

樹園地における石灰の浸透に関する試験

第1報 表面散布した石灰の浸透と土壌の排水性との関係および ニトロフミン酸マグネシウム塩の浸透促進効果

松井 巖・新妻 胤次^{*}・田口辰雄・山崎 利彦[※]

目 次

I. 緒言	27
II. 材料と方法	27
III. 結果	29
1. 表面散布した石灰の浸透と土壌の排水性との関係	29
2. 石灰の浸透に及ぼすニトロフミン酸マグネシウム塩の効果	29
3. カラム試験の結果	32
IV. 考察	33
V. 摘要	33
VI. 引用文献	34

I. 緒 言

酸性土壌の改良には石灰質肥料やよう(熔)成リン肥の投入が最も効果があるが、表面散布した場合の下層土への浸透は資材の種類(12)や土壌の理化学性により異なる。畑地の酸性土壌の改良のため、石灰を表層と混和した場合の浸透については腐植質火山灰土壌で、施用した炭酸石灰の約25%が1年で30cm以下に流亡したとする報告と(1)、(2)、4年3ヵ月後でも11.8%にすぎなかったとする報告(12)もあり、評価にちがいがみられる。

この報告は表面散布した苦土石灰の浸透と土壌の排水性との関係およびニトロフミン酸マグネシウム塩を炭酸石灰と併用した場合の石灰の浸透に及ぼす影響をみるために行った試験結果をとりまとめたものである。

II. 材料と方法

1. 表面散布試験

断面形態の異なる場内の2ヵ場において50×50cmの木枠をもうけ、1963年12月に10a当たり300kg、600kg相当量の苦土石灰を枠内に均一に散布した。木枠は同一は場内にさらに2ヵ所もうけくりかえしとした。

おのおのの枠内にさらに30×30cmの木枠をすえ、処理前、6ヵ月、18ヵ月、36ヵ月後に5cmごとに40cmの深さ

まで採土し、石灰の浸透をみた。A園は腐植質火山灰土と第三紀層が混合した壤土で、35cm以下は円れき(礫)からなるれき土である。B園は40cmまでが腐植に富む微砂質壤土で、それ以下が第三紀層で硬く、れきを含まない点でA園と異なっている(第1図)。

2. ニトロフミン酸マグネシウム塩併用試験

平鹿町明沢、千畑村川端山の2ヵ所の共同果樹園で第1表に示した処理区をもうけ、1970年4月から試験を開始した。ニトロフミン酸マグネシウム塩はアヅミン、石灰は炭酸石灰を使用した。アヅミンは第1回目を同年4月、2回目は10月に表面散布し、この際同時に炭酸石灰を400kg/10aずつ施した。また、3回目のアヅミン処理は翌年5月に行い、各区とも5aを処理した。

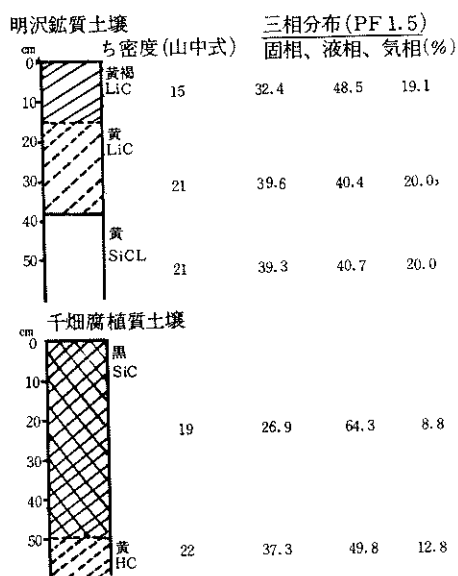
第1表 試験方法(1970)

処理区	CaCO ₃ kg/10a	ニトロフミン酸Mg塩 (アヅミン) kg/10a
I	400×2	0
II	〃	33
III	〃	33×3
IV	〃	50
V	〃	50×2
VI	〃	100

1) 供試土壌の断面と物理化学性

明沢地区は第三紀凝灰岩と腐植質火山灰土の混合からなる層が15cmの深さまであり、下層は半風化れきを含む第三紀層である。千畑地区は50cmまで腐植にすこぶる富む火山灰土で、その下は腐植を含む第四紀古層であり、前者に比べて表層の固相%が少なく液相%が多いのが特徴である(第2図)。明沢地区(以下、明沢鈣質土壌)は塩基に乏しく、 γ_1 も高かった。千畑地区(以下、千畑腐植質土壌)は表層のCa含量は高かったが、下層は塩基も少なくpHも低かった(第2表)。

園地は両園ともほぼ平坦で草生栽培が行われている。



第2図 供試土壤の断面と物理性 (1970)

2) 採土および分析方法

採土は処理前の1970年4月と処理後6ヵ月、17ヵ月、

28ヵ月の三回、Ao層を除いた後に60cmの深さまで5cmごとに行った。各区とも4ヵ所より採土し混合してその区の試料とした。試料は風乾、調整したものを常法(11)によりpH (H₂O, KCl)、 γ_1 、交換性 Ca、Mg、Kを測定した。

3. カラム試験

内径1.3cm、高さ25cmのガラスカラムに脱脂綿とろ(濾)紙パルプでろ過層をつくり、10cmの高さにそれぞれの原土をつめ、その上5cmの高さに下記の処理をした土をためて純水による浸透試験を行った。

〔処理〕

- 1) 原土(無処理)
- 2) 原土20g + CaCO₃20g
- 3) 原土20g + CaCO₃20g + アヅミン1g

資材は原土と乳ばち中でよく混合して試験に使った。浸出液を25mlずつ5回採取し、浸出液のpH、ニトロフミン酸の濃度の指標として400nmにおける吸光度(3)、およびCa濃度を測定して浸透促進効果をみた。なお浸出液は40~50秒に1滴の割合で滴下するように活栓で調節した。原土の化学性は第3表に示した。

第2表 供試土壤の化学性 (1970)

(明沢鉾質土壤)

深さ	腐植 %	pH		γ_1	塩基交換容量 me/100g	交換性塩基 me/100g			塩基飽和度 %
		H ₂ O	KCl			Ca	Mg	K	
5cm	5.2	5.20	3.84	39.5	27.3	2.10	1.06	0.04	13.2
15	2.8	4.97	3.77	65.0	24.2	0.25	0.48	0.16	3.7
25	2.3	4.95	3.70	71.4	24.9	0.21	0.70	0.17	4.3
35	1.5	5.00	3.64	75.0	23.9	0.23	1.31	0.19	7.2
45	1.4	5.04	3.70	60.3	20.5	0.23	1.08	0.17	7.3
55	1.0	5.12	3.71	60.0	20.7	0.23	1.17	0.19	7.6

(千畑腐植質火山灰土壤)

深さ	腐植 %	pH		γ_1	塩基交換容量 me/100g	交換性塩基 me/100g			塩基飽和度 %
		H ₂ O	KCl			Ca	Mg	K	
5cm	16.2	5.52	4.33	4.8	39.3	8.49	0.36	0.70	24.3
15	15.6	5.12	4.06	16.6	37.6	2.46	0.24	0.34	8.1
25	13.1	5.16	4.01	19.0	36.2	1.31	0.16	0.27	4.8
35	10.2	4.90	4.01	19.7	30.0	1.15	0.11	0.24	5.0
45	6.7	4.91	4.04	18.4	23.1	0.47	0.10	0.21	3.4
55	2.7	4.98	4.08	14.5	16.5	0.51	0.14	0.21	5.2

第3表 カラム試験に用いた原土の化学性

	pH (H ₂ O)	塩基交換容量 me/100g	交換性塩基 me/100g		
			Ca	Mg	K
鉍質土壌	5.29	43.1	9.40	9.70	0.43
腐植質土壌	5.56	32.0	2.38	0.54	0.41

Ⅲ. 結 果

1. 表面散布した石灰の浸透と土壌の排水性との関係

600kg/10a 相当量を散布した場合の pH (KCl)、交換性 Ca 含量の変化を第1図に示した。pH は両園とも6ヵ月後の5cm以下では変化がなかった。18ヵ月後においてはA園は約10cmまでの pH の変化がみられたが、B園ではなお10cmまで達していなかった。36ヵ月後の浸透はA園とB園では非常に異なり、A園では最下層の40cmまで明らかに pH が変化した、B園では10cmまで達しただけであった。また、300kg施用の場合もA園が最下層まで浸透が認められたのに対し、3年間でわずから5cmまでしか浸透が認められなかった。交換性 Ca 量の垂直分布も pH の変化と同じであったが、Mg は Ca よりも深く浸透し、B園でも3年間で20~25cmまで浸透が認められた。

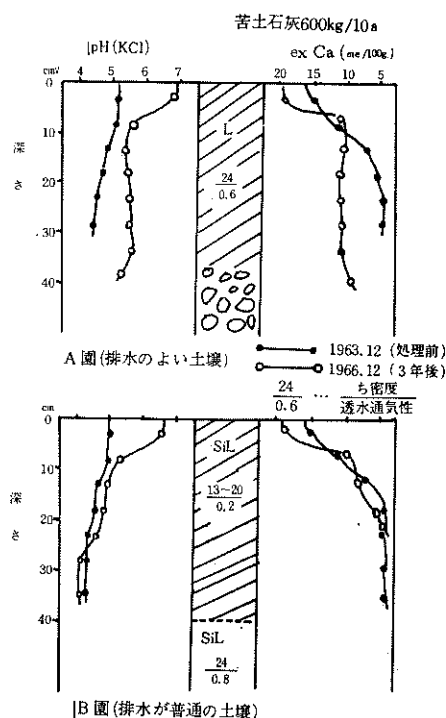
2. 石灰の浸透に及ぼすニトロフミン酸マグネシウム塩の効果

1) pH (H₂O) と γ_1 に及ぼす処理の影響

pH と交換酸度 γ_1 の処理前、6ヵ月、17ヵ月、28ヵ月後におけるⅠ、Ⅲ、Ⅵ区の垂直分布を第3図に示した。明沢鉍質土壌では処理後6ヵ月から変化が認められ、Ⅰ区が約10cmであるのに対し、Ⅲ区が約22cm、Ⅵ区が約27cmまで変化しており、ニトロフミン酸 Mg 塩の効果は認められた。17ヵ月後ではさらに表層の pH が上昇したが、浸透の深さは6ヵ月とほぼ同程度であった。しかし、28ヵ月後では10cmまでの pH はすでに低下しはじめていた。千畑腐植質土壌ではいずれの処理も6ヵ月後では pH、 γ_1 ともほとんど改良効果が認められず、17ヵ月後ではじめて変化がみられた。すなわち、Ⅰ区は pH、 γ_1 で約12cm、Ⅲ区は pH で約17cm、 γ_1 で約5cm、Ⅵ区は pH で約22cm、 γ_1 で約17cmまで変化が認められ、特にⅥ区でニトロフミン酸 Mg 塩の効果が明瞭であった。しかし明沢鉍質土壌と比較して、その浸透の程度は小さかった。

2) 交換性 Ca 含量に及ぼす処理の影響

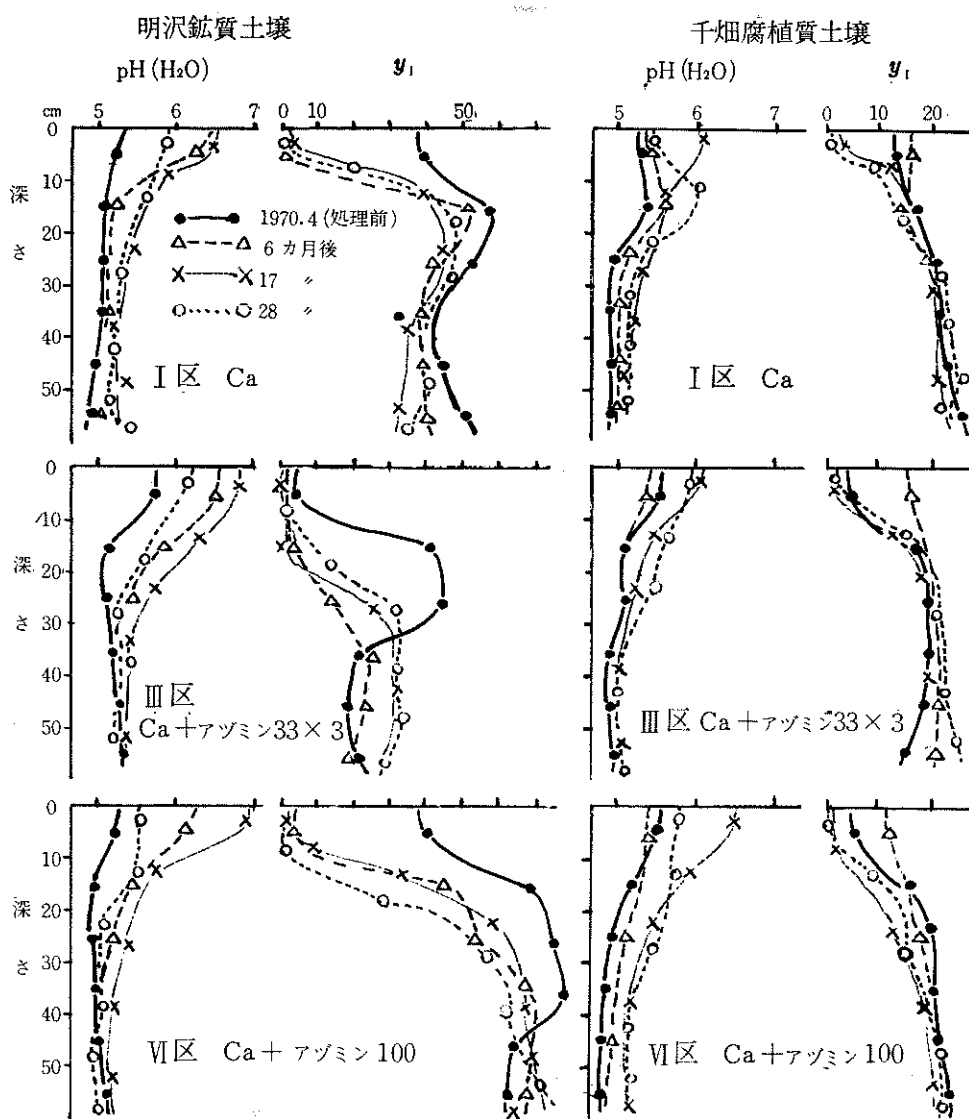
第4図は交換性 Ca 含量の経時的な垂直分布を示したものである。明沢鉍質土壌では pH、 γ_1 の場合と同様に6ヵ月後から増加がみられ、その後、表層の含量はニ

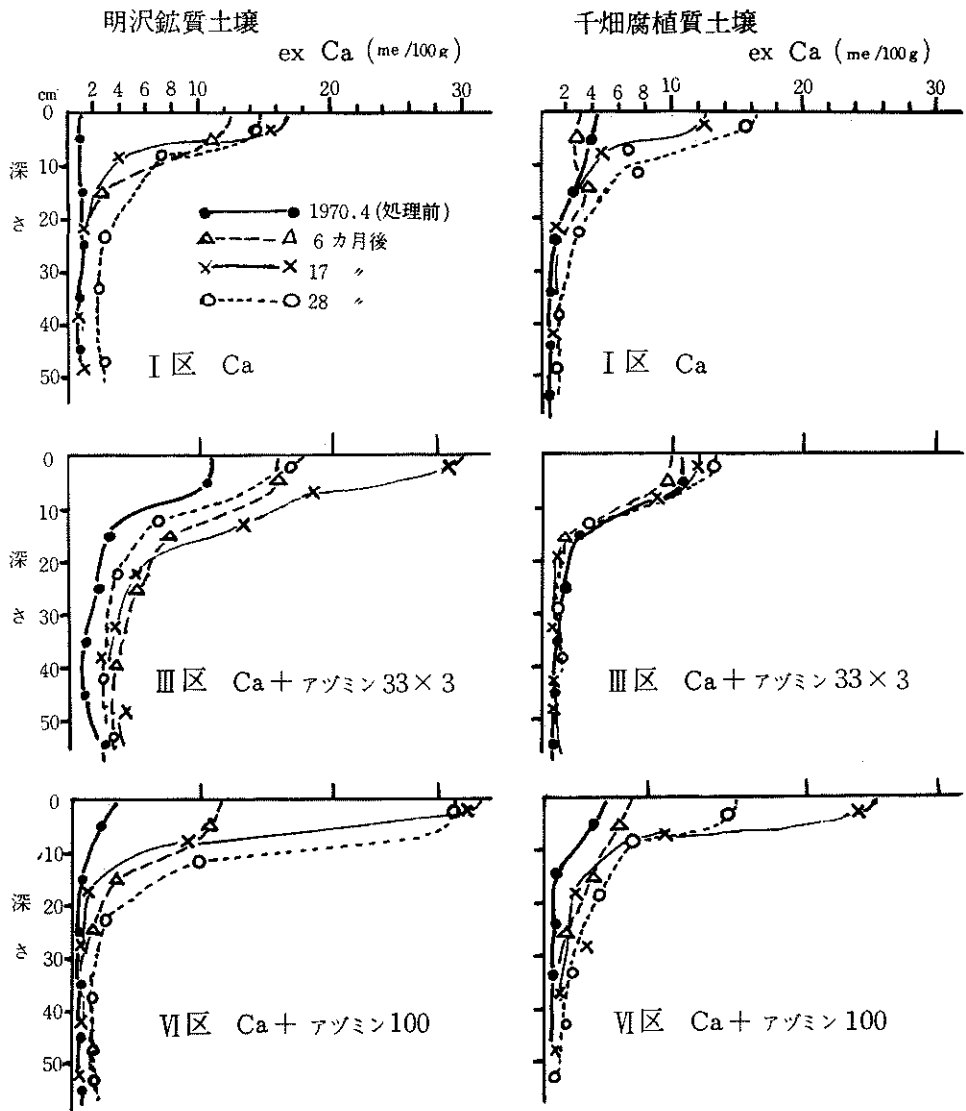


第1図 石灰の浸透と土壌の排水性との関係 (1963~1966)

トロフミン酸 Mg 塩併用区で増加したが、浸透の程度はⅠ区と比較してやや促進された程度であり、交換性 Ca 含量からみただけでは浸透効果は pH、 γ_1 ほど顕著ではなかった。また、千畑腐植質土壌では pH、 γ_1 の場合と同様に6ヵ月ではほとんど変化は認められず、17ヵ月後で初めて増加がみられた。Ⅰ区が12cm程度であったのに対し、Ⅲ区は10cmで差がなかったがⅣ区は35cm程度まで浸透が認められた。

これらの結果から総合的に石灰の浸透による改良効果を評価したものが第5表である。現地試験であったため両土壌とも処理区の間の変動が大きく、特に γ_1 と交換性 Ca で大きな変異がみられた(第4表)。

第3図 pH (H_2O) と y_1 の変化に及ぼす処理の影響



第4図 交換性Ca含量の垂直分布と処理による経時変化

第4表 土壌の化学性の平均値と変動係数(C)

処理前(1971) n=3

土壌	深 さ	化学性	pH(H ₂ O)	ψ_1	ex Ca me/100 g	ex Mg me/100 g
明沢・ 鉍質土壌	5cm	平均値(M)	5.40	26.4	4.41	3.45
		C(%)	5.2	78.0	116.0	69.0
	25cm	M	5.05	54.9	1.22	1.61
		C	0	23.0	80.0	48.0
	45cm	M	5.10	40.2	0.75	1.08
		C	1.0	52.0	66.0	0
千火 畑・ 腐植土 質壤	5cm	M	5.42	7.8	5.40	0.36
		C	1.0	57.0	49.0	0
	25cm	M	5.06	19.1	0.86	0.13
		C	1.0	4.0	58.0	0
	45cm	M	4.91	20.9	0.51	0.11
		C	0	10.0	39.0	0

第5表 石灰の浸透の総合評価(1972)

処理区	処理後 (月)	pH(H ₂ O)		ψ_1		ex Ca		総合評価	有意水準*	
		17	28	17	28	17	28		1%	5%
		cm	cm	cm	cm	cm	cm			
明沢・ 鉍質土壌	I	12	17	12	17	17	22	16.1	a	a
	II	17	22	17	22	22	22	20.3	a	a b
	III	27	27	27	27	22	22	25.3	a b	b c
	IV	22	28	22	22	27	20	23.5	a b	b c
	V	37	32	37	30	22	27	30.8	b	c
	VI	33	33	33	37	15	25	29.3	b	c
千火 畑・ 腐植土 質壤	I	12	20	12	20	12	22	16.3	a	a
	II	17	22	10	17	17	17	16.7	a b	a b
	III	17	22	5	8	10	5	11.0	a b	a b
	IV	32	50	17	32	20	17	28.0	a b	a b
	V	17	27	12	12	22	22	18.7	a b	b c
	VI	22	22	17	17	35	35	24.7	b	c

*同符号はDuncanの多重検定で各有意水準での有意差がないことを示す。

したがって処理後の測定値にも前後の関係からみてサンプリングの誤差によるものと思われたものもありpH、 ψ_1 、交換性Ca含量ではその浸透評価に違いがあったために、17カ月、28カ月後の浸透の深さを単純平均して総合評価とし、ニトロフミン酸Mg塩の石灰浸透促進効果をみた。なお、各測定値の浸透の深さの評価は処理前の測定値を基準に、誤差を考慮して決めた。明沢鉍質土壌では石灰単用区が16.1cmであるのに対し、33kg施用区が20.3cm、IV区の50kg施用区で23.3cm、VI区の100kgが29.3cmとニトロフミン酸Mg塩の量が増加するにつれて浸透が促進される傾向がみられ、100kg施用のV、VI区では約2倍の深さまで浸透が認められたが、分施した場合はやや効果が劣った。すなわち、ニトロフミン酸Mg塩を50kg以上施用することにより石灰の浸透は有意に促

進され、分施を除き100kg施用区で特にその効果が顕著であった。一方、千畑腐植質土壌では、ニトロフミン酸Mg塩の施用効果はVI区の100kg施用区を除いて有意ではなく、特にpH、 ψ_1 、ex Caでの評価に大きな違いがみられたのが特徴であった。また総合評価でもその浸透促進程度は鉍質土壌の場合と比較し明らかに小さかった。

3. カラム試験の結果

鉍質土壌ではCaCO₃添加により、浸出液のpHは第1回目から明らかに高くなり、Ca量も増加した。また、さらにニトロフミン酸Mg塩を添加したものは第4回目まで無処理よりもpHが低下したが、ニトロフミン酸量の指標と考えられる400nm吸光度(3)、Ca量は有意に増加した。CaCO₃単独とニトロフミン酸Mg塩添加とのCa量の差で添加効果を見ると、合計で0.426mgのCaが多く溶脱

しており、特に第2回目まで添加効果が大きかった。

一方、腐植質土壌では無処理からのCa溶脱は鉍質土壌より多く、CaCO₃添加では総量でほぼ2倍に達したがニトロフミン酸Mg塩の添加はpH、400nm吸光度では鉍質土壌と同様な反応がみられたものの、Ca量はわずかに増加しただけで、特に第3回目以降は逆にその量はマイナスになった。合計では0.097mg多く溶脱しただけでありニトロフミン酸Mg塩添加効果は鉍質土壌と比べて明らかに小さかった(第6表)。

Ⅳ. 考 察

表面散布した石灰の浸透は土壌の排水性の良否によって異なった。すなわち、下層がれき土の場合は3年後には根圏の土壌改良の目的が達せられたが、排水性が普通の園地では20cm程度でその浸透は遅く、下層が第三紀凝灰岩を母材とする排水不良園が比較的多い本県の樹園地の場合、表面散布による土壌改良では速効的な効果は期待できない。このように畑土壌におけるCaの浸透は重力水による物理的な移動によるものが最も大きいと考えられるが、久津那ら(8)、(9)、(10)は粘土鉍物や塩基飽和度、添加した塩濃度、種類によっても異なることを述べている。

一般に腐植質土壌に吸着されたCa⁺⁺は鉍質土壌と比べてH⁺によって交換されやすく、溶脱されやすい(8)がニトロフミン酸マグネシウム塩を石灰と併用した場合、その浸透促進効果は腐植質土壌よりは鉍質土壌で顕著にみられた。このことはカラムを使った室内試験でも確認されたが、このような塩基の行動に対する影響について麻生(3)はニトロフミン酸ナトリウム塩を鉍質土壌に添加した場合に浸透水中へのNa、Ca、Mgの溶脱量が増

加したことから、ニトロフミン酸の大部分が土壌粘土と結合して、塩基の結合強度を弱め、塩基を溶脱させたものであると考察している。また広部ら(6)、深井ら(7)はニトロフミン酸の石灰浸透促進効果はキレート作用によるものであると述べているが、橋本ら(5)のCaそのものの活性部分を封殺するとの見解など、その機構には不明な点も多い。

また、カラム試験でニトロフミン酸マグネシウム塩添加により浸出液中のCa溶脱量は増加したにもかかわらず、浸出液のpHが低下したのは武長ら(13)がニトロフミン酸がキレート形成する際にカルボキシル基(-COOH)からH⁺を放出し、溶液中ではそのpHを低下させると述べていることから、Caとのキレート形成が起きていることも考えられる。フミン酸ではキレート作用が有機物含量が多い土壌ではあらわれにくいことが知られている(4)が、土壌による石灰の浸透速度のちがいが及びニトロフミン酸マグネシウム塩の効果のちがいについては粘土の吸着基とキレート形成の両面から更に検討することが必要と考えられる。

Ⅴ. 摘 要

1. 表面散布した石灰の浸透は土壌の排水性の良否によって異なり、下層がれき土の園では10a当たり600kgの苦土石灰を施用した場合、3年間で40cmまで達したが下層が第三紀層で透水性が比較的小さい園では10cmにすぎなかった。

2. ニトロフミン酸マグネシウム塩を石灰と併用すると石灰の浸透は促進され、鉍質土壌では100kg/10aの施用で石灰単用区のほぼ2倍の浸透効果が認められたが、腐植質土壌ではその効果は劣った。また分施した場合は

第6表 Caの浸透に及ぼすニトロフミン酸マグネシウム塩の効果(カラム試験)

処 理	回数	無 処 理 (原土)			CaCO ₃ 添 加			CaCO ₃ NHA・Mg塩 添 加			NHA・Mg 塩添加効果 Ca mg
		pH	400nm 吸光度	Ca mg	pH	400nm 吸光度	Ca mg	pH	400nm 吸光度	Ca mg	
明 沢 鉍 質 土 壌	1	6.40	0.054	0.062	7.21	0.014	0.100	5.72	0.145	0.368	0.268
	2	6.90	0.062	0.006	7.51	0.003	0.031	6.61	0.350	0.152	0.121
	3	7.66	0.032	0.004	7.43	0.000	0.021	6.90	0.167	0.043	0.022
	4	7.16	0.041	0.002	7.49	0.010	0.014	6.92	0.103	0.025	0.011
	5	6.21	0.049	t	7.51	0.006	0.012	7.10	0.074	0.016	0.004
	計			0.074			0.178			0.604	0.426
千 畑 腐 植 質 土 壌	1	6.92	0.047	0.182	7.17	0.079	0.250	6.30	0.042	0.368	0.118
	2	7.01	0.042	0.104	7.22	0.022	0.238	6.47	0.105	0.318	0.080
	3	7.23	0.056	0.092	7.20	0.014	0.171	6.76	0.131	0.139	-0.032
	4	7.27	0.044	0.057	7.25	0.018	0.138	6.78	0.109	0.107	-0.031
	5	7.03	0.042	0.032	7.30	0.113	0.122	6.79	0.090	0.084	-0.038
	計			0.467			0.919			1.016	00.97
純 水		7.33	0	0							

1回の浸出液採取量25ml

効果が低下した。

3. カラム試験では、浸出液中への溶脱 Ca 量は腐植質土壌で多かったが、ニトロフミン酸マグネシウム塩の添加による浸透促進効果は鉾質土壌で著しく、現地試験の結果を裏づけるものであった。

これらのことからニトロフミン酸系資材を石灰と併用することは根圏への石灰の浸透を促進し、表面散布だけでは浸透の遅い鉾質土壌での土壌改良方法の1つと考えられる。

Ⅵ. 引用文献

1. 有田晶雄・西尾一雄・西尾道富 (1959) 腐植質火山灰土壌に対する石灰の効果持続について 開拓地土壌調査事業10周年記念論文集 566-574 農林省農地局編
2. 青木茂一・山本有彦・北野 実 (1959) 炭カル施用効果と土壌中(黒ボク)における石灰の移行について 911-918
3. 麻生末雄 (1972) 腐植の生理活性 近代農業における土壌肥料の研究(第3集) 50-61 養賢堂
4. 麻生末雄・武長 宏 (1964) フミン酸の肥効発現に関する研究(第3報) マグネシウムに対するフミン酸のキレート作用について 土肥誌 35, (9) 336-340
5. 橋本雄司・浜西喜一郎 (1972) 腐植酸とニトロフミン酸のリン酸固定抑制作用について 土肥誌 43, (2) 53-59
6. 広部 誠・大垣智昭 (1973) 温州ミカン園に対する石灰施用法に関する試験(第2報) 石灰資材の土壌浸透ならびに生育に及ぼす影響 神奈川園試研報 21 33-38
7. 深井尚也・荒垣憲一・鈴木 武 (1973) ブドウに対するニトロフミン酸の利用に関する試験 昭48落葉果樹試験研究打合せ会議資料(土肥関係) 農林省果樹試験場編
8. 久津那浩三・坪野敏美・野本亀雄 (1964) 畑土壌における Ca^{2+} の行動について(第1報) Ca^{2+} と H^+ の置換について 土肥誌 35 (8) 278-281
9. ——— (1964) ——— (第2報) Ca^{2+} と各種陽イオンの置換について土肥誌 35 (8) 282-285
10. ———・野本亀雄 (1964) 土壌吸着基の特性について(第3報) 有機吸着基の特性について 土肥誌 35 (9) 307-310
11. 農林省農林水産技術会議事務局監修 (1970) 土壌養分分析法 養賢堂
12. 大槻貞男・中路 勉 (1971) 洪積期火山灰土壌に関する研究 1. 土壌中におけるカルシウムの移動について 信大 農紀要 9 (2) 207-224
13. 武長 宏・麻生末雄 (1975) フミン酸の肥効発現に関する研究(第9報) ニトロフミン酸金属キレートの安定度数について 土肥誌 46 (8) 349-354
14. 山崎利彦・新妻胤次・田口辰雄 (1969) 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 園学雑 38 (2) 1-8

Experiments on Calcium Penetration in Apple Orchard Soils

I. The Relation of Soil Drainage to the Penetration of Applied Calcium on the Soil Surface and the Stimulating Effect of Nitro Humic Magnesium Salt,

Iwao Matsui, Tanetsugu Niizuma, Tatsuo Taguchi and Toshihiko Yamazaki

Summary

1. The depth of calcium penetration which applied on the soil surface was depended on the soil drainage. In orchard where the sub-soil is gravel, calcium applied in the amount of $600\text{kg}/10\text{a}$ as dolomites penetrated to the depth of 40cm , but only 10cm in depth in poorly drained orchard where sub-soil is tertiary mineral soil.

2. Calcium penetration was stimulated by the application of nitrohumic magnesium salt with calcium carbonate. In a plot which received $100\text{kg}/10\text{a}$, penetration was twice as deep as with calcium carbonate only in to mineral soil, but the effect was lessened in humic soil, and also the split applications were less effective.

3. In column test, calcium concentration in the leachate was higher in humic soil, but the effect of nitrohumic magnesium salt addition on calcium penetration was greater in mineral soil.

These facts supported the results of field experiments. Therefore, it is considered that organic soil conditioner containing nitrohumic acid when used with calcareous fertilizer stimulates calcium penetration to the rhizosphere and improves soil acidity in mineral soil where the penetration of surface applied calcium is slow.