

再録 リンゴ園の土壌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

山崎利彦・新妻胤次・田口辰雄

(秋田県果樹試験場)

Studies on the soil fertility of apple orchard III. Difference of critical levels between soils as related to magnesium and calcium deficiencies.

Toshihiko YAMAZAKI, Tanetsugu NIIZUMA,
and Tatsuo TAGUCHI

Akita Fruit-Tree Experiment Station, Daigo, Hiraka, Akita

Summary

The critical levels of exchangeable magnesium and calcium saturation related to magnesium deficiency and bitter pit have been described in the previous reports, and these values were applied practically to various soils of apple orchards, in Akita area.

(1) These critical levels were available for soil survey of Hiraka series (Tuff from the tertiary period) and Kitano series (mixed soil of the Tuff and the humus-rich volcanic ashes), but too high for Hanawa series (humus-rich volcanic ashes). From this study, the revised critical values applied to soil survey as related to magnesium deficiency of the humus-rich volcanic ashes were less than 1.0 me for slight symptom and 0.5 me for severe symptom, although that of the Tuff and its mixed soils were 2.5 me for slight symptom and 1.0 me

for severe symptom. The critical level of calcium saturation as related to bitter pit was about 10 per cent in Hiraka and Kitano series, but in Hanawa series it was about 5 per cent.

(2) The calcium concentration in leaves and shoot bark of young apple trees grown in Hiraka series was very lower than Hanawa series, and the nitrogen was higher slightly.

(3) Hanawa soil adsorbed selectively calcium from mixed solution of $N-Ca(OAc)_2$ and $N-NH_4OAc$, and the calcium was more leached by 0.002N-HOAc and 0.005N- NH_4Cl than Hiraka soil. From these results, the difference of critical level related to calcium and magnesium deficiency between soil type in apple orchards was depend on a difference for ability of cation adsorption by clays.

I. 緒 言

前報においてリンゴに苦土欠乏を発生させる置換性苦土含量は約 3 me 以下であり⁽¹⁴⁾, ビター・ピットは石灰飽和度が約 10% 以下になると発生し, 10% 以上でも苦土と加里が多い場合は窒素や水分などの条件いかんで発生がみられたと報告したが⁽¹⁵⁾, この研究はこれらの苦土と石灰の診断基準が, さらに広範囲のリンゴ園土壌で適用しうるものかどうかを検討し, 同時に母材による診断基準の相違と, その理由について検討を加えたものである。

II. 材料と方法

1. 調査対象地域

1964 年は平鹿町明沢地区 75 ha をえらんだ。この地域は県南部の代表的なリンゴ園土壌で, 急傾斜地は出羽

丘陵の第三紀凝灰岩からなり, 平鹿統として区分される。緩傾斜地は平鹿統の上に腐植質火山灰と第三紀の混合土壌が堆積している北野統である。調査地域の平鹿統と北野統の比は 1:1 であつた。

1965 年は花輪町柴内地区 125 ha をえらんだ。この地域は県北部の代表的なリンゴ園土壌である腐植質火山灰の花輪統とこの試験で新たに設定した柴内統からなっており, 調査地域の花輪統と柴内統の比は 7:13 であつた。柴内統は洪積台地上に火山灰が堆積したものとみられるが, 上層の腐植は 5% 内外で低かつた。

1966 年は花輪町高屋, 錦木地区, 1967 年は十和田町毛馬内地区をえらんだ。両地域とも典型的な花輪統からなつていた。

統の詳細は秋田県果樹試験場業務報告⁽¹⁾で述べたが, 方法は農林省農林水産技術会議⁽⁹⁾の畑土壌区分によつた。

1969 年 2 月 5 日受理

2. 調査方法

土壌調査は毎年7月下旬から8月中旬に行ない、調査時に葉分析資料も採取した。試坑は明沢地区では1.25 haごとに、柴内地区では2.5 haごとに掘り、土壌分析用試料は20, 40, 60 cmの深さから採取した。苦土欠乏とビター・ピットの発生は10月下旬に試坑周囲の数本の国光樹について調査した。苦土欠乏の発生程度は前報⁽¹⁴⁾に準じた。ビター・ピットは10月下旬以降も発生する可能性はあるが、この試験では収穫後の発生調査は行なわなかった。なお、いずれの地域でも試坑周囲に国光の成木が存在しなかった場合は調査から除外した。

園地の調査とは別に園地の結果を補足する意味から、第三紀土壌（未墾地）と腐植質火山灰土壌（既耕地）のリンゴ樹によるアンモニウムとカルシウムの吸収の差をみるために、200 l容のコンクリート鉢を用い、1966年11月9日に苦土石灰 250 g、熔成磷肥 250 g、およびそれらの併用処理を行ない、2年生スターキングを植えつけた。1967年4月12日に各区に N; 20 g, P_2O_5 ; 5 g, K_2O ; 10 g を施した。分析用の葉と新梢皮部はそれぞれ1967年8月9日と10月24日に採取した。また土壌の種類と硝酸化成との関係を見るために、前記2種類の土壌を200 l容コンクリート鉢につめ、1966年4月13日に苦土石灰と炭カルを等量混合したものを施し3年生ゴールドエン苗を植えつけた。石灰資材の施用量は第三紀土壌で200 gと400 g、腐植質火山灰で250 gと500 gとした。1967年4月6日にアンモニア態窒素を1鉢当たり30 g施して、5月2日から10月30日まで5回にわたって土壌中の NH_4-N と NO_3-N の消長をみた。

3. 分析方法

置換性塩基の測定、塩基吸着能を調べるための Ca^{++} , NH_4^+ の選択的吸着の測定方法、および 0.002 N HOAc による石灰の溶出などの分析方法は前報^(10,14)で述べた。1967年の石灰と苦土の分析は原子吸光分光光度計（日立207型）を用いた⁽⁸⁾。

腐植質火山灰土壌と第三紀土壌のカルシウム、マグネシウムの溶出の差とアンモニヤの吸着の差をみるために、低濃度の NH_4Cl 溶液で溶出した。これはリンゴ園土壌の施肥時の土壌溶液を想定したものである。 NH_4Cl の濃度は 0.003 N から 0.020 N まで5段階を設け、土壌 5 g に 100 ml の滲出液を加え、1時間振盪後溶出したカルシウムとマグネシウム、および吸着されたアンモニヤを測定した。これとは別に 0.005 N NH_4Cl で5回連続浸出して溶出の差をみた。

III. 結 果

7. 苦土欠乏と置換性苦土含量

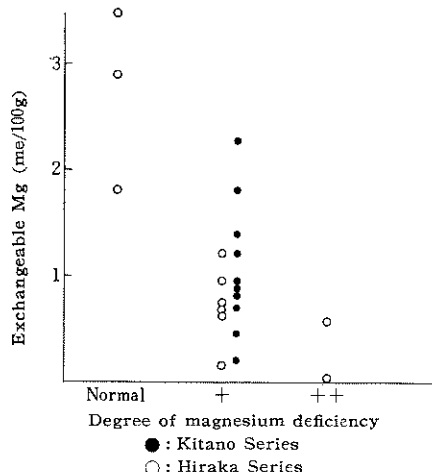


Fig. 1. The relation of magnesium deficiency and exchangeable magnesium in Hiraka and Kitano soils. (Ave. of 20 cm and 40 cm depth)

Table 1. The exchangeable magnesium content of magnesium deficient and normal orchard in various soils.

Soil series	Numbers of investigated orchard	Exchangeable Mg(me/100g)	
		Ave. of 20cm and 40cm depth	Ave. of 20, 40 and 60cm depth
Hiraka {Deficient	8	0.65	0.70
{Normal	3	2.70	2.96
Kitano {Deficient	10	1.07	1.64
{Normal	0	—	—
Shi-banai {Deficient	25	0.22	0.27
{Normal	0	—	—
Han-awa {Deficient	38	0.33	0.26
{Normal	11	0.73	0.72

平鹿統および北野統……苦土欠乏程度は第1図に示したように軽く、生産に影響するほどのひどい欠乏園はなかった。平鹿統における欠乏園の苦土含量は、深さ20, 40 cmの平均値で0.65 meであり、健全園の約1/4であつた(第1表)。

柴内統：苦土含量はきわめて低く、深さ20, 40 cmの分析平均値で0.22 meであつた(以下特に断わりのない場合は、分析値は深さ20, 40 cmの平均値をさす)。健全園は調査園22園中1園もなく、症状のひどい園は4園認められた。欠乏の限界は0.8 meで、ひどい欠乏は約0.5 me以下とみられた。この値は前報の診断基準より非常に低かつた(第2図)。

花輪統：苦土欠乏は調査地域の約80%にみられ、健全園の置換性苦土は2 me以下で平均は0.73 meと低かつた(第3図)。高屋、錦木、毛馬内地区の典型的な花

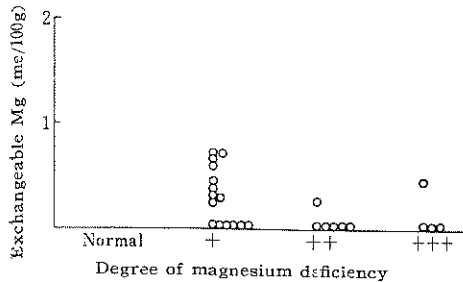


Fig. 2. The relation of magnesium deficiency and exchangeable magnesium in Shibana soil (Ave. of 20 cm and 40 cm depth)

輪統では、かるい欠乏は1 me 以下、ひどい欠乏は0.25 me 以下にならないと生じなかつた（第3図、第1表）。

苦土欠乏の限界点：平鹿、北野の両統では前報で述べた診断基準の適用が可能であつたが、花輪統では適用できなかつた。以上の事実から第三紀とその混層（北野統）では欠乏の限界点は高く、診断基準の応用が可能であつたのに対して、火山灰土壌ではかなり苦土含量が低下しても欠乏は生じなかつたので、前報の結果も考慮に入れて、第2表に各土壌の欠乏限界を示した。

2. ビター・ビットと塩基飽度

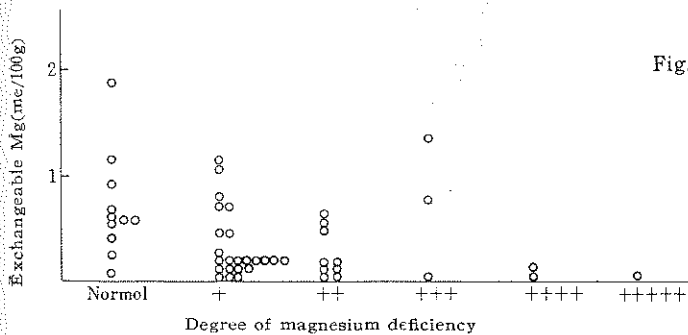


Fig. 3. The relation of magnesium deficiency and exchangeable magnesium in Hanawa soil (Ave. of 20 cm and 40 cm depth)

Table 3. The exchangeable cations in both orchard soils of the normal and the observed bitter pit.

Soil series	C E C (me/100 g)	Exchangeable cations (me/100 g)			Per cent of calcium saturation	Per cent of magnesium and potassium saturation	numbers of orchard
		Ca	Mg	K			
Hiraka	Bitter pit	30.4	2.08	1.27	0.64	6.8	9
	Normal	25.6	5.08	1.54	0.83	19.8	4
Kitano	Bitter pit	28.5	2.91	0.81	0.64	10.2	8
	Normal	30.1	3.76	1.22	0.72	12.5	3
Shibana	Bitter pit	21.2	2.57	0.15	0.40	12.1	2
	Normal	18.3	4.45	0.26	0.83	24.3	24
Hanawa	Bitter pit	31.6	1.36	0.15	0.54	4.3	5
	Normal	30.4	3.10	0.56	0.57	10.2	42

Cations were analysed at 20 cm and 40 cm depth in each orchard.

Table 2. The critical level of exchangeable magnesium as related to magnesium deficiency in each soil.

Soil series	Exchangeable Mg in 20 cm and 40 cm depth	
	Slight symptom	Severe symptom
Hiraka (Tuff from the tertiary period)	2.5	1.5
Kitano (Tuff and humus-rich volcanic ashes)		
Shibana (Volcanic ashes)	1.0	0.5
Hanawa (Humus-rich volcanic ashes)		

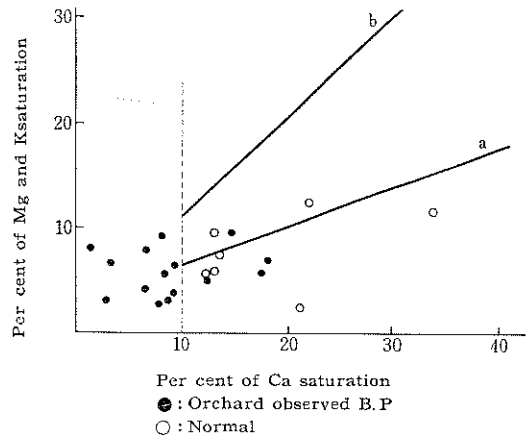


Fig. 4. The relation of bitter pit and saturation of cations in Hiraka and Kitano soils.

各統のビター・ビット発生園と健全園の塩基含量を第3表に示した。

平鹿統および北野統：調査地域は共同施肥を実施しており、調査前年の窒素施用量は10 a 当たり 30 kg であつたが、調査年は15 kg であつた。第4図は前報⁽¹⁵⁾で述べた診断基準の座標に分析値をスポットしたも

のである。前報で示したように座標で石灰飽和度が10%以下では加里や苦土含量のいかんにかかわらず発生し、直線aの周辺と下辺は発生がみられないことを示し、直線bの周辺とその上辺は条件により発生する可能性を示している。

第4図で明らかなように石灰飽和度が10%以上でも発生がみられた園はいくらかあつたが、概して前報の診断基準は適用できると考えられた。

柴内統：調査地域の窒素施用量は14 kg から48 kg まであり、30 園の平均は24 kg であつた。一般に石灰飽和度が高く、健全園の飽和度の平均は24.3% であつた。ビター・ピットの発生がみられた園は、わずかに2 園で、石灰飽和度は健全園の1/2 であつた。診断基準の適用の検討は発生園が少なく不可能であつた(第5図)。

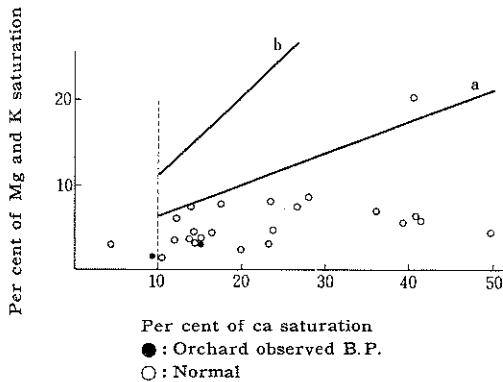


Fig. 5. The relation of bitter pit and saturation of cations in Shibani soil.

花輪統：花輪統の窒素施用量は柴内統とほぼ等しく、平均して25 kg であつた。しかしビター・ピットの発生は平鹿統と比べてきわめて少なく、47 園中5園にすぎなかつた。第6図で明らかなように発生園の石灰飽和度は約5% 以下で平鹿統の1/2 以下であつた。

ビター・ピット発生の限界点：平鹿、北野の両統では前報の診断基準はほぼ適用でき、石灰飽和度が10% 以下になると例外なく発生がみられた。花輪統は窒素施用量が多かつたので、むしろ平鹿、北野統より発生が多いはずであるが実際には少なく、発生園の石灰飽和度の平均は4.3% で、診断の基準はほぼ5% 前後とするのが妥当と考えられた。

3. 母材の種類と塩基吸着能の相違

苦土欠乏とビター・ピットをひきおこす塩基含量は第三紀土壌と腐植質火山灰では著しい差が認められたが、この理由を明らかにするために、鉢を用いてリンゴ苗の石灰と窒素の吸収におよぼす母材の影響と、塩基の行動について二、三の実験を行なつた。

Table 4. The influence of soil type on the mineral composition in leaves and shoots bark of young apple trees.

Treatment	pH		y ₁	CEC (me/100g)	Exchangeable cations (me/100g)			Per cent of base saturation		Mineral composition in leaves, 9, Aug. (Per cent of dry matter)			Mineral composition in shoot bark, 24, Oct. (Per cent of dry matter)			Total cation in (me/100g)	
	H ₂ O	KCl			Ca	Mg	K			N	Ca	Mg	N	Ca	Mg	Leaves	Shoots bark
Hiraka clay (Tuff from the tertiary period)	4.45	3.43	108.5	51.6	7.25	11.14	0.91	37.4	3.16	0.58	0.385	0.385	1.25	0.54	0.343	101.2	70.1
Control	4.49	3.44	96.5	44.5	9.75	14.00	0.57	54.7	3.05	0.69	0.365	0.365	1.12	0.75	0.343	107.9	83.4
Fused Mg phosphate	4.95	3.80	60.8	52.5	13.69	16.67	0.49	58.8	3.05	0.72	0.364	0.320	0.98	0.62	0.320	103.9	72.5
Dolomite	5.10	3.82	45.2	49.8	14.08	16.36	0.71	62.6	3.14	0.93	0.405	0.405	0.92	0.72	0.320	116.1	78.8
Fused Mg phosphate and dolomite	4.75	3.62	77.8	49.6	11.19	14.54	0.67	53.4	3.10	0.73	0.380	0.380	1.07	0.66	0.332	107.3	76.2
Means	4.51	3.85	15.8	28.4	4.01	0.98	1.38	22.4	2.78	0.98	0.208	0.208	0.97	1.13	0.198	113.1	88.4
Humus-rich volcanic ashes	4.85	4.10	6.5	31.2	7.06	2.66	1.06	34.6	2.82	0.81	0.271	0.271	0.91	1.22	0.303	105.1	102.1
Control	5.28	4.70	1.2	28.8	11.31	3.99	1.03	56.7	2.99	0.93	0.300	0.300	0.86	1.38	0.261	111.4	102.3
Fused Mg phosphate and dolomite	5.60	5.01	0.6	31.0	12.24	5.83	0.92	61.3	3.18	0.87	0.395	0.395	0.96	1.17	0.372	114.7	100.7
Means	5.06	4.42	6.0	29.9	8.66	3.39	1.10	43.8	2.94	0.90	0.294	0.294	0.93	1.23	0.284	111.1	98.4
Significance between soil type									P>0.20	P>0.20	P>0.20	P>0.20	P>0.20	P>0.01	N. S.	N. S.	P>0.01

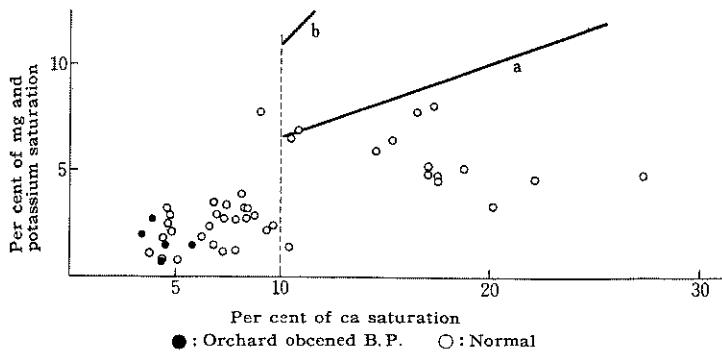


Fig. 6. The relation of bitter pit and saturation of exchangeable cation in Hanawa soil.

(1) 土壤の相違とリンゴ苗による石灰および窒素の吸収

平鹿統の第三紀凝灰岩土壌と腐植質火山灰土壌を用いて、2年生スターキング・デリシャスの石灰と窒素の吸収をみた結果(第4表)、第三紀土壌は置換性石灰含量が高かったにもかかわらず、葉中と新梢皮部中の石灰含量は非常に低く、皮部では腐植質火山灰の約1/2にすぎなかった。この傾向は石灰飽和度がほぼ等しい土壌の比較でも同様であつた。窒素含量は石灰と逆の関係がみられ、窒素施用量は同一でも第三紀土壌のほうが高い傾向

が認められた。したがって Ca ; N 比は土壌間で顕著な差が認められた。苦土含量は土壌中の置換性苦土含量に非常な差があつたために比較はできなかったが、腐植質火山灰土壌は置換性苦土が低い割合には吸収が多かつたといえるであろう。

第三紀土壌の石灰含量の低下は、共存する苦土の拮抗も考慮にいれなければならない。この点を明らかにするため、葉と新梢皮部中のカチオンの総量(me)も第4表に示した。葉中のカチ

オン総量では土壌間に有意な差は認められなかつたことから、葉中石灰含量の低下は苦土の吸収増加によつて補われたとみることができよう。一方、新梢皮部中のカチオン含量は明らかに腐植質火山灰で高く、土壌の吸着基の特性が関与していたとみることができ。したがって石灰の吸収は共存する苦土の影響もうけたが、吸着基の影響は顕著であつたといえよう。

(2) 土壌による塩基吸着能の相違

第5表は塩基吸着能を明らかにし、吸着基を推定するために行なつた実験の結果である。典型的な平鹿統の一

Table 5. The ability of cation exchange in each soil.

Soil series	Analyzed sample	Color (wet soil)	Humus (%)	C E C ratio ^{b)}	Selective adsorption ^{c)}		Per cent of Ca extracted from saturated soil with Ca (OAc) ₂ by 0.002N-HOAc		
					NH ₄	Ca	Lst	2nd	Total
D horizon from Hiraka ^{a)}	1	3Y 8/2	0.1	95.3	75.3	24.7	15.8	21.2	37.0
Hiraka	7	10YR 5/4	2.7	88.7	57.3	42.7	22.3	24.5	46.8
Kitano	5	10YR 3/3	6.2	88.6	29.5	70.5	30.2	27.6	57.8
Hanawa	11	10YR 2/1	11.7	81.6	11.6	88.4	45.0	42.4	87.4
Shibanai	2	7.5YR 2/3	5.3	73.9	25.8	74.2	27.6	20.7	48.3

a) Clay changed blue with benzidine

b) $\frac{\text{CEC}(\text{pH } 5)}{\text{CEC}(\text{pH } 7)} \times 100$

c) Per cent of adsorbed Ca and NH₄ from the mixed solution N-NH₄OAc and Ca(OAc)₂

Table 6. Leached calcium and magnesium by NH₄Cl of both soils, Hiraka clay and humus-rich volcanic ashes.

Soil series	Per cent of Ca and Mg saturation		Ca and Mg extracted by various normality of NH ₄ Cl ^(a) b)							Continuous extraction of Ca and Mg by 0.005N NH ₄ Cl									
	Ca	Mg	H ₂ O	normality of NH ₄ Cl ^{b)}						Calcium ^{b)}					Magnesium ^{b)}				
				0.003	0.005	0.010	0.015	0.020	1st	2nd	3rd	4th	5th	1st	2nd	3rd	4th	5th	
Hiraka clay	14.1	21.6	3.3	5.8	6.9	11.1	14.9	17.1	3.9	7.6	10.5	13.2	14.1	3.5	5.4	7.0	8.3	9.3	
Humus-rich volcanic sahes	14.1	3.5	5.8	8.3	8.9	9.2	11.5	10.9	7.7	13.7	14.1	—	—	0.7	1.4	2.1	2.5	2.8	

a) 5g of soil was shaken for 1 hour with 100 ml of NH₄Cl solution.

b) Extracted amount of Ca and Mg was indicated accumulatively as per cent saturation.

試坑の母材は、ベンジジン反応が顕著な 2:1 型粘土鉱物と推定されるものであるが、塩基吸着強度やアンモニウムイオンの吸着比なども典型的な 2:1 型の特徴を示した⁽²⁾。調査対象地域の平鹿統の試坑の平均値もそれほどではなかったが、塩基吸着強度は中で、アンモニウムイオンの吸着比も高かった。北野統の上層部は腐植質火山灰と第三紀の混合であり、そのためにアンモニウムイオンの吸着比は腐植質火山灰の特徴を示したが、石灰の溶出はむしろ第三紀土壌に近かった。花輪統のアンモニウムイオンの吸着比は非常に低く、塩基吸着強度は中で、吸着基は典型的な腐植+アロフェンの特徴を示すものであった。

(3) 土壌の種類と NH_4Cl による石灰の溶出

第6表はリンゴ苗の石灰と窒素の吸収試験の供試土壌について、 NH_4Cl による石灰と苦土の溶出をみた結果の一部である。表には石灰飽和度が等しく、苦土飽和度の非常に異なる対照区の分析値のみを示した。

種々の濃度の NH_4Cl を用いた場合の石灰と苦土の溶出は、純水と薄い濃度では腐植質火山灰で多く、濃度が高まるにつれて溶出量は逆転した。これは供試土壌の苦土飽和度に著しい差があったためである。

0.005 N NH_4Cl 液の連続抽出による石灰の溶出も腐植質火山灰で高く、これも吸着基の特性によるものであり、苦土含量が低いために石灰がより多く溶出したものでないことは、濃度を変化させて抽出した結果をみても明らかである。苦土の溶出も腐植質火山灰では、苦土飽和度が低かつたにもかかわらず、5回の抽出で 80% が溶出され、第三紀土壌のそれは 43% にすぎなかった。これらの結果は久津那ら^(3,4)の結果とよく一致した。

(4) 土壌の種類と硝酸化の速度

リンゴ苗による石灰と窒素の吸収試験とは別に、同じ土壌を供試して硝酸化成の差をみた結果は第7表に示した。第三紀土壌は y_1 が高いために、塩基飽和度を高めても pH は低かつた。

pH の上昇による硝酸化成の増大は両土壌で認められたが、腐植質火山灰で特に顕著であつた。また土壌間の比較では第三紀土壌より腐植質火山灰のほうが硝化速度は大であつた。しかし腐植質火山灰の pH は高かつたので、この硝酸化の差が母材の相違に基づくものであるかどうかは明らかでない。また第三紀土壌は未耕地から採取したので、硝酸菌の数が少なかつた事も考えられる⁽¹¹⁾。硝化速度が遅ければ $\text{NH}_4\text{-N}$ は長く土壌に保持され、そのために果樹のような作物では最終的には窒素の吸収量がふえると予想される。第4表の結果では、pH がほぼ等しい場合にも第三紀土壌の植物体中窒素含量は高かつた。硝酸化成の遅れが未耕地土壌と既耕地の硝酸菌数の差によるものか、本質的な母材の相違によるものかは明らかでなかつた。

IV. 考 察

調査対象の各地域は苦土の欠乏が広範囲にみられ、一般的に症状は軽微であつたが、発生の範囲は対象地域の約 80% におよんだ。前報で苦土欠乏がわずかでも発生する土壌は置換性苦土含量が約 3 me 以下であると報告したが、この診断基準は第三紀土壌と北野統ではほぼ適用することができた。これらの土壌では診断の一応の基準として、発生の有無は約 2.5 me、ひどい欠乏は 1.5 me 以下を限界とするのが適当であろう。実際のリンゴ栽培において苦土欠乏が果実生産にはつきりした悪影響をおよぼし、葉面散布などの早急な対策が必要とされる状態は欠乏程度がⅢ以上とみられる。

腐植質火山灰土壌での苦土欠乏はかなり低い置換性苦土含量で発生し、前報の限界点を適用することは困難であつた。一応の診断基準として、欠乏の有無は約 1 me、ひどい欠乏は 0.5 me 以下とみられ、第三紀土壌の約 1/3 であつた。

対象地区のビター・ピットは比較的施肥量が少なかつた平鹿統で多くみられ、花輪統における発生は窒素施肥量が多かつたにもかかわらず非常に少なかつた。石灰飽

Table 7. The fluctuation of $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ of Hiraka clay and Humus-rich volcanic ashes.

Treatment	pH (H_2O)	y_1	Exchan- geable calcium (me/100g)	$\text{NO}_3\text{-N}$ (ppm)					$\text{NH}_4\text{-N}$ (ppm)				
				2 May	13 June	1 Aug.	18 Sept.	30 Oct.	2 May	13 June	1 Aug.	18 Sept.	30 Oct.
Hiraka Clay (Tuff from the tertiary period)	Ca_0	4.40	174.5	6.62	39.1	71.3	13.4	—	4.0	45.5	53.8	—	—
	Ca_1	4.78	54.4	14.92	40.4	131.2	17.8	—	—	46.2	39.3	—	—
	Ca_2	5.05	15.5	21.39	70.4	87.1	7.1	—	—	27.6	15.2	—	—
Humus-rich volcanic ashes	Ca_0	4.91	9.9	3.78	31.3	72.2	—	—	—	55.2	—	—	—
	Ca_1	5.35	1.7	10.09	129.5	120.8	—	2.1	—	23.8	1.4	—	—
	Ca_2	5.73	1.6	16.73	200.0	108.6	2.0	—	—	31.8	—	—	—

Nitrogen of 30 g per pot was fertilized at 6, April.

和度とビター・ピットの関係も第三紀土壌では前報の結果を適用できたが、花輪統のような腐植質火山灰は石灰飽和度が10%以下でも発生は非常に少なく、一応の発生限界は5%前後であつた。

このように腐植質火山灰の欠乏限界は、苦土、石灰ともに第三紀土壌の1/2から1/3であつたが、この事実はリンゴ苗を用いた鉢試験でも明らかに認められ、特に石灰の吸収は第三紀土壌で少なかつた。一方、窒素含量は第三紀で高い傾向が認められ、組織中のCa/N比は腐植質火山灰で非常に高かつたので、ビター・ピットの発生には好条件であつたといえよう^(12,13)。しかしこの試験に用いた第三紀土壌は未耕地から採取しているので、硝酸菌数の少ないことが考えられないでもなく⁽¹¹⁾、そのために $\text{NH}_4\text{-N}$ が長く土壌に保持され、組織中の窒素含量を高めたこともあり得るので、この結果を直ちに現地のリンゴ園にあてはめるのには多少の疑問があろう。また第三紀土壌の組織中の石灰含量が低かつたことについても、鉢試験の供試土壌は現地に比較して苦土含量が非常に高くこれが大きな影響をおよぼしていたことは事実であるが、次にのべるように第三紀土壌における石灰の行動がより大きな重要性をもっているものと考えられる。

土壌の母材によるこのような石灰と苦土の限界点の相違は、本質的には吸着基の特性によるものと考えられたので、それらの点について検討を試みた。久津那の成績に基づいてpHを異にする NH_4OAc 溶液でCECを測定して得られる NH_4^+ 吸収型と Ca^{++} と NH_4^+ の選択的吸収性から土壌吸着基を推定すると、平鹿統の典型的な1試坑は明らかに2:1型土壌であり、他の7試坑は2:1型と1:1型の混合と推定され、北野統は腐植+2:1型か1:1型に近く、花輪統は腐植+アロフェンが主体をなしているとみられた。 HOAc による Ca^{++} の溶出は久津那が指摘したように⁽⁹⁾、腐植質火山灰土壌で多く、0.005 N- NH_4Cl による溶出も HOAc による場合と傾向は同じであつた。特に飽和度が低い場合の腐植質火山灰からの苦土と石灰の溶出は第三紀より非常に多かつた。これを園地の調査結果と結びつけて考えれば、腐植質火山灰で苦土の欠乏限界が低く、ビター・ピットを発生させる石灰飽和度も低い理由は、石灰と苦土の吸着基からの離脱が腐植質火山灰では容易であること、すなわち植物にそれらの要素が供給されやすいことによるものと考えられる。

Ca^{++} の溶出に NH_4Cl を用いた理由は、リンゴ園の窒素多肥の条件を想定し、かつ窒素供給の多少はビター・ピットと密接な関係があり、塩基飽和度の低い土壌を稀薄な NH_4Cl で溶出することが園場の条件に比較的近い

と考えられたからである。久津那らも NH_4Cl による溶出をみており^(4,5)、 H^+ による Ca^{++} の置換溶出は石灰飽和度の高低にかかわらず常に腐植質土壌で高く、 NH_4^+ などの H^+ 以外の陽イオンによる Ca^{++} の溶出は石灰飽和度の低い場合に腐植質>鉱質土壌となるとしており、本試験の結果もこれとよく一致した。

吸着基の相違による置換アンモニアの利用の難易に関する研究で、永田ら⁽⁷⁾は強酸型の2:1型土壌に吸着されている NH_4^+ は弱酸型の腐植質火山灰に吸着されているものより、水稻や大豆による利用が低いことを指摘し、反対に弱酸型の場合は植物に吸収されやすい反面、流亡や一時的な過剰吸収が起こりやすいとしている。この試験の鉢試験で第三紀土壌のリンゴ苗の窒素含量が高かつたことは永田らの成績からみれば逆であつた。しかし、 NH_4^+ が鉱質土壌で流亡しにくく、長期間土壌に保持されることからすれば、果樹のような永年生作物では最終的に吸収される窒素は多いこともあり得るであろう。長期間土壌に保持される理由として吸着基の種類やCECのほか、硝酸化成の速度も考慮にいれなければならない。この試験の第三紀土壌は未耕地から採取したので、硝酸化成の速度が遅かつた事もあり得ると考えられる⁽¹¹⁾。硝酸化成の速度について調査した結果では第三紀土壌では NH_4^+ が長く土壌に保持され、したがって硝化作用は遅くまで行なわれていたが、この速度の差がpHの相違に基づくものか⁽⁶⁾、吸着基の特性によるのか、あるいは未墾地土壌のためかは明らかでなかつた。

V. 摘 要

秋田県下の主要なリンゴ栽培地帯の土壌を調査し、前に報告した苦土欠乏とビター・ピットに関する診断基準の適用を試み、次の結果が得られた。

(1) 第三紀凝灰岩を母材とする平鹿統と、その混層からなる北野統では診断基準を適用できたが、腐植質火山灰の花輪統では高すぎた。

腐植質火山灰の苦土欠乏の限界点は、かるい欠乏の場合は1.0 me、ひどい欠乏は0.5 me以下であつた。しかし第三紀とその混層土壌ではかるい欠乏は2.5 me以下、ひどい欠乏は1.0 me以下であつた。ビター・ピットを発生させる石灰飽和度は平鹿と北野統では約10%であつたが、花輪統では約5%であつた。

(2) 平鹿統に生育したリンゴ苗の葉と新梢皮部中の石灰含量は花輪統より非常に低く、窒素含量はわずかに高かつた。

(3) 花輪統の吸着基は N-Ca(OAc)_2 と $\text{N-NH}_4\text{OAc}$ の等量混液から Ca^{++} を選択的に吸着した。また0.002 N- HOAc や0.005 N- NH_4Cl によつて溶出される Ca^{++}

や Mg^{++} の割合も平鹿統より多かつた。これらのことから、現地のリンゴ園でみられた石灰と苦土の欠乏限界の相違は塩基吸着能の差によるものと考えられた。

引用文献

1. 秋田県果樹試験場. 1963—1965. 昭和 38—40 年度秋田県果樹業務年報.
2. 久津那浩三・野本亀雄. 1961. 土壤吸着基の特性について(第2報). NH_4 吸収型及び Ca^{2+} , NH_4^+ の選択吸収について. 日土肥誌. 32(6): 243—246.
3. ———・坪野敏美・野本亀雄. 1964. 畑土壤における Ca^{2+} の行動について(第1報). Ca^{2+} と H^+ の置換について. 日土肥誌. 35(8): 278—281.
4. ———・———. 1964. 畑土壤における Ca^{2+} の行動について(第2報). Ca^{2+} と各種陽イオンの置換について. 日土肥誌. 35(8): 282—285.
5. ———・———. 1964. 畑土壤における Ca^{2+} の行動について(第3報). Ca^{2+} の溶脱について. 日土肥誌. 35(8): 286—289.
6. 小西千賀三・高橋治助. 1961. 土壤肥料講座(朝食). 1: p. 187 2: p. 82.
7. 永田武雄・村松記久夫. 1962. 置換基の種別による置換アンモニアの放出とその利用の難易(第2報). 種別間の接触置換と幼植物法の成績. 日土肥誌. 33(6): 300—302.
8. 農林省園芸試験場. 1966. 永年生作物における微量重金屬元素の異常吸収に関する研究.
9. 農林省農林水産技術会議. 1962. 畑土壤の生産力に関する研究.
10. 農林省振興局. 1959. 土壤分析法. 地力保全対策資料1号.
11. 坂井 弘. 1960. 土壤の硝化作用に関する研究(第4報). 十勝火山灰地の未墾地土壤の硝化作用. 日土肥誌. 31(4): 149—151.
12. 山崎利彦・森 英男・横溝 久・福田博之. 1962. Bitter pit の発生と無機栄養の關係(第1報). Bitter pit の発生に及ぼす Ca および N の影響. 東北農試報. No. 23: 153—161.
13. ———・横溝 久・森 英男・福田博之. 1964. Bitter pit の発生と無機栄養の關係(第2報). Bitter pit の発生に及ぼす N 供給および Ca 散布の影響. 園試報. C2: 45—53.
14. ———・新妻胤次・田口辰雄. 1967. リンゴ園の土壤肥沃度に関する研究(第1報). 土壤中の塩基と苦土欠乏の關係. 園学雑. 36(1): 1—8.
15. ———・———. 1968. リンゴ園の土壤肥沃度に関する研究(第2報). 園学雑. 37(3): 1—7.