

りんご園の土壌肥沃度に関する研究

第6報 土壌の相違と粗皮病の発生との関係

山崎利彦、新妻胤次、田口辰雄

目	次
I. 緒言	49
II. 材料と方法	50
1. 供試園土壌	50
2. 土壌の分析法	50
III. 結果	51
1. 土壌の種類と粗皮病の発生程度	52
2. 土壌の種類と土壌中の可給態Mn	53
3. 土壌の可給態MnとpHの関係	53
4. 粗皮病園土壌に対する石灰とリン酸の添加効果	55
IV. 考察	57
V. 摘要	58
VI. 引用文献	59

I. 緒言

粗皮病の発生はりんごの品種構成の変化に伴ない重要な問題となってきた。すなわち、ふじ、スターキングなどの将来の基幹品種はこの障害に非常にかかりやすい。粗皮病の発生原因については病害虫、B、nなどの生理障害、ウイルス説など種々述べられてきたが、現時点では長井(9.10)の綜説と、青木(1.2)の研究、および農林省園芸試験場の重金属の過剰吸収に関する研究から、わが国の粗皮病はMnの過剰によるものとして取り扱うことが妥当であろうと見なされている。

本県でも火山灰地に植栽されているスターキングの成木や新植地のふじにおいて部分的に激発しており、これからのりんご生産の大きな阻害要因となっている。この報告は昭和38年青木が粗皮病の原因はMnであろうとした時点において、昭和39年から開始したものであり、土壌の酸性化に伴う金属イオンの過剰障害とみて、おもに対策方法と土壌診断法の確立に重点をおいて行なってきたものである。

この研究を実施するに当って、試験に関する種々の御教示を得た農林省園芸試験場 関谷宏三氏、同盛岡支場 巢山太郎氏、ならびに、分析方法について種々御教示いただいた岩手園試 伊藤明治氏に深く謝意を表す。

研究の全期間を通じて終始厚い御援助をいただいた場長、今喜代治氏と場員各位、ならびに当科員の佐々木美佐子、和賀ルリ子、佐藤和子、小原幹子の諸嬢に改めて感謝の意を表す。

また、この試験は農林省の総合助成を得て行なったものであることを附記して謝意を表す。

II. 材 料 と 方 法

1. 供試園土壌

現地調査は昭和39年から41年までの土壌調査園のうち、スターキングと国光について粗皮病の発生の有無を調査した172園を対象とした。これらの園の土壌は平鹿統、北野統、柴内統、花輪統、釜の川統に大別できた。これらの統の詳細は昭和38年度秋田果試業務報告、第一次N制限試験で述べた、試坑の調査と分析用土壌の採取は8月中に行ない、粗皮病の発生の有無は8月と10月に調べた。

2. 土壌の分析法

易還元性マンガンは乾土を用いて0.2%ハイドロキノン含有のN酢酸アンモニア溶液で行なった。易還元性マンガンの測定を乾土で行なうことには問題があるとされているが、この試験に供試した土壌について、湿土の値

と比較した結果は第1図に示したように非常に高い相関関係が見いだされた。また水溶性、その他Mn含量と土壌サンプル処理法との関係を第1表に示したが、この結果では風乾土の含量はいく

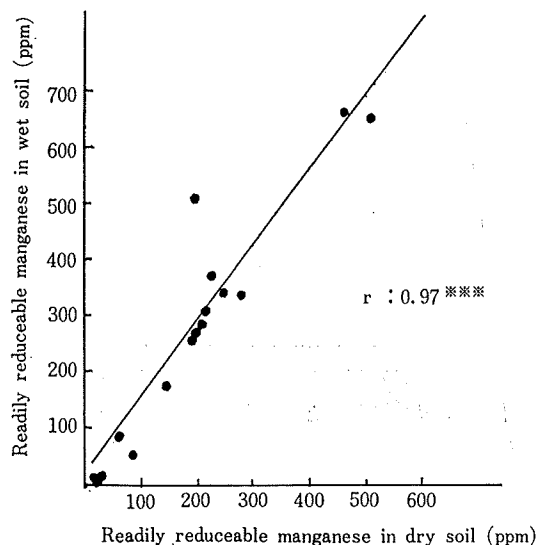


Fig. 1. The relation of readily manganese concentration in wet soil and dried soil of Kitano series.

第1図 北野統の乾土と湿土に含まれる易還元性Mnの関係

第1表 土壌の乾燥方法とMn含量の関係

Table 1. The relation of manganese concentration and method of dryness.

Extraction	Soil	Method of dryness			
		Wet soil	Dried at 30°C in oven	Incubated at 30°C → dry	Dried at laboratory temp.
		ppm	ppm	ppm	ppm
H ₂ O	Kitano	0.7	1.5	0.7	trace
	Hiraka	0.7	0.7	0.5	"
	Daigo	0.2	1.0	trace	"
H ₂ O + hydroquinone	Kitano	7.8	8.8	9.8	6.8
	Hiraka	0.8	1.8	1.0	1.8
	Daigo	3.3	6.5	4.5	2.0
0.02N NaCl	Kitano	3.5	7.3	6.0	—
	Hiraka	39.7	48.3	44.3	—
	Daigo	1.2	13.3	7.8	—
0.02N NaCl + hydroquinone	Kitano	28.0	70.5	91.5	—
	Hiraka	44.3	69.3	70.0	—
	Daigo	47.5	79.5	71.5	—

ぶん低くなる傾向がみられた。

水溶性 Mn の定量は乾土 20g に純水 50ml を加え、密栓して 1 時間振とう、溶液 25ml を湿式分解し、過沃素酸カリで発色、比色した (13)。なお Mn の定量は 1958 年以降は原子吸光分光光度計 (日立 207 型) で行ない、その際の方法は関谷らの方法に準じた (11, 12)。

粗皮病と密接な関係があるとされている易還元性 Mn は (1.3) 土壌の母材による変異が非常に大

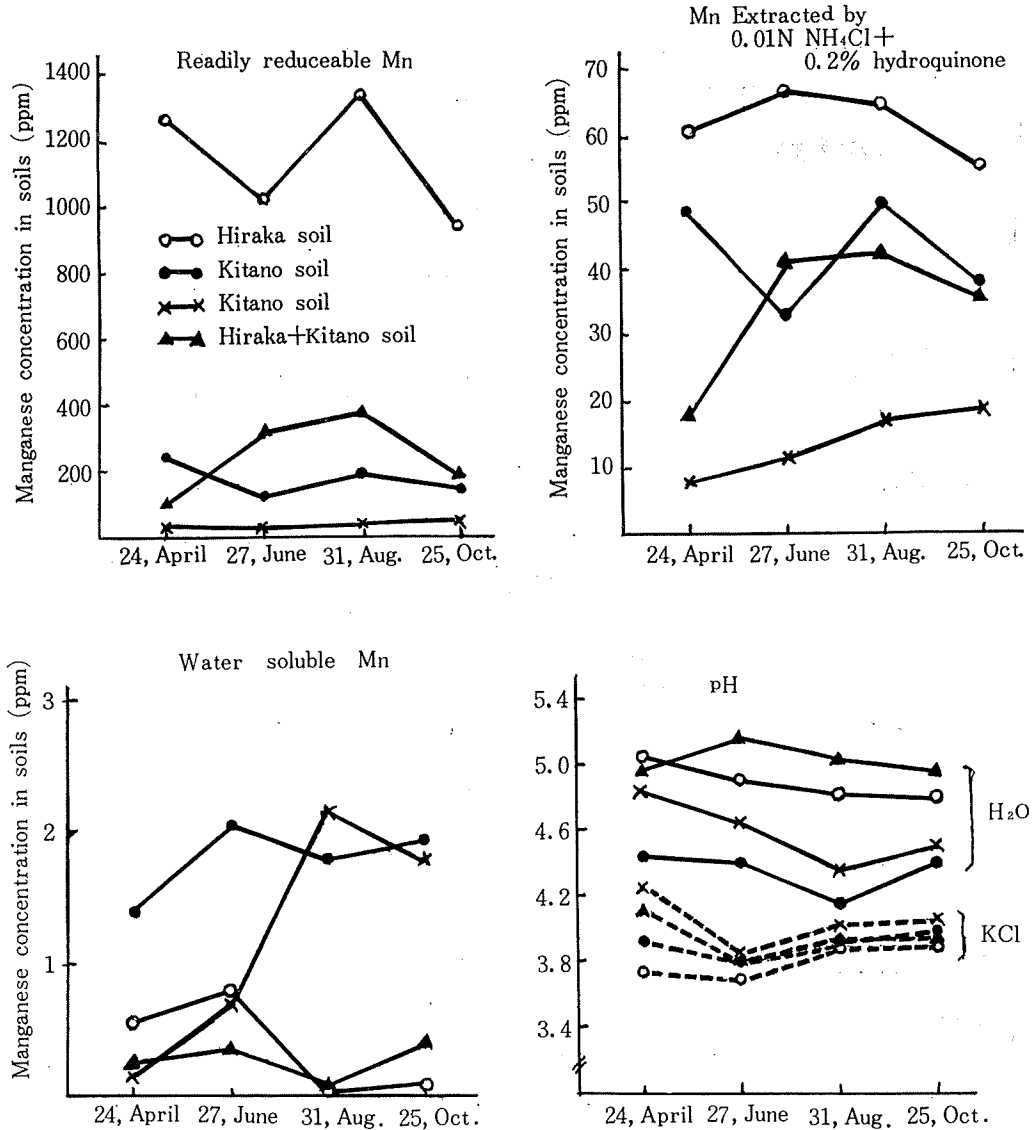


Fig. 2. The seasonal fluctuation of readily reduceable, water soluble and 0.01 N ammonium chloride soluble manganese, and pH level.

第2図 易還元性、水溶性、0.01N 塩化アンモニア可溶マンガン、および pH の季節的変動

きく、粗皮病の診断には不適当な方法と考えられたので水溶性のほかに 0.02 N NaCl による抽出や 0.01N NH_4Cl による抽出を試みた、これは水溶性と置換態の中間的な値に期待したことと、中性塩を加えることにより抽出液の濾過が著しく容易になるためであつた。

土壌中の Mn 含量は採取時期によつて変化することも考えられたので数個所の園で季節的な変動を調査した。第2図は20cmと40cmの深さから採取した土壌を風乾し別々に定量した値を平均したものである。pH (H_2O) の変動は最も大きい場合で 0.5、KCl の場合は全般的にみて H_2O の場合より変動が少なかった。易還元性 Mn の変動は比較的少なく、0.01 N NH_4Cl Mn と水溶性 Mn の場合は園地によつてかなりの変動が見うけられた。この結果から土壌サンプル時期を決定することはできなかったが土壌サンプルの採取時期はある時期に揃えた方がよいと考えられた。この試験では原則として8月に行なつた。

Ⅲ. 結 果

1. 土壌の種類と粗皮病の発生程度

粗皮病の発生が最も多かつたのは北野統で、次に柴内統であつた。北野統は下層は第三紀凝灰岩を母材とする LiC で上層 30~40 cm は腐植質火山灰と第三紀の混合からなりたっている。また紫内統は洪積と腐植質火山灰の混合が表層になっていた。全層が火山灰からなっている花輪統ではむしろ少なかった。平鹿、釜の川統における発生はきわめて少く平鹿統では48園中2園、釜の川統では23園中1園に発生がみられただけであつた(第2表)。

第2表 秋田県のおもな土壌統における粗皮病の発生率

Table 2. The percentage of orchards affected by internal bark necrosis on main soil series of apple orchards in Akita.

	Soil series				
	Hiraka soil	Kitano soil	Shibanai soil	Hanawa soil	Kamanogawa soil
	Tuff	Humus+Tuff	Humus+diluvium	Humus	Mixture of Tuff and humus
	Tuff	Tuff	Diluvium	Volcanic ashes	
Nos. of soil survey	48	36	26	39	23
Affected orchards by internal bark necrosis (%)	4.2	38.9	23.1	12.8	4.3

Tuff ... Tuff from the tertiary period. Humus, ... Humus-rich volcanic ashes.

これらの土壌の化学性は第3表にみられるように、釜の川統は最も塩基に富んでいたが、釜の川統と同じように発生の少なかった平鹿統は強酸性で異常に y_1 が高かつた。

北野、柴内、花輪統は平鹿統と同じように強酸性であつたが、柴内、花輪統の八甲田山系の火山

第3表 各土壌統の土壤化学性

Table 3. Chemical properties of each soil.

Soil	Depth (cm)	Humus (%)	pH		y ₁	Cation exchange capacity (me/100g)	Exchangeable cation (me/100g)			Base saturation (%)
			H ₂ O	KCl			Ca	Mg	K	
Hiraka	20		5.02	4.19	31.9	26.4	3.86	1.47	0.78	23.1
	40		4.71	3.98	52.6	28.3	1.89	1.24	0.56	13.0
	60		4.72	3.86	71.8	33.2	2.53	3.07	0.49	18.3
Kitano	20	9.21	4.64	3.94	40.1	32.5	3.58	0.76	0.93	16.2
	40	4.40	4.55	3.84	62.0	29.1	3.16	0.70	0.71	15.7
	60	1.20	4.66	3.80	74.7	30.6	3.38	1.77	0.63	18.9
Shibanai	20	7.1	4.81	4.46	7.1	16.2	4.08	0.20	0.72	30.9
	40	5.0	4.67	4.20	14.3	18.7	4.30	0.27	0.85	29.0
	60	2.2	4.83	4.18	11.4	16.3	4.62	0.45	0.86	26.4
Hanawa	20	7.43	4.80	4.26	8.4	25.1	2.58	0.39	0.54	14.0
	40	3.74	4.75	4.42	8.9	35.8	2.46	0.48	0.61	9.9
	60	9.17	4.93	4.65	3.9	29.9	3.09	0.60	0.71	14.7
Kamanogawa	20	2.16	5.39	4.17	18.7	33.1	10.94	5.01	0.73	50.4
	40	3.78	5.26	3.99	32.5	35.5	9.11	6.57	0.57	45.8
	60	3.74	5.18	4.02	38.8	37.2	8.82	7.40	0.40	44.7

灰は y₁ が低かった。県南部の腐植質火山灰土壌である北野統の y₁ は高かったが、これは第三紀が混入したためであろう。

土壌水分の状態をみると、柴内統は台地上に分布しており排水はよく、過乾のおそれがある。花輪統も台地上に分布し、年により過乾のおそれはあるが、保水力は大で乾湿の差は大きい土壌である。下層土の通気性は良好で表層60cm以下に約40%の根が存在し深かった。北野統と釜の川統は山麓あるいは水田に隣接した地帯に分布しており、しばしば排水不良園がみられる。平鹿統はおもに急傾斜に分布しているが、土性は HC ないし LiC で重粘であり保水力が大で過乾のおそれはない。重粘であるため下層の通気性はわるく、表層40mに約80%の根群があり根は浅かった。

2. 土壌の種類と土壌中の可給態Mn

粗皮病の少なかった平鹿統の易還元性Mnは非常に高く、最高は 2400 ppm であつたが、水溶性Mn はきわめて少なく最高で 7.6 ppm であつた。

最も発生率が高かった柴内統の易還元性 Mnは最高で 390 ppm であつたが、水溶性Mnの最高は 28 ppm であつた。同じように発生が多かった北野統は両者の中間で易還元性 Mnも水溶性 Mnも高かった(第3図)。

この結果からみると粗皮病の発生に密接な関係があるのは易還元性 Mnでなく、水溶性ないしはそれに近い形態のMnであろうと考えられる。

3. 土壌の可給態 Mn と pH との関係

水溶性Mn含量の高い土壌において粗皮病が発生しやすいことから、土壌中 Mnと pHとの関係を

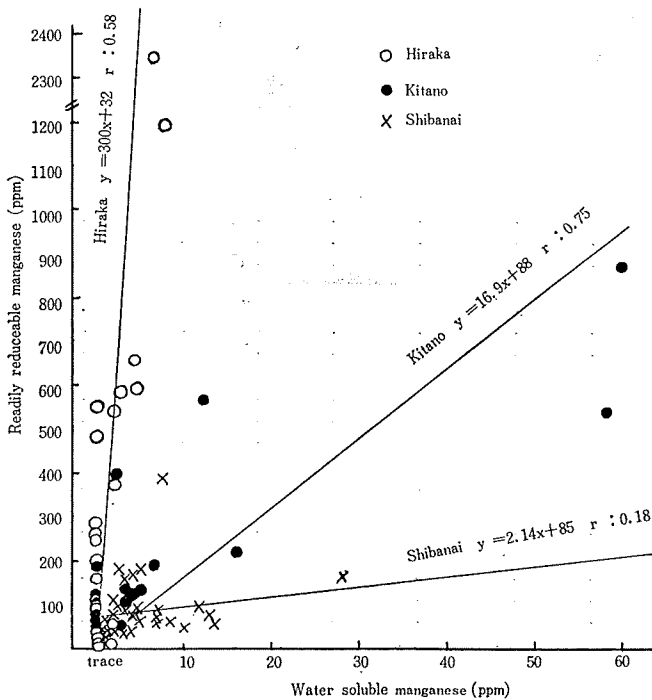


Fig. 3. The relation of readily reduceable and water soluble manganese in Hiraka, Shibantai and Kitano soils.

第3図 平鹿、柴内、北野統における易還元性と水溶性マンガンの関係

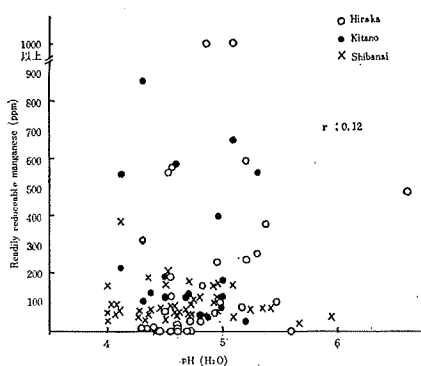


Fig. 4. The relation of pH (H₂O) and readily reduceable manganese in Hiraka, Shibantai and Kitano soils.

第4図 平鹿、柴内、北野統におけるpH (H₂O) と易還元性Mnの関係

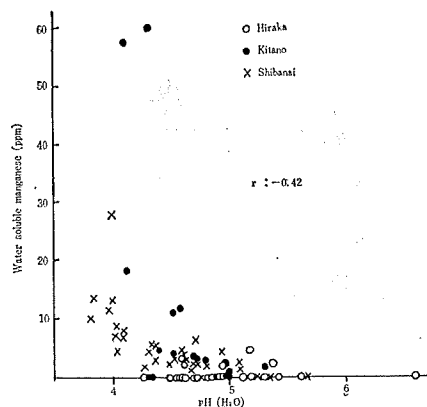


Fig. 5. The relation of pH (H₂O) and water soluble manganese in Hiraka, Shibantai and Kitano soils.

第5図 平鹿、北野、柴内統におけるpH (H₂O) と水溶性マンガンの関係

みた。その結果、易還元性 Mn は pH (H₂O) との間に一定の傾向は認められなかったが (第4図)、水溶性 Mn と pH (H₂O) の間には密接な関係が認められ、粗皮病が発生しやすい北野統と柴内統では pH が低下するにつれて水溶性 Mn は増大した。これらの土壌で水溶性 Mn が増加しはじめる pH (H₂O) は約 5.4~5.5 とみられた (第5図)。これとは対照的に粗皮病の発生がほとんど認められない平鹿統では、pH が低下しても水溶性 Mn の増加は認められなかった。

4. 粗皮病園土壌に対する石灰とリン酸の添加効果

圃場の対策試験に先だち、石灰とリン酸資材の Mn に対する影響を室内で実験した。第 6 図は粗皮病が発生している典型的な北野統土壌に下記の処理を施して 32°C で 30 日間水分を圃場含水量に維持して incubate したのちの変化をみたものである。

試 薬	処 理	乾土 100 g に対する 添加量	
		Ca mg	PO ₄ mg
沈降炭酸カルシウム	Ca ₁	80	—
	Ca ₂	200	—
	Ca ₃	460	—
リン酸二アンモニア	P ₁	—	33
	P ₂	—	165
	P ₃	—	825

Ca の添加によって y₁ は低下し pH は高まったが、易還元性 Mn の低下は Ca₃ 処理でも約 30% にすぎなかった。

(NH₄)₂HPO₄ の添加によっても Ca ほどではないが pH は高まり y₁ は減少した。易還元性 Mn は P₁ 処理でやや増加し、P₂ 処理では無処理と同じく、P₃ 処理で 40% 低下した。活性アルミナの低下は Ca 添加の場合より顕著であった。Ca と PO₄ を併用した土壌では y₁ は急激に低下した。pH に対する効果は P 単独の場合より上昇したが Ca 区との差は認められなかった。Mn は Ca、PO₄ の添加量が少ない場合は変化せず多量添加区で約 50% に低下した。活性アルミナの減少程度は P 単独処理の場合と同じく、併用した場合の効果は少ないようにみうけられた。

第 7 図は粗皮病が発生している平鹿統と柴内統の土壌に対して下表の処理を行い、32°C で 30 日間、圃場含水量の水分を維持しつつ培養し、pH、y₁、易還元性 Mn に対する影響をみたものである。

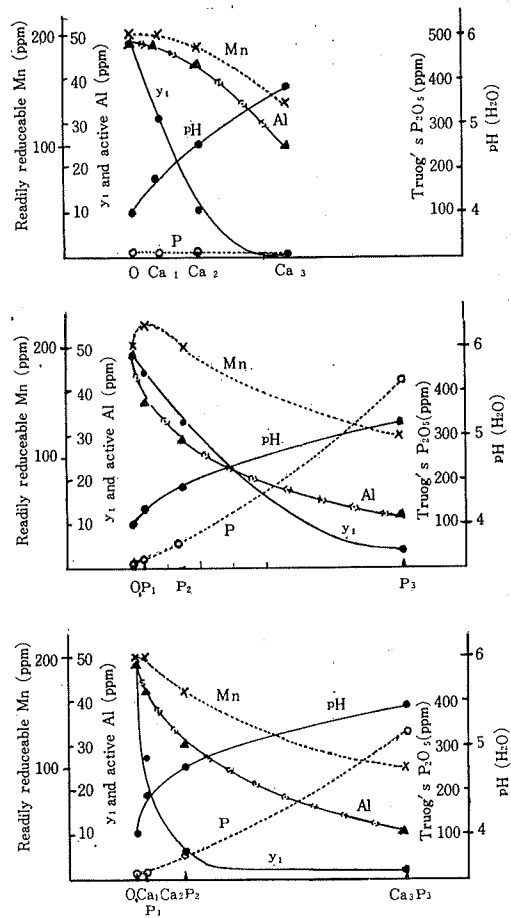


Fig. 6. The additional effect of calcium carbonate and ammonium phosphate on pH, titratable acidity, active aluminium, readily manganese and Truog's phosphorus in Kitano soil. (Incubated at 32°C for 30 days)

第 6 図 pH、滴定酸度 (y₁)、活性アルミナ、易還元性 Mn、トルオーグ・りん酸に及ぼす炭酸石灰とリン酸アンモンの効果

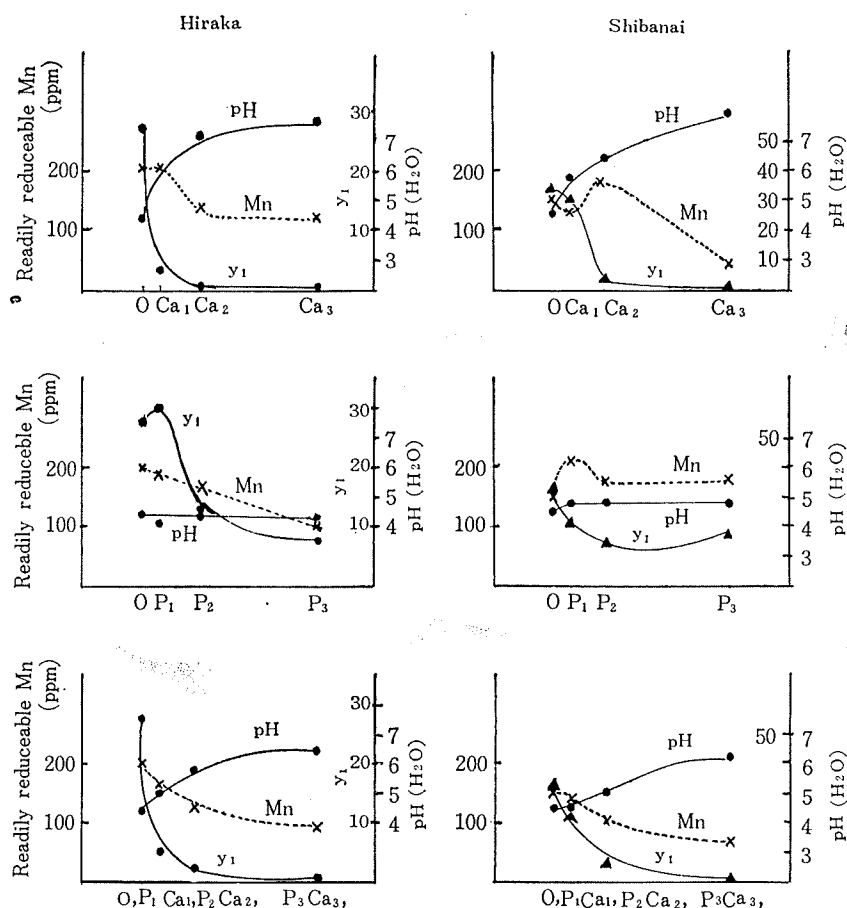


Fig. 7. The additional effect of limestone and super phosphate on pH, titratable acidity and readily reduceable manganese in Hiraka and Shibanaï soils. (Incubated at 32°C for 30 days)

第7図 pH、滴定酸度 (y_1)、易還元性Mnに及ぼす炭酸石灰と過りん酸石灰の効果

試 薬	処理	乾土100gに対する 添加量	
		Ca mg	P O ₄ mg
沈降炭酸カルシウム	Ca ₁	240	—
	Ca ₂	720	—
	Ca ₃	2160	—
過りん酸石灰	P ₁	—	500
	P ₂	—	1500
	P ₃	—	3000

平鹿統では、Ca₂ 処理によって土壌は中性になり、それにとまって易還元性Mnは約30%低下したが、720mg (Ca₂) 以上加えてもpHとMnにはほとんど効果がみられなかった。過石の添加はy₁を減少させたがpHは変化せず、易還元性MnはP₁からP₃まで直線的に減少し、P₃ 処理によって50%低下した。

両者を併用した場合、y₁の低下はCa処理区のそれに近く、Mnの低下もCa処理にP処理が加算した効果としては現われず、むしろCaの単独処理と類似していた。pHの上昇は石灰の効果がりん酸によって抑制される傾向がみられ、Ca処理ほどpHは高まらなかった。

柴内統に対する Ca の添加は pH の上昇に顕著にみられたが、Mn は Ca₁ 処理によってやや減少、Ca₂ 処理によってやや増大し一定の傾向がみられず、Ca₃ 処理によって約60%減少した、過リン酸石灰は柴内統のpHに対しても影響せず、Mn含量も減少しなかった。両者の併用は Ca処理と P処理効果の中間的な効果となつてあらわれた。

Ⅳ. 考 察

1. 粗皮病の発生と土壤の種類について

第三紀凝灰岩を母材とする平鹿統は、易還元性 Mn は異常といえるほど高かつたにもかかわらず粗皮病の発生はきわめて少なかった。平鹿統の土性は LiCないし HC で重粘であり、保水力は大で粗孔隙が少ないために降雨後はかなり過湿になるが、このような条件下でも第三紀土壤では易還元性 Mnが水溶性ないしはうすい塩類に可溶な吸収されやすい形態の Mn の給源となっていないと考えられる。同じ母材内では易還元性 Mnの多少と粗皮病の発生程度の間に関係が見出される場合と(1)、そうでない場合が報告されているが(3)、本試験の結果からすると種々の母材を含む土壤調査の診断のめやすとはならないと考えられる。

粗皮病の発生が顕著であつた柴内統と北野統では平鹿統より易還元性Mnは低かつたが水溶性Mnは高く、これらの土壤は pHが低下するにつれて水溶性 Mnは増大し、水溶性 Mnが増加し始める pH (H₂O) は5.4~5.5で、これは Berg (3) が指摘している事実とよく符合する。

一方、平鹿統において pH が低下しても水溶性 Mn の増大はみられなかった。しかし、Rogers (14) は 0~12 インチの深さの土壤 pH が 5.38~5.47 で粗皮病の発生を認め、石灰資材の多量施用を行なつてもまったく効果がなかったと報告している。

このような例は比較的少ないと考えられるが、それが合理的に説明されない限り、粗皮病が Mn 過剰以外の、たとえばウイルスなどによる可能性を考慮する余地は残っている。あるいは根圏の土壤の一部の土壤を改善しても未改善の部分から Mn を吸収する結果と考えるか、または pH が比較的高くても土壤の種類によつては可給態 Mn が存在することもありうるかは検討を要する問題であろう。

これらの問題が完全に解明されていない現時点では、粗皮病の土壤診断基準の一つとして、粗皮病を発生させる土壤では pH (H₂O) が 5.4~5.5 以下になつた場合に顕著に水溶性 Mn の増大がみられる、という事実を用いることができよう。

2. 石灰とリン酸の添加効果について

北野統、平鹿統、柴内統の粗皮病発生園の土壤に対する石灰の添加は pH を高めたが、易還元性 Mn の低下に対しては、北野統では 460mg 平鹿統では 720mg の添加によって約30~40%低下したが、柴内統では 720 mg を添加し、pH は 6.4 に高まつても易還元性 Mn は低下しなかった。これらの園

では湧水面はなく、排水は良好であつたから、もし易還元性 Mn の増大が粗皮病をおこすものとするれば、pH は 6.4~7.0 に高めてもなお易還元性 Mn は 30~40% しか減少させることができない。(鉦質土壌で 10cm の深さの乾土は 10a で 80 ton であり、乾土 100g に対して 500mg の Ca は、10a 当たり 400 kg の Ca, 560 kg の CaO、炭カル 40% とすれば、この量は 10a 当り、30cm の土壌を対象として考えると 4 ton 以上の炭カルに相当する。また pH を 5.5 以上に高めるに要する炭カルの量は平鹿、柴内統では約 2 ton とみられる。)

北野統に対するリン酸二アンモンをきわめて多量に施した場合にのみ易還元性マンガンを下させたが、少量の添加ではむしろ増大した。pH は約 1.0 上昇したが、これはリン酸がアルミニウムと反応し、 NH_4 が増加したためと考えられる。平鹿統、柴内統に対する過リン酸石灰の添加は pH には影響がみられず、 y_1 はある程度まで低下した、易還元性 Mn は柴内統ではほとんど変化せず、平鹿統では乾土 100g 当たり 3000mg の多量施用によつてのみ約 50% 低下した。

過石は Mn を吸着し、その後徐々に release するといわれ、calcium phosphate の添加による Mn の低下は必ずしも不溶化を意味するものではないと考えられる (15)。

Bingham (4.5.6) が 19 種の Soil を用いて、リン酸一石灰、リン酸、リン酸カリ、リン酸一アンモンを供試して sour cherry, orange の実生による重金属の吸収との関係をみた結果、リン酸の種類いかにかわらず、はげしい Cu 欠乏をひきおこしたが Mn の吸収は増加したとのべ、同じ傾向は Lahanauskas (7.8) によつて報告されている。

これら室内実験の結果は、粗皮病対策の予備的な知識をうるため行なつたものであるが、現実のリンゴ園では苦土欠乏の発生もかなりみられるので、実際に使用する石灰資材は苦土石灰が妥当とみられ、リン酸資材もリン酸二アンモンの形態は植物の有無によつて pH に及ぼす効果はかなり異なるであろうし、酸性矯正効果も考えれば熔成リン肥の検討が重要であろう。

V. 摘 要

1. 秋田県の主要なリンゴ園土壌である平鹿、柴内、花輪、釜の川統について粗皮病の発生程度を比較した結果、平鹿統、釜の川統で発生はきわめて少く、北野、柴内統では発生が多かった。
2. 平鹿統は易還元性 Mn が最も高かったが水溶性 Mn は少なく、北野、柴内統では易還元性 Mn は低く水溶性 Mn が多かった。
3. 柴内、北野統では pH が 5.5 以下に低下するにつれて水溶性 Mn は高まったが、平鹿統ではその傾向が認められなかった。
4. 石灰の多量添加によつて易還元性 Mn は低下したが、少量添加では効果が認められなかった。Mn に対するリン酸二アンモンの効果も石灰と同じ傾向が認められたが、これは一時的な吸着と考えられる。

リン酸の添加は pH に影響を及ぼさず、平鹿統の易還元性 Mn を低下させたが、柴内統では影響が認められなかった。

Ⅵ. 引 用 文 献

1. 青木二郎、奥瀬一郎、1964、リンゴ粗皮病に関する研究（第5報） 土壤条件と発病の関係、園学雑 33 (8) : 1—14
2. ———、———、1968、リンゴ粗皮病に関する研究（第10報） 接木伝染の有無について、弘大農学術報告 14 : 33—37
3. Berg, A., G. Cluo and C. R. Orton 1958. Internal bark necrosis of apple resulting from manganese toxicity. Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. 414T.
4. Bingham, F. T. and J. P. Martin 1956. Effects of soil phosphorus on growth and minor element nutrition of citrus. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 20 : 382—385.
5. ———, ———, J. A. Castain. 1958. Effects of phosphorus fertilization of California soils on minor element nutrition of citrus. Soil Sci. 86 : 24—31.
6. ———, and M. J. Garber. 1960. Solubility and availability of microelements in relation to phosphorus fertilization. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 24 : 209—213.
7. Lahanauskas, C. K., T. W. Embleton, and W. W. Jones. 1958. Influence of soil applications of nitrogen, phosphate, potash, dolomite, and manure on the micronutrient content of avocado leaves. Proc. Am. Sci. Hort. Sci. 71 : 285—291.
8. ———, ———, ———, 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. Am. Soc. Hort. Sci. 73 : 257—266.
9. 長井晃四郎、1965、リンゴ粗皮病の問題点 (1) 農及園、40 (10) : 1497—1500.
10. ———、1965、——— (2) 農及園、40 (11) : 1697—1700.
11. 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、（昭和41年度 試験成績概要）
12. ———、1968、——— （昭和42年度試験成績）
13. 農林省振興局、1959、土壤分析法、地力保全対策資料1号
14. Rogers, B. L. 1965. Internal bark necrosis (measles) on Delicious apple trees under field conditions. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 86 : 46—54.
15. 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. Am. Soc. Hort. Sci. 55 : 81—91.

Studies on the Soil Fertility of Apple Orchard

VI. The relation of internal bark necrosis and difference of soil series.

Toshihiko Yamazaki, Tanetsugu Niizuma and Tatsuo Taguchi

Summary

1. The internal bark necrosis was observed in more orchards of Kitano soils (mixed soil of the Tuff and the humus-rich volcanic ashes) and Shibantai soils (volcanic ashes) as compared with Hiraka soils (Tuff from the tertiary period) .
2. The concentration of readily reduceable manganese in Hiraka soil was determined very higher than other soils, but lower concentration of water soluble form.
3. The water soluble manganese was increased as decreasing pH level from about 5.4 in Kitano and Shibantai soils, but this fact was not found in Hiraka soils.
4. Heavy application of limestone decreased concentration of readily reduceable manganese with laboratory incubation at 30°C during 30 days, whereas less application not influenced. Addition of di-ammonium phosphate has a same effect of limestone, and its effect likely based on temporary adsorption of manganese by phosphate compound. Also, phosphate not influenced to the pH change, and decreased concentration of readily reduceable manganese in Hiraka soils, whereas in Shibantai soils phosphate not reduced readily reduceable manganese.