

業務資料 No.713

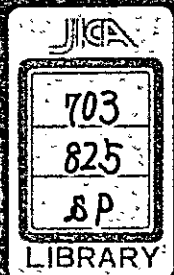
土壌分析値の見方

—ラオス、カンボジア、タイ、ミャンマーの近郊の畑地を基盤を中心として—

1983年7月

国際協力事業団

カンパウロ支部 農業情報室



LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF TORONTO
100 St. George Street
Toronto, Ontario
M5S 1A5

はじめに

本書は1965年にブラジルに移住され、現在「ブラジル野菜園芸学会」会員である岸本晟氏から、移住以来、長年農業関係機関に勤務されている間に蓄積されたノウ・ハウを基にして執筆された御労作「土壌分析値の見方」を印刷に付したものである。

本書は、土壌分析値をどのように見るか、また、どのように利用したらよいか等を野菜栽培を中心に平易に解説されており、他の作物についても大変参考になるものと思われるので広く多くの農業者に利用されれば幸いである。

最後に本書を御寄稿いただいた岸本氏に対し衷心よりお礼を申し上げます。

1983年7月

国際協力事業団サンパウロ支部長

JICA LIBRARY



1025516[4]

序

1965年にブラジルに移住して来て以来、野菜の採種と品種改良関係の仕事に携わって来た。その間、納得の出来る野菜の施肥法を模索し、なんとか土壌分析値を見て、施肥に役立てたいと考え、少しずつ資料を集めてきた。

幸い1969年5月、ブラジルに山崎肯哉農学博士が来伯され、野菜の施肥について、サンパウロ州アチバイヤ市の南伯産組試験場で講習会が行われ、著者もそれに参加する機会に恵まれ、大変勉強になった。

南伯産組とコチア産組の夫々の試験場に勤める機会を得て、夫々の組合の農業技師の方々から御教示を頂いたことに深謝する。

ブラジルにおいて解説された野菜栽培の土壌分析値の見方について、発表されたものが少いようである。

そこで著者は、自分の考えをまとめる意味から、また、農家の皆様に何らかの参考になればと考え、浅学を覗みず、本書を取りまとめた次第である。

本書は、FAOから派遣されブラジルのCNPH（国際野菜センター）を訪問中の東北大学教授堀裕農学博士に1982年8月に御高覧頂く他、1983年6月に日本から技術協力の為に派遣されているリベイラ川流域農業開発プロジェクトチームリーダー吉澤孝之農学博士及び国際協力事業団サンパウロ支部農業情報室小菅室長に誤りを正して頂けたことは著者の最も喜びとし、感謝するものである。それでもなお記述に不都合な点があると思われるので先輩諸兄の忌憚のない御意見を賜われれば幸甚である。

本論に使用した土壌分析値はコチア産組の分析研究室で行われたものを引用させて頂きました。分析者の方にここに記して感謝の意を表します。

著 者

目 次

はじめに	
序	
1 採土法及び土壌分析法	1
1-1 採土法	1
1-2 土壌分析法	2
2 土壌分析値を見る為の基礎事項	3
2-1 植物必須元素	3
2-2 土壌中の可給態養分	3
2-3 土壌分析値換算表	4
3 土壌分析事例	5
3-1 トマトの事例	5
1. トマト尻腐果発生土壌	5
2. トマトマグネシウム欠乏症発生土壌	6
3. トマト生育健全土壌	7
3-2 タマネギの事例	7
3-3 キュウリの事例	9
3-4 理想的な土壌分析値	10
3-5 生育健全地の土壌分析値の平均	11
4 土壌分析値見方の一試案	12
4-1 土壌分析値を見るための考え方	12
4-2 土壌分析値見方の一覧表(試写)	13
5 リンサンについて	14
5-1 リンサン過剰	14
5-2 上手なリンサンの施肥法	14
6 カリについて	15
6-1 カリ過剰	15
6-2 畑のカリ過剰の対策	15
7 イオウについて	16
8 ホウメについて	17
9 モリブデンについて	18
10 腐植とテラ・カンサーダ(疲れた土地)	20

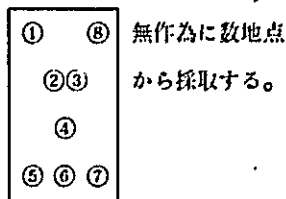
10-1	腐植とその働き	20
10-2	塩基置換器量 (CTC)	20
10-3	腐植と緩衝能	20
10-4	テラ・カンサーダ (疲れた土地)	21
(附) (1)	参 考 文 献	22
(2)	筆 者 略 歴	22

1 採土及び土壌分析法

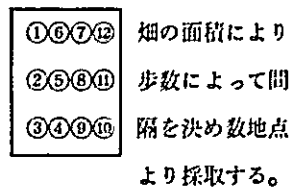
1-1 採土法—分析用土壌見本，採取上の注意—

1. 土地の表面にある雑草，茎葉，木片等があれば，これを除く。
2. 野菜畑であれば20cmの深さまで採取し砕いてよく混合する。
3. 地味均一と思われる土地でも少くとも5ヶ所以上から取って混合して約1Kgの試料を得る。但しこの場合，混合する土は各々同じ位の分量でなければならない。採土法は次の3つの内から1つを採用する。

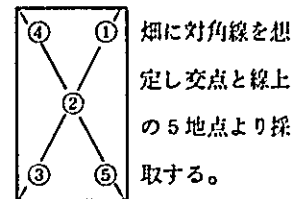
a) 無作為法



b) 等間隔採土法



c) 対角線採土法



4. 次の如き場合は明らかに含有成分に差があるから，別々に採取した方がよい。
即ち各々を別地区としてそれぞれ面積に応じて，採取個所を定めて混合し，各地区別に試料を作る。
 - (1) 土色が違う場合
 - (2) 土性が違う場合
 - (3) 地形が違う場合。即ち傾斜地であれば，頂上部，中腹部，低部等に分ける。
 - (4) 前作物が違う場合
 - (5) 未墾地であれば，カボエイラ（再生林），カンボ（原野），バスト（牧場）等の區別があれば別々に土壌を採取して夫々に番号をつけた方がよい。
 - (6) 生育異常が生じた時，その原因究明のための採土法は異常部分だけの採土を行い，そして必ず対照として正常部分の採土を行い比較検討すること。
5. 特に多く施肥した作物の跡地の場合は，アラード（耕起）グラード（碎土）をして，よく土が混った状態を見て採取する。この場合は次の作付を急ぐ場合は，前作の肥料の入れぬ畦間の土を取った方がよい。丁度施肥した個所を取ったりすると残肥が入ってとんでもない数字が出たりする。
6. 試料を発送する場合は土塊を砕いて陰干しとし，プラスチックの袋に入れ夫々に番号を明記し，自宅に一部控えをとって発送する。必ず分析値の保存の為に一部帳面を準備すること。

1-2 土壤分析法

pH(H ₂ O)	: 土壤に対し約 2.5 倍の蒸溜水を加えよく攪拌したあと pHメータで測定
pH(KCL)	: 1 規定の KCL で置換して pHメータで測定
N %	: 微量拡散法により全窒素を求めた。
M O ₂ % (有機物)	: WAUKEY : BLACK 法 (米国)
PO ₄ (有効リンサン)	: 1/20 規定の H ₂ SO ₄ で 16 時間浸出し、モリブデン酸アンモン法により求めた。
K ⁺ (置換性カリ)	: 炎光法
Ca ⁺⁺ (置換性カルシウム)	: キレート滴定法
Mg ⁺⁺ (置換性マグネシウム)	: キレート滴定法
Fix, P ₂ O ₅ (リンサン吸収係数)	: 2.5 % の DAP で浸出 (京都大学農芸化学実験法より)
Calagem (石灰必要量)	: Woodruf Buffer 法 (米国) により中和曲線から pHメータにより求めた苦土石灰の量である。 1 ha, 15 cm の耕土を作物により異なるが pH 6.5 ~ 6.8 にするための石灰必要量である。

2 土壤分析値を見る為の基礎事項

2-1 植物必須元素

土壤分析値の論議に入る前に、それを見る為の基礎的な事柄について考えてみたい。即ち植物の生育に必要であり、不可欠である元素（必須元素）の種類を第1表に野菜類の葉中要素適量含量を第2表に示した。

第1表 植物体の必須元素

	元 素	原子量	植物による 吸収状態
多 量 要 素	N (チツツ)	14.01	$\{ \text{NH}_4^+ \text{ NO}_3^- \}$
	P (リン)	30.97	H_2PO_4^-
	K (カリ)	39.10	K^+
	Ca (カルシウム)	40.08	Ca^{++}
	Mg (マグネシウム)	24.31	mg^{++}
	S (イオウ)	32.06	SO_4^{--}
微 量 要 素	B (ホウソ)	10.81	BO_3^{--}
	Mn (マンガン)	54.93	mn^{++}
	Fe (鉄)	55.85	Fe^{++}
	Zn (亜鉛)	65.38	Zn^{++}
	Cu (銅)	63.54	Cu^{++}
	Mo (モリブデン)	95.95	MoO_3^{--}
	Cl (塩素)	35.45	Cl^-

第2表 野菜類の葉中要素適量濃度

	乾物中濃度% 又は ppm
N (チツツ)	2.5 ~ 4.0 %
P ₂ O ₅ (リンサン)	0.7 ~ 2.0
K ₂ O (カリ)	3.5 ~ 6.5
CaO (カルシウム)	2.7 ~ 5.0
MgO (マグネシウム)	0.5 ~ 1.5
S (イオウ)	0.15 ~ 0.3
B (ホウソ)	15 ~ 80ppm
Mn (マンガン)	20 ~ 200
Fe (鉄)	100 ~ 300
Zn (亜鉛)	15 ~ 250
Cu (銅)	3 ~ 25
Mo (モリブデン)	0.5 ~ 2

(註 参考文献1のP 240, 241より作成)

2-2 土壤中の可給態養分

1. 土壤分析中の以下の表に於てK (カリ), Ca (カルシウム), Mg (マグネシウム)などは、いわゆる置換性のものを測っているが、その方法で得られるのは正確には水溶性+置換性)のイオンである。ただ露地の土壤では水溶性のものがきわめて少いので、単に置換性という。置換性のイオンは水溶性同様に作物によく利用されると考えられている。
2. PO₄ (有効リンサン)については可溶性養分というべきものものである。つまり作物の根は土壤中で水に溶けている各種の養分を吸収しているが、このほかに作物体は根から有機酸を出して土壤中に含まれている養分の一部を溶解させて吸収、利用している。これらを水溶性、酸可溶性あるいは一括して可溶性養分と称しており、これ以外のもの

のを不溶性養分といって当面は作物に利用されない化合物をさしている。酸可溶の場合用いられる酸は研究者によって若干異なるが、これら酸に溶けだしてきたものはいずれも作物が吸収利用できるであろうと思われるものである。このように作物に吸収利用されるものを可給態あるいは有効態といっている。

2-3 土壤分析値換算表

第3表に土壤分析値から肥料成分への換算表を示した。

第3表 土壤分析値換算表

PO ₄ ⁻⁻⁻	1 m · e 100 g = P ₂ O ₅	23.7 mg / 100 g = P	10 mg / 100 g
	1 m · e 100 g =	237 ppm	100 ppm
K ⁺	1 m · e 100 g = K ₂ O	47.1 mg / 100 g = K ⁺	39 mg / 100 g
	1 m · e 100 g =	471 ppm	390 ppm
Ca ⁺⁺	1 m · e 100 g = CaO	28.0 mg / 100 g = Ca ⁺⁺	20 mg / 100 g
	1 m · e 100 g =	280 ppm	200 ppm
Mg ⁺⁺	1 m · e 100 g = MgO	20.2 mg / 100 g = Mg ⁺⁺	12 mg / 100 g
	1 m · e 100 g =	202 ppm	120 ppm

3 土壌分析事例

野菜を作っていると、同じような苗を定植し、肥料をやり、水をやり、消毒しているにも拘らず同じ畑の中であっても或る個所は良く出来、或る個所は出来が悪いというようなことを屢々経験することがある。また同時期に同地方において殆んど同じような肥料を使い同じ品種を作っているのに或る畑は良く出来、他の畑は出来が悪いということがある。

このように、その出来、不出来の差は何によって生じるのであろうか。

これは施肥する土壌本来の養分の差、或は施肥溝からはずれた或は、施肥位置をはずしたところの土壌本来の成分の差に起因すると考えられます。

ここに示す採土法は野菜が植っていて、しかもその株元から 25 ~ 30 cm 程離れた肥料が入っていないと思われるところから土を採取した。

以下の土壌分析値は全てこの方法によったものである。

3-1 トマトの事例

1 トマト尻腐果発生土壌

第4表は特にトマト栽培農家の死活問題である尻腐果多発畑の土壌分析値を示したものである。

第4表 トマト・サンタクルース種の尻腐果多発畑の土壌分析値

No	PH (KCD)	N (%)	MOg (%)	m, eg / 100 g				PIX P ₂ O ₅	Calagem	備 考
				PO ₄	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
1	4.30	0.18	5.24	0.06	0.23	2.18	1.16	1,120	12.4	Apiai S.P 01/1973 kada 種 尻腐多発
2	5.12	0.09	1.81	0.04	0.35	2.29	1.23	400	1.8	Sao Jose do Rio Pardo S.P 08/1972 kada 種 10%発生 M.Pereira - 95%
3	4.12	0.11	4.48	0.05	0.06	1.27	0.18	740	9.3	C.Bonito. S.P 04/1975 Ozawa 2種 多発
4	3.90	0.17	5.92	0.14	0.20	1.27	0.26	660	9.6	Apiai S.P 04/1975 Angela 種 50%以上発生

(備考) : FIX P₂O₅ (リンサン吸収係数) : mg / 100 gr

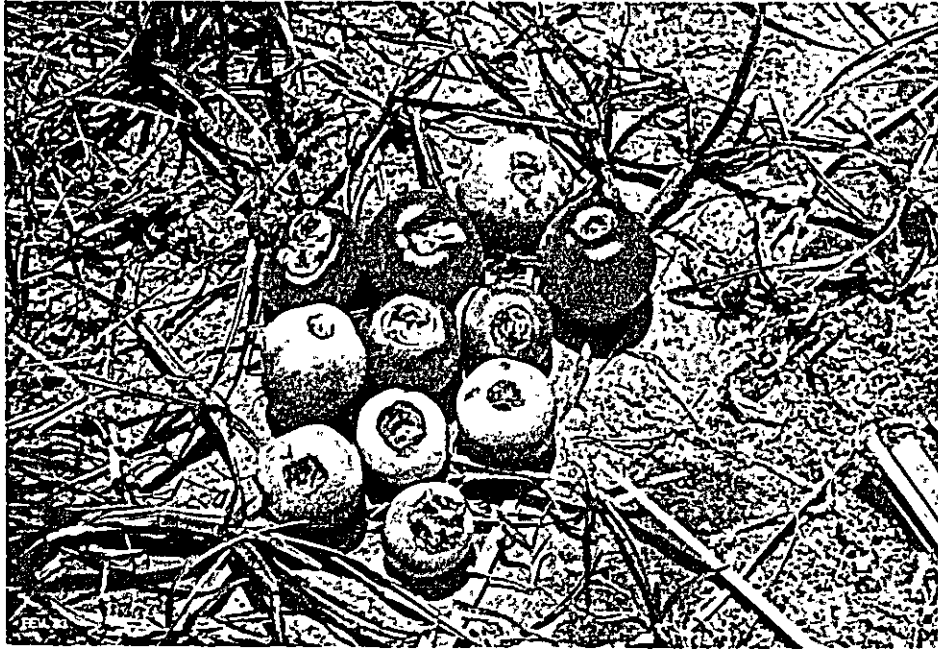
Calagem (石灰必要量) : ton / hac / 15 cm

この4つの土壌は置換容量が異なり必ずしも比較できないが、ともかく尻腐果が発生した土壌の分析値で一つの傾向が見られる。即ちいずれも Ca (カルシウム) 含量は、1.27 ~ 2.29 meq / 100 gr と低く、土壌酸度は pH 3.90 - 5.12 と強酸性である。

トマト植付の予定地を分析して、このような Ca の分析値が出れば石灰施用を十分に

行わないと、まず尻腐果が出ると考えられる。

写真1. 尻腐病 (品種アンジェラ種)



(リオ州イタブルーナ)

品種としてはMigel Pereira 種と Ozawa 2 種は尻腐果の発生しやすい品種であり、Kada 種と Angela 種は尻腐果の発生が少ない品種であるがそれでも尻腐果が多発している。特に No 3 の Capao Bonito 地方の Ozawa 2 種は着色の良い品種にも拘らず、Mg (マグネシウム) 欠と関連してか、或いは他の微量元素の欠乏によるものか、成熟しても赤くならず黄色になった。

2. トマトのマグネシウム欠乏症発生土壌

第5表は生育中期のトマト・カダ種で葉が中側に巻き、また下葉の葉脈の間が黄色くなり、マグネシウム欠乏症と思われたので土壌分析を行ったものである。強酸性で Mg 含量が低い。

第5表 トマト・サンタクルース種に於けるマグネシウム欠乏症発生土壌分析値

No	pH (KCD)	N (%)	MOrg (%)	m, eg / 100 g				FIX P ₂ O ₅	Calagem	備 考
				PO ₄	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
5	3.92	0.11	7.40	0.2	0.25	0.99	0.17	620	8.6	Apiai S.P Kada 種 01/1973

(備考) : (日本での定説) Mg (マグネシウム) 欠乏は置換性 Mg 0.5 me / 100 g (10 mg / 100 g)

ただし、K (カリ) が異常に多ければ Mg がもっと高くても欠乏症が発生する。

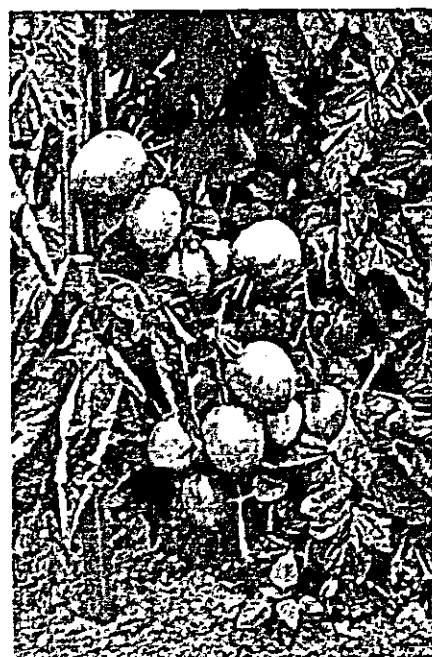
3 トマトの生育健全土壌

第6表は生育の良い、健全なトマトの畑はどんなものかを示したものである。特に、Ca, Mgの分析値に注目願いたい。

第6表 トマト生育健全土壌分析値

No	pH (KC)	N (%)	M Org (%)	m, eg / 100g				FIX P ₂ O ₅	Calagem	備 考
				PO ₄	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
6	5.31	0.31	4.54	0.13	0.52	8.41	2.88	780	5.9	Apiari S.P 01/1973 品種名 不明
7	5.27	0.22	3.18	0.28	0.28	6.46	1.15	700	5.1	Ribeusvo Bromco S.P 01/1973 Kadu 種

写真3 健全トマト
(品種: サンタクルース種)



(サンパウロ近郊)

写真2 トマトのホウ素欠乏症
(品種: フジ)



(エスピリト サント州ベンドソープ)

3-2 タマネギの事例

第7表にタマネギが生育不良、または球の肥大が遅い畑の土壌分析値を示した。

第8表には同じくタマネギの生育が良好であり、正常だと思われた畑、或は思われる部分の土壌分析値を示した。

タマネギの生育の良否は特にCa (カルシウム)の土壌中の量が問題にされると考えられる。No 8の土地は特にP (リン) 欠とCaの低さが共に生育不良の原因と考えられる。

第7表 タマネギ生育不良土壌分析値

No	PH (KCD)	N (%)	MOrg (%)	m. eg / 100 g				FIX P ₂ O ₅	Calagem	備 考
				PO ₄ ⁻⁻⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
8	6.12	0.12	2.52	0.04	0.25	3.14	2.36	660	2.5	Atibaia S.P 2/1970 Baia Periforme 種
9	4.89	0.11	2.96	2.19	0.46	3.29	1.63	366	3.9	Atibaia S.P 6/1972 Baia do Cêdo 種
10	5.20	0.10	2.64	0.64	0.29	3.12	1.58	502	2.5	Atibaia S.P 6/1972 Baia do Cêdo 種

第8表 タマネギ生育良好土壌分析値

No	PH (KCD)	N (%)	MOrg (%)	m. eg / 100 g				FIX P ₂ O ₅	Calagem	備 考
				PO ₄ ⁻⁻⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
11	6.12	0.10	1.90	1.51	0.22	8.30	4.56	520	1.8	Atibaia S.P 2/1970 Baia Periforme 種
12	5.58	0.12	2.64	2.94	0.34	6.84	2.41	526	2.0	Atibaia S.P 6/1972 Baia do Cêdo 種

いずれにしてもタマネギでは Ca は 3 meq / 100 g では少く、6 ~ 8 meq / 100 g 程度が望ましいと考えられる。

以上述べてきたトマトとタマネギの生育不良は肥料成分が土壤中に不足または、欠乏しているから起る例である。

写真4 サンパウロ近郊のタマネギ畑 (パイヤ ペルホルメ種)



3-3 キュウリの事例

第9表にキュウリの初期生育不良な畑の土壌分析値を示し、第10表にキュウリの初期生育の良い畑の土壌分析値を示した。

第9表 キュウリ初期生育不良土壌分析値

No	pH (KCl)	N (%)	MOrg (%)	m, eg / 100 g				FIX P ₂ O ₅	Calagem	備 考
				PO ₄ ⁻⁻⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
13	5.98	0.18	3.24	11.15	0.97	8.04	2.84	400	0	Atibaia S.P Nazare 種 10/1972

表10表 キュウリ初期生育良好土壌分析値

No	pH (KCl)	N (%)	MOrg (%)	m, eg / 100 g				FIX P ₂ O ₅	Calagem	備 考
				PO ₄ ⁻⁻⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
14	5.65	0.13	2.62	1.72	0.52	4.21	1.34	520	2.4	Atibaia S.P Nazare 種 10/1972

第9表のキュウリ初期生育不良土壌は初期生育良好土壌に比べPO₄ (有効リンサン) K (カリ), Ca (カルシウム), Mg (マグネシウム) のいずれの成分も高く、特にPO₄ と Kの分析値が高いと考えられる。

第11表に同じくキュウリでタンソ病の多発した畑の土壌分析値を示してあり、前作はイチゴの苗を作り多肥栽培をした跡地であった。

第12表には第11表と同時期、同系統のキュウリでありながらタンソ病が殆んど出なかった畑の土壌分析値を示した。

第11表 キュウリ・タンソ病多発土壌分析値

No	pH (KCl)	N (%)	MOrg (%)	m, eg / 100 g				FIX P ₂ O ₅	Calagem	備 考
				PO ₄	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
15	6.58	0.15	2.86	10.68	0.77	10.36	3.44	460	1.8	Atibaia S.P 10/1972 系統番号 C 24
16	6.30	0.14	2.39	9.94	0.52	10.89	3.04	380	1.2	Atibaia S.P 10/1972 系統番号 J 24
17	6.60	0.16	2.98	20.68	0.71	15.62	4.22	460	1.2	Atibaia S.P 10/1972 系統番号 L 19

第12表 キュウリ・タンソ病発生が少ない土壌分析値

No	pH (KCl)	N (%)	MOrg (%)	m, eg / 100 g				FIX P ₂ O ₅	Calagem	備 考	
				PO ₄ ⁻⁻⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺				
18	6.62	0.12	2.39	7.41	0.42	10.44	3.24	460	1.1	Atibaia 系統番号 S.P C 24	10/1972
19	6.48	0.11	1.38	1.98	0.43	5.52	2.32	440	1.2	Atibaia 系統番号 S.P J 24	10/1972
20	6.38	0.09	1.81	1.58	0.38	4.95	1.95	460	1.3	Atibaia 系統番号 S.P L 19	10/1972

第11表のキュウリ・タンソ病多発地は土壌中のカリ含量が少いと思って分析したのが逆にタンソ病の出ない畑より多量に含まれていたのは予想と全く反対の結果が出て驚いたものである。

第9表のキュウリ初期生育不良土壌分析値、第11表のキュウリ・タンソ病多発土壌分析値のように土壌中のPO₄ (リンサン)、K (カリ)、Ca (カルシウム)、Mg (マグネシウム)が多過ぎても生育が抑制され、また、病気が出ることになる。この場合は土壌中に肥料成分が蓄積され、肥料過剰害となって現れたものと理解される。

従って、他の野菜でも、生育の良否による土壌の違いを分析値で示せばいろいろな資料が集り、営農に役立つのではないかと考えている。

3-4 理想的な土壌分析値

以上の如く、土壌中の肥料成分欠乏、或は過剰による生育障害の土壌分析値を主体に一部健全土壌分析値も見てきた。

次に農業者の頭の中にかぶのは、無肥料栽培が出来るような土壌分析値とはどんなものだろうかという疑問が残ると思う。つまり欠乏でもない、過剰でもない、理想的な土壌分析値を示す土壌とはどんなものかということである。周知のようにテラ・ロシア地帯では殆ど肥料を使わずにコーヒー栽培を続けてきたが、その土壌分析値を示してみる。やはりトマトが植えられており、生育が正常で良かったサンパウロ州のタウパターのテラ・ロシアの土壌分析値と、一部未耕地の分析値を第13表に記した。

テラ・ロシア地帯は玄武岩、安山岩、輝緑岩が主で土壌は鉄、マグネシウム、石灰、チタンなどに富んでおり、粘質で比重の重い暗赤色を示す。中性ないし微酸性で優良な耕土を形成している。

第13表 テーラ・ロシア土壤分析値

No	pH (KCl)	N (%)	M _{Org} (%)	m, eg / 100 g				FIX P ₂ O ₅	Calagem	備 考
				PO ₄ ⁻⁻⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
21	5.12	0.18	2.76	0.12	0.55	6.71	1.43	760	8.4	Taubate S.P 4/1973 トマト栽培地
22	5.30	0.18	2.76	0.28	0.09	7.60	1.14	800	7.1	Taubate S.P 4/1973 未耕地

第14表には、人参がいつもよく出来る理想的な土壤というサンパウロ市近郊のジャラグワの畑の土壤分析値を示した。手でにぎっても固らない土壤である。

第14表 人参生育良好な土壤分析値

No	pH (KCl)	N (%)	M _{Org} (%)	m, eg / 100 g				FIX P ₂ O ₅	Calagem	備 考
				PO ₄ ⁻⁻⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
23	5.33	0.15	3.18	4.08	0.45	6.89	1.94	620	6.5	Jaraguá S.P 8/1973 人参栽培地

3-5 生育健全地の土壤分析値の平均

第15表に今まで見てきたトマト、タマネギ、キュウリ、人参の生育の正常、良好、健全な土壤分析値である第6、8、10、12、14の各表とテーラ・ロシアの第13表も含めた11分析値中のそれぞれの要素の最低値と最高値を示し、そしてその平均値を求めて記した。

第15表 生育健全地の各要素の最低、最高及び平均土壤分析値

pH (KCl)	N (%)	M _{Org} (%)	m, eg / 100 g				FIX P ₂ O ₅	Calagem	備 考
			PO ₄ ⁻⁻⁻	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺			
5.12	0.09	1.38	0.12	0.09	4.21	1.14	440	1.1	最低値
6.62	0.31	4.54	7.41	0.55	10.44	4.56	800	8.4	最高値
5.74	0.16	2.65	2.00	0.38	6.94	2.21	599	3.9	平均値

この平均値より求めたCa(カルシウム)とMg(マグネシウム)の比は $6.94 : 2.21 \div 3$,
N_gとK(カリ)の比は $2.21 : 0.38 \div 6$, CaとKの比は $6.94 : 0.38 \div 18$ である。

4. 土壤分析値の見方の一試案

4-1 土壤分析値を見るための考え方

以上述べてきた土壤分析値の結果より考え方を次のように整理した。

生育不良については2つの場合がある。

1. 肥料成分不足の場合

トマトの尻腐果、マグネシウム欠乏症の第4及び5表並びにタマネギの生育不良のカルシウムの少なさ(第7表)のように肥料成分不足による生育不良の状態。

2. 肥料過剰障害の場合

1の場合とは反対にキュウリの第9及び11表のように特に、カリを中心にして PO_4 (リンサン)、K(カリ)、Ca(カルシウム)、Mg(マグネシウム)の全ての肥料成分が土壤中に多すぎる害、つまり過剰障害による生育不良、この場合長年の施肥の結果そうなったということで、その畑の施肥の経歴が問題にされることになると思う。

生育の正常な畑の土壤分析値を見ると各成分に於て過不足がなく、K、Ca、Mgの成分間の均衡がとれていることが考えられる。

以上のような野菜の生育状態とその土壤分析値及び参考文献から各成分について次のように考えてみた。

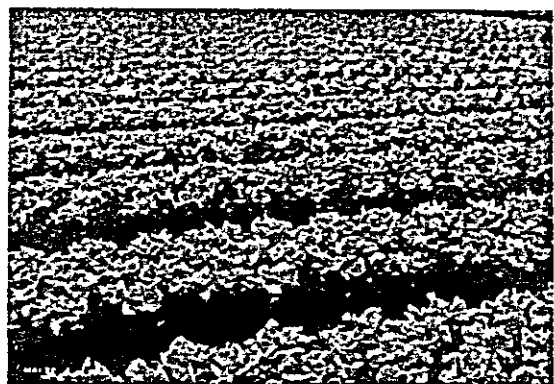
- (1) 欠乏症の出る分析値
- (2) 健全土壤の分析値
- (3) 無肥料で野菜が出来る分析値
- (4) 過剰害が出る分析値

なお、分析表にないCaとMgの分析比、MgとKの分析比、CaとKの分析比についても解説しておいた。それが第16表に記すものである。

写真5 ブラジリア近郊のモリブデン散布畑
(コーベフロール, 品種: 交配種ミヤイ)



写真6 サンパウロ近郊の低地畑
(泥炭地, 酸度強くCa, Mgの少ない土地, レタス畑)



4-2 土壤分析値の見方の一覧表(試案) - 第16表 -

(サンパウロ市近郊を中心とした露地野菜の場合)

Ca/K (石灰・加里比)	① CaとKの分析比が6~12であること。即ちCaがKより6~12倍多いこと。 ② この数字は各自が計算すること。
Mg/K (苦土・加里比)	① MgとK(カリ)の分析比が野菜の場合2~10であること。即ちMgがKより2~10倍多いこと。 ② この数字は各自が計算すること。
Ca/Mg (石灰苦土比)	① CaとMgの分析比が3~6であること。即ちCaがMgより3~6倍多いこと。 ② この数字は各自が計算すること。
Calagem 石灰必要量	① 1haの耕土15cmのPHを6.5~6.8に上げるための苦土石灰の量である。(野菜の種類により異なる) ② PHの矯正のための石灰肥料の選択はCa(カルシウム)Mg(マグネシウム)の分析値の多少を見て行う必要がある。若し土壤中にMgの含量が多ければMg含量の少ない石灰肥料を施用すること。
FIX. P ₂ O ₅ (リンサン吸収係数)	300 以下は非常に低い。 600-750 中 1200 以上は非常に高い。
m.e.g./100g (ミリグラム当量/100g中の細土中)	<p>Mg⁺⁺ (置換態 マグネシウム)</p> <p>0.50 me (MgOにして) → 10 mg (100g土中) → 150 kg 1.25 → 25 → 375 1.74 → 35 → 525</p> <p>この間が健全土壌の分析値 野菜ではこれだけ必要で、これだけの含量があれば石灰肥料成分の無施用で野菜が出来る。 (Mgの過剰害の出る分析値の報告が文献にない)</p>
	<p>Ca⁺⁺ (置換態 カルシウム)</p> <p>2.00 me (CaOにして) → 56 mg (100g土中) → 840 kg 5.00 → 140 → 2100 7.14 → 200 → 3000</p> <p>この間が健全土壌の分析値 野菜ではこれだけ必要で、これだけの含量があれば石灰肥料成分の無施用で野菜が出来る。 これ以上は過剰害が出る。</p> <p>① Caは土壤酸素との関係がありCaの量よりもpHの影響が大きいこともある。</p>
	<p>K⁺ (置換態 カリ)</p> <p>0.17 me (K₂Oにして) → 8 mg (100g土中) → 121 kg 0.32 → 15 → 227</p> <p>この間が健全土壌の分析値 これだけの含量があればカリ肥料成分の無施用で野菜が出来る可能性がある。 野菜ではこれだけ必要で野菜以外では過剰害の出る可能性がある。</p>
	<p>PO₄⁻⁻⁻ (有効態 リンサン)</p> <p>0.21 me (P₂O₅にして) → 5 mg (100g土中) → 75 kg 0.42 → 10 → 150</p> <p>この間が健全土壌の分析値 これだけの含量があればリンサン肥料成分の無施用で野菜が出来る。 これ以上は過剰害が出る。</p>
MOrg(%) (有機物)	<p>1.5 以下は低い。 ① 野菜は3~5(%)が好適である。 ② 1年間に土壤中の腐植の約2(%)を消耗すると年間20トンの堆肥を1haに入れる必要がある。 2.5 以上は高い。 ③ C%が分析値にあればこれに1.724を乗じたものがHPrG(%)になる。</p>
N(%) (全窒素)	<p>0.07 以下は低い。 ① 野菜は吸収量が多いのでN(チッ素)を施肥しなければならない。 ② MOrg(%)の1/20がN(%)である。 0.13 以上は高い。</p>
PH(KCl) (土壤酸度)	<p>5.0 以下は強酸性でAl⁺⁺(アルミニウムイオン)の害H⁺(水素イオン)の害Mn(マンガン)とFe鉄の過剰害Mo(モリブデン)の欠乏等が起る。 5.2 → この間が健全土壌の分析値 6.5 7.0 → 以上になるとMn、Fe、Zn(亜鉛)、B(ほう素)などが作物に吸収されないようになる。</p>

5. リンサンについて

5-1 リンサン過剰

実際にはリンサンの過剰施用の障害は現れにくい。しかし畑にいつもリンサンの施肥量が多いと、雨水で逃げる量が殆どないため、そのまま畑にとどまることになる。リンサンの過剰施用は果実の成熟が早まりすぎることもあり、また、Fe(鉄)、Zn(亜鉛)、Cu(銅)などの欠乏を誘発することもある。

第9及び11表の例では、カリ過剰と相乗してか初期生育不良、病気になりやすい等の障害が観察された。

そこで第9表の分析値によるキュウリの初期生育の障害の理由を推定してみると、次のように考えられる。即ち、マグネシウムはリンサンが野菜内で移動するのを助ける役目をもっている。ところがカリが土壤中に多いとマグネシウムの吸収が抑制される。マグネシウムの吸収量が少いと、吸収されたリンサンが細胞分裂の盛んな生長点に選ばれないから生育が悪くなる。

第11表によるキュウリのタンソ病多発の理由を推定すると、次のように考えられる。リンサン多用の土壤中、リンサンが野菜内に過剰に吸収されると、過剰なリンサンが鉄と化合して体内の鉄が不足する。鉄はチッソ体謝作用と関係があり、欠乏するとタンパクの合成反応が阻害されて、野菜の体内に可溶性チッソ化合物がたまるので病気にかかりやすくなる。それによりタンソ病が発生し易くなる。

5-2 上手なリンサンの施肥法

1. 野菜によって、リンサンの吸収力あるいは吸収量が違うので、リンサンの施肥量を加減してやる必要がある。施肥の有効な種類、例えば、キュウリ、エンドウ、タマネギ、トマト、レタス、ナスなどを栽培する時は十分な量を与える。
2. リンサンの土壤中の移動は殆どないので地表に散布しても効果がない。追肥においても地中のある程度の深さまで入れないと効果は発揮されない。短期作物は全量元肥で施肥する。長期の野菜では元肥重点とし、生育前半までしか追肥はやらなくてよい。
3. できれば堆肥と併用すると肥効が上る。また、大型の野菜では株の真下にくるような位置に施すとよい。

6. カリについて

6-1 カリ過剰

野菜に吸収された残りの施肥中のカリは土中にとどまる。カリも雨水で流亡するが、チッソほど簡単に流亡しない。従ってリンサンと同じく、いつもカリ成分の高い肥料を施していると土に溜ってくることになる。また有機物、特に家畜糞を毎年多量に投入しているとカリ集積を起すことになる。

植物体のCa(カルシウム)、K(カリ)は土壤中のCa、Kときわめて相関が高いが、植物体のMg(マグネシウム)含量は土壤中に多すぎると植物はぜいたくな吸収を始め、その後カリの過剰害として拮抗作用によりMg欠乏やCa欠乏が出る。

6-2 畑のカリ過剰の対策

1. 若し、カリが異常に土壤中に高い場合には、トモロコシやソルゴーのような生育の旺盛な緑肥を栽培して刈り取り、他の場所に持ち出す。1 ha 当り40トンの生葉として乾燥重は16トンで、その内1%がカリとすると、1 ha 当り、160 Kgのカリを持ち出すことになる。
2. これは連作障害の防止対策であるが、他の塩類の濃度も考慮に入れて土壌の上層と下層の分析を行い、若し下層にカリ含量が少なければ、土壌伝染性の病菌の封じ込みもかねて(病原菌は地表下30 cmまでに多い)上層を下層に入れてしまう。または、上層と下層をよく混合して、カリ含量の平均化を図ることが考えられる。
3. 他から未耕土を客土する。

7. イオウ (S) について

N (チッ素), P (リン), K (カリ), Ca (カルシウム), Mg (マグネシウム) は肥料として認識されているが, イオン (S) は植物に多量に必要でありながら余り注意されていない。

イオウは野菜ではP, Ca, Mgと同じぐらい吸収される。(第17表参照)

イオウが欠乏すると根部の発育が衰え養分吸収が悪くなるという, 大切な要素である。砂質地の野菜栽培地では1~2年間無硫酸根肥料ばかり使っていると葉色が黄色で生育が盛んにならずN欠乏とよく似てくる。このような時に硫酸根を含む肥料(例えば硫安)を施すと目にみえて緑色が濃くなってくる。リンサン肥料である過リンサン石灰にも硫酸根を含んでいる。

硫酸根 (SO_4) は土に施してから数日間で吸収される。

なぜイオウ欠乏を心配するかといえば配合する肥料の材料によってはMAPやDAPのように不純物としてのイオウを含まないが, ごくわずかしは含まないので, それを何年か続ければイオウ欠乏も起りうる可能性があるからである。

イオウの欠乏はチッ素欠乏症状と見分けがつきにくい。従ってイオウ欠乏と推定される時は, 硫安を施したところと, 尿素を施したところを作り, 硫安区が良ければその土壌はイオウが欠乏していたと考えられる。

無硫酸根肥料ばかり使ったりせず, いろいろの要素が過不足なく施されるように肥料の種類を選ぶことが得策である。

第17表 肥料成分吸収量 (Kg/ha) (ピラシカーバ農大)

種 類	収量 t/ha	N	P	K	Ca	Mg	S
タマネギ	37	133	22	177	16	18	34
キャベツ	84	280	31	249	—	36	64
トマト	41	84	21	185	31	8	28

8. ホウソ (B) について

トマトのトップ・アマレーロ・ピールスと混同されるが、生長点が黄色くなって葉がもろくなるのはホウソ欠乏である。トマトの果実の日焼けもホウソ欠乏が助長するといわれる。

第18表にピーマンのB (ホウソ) とMg (マグネシウム) の欠乏症の結果を示す。

第18表 ピーマンのBとMgの欠乏症 (ピソーザ農大 1977)

区 分	乾燥根重(g)	地上部乾燥重(g)	根 長 (cm)	茎 長 (cm)
完全施肥区	1.92	9.16	52.00	33.33
B 欠 区	0.55	3.62	29.33	20.00
Mg 欠 区	0.46	3.24	42.33	19.00

(播種後77日目 Hogland液 品種名イケダ)

第18表に示すごとくピーマンでは、ホウソの欠乏は根部と地上部の生長を抑える。

ハナヤサイではホウソが欠乏すると、葉身の発育が悪くて葉身の一部が欠けたり、中筋の片側が発生しなかったり、また、中筋の内側に横縞状に亀裂を生じてコルク化し淡褐色になる。花蕾を生じてても充実が悪く、小さく品質が劣る。これらの生長点部及び茎の内部が枯死しているものから、黒く空洞になっているものまでいろいろある。ホウソ欠乏症は、根の先端や頂芽の分裂組織のような最も若い組織に顕著に現われる。ホウソ欠乏においては細胞壁の形状が著しく崩れる。ホウソは体内のCa (カルシウム) の移動を助ける。

ホウソ欠乏を助長する条件としては土壌pHの高まり、乾燥地、過剰のCa (カルシウム)、Mg (マグネシウム)、K (カリ) の存在が考えられるので、これらの軽減を図ることがその対策である。

ホウソ欠乏や防除法として、ボーラックス (硼砂) をha 当り 10~15 Kg 施用する。トマトやハナヤサイには1株当り、0.5~1 g を元肥として施用する。または、葉面散布としてボーラックスを100 l の水に200~300 g とかし、苗床に一回と本畑で定植後2週間目と4週間目頃の計3回散布する。

ボーラックスは水にとけにくいので計算量を60~70℃の少量のお湯でとかす。

9. モリブデン (MO) について

モリブデンは植物には最も必要量の少ない必須元素である。モリブデンが不足すると茎葉中に硝酸が集積し、生長が抑制される。第19表にモリブデン施用効果を示す。

第19表 各種野菜に対するモリブデンの施用効果 (愛知園試 1958)

作物	MO施用	+MO区の収量指数	植物体のNo 3-Nの含有率	同MO含有率 ppm	備考
トマト (は種51日日地上部重)	+ -	128	1.11 % 1.47	9.10 0.73	-MO区は淡黄緑色を呈した。 +MO区は黄色濃く下葉の巻上り 少く開花がはやまった。
サヤインゲン (莢)	+ -	151	0.46 0.53	3.40 0.23	+MO区は黄色濃く初期生育量に 大差を生じた。 莢数莢重ともに大。
ナス (果実)	+ -	131	0.31 0.33	4.08 1.50	初期生育に大差を生じたが後大差 なし、ただし+MO区は着果は早 かった。
ダイコン (根)	+ -	136	0.41 1.31	8.59 0.60	地上部生育量は初期+MO区がま さるが収穫期差なし、+MO区根 表は白く品質良好。
ゴボウ (根)	+ -	157	0.045 0.58		-MO区の葉は淡黄緑色を呈し収 量に大差。
エンドウ (莢)	+ -	104	0.39 0.33		初期生育に若干の差。
ハナヤサイ (地上部)	+ -	109	1.54 2.12		同上
ホウレンソウ (地上部)	+ -	111	1.15 1.38		+MO区は葉色濃く生育が促進さ れた。
タマネギ (球)	+ -	187	0.30 0.30		初期生育の差が最後まで続き、 +MO区はいちじるしく増収した。

ハナヤサイでは葉に黄斑が出来、内側に巻き込み、しだいに黄斑が褐色となる出方とまたは、中筋にそって葉身が小型となって付着する鞭状葉との二通りの欠乏症がみられる。花蕾の肥大が悪くひどいときは矮化してしまう。

マメ類では葉が黄化し、内側に曲りコップ葉となる。根は根りゅう菌のつきが悪く、着いている根りゅうは小さい。

トマトでは下葉の葉脈間に不鮮明な黄斑ができ、葉は内側にコップ状に曲がり花は結実することなく落下するものがふえる。

土壤の酸性が強くなると、モリブデンは土中の鉄やアルミと結合して作物に吸収されない。モリブデンは土壤中のリンサンが多い時に吸収されやすいが、リンサンが不足しやすい土壤では、作物にモリブデン欠乏がおきやすい。従って欠乏対策としては、土壤のPHを矯正す

ること。土壤中のリンサン含量を高めることである。

予防としてハナヤサイの場合モリブダット・デ・ソジオ（モリブデン酸ソーダー）を100
Lの水に50～100gとかして展着剤を加えて苗床で1回、定植後1回の計2回葉面散布する。
ボーラックスと混用もできる。

10. 腐植とテラ・カンサーダ(疲れた土地)

10-1 腐植とその働き

腐植とは土の中に入った植物や動物の遺体(堆肥)などが、しだいに微生物の働きで分解していき、黒色ないし黒褐色の膠質物に変化し、このように原形がまったくなくなった土の中の有機物全体をさしている。

土の中には有機膠質物(腐植)と無機膠質物(細い粘土)がある。その大きさは土の場合 $0.001 \mu\text{m}$ 以下の小さい粒のものをいう。土の膠質物は普通マイナスの電気をおびているので、その周囲には、プラスの電気をおびた、カリ、カルシウム、マグネシウムやアンモニウムなどの各イオンがついている。

10-2 塩基置換容量(C.T.C - Capacidade Troca de Cation)

肥料がよく効く土地というのは、施用した肥料が出来るだけ長く多量に保持していると考えられる。

土がどれくらいの塩基(カルシウム、マグネシウム、カリ、アンモニアなど)を吸収保持する力があるかを示すのに塩基置換容量という言葉を使う。

この塩基置換の単位としてミリ当量(mil equivalent; m. e.)またはミリグラム当量という言葉を使う。このミリグラム当量というのはカルシウム(Ca)に例をとると、その原子量は 40 グラムで粘土と結合するプラスの電気の手を 2 本(Ca^{++})もっていますから、1 本当りの量は 20 グラムとなる。

そうするとこのカルシウムは、20 グラムが 1 単位となって粘土に吸着されているわけでこの 1 単位 20 グラムがいくつ吸着されているかをあらわしたものがグラム当量で、これをミリグラムを単位にしたものがミリグラム当量である。

このように塩基置換容量(C, T, C)の単位である m. e. の数字の大きいほど多くの肥料成分を保持出来るわけである。

腐植と粘土のそれを示すと次のとおりである。

腐植の塩基置換容量 150 - 250 m. e./100 g

粘土の塩基置換容量 3 - 100 m. e./100 g

つまり腐植は粘土に比べ、何倍も肥料を保持できるのである。

10-3 腐植と緩衝能(かんしょうのう)

土には酸性あるいはアルカリ性の肥料が加わっても土壌の P.H が急に変わるのに抵抗する力がある。これを土壌の緩衝能という。この緩衝能は塩基置換容量の大きな土壌ほど大きい。

即ち腐植はとくにそれが大きい。

このように腐植は急激な環境変化に対処して有効に作用する他、土壌の団粒化を著しく促進し、土壌の通気と排水に良い結果を与える。

また土壌腐植は微量元素を含め、作物養分の直接的給源として重要であるばかりでなく、養分を吸着、保持してその損失を防止し、また、野菜に有害な物質（アルミ、クロル、ニッケル、ヒソ）と結合し、作物を保護しその害から守る。

要するに土壌の巧みな管理法とは腐植含量を一定水準以下に減少せしめないように、新鮮な有機物を補給し、土壌の物理的、化学的条件や生物群による有機物の損失に絶えず配慮を払い、作物収量を引き合う程度に維持することに他ないわけである。有機物含量が限界以下に低下し作物生産が不良となるような農法は如何なる場合も、不得策な、また、非科学的なものと言わざるを得ないのである。

10-4 テーラ・カンサーダ（疲れた土地）

ブラジルではテーラ・カンサーダという言葉があるが、連作による病原菌の蓄積の他に、作物生産に於て化学肥料のみで堆肥などを入れなければ、年々腐植の量が少なくなって、塩基置換容量が小さくなり、肥料を入れてもそれを保持する力がなく、最終的に低い収量になる。

また、逆に肥料成分が土壌中に過剰となり、いくら肥料を入れてもますます過剰害により低い収量になる。この2つの場合は、いずれもテーラ・カンサーダによるものと考えられている。

(附)

(1) 参考文献

- | | |
|-----------------------------|------------|
| 1. 「作物の要素欠乏症, 過剰症」 | 前田正男 |
| 2. 「現代農業」 1982. 10 | 農山漁村文化協会 |
| 3. 「野菜の栄養生理と施肥技術」 | 杉山直儀 編著 |
| 4. 「蔬菜の肥培」 | 山崎肯哉 |
| 5. 「肥料学概論」 | 奥田東 |
| 6. 「土壌と植生」 | 青木茂一 |
| 7. 「園芸新知識」 1977 - 1978 | 新井和夫 |
| 8. 「農業及び園芸」 1972 1-3 | 上山豊 他 |
| 9. 「農家の土壌学」 | 岡本春夫 |
| 10. 「土壌検定と肥料試験」 | 鳥井 崧 |
| 11. 「土壌学」 | ライオン・バックマン |
| 12. 「農業宝典」1967 (農業と協同社特別出版) | ブラジル |
| 13. 「BOLETIM TECNICO」 加里研究会 | ブラジル |

(2) 筆者略歴

岸 本 晟 (きしもと あきら)

1940年3月 兵庫県に生れる。

1964年3月 兵庫農科大学(現神戸大学)農学科(果樹園芸専攻)卒業

1965年3月 タキイ長岡園芸専修学校卒業。

1965年6月 ブラジルに移住, 南伯産業組合, コチア産業組合, アグロ
フローラ種子生産会社, タネ プラス種子生産会社に勤務し
現在に至る。

「ブラジル野菜園芸学会」会員

その間, トマト, ピーマン, キュウリ, サヤインゲン, ハナ
ヤサイ等の品種改良を行った。

