

作物の石灰吸収特性と

被覆硝酸カルシウムの効果について

愛知農業総合試験場・園芸研究所

環境研究室長 武井 昭夫

はじめに

トマト、ピーマンの尻ぐされ果、ハクサイ、キャベツの心ぐされ等は古くから今日に至るまで、毎年多発して問題となっている石灰欠乏症である。

野菜栽培土壌が酸性土壌であった昭和30年代は石灰飽和度も極めて低く、したがって、野菜に石灰欠乏が発症してもさほど不思議ではない根圏の養分環境であった。その後、石灰欠乏対策として、石灰資材施用による酸性改良が行われてきた結果、今日では中性やアルカリ性を示す土壌の分布も多くなった。しかし、これら野菜の石灰欠乏は毎年かなりの面積にわたり発症しているのが実情である。

特に、近年の野菜栽培土壌は、石灰を始めとした塩基類の集積が顕著で、塩基飽和度の表示では100%以上の土壌が大半を占め、土壌pHも中性からアルカリ性を示すような高塩基土壌となっている。したがって、石灰欠乏が発症するような土壌環境でないが、毎年、石灰欠乏発症による生産不安定を招来している。

本稿では、高塩基土壌においても発症をみる野菜の石灰欠乏について、その発生機作にかかわる若干の試験成績を紹介してみたい。

1. 高塩基土壌での野菜の石灰欠乏

(1) 土壌消毒の過酷化

近年、野菜の連作による土壌伝染性病害虫の激発により、土壌消毒も年1回、更には1作ごとに消毒を行うなど、土壌消毒が過酷化の様相を示している。土壌消毒により、土壌伝染性病害虫の被害は軽減されるものの、石灰や苦土欠乏等の栄養障害は逆に多発している。そこで、これら栄養障害の発生機作について検討してみた。

消毒土壌のトマト、キュウリは第1表のように石灰や苦土の吸収が無消毒土壌に比較すると30～

～40%も激減している。

土壌の置換性石灰や苦土は、消毒の有無による差異は認められなかったが、第1図のように、土壌溶液中のカルシウムやマグネシウムは消毒によって濃度が低下し、作物によるそれら成分の吸収パターンと酷似であった。

また、第2図のように、消毒の有無による土壌溶液の養分濃度の時期別変化をみると、消毒土壌では硝酸態窒素が少なく、これに対応して、カルシウムやマグネシウムが少なくなっている。

第1表 土壌消毒方法とトマト、キュウリの無機成分含有率指数

(トマト)

区 名	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Mn	Zn
無消毒区	(4.40)	(0.94)	(4.27)	(4.94)	(1.75)	(116)	(63)
蒸気消毒区	117	112	118	62	65	321	152
C P 区	109	105	108	74	79	127	141
M B 区	116	107	122	63	67	146	140
D-D 区	114	104	112	65	67	189	162

(注)：定植3週間後の第1果房より上位葉

無消毒区の無機成分含有率を100とした指数で表わした。
N、P₂O₅、K₂O、CaO、MgOは%、Mn、Znはppm

(キュウリ)

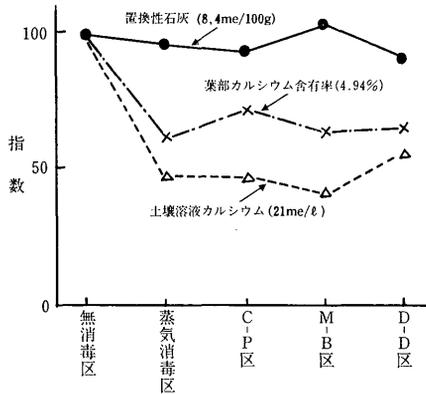
	区 分	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
自根系列	1 無消毒区	(4.65)	(0.81)	(3.55)	(9.50)	(1.76)
	2 蒸気消毒区	115	128	150	75	77
	3 C P 区	113	127	146	74	76
	4 M B 区	118	107	106	74	74
	5 D-D区	123	120	125	78	86
接ぎ木系列	1 無消毒区	(4.59)	(0.72)	(4.45)	(11.65)	(2.40)
	2 蒸気消毒区	127	143	119	63	52
	3 C P 区	122	149	135	67	48
	4 M B 区	117	146	104	62	47
	5 D-D区	114	144	111	61	48

(注) 1. 定植3週間後のサンプル、

2. 無消毒区の無機成分含有率を100とした指数で表わした単位は%。

3. 接木の台木は新土佐

第1図 土壤消毒とトマトのカルシウム吸収 (無消毒区を100とする)



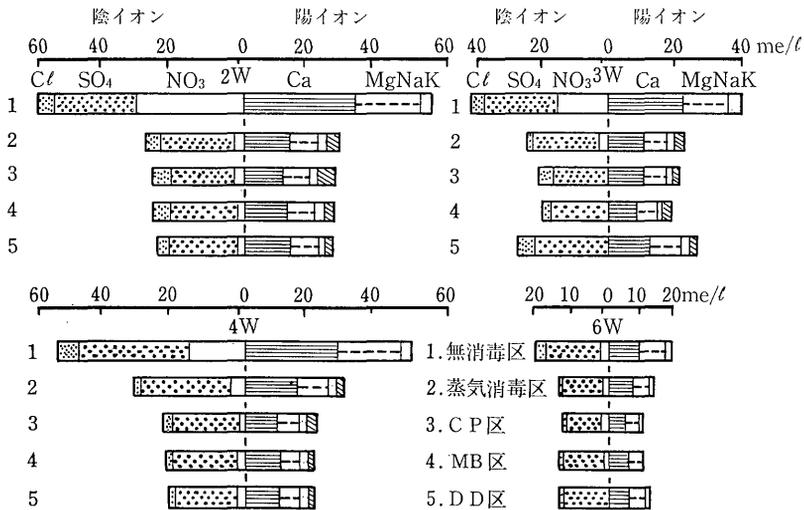
吸収

消毒土壤での作物による石灰吸収で、土壤溶液のカルシウム濃度が大きな影響を及ぼすことを述べた。しかし、土壤溶液のカルシウム濃度が高くても、土壤溶液の浸透圧 (EC) が高ければ、石灰の吸収が阻害される。これらの関係は第3図に示したが、作物の石灰吸収は、土壤溶液のカルシウム濃度が高く、しかも、溶液の浸透圧が低いほど吸収が旺盛である。

(3) 塩基の不均衡

土壤中にカリや苦土などの成分が多く、これらの成分とのバランスが大きく乱れると、石灰吸収が抑制され、欠乏症が発生する。

第2図 飽和土壤溶液中イオン組成の変動

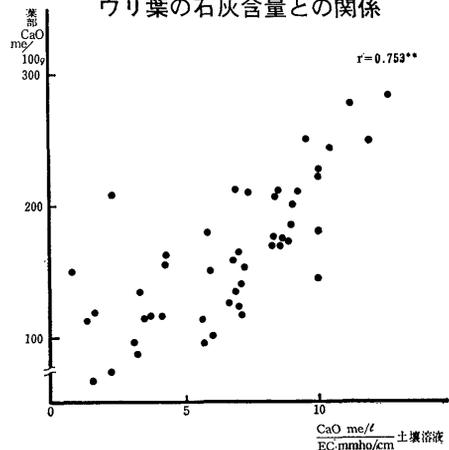


即ち、消毒土壤では硝化菌の死滅により硝酸態窒素の生成が阻害され、これに伴って、カルシウムやマグネシウム等の陽イオンの土壤溶液中への溶出が減少する。これが消毒土壤での栄養障害多発の一因となったものと思われる。もちろん、消毒土壤における硝酸化成阻害は逆に、アンモニア態窒素の集積を招き、これによる石灰、苦土等の吸収抑制も大きな要因であることは今更述べるまでもない。

したがって、消毒土壤では硝化菌の早期復活を図ることで、それには硝化菌に富んだ資材の施用や、硝酸系肥料の施用が栄養障害の回避対策としてあげられる。

(2) 土壤溶液中のカルシウム濃度と作物の石灰

第3図 土壤溶液の $\frac{CaO \text{ me/l}}{EC \text{ mmho/cm}}$ とキュウリ葉の石灰含量との関係

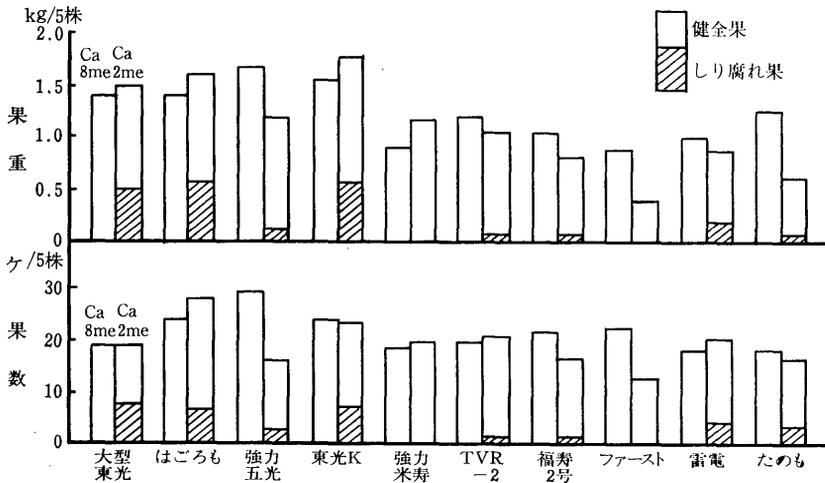


(4) 品種間差異

品種によっても石灰吸収に差異を生じ、同一養分環境下でも石灰欠乏の発症に品種間差がみられる。

第4図はトマト尻ぐされ果発生品の品種間差を示したものである。丸玉系統では尻ぐされ果が発生しやすいが、ファースト系統では石灰欠乏が比較

第4図 トマトF₁品種のしり腐れ果発生品の差異



力化の観点からも興味ある肥料であると思われた。そこで、塩基飽和度を変えて、被覆硝酸カルシウムのハクサイの生育、養分吸収に及ぼす影響について検討してみた。

即ち、ビニルハウス内において、目標塩基飽和度 (Ca+Mg) を80%から300%まで5段階に変え、各々に被覆硝酸カルシウムと対称区としてN-K化成の肥料区を設定した。なお、硝酸カルシウム区にはN-K化成区と同量のカリを硫酸加里で施用した。またリン酸は各区とも100mg/100g内外であったので、無施用とした。

基肥として、10a当たりNとして15kg、追肥はNとして10kgを2回にわたり分施した。作物はハクサイ(品種千勝)を用い、10月から翌年の2月にわた

的発生しにくい。

2. 被覆硝酸カルシウムの効用

作物の石灰吸収にかかわる要因解析で、土壤溶液中の硝酸態窒素とカルシウムの共存、さらに溶液の浸透圧を高めないことが、作物による石灰吸収を促し、石灰欠乏の発症回避に効果が高かった。

かような事実を裏付けるような現象がハクサイ産地でみられた。即ち、県内のハクサイ産地で、近年、心ぐされが激発して問題となっているが、それらの産地で施肥実態を調査してみると、石灰欠乏の発症が比較的少なかった年は、硝酸系肥料を主体とした施肥体系を採用していた。しかし、アンモニア系肥料を主体とするようになってから心ぐされの発生が激増した。また硝酸系肥料は基肥よりも追肥主体の施肥体系で、何回にも分けて濃度障害を生じないように分施していた事実をつかんだ。

高塩基土壌における作物の石灰吸収に関する若干の試験成績や現地事例を踏まえて、硝酸カルシウムの被覆肥料は作物の石灰欠乏回避と施肥の省

って生育、養分吸収を検討した。

(1) 生育、収量

発芽、初期生育は各区とも順調で、区間差は認められなかった。しかし、葉色はN-K化成区がやや濃緑色を示したのに対し、被覆硝酸カルシウム区は逆に淡緑色であった。

生育後期に至ると、塩基飽和度の高い区で、葉先が縮れ、葉柄にき裂褐変が生じるなどホウ素欠乏特有の症状がみられ、生育が低下、その傾向はN-K化成区で特に激しかった。

各区の収量は第2表に示したが、被覆硝酸カル

第2表 収 量 (株当たり)

目標塩基飽和度	全C	重N	結球重C	重N	B欠乏C	欠乏N
80%	2.16 ^{kg}	1.98 ^{kg}	1.76 ^{kg}	1.66 ^{kg}	0%	0%
100	2.16	2.21	1.77	1.78	0	0
150	2.13	2.16	1.74	1.72	0	8
200	2.04	1.68	1.69	1.32	27	65
300	1.92	1.42	1.71	1.06	43	78

※ C…被覆硝酸石灰+硫酸加里 N…N-K化成

シウム区は塩基飽和度の高い区で、やや劣る傾向を示したものの、大差はなかった。一方、N-K化成区は高塩基土壌での収量低下が顕著で、中でも塩基飽和度300%区では40%ほどの減収であった。高塩基土壌での減収の原因としては、ホウ素欠乏の発生率をみると明らかのように、N-K化成区は塩基飽和度150%から欠乏症がみられ、300%では78%と激しい欠乏発生率を示した。しかし、被覆硝酸カルシウム区は塩基飽和度300%でも43%とN-K化成区の約1/2の発生率であった。

両区とも、心ぐされの石灰欠乏症は認められなかった。

(2) 養分含有率

第3表は外葉、結球葉別に、石灰、苦土、ホウ

第3表 養分含有率

目 標 塩基飽和度	Ca				Mg				B			
	外		内		外		内		外		内	
	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N
80%	5.41	4.68	0.82	0.75	0.59	0.45	0.24	0.21	41.3	38.5	15.3	14.3
100	5.24	5.49	1.10	1.13	0.60	0.58	0.26	0.28	42.1	34.5	16.1	13.0
150	5.42	4.58	1.02	1.19	0.48	0.53	0.25	0.29	15.5	14.2	13.1	15.0
200	5.35	4.52	1.35	1.19	0.42	0.49	0.27	0.27	15.2	12.2	11.5	8.2
300	6.32	4.68	1.29	1.28	0.46	0.38	0.27	0.27	13.7	9.3	9.3	4.5

※ 外…外葉 内…結球葉

素の含有率をみたものである。

石灰は外葉で、被覆硝酸カルシウム区がN-K化成区よりも優れる傾向を示したが、しかし、内葉では大差が認められなかった。これらの結果はハクサイの初期生育が比較的高温であったため、土壌中での窒素形態の相違、塩類濃度の影響が外葉に強く現われたものと思われる。

苦土の吸収は、外葉、内葉とも肥料間差は認められなかった。

ホウ素は塩基飽和度が100%までは外葉に多量吸収されていたが、150%以上では急激に低下し、

第4表 跡地土壌の分析結果

目 標 塩基飽和度	PH		EC		Exc-Ca		Exc-Mg		塩基飽和度 (Ca/Mg)		B	
	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N
80%	5.59	5.09	0.58	0.92	6.5	6.1	1.3	1.4	72%	69%	0.43	0.34
100	6.41	5.56	0.81	1.20	9.1	9.2	2.4	2.5	106	117	0.76	0.79
150	7.04	6.16	0.73	1.35	10.1	11.0	2.7	2.5	119	127	0.76	0.86
200	7.20	6.79	0.79	1.50	13.5	12.9	2.3	2.5	146	142	0.73	0.75
300	7.44	7.11	0.84	1.55	15.6	15.3	2.5	2.5	168	165	0.69	0.95

特に高塩基土壌でのN-K化成区の落ち込みは顕著で、さらにホウ素欠乏発生率と対応していた。N-K化成区でのホウ素含量の低下は、第4表にも示したように、土壌にホウ素が欠乏したのではなく、塩類濃度の上昇がホウ素の吸収を阻害したものとされた。

(3) 跡地土壌の分析結果

土壌 pH は被覆硝酸カルシウムが高く、塩基飽和度の高まりに伴い、上昇した。

土壌 EC は、N-K化成区が被覆硝酸カルシウムよりも著しく高く、高塩基土壌ほど高い値を示した。

一方、被覆硝酸カルシウム区は塩基飽和度80%のみやや低かったが、100%から300%までは大差なく、0.8ms/cm 内外を示していた。

置換性石灰、苦土は塩基飽和度の上昇により、含量も高まる傾向を示したが、肥料間差は比較的小さかった。

熱水抽出ホウ素含量は塩基飽和度80%でやや低かったが、100%から300%までは大差なく肥料間差も認められな

かった。

おわりに

塩基過剰時代を迎えた今日においても常発をみる作物の石灰欠乏は、塩類集積やアンモニア態窒素、カリ、苦土の過剰或いはバランスの乱れ等で発症する。一方、硝酸態窒素に伴って土壌溶液中へ溶出するカルシウムは、作物の石灰吸収を促す石灰形態であることが2~3の試験で認められた。

したがって、常時、土壌溶液中へカルシウムを供給し、しかも土壌溶液濃度 (EC) を高める危

険性の低い被覆硝酸カルシウムとは、高温乾燥期の石灰欠乏対策に合致する肥料であると思われた。

—講演紹介—

今年開催される第14回国際土壌科学会議のサテライト・シンポジウムとして昨年9月に開催された“肥料に関するシンポジウム”「肥料の現状と将来」において、当社は下記テーマで講演を致しました。本記事はその講演から一部抜粋したものです。

“肥料に関するシンポジウム”「肥料の現状と将来」

1989年9月25～26日

<共催> 社団法人 日本土壌肥科学会

日本学術会議

土壌・肥料・植物栄養学研究連絡委員会

第14回 国際土壌科学会議 組織委員会

被覆肥料に関する開発

- 藤田 利雄 チッソ(株)肥料研究所
- 前田正太郎 旭化成工業(株)富士肥料工場
- 柴田 勝 チッソ旭肥料(株)技術部
- 高橋 知剛 “

1. 被覆肥料の歴史と現状

1) 速効性肥料を水に溶けない膜材で覆って成分の溶出を制御することにより肥効の持続化を計る試みは古く、1950年代の後半に始められ、我国でも1960年代から研究が始められている。主被覆材の種類は硫黄と樹脂に大別

第1表 被覆肥料の開発経過

種類	会社名	年代	内 容	
硫黄被覆肥料	TVA(米)	1961	被覆尿素 ベンチスケール試作	
		1968	被覆尿素 パイロットプラント試作	
		1978	被覆尿素 デモンストレーションプラント	
	Lesco Inc.(米)	1978	被覆尿素 被覆化成 生産	
	ICI(英)	1972	被覆尿素 販売	
	CIL(加)	1975	被覆尿素 ICIより引き継ぐ	
	三井東圧	1975	被尿化成 登録	
		1982	被覆尿素 登録	
		O.M.SCOTT(米)	1981	被覆尿素 被覆加里 パイロット
			1983	被覆尿素 被覆硫加 本格生産
樹脂被覆肥料	ADM(米)	1964	被覆化成 試作	
		SCC(米)	1967	被覆化成 生産
	昭和電工	1970	被覆化成 仮登録	
		1984	被覆化成 登録	
	昭和化成	1988	被覆化成 登録	
		セントラル硝子	1979	被覆化成 仮登録
	1988		被覆尿素 被覆化成 登録	
	SAG(西独)	1982	被覆化成	
	熱可塑性樹脂	旭化成	1976	被覆化成 登録
		チッソ	1980	被覆尿素 登録
日産化学		1984	被覆化成 登録	
(住友化学)		1989	被覆尿素 登録	
(協和発酵)		1989	被覆化成 登録	

され更に後者は熱硬化性樹脂と熱可塑樹脂に分けられる。硫黄被覆肥料はTVA(Tennessee Valley Authority)において始められた。(第1表)熱硬化性樹脂被覆肥料はADM(Archer Daniels Midland), 次いでSierra-Chemicalにおいてスチレン化アルキッド樹脂とフェノール樹脂による多層被覆法及びシクロペンタジエンとグリセロール縮合物による被覆法が、更に昭和電工のフェノール樹脂による被覆方法が先行技術として知られている。熱可塑性樹脂被覆肥料はチッソ旭肥料において開発されたポリオレフィン等による被覆技術がよく知られている。

2) 硫黄被覆肥料はTVAで1961年にはベンチ規模が、更に1971年には1トン/時間のパイロットが建設され、1976年には1,000トンの生産が行われている。我国では、1975年に肥料取締法で新たに公定規格が設定され、三井東圧より被覆複合肥料が登録された。

3) 熱硬化性樹脂肥料はADM社から1964年に市場に出された。この技術は1967年にSierra Chemical社に引き継がれ、膜材の変更を経ながら同社はアメリカ合衆国とオランダで生産する海外で唯一の樹脂被覆肥料のメーカーとして現在に至っている。我国では1970年に昭和電工からフェノールホルマリン樹脂とタルクで被覆した肥料が仮登録され、1971年に家庭園芸用に売り出された。その後1988年に昭和化成肥料より被覆化成が登録販売されている。1979年にセントラル硝子から被覆化成が登録されたが、現在の長油性フタル酸樹脂を主体とした製品は1988年に登録および上市がされた。

4) 熱可塑性樹脂被覆肥料はチッソ旭肥料で開発された高分子量のオレフィン樹脂を主とした被覆技術により、1976年に旭化成工業から被覆燐硝安加里系肥料“ロング”, “ハイコントロール”, “NUTRICOTE”, 1980年にチッソから被覆尿素“LPコート”, “MEISTER”が登録され市場に出された。

5) この結果、現在主なものとしては、硫黄被覆肥料はCIL(カナダ), Lesco Inc.(米), O.M. SCOTT(米), Parker(米), 及び三井東圧(日本)で、樹脂被覆肥料はSierra Chemical(米, オランダ)の“Osmocote”, 旭化成の“ロング”, “ハイコントロール”, NUTRICOTE”チッソの“LPコート” “MEISTER”, が生産されるようになった。

6) 1987年の世界の被覆肥料推定需要は硫黄被覆肥料114.6千トン(メトリックトン), 樹脂被覆肥料50.6千トンであり、合計165.2千トンに