

リンゴ園の土壤肥沃度に関する研究

第8報 Mn 過剰障害に対する苦土石灰とよう成 りん肥の効果と母材による相違

山崎利彦・新妻胤次・田口辰雄

目	次
I. 緒 言	75
II. 材料および方法	75
1. 処理の方法	75
2. 調査と分析の方法	76
III. 結 果	77
1. 土壤化学性に及ぼす処理の影響	77
2. 生育と粗皮症状に及ぼす処理 の影響	80
3. 葉中の無機成分に及ぼす処理 の影響	81
4. 新梢および細根の無機成分に 及ぼす処理の影響	83
5. 粗皮症状の程度と樹体内成分 の関係	85
IV. 考 察	87
1. 土壤の母材と Mn 過剰の関係	87
2. 土壤中の Mn と粗皮症状の関係	88
3. 樹体中の Mn、Fe の分布と改 良剤の効果について	88
V. 摘 要	89
VI. 引用文献	90

I. 緒 言

前報(24)では国光を用いて北野統土壤に対する石灰とりん酸アンモニア、硫黄の効果を見たが、りん酸アンモニアの添加は Mn 過剰を軽減する効果はなく、むしろわずかではあるが症状を促進した。この理由はりん酸アンモニアの施用に伴う pH の低下によるところが大きいと考えられた。この試験は前報に引きつづき、スターキングを供試して、平鹿統の第三紀土壤と醍醐統の腐植質火山灰の Mn 過剰に対する苦土石灰とよう成りん肥（以下ようりんと略称）の効果について研究したものである。

謝辞：この試験を行なうに当たり、終始御援助をいただいた今喜代治場長と場員各位、ならびに科員の佐々木美佐子、和賀ルリ子、小原幹子の皆様に深甚な謝意を表する。また農林省園芸試験場の千葉勉、関谷宏三、同盛岡支場の巢山太郎の各氏から多くの示唆をいただき、農林省の総合助成を得て実施したことを併記して謝意を表する。

II. 材 料 お よ び 方 法

1. 処理の方法

1966年4月、第三紀凝灰岩を母材とする平鹿統と腐植質火山灰を母材とする醍醐統土壤を 200 ℓ

容のコンクリートポットにつめ、1鉢当たり80gの硫酸マンガンを添加して1年生スターキングを植えた。その後、11月まで生育させてMnの過剰障害を発生させた後、掘りあげて第1表の処

第1表 処理の方法

Table 1. Method of treatment.

Treatment	April, 1966, added per pot	Nov., 1966, added per pot
Control	80g, $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	—
Fused magnesium phosphate (FMP)	"	250g, fused magnesium phosphate
Dolomite	"	250g, dolomite
FMP+Dolomite	"	250g, dolomite and FMP

Injury of Mn excess (IBN) by addition of MnSO_4 in Daigo soil more severe than Hiraka soil. Prior to addition of dolomite or FMP, removed severely affected trees, and provided similarly affected trees to each treatment.

理を施した。Mn過剰が著しい $\frac{1}{3}$ の樹を捨て、新たに $\frac{1}{3}$ の正常樹を追加し、各区の供試樹の症状程度をそろえ1967年4月に再び植えた。1処理3反復のうち1樹は正常植で、他の2樹はMn、過剰が軽度に見われているものと、顕著なものとした。調査は1967年春から1970年春まで行ない、三要素の施用はリンゴ化成20—10—20を1鉢当たり100gを毎年春に施した。

2. 調査と分析の方法

Mn過剰によって生ずる粗皮症状の定量的評価は次のような基準で行なった。

粗皮罹病程度 (例) 1a+ 2c++ 3b++++ 4c+++ 5c+++++

粗皮罹病指数 $(1 \times 1) + (3 \times 2) + (2 \times 4) + (3 \times 3) + (3 \times 5) = 39$

アラビア数字は年枝をあらわし、+は病状の進行程度を、アルファベットは次のように罹病の量をあらわす。

- + … わずかに発疹が認められる。
- ++ … かなり発疹が認められるが開裂にいたらない。
- +++ … 発疹の一部が開裂している。
- ++++ … 開裂が進み発疹の約 $\frac{1}{2}$ が開裂している。
- +++++ … 大部分が開裂し樹皮全体が粗皮でおおわれている。

また量については、

- a … 全体の枝数の $\frac{1}{3}$ 以下に症状が認められる。
- b … 全体の枝数の $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$ に症状が認められる。
- c … 全体の $\frac{2}{3}$ 以上の枝に症状が認められる。

供試樹が若樹であるため、4・5年生はそれぞれ太枝と主幹に相当するが、この場合の粗皮発生量は樹皮の表面積で $\frac{1}{3}$ 以下、 $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$ 、 $\frac{2}{3}$ 以上と分けた。

前掲の罹病程度(例)を表現すれば次のようになる「1年枝の $\frac{1}{3}$ 以下の枝にわずかに発疹が認め

られ、2年枝の $\frac{1}{2}$ 以上の枝にかなりの発疹が認められるが開裂に至らず、3年枝の $\frac{1}{3}$ の枝は開裂が進んだ状態であり、4年枝の $\frac{1}{2}$ 以上には一部開裂している発疹が認められ、5年枝の大部分の枝は樹皮全体がひどい粗皮でおおわれている」このような基準で調査を行なっても、まだいくらかの主観がはいるので、この罹病程度の調査は全期間を通じて同一人が行なった。

土壤中 Mn の測定は水溶性、易還元性および 0.01 N NH_4Cl (0.2%ハイドロキノンを含む) 可溶の Mn について行なった。水溶性 Mn は風乾土壌 10g に純水 25ml を加え、1時間振とうした後濾過した。易還元性は 0.2%ハイドロキノンを含む N NH_4Ac で行なった(17)。水溶性 Mn は前報(23, 24) で述べたように Mn 過剰の診断には最も的確な分析方法と考えられるが、土壤によって濾過が容易でなく、含量が採取時期によって変動しやすい欠点があるため、0.01 N NH_4Cl による抽出も検討した。この抽出は 0.2%ハイドロキノンを含む 0.01 N NH_4Cl 溶液を風乾土 25g に対して 250ml 加え、1時間振とうして濾過した。Mn の定量は原子吸光分光光度計 (日立 207 型) によった。

葉の分析資料は毎年 8 月上旬から中旬に、新梢の中央部からとった。1967, 1969 の両年は葉柄や葉脈を含めて粉碎し、1968 年は葉身だけを分析に供した。

Ⅲ. 結 果

1. 土壤化学性に及ぼす処理の影響

平鹿統の土性は LiC ないし HC で腐植に乏しく、強酸性で塩基置換容量はきわめて高いのが普通である。この試験に用いた土壤は採取地の地層の関係から置換性マグネシウムが特別に高い土壤であった。醍醐統は古い腐植質火山灰で塩基に乏しい土壤であった (第 2, 3 表)。

(1) pH

平鹿統は y_1 が非常に高い土壤であり、したがって置換性アルミニウムが高いために、塩基が豊富

第 2 表 各処理の土壤化学性 (1967 年 9 月)

Table 2. Chemical property of soils in each treatment. (Sept. 1967)

Treatment	pH		C. E. C. (me/100g)	Exchangeable cations (me/100g)			Per cent of base saturation (%)
	H ₂ O	KCl		Ca	Mg	K	
Hiraka soil							
Control	4.40	3.41	51.6	12.61	9.31	0.78	44.0
FMP	4.65	3.59	49.5	17.00	12.59	0.96	61.7
Dolomite	5.40	4.38	52.3	20.65	19.02	0.71	76.9
FMP+dolomite	4.88	3.99	49.5	20.57	17.05	0.97	78.0
Daigo soil							
Control	4.80	4.05	28.4	9.79	1.45	0.65	41.9
FMP	5.50	4.35	31.2	12.98	3.41	0.72	54.8
Dolomite	5.75	4.70	28.8	15.18	3.23	0.90	67.1
FMP+dolomite	6.18	3.28	31.0	17.25	5.54	0.84	76.2

第3表 各処理の化学性 (1969年4日)

Table 3. Chemical property of soils in each treatment. (April, 1969)

Treatment	Humus %	pH		y ₁	C. E. C. (me/100g)	Exchangeable cations (me/100g)			Per cent of base satu- ration	Truog's P (P ₂ O ₅) ppm
		H ₂ O	KCl			Ca	Mg	K		
Hiraka soil										
Control	1.02	4.59	3.30	184.7	49.2	5.51	8.30	1.46	31.0	79.8
FMP	1.14	4.84	3.30	95.8	51.8	11.53	18.07	1.79	60.6	259.7
Dolomite	1.37	4.86	3.43	104.3	57.9	11.70	17.01	1.92	52.9	78.0
FMP+dolomite	1.26	4.73	3.67	47.7	54.2	17.98	20.98	2.02	75.6	290.3
Daigo soil										
Control	6.73	4.65	3.80	16.8	27.3	2.58	0.78	0.99	16.0	72.7
FMP	6.79	5.24	3.99	9.1	24.3	6.49	2.41	1.30	41.9	154.5
Dolomite	6.94	5.23	4.05	6.2	28.4	7.47	2.00	1.90	40.1	86.3
EMP+dolomite	7.05	5.58	4.33	2.0	24.1	11.08	3.38	1.62	66.7	247.5

に存在しても pH (H₂O) は高まらず、苦土石灰の添加によって最も大きな差がみられた 1967 年 9 月の分析でも、対照区の 4.4 から 5.4 まで高まっただけであった。pH に対するようりの効果は、多い時でも対照区に比して約 0.3 高まっただけであった (第2表、第1図)。併用区ではほぼ苦土石灰区とようりん区の間であった。

醍醐統では苦土石灰の添加によって pH (H₂O) は、1967年9月の測定では対照区の 4.8 から 5.75 まで高まり、試験期間を通じて 0.6 ないし 1.0 高かった。ようりの効果も平鹿統より顕著であり、差は多い時で 0.7 高まった。したがって併用区の pH は処理の中で最も高く、1967 年 9 月には 6.18 まで高まった。

処理3年後の1970年4月における各区の pH の差は非常に少なくなり、醍醐統で最も pH が高かった苦土石灰区と対照区の差は 0.3 であり、平鹿統でも併用区と対照区の差は 0.4 にすぎなかった。

(2) Mn

1967年:

処理開始直後の 1967 年 6 月の分析結果では平鹿統の対照区の易還元性 Mn は 567 ppm であり、ようりと苦土石灰の添加によってやや低下したが、低下率は約 20 % にすぎなかった (第2図、

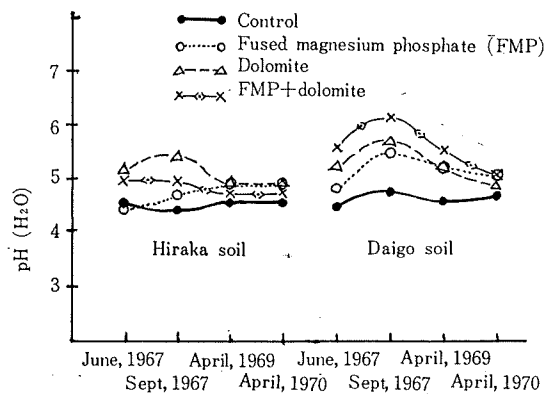


Fig. 1. The effect of treatments on pH level.

第1図 pHに及ぼす処理の影響

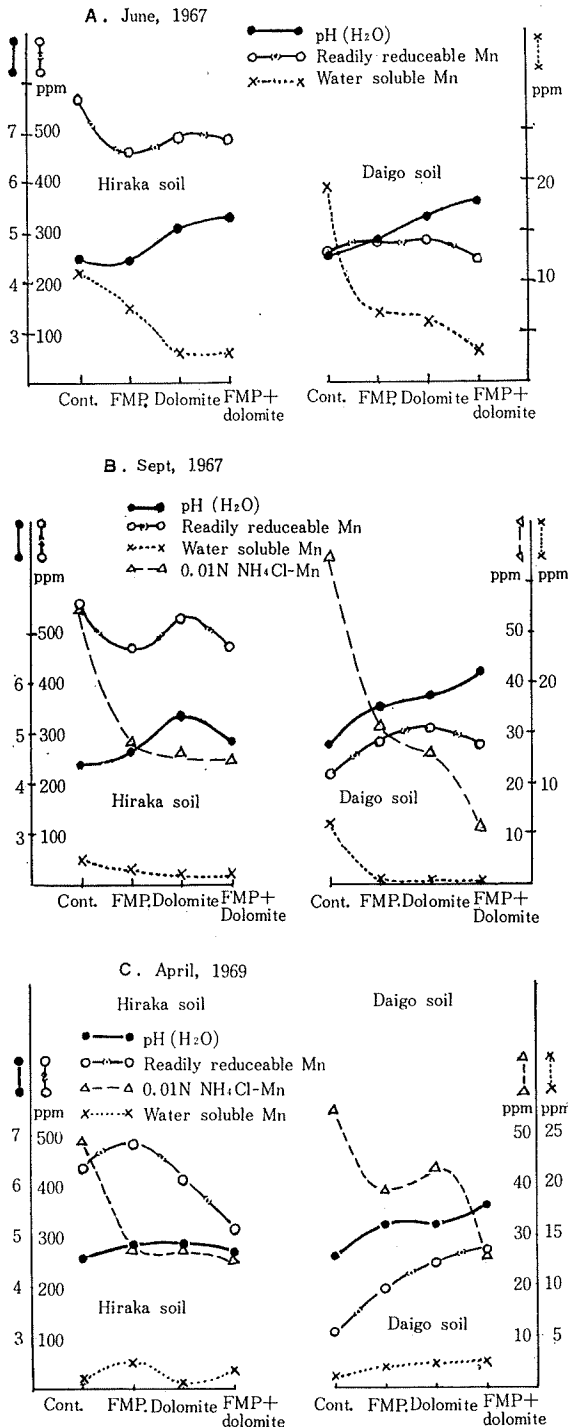


Fig. 2. The effect of treatments on manganese concentration in soils.

第2図 土壤中のマンガン濃度に及ぼす処理の影響

A)。醗酵統の易還元性 Mn は平鹿統より低く、約 250 ppm であり、ようりん、苦土石灰などの添加の影響はほとんど認められなかった。第2図のA—Bで示されるように、両土壌を通じて pH (H₂O) と易還元性 Mn は平行して増減する傾向がみられ、改良剤の添加によって著しく減少するような現象はみられなかった。この結果は前報(24) とほぼ一致していた。

水溶性 Mn に対する苦土石灰の効果はきわめて大きく、1967年6月の醗酵統では対照区の 19.6 ppm から、5.9 ppmに、9月の分析では対照区の 6.2 ppm に対して苦土石灰区では trace となった。また平鹿統でも6月の分析ではほぼ同じような効果がみられた。ようりんの添加は苦土石灰よりも pH (H₂O) を高めないにもかかわらず、水溶性 Mn の低下に対しては苦土石灰と同程度の効果が認められた(第2図、A、B 醗酵統)。しかし平鹿統の場合は苦土石灰区より効果はいくぶん劣っていた。

0.01 N NH₄Cl 可溶Mnの処理による変動は易還元性 Mn より水溶性 Mn に近く、ようりん、苦土石灰などの添加によって濃度は約 $\frac{1}{2}$ に低下した。醗酵統では併用の効果が認められ、対照区の約 $\frac{1}{2}$ にまで低下した。

1969年:

改良剤添加後2—3年目の結果は第2図Cに示した。処理による pH の変化は少なくなり、平鹿統の易還元性 Mn は苦土石灰の添加によって低下したが、醗酵統ではよ

うりん、苦土石灰の添加によってむしろ増大した。水溶性 Mn は各処理とも含量が非常に少なくなり、処理の影響は明らかでなく、0.01 N NH_4Cl — Mn だけに処理の効果がみられ、両土壌ともうりん、苦土石灰の添加によって減少した。

2. 生育と粗皮症状に及ぼす処理の影響

(1) 生育

第4表でみられるように、1樹当たりの新梢生長量は平鹿統では処理間に差は認められず、醍醐統の対照区の生育がやゝ劣ったが他の処理間に差は認められなかった。

(2) 粗皮症状

Mn の過剰障害は樹皮の粗皮症状と1年生枝の先枯れとなってあらわれる。処理3年目の新梢の先枯れは平鹿統は1350cmに達したが、うりんの添加によって $\frac{1}{3}$ に、苦土石灰の添加によって $\frac{1}{3}$ に、併用によって約 $\frac{1}{3}$ に減少した。醍醐統の先枯れは平鹿統より少なかったが、うりんによって半減し、苦土石灰によって $\frac{1}{3}$ 以下に激減した（第5表）。

第4表 新梢長に及ぼす処理の影響

Table 4. The effect of treatments on shoots growth.

Treatment	Length of shoots (cm per tree)		
	1967	1968	1969
Hiraka soil			
Control	1427	3488	4875
FMP	1567	3284	3675
Dolomite	1282	3301	5211
FMP+dolomite	1568	3472	5007
Daigo soil			
Control	1226	2053	3820
FMP	1496	3294	5519
Dolomite	1457	3991	6483
FMP+dolomite	1450	3924	5750
L. S. D	NS	NS	NS

第5表 各処理の粗皮症状によって枯死した新梢長（3年間の合計）

Table 5. Length of shoots died by internal bark necrosis (Oct., 1969)

Treatment	Died shoots during three years from 1967 to 1969 (cm per three pots)	
	Hiraka soil	Daigo soil
Control	1350	473
FMP	472	249
Dolomite	266	72
FMP+Dolomite	153	63
L. S. D.	0.05 0.01	147.1 201.2
Significance between both soils $P < 0.05$		

1966年4月から11月までは各区ともMnだけを加えて、改良剤の施用を行なわないでMn過剰障害を発生させたが、その場合の粗皮症状は醍醐統の方が遙かにひどかった。しかしその後改良剤を加えてからの症状は醍醐統の方が遙かに軽く、対照区の罹病指数の平均は醍醐統の25～30に対して、平鹿統では50～55であった（第3図）。また1処理の反復3樹のうち、最も粗皮症状がひどかった樹の罹病程度は第6表に示した。

第6表 各処理の中で最も粗皮症状がひどかった樹の症例(1969年11月)

Table 6. The index of internal bark necrosis of the most affected tree within treatment.

Soil	Treatment	Indication					Index
Hiraka	Control	1c+++	2c+++	3c++++	4c+++++	5c+++++	63
	FMP	1b+	2b++	3b++++	4b++++	5c++++	34
	Dolomite	1b+	2b++	3c++++	4c++++	5c++++	42
	FMP+dolomite	1b+	2a++	3c++	4c++	5b+++	25
Daigo	Control	1b+	2b++	3b+++	4b++++	5b++++	28
	FMP	0	0	3a+++	4a++++	5a+++	10
	Dolomite	1a+	2a++	3a++	4a+	5a+	7
	FMP+dolomite	0	0	3a++	4a+++	5a+++	8

粗皮症状に及ぼす処理の効果は醍醐統では特に顕著であり、苦土石灰の施用によって著しく減少し、ようりん施用も同じような効果が認められた。苦土石灰、ようりん、および併用区間の処理差は有意ではなかった。一方平鹿統ではようりと併用区の効果は著しく、苦土石灰の効果はそれほど顕著ではなかった(第3図)。

ようりんの pH 矯正効果は苦土石灰よりもやや劣っていたにもかかわらず第三紀土壌の平鹿統で苦土石灰にまさ

る効果が認められたことは非常に興味があり、第三紀土壌における Mn の行動とようりんの関係は重要視する必要がある。

3. 葉中の無機成分に及ぼす処理の影響

すでに述べたように、1968年の分析試料は葉身であった。葉身分析と全葉分析を比較すると、葉身分析の場合は N が高く、K は低く、P は高いのが普通で、Ca、Mg 含量にはほとんど差がない(16)。

(1) N

葉中Nは醍醐統より平鹿統の方が有意に高かった(第4図、N)。この理由は第3報(22)で述べたように、年1回の施肥条件下ではアロフエンと2:1型粘土鉱物の吸着能の相違によるためと考えられる。含量が年々低下したのは、3年間とも施肥量が同じで樹容積は拡大したためであろう。処理間の差は明らかでなかったが、併用区の葉中Nだけが試験の後半で低くなる傾向がみられ、こ

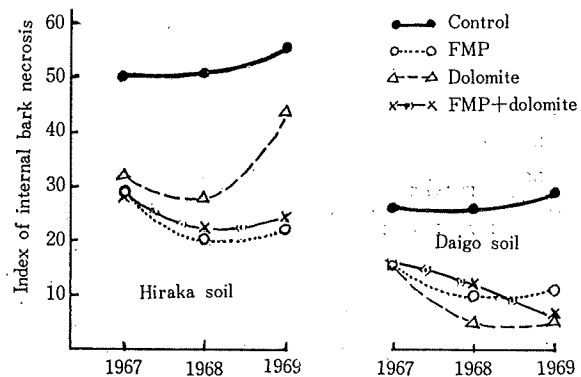


Fig. 3. The effect of treatments on degree of internal bark necrosis.

第3図 粗皮症状の程度に及ぼす処理の影響

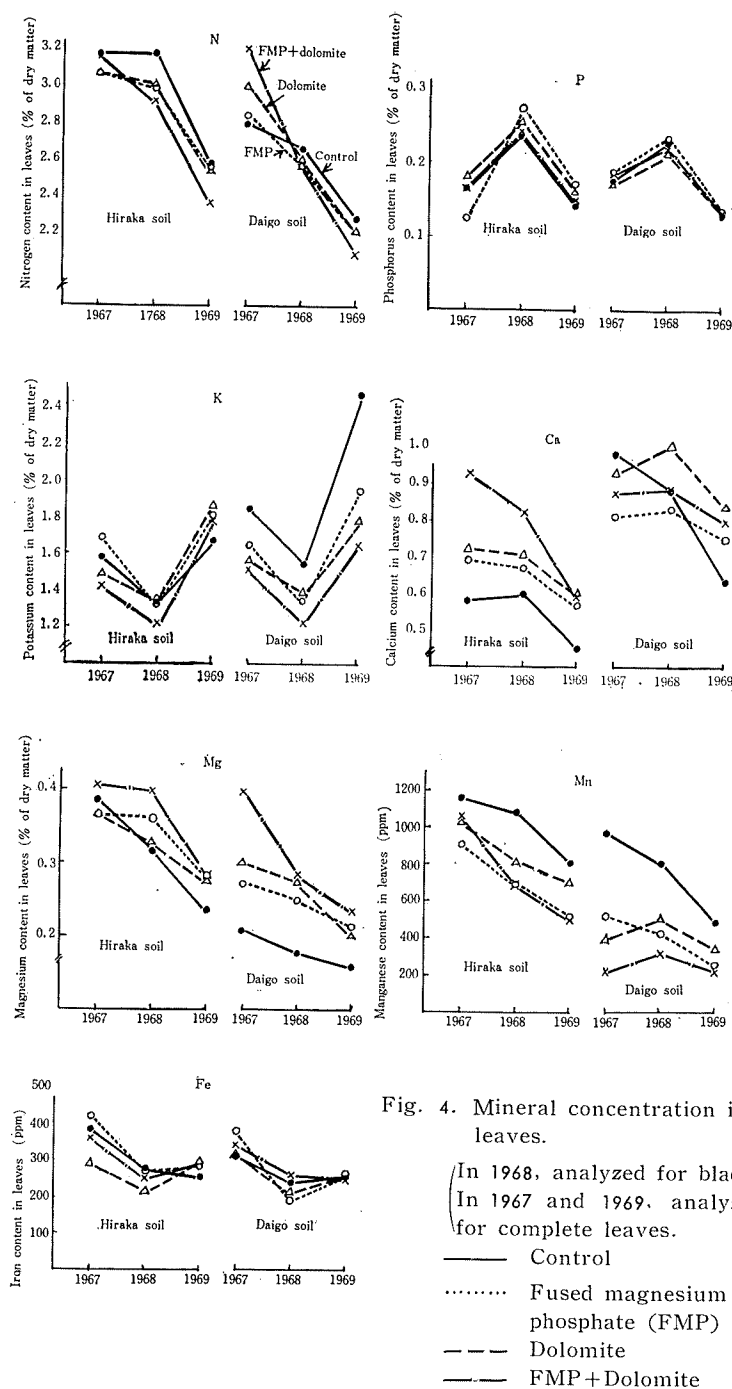


Fig. 4. Mineral concentration in leaves.

(In 1968, analyzed for blade.
(In 1967 and 1969, analyzed for complete leaves.)

第4図 葉中の無機成分含量

(1968年は葉身分析、1967年と1969年は全葉について分析)

の差は有意であった。

この併用区のN含量の低下はリン酸との拮抗も考えられなくはないが、土壌のpHが矯正され土壌条件が改善されるに伴ない、硝化能が大となり、Nが溶脱しやすくなったことも考えられる。

(2) P

1968年と69年にはよりりん区が他の区よりいくぶん高い傾向は認められたが、そのほかは一定の関係が認められなかった(第4図、P)。

(3) K

醍醐統の葉中Kは平鹿統より明らかに高かった。これはNが平鹿統より低かったことがおもな理由として考えられるが、Mgが非常に低かったことも関係があろう。Caは平鹿統より高かったが、りんゴ葉中におけるKとの拮抗はCaよりMgの方が強いのが普通である。

醍醐統では対照区のK含量が最も高く、併用区で最も低かった。これは葉中Mgによる影響と考えられる。平鹿統では最初の2年間は併用区で低く、この差は有意であったが他の処理間には差が認められなかった(第4図、K)。

(4) Ca

土壤の置換性Caは平鹿統の方が醍醐統より明らかに高かったが、葉中Caは醍醐統の方が有意に高かった。この理由は醍醐統のアロフェンに吸着されたCaやMgは容易に release されるためと考えられる(22)。平鹿統では併用区のCa含量が最も高く、ついで苦土石灰、ようりん順であった。醍醐統でも傾向はほぼ同じであったが、対照区の変異が大きかった(第4図、Ca)。

(5) Mg

醍醐統の葉中Mgは著しく低かった。土壤中の置換性Mgは平鹿統の約半しか含まれていなかったため、この葉中Mgの差は置換性Mgの差に基づくものと考えられ、その効果がCaで述べたような塩基吸着能の差を上まわったのであろう。両土壤とも併用区の葉中Mgが著しく高く、対照区で低かった。ようりん区と苦土石灰区はその中間で、平鹿統では苦土石灰よりようりん区の方が高く、醍醐統では苦土石灰区の方がやや高かった(第4図、Mg)。

(6) Mn

葉中Mnは醍醐統より平鹿統の方が高かった。両土壤とも対照区のMnは最も高く、平鹿統では1070 ppmから810 ppm、醍醐統では970 ppmから490 ppmであった。平鹿統ではようりと併用区の含量が有意に低く、苦土石灰区の葉中Mnはようりん区よりかなり高く、差は有意であった。醍醐統では処理の差はさらに顕著で、併用区では210 ppmから310 ppmで対照区の $\frac{1}{3}$ 以下であった。苦土石灰とようりん区のMn含量はそれらの中間であったが、最初の年を除いて苦土石灰よりようりん区の方が葉中Mnは低かった(第4図、Mn)。

(7) Fe

葉中Fe含量は両土壤の間に差は認められず、両土壤とも苦土石灰区でいくぶん低く、平鹿統のようりん区でいくぶん高かった。その他の処理間差異は認められなかった(第4図、Fe)。

4. 新梢および細根の無機成分に及ぼす処理の影響

(1) 新梢先端部の含量

新梢の先端部10cmを1967年8月に集め、皮部と木質部を同時に粉碎した試料についての分析結果を第7表に示した。N含量は葉の場合と同じく、醍醐統より平鹿統で高かったがCaは低かった。処理の影響についてみると、Nは平鹿統では苦土石灰の施用によってやや低下する傾向がみられたが、醍醐統では処理間に差はなく、K含量は醍醐統では苦土石灰の添加によって非常に低下したが、平鹿統では大差がなかった。またPはようりんの添加によって特に高まるようなことはなかった。

第7表 新梢先端部の無機成分含量 (1976年8月)

Table 7. Mineral composition in shoot tips of each treatment. (Aug., 1967)

Soil	Treatment	Macro-element (% of dry matter)					Micro-element (ppm)	
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe
Hiraka	Control	1.25	0.132	0.58	0.54	0.343	590	191
	FMP	1.12	0.140	0.69	0.75	0.343	477	279
	Dolomite	0.98	0.118	0.59	0.62	0.320	449	198
	FMP+dolomite	0.92	0.110	0.64	0.72	0.320	409	262
Daigo	Control	0.97	0.107	0.61	1.13	0.198	511	338
	FMP	0.91	0.116	0.63	1.22	0.303	245	572
	Dolomite	0.86	0.105	0.46	1.38	0.261	153	287
	FMP+dolomite	0.96	0.114	0.45	1.17	0.372	95	193

土壤中の Mg が少なかった醍醐統では、ようりんと苦土石灰の添加によって Mg 含量は増大したが、土壤中に Mg が豊富に存在した平鹿統では、ようりん、苦土石灰の添加による新梢中 Mg の上昇はみられなかった。

Mn 含量は平鹿統ではようりんの添加によって約20%、苦土石灰によって約15%、併用によって約30%低下した。一方、醍醐統では、ようりんの施用によって約52%、苦土石灰によって70%、併用によって対照区の 511 ppm から 95 ppm に低下し減少率は81%に達した。

Fe はようりんの添加によって顕著に増加し、平鹿統では46%、醍醐統では69%高まった。これに対して苦土石灰の添加区では、醍醐統の場合にはむしろ低下する傾向がみられた。

(2) 新梢皮部の含量

1970年4月に採取した新梢皮部中の無機含量は第8表に示した。N含量は新梢先端部の場合と同

第8表 新梢皮部中の無機成分含量 (1970年4月)

Table 8. Mineral composition in shoot barks of each treatment. (April, 1970)

Soil	Treatment	Macro-element (% of dry matter)					Micro-element (ppm)	
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe
Hiraka	Control	1.45	0.158	1.08	0.80	0.320	475	485
	FMP	1.43	0.174	1.23	0.91	0.383	293	391
	Dolomite	1.34	0.191	1.07	0.90	0.324	325	324
	FMP+dolomite	1.32	0.160	1.13	0.91	0.340	285	224
Daigo	Control	1.26	0.145	1.22	1.19	0.211	324	291
	FMP	1.25	0.134	1.08	1.36	0.277	168	320
	Dolomite	1.26	0.152	1.04	1.46	0.241	196	260
	FMP+dolomite	1.25	0.145	1.04	1.50	0.287	146	288

じく、平鹿統で高く、醍醐統で低かった。同一土壌内における処理間の差は明らかでなかった。P もNと同じように平鹿統でやや高かったが、両土壌とも処理間の差は認められず、ようりんの施用によって特にPは高まらなかった。Kは土壌間、処理間ともに差はなく、Caは新梢先端部の含量と同じく、平鹿統で低く醍醐統で高かった。醍醐統では対照区より、ようりんや苦土石灰区の方が

高く、平鹿統でも差は少なかったが傾向は同じであった。Mg 含量も新梢先端部と同じく、平鹿統で高く醍醐統で低かった。ようりん添加による Mg の増大は両土壌で認められたが、苦土石灰の添加による Mg の増大はほとんど認められなかった。

Mn はようりんの添加によって、平鹿統で約38%減少し醍醐統では約48%減少した。苦土石灰の添加によっても Mn は減少したが、ようりんより効果は少なかった。醍醐統の Fe はようりんの添加によって増大したが、平鹿統では Fe の増大は認められなかった。苦土石灰の添加は両土壌において Fe を低下させた。

(3) 細根中の含量

1970年4月の細根中無機成分の分析値は第9表に示した。細根中のN、P、Kの含量と処理の関

第9表 細根中の無機成分含量 (1970年4月)

Table 9. Mineral composition in feeder roots of each treatment. (April. 1970)

Soil	Treatment	Macro-element (% of dry matter)					Micro-element (ppm)	
		N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe
Hiraka	Control	1.13	0.149	1.24	0.29	0.131	245	660
	FMP	0.85	0.101	0.83	0.46	0.150	310	1064
	Dolomite	1.26	0.147	0.93	0.58	0.156	104	924
	FMP+dolomite	0.78	0.105	1.03	0.32	0.143	239	648
Daigo	Control	0.90	0.120	0.69	0.42	0.204	199	659
	FMP	0.76	0.093	0.75	0.45	0.159	300	887
	Dolomite	0.77	0.102	0.77	0.57	0.178	407	906
	FMP+dolomite	0.77	0.115	0.91	0.56	0.176	707	1029

係は新梢先端部の傾向と同じであったが、Ca 含量はいずれの土壌でもようりん、苦土石灰の添加によっていくぶん高まった。しかし Mg はようりんあるいは苦土石灰の添加によって増加しなかった。

平鹿統の細根中 Mn は苦土石灰の添加によって低下したが、ようりん区ではむしろ増大した。醍醐統では苦土石灰、ようりん区とも Mn は増大し、併用区の Mn 含量は対照区の3倍以上に達した。すなわち粗皮症状が軽いほど細根中 Mn は高かった。Fe はようりん、苦土石灰の添加によって顕著に増加し、Mn の場合と同様であった。

5. 粗皮症状の程度と樹体内成分の関係

葉中 Mn と粗皮程度との間には密接な関係が認められ、1968年には0.765、1969年には0.784の正の相関指数が得られた(第5図)。また葉中の Mn/Ca 比と粗皮症状の間にはさらに高い相関指数が得られた(第6図)。

樹体の各部の Mn 含量と粗皮程度との関係についてみると(第7図)、葉中 Mn、新梢中 Mn と粗皮のひどさの間には正の関係がみられたが、それとはまったく反対に細根中 Mn と粗皮程度との

間には負の関係みられた。この傾向は醍醐統において特に顕著であつた。さらに、細根中の Fe は Mn 含量と平行して増減した。

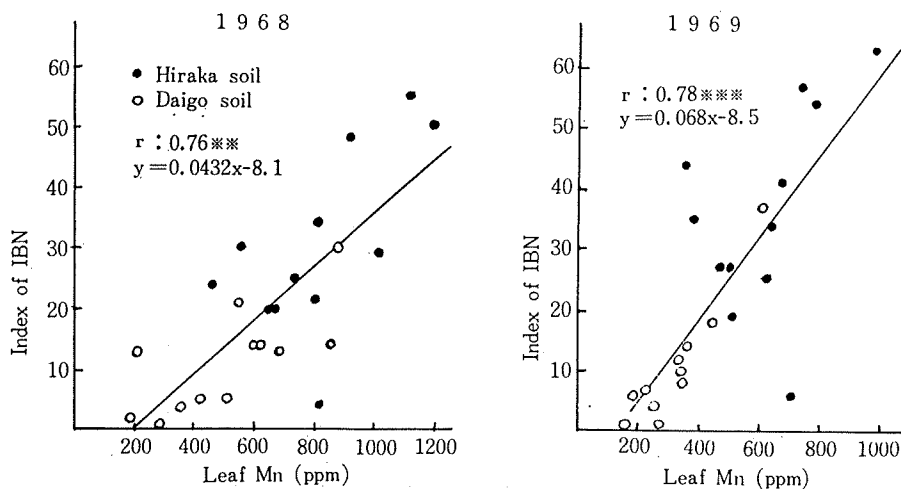


Fig. 5. The correlation between internal bark necrosis and leaf manganese in 1968 and 1969.

第5図 粗皮症状と葉中マンガン含量との関係 (1968. 1969)

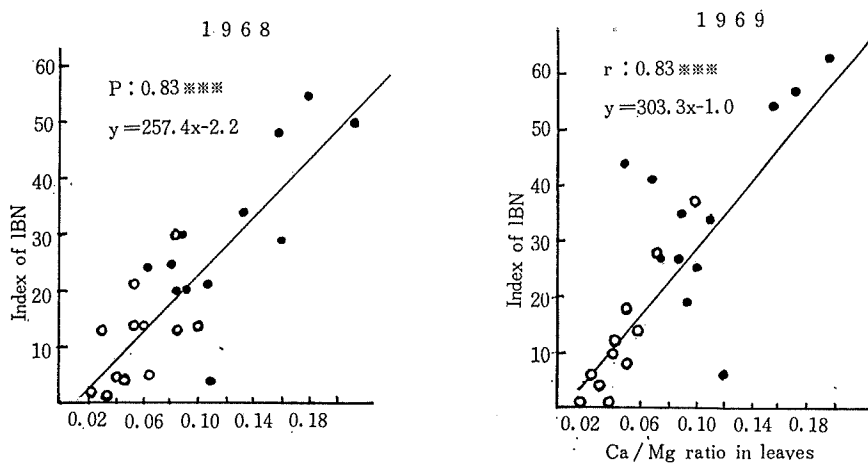


Fig. 6. The correlation between internal bark necrosis and Mn/Ca ratio in leaves. (1968. 1969)

第6図 粗皮症状と葉中 Mn/Ca 比との関係 (1968. 1969)

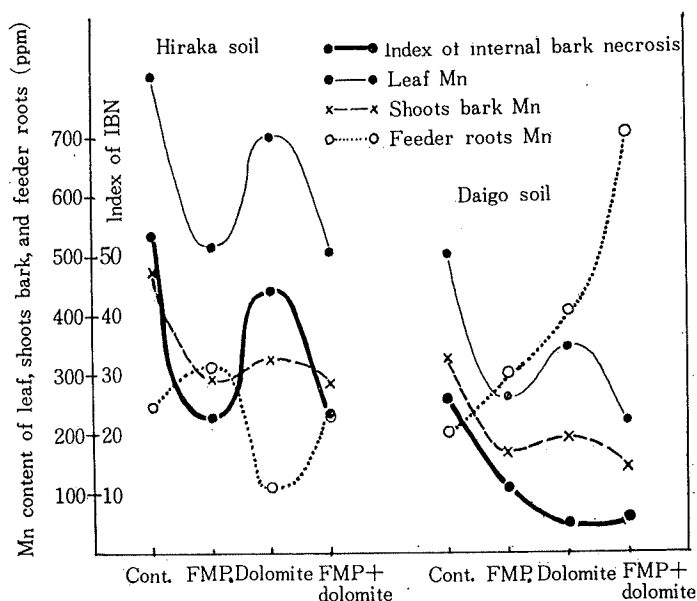


Fig. 7. The relation of internal bark necrosis and manganese content in leaves, shoots and feeder roots. (1969)

第7図 粗皮症状と葉中 Mn、新梢中 Mn、細根中 Mn の関係 (1969)

IV. 考 察

1. 土壌の母材と Mn 過剰の関係

醍醐統の腐植質火山灰土壌における Mn 過剰（粗皮症状）は、Mn 添加後速かに現われ、症状は第三紀よりもはげしかったが、翌年樹をそろえて改良剤を施用してからの粗皮症状は平鹿統より遙かに軽かった。一方、平鹿統の第三紀土壌においては、Mn の添加後徐々に過剰害が現われ、その悪影響はかなり長期間にわたるようである。さらに顕著なことは、醍醐統では苦土石灰やようりんの施用は Mn 過剰に対してひとしく効果的であり、それらの施用によってほとんど正常な状態にまで治癒したが、平鹿統では苦土石灰の施用によって症状は軽くなつたが、まだ醍醐統の対照区程度で完全な治癒にはほど遠かった。

現地のリンゴ園では平鹿統での粗皮病の発生はほとんどなく、大部分は腐植質火山灰で発生している(23)。したがって苦土石灰、ようりんなどの施用効果は期待できるが、平鹿統のような土壌で粗皮病が発生した場合は石灰資材の効果はあまり期待できないかもしれない。Rogers (20) らが報告しているような石灰資材の効果がみられない土壌はこの試験の平鹿統と共通した点が多いと考えられる。

平鹿統では易還元性 Mn は高いが水溶性は少なく、実際のリンゴ園でも粗皮病が少ない事実から

(23)、普通の土壌条件下では易還元性 Mn と Mn の過剰吸収は結びつかない。しかし人為的に添加された Mn は粘土鉱物にゆるく吸着され、少しづつ長期間にわたって土壌溶液中に溶出してくるようになりみられる。

粗皮症状が平鹿統で高かったことは、Mn のほかに N もある程度の関連を有していると考えられる。N の多施が Mn 過剰を促進することは 2, 3 の研究者によって明らかにされており(12, 13, 20)、Berg (6) によれば NaNO_3 の施用は土壌酸度を増大させることなく粗皮症状を促進したと述べている。平鹿統の N 含量は葉においても新梢中においても醍醐統より明らかに高かった。

2. 土壌中の Mn と粗皮症状との関係

易還元性 Mn は試験開始時でも改良剤添加 3 年後でも含量に大差なく、処理による一定の変化も認められず、粗皮症状とはまったく関係が認められなかった。一方、水溶性 Mn は改良剤の施用によって著しく減少した。第 6 報(23)において粗皮病の発生の難易は易還元性 Mn よりも pH の低下に伴う水溶性 Mn の増加と密接な関係にあると述べ、第 7 報(24)においてもこのことを確認したが、この研究でも結果はほぼ同じであった。畑土壌においては水溶性 Mn が Mn 過剰のよい指標となることは大塚(19)、青木(3, 4, 5)らによっても述べられており、ミカンの異常落葉は置換性 Mn、易還元性 Mn とはそれほど密接な関係がないのに対して(8, 18)、水溶性 Mn と密接な関係を見出している研究が多い(8, 9, 10, 11, 19)。リンゴの粗皮病でも Berg (6) は易還元性、置換性とも変異が大きく粗皮病と密接な関係がなかったと述べている。しかしこの研究で水溶性 Mn の濃度は処理後 3 年目に非常に低下したにもかかわらず、対照区の粗皮症状は回復しなかった。このことは神吉(11)も述べているように、樹が吸収する Mn は水溶性 Mn だけでなく、潜在性 Mn も考慮すべきであることを示している。したがって、粗皮病をひき起す水溶性 Mn の限界値についてはまだ明確ではない。現段階では水溶性 Mn がほとんど検出されないことが一応の条件となろう。

0.2% のヒドロキノンを含む 0.01 N NH_4Cl によって抽出される Mn は水溶性 Mn と同じく処理の影響を受け、粗皮病の程度と密接な関係が認められた。さらに処理 3 年後においても水溶性 Mn のように著しく減少することもなく、粗皮症状の実態とよく一致した。この稀塩化アンモニアによる測定は水溶性の場合よりも濾過が容易で濃度も高いので、現地リンゴ園の診断基準として検討する意義があろう。

3. 樹体中の Mn、Fe の分布と改良剤の効果について

青木(1, 2) はミツバ台木とマルハ台木の細根中 Mn を比較して、細根では地上部とは反対に、粗皮病にかかりにくいマルハ台の Mn 含量が高かったと述べ、その理由の一つとして通導組織の相違をあげている。この研究では前報と同様に供試樹は全部ミツバ台であったが、地上部の葉、新梢中 Mn 含量とは正反対に、地上部の含量が高い処理は細根中 Mn が低かった。すなわち粗皮病の程度

と細根中 Mn との間には負の相関関係が認められた (第7図)。

同様のことは Fe 含量についてもみられ、細根中の Mn が増加するにつれて Fe も増大した。

地上部においては Mn 含量と粗皮のひどさとの間に正の相関指数が得られ、Mn/Ca 比との間にはさらに密接な関係が見出された。

以上の現象から、細根中においては Fe が地上部への Mn の移行を阻害し、地上部ではおもに Ca が Mn の行動を制限しているようにみうけられる。

苦土石灰の添加は土壤の pH を上昇させて可給態 Mn を減少させると同時に、地上部の Ca 含量を増大させることによって粗皮症状を軽減させるものとみられる。Ca の吸収増加は土壤中における Ca の絶対量の増加によるものと考えられるが、Mn と Ca の拮抗も知られている (14)。苦土石灰の効果は Ca を吸収しやすい醍醐統において顕著であり、平鹿統では苦土石灰を施しても地上部 Ca 含量は高まらず、Mn 過剰症 (粗皮症状) もひどかった。これに対して平鹿統に対するようりんの単用は細根中の Fe 含量を増大させ、粗皮症状を少なくした。Weinstein (26) によれば、ヒマワリの Mn toxicity は Fe の添加によってなくすことができると述べており、柑橘では Mn toxicity と Fe deficiency は同じものであるとさえいわれ (15)。リンゴでも Mn 過剰によって Fe 欠乏と同じ症状がみられている (21)。このように粗皮病の発生は Mn の吸収量を減少させるだけでなく、Fe の吸収を高めることによって押えることも考えられる。

一般的にみて、苦土石灰の施用は Mn を減少させるが Fe には影響しないか (12)、むしろ lime-induced iron chlorosis をひき起す場合すらある (15, 25)。また P の添加は Fe の吸収を減少させ (15)、Mn の吸収を増加させるといわれている (7, 12)。また前報 (24) でもりん酸アンモニアの添加は葉と新梢皮部の Mn を高め、Fe をやや減少させていることから、ようりんの添加効果はりん酸に帰せられるものとは考えられない。粗皮病に対するようりんの効果の解明と含鉄改良剤の検討は今後の問題の一つであろう。

V. 摘 要

第三紀凝灰岩を母材とする平鹿統と、腐植質火山灰の醍醐統にスターキング・デリシャスを植え、硫酸マンガンを加え、マンガン過剰に対する苦土石灰とようりん肥の効果を試験した。結果は次のとおりであった。

1. 醍醐統に対するようりんおよび苦土石灰の添加は同じように Mn 過剰を著しく軽減したが、平鹿統に対するそれらの効果は醍醐統より少なく、特に苦土石灰の効果は少なかった。
2. 易還元性 Mn に及ぼす処理の効果は認められず、易還元性 Mn とマンガン過剰障害 (粗皮症状) との間にも関係は認められなかった。水溶性 Mn は処理年においては処理の影響を顕著にうけ、粗皮症状とも密接な関係が認められたが、処理3年目の水溶性 Mn はどの処理でもきわめて低く、粗

皮症状との間に密接な関係は認められなかった。これらの分析法に比較して、0.2%のヒドロキノンを含む 0.01 N NH_4Cl 可溶 Mn は診断のめやすとしてはすぐれているものと考えられた。

3. 葉および新梢皮部中 Mn と粗皮症状の程度との間には正の相関関係が認められ、Mn/Ca 比との間にはさらに高い正の相関指数が得られた。

細根中の Mn は地上部の含量とは正反対で、粗皮症状とは負の関係がみられた。細根中の Fe 含量もほぼ Mn と平行して高まり、ようりんの単用は細根中の Fe 含量を高めた。

VI. 引 用 文 献

1. 青木二郎、1966、リンゴ粗皮病に関する研究（第8報）、園学雑、35 (3) : 1—4
2. ———、1966、リンゴ粗皮病に関する研究（第9報）、園学雑、35 (4) : 1—7
3. 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（第1報）日土肥誌 40 (6) : 228—235.
4. ———、———、1969、異常落葉園土壌および樹体成分の時期的変化について（その2）日土肥誌 40 (6) : 241—244.
5. ———、———、1969、種々の土壌処理によるマンガンの溶出について、日土肥誌、40 (6) : 245—249.
6. Berg, A., G. Clulo and C. R. Orton 1958. Internal bark necrosis of apple resulting from manganese toxicity. West Virginia Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. 414T.
7. Bingham, F. T. and M. J. Garber 1960. Solubility and availability of micro elements in relation to phosphorus fertilization. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 24 : 209—213.
8. 飯田春夫、中間和光、ほか、1966、温州ミカンの異常落葉に関する研究。
 1. 異常落葉園土壌の可溶性 Mn の発生に及ぼす KCl 、 CaCO_3 、ブドウ糖添加の影響について、静岡柑試研報 6 : 45—54.
9. 岩本数人、大津量男、ほか、1965、温州ミカンの異常落葉に関する研究 熊本果試報 2 : 45—73.
10. 神吉久遠、矢島邦康、浜口克己、1968、温州ミカン異常落葉園の調査、園学雑、37 (1) : 51—56.
11. ———、今村俊清、1968、本州および四国地方における温州ミカン異常落葉の調査、園学雑、37 (1) : 122—128.
12. Labanauskas, C. K., T. W. Embleton, and W. W. Jones 1958. Influence of soil applications of nitrogen, phosphate, potash, dolomite, and manure on micronutrient content of avocado leaves. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71 : 285—291.
13. ———, ———, ———, and M. J. Garber 1959. Effects of soil applications of nitrogen, phosphate, potash, dolomite, and manure on the micronutrient concentration in Valencia orange leaves. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 73 : 275—266.
14. Lathwell, D. J. and M. Peech 1964. Interpretation of chemical soil tests. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. 995.
15. Leonard, C. D. and I. Stewart 1953. Anavairable source of iron for plant. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 62 : 103—110.
16. 新妻胤次、田口辰雄、山崎利彦、未発表
17. 農林省振興局、1959、土壌分析法、地力保全対策資料1号
18. 大塚恭治、1964、温州ミカンの異常落葉（第1報）トマトの鉢試験にみた異常落葉園の栄養的特性、日土肥誌 35 (1) : 1—5.
19. ———、1964、温州ミカンの異常落葉（第2報）異常落葉園の調査 日土肥誌 35 (2) : 65—67.

20. Rogers, B. L. 1965. Internal bark necrosis (measles) on Delicious apple trees under field conditions. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 86: 46-54.
21. Shanon, M. L. 1954. Internal bark necrosis of the Delicious apple. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 64: 165-174.
22. 山崎利彦、新妻胤次、田口辰雄、1969、リンゴ園の土壤肥沃度に関する研究（第3報）苦土と石灰の欠乏限界の母材による相違、園学雑、38 (2): 1-8.
23. ———、————、————、1970、リンゴ園の土壤肥沃度に関する研究（第6報）土壌の種類と粗皮病の関係。秋田果樹試研報 3: 49-60.
24. ———、————、————、1970、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。秋田果試研報 3: 61-74.
25. Wallace, T. 1928. Investigations on chlorosis of fruit trees. IV. The control of lime-induced chlorosis in field. *J. Pom. & Hort. Sci.* 7: 251-269.
26. 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.

Studies on the Soil Fertility of Apple Orchard.

- VIII. The effect of fused magnesium phosphate and dolomite on the injury of manganese excess, and its difference between soils of Hiraka and Daigo series.

Toshihiko Yamazaki, Tanetsugu Niizuma and Tatsuo Taguchi

Summary

For study the effect of fused magnesium phosphate and dolomite on injury of excess manganese absorption, 2-years old Starking Delicious apple trees were planted in 200 ℓ concrete pots with Hiraka (Tuff from the tertiary period) and Daigo (humus-rich volcanic ashes) soils in which manganese sulfate had added in last year. Results as follows :

1. Marked healing effect of fused magnesium phosphate and dolomite on injury of manganese excess was obtained similarly in Daigo soil, but in Hiraka soil, the effect of dolomite was lower than fused magnesium phosphate.
2. Neither concentration of readily reduceable manganese was affected by both treatments, nor correlated with internal bark necrosis (excess manganese absorption). Level of water soluble manganese was lower in treated pot than control, and closely correlated with internal bark necrosis in 1967, although its concentration became very low in all pot in 1969. As compared with these methods, the concentration of manganese extracted by 0.01 N NH_4Cl containing 0.2 per cent hydroquinone solution closely correlated with degree of internal bark necrosis through 1967 to 1969, and it seemed available for soil diagnosis related to manganese excess.
3. The positive correlation was observed between degree of internal bark necrosis and manganese content in leaves or shoots, moreover higher relationship was obtained with Mn/Ca ratio in these tissues. On other hand, negative correlation was showed between manganese content in feeder roots and degree of internal bark necrosis. Iron content in feeder roots was parallel with manganese, and increased by application of fused magnesium phosphate.