41.7					
	51-S-5	63.8					

(cont' d)

* First figures are No. in order: Second letters;
B=blade, S=sheath: last figures are leaf numbers.

Table 8. Content of crop leaf manganese and three types of soil manganese (ppm—oven dry basis) .

8-1 Sugar cane and related soils (cont'd)

Location No.	Crop No.	Total Mn (ppm)	Sampling date	Soil manganese content (ppm)			Remarks
				Exchange-able	Easily reducible	Total	
19	52-B-5	57.5	9/10/1969	2.10	380.00	4,106.3	Typhoon No.9 on 8/20/1969
	52-S-5	68.6					
20	53-B-5	52.5	9/10/1969	2.55	666.00	2,443.8	Typhoon No.9 on 8/20/1969
	53-S-5	69.3					
21	45-B-5	17.5	9/9/1969	2.60	254.00	1,012.5	Typhoon No.9 on 8/20/1969
	45-S-5	35.5					
22	49-B-5	90.0	9/10/1969	12.23	295.80	1,387.5	Typhoon No.9 on 8/20/1969
	49-S-5	121.3					
23	23-B-3	18.3	5/31/1969	1.30	22.40	743.3	
	23-S-3	13.3					
24	36-B-5	264.0	6/14/1969	0.80	588.00	1,500.0	
	36-S-5	215.0					
25	33-B-5	141.3	6/9/1969	1.80	65.33	310.0	
	33-S-5	114.3					
26	34-B-5	79.2	6/7/1969	2.80	268.00	530.5	
	34-S-5	58.5					
27	37-B-5	282.5	6/14/1969	1.30	192.00	750.0	
	37-S-5	179.2					
28	47-B-5	53.5	9/10/1969	3.90	574.00	4,087.5	Typhoon No.9 on 8/20/1969
	47-S-5	56.3					
29	32-B-5	92.5	6/6/1969	73.00	250.00	340.0	
	32-S-5	141.3					
30	43-B-5	235.0	7/13/1969	9.60	27.30	250.0	
	43-S-5	178.8					
31	64-B-5	2.5	12/25/1969	0.80	1.67	133.3	Typhoon No.12 on 10/7/1969
	64-S-5	2.5					
32	25-B-5	81.3	5/22/1969	1.80	4.25	150.0	
	25-S-5	29.8					
33	26-B-5	23.3	5/22/1969	1.90	4.13	1,350.0	
	26-S-5	40.0					
34	42-B-5	125.0	7/12/1969	1.25	87.50	240.0	
	42-S-5	18.8					

8-2. Sweet potato and related soils (cont'd)

Location No.	Crop No.	Total Mn (ppm)	Sampling date	Soil manganese content (ppm)			Remarks
				Exchange-able	Easily reducible	Total	
1	38-B	36.3	5/22/1969	9.30	19.75	355.0	
	38-P	10.0					
	38-V	10.0					
2	52-B	43.5	12/19/1969	0.50	19.20	970.0	No influence of Typhoon No.12 of 10/7/1969
	52-P	10.0					
	52-V	7.5					
3	40-B	113.8	7/12/1969	1.79	318.00	1,125.0	
	40-P	40.0					
	40-V	45.9					
4	35-B	22.5	5/3/1969	2.60	18.60	1,293.8	
	35-P	27.5					
	35-V	11.8					
5	37-B	185.0	5/10/1969	10.93	27.25	225.0	
	37-P	63.8					
	37-V	52.5					
6	39-B	81.3	5/31/1969	0.60	220.00	1,775.0	
	39-P	52.5					
	39-V	31.7					

Table 8. Content of crop leaf manganese and three types of soil manganese (ppm—overn dry basis) .

8—2. Sweet potato and related soils (cont'd)

Location No.	Crop No.	Total Mn (ppm)	Sampling date	Soil manganese content (ppm)			Remarks
				Exchange-able	Easily reducible	Total	
7—1	42—B *	25.0	9/10/1969	12.85	400.00	1,562.5	No influence of Typhoon No. 9 on 8/20/1969
	42—P	21.0					
	42—V	15.0					
7—2	43—B	60.0					
	43—P	11.8					
	43—V	9.2					
8	44—B	52.5	9/10/1969	20.50	220.00	3,050.0	"
	44—P	37.5					
	44—V	10.0					
9—1	45—B	85.0	9/10/1969	2.55	666.00	2,443.8	"
	45—P	7.5					
	45—V	15.0					
9—2	46—B	71.3					
	46—P	23.8					
	46—V	23.8					
10	41—B	178.8	9/9/1969	2.60	254.00	1,012.5	"
	41—P	50.8					
	41—V	35.0					
11	36—B	56.3	5/5/1969	1.30	22.40	743.3	"
	36—P	17.5					
	36—V	11.3					

* B=leaf blade; P=leaf petiole; V=vein

8—3. Pineapple crops and related soils.

1	13	10.0	12/25/1969	0.48	1.65	32.5	Typhoon No. 12 on 10/7/1969
2	3	665.0	6/6/1969	35.05	170.70	600.0	
3	4 *	882.5	"	17.80	432.00	1,440.0	
4	11	10.0	12/19/1969	0.63	2.11	109.5	Typhoon No. 12 on 10/7/1969
5	12	25.0	"	0.20	6.83	75.0	"
6	9	2.5	12/18/1969	0.15	1.80	47.5	"
7	10 *	55.0	"	"	"	"	"
8	14	5.0	12/26/1969	0.80	1.65	45.0	"
9	1	111.3	5/22/1969	1.30	4.88	65.0	
10	2	36.3	"	1.10	0.87	50.0	
11	5—4	655.0	6/4/1969	16.33	108.00	435.0	
	5—5	670.0					
12	6	268.8	7/12/1969	3.60	6.10	165.0	
13	7	526.3	7/28/1969	29.20	190.00	700.0	
14	8	267.5	"	25.30	273.00	610.0	

* chlorotic leaves

Table 8. Content of leaf manganese and three type of soil manganese (ppm—oven dry basis) —cont'd

8—4. Citrus trees and related soils

Location No.	Crop No.	Total Mn (ppm)	Sampling date	Soil manganese content(ppm)			Remarks
				Exchange-able	Easily reducible	Total	
1	11	27.0	12/26/1969	1.38	7.25	42.5	Typhoon No. 12 on 10/7/1969
2	5 * 6	3.5 2.5	12/19/1969	0.30	1.30	120.0	Typhoon No. 12 on 10/7/1969
3	3	15.0	7/29/1969	20.75	252.00	3,112.5	
4	4	12.3	7/30/1969	0.45	0.60	93.5	
5	7 8	6.7 9.0	12/25/1969	0.53	2.57	30.0	"
6	9	20.0	12/25/1969	0.50	1.45	150.0	"
7	10	20.0	"	0.60	2.10	100.0	"
8	12	37.5	12/26/1969	0.20	1.20	40.0	"
9	1	67.5	6/6/1969	8.84	37.60	187.5	
10	2	17.5	7/28/1969	25.30	273.00	610.0	

* chlorotic leaves

3—5. Miscellaneous crops and related soils

1	Santosai 1	23.0	5/3/1969	10.90	19.60	689.4	No influence of typhoon No.12
2	2	17.5	12/26/1969	1.36	7.25	42.5	
1	Sorghum 1	43.3	5/10/1969	0.80	36.60	897.9	
1	Radish 1	15.0	5/3/1969	9.74	37.20	721.9	
1	Field bean 1	14.5	5/3/1969	10.90	19.60	656.8	
1	Guava tree 1 2	70.1	5/22/1969	1.50	4.63	20.0	
2		17.5	6/7/1969	2.80	268.00	530.5	
1	Tea plant 1	43.3	6/6/1969	1.00	0.87	50.0	
1—1	<i>Acacia confusa</i> 1 2	85.0 *	7/28/1969	29.20	190.00	700.0	* Younger leaves * * Older leaves
1—2		79.0 * *					

(1) 甘蔗葉のマンガ量と土壌マンガ

甘蔗葉分析結果を見ると葉身、葉梢を通じて最低2.5 ppmから最高377.5 ppmに及んでいる。台風の影響を受けたと思われるものは含量が低く、地点 31のは2.5 ppmに過ぎなかった。之は台風の影響で損傷を受けて枯死状態になっているためと思われる。又この葉やその他台風の影響を受けているもの

は、葉梢よりも葉身の方のマンガン含量が低くなっている。後でのべるように、台風の影響を受けてないものとは反対である。

台風の影響を受けないもののマンガン含量は、13.3~377.5 ppmとなり又葉身と葉梢のマンガン含量の平均を取ってみると、葉身のマンガン平均が、139.9 ppmで葉梢のマンガン平均が、112.4 ppmとなり葉身のマンガン量が大であった。葉中マンガんと土壌の置換性、易還元性、全マンガんとの間には相関は見出されなかった。是には他のいろいろの因子¹⁶⁾が影響しているのであろう。例えばサンプルが季節の異ったものであることも大きく影響しているであろう。

1例ではあるが地区18, 作物番号51については収穫中の畑に遭遇したので葉番号3, 4, 5を採取することができた。これを分析した結果は台風の後であったため、No.5は分析が栄養判定に不向であることを示した。即ちNo.3が葉身60ppm, 葉梢41.8ppmであったのに対してNo.5では葉身41.7ppm, 葉梢63.8ppmを示した。之は葉の先端が枯れていたのに原因があるろう。又葉梢のマンガン量が高くなっているのは興味ある問題で、将来その原因を確かめる必要がある。他のサンプルについても台風被害を受けた葉の葉梢はマンガン量が増加しているように思われるからである。

(2) 甘藷葉中のマンガン量と土壌マンガン

甘藷は葉身、葉柄、蔓の3つの部分に分けて分析表示したが、一般にいて葉身のマンガン含量が高く、次で葉柄、蔓の順となっている。各部分のマンガン量は葉身で22.5~185 (平均77.7) ppm, 葉柄が7.5~63.8 (平均27.7) ppm, 蔓が7.5~52.5 (平均21.4) ppmとなった。

これらのマンガン含量と土壌の3型マンガン量との間には、甘藷と同様相関は見出されなかった。

(3) パインアップル葉中マンガンと土壌マンガン

パインアップルの葉中マンガン量は2.5から882.5 ppmにまたがり平均89.7 ppmを示した。Crop No. 4と10は黄化葉である。No.10の場合は台風の影響もあると思われるのではっきりしないがNo. 4は明らかにマンガン過剰障害と考えられる。併し之は青木、森田³⁻⁷⁾の指摘しているようにFe/Mn比に原因しているのかもしれない。台風の影響が考えられるのは地点番号4~8及地点1であるがマンガン含量が低いものがある(地点1, 4, 6, 5)。葉にマンガン不足らしい症状はなかったので台風被害で枯死葉が出た結果マンガン含量が低く出たものと思われる。台風の被害を受けてないものについて見ると葉中Mn量は36.3~882.5 ppm, 平均453.6 ppmとなる。地点2のマンガン含量は相当高いに拘らず葉には過剰障害らしきものは見受けられなかったので、この辺の量がマンガンの大した害を受けない上限を示すのかも知れない。

土壌マンガンと三型マンガンと葉中マンガンの関係を見ると何れも高い相関が見られ他の作物とは異った結果が得られた。葉中マンガンと置換性、易還元性、全マンガんとの間関係数は夫々 $r = 0.7784, 0.7804, 0.8616$ であった。之はパインアップルの吸収力が大きいことを示すのかも知れない。又採取時期が15サンプル中4例を除いて夏であったのにもよるかもしれない。

(4) ミカン類葉中マンガンと土壌マンガン

ミカン類の葉は10地区から採取したが、大部分は台風後であった。併し新梢を採取したので、葉は損傷を受けていなかった。第8表4によれば葉中のマンガン含量は2.5~67.5 (平均19.7) ppmであったCrop No. 5, 6と7, 8は特に低い結果を得た。5, 6は同一畑の症状を現わしたものと現わしてないものを採取したのであるが、大した差は得られないので何れもMn欠乏葉と考えられる。外の作物でも触れたようにDeficient levelがどれ位になるかこれでは判明しない。この基準は季節によっても異っている。即ち気温の低い冬は低いであろうし、夏は高くなければならぬと考えられる。

葉中マンガンと置換性、易還元性、全マンガんとの間には相関は見出されなかった。

(5) 其他の作物のマンガンと土壤マンガン

8—5表では山東菜2例, 高粱1例, 大根1例, インゲン1例, バンジロ2例, 茶葉1例, ソウシジュ2例の分析を参考までにあげたに過ぎない。

IV 作物のマンガン含量と土壤マンガンに関する論議

1) 葉中マンガンと土壤マンガン

各作物葉中のマンガン含量を見ると大きな差異があるように思われる。今, 各作物のマンガン含量の範囲及び平均を表示して見ると第9表の如くである。この表から分かるように4作物を比較するとパイナップルのマンガン含量が最大で甘蔗, 甘藷, ミカンの順序となり, ミカン葉のマンガン含量が最低である。

Table 9. Range and mean values of four crop leaf manganese content

Crop name	Manganese content range (ppm)	Mean value of Mn (ppm)	Number of samples
Sugar cane			
Leaf blade	2.5—377.5 (18.3—377.5) *	88.74 (139.94) *	37 (17) *
Leaf sheath	2.5—355.8 (13.3—355.8) *	79.72 (112.36) *	37 (17) *
Sweet potato			
Leaf blade	22.5—185.0	77.79	13
petiole	7.5— 63.8	23.75	13
vein	7.5— 52.5	21.44	13
Pineapple			
Leaf blade	2.5—882.5 (36.3—882.5) *	279.35 (510.34) *	15 (8) *
Citrus leaf	2.5— 67.5	19.88	12

* No influence of typhoon.

パイナップルの葉中マンガンの高いことは同一地区でもそれが伺われる。そのよい例は地点12, 13である。パイナップル葉が882.5 ppmであるのに対して甘蔗葉身は377.5 ppmであった。但し比較は台風の影響を受けていないことと季節が同じでなければならない。

パイナップル以外の作物については葉中マンガンと土壤3型マンガンの何れとも相関は見出されなかった。これは、前記したように葉中のマンガン含量に影響する因子が異っているためであろう。高橋, 安松, 河郎, 大関ら(38,47,50,54)は「タバコの微量要素に関する研究」と題して一連の研究を行っているが、タバコ葉中のマンガン含量と置換性, 易還元性のマンガン含量との間には相関のないことを述べている(47)。これも著者の調査例と同様の原因によるのではなからうか。葉中のマンガン含量は42~709 ppm(Mnとして)であるという。又, 安松, 高橋(50)は, 1000点の葉タバコ試料を分析して1,412 ppm (Mnとして)の多量のマンガンを含んでいるものもあることを知った。又 Foy et.al.(14), はワタの耐マンガン過剰障害の研究を行い, 品種による差異のあることを認めている。即ち品種によっては3,700ppmを含んでいる場合でも大した障害を受けないという。何れにしてもワタは多量にマンガンを吸収し得るものようである。Fujimoto & Sherman(15)は蒸気消毒を行った土壤は置換性マンガンを

増加すること、トマトによって行った実験で9,375 ppmも吸収したと報じている。

橋本らは「マンガン欠乏土壌に関する研究」²¹⁻²⁹⁾と題して一連の研究を行ない、老朽化水田のわら中のマンガン含量が1,070~1,459 ppmであるに拘らず、マンガン施用の効果を認めている²¹⁾。これに対し大麦、裸麦のマンガン量は夫々、12~27 ppm, 6.9~61 ppmに過ぎなかった^{25~29)}。小林ら³³⁾はマンガンおよび鉄欠乏試験を大麦と陸稲について試みたが、同じ試験にて稲藁と麦稈とのMn含量が非常に差のあることを示している。例えば大麦では10~53 ppmであるのに対して、陸稲では25~266 ppmとなっていた。又橋本らは上記老朽化水田では置換性マンガンよりも還元性マンガンが指標になるとのべている^{21,22)}。

古藤ら³⁵⁾はモモ園の葉および土壌の分析を行い、土壌の置換性マンガンが葉中マンガンと相関(5%Level)のあることをのべ、モモ葉中のMn含量51~100 ppm(平均75 ppm)であることを報じている。Pailoor⁴¹⁾はインゲンの葉分析を行い、葉中Mnは易還元性Mnと相関があると記している。

Messing³⁸⁾は蒸気消毒した土壌のマンガン過剰障害に対する石灰および過石の効果を研究しチシャの収量とpH、各型の土壌マンガン、葉中マンガンとの間の相関係数、又各因子間の相関係数を計算している。それによれば葉中マンガンとpH、易還元性マンガンとは負の相関があり、其他では正の相関のあることを記している。又収量とpH及び土壌各型マンガン間にはpHと易還元性マンガンは正の相関、其他は負の相関があった。之はマンガン過剰地帯における結果であるので、普通の地点には適用できないように思われる。

青木、森田^{3,7)}はカンキツの異状落葉に関して研究し、異状落葉園の葉中のMn量が健全園葉中マンガン量より多いことからMn過剰吸収によるものとした。又土壌中の水溶性マンガン量がこれと関係のあること、又Fe/Mn比が落葉園について低いとのべている。此比と葉中マンガン量は健全園葉と異状落葉園葉中とは0.1%の水準で有意差がある。又下層土の水溶性、置換性マンガンについてはそれぞれ1%と0.1%の水準で有意差があったという。又落葉園の葉中マンガン量は最高853 ppmにも達した。健全園の葉中マンガンは50 ppm以下が34%であったのに対し、落葉園のそれは9%に過ぎなかった⁴⁾。

志波、児平^{44,45)}の調査によれば各植物のマンガン含量は11~262 ppmであり、作物による差のあることを示した。又土壌のマンガンは121~2,434 ppm, 平均854 ppmであった。葉中マンガンおよび土壌中の活性マンガン量は前言したように種々の原因によって影響されることは上記研究者および Tsypouova⁴⁹⁾, Wallace & Mueller⁵⁰⁾, Guha & Mitchel^{18,19)}, Meek et al.³⁷⁾などの報告に記すところである。

パインアップル葉中のマンガン量が、調査した3つの型の土壌マンガンとの間に高い相関のあるのは興味深い。これはパインアップルが、酸性愛好植物で、大体強酸性土壌に栽培されているのも、その1因であるかもしれない。

作物によってマンガン含量に差のあること、吸収能力に差のあることはWallace & Mueller⁵⁰⁾の研究によっても知られる。一方Halstead, et al.²⁰⁾はチシャ、トマト、小麦、大麦についてCu, Sr, Mn, Znの研究を行い、これらの作物によるマンガン吸収の差はなく、土壌中の可給態マンガンの増加と共に増加するとのべている。しかし他の作物についても同様であるかは疑問である。

Meek et al.³⁷⁾は温度、灌漑の有無、有機物がRedox potentialへの影響とMnや鉄の可給度を研究し、これがMnの可給度に関係があり、有機物がMnの可給度に及ぼす効果の大きいことを報じている。単に灌漑だけではあまりMn可給度の増加は見られないことを示した。

2) 葉分析用サンプル採取について

著者らのサンプル採取については、不備の点が多かったことを反省せざるを得ない。Guha & Mitchel^{18,19)}は落葉樹種のサンプル採取法と成分の季節変化について研究しているが、サンプリングにはいろいろな因子が関係していることを指摘している。又季節的には春から秋にかけて次第に増大する

ことをのべている。Mnについては例えばカエデで葉中33から168ppmまで増大したとのべている。青木、森田^{4,5)}もミカン園の葉サンプル採取について、その栄養診断には5月～8月に行うべきことを、すすめている。

将来サンプリングの方法については充分検討することとしたい。

3) 作物のMnに対するToxic level と Deficient level

これについては著者等の研究ではパイナップルにおいて、葉中マンガン量が700～800 ppmがToxic level ではなからうかということ指摘するに止める。これについては更に調査研究を重ねる必要がある。Deficient levelについては、調査結果でははっきりしなかった。各方面とも、この点については確立されていないのではなからうか。以下若干の作物に対する Toxic level と Deficient level を文

Table 10. Toxic and deficient level of crop leaf manganese and related soil manganese content.

Crop name	Toxic level in leaves (ppm)	Deficient level		Remarks
		Leaf Mn (ppm)	Soil Mn (and pH) (ppm)	
Citrus	150 ⁴⁾	8—10 15—20	1 *** (5.5)	Florida(deficient level) ⁴⁴⁾ California(") ⁴⁴⁾
Soybean	400—500	25 15 20—40	40 * 17 ** (6.0) 19 *** (6.2)	Michigan (deficient level) ⁴⁴⁾ Indiana (") ⁴⁴⁾ Ohio (") ⁴⁴⁾ Maryland(") ⁴⁴⁾ North Carolina(") ⁴⁴⁾ Kentucky(") ⁴⁴⁾
Corn		15		Indiana (") ⁴⁴⁾
Navy bean ⁴⁶⁾		25	31 *** (6.5)	
Spinach ³¹⁾		15	2 ***	
Barley ^{30,34)}		18—22	2 ***	
Vegetables		8—10	1 *** (6.5)	Florida(deficient level) ⁴⁴⁾

* 0.1N H₃PO₄ extractable

** (0.05 N HCl +0.025 n H₂SO₄) extractable

*** Easily reducible

献に徴して記すことにしたい。最も広範な調査としては1965年、アメリカ土壤学会の Soil Testing Committee (Chairman: J. C. Shickluna) が全米に亘り各微量元素について調査したものがあ
る⁴⁴⁾。そのうちでMnに関するものが主となるが、表示すると第10表の如くである。前言したように多
くの州では此点に関し、未だ確立されていないようである。

V 摘 要

1. 沖縄各地から採取した土壤サンプル73ヶ所93点、作物葉サンプルとして甘蔗、甘藷、パイナップル、ミカン其他計87点、又、母岩と思われる岩石57点についてマンガン量を定量した。土壤については全マンガンの外に置換性、易還元性マンガンの定量を行い、植物、土壤、岩石のマンガンの関係について調査した。

2. 岩石中のMn量を見るに琉球石灰岩16ヶのMn分析では40～730 ppm,平均299.9 ppmであった。

又古生界石灰岩、粘板岩、泥灰岩ではその平均が夫々289(7ヶ平均)、419(21ヶ平均)391(6ヶ平均)ppmであった。石灰岩質土壤に所々マンガン結核が見出されたが、多いのは14,400ppmに達した。(Table 2及び7)

3. 母岩、土壤間にはサンプルについて相関は見出されなかった。例えば琉球石灰岩は粘板岩よりもMn含量が少いにも拘らず、琉球石灰岩土壤の方がMn含量が高かった(Table 7参照)。

4. 土壤中の3型マンガンと作物葉サンプル中のMnとの間にもパインアップルを除いては相関はなかった。

5. パインアップルについてはその含量と土壤の3型マンガンとの間に何れも高い相関のあることを知った。これはパインが酸性愛好植物で似かよったpHの土壤で栽培されたことと略同じ季節に葉を採取したことによる。又パインアップル葉中のMnのToxic Levelは700~800ppm辺にあらうと思われた

6. 植物葉中のMn含量には著しい差のあることを知る。

- (1) 甘蔗一主として第5葉を取り、葉身と葉梢に分けて定量を行った。葉身、葉梢を通じて2.5~377.5ppmであった。台風の影響を受けたと思われるものを除いて見ると、葉身のマンガン137.9ppm葉梢の平均が112.4ppmとなり、葉身のマンガン含量が高かった。
 - (2) 甘藷は葉身、葉柄、蔓の3部に分けて分析したが、Mn含量が葉身、葉柄、蔓の順で葉身の含量高く、平均77.7ppm、葉柄で27.7ppm、蔓で21.4ppmであった。
 - (3) パインアップルは第4、5葉について分析を行ったが、台風の被害を受けてないものは36.3~882.5ppm、平均453.6ppmで、他の作物よりマンガン含量が高い。
 - (4) ミカン葉一新梢の全葉を分析に供した。そのせいかもしれないが、マンガン量は低く2.5~67.5ppm、平均19.7ppmであった。
 - (5) 其他インゲン、バンジロ、茶葉、ソウシジュ、山東菜、大根、高粱葉中のマンガン析を行った。
7. 文献Reviewを兼ねて作物マンガンと土壤マンガンについて論議を試みた。
8. 最後にToxic LevelとDeficient Levelを文献に徴して表記した(Table 10)。

参 考 文 献

- 1) 阿部和雄, 福土定雄, 森哲郎, 石井和夫 1967 土壤調査報告書(南大東島, 北大東島, 伊良部島, 多良間島, 伊江島) 琉球政府農林局農林部農産課 p.p.147.
- 2) Adams, F. 1965 Methods of Soil Analysis.(Black, C.A: Editor in chief) Am. Soc. Agron. Inc. pp1011~1018.
- 3) 青木朗, 森田修二 1966 和歌山県異常落葉園の一般的特性について, カンキツの異常落葉に関する土壤肥料学的研究(第1報) 土肥誌, 37: 599~604.
- 4) 青木朗, 森田修二 1969 わが国における異常落葉園の一般的特性について, カンキツの異常落葉(落葉性褐斑症)に関する土壤—植物体の関連的研究(第1報) 土肥誌, 40: 228~235.
- 5) 青木朗, 森田修二 1969 異常落葉園土壤および樹体成分の時期的変化について(その1, 蒲郡市の場合) カンキツの異常落葉(落葉性褐斑症)に関する土壤—植物体の関連的研究(第2報), 土肥誌 40: 236~240.
- 6) 青木朗, 森田修二 1969 異常落葉園土壤および樹体成分の時期的変化について(その2, 三ヶ日町の場合), カンキツの異常落葉(落葉性褐斑症)に関する土壤—植物体の関連的研究(第3報), 土肥誌 40: 241~244.
- 7) 青木朗, 森田修二 1969 種々の土壤処理によるマンガンの溶出について, カンキツの異常落葉

- (落葉性褐斑症)に関する土壤—植物体の関連的研究(第4報), 土肥誌 **40**: 245~249。
- 8) Chapman, P.F, and Prott,P.F. **1961** Methods of Analysis for Soils and Water, Univ. of Calif. 9143.
 - 9) 鎮西忠茂, 島田隆久 **1964** 琉球産土壤の微量元素に関する研究 **I**.全マンガン含量 1. 沖縄島南部土壤, 琉大農学報 **11**: 148~152。
 - 10) 鎮西忠茂 **1969** 琉球産土壤の微量元素に関する研究 **I** 全マンガン含量 2 沖縄島北部土壤, 琉大農学報 **16**: 169~179。
 - 11) 鎮西, 大屋, 古謝, ドナヒュー, シクルーナー **1967** 琉球の土壤と土地利用, 琉大農芸化学科 pp130~143。
 - 12) Clements, H.F. **1957** Crop-logging of Sugar Cane: The Standard nitrogen index and the normal nitrogen index, Technical Bulletin, No. **35**, Hawaii Agr Exp. Sta., Univ. of Hawaii, pp.56.
 - 13) Cox, F. R. **1963** Development of a yield response prediction and manganese soil test interpretation for soybeans, Agron. J. **60**: 521~524.
 - 14) Foy, C. D., Fleming A. L., and Armiger, W.H. **1969** Toxicity differential tolerance of cotton varieties to excess manganese, Agron J. **61**:690~694.
 - 15) Fujimoto, C. K. and Sherman, G.D. **1948** Manganese availability as influenced by steam sterilization of soils, Jour. Amer. Soc. Agron **40**: 527~534.
 - 16) Fujimoto, C.K. and Sherman, G.D. **1948** Behavior of manganese in the soil and the manganese cycle, Soil Sci. **66**:131~145.
 - 17) Gheesling, R.H. and Perkins, H.F. **1970** Critical levels of manganese and magnesium in cotton at differ ont stages of growth, Agron. J. **62**:29~32.
 - 13) Guha, M. M. and Mitchell,R. L. **1966** The trace and major element composition of the leaves of some deciduous trees I. Sampling techniques, Plant and Soil **23**:323~338.
 - 19) Guha, M. M. and Mitchell, R. L. **1966** The trace and major element composition of the leaves of some deciduous trees **II** Seasonal Changes. Plant and Soil **24**:90~112.
 - 20) Halstead, E. H.,Barber, S. A., Warncke, D. D., and Bole, J. B. **1968** Supply of Ca, Sr, Mn, and Zn to plant roots growing in soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **32**:69~72.
 - 21) 橋本重久, 河森武, **1951** マンガン欠乏土壤に関する研究(第1報) 老朽化水田土壤とマンガン, 土肥誌 **21**: 293~296。
 - 22) 橋本重久, 河森武, 坂上朗 **1951** マンガン欠乏土壤に関する研究(第2報)老朽化水田土壤とマンガン(続報), 土肥誌 **22**: 137~139。
 - 23) 橋本重久, 坂上朗 **1951** マンガン欠乏土壤に関する研究(第3報)ノイパウエル氏幼植物法の老朽化水田土壤への適用, 土肥誌 **22**: 279~282。
 - 24) 橋本重久, 勝又一, 河森武 **1953** マンガン欠乏土壤に関する研究(第4報)マンガン欠乏地帯における麦作におよぼす磷酸肥料の影響, 土肥誌 **24**: 5~9。
 - 25) 河森武, 坂上朗, 橋本重久 **1953** マンガン欠乏土壤に関する研究(第5報)マンガン欠乏地帯における麦品種の選択について, 土肥誌 **24**: 74~78。
 - 26) 川口菊雄, 坂上朗, 橋本重久 **1956** マンガン欠乏土壤に関する研究(第6報)マンガン欠乏土壤における麦作に対する枸溶性マンガンを含む磷酸肥料の肥効。土肥誌 **26**: 355~358。
 - 27) 橋本重久, 川口菊雄 **1958** マンガン欠乏土壤に関する研究(第7報)枸溶性マンガンの肥効について, 土肥誌 **27**: 507~510。

- 28) 橋本重久, 坂上朗, 川口菊雄 1953 マンガン欠乏土壤に関する研究 (第8報) 麦の生育の各期における枸溶性並に水溶性マンガンの吸収について, 土肥誌 29: 149~152。
- 29) 橋本重久, 坂上朗, 川口菊雄 1959 マンガン欠乏土壤に関する研究 (第9報) 老朽化水田土壤における塩基性肥料の連用に因るマンガン欠乏の激化について, 土肥誌 29: 505~509。
- 30) 細田克己, 高田秀夫 1933 砂質土壤のマンガン欠乏に就て, 土肥誌 24: 10~14。
- 31) 小林茂久平, 只木正之, 飯田文雄, 松村 蔚 1963 畑作物に対する特殊成分及び微量元素の効果第1報アルファルファに対する石灰, 苦土, 加里及び硼素の効果, 群馬農試報 4: 103~131。
- 32) 小林茂久平, 角田三郎, 只木正之, 松村 蔚 1964 群馬農試報 5: 115~140。
- 33) 小林茂久平, 只木正之, 松村 蔚 1964 畑作物のマンガン及び鉄欠乏に関する研究 (続報) 群馬農試報 4: 1~80。
- 34) 小林茂久平 1969 畑作物のマンガン及び鉄欠乏に関する研究 農及園, 44: 1061~1065。
- 35) 古藤実, 竹下純則, 井上市郎 1965 果樹園の栄養診断に関する研究 (第2報) モモ園の葉および土壤の分析, 神奈川園試報, 14: 41~48。
- 36) 松坂泰明, 音羽道三, 出井嘉光, 浜崎和雄 1963 沖縄島土壤調査報告書 琉球政府経済局農務課 pp66。
- 37) Meek, B. D., Mackenzie. A. J. and Grass, L. B. 1968 Effects of Organic matter, flooding time, and temperature on the dissolution of iron and manganese from soil in situ. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32: 634~638.
- 38) Messing, J. H. L. 1965 The effects of lime and superphosphate on manganese toxicity in stean- Sterilized Soil. Plant and Soil. 23: 1~16.
- 39) 大関和彦 1963 タバコの微量元素に関する研究 (第1報) マンガン, 亜鉛, 銅, モリブデンおよび鉄欠乏植物培養と欠乏症状について, 秦野たばこ試験場報告 52: 1~4。
- 40) Parker, M. B., Harris, H. B., Morris, H. D. and Perkins, H. F. 1969 Manganese toxicity of Soybeans as related to soil and fertility treatments, Agron. J. 61: 515~518.
- 41) Pailoor, Govind 1966 A study of manganese availability in several Michigan soils A thesis for MS in Soil Science, Michigan State University pp.1~172.
- 42) 佐藤公一, 石原正義, 原田良平 1955 果樹葉分析に関する研究 (Ⅲ) 第9報, 桃園の葉分析調査, 農技研報 E4: 146~168
- 43) Shickluna, J. C. 1965 Sampling soils for fertilizer and lime recommendations, Extension Bulletin E-193 Cooperative Extension Service, M.S. U. pp.4.
- 44) Soil Testing Committee of Soil Sci. Soc. Amer. (Chairman-J. C. Shickluna) 1965 A survey on micronutrient deficiencies in the USA and means of correcting them. pp.14.
- 45) 志波清時, 児平文雄 1951 土壤及び緑葉中の微量元素含量について (第5報) Mn, B, V含量 土肥誌 22: 303~309。
- 46) 志波清時, 児平文雄 1951 土壤及び緑葉中の微量元素含量について (第6報) 総括 土肥誌 22: 310~312。
- 47) 塩入松三郎, 古田 稔 1951 水田土壤のマンガンに就て 土肥誌 22: 53~56。
- 48) 高橋達郎, 河野覚太郎, 安松範郎 1963 タバコの微量元素に関する研究 第2報 関東地方のマンガン欠乏土壤調査, 秦野たばこ試験場報告 52: 5~7。
- 49) Tsyponova, A. N. 1967 Seasonal dynamics of available manganese in some soils of the middle Taiga Subzone in the Komi ASSR, Soviet Soil Sci. pp388—393 (March) .
- 50) Wallace, A. and Mueller, R.T. 1968 Effect of chelating agents on the availability of

^{54}Mn following its addition as carrier-free ^{54}Mn to three different soils, Soil Sci. Soc. Amer. Proc. **32**: 828—830.

- 51) 安松範郎, 高橋達郎 **1963** タバコの微量要素に関する研究 第3報 邦産葉たばこのマンガンおよびホウ素含量について 秦野たばこ試験場報告, **52**: 8~36。
- 52) 安松範郎, 高橋達郎 **1963** タバコの微量要素に関する研究 第4報 葉たばこの収量, 品質および各種内容成分におよぼすマンガン施肥の効果 秦野試報告 **52**: 37~40。
- 53) 安松範郎, 高橋達郎 **1963** タバコの微量要素に関する研究 第5報 タバコによるマンガンの吸収と再移動について 秦試報告 **52**: 41~48。
- 54) 安松範郎, 高橋達郎 **1963** タバコの微量要素に関する研究 第6報 タバコのマンガン過剰症について 秦試報告 **52**: 49~50。
- 55) 安松範郎, 高橋達郎 **1963** タバコの微量要素に関する研究 第7報 各種マンガン肥料の肥効と葉面施用について 秦試報告 **52**: 51~53。

Summary

1) The total manganese content of soils samples, mother rocks, and plant leaves grown on the field sampled were determined. Besides the above, exchangeable and easily reducible manganese of soils were also analyzed. The sample number of soils, rocks, and plant were 95, 87 and 57, respectively. The findings on those manganese amounts are contained in Table 2~9.

In Table 1, several properties soil samples used were subjected.

2) With regards to manganese of rocks, Ryukyu limestone had a range of 40~730 ppm in total manganese and 299.9 ppm in average. Paleozoic limestone, shale, and marl have 289 ppm (mean of 7 samples), 419 ppm (21 samples), and 391 ppm (6 samples) in average amount of manganese, respectively. Manganese concretions which contained high manganese were found in many Ryukyu limestone soils. The highest total manganese content of concretion was 14,400 ppm (see Table 2 and 7)

3) No correlation between rock and soil manganese was found. For instance, although Ryukyu limestone contained less manganese than Paleozoic shale, soils derived from the former are richer in manganese than soils derived from the latter (see Table 7).

4) There was no correlation between each three types of soil manganese and leaf manganese content except pineapple plant.

5) Correlations between pineapple leaf manganese, exchangeable, easily reducible, and total manganese of soil were all highly significant. This fact may be due to that the pineapple plant is acid-soil crop and the sample leaves were taken in almost same season. It has been estimated that the toxic level of pineapple leaf manganese may exist around 700~800 ppm from data.

6) It has been shown that a wide range of manganese content exist among various crops (see Table 8).

(1) Sugarcane

No. 5 leaves were taken for samples and divided to two parts of leaf blade and sheath,

and analysed. Amounts of blade and sheath manganese excluded samples hitted by typhoon were 139.9 ppm and 112.4 ppm in average, respectively, i. e. blade manganese content was higher than sheath (see Table 8—1). Typhoon damaged leaves were low in manganese content having 2.5 ppm in the lowest.

(2) Sweet potato

Leaf blades, petioles, and veins were analyzed for manganese. Manganese content of blade, petiol, and vein were 77.7 ppm, 27.7 ppm, and 21.4 ppm in average, respectively (Table 8—2).

(3) Pineapple plant

No. 4 and 5 leaves of pineapple plant were used for manganese determination. Manganese mean value of pineapple leaves except damaged by typhoon was 453.6 ppm which was ranked the highest among the tested crops. Damaged leaves by typhoon were so low content in manganese that the lowest was 2.5 ppm (Table 8—3).

(4) Citrus trees

Whole leaves of new twigs were used for manganese analysis. Citrus leaf manganese content was very low and range and mean values of manganese were 2.5~67.5 ppm and 19.7 ppm, respectively (Table 8—4).

(5) Few other crop leaf samples, i.e. field bean, guava, tea, *Acacia confusa*, Santosai, and radish leaves were analyzed for manganese (Table 8—5).

7) Review of literature was tried and discussed crop leaf and soil manganese.

8) At last, toxic level and deficient level of manganese for crops were tabulated as Table 10 from literatures.