

リンゴ園の土壤肥沃度に関する研究

第7報 Mn 過剰障害に対する炭酸石灰、リン酸アンモン、および硫黄の影響

山崎利彦、新妻胤次、田口辰雄

目	次
I. 緒言	61
II. 材料と方法	61
1. 処理の方法	61
2. 分析の方法	62
III. 結果	62
1. 土壤の化学性に及ぼす処理の効果	62
2. 若木の生育と粗皮症状に及ぼす影響	64
3. 組織中の無機含量に及ぼす影響	67
4. 組織中の Mn 含量と土壤中 Mn の関係	70
IV. 考察	71
V. 摘要	72
VI. 引用文献	73

I. 緒言

この報告は前報(13)の室内実験に引きつづき、Mn の過剰吸収に対する炭酸石灰、リン酸アンモンの効果と pH 低下の影響を水和硫黄の添加によってみたものであり、同時に診断に適した土壤中 Mn の形態について検討したものである。

謝辞：試験の実施にあたり農林省園芸試験場の巢山太郎、関谷宏三氏からは種々の示唆を得た。また終始御援助をいただいた當場々長 今喜代治氏と場員各位、ならびに園芸化学科の佐々木美佐子、和賀ルリ子嬢に対して、あわせて厚く感謝の意を表する。なおこの試験は農林省の総合助成を得て行なったものであり、特に記して謝意を表する。

II. 材 料 と 方 法

1. 処理の方法

前報の室内実験で用いた北野統の粗皮病発生土壤を 200 l 容のコンクリートポットにつめ第一表の処理を施した後三葉台の国光苗木を定植した。硫酸マンガンは1965年5月11日に40g、7月19日、9月8日にそれぞれ20g ずつ分施した。水和硫黄、炭酸カルシウム、燐安液肥(N; 7%—P₂O₅; 20%)は植付前日の5月11日に全量施し、土壤とよく混和した。三要素はリンゴ化成20—10—20を6月5日に1鉢当たり50gを施した。

1966年10月15日に3年生樹を解体し生育量と粗皮病の程度を調査した。

第1表 処理の方法

Table. 1. Method of treatment.

Treatment	Added per 200 ℓ pot (g)			Ammonium phosphate (7-20) (g)
	MnSO ₄ ·4H ₂ O	Wettable sulfur	CaCO ₃	
Control	0	0	0	0
Mn	80	0	0	0
Ca ₁ Mn	80	0	250	0
Ca ₂ Mn	80	0	500	0
Ca ₁ P ₁ Mn	80	0	250	100
Ca ₂ P ₂ Mn	80	0	500	400
S	0	80	0	0
S Mn	80	80	0	0
P ₁ S Mn	80	80	0	100
P ₂ S Mn	80	80	0	400

新梢は解体時に先端10cmを集め剥皮せずにそのまま粉碎した。細根と3-5年生の皮部、本質部も平等に Sampling し、乳鉢で粉碎した。

土壌の塩基、CECは振とう法で行い、活性アルミナは0.5N HOAcで溶出されたAlを測定し(9)、置換性MnはpH 4.8のN NaAc(10)とpH 4.7のN NH₄Clの二方法を比較したが、N NH₄Clによって溶出されるMnはNaAcによるものよりいくぶん高かったが、まったく平行した値が得られた。水溶性Mnの測定は前報(13)で述べた。

Mn、Fe、Cu、Niの分析は原子吸光分光光度計(日立207)で行なった(8)。Exch. Ca、MgはEDTA滴定法によった。

Ⅲ. 結 果

1. 土壌の化学性に及ぼす処理の効果

第2表でみられるように供試土壌のpHはきわめて低く、y₁は非常に高かった、exch. Caはピターピット発生の限界値で、exch. MgはMg欠乏の危険がみられる土壌で、試験期間中、Ca添

第2表 土壌化学性におよぼす処理の影響(1965年8月)

Table. 2. The effect of treatments on soil chemical properties. (Aug. 1965)

Treatment	Humus (%)	Total N (%)	pH		y ₁	C. E. C. (me/100g)	Exchangeable cations (me/100g)		
			H ₂ O	KCl			Ca	Mg	K
Cont.	7.1	0.344	4.40	3.62	53.1	21.4	2.42	1.51	0.91
Mn	7.1	0.309	4.46	3.71	47.5	30.6	3.31	t	0.67
Ca ₁ Mn	7.2	0.328	5.25	4.30	6.9	23.2	8.46	1.68	0.85
Ca ₂ Mn	7.5	0.325	6.00	5.39	0.6	24.0	13.11	1.68	0.97
Ca ₁ P ₁ Mn	7.2	0.328	5.07	4.10	11.9	26.4	8.68	1.35	0.80
Ca ₂ P ₂ Mn	6.3	0.305	4.31	3.67	24.1	26.9	8.56	t	0.67
S	6.6	0.313	4.10	3.55	59.2	23.0	1.70	0.85	0.78
S Mn	7.1	0.335	4.18	3.59	54.8	26.2	2.43	t	0.78
P ₁ S Mn	7.5	0.308	3.90	3.53	53.8	21.8	2.28	1.23	0.67
P ₂ S Mn	7.1	0.374	4.00	3.48	42.2	22.7	2.85	0.80	0.77

2. 分析の方法

土壌分析用のサンプルは1965年8月11日と9月28日、および1966年解体1ヶ月前の9月9日に採取した。葉分析用のサンプルは1965年8月11日、1966年7月14日と10月14日に新梢中央から採葉し、洗滌、乾燥後、葉柄を含めて乳鉢で粉碎した。

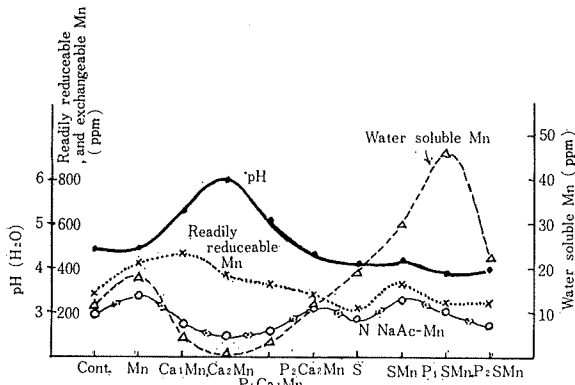


Fig. 1. Level of pH (H_2O) and various forms of manganese in soils of each treatment. (Aug. 1965)

第1図 各処理土壌の pH (H_2O)、と各形態のマンガン含量 (1965年8月)

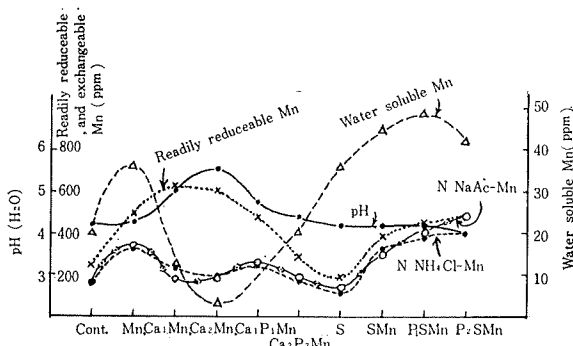


Fig. 2. Level of pH (H_2O) and various forms of manganese in soils of each treatment. (Sept. 1965)

第2図 各処理土壌の pH と各形態のマンガン含量 (1965年9月)

加区に軽い Mg 欠乏が認められた。

(1) pH

処理後3ヶ月の結果からみると、(第1図) Caの添加によって pH (H_2O) は Ca₁ 区で 4.4 から 5.25 に高まり Ca₂ 処理によって 6.00 にまで高まった。

Ca と P の併用区ではリン酸アンモンの添加によって Ca 単独の場合よりはるかに pH は低くなり、Ca₂P₂ 区は Ca₂ に比較して約 1.7 も低下した。

前報の結果ではリン酸アンモンの添加によって pH は上昇したが、植物体が存在する条件下では NH_4 が吸収され、リン酸が増加するものと考えられ、リン酸の一部は aluminium phosphate になると考えられる。Ca 処理に比較して y₁ の低下が P 処理によってみられなかったことから、aluminium phosphate の形成は比較的少なかったものと考えられる (第2表)。S の添加は期待に反して pH をわずかに 0.30 低下させただけであった。この pH の変動は他の調査時でもほぼ同様であった。

試験終了直前の土壌分析の結果では Ca 区の pH は処理直後よりかなり低下していた。これは多量の灌水により、塩基飽和度の高い土壌は対照の低い土壌に比較して、より多くの塩基が溶脱した結果ではないかと考えられる。

この場合も P は Ca の添加効

Base sat. (%)	Adsorption coefficient of P	Truog-P (P ppm)	Active Al (ppm)	Readily reduceable Mn (ppm)	water soluble Mn (ppm)	Exch. Mn (ppm)
22.6	527	3.98	23.9	281.1	11.7	198
13.0	705	3.99	32.9	424.5	17.8	277
47.4	389	3.58	23.3	466.1	4.3	151
65.7	723	3.97	18.1	371.5	t	95
41.0	649	30.44	20.4	327.7	3.4	125
34.3	389	154.65	21.8	277.3	12.1	225
14.5	697	5.13	29.4	224.2	19.0	185
12.3	658	5.70	31.3	328.3	29.8	264
19.2	633	23.57	24.7	246.5	45.8	212
19.5	487	95.87	16.5	254.9	22.0	151

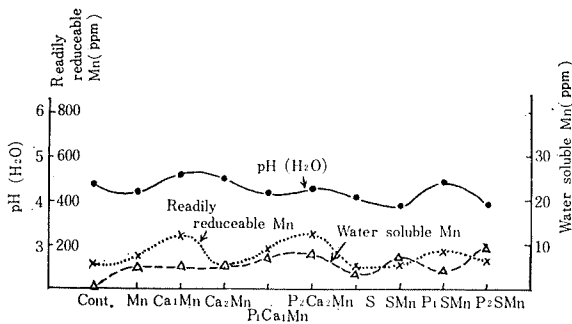


Fig. 3. Level of pH (H₂O) and various forms of manganese in soils of each treatment. (Sept. 1966)

第3図 各処理土壌の pH と各形態のマンガン含量 (1966年9月)

大し、PはCaと併用した場合には易還元Mnを低下させ、SMnと併用した場合のPの影響はあまりみられなかった。したがってpH(H₂O)の変動とはほぼ平行して増減した。exch. MnはpH 4.8のNaAcとpH 4.7のNH₄Clとはまったく同じ傾向でCa処理によって低下し、SおよびP処理によって増加する傾向がみられた。

水溶性MnはpHとまったく負の関係がみられ、Caの添加によって非常に低下し、SおよびPの添加によって増大した。SMnに対するPの多量施用は1965年の水溶性MnをP少量区より減少させたが、これは多量のPによってMnが一時的にリン酸に吸着されたためと考えられ、その後徐々にreleaseされるために(11)、1966年の水溶性MnがP少量区より増加した。しかしこれはCaと併用しpHが高い条件下ではみられなかった。このように水溶性MnがpH 5.5のCa₂処理区できわめて少なく、pHの低下につれて増大した事実は、前報(13)の園場調査結果とよく一致した。

試験終了直前の土壌分析結果では易還元性Mn、水溶性Mnともに低く、易還元性MnはpHとはほぼ平行して増減した。水溶性Mnは対照のtraceから、P₂SMnの4.7 ppmまで変動したにすぎず、処理との関係は1965年より明瞭でなかった。

2. 若樹の生育と粗皮症状に及ぼす影響

(1) 生育

樹の生育は1年枝から5年枝まで、各部分ごとには処理間に差はみられなかったが、地上部の合計、根群の発達、全樹の生長量では処理間に有為な差が認められた(第3表)。

地上部の生長はCaの添加によって低下したが、リン酸アンモンを添加することによって生長は増加した。Mnの添加は生長量に影響を及ぼさなかったが、Sの添加は生長を著しく抑制した。Sを添加した場合にはP施用による生長の増大はみられなかった。

根の生長も地上部とほぼ同じで、Mn添加の影響はうけず、Caの添加によってやや減少し、Sに

果を打消したうえに、対照よりpHを低下させた。

Sの添加効果は処理3ヶ月前と同じく、pHをわずかに低下させSMn区のpHは最も低く3.90であった。SMn区に対するPの併用はpHを低下させなかった(第3図)。

(2) Mn

第2図は処理4ヶ月後の1965年9月9日の分析結果を示したものである。易還元性MnはCaの増大によってむしろ増

第3表 生長に及ぼす処理の効果

Table 2. The effect of treatments on growth.

Treatment	Fresh weight of branch (g)						Roots (g)	Total (g)
	1-year	2-years	3-years	4-years	5-years	Total		
Control	612	281	402	273	880	2448	2279	4727
Mn	644	271	449	275	923	2562	2369	4929
Ca ₁ Mn	539	252	372	143	700	2006	1967	3973
Ca ₂ Mn	546	261	322	165	717	2011	2085	4096
Ca ₁ P ₁ Mn	722	353	369	272	747	2463	1553	4016
Ca ₂ P ₂ Mn	550	287	339	244	797	2217	1953	4170
S	216	187	352	203	640	1598	1404	3002
SMn	147	155	351	169	670	1492	1222	2714
P ₁ SMn	226	170	207	160	420	1183	1047	2230
P ₂ SMn	225	212	235	151	533	1356	1221	2577
L. S. D.	0.05	NS	NS	NS	NS	228	240	443
	0.01					307	NS	597

よって著しく抑制された。Pは Ca と併用した場合も S と併用した場合にも根の生長に対してはほとんど影響を及ぼさなかった。

地上部、地下部を含めた全樹重は対照と Mn 区で最も高く、Ca 処理区では P の添加に関係なく対照や Mn 単独処理区より 15~20% 生長が劣った。S の添加の影響は非常に大きく、約 40% 生長が低下し、P の添加によってさらに減少した。

生長が Ca の添加によって低下した理由は明らかでないが Ca の添加によって Mg 欠乏が顕著になったことも一つの原因と考えられる。また P₂SMn 区では鉄欠乏とまったく類似した葉脈間クロロシスと生長点の黄白化がみられ、さらに Mg 欠乏がかなり発生したことが、粗皮病の発生とともに生長量を低下させた原因と考えられる。

(2) 粗皮症状

粗皮症状はリンゴ園でみられる症状とまったく同一であり(第4図)、基準は第4表のように定めて調査を行なった。



Fig. 4. Internal bark necrosis observed in SMn plot.

第4図 SMn区の粗皮症状

第4表 粗皮症状の分類

Table 4. Index of degree of internal bark necrosis.

Index	Degree of internal bark necrosis	
+++++		Most shoots die back, tree nearly dead.
++++		Die back in a few shoots.
+++		Internal bark necrosis on most branches.
++		Severe internal bark necrosis in a few branches.
+		Slight internal bark necrosis in a few branches.
±		No internal bark necrosis, slight measles on base of shoots
0		Normal

対照区と CaMn 区では発生がまったく認められず、 Mn の単独処理と Ca に P を添加した区において軽い症状が認められた。

S の添加は粗皮症状の発生を非常に促進し、3鉢のうち1鉢では枯死寸前となった、 SMn の症状は最もひどく、3樹のうち2樹は枯死寸前の状態にまで達した。 SMn に対する P の添加はいくぶん症状を軽くした(第5表)。

第5表 粗皮症状に及ぼす処理の影響

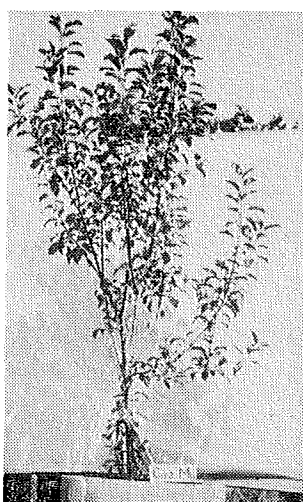
Table 5. The effect of treatment on degree of internal bark necrosis.

Treatment	Degree of IBN				Mean	
	1	2	3			
Control	0	0	0	0		
Mn	±	++	+	+		
$\text{Ca}_1 \text{ Mn}$	0	0	0	0		} Magnesium deficiency
$\text{Ca}_2 \text{ Mn}$	0	0	0	0		
$\text{P}_1 \text{ Ca}_1 \text{ Mn}$	+	+	±	+		} Dark green leaves, long shoots
$\text{P}_2 \text{ Ca}_2 \text{ Mn}$	++	±	+	+		
S	+++++	++	++	+++		} Severe IBN on trunk
SMn	++++	+++++	+++++	++++		
$\text{P}_1 \text{ SMn}$	++++	++++	++	+++		
$\text{P}_2 \text{ SMn}$	+++	+++	++++	+++		Chlorosis similar to iron deficiency

これらのうち、おもな処理の症状は第5図に示した。



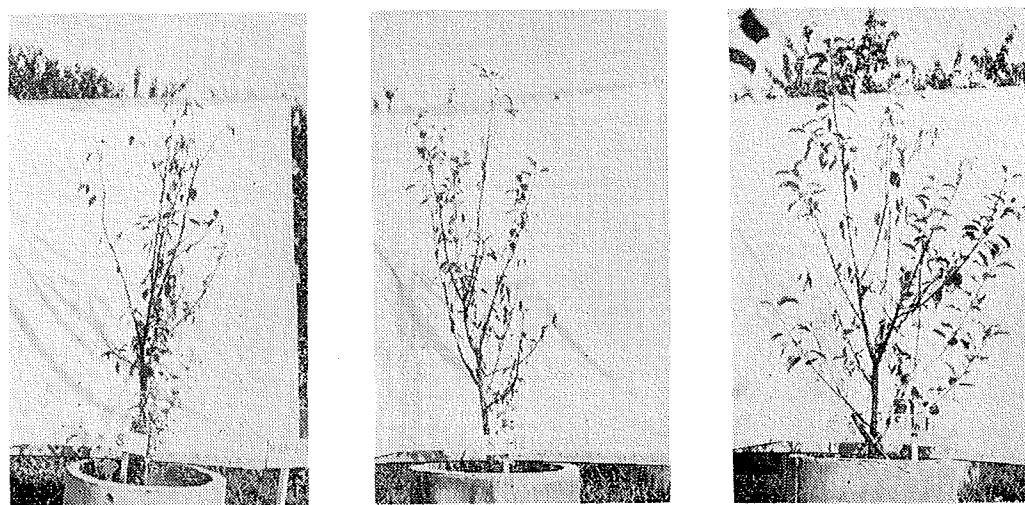
Control



$\text{Ca}_2 \text{ Mn}$



$\text{P}_2 \text{ Ca}_2 \text{ Mn}$



S

SMn

P₂SMn

Fig. 5. Tree growth in each treatment :

No internal bark necrosis (IBN) observed on control, Ca₁Mn and Ca₂Mn plots : slight IBN in a few branches on Mn, P₁Ca₁Mn and P₂Ca₂Mn plots : closely to death by severe IBN on S and SMn plots : severe IBN and defoliation on P₁SMn and P₂SMn : and severe chlorosis on P₂SMn plot.

第5図 各区の生長状態

Control, Ca₁Mn および Ca₂Mn には粗皮病状は認められず、Mn, P₁Ca₁Mn, P₂Ca₂Mn 区では 一部にかかる粗皮症状がみられ、S、SMn 区では枯死寸前となった P₁SMn, P₂SMn の粗皮症状もひどく、P₂SMn にはクロロシスが認められた。

3. 組織中の無機含量に及ぼす影響

(1) macro elements

1965年8月、1966年7月、10月の分析を通じて、葉中Nと葉中Pは、リン酸アンモンの添加によって高まる傾向がみられた。葉中CaはCaの添加によって高まったが、Pを併用した場合は炭カル単用の場合より葉中Caは低くなる傾向が認められた(第6表)。

第6表 各処理の葉中の無機成分含量

Table 6. Mineral composition in leaves of each treatment.

Treatment	Aug. 1965					July, 1966				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Cont	2.55	.220	2.62	0.95	.232	3.12	.213	1.52	0.62	.195
Mn	2.35	.216	2.31	0.96	.184	3.38	.210	1.64	0.66	.196
Ca ₁ Mn	2.45	.202	2.29	1.38	.168	2.95	.183	1.49	0.99	.192
Ca ₂ Mn	2.64	.206	2.21	1.60	.210	3.41	.155	1.54	1.64	.355
P ₁ Ca ₁ Mn	2.62	.241	2.30	1.41	.196	3.44	.252	1.75	1.04	.172
P ₂ Ca ₂ Mn	3.08	.234	2.28	1.16	.236	3.35	.242	1.50	0.93	.088
S	3.28	.224	2.82	0.99	.226	3.11	.194	1.41	0.54	.144
SMn	2.98	.186	2.50	1.24	.274	3.13	.168	1.59	0.57	.067
P ₁ S Mn	3.28	.227	2.37	0.91	.242	3.45	.216	1.50	0.62	.175
P ₂ S Mn	3.46	.243	2.24	0.85	.238	3.59	.220	1.50	0.74	.089

解体時の新梢先端部のN含量はSおよびSMnを添加した区で高く、この傾向は皮部でも非常に顕著であった(第7表)。しかし細根では一定の傾向が認められなかった。各部のリン含量は一定

第7表 各処理の新梢と皮部の無機成分含量(1966年10月)

Table 7. Macroelements in shoots and bark of each treatment. (Oct. 1966)

Treatment	Shoots (per cent of dry matter)					Bark (per cent of dry matter)				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
Cont	1.06	.191	0.57	0.86	.150	1.23	.139	4.65	2.32	.196
Mn	0.89	.172	0.72	0.83	.138	1.16	.128	3.15	2.19	.172
Ca ₁ Mn	1.03	.181	0.63	1.19	.124	1.15	.124	3.49	3.10	.165
Ca ₂ Mn	0.97	.178	0.67	1.12	.117	0.87	.140	4.73	3.55	.187
P ₁ Ca ₁ Mn	1.14	.210	0.68	1.00	.143	1.17	.136	3.36	3.00	.146
P ₂ Ca ₂ Mn	1.24	.200	0.70	1.06	.118	1.37	.158	5.08	2.50	.154
S	1.33	.227	0.72	0.90	.139	1.63	.155	3.97	2.00	.163
SMn	1.47	.194	0.86	0.78	.156	1.62	.129	4.46	2.03	.163
P ₁ S Mn	1.38	.209	0.79	0.86	.144	1.50	.147	3.97	1.68	.172
P ₂ S Mn	1.47	.205	0.84	0.85	.123	1.61	.130	3.81	1.78	.181

第8表 細根中の無機成分含量(1966年10月)

Table 8. Macroelements in feeder roots. (Oct. 1966)

Treatment	N	P	K	Ca	Mg
Cont	1.23	.201	1.18	0.33	.111
Mn	1.24	.166	1.07	0.30	.090
Ca ₁ Mn	1.51	.180	1.35	0.36	.144
Ca ₂ Mn	1.16	.213	1.31	0.34	.155
P ₁ Ca ₂ Mn	1.26	.185	1.14	0.31	.109
P ₂ Ca ₂ Mn	1.40	.207	1.36	0.36	.127
S	1.70	.185	0.85	0.32	.085
SMn	1.17	.199	0.90	0.32	.145
P ₁ S Mn	1.26	.265	1.74	0.40	.097
P ₂ S Mn	1.54	.151	0.75	0.34	.106

の傾向がなく、カリは皮部と根においてCa₂処理によって増大し、

新梢と皮部のCa含量はCaの添加によって明らかに高まった。

根のCa含量はCaの添加に応じ、て高まる傾向がみられた(第8表)。

その他のmacro elementsに対しては特に処理の影響は認められなかった(第7表)。

(2) Mn

処理と樹体内Mnとの関係は第6図に示した。

葉内MnはMnの添加によって対照の1072 ppmよりいくぶん高くなったにすぎなかったが、Ca₁処理によって、Mn単独添加の1124 ppmより約15%、Ca₂処理によって約37%低下して709 ppmであった。リン安液肥の添加はCa添加の効果を消去した。Sの添加は対照に比較して葉中Mnを高めなかったが、SMn区ではMn区よりいくぶん高まり、多量のP添加はさらに葉中Mnを増大させ、1472 ppmで処理中最も高濃度であった。新梢の先端10cmに含まれているMn含量に対する処理の効果も葉中Mnとほぼ同一であったが、Sの添加は対照に比し、いくぶん含量が高まり、P₂SMn区で低かった点が異っていた。図には示さなかったが木質部でもCaの添加によって著しくMn含量が低下し、Pの添加はCaの効果を消去した。

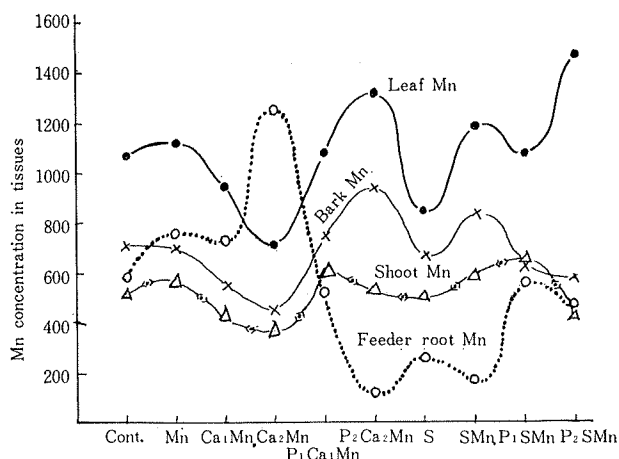


Fig. 6. Manganese content in leaves, shoots, bark and feeder roots of each treatment. (1966)

第6図 各処理の葉、新梢、皮部、細根中のマンガン含量

よりも根中 Mn を低下させた。SMn 処理に対する P の添加はいくらか含量を増大させた。この根中 Mn の処理による変動を地上部の Mn と比較すると (第6図)、まったく反対の傾向がみられた。すなわち根中の Ca_2Mn 区の Mn 含量は 1126 ppm で最も高く、 $\text{P}_2\text{Ca}_2\text{Mn}$ は最も低く 121 ppm であった。

この Mn 分布からみると、粗皮病を発生させた処理区では吸収された Mn はそのまま円滑に地上部に運ばれ、蓄積されたようにみうけられ、粗皮症状が認められなかった処理にあっては、吸収された Mn は根に蓄積されたようにみうけられることから、粗皮症状が認められなかった処理にあっては、吸収された Mn は根に沈積して地上部には運ばれなかったように考えられる。なお根はうすい HCl でよく洗滌し、また細根の色、その他の外観についても、処理間に差はなかった。

(3) Fe および Cu

解体時の Fe、Cu 含量を第9表に示した。地上部の Fe 含量に対する処理の影響は明らかでなかったが根中 Fe は地上部に比較して非常に高く、Ca の添加によって、特に多量の添加によって著しく増大した。P の添加は Fe を減少させる傾向が認められた。

根中 Mn と Fe の間には第7図の関係がみられ、Mn の増大につれて Fe も増大する傾向がみられた。また Fe、Mn とともに多い樹では粗皮症状の発生がみ

また、3～5年生の皮部でも Ca の添加によって Mn は低下し、P の添加によって増大した。SMn の処理も Mn を増大させたがこの場合、P の添加は SMn 処理による皮部 Mn の増大をおさえた。

細根中の Mn 含量についてみると対照に比し Mn の添加は含量を増大させたが、Ca の多量施用は根中の Mn を著しく増大させた。

一方、リン酸アンモニアの添加は根中 Mn を低下させ、S の添加も同様の効果を示し、SMn も Mn 単独の場合

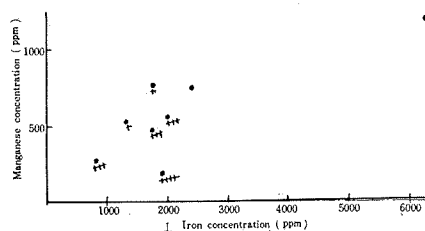


Fig. 7. The correlation between internal bark necrosis and manganese and iron in feeder roots.

第7図 細根中のマンガン、鉄の含量と粗皮症状の関係

第9表 各組織中に含まれる鉄と銅の含量(1966年10月)

Table 9. Iron and copper content in each tissues. (Oct. 1966)

Treatments	Fe (ppm)				Cu (ppm)			
	Leaves	Shoots	Bark	Feeder roots	Leaves	Shoots	Bark	Feeder roots
Cont	263	174	456	—	35	17	75	—
Mn	324	194	414	1750	45	19	64	21
Ca ₁ Mn	326	183	413	2426	48	15	70	22
Ca ₂ Mn	301	195	453	6455	50	18	72	19
P ₁ Ca ₁ Mn	304	131	352	1312	67	21	60	21
P ₂ Ca ₂ Mn	328	131	451	—	68	21	84	—
S	368	207	601	822	53	20	66	11
S Mn	390	261	456	1913	32	16	50	7
P ₁ S Mn	326	152	477	2000	74	16	71	30
P ₂ S Mn	281	185	598	1746	61	20	107	11

られなかった。

葉中の Cu は P の添加によって増大する傾向が認められたが、他の組織では処理差は明らかでなかった。また calcium phosphate の多量施用は Cu 欠乏となつてあらわれるともいわれているがこの関係も本試験では明らかでなかった。

Mn の toxicity は Fe 欠乏であるといわれ(7.12)、この試験で SMnP₂ 処理で Fe の欠乏類似症状がみられたが、これを Fe 含量と関連づけることはできなかった。

4. 組織中の Mn 含量と土壤中 Mn の関係

粗皮症状の程度と組織中の Mn 含量との関係は第8図に示した。全体を通じて組織中の Mn 含量は土壤中の Mn 含量のように粗皮症状と密接な関係がみられず、Ca 添加区では密接な関係が認められたが、S 添加区では一定の傾向が認められなかった。

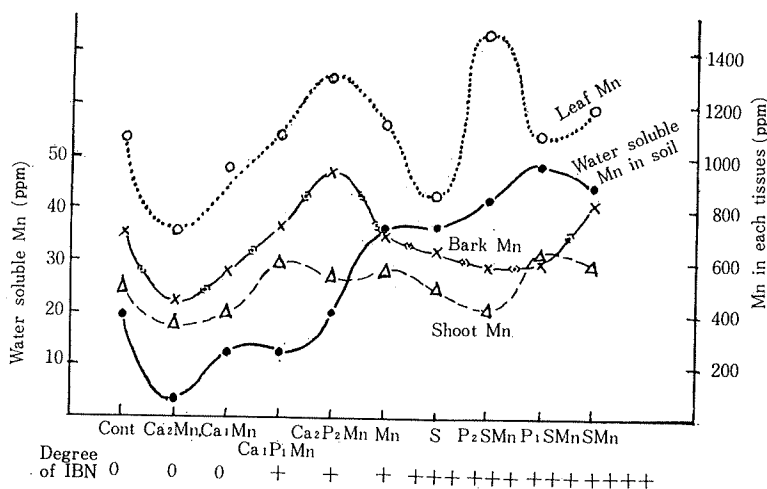


Fig. 8. The relation of manganese concentration in each tissues and water soluble manganese in soils.

第8図 組織中のマンガン含量と土壤中の水溶性マンガンの関係

土壤中のMnと組織中のMnとの相関は第10表に示した。易還元性 Mnとの相関は認められず、皮中Mnとは20%レベルで有意な負の関係がみられた。

第10表 土壤中のマンガンと組織中のマンガンの関係

Table 10. The correlation between manganese concentration in soil and manganese content in tissues.

	Readily reduceable Mn	Exchangeable Mn	Water soluble Mn
Leaf Mn	-0.076	0.615 §	0.519 §
Shoots Mn	-0.269	0.278	0.543 §
Bark Mn	-0.501 §	0.131	0.204

§ $P < 0.20$

置換性 Mn と葉中 Mn はある程度の関係が認められたが、新梢、皮中 Mn とは関係がなかった。水溶性 Mn は20%レベルの有意性ではあったが葉中 Mn と新梢中 Mn との間に正の関係が認められた。

IV. 考 察

供試土壤は粗皮発生園からのものであったが、無処理の対照区の粗皮症状は2年間の試験では発生しなかった。対照の葉内Mn含量は解体時の10月の分析でも 1070 ppm で、圃場の国光で報告されている粗皮病樹の葉中Mnに比較しても非常に高かった (1, 2)

石灰の添加は土壤の水溶性Mnを低下させ、置換性Mnも低下させたが、易還元性 Mnは Ca_1 処理によっていくらか増大したが粗皮症状はまったく認められなかった。

リン安液肥 (以下Pと省略) の添加は Caと併用した場合には pH (H_2O) を低下させた。この結果は前報と異なっていたが、これは樹による NH_4 の吸収や灌水による溶脱の影響ではないかと考えられる。またPを Ca と併用した場合に pH、exch. Ca の低下と、 y_1 がむしろ増大した結果からみて、施されたリン酸の一部は calcium phosphate に変化し、Al-Pの形成は少なかったと考えられる。

一方 SMn 区の pH 4.0 付近においては、Pの添加は pH と易還元性の含量にほとんど影響を及ぼさなかった。水溶性Mnは石灰と併用した場合はPの多量施用によって増大し、SMn と併用した場合はPの少量施用によって増大した。粗皮症状はPの添加によって増加したが、これは pHが低下し、水溶性Mnが上昇したためと考えられる。

Sの添加は予期に反してpHの低下にはほとんど効果はなく、易還元性Mn、置換性 Mnをむしろ減少させたが、水溶性Mnは増大し、粗皮症状の発生は非常に顕著であった。

以上の土壤の化学性に及ぼす処理の効果からみて、pH の低下とそれに伴う水溶性 Mn の上昇は粗皮症状と最も密接な関係があり、易還元性 Mn と置換態 Mn の変動は粗皮症状の発生と直接的

な関係がないと言えよう。この結果は前報ともよく一致した。

石灰の添加はMn過剰の防止に最も効果的であり、前報と同じく pH 5.5 まで高めると水溶性Mnは痕跡まで低下した。リン酸アンモンの形態によるリン酸の施用は Mn過剰に対して効果が認められないばかりでなく、むしろ増加する傾向が認められた。この理由の一つとして施用に伴う pH の低下が考えられる。また pH 4 付近においては P の多量添加によって、一時的と思われる水溶性 Mn の吸着が認められた。

S の添加は Mn の過剰症を増大させた。これは水和硫黄が薬剤散布体系にかなり取り入れられ、その結果、かなりの量の S がリンゴ園土壤に供給されている現在では S の悪影響は今後の土壤管理においてかなり留意する必要がある。

リン酸の多量施用は種類 ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, H_3PO_3 , KH_2PO_4 , $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$) のいかんを問わず、酸性土壤では Mn の吸収を増加させるといわれ (3.4)、また N は葉中 Mn を増大させると報告されているので (5.6)、リン酸アンモニアの施用は pH の低下を伴わない場合でも葉中 Mn を増大させるとみることができる。地上部の他の部分においても傾向はほぼ同じであった。これに反して根中 Mn 含量は Ca の多量施用によって増大し、P の添加によって減少し、葉中 Mn と負の関係にあった。

これは、粗皮病にかかりにくい丸葉台の根中 Mn が、粗皮にかかりやすい三葉台よりも高いことがしばしば報告されており (1.2)、おそらく丸葉台は吸収した過剰の Mn を細根中に保持して地上部に送りこまないためであろうと考えられ、この試験で根中 Mn の mobility に影響すると考えられる Fe は Mn が多い根で多量に存在し、そのような樹では粗皮症状が発生しない傾向が認められた。しかし根中 Mn と Ca 関係、および地上部の各組織中の Mn と Ca, Fe および他の要素との間に密接な関係を見出すことはできなかった。

V. 摘 要

国光の Mn 過剰障害に対する石灰、リン酸および水和硫黄の効果を知らるために、粗皮病が発生しやすい北野統土壌を用い、スターキング・デリシャスを供試して 200 ℓ 容の鉢で試験を行なった。

1. 石灰の添加は pH を高め、滴定酸度と水溶性 Mn を低下させて、粗皮病の発生を完全におさえた。リン酸アンモンの添加は Ca と併用した場合はむしろ pH を低下させ、水溶性 Mn を高めて軽い粗皮病を発生させた。S の添加は pH をわずかに低めたただけであったが、粗皮病を著しく増大させ枯死寸前であった。リン酸アンモンを SMn と併用した場合には水溶性 Mn は同じくらいぶん高まる傾向を示し、粗皮病は SMn に比べればいくぶん軽かった。

2. 土壌中の易還元性 Mn は pH とほぼ平行して増減し、Mn 過剰障害の indicator とはならなかった、これに反して水溶性 Mn は pH と負の関係にあり、Mn 過剰症と最も密接であった。

3. 地上部の Mn 含量と処理の関係は葉、皮、新梢、木質部ともに傾向は同じであった。Mn の添加は地上部の Mn 含量をわずかに高めただけであったが、Ca の添加は地上部の各組織中 Mn を著しく低下させた。リン酸アンモンの施用は Ca と併用した場合は地上部の Mn 含量を高めた。

これに反して、細根中 Mn は地上部とはまったく正反対であり、Mn 過剰障害の発生がなかった樹では細根中に Mn の蓄積がみられた。細根中の Fe 含量は Mn とほぼ比例した。

Ⅵ. 引 用 文 献

1. 青木二郎、1966、リンゴの粗皮病に関する研究（第 8 報）、園学雑 35 (3): 1—4
2. ———、1966、リンゴの粗皮病に関する研究（第 9 報）、園学雑 35 (4): 1—7
3. Bingham, F. T., J. P. Martin, and J. A. Chastein. 1958. Effects of phosphorus fertilization of California soils on minor element nutrition of citrus. *Soil Sci.* 86; 24—31.
4. ———, and M. J. Garber 1960. Solubility and availability of micro-elements in relation to phosphorus fertilization. *Soil Sci. Am. Proc.* 24; 209—213.
5. Lahanauskas, C. K., T. W. Embleton, and W. W. Jones. 1958. Influence of soil application of nitrogen, phosphate, potash, dolomite, and manure on micronutrient content of avocado leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 71; 285—291.
6. ———, ———, ———, and M. J. Garber 1959. Effect of soil applications of nitrogen, phosphate, potash, dolomite, and manure on the micronutrient concentration in Valencia orange leaves. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 73; 257—266.
7. Leonard, C. D. and I. Stewart, 1953. An available source of iron for plant. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 62; 103—110.
8. 農林省園芸試験場、1967、永年作物における微量金属元素の異常吸収に関する研究、農林省園試成績
9. 農林省振興局、1959、土壤分析法、地力保全対策資料 1 号
10. Thomas, G., and M. Peech. 1960. Soil chemical tests. *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull.* 1960.
11. Wander, I. W. 1950. The effect of calcium phosphate accumulation in sandy soil on the retention of magnesium and manganese and the resultant effect on the growth and production of grape fruit. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 62; 103—110
12. Weinstein, L. H. and W. R. Robbins, 1955. The effect of different iron and manganese nutrient levels on the catalase and cytochrome oxidase activities of green and albino sunflower leaf tissue. *Plant Physiol.* 30 (1); 27—32.
13. 山崎利彦、新妻胤次、田口辰雄、1970、リンゴ園土壌の肥沃度に関する研究（第 6 報）、秋果試研報、3: 49—60

Studies on the Soil Fertility of the Apple Orchard.

VII. The effect of limestone, ammonium phosphate and wettable sulfur on injury of manganese excess.

Toshihiko Yamazaki, Tanetsugu Niizuma and Tatsuo Taguchi

Summary

Experiment was conducted to determine the effect of addition of calcium, phosphate, and wettable sulfur on manganese excess of apple trees grown in 200 ℓ concrete pots with Kitano soil of which susceptible to internal bark necrosis.

1. Addition of calcium increased pH level, and decreased titratable acidity and water soluble manganese. In these Ca_1Mn and Ca_2Mn plots, the internal bark necrosis was not observed. When ammonium phosphate added to calcium, it decreased pH level, and increased water soluble manganese. In these $\text{P}_1\text{Ca}_1\text{Mn}$ and $\text{P}_2\text{Ca}_2\text{Mn}$ plots, slight internal bark necrosis was observed. Application of sulfur markedly increased internal bark necrosis, although decline of pH level was only slight. In these S and SMn plots, trees were closely to death. When ammonium phosphate added to sulfur, water soluble manganese was more or less higher than sulfur alone. In these P_1SMn and P_2SMn plots, internal bark necrosis was slightly less than SMn plot.

2. The concentration of readily reduceable manganese could not to use as a indicator of degree of manganese excess, since it varied parallel to fluctuation of pH level, and not correlated with internal bark necrosis. On other hand, content of water soluble manganese had a positive correlation with degree of internal bark necrosis, and a negative correlation with pH level.

3. The influence of treatments on manganese content in leaves, bark, shoots and wood was similar in these tissues. The manganese concentration in these tissues was markedly decreased by addition of calcium, but slightly increased by manganese supply. When ammonium phosphate added to calcium, it increased manganese content in tissues of top in comparison with calcium alone. On other hand, The trees of no symptom of internal bark necrosis accumulated more manganese in feeder roots than affected trees. Iron concentration in feeder roots was parallel with manganese content.