

Studies on the soil fertility of apple orchard. I.
Relation of the magnesium deficiency and the soil cations

T. YAMAZAKI, T. NIIZUMA and T. TAGUCHI

Akita Fruit Tree Experiment Station, Daigo, Hiraka, Akita

Summary

The relationship between the degree of magnesium deficiency and the soil cations was investigated on Rall's apple orchards in Akita.

1) Severe magnesium deficiency was observed on Daigo soil of which week ability to resist leaching by high rainfall.

2) The severity of magnesium deficiency was significantly correlated with the exchangeable magnesium content in the soil of 20 cm, 40 cm, and 20~60 cm depth, but not in the below 60 cm depth although there are high concentration of roots in

this zone.

3) On Kamanogawa soil which was higher in a cation content than the other soil, the high potassium induced apparently magnesium deficiency.

4) The relationship between the severity of magnesium deficiency and the exchangeable Mg/K ratio in each depth was lower than that for exchangeable magnesium content, but not for the ratio of exchangeable Mg/K released by normal nitric acid.

I. 緒言

果樹園土壌の生産力は他の畑作物と比較して多くの類似点を有すると同時に、そのまま適用できない点も多い。これは主として生育相の相違による条件、すなわち根圏の広さとその継続的な利用、貯蔵養分の蓄積と消費を含む栄養のサイクル、あるいは収量と品質の面における矛盾した栄養条件など、果樹にみられる特異性に由来するものであろう。しかし現状では果樹の生産力の可能性を的確に表現するに足る調査方法は確立されていないので、まず果樹の生産を直接に阻害している要因の解析を行なわなければならない。

リンゴ栽培において収益の増大を阻害している土壌要因は具体的にじゅうぶんには知られていないけれども、現在の段階で考えられる阻害因子も少なくはない。近年リンゴ園ではげしくなりつつある苦土欠乏もその一つで、地帯によつてはそれが生産の大きな阻害因子となっている。苦土欠乏による被害は早期落葉とそれに伴つて生ずる小果、着色不良、貯蔵力の低下が経済的には重要である⁽¹⁶⁾。この被害は硫酸苦土の葉面散布によつて防ぐことはできるが、症状がひどい場合には数回以上の散布を必要とし、所要労力や経費の点から恒久的には土壌

の改善によらなければならない。

この研究は土壌中の塩基と苦土欠乏発生との関係を明らかにするために行なつたものであるが、同時にそれらの結果に基づいてリンゴ樹の根群の深さと土壌中の苦土含量との関係についても検討した。

II. 材料と方法

1. 供試品種と土壌

調査した品種は最も欠乏の出やすい国光を用い、秋田県の主要なリンゴ園土壌である平鹿統、花輪統、釜の川統および醍醐統について調査した。これら土壌統の詳細は他でのべたが⁽¹⁾、花輪統の母材は全層火山性降下物で、第1, 3層は黒ボク、第2層は黄褐〜灰白の小砂礫層で典型的な八甲田山系の火山性土である⁽²⁷⁾。第4層は未風化の浮石を含む黄褐のシラスで、第1層から第4層まで粗孔隙に富み、根の伸長は良好である。

平鹿統は母材が半固結水成岩(第三紀凝灰岩)で、土性は粘質でLiClないしSiClの場合が多い。特に粗孔隙が少なく下層への根の伸長はわるい。また y_1 が異常に高いのも著しい特徴である。

釜の川統は第三紀凝灰岩と火山性降下物とみられる黒色土の混層からなるもので、平鹿統の傾斜地の山麓や平坦地に多く、非常に塩基に富んでいる。

醜陋統は円礫礫土の上に30~40cmの黒ボクの堆積からなっており、きわめて塩基に乏しい。

2. 土壌の採集

分析用土壌の採集は原則として20, 40, 60cmの深さで行ない、必要に応じて80, 100cmからも採土した。欠乏程度との相関は20, 40, 60cmのそれぞれの分析値と、20cmから60cmまでの分析平均値について計算した。なお、礫土が存在する土壌断面で、正確に採土することが不可能な場合は ± 5 cmの範囲から採土し、所定の深さの土壌とした。

3. 欠乏症状の程度

苦土欠乏症状を定量的に示すことは困難で、特に多数の調査樹を対象にする場合は欠乏症状のあらわれ方も樹により、枝により非常に変異があるので、第1表に示した規準で症状をわけ、それらのインデックスに指数をあてられ相関係数の計算に用いた。

Table 1. Rating of severity of the magnesium deficiency

Index of symptom	Degree of symptom
0	No symptom
+	Slight on a few basal leaves
++	About 1/3 lower shoot leaves fall until last Oct.
+++	About 1/2 lower shoot leaves fall until last Oct.
++++	Most of shoot leaves fall until last Oct.
+++++	Most of shoot leaves fall until early Aug.

4. 根群の分布

この調査方法は樹幹から2m離れた位置の幅1m、深さ1.2m前後の土壌を、厚さ10cmごとにくずし、各層に含まれる根の新鮮重をはかり、全層の根量に対する割合をみた。

5. 分析方法

置換性塩基、置換容量など一般的な分析は農林省振興局の土壌分析法⁽¹⁹⁾によつたが、Ca・MgのEDTAによる方法は若干変更した。

Kは置換態のほかにN-HNO₃による定量を行なつた⁽²⁸⁾。酢酸アンモニアで置換されないKはおもに粘土鉱物に強く吸着されているもの、あるいは結晶構造中にあるものとみられているが、これらは置換態加里(Exch. K)の給源として作物のK吸収に重要な役割を有するものとされ、作物によるK吸収量との相関はExch. Kのそれより高いといわれる⁽²⁰⁾。

操作：風乾土2gに25mlのN-HNO₃を加え、hot plate上で正確に10分間煮沸し、冷却後100mlと

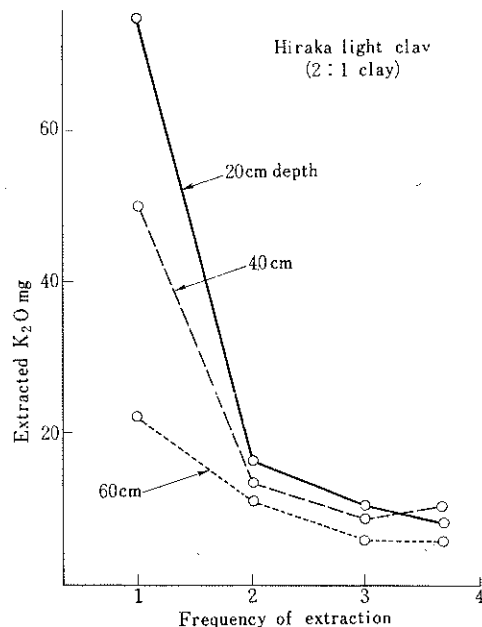


Fig. 1. The relation of the potassium released by N-HNO₃ and the repeating extraction.

し上澄を適当に希釈して flame photometer でKを測定した。上澄は必要とあれば遠沈する。

抽出回数と溶出量：N-HNO₃で連続4回の抽出を行なつた結果を第1図に示した。1回目の抽出によって多量のKが放出され、2回めからはほぼ恒量となつた。この傾向は1:1型および腐植+アロフェンの場合も同様であつた。おそらく第1回の抽出によつて吸着されていたKの大部分が放出され、それ以後は粘土鉱物が徐々に破壊されるために放出されたKであろう⁽¹⁸⁾。したがつて測定は1回でじゅうぶんと考えられる。

硝酸可溶K(NHNO₃-K)とExch. Kとの関係：Exch. Kの給源となるべきnon Exch. Kが多ければExch. Kも多いと考えられるが、土壌に含まれている絶対量(mg/100g)でみた場合、両者の相関は意外に低かつた。しかしExch. Kの飽和度とHNO₃によつて抽出されたnon Exch. Kの飽和度(これらのKは置換反応に加わらないため飽和度%として表わすのは妥当でないかも知れない)との相関はきわめて高く、砂土の清耕法、平鹿統の鉅質土壌(粘土鉱物は大部分1:1型、一部に2:1型)での相関係数はそれぞれ $r=0.76$, $r=0.75$ であつた。しかし砂上でもsod, mulchや花輪統の火山灰など置換基が腐植あるいはアロフェンの場合はこの関係が認められなかつた(第2表)。一方、Exch. Kの飽和度とnon Exch. Kの量(mg)との相関は非常に低かつた。

Table 2. The correlation coefficients for the relationships between the exchangeable and the nonexchangeable potassium.

	Sandy soil			Hiraka clay	Hanawa volcanic ashes
	Clean culture	Sod	Mulching		
Exch. K (mg/100 g) : non Exch. K released by HNO_3 (mg/100 g)	0.31	-0.24	-0.05	0.53*	-0.05
Degree of Exch. K saturation (%): degree of non Exch. K saturation (%)**	0.76**	0.20	0.41	0.75**	0.05

$$a) \frac{\text{K releases by } \text{HNO}_3 (\text{me}) - \text{Exch. K (me)}}{\text{Cation exchange capacity (me)}} \times 100$$

* Significant at 5% level ** Significant at 1% level

III. 結 果

1. 土壌中の置換性塩基およびその垂直分布と苦土欠乏 (1963)

(1) 土壌統との関係

調査園を選定した4月にはまだ苦土欠乏は確認されていなかったもので、35か所の調査園はまったく任意に選ばれたが、10月上旬の調査では調査園の22か所、すなわち約60%にあたる園に多かれ少なかれ典型的な苦土欠乏がみられた。第3表に本県の代表的な果樹園土壌における健全園と欠乏園の化学性を示した。

醍醐統は欠乏程度が最もはげしく、欠乏園のpH(H_2O)は5.0前後で低く、 y_1 は高かった。しかし最も顕著な差はExch. Mg含量で欠乏のはげしい園は痕跡の場合が多く、平均して0.3 meで健全園の約1/10であった。またExch. Ca含量も低く、したがって塩基飽和度も低下した。

醍醐統について発生が多かつた土壌は花輪統と平鹿統で、花輪統においても被害園のExch. Mg含量は低かつたが、pH, y_1 は健全園とあまり差が認められなかつた。平鹿統は醍醐統ほど欠乏の程度はひどくなかつたが、発生がみられた園の数はきわめて多く健全園は調査園中わずかに1園であつた。

釜の川統では1963年の調査では欠乏症状はまったく認められなかつた。

(2) Exch. Mg と の 関 係

前述のように平均値の比較では被害園のExch. Mgはいずれも低かつたが、被害程度とExch. Mg含量との間にも明らかな関係がみられた(第2図、第4表)。20 cmの深さにおける土壌中のExch. Mg含量と欠乏程度(指数)との相関は $r = -0.61$ で、40 cmおよび20~60 cmの相関よりやや低かつた。20~60 cmの分析値は20, 40, 60 cmの深さにおける平均であり、Exch. Mgの含

Table 3. The comparison of soil chemical property of the magnesium deficient and the normal apple orchard on various soils.

Soil	Magnesium deficiency	Depth of sampling cm	pH		Titratable acidity (y_1)	C. E. C. (me/100 g)	Exchangeable cation (me/100 g)			Per cent of base saturation	Exch. MgO/ K ₂ O ratio	No. of orchard
			H ₂ O	KCl			Ca	Mg	K			
Hanawa volcanic ashes	Deficient	0~40	5.57	4.34	5.6	28.3	3.7	1.9	0.9	23.0	0.84	6
		40~80	5.35	4.66	5.1	33.6	4.0	1.9	0.7	19.6	1.80	
		80~100	5.84	5.14	0.7	14.6	2.1	5.1	0.6	53.4	3.29	
	Normal	0~40	5.20	4.48	5.7	26.8	1.9	3.5	0.6	22.3	2.57	1
		40~80	5.58	4.32	5.6	39.4	4.6	5.4	0.7	27.1	3.50	
		80~100	5.74	4.55	2.3	20.0	6.8	4.9	0.8	62.5	2.58	
Hiraka light clay	Deficient	0~40	5.31	4.03	24.2	23.7	3.1	1.7	0.9	24.1	0.79	9
		40~80	5.06	3.92	37.8	24.2	2.4	2.3	0.8	22.7	1.54	
		80~100	4.99	4.00	50.4	25.0	2.9	6.2	1.3	41.6	1.55	
Kamanogawa volcanic ashes and light clay	Normal	0~40	5.32	3.99	46.4	37.7	7.8	4.8	0.6	35.0	3.37	10
		40~80	5.27	4.09	49.9	31.8	6.8	6.7	0.4	43.7	7.60	
		80~100	5.30	4.02	22.0	33.8	12.8	11.5	0.2	72.5	2.47	
Daigo volcanic ashes	Deficient	0~40	5.04	4.53	8.6	29.4	3.4	0.3	0.7	15.0	0.20	7
	Normal	0~40	5.94	4.97	1.6	25.6	8.5	3.5	0.7	49.6	2.27	2

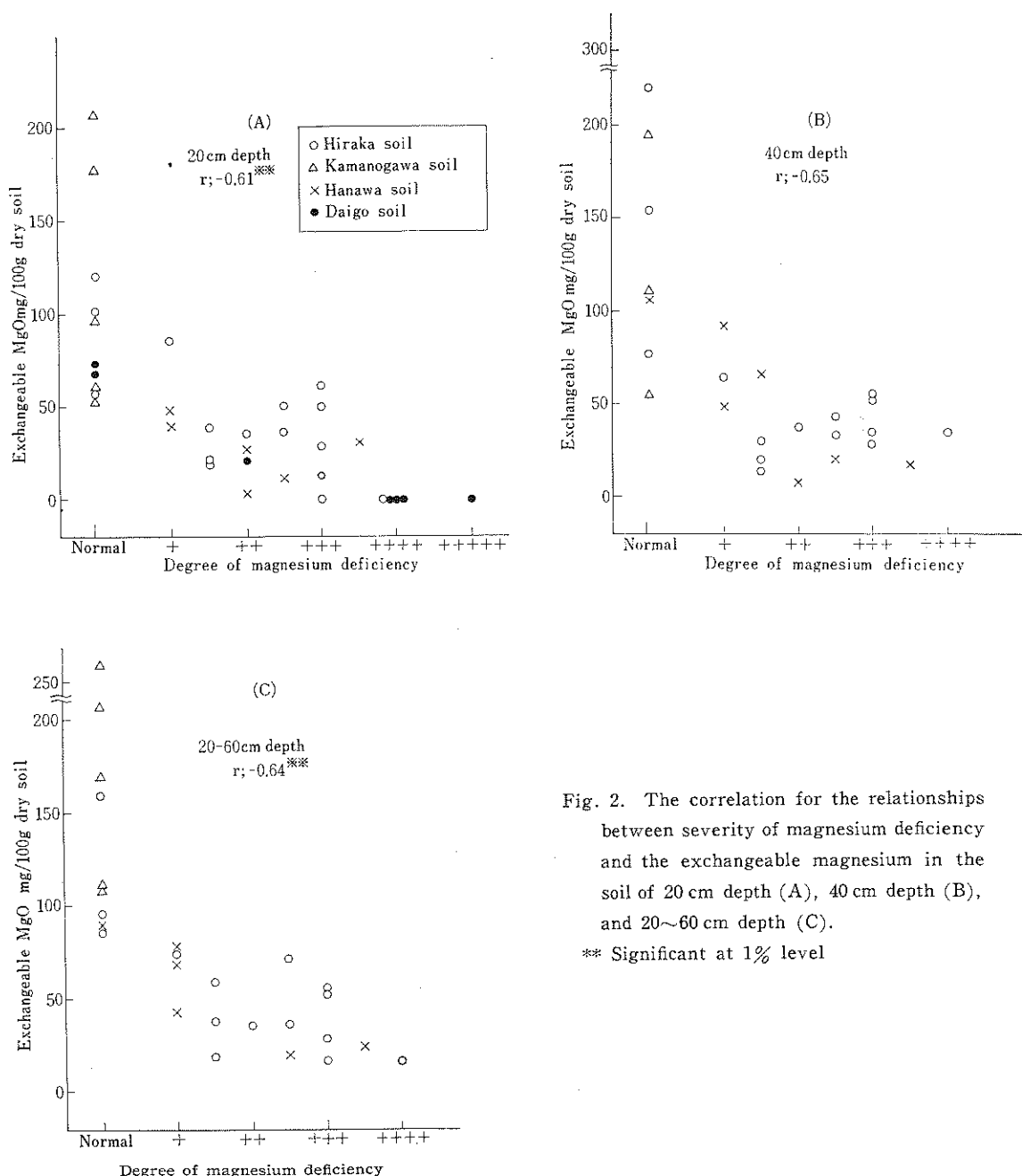


Fig. 2. The correlation for the relationships between severity of magnesium deficiency and the exchangeable magnesium in the soil of 20 cm depth (A), 40 cm depth (B), and 20~60 cm depth (C).

** Significant at 1% level

量は下層へゆくにつれて高くなるのが普通であるために 20~60 cm の分析平均値は最も高かった。欠乏の限界点を知るうえで同じように相関の高かった 40 cm の含量よりも 20~60 cm の分析値のほうが斉一でよかつた (第 2 図)。

Exch. Mg 含量のほかに、苦土欠乏と Mg 飽和度との関係についても多くの研究があり、TITUS⁽²⁹⁾ は旭の葉

中 Mg 含量は Exch. Mg 含量よりも Mg 飽和度のほうに密接な関係があつたと述べている。第 4 表によれば本試験では 20 cm の Mg 飽和度と苦土欠乏との相関は非常に高かつたが、40 cm および 20~60 cm の Mg 飽和度とこれとの相関は Exch. Mg 含量の場合よりかなり低かつた。

(3) Exch. K との関係

Table 4. The correlation coefficients for the relationships between the severity of magnesium deficiency and the cation content in soil of apple orchards.

	Depth of sampling (cm)		
	20	40	20~60 ave.
Severity of magnesium deficiency : exchangeable magnesium (mg).....	-0.61**	-0.65**	-0.64**
Severity of magnesium deficiency : exchangeable MgO/K ₂ O ratio.....	-0.38**	—	-0.52**
Severity of magnesium deficiency : degree of magnesium saturation (%)...	-0.67**	-0.30	-0.07
Severity of magnesium deficiency : exchangeable calcium (mg).....	—	—	-0.60**
Severity of magnesium deficiency : exchangeable potassium (mg).....	—	—	0.03
Exchangeable magnesium (mg) : exchangeable calcium (mg).....	—	—	0.68**

* Significant at 5% level ** Significant at 1% level

Exch. MgO (mg)/Exch. K₂O (mg) ratio と欠乏程度との相関は採土部分の深さ 20, 20~60 cm の分析値で、それぞれ $r = -0.38$, $r = -0.52$ であり、Mg : K 比が Exch. Mg の絶対量よりも苦土欠乏に対してよい指標となるとはいえないようである。

(4) Exch. Ca との関係

欠乏程度と Exch. Ca 含量との間には深さ 20~60 cm の分析値で $r = -0.60$ のかなり高い相関が見られ、Ca が増大するにつれて欠乏が少なくなる傾向が認められた。しかしこれは Exch. Ca の多い土壌では Mg もまた多いことによると思われる。すなわち Exch. Ca 含量と Exch. Mg 含量の相関は $r = +0.68$ であつた（第4表）。このように Exch. Ca 含量と苦土欠乏の関係は Ca と Mg が土壌中において随伴することが相関の高かつた

おもな理由とみられる。しかし一方 Ca の添加によつて Mg の吸収がふえる可能性のある場合も報告されている⁽⁵⁾。

(5) Exch. Mg と根群の垂直分布との関係

この調査に用いた土壌では、Exch. Ma 含量は深さが増すにつれて増加するのが普通であり、その傾向は平鹿統で特に著しかつた。上層の含量は欠乏園で明らかに低かつたが、下層 60~80 cm 以下の含量は健全園とそれほど差が認められなかつた。根群の分布は下層にゆくにつれ当然減少するが、平鹿統では特にその傾向が強

く、前述の調査方法によると深さ 40 cm までの根量は全体の 75.4% で下層に少なかつた。これは平鹿統の土性がおもに LiC で下層の通気性が不良なためである。花輪統は黒ボクで通気性に富んでいるために根は深く 60 cm 以下にも 29% の根が見いだされた。

根群の深さと Mg の垂直分布との関連から Mg の吸収を推定すると、平鹿統では根が浅いために下層に Mg が多量に存在しても、それが吸収利用される機会は少ないと考えられ、60 cm 程度までの Mg 含量が苦土欠乏の発生にとつて支配的とみられる。一方、花輪統では下層にかなりの Mg があり、しかも根群が密に分布しているにもかかわらず、実際には苦土欠乏がみられた。

これらの事実からすれば下層 60 cm 以下の根は上層の根に比べて Mg の吸収能が劣っているのではないかと考

Table 5. The comparison of soil chemical property of the magnesium deficient and the healthy orchard on Kamanogawa soil.

		Depth of sampling	pH		C. E. C. (me/100 g)	Exchangeable cation (me/100 g)			Per cent of base saturation	MgO/K ₂ O	Degree of magnesium deficiency
			H ₂ O	KCl		Ca	Mg	K			
Magnesium deficient orchard	A	20 cm	4.13	3.33	35.3	8.8	3.5	5.4	50.1	0.27	++++ Visible symptom from late June
		40	4.44	3.40	38.4	12.9	4.7	5.6	60.4	0.35	
		60	5.12	3.70	33.8	15.8	5.6	3.8	74.6	0.61	
		Ave.	4.56	3.48	35.8	12.5	4.6	4.9	61.5	0.39	
	B	20	5.24	3.71	45.0	21.0	3.0	3.5	61.1	0.36	++++ Visible symptom from late June
		40	5.30	3.76	43.1	20.0	7.8	2.7	70.8	1.22	
		60	5.37	3.82	36.8	17.6	8.4	1.8	75.5	1.92	
		Ave.	5.30	3.76	41.6	19.5	6.4	2.7	68.8	1.01	
	Normal orchard (Ave. of 5 orchards)	20	5.44	4.61	33.6	22.2	5.5	1.3	86.3	1.87	0 No symptom
		40	5.31	4.27	38.1	12.1	7.0	0.8	52.2	3.58	
60		5.32	4.38	41.1	12.4	7.9	0.5	50.6	7.26		
Ave.		5.36	4.42	37.6	15.6	6.8	0.9	62.0	4.24		

えられる。下層の根は上層のものに比べて形態的にも顕著な差のあることが板倉ら⁽¹⁴⁾によつて報告され、activity の相違が暗示されている。また BOYNTON⁽⁵⁾ によればリンゴの苦土欠乏は2フィートまでの Exch. Mg の低下が支配的要因であるといわれる。

2. K 過剰による苦土欠乏 (1964)

前年の結果によれば苦土欠乏と最も密接な関係が認められたのは Exch. Mg の絶対量で K の影響は少なかった。しかしその後 Mg 含量がきわめて高い釜の川統の若干の園においても Mg 欠乏がかなり顕著に見いだされたためにこの原因を検討した。

(1) 釜の川統における苦土欠乏

釜の川統における調査結果を第5表に示した。表で明らかなように苦土欠乏がみられた園の Mg 含量はきわめて高く、A, B 園それぞれ深さ 20~60 cm の平均が 4.6, 6.4 me で前年の調査結果に示された限界点よりはるかに高かった。これに対して Exch. K 含量はそれぞれ 4.9, 2.7 me で健全園の約 3~5 倍であつた。したがつて MgO/K₂O 比は健全園よりきわめて低く、それぞれ 0.39, 1.01 であつた。

BOYNTON⁽⁵⁾ は苦土欠乏をひきおこす K/Mg 比は 0.4 ないし 0.5、あるいはそれ以上とし、pH が低く、Ca 含量が少なく、Mg が比較的多い場合に Mg と K の比率が問題になるとしている。本試験では MgO/K₂O 比が約 1.0 以下になると欠乏がひどくなるようであり (第3表)、他の作物における結果とはほぼ一致した⁽²⁶⁾。

(2) HNO₃-K と苦土欠乏

前年の結果では苦土欠乏に対する K の影響は明らかでなかつたが、釜の川統における結果でも明らかなように、苦土欠乏に対して K は無視できない影響を及ぼしていると考えられる。前年の結果を再検討するために、Exch. K の代わりに HNO₃ 可溶の K を測定した。

分析に用いた土壌は前年のものを用い、Exch. MgO (mg)/HNO₃-K₂O (mg) 比と苦土欠乏程度との相関をみた (第3図)。Exch. K を用いた場合の Mg と K の比よりも HNO₃-K を用いた場合のほうが相関係数ははるかに高いうえに、苦土含量との相関よりも高かつた。また関係も斉一であり、限界は約 1.0 以下であつた。

以上の結果から Exch. K が異常に高い釜の川統のような土壌でなくとも苦土欠乏に対して K は深い関係を有しているといえよう。

IV. 考 察

リンゴの苦土欠乏と土壌との関係については、pH、塩基飽和度、Exch. Mg 含量とその飽和度、あるいは Exch. K との比率や Exch. Ca 含量あるいは N level などと

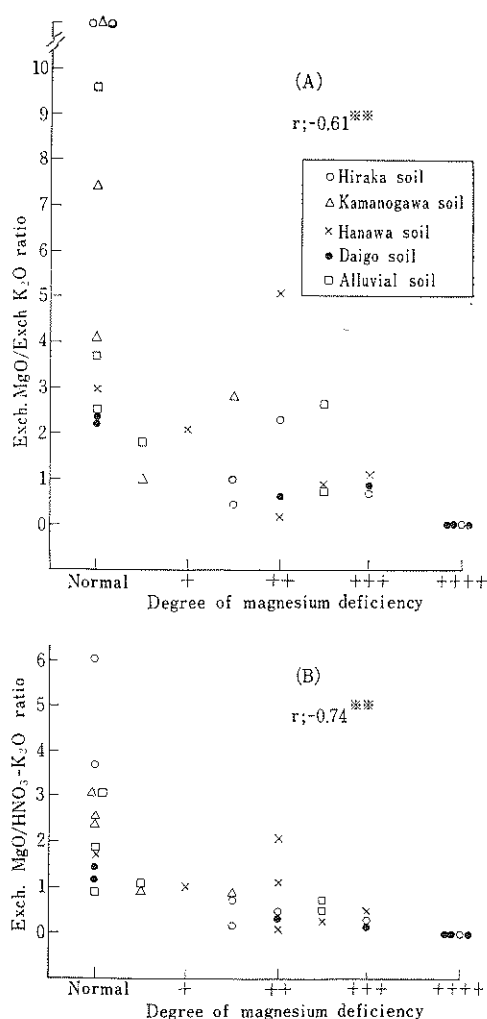


Fig. 3. The relationship between the severity of magnesium deficiency and the exchangeable Mg/K ratio (A), and the ratio of exchangeable Mg/K released by N-HNO₃ (B) in the soil of 0~80 cm depth.

*** Significant at 1% level

の関係が論じられてきた。苦土欠乏とそれらの関係については研究者によつて強調する点はいくぶんちがつているが、苦土欠乏の発生は (1) 土壌中の Mg 含量が少ないためと、(2) Mg に比べ K 含量が高いための二つの原因に帰せられるであろう。

Exch. Mg 含量と欠乏程度との間には 20 cm から 60 cm までのいずれの深さの分析値ともきわめて密接な関係が認められた。欠乏の限界点は表層の MgO 含量が約 50 mg, 20~60 cm の平均で約 70~80 mg であつた。これらの値は他の研究よりいくぶん高いように思われる

が(4,17,18), おそらく土壌の種類や採取時期,あるいは共存するイオン,特にKによつて異なってくるものであらう。

Mg と K との関係については非常に多くの研究がなされ(2,3,5-8,10,22,23,29,31), 土壌中においてもまた植物体内においても強い拮抗が認められている。そして一般的にいつて Mg に対する K の影響はその反対の場合より強いとされ, 苦土欠乏に対して土壌中における Mg : K 比は Mg の絶対量よりも関係が深いとする例もかなり報告されている(3,5,21,29)。本試験において釜の川統における苦土欠乏は明らかに土壌中の K 過剰に由来するものとみられ, これは異常に高い K の含量から, おそらく K 施用の影響よりも母材の影響が大きかつたものと考えられる。

Exch. K が釜の川統ほど高くなかつた 1963 年の調査園においても K を HNO_3 で抽出した場合には苦土欠乏と Mg : K 比はきわめて密接な関係が認められた。なお HNO_3 可溶 K についての評価は今後さらに検討する価値があるように考えられる。

K と同じカチオンの Ca については MASON⁽¹⁵⁾ が土壌を酸で処理し, Mg との比率を極端にかえてリンゴ実生の吸収をしらべ, Ca が増すにつれて Mg の吸収は減少すると述べた。反対に実際の圃場では Ca の存在によつて Mg の吸収が増大する場合も認められている⁽⁵⁾。MASON らの結果は土壌中の Mg : Ca 比を極端にかえた結果, 競合の効果は明らかであつても, かえつて圃場と異なつた結果が得られたとも考えられよう。土壌中における補足イオンとしての Ca の行動にも注意するならば, Ca と Mg は必ずしも単純に拮抗するとは限らないであらう。本試験では Ca 含量が高い土壌では苦土欠乏が少ないとする結果が得られたが, この場合 Ca が苦土欠乏を軽減したとみるよりは Mg 含量が高い園では Ca の溶脱も少なかつたと考えるほうが妥当のように考えられる。

苦土欠乏を治癒するためには Mg の施用が必須ではあるが, 大部分の供試土壌では Ca も同様に少なく, したがつて塩基飽和度, pH, y_1 も非常に低かつた。リンゴに対する Ca の効果や pH の影響はじゆうぶんに明らかにされてはいないが, Ca の不足や low pH の悪影響は粗皮病やビタービットの発生となつて現われることが知られている。また Mg と Ca の拮抗は K の場合とは異なるので, Mg の施用と同時に Ca の供給も望まれる。リンゴ園の苦土欠乏も見方によつてはリンゴ園土壌の老化の現われとして受け取ることができよう。これらの意味からすれば, 土壌に対する Mg の施用は硫酸苦土よりも苦土石灰のほうが望ましいであらう。

苦土石灰の効果は硫酸苦土よりも遅いとされているが(9,11,12,15,23-25,30), 効果の遅速はおそらく土壌の種類や気象条件によつて異なるものであらう。したがつて施用量, 施用方法, 効果が現われるに必要な期間などについてはなお今後の検討を要する問題であらう。

V. 要 約

リンゴの苦土欠乏と土壌中の塩基含量との関係を秋田県の国光園で調査し, 次の結果を得た。

(1) 塩基の溶脱が最も起りやすい断面を有する釀醗統で最も欠乏がはげしかつた。

(2) 土壌中の Exch. Mg の絶対量は苦土欠乏と最も密接な関係が認められ, 深さ 20 cm, 40 cm および 20 ~ 60 cm の分析値と苦土欠乏程度との相関はそれぞれ $r = -0.61$, $r = -0.65$, $r = -0.64$ であつた。深さ 60 cm 以下の土壌に Exch. Mg が高く根群がかなり多量にあつても上層部の Exch. Mg が低いと欠乏がみられた。

(3) 調査土壌中で最も塩基含量が高かつた釜の川統における苦土欠乏は, K の過剰によるものと考えられた。

(4) 苦土欠乏と Mg : K 比との関係は Exch. K を用いるより HNO_3 -K を用いたほうが明らかであり, 密接であつた。

謝 辞：本研究の実施ならびに取りまとめには今喜代治場長のご指導を, また実施にあたっては菅原美佐子, 藤原和子両嬢の科員と場員各位のご協力をいただいた。記して深謝の意を表する。

引 用 文 献

1. 秋田県果樹試験場. 1963. 昭 38 秋果試業務年報.
2. BATJER, L. P. Nutrient utilization of apple and peach trees as related to fertilizer practices. Proc. 15 th. Ann. Meeting Wash. Hort. Assn.
3. BOYNTON, D. and A. B. BURRELL. 1944. Potassium-induced magnesium deficiency in the McIntosh apple tree. Soil Sci. 58 : 441-454.
4. BOYNTON, D. 1945. Studies on control of magnesium deficiency in New York apple orchards. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 46 : 1-5.
5. BOYNTON, D. and T. W. EMBLETON. 1950. Further studies on magnesium deficiency of the apple and its control. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 55 : 21-26.
6. CAIN, J. C. 1948. Some interrelationships between calcium, magnesium and potassium one-year-old McIntosh apple trees grown in sand cultures. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 51 : 1-12.
7. CAIN, J. C. 1955. The effect of potassium and magnesium on the absorption of nutrients by

- apple trees in sand culture. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 65 : 25—71.
8. CHUCKA, J. A., J. H. WARING, and O. L. WHYMAN. 1945. Magnesium deficiency in maine orchards. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 46 : 13—14.
 9. EGGERT, R., L. P. LATIMER, and G. P. PERCIVAL. 1957. The uptake of magnesium by different grasses in relation to their use as mulch in orchards. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 70 : 10—14.
 10. EMBLETON, T. T., J. D. KIRKPAMRICK, W. W. JONES, and C. B. CREE. 1956. Influence of application of dolomite, potash and phosphate on yield and size of fruit and on composition of leaves of Valencia orange tree. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 67 : 183—190.
 11. FISHER, E. G., D. R. WALKER, D. BOYNTON, and S. S. KWONG. 1958. Studies on the control of magnesium deficiency and its effect on apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 71 : 1—10.
 12. FORSHEY, C. G. 1963. Potassium-magnesium deficiency of McIntosh apple trees. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 83 : 2—20.
 13. GARMAN, W. A. 1957. Potassium release characteristics of several soils from Ohio and New York. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21 : 52—58.
 14. 板倉 勉. 1964. 土壤管理法が果樹根群の発達に及ぼす影響. 昭39春園芸学会発表要旨.
 15. MASON, J. L. 1964. Effect of exchangeable magnesium, potassium and calcium in the soil on magnesium content of apple seedlings. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 84 : 32—38.
 16. 森 英男・山崎利彦・横溝 久・福田博之. 1963. リンゴの要素欠乏に関する研究. 園試報. C1 : 63—75.
 17. 長井晃四郎. 1963. リンゴの Mg 欠乏とその対策. 農及園. 38 : 479—482.
 18. ————. 1964. " 農及園. 39 : 345—349.
 19. 農林省振興局. 1959. 土壤分析法. 地力保全対策資料1号.
 20. POPE, A. and H. B. CHENEY. 1957. The potassium supplying power of several Western Oregon soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21 : 75—79.
 21. PRATT, P. F., W. W. JONES, and F. T. BINGHAM. 1957. Magnesium and potassium content of orange leaves in relation to exchangeable magnesium and potassium in the soil at various depths. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 70 : 245—251.
 22. SMITH, P. F., W. REWITHER, and G. KENNETH. 1952. Effect of differential supplies of nitrogen, potassium, and magnesium on growth and fruiting of young Valencia orange trees in sand culture. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 61 : 38—47.
 23. SOUTHWICK, L. 1943. Magnesium deficiency in Massachusetts apple orchards. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 42 : 85—94.
 24. ————, and C. T. SMITH. 1945. Further data on correcting magnesium deficiency in apple orchards. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 46 : 6—12.
 25. STEWART, D. and S. S. ROBERT. 1954. The availability of magnesium from organic carries in artificial substrates. *Plant Physiol.* 29(4) : 337—342.
 26. 高橋治助・小西千賀三編. 土壤肥料講座 1. 朝倉書店.
 27. 田町以信男. 1959. 開拓地土壤調査事業記念論集. 農林省農地局.
 28. THOMAS, G., and M. PEECH. 1960. Soil chemical tests. *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull.* 960.
 29. TITUS, J. S., and D. BOYNTON. 1953. The relationship between soil analysis and leaf analysis in eighty New York McIntosh apple orchards. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 61 : 6—26.
 30. WALKER, R. D., and E. G. FISHER. 1957. The use of chelated magnesium sulfate in correcting magnesium deficiency in apple orchards. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 70 : 15—166.
 31. WEHNUT, R. L., and E. R. PURVIS. 1954. Mineral composition of apple in relation to available nutrient content of the soil. *Soil Sci.* 77(3) : 215—218.