

栃木県におけるビニールハウス土壌の実態について

青木 一郎・三宅 信

On the actual state of soils under the vinyl covered culture in Tochigi prefecture

I. Aoki, S. Miyake

I 緒言

ハウス栽培はビニールフィルム被覆という特殊な環境下にあり、降雨による肥料の流亡がなく、多肥条件下で周年利用されるため、土壌中に過剰の肥料が集積し、濃度障害、窒素のガス化による障害、成分間の不均衡による要素欠乏などいろいろの問題をひきおこしている。

近年、栃木県においてもビニールハウス栽培面積が増加しつつあり、それに伴ない種々の生理障害、あるいは病害が発生しており、その中にはハウス栽培特有の土壌肥料面に起因する障害も多いものと考えられる。そこで、これらの点を解明し、ハウス栽培における土壌管理上の指針を確立するための一環として、本県主要ハウス栽培地帯土壌の塩類集積状況を中心に調査したので報告する。

なお、調査および試料採取にあたり、終始御協力頂いた、宇都宮、足利、小山、大田原の各農業改良普及所の方々に感謝の意を表す。

II 調査、試料採取および分析方法

調査地域は、比較的集团的にハウス栽培が行なわれている、宇都宮、足利、小山および大田原普及所管内で、調査地点はハウス経歴、土壌条件、栽培条件などを考慮して選定した。

ハウス経歴、施肥量、施肥法、肥料の種類そ

の他の栽培条件などの調査は聴取調査によった。分析試料の採取にあたって、土壌は原則として株間から採取することとしたが、株間に基肥または追肥が施されている場合は、施肥位置を避けた。第1層は作土、第2層は作土下 \sim 30cm、第3層は30 \sim 40cmとした。断熱層が含まれる場合は分析から除外した。試料土壌は径2mmの篩を通し、pH、電気伝導度、硝酸態窒素、アンモニヤ態窒素、水浸出液（乾土重量1：水5）および土壌溶液（pF 2 \sim 4）の各成分については生土、その他の一般分析は風乾土を供試した。

分析法は次の方法によった。

1. pH: 乾土重量の2.5倍相当量の水、NKC1を添加した懸濁液について測定。
2. 電気伝導度 (EC) : 乾土重量の5倍相当量の水を添加し、1時間振盪後懸濁液について測定。単位は $\text{m mho/cm}/25^\circ\text{C}$
3. アンモニヤ態窒素 : 10% KC1 浸出後常法により蒸溜滴定。
4. 硝酸態窒素 : フェノール硫酸法
5. カルシウムおよびマグネシウム : キレート滴定法
6. カリウムおよびナトリウム : 炎光法
7. 塩酸 : 硝酸第2水銀法

8. 硫酸：硫酸バリウムの沈澱濾過後キレート
滴定法
9. 炭素：小坂および本田による重量法
10. 窒素：ガンニング変法
11. 塩基置換容量 (CEC)：吉田によるショ
ーレンベルガー変法
12. 有効態磷酸：トルオーグ法
13. y_1 ：カツペン法
14. 水浸出液 (1:5) の採取法：電気伝導度
を測定した残液を濾過
15. 土壌溶液 (pF 2~4) の採取法：遠心分

離法

III 調査結果および考察

1. ハウス土壌と隣接圃場土壌の比較

ハウス栽培に伴なり土壌の理化学的性質の変
化を明らかにするため、宇都宮近郊のハウス地
帯の土壌を調査した。調査ハウスはいずれも 7
~ 8 年の栽培経歴をもち、試料採取時は栽培期
間中で、分析値は火山灰土、沖積土各々 3 地点
の平均値である。(第 1 表)

ハウス土壌の土壌水分は、隣接圃場土壌に比
較して火山灰土で 3~4%, 沖積土で 2~3%

第 1 表 ハウス土壌と隣接土壌の比較
(火山灰土、沖積土各々 3 地点の平均値)

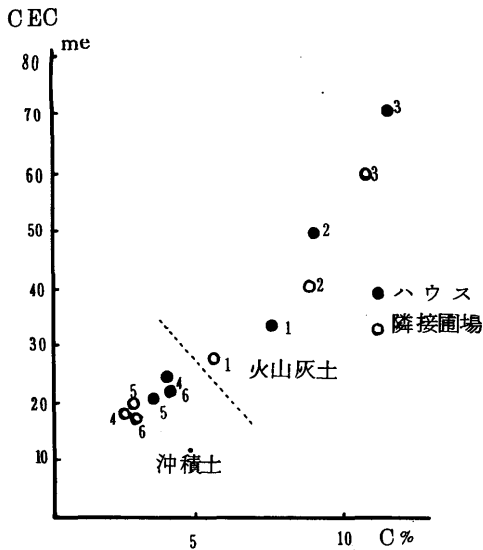
	土壌 水分 %	電 気 伝 導 度 mmho	pH(1:2.5)		pH H ₂ O -KCl	Y ₁	NH ₄ -N mg/100g	NO ₃ -N mg/100g	T-C %	T-N %	C/N	
			H ₂ O	KCl								
火山 灰土	ハウス 隣接圃場	41.1 45.1	1.34 0.07	5.83 6.16	5.37 4.99	0.46 1.17	0.27 0.33	2.3 1.0	53.1 1.5	9.17 8.55	7.19 6.64	12.8 13.4
沖積 土	ハウス 隣接圃場	29.6 31.8	1.50 0.05	5.79 5.76	5.42 4.67	0.37 1.06	0.22 0.30	1.5 1.1	55.2 0.8	3.80 2.87	0.42 0.33	9.0 8.7

塩基置 換容量	置換性塩基 me/100g			置換性塩基組成割合%			Truog P ₂ O ₅	容積重	最 大 容水量
	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K			
51.48	42.59	13.05	9.28	65.9	20.5	13.6	58	57.3	130
43.00	25.07	3.51	1.02	85.3	10.9	3.8	17	60.8	121
23.07	23.98	5.72	2.25	75.0	17.9	7.1	204	77.9	92
18.64	9.80	1.29	0.43	84.3	11.5	4.2	17	84.3	74

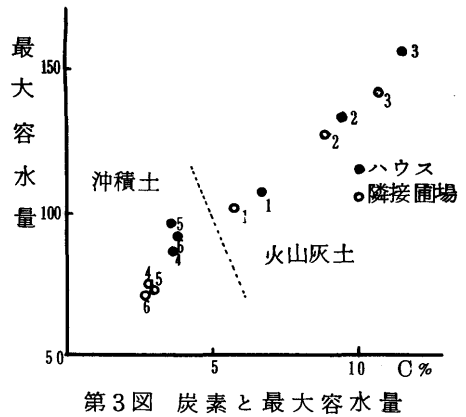
程度低く、土壌水分で作物の生育をコントロール
するため土壌を乾燥気味に管理しているためと
思われる。1:5 浸出電気伝導度、硝酸態窒素
はハウス土壌が著しく高く、アンモニア態窒素
置換性塩基類、有効態磷酸もハウス土壌が高く
ハウス栽培の過剰施肥および塩類集積が明らか
であった。塩濃度が高まると、水浸出 pH と
NKCl 浸出 pH の差が小さくなるといわれて

ているが、本調査でも同様な傾向を示した。ま
た y_1 もハウス土壌が小さい。

ハウス土壌は全窒素、全炭素、塩基置換容量
および最大容水量は増加し、容積重は減少の傾
向がみられた。これらは全炭素と密接な関係が
うかがわれる (第 1 図, 第 2 図, 第 3 図) こ
とから、ハウス土壌に対する堆肥、断熱材、そ
の他の有機質肥料の施用は、塩基置換容量、最



第1図 炭素と塩基置換容量



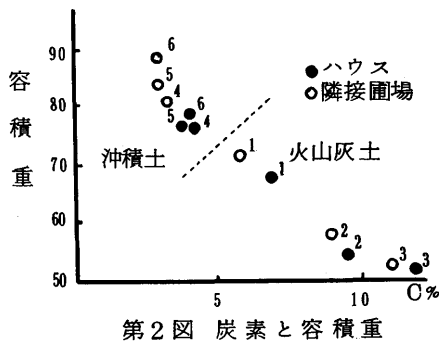
第3図 炭素と最大容水量

大容水量の増加，容積重の減少など土壤の理化学性の改善効果は大きい。また置換性塩基の組成は両土ともハウス土壤ではカリウム，マグネシウムの増加のためカルシウムの割合が小さくなる傾向がみられた。

2. 施肥の実態と土壤の電気伝導度

トマト，キュウリの促成，半促成栽培の施肥量は農家によってかなりの差があるが，追肥を含めると，3要素ともに10アール当り，50～100kgが多く，窒素成分の20～30%は，ケイフン，油粕などを主とした有機質肥料を使用している。また堆肥の施用量も2～3tで明らかに多い。使用している肥料の種類は，有機質肥料では，ケイフン，油粕，魚粕，米糖，骨粉類，化学肥料は副成分の少ない高度化成肥料や有機質入配合肥料など，その他各種の土壤改良資材，微量元素などが使用されている。

ハウス栽培では吸収量を大巾に上まわる肥料が施用され，降雨による流亡がないことから，栽培年数を経るにしたがって土壤塩濃度を高めるといわれている³⁾しかし本調査では作付回数や施肥量の合計と跡地の電気伝導度（1：5）の間に一定の傾向は見出せなかった。これは栽培終了後にビニール被覆の除去，湛水処理また



第2図 炭素と容積重

は水稻の作付が行なわれてることや肥料の種類、施肥量、施肥法、灌水などの栽培管理の差によるものであろう。電気伝導度の分布についてみると、作土の場合火山灰土では1~1.5、沖積土では0.5~1の範囲が多い。層位別の比較では火山

灰土では第1層、第2層間の差が少なく第3層が低い。沖積土では下層にいくほど低くなる傾向がみられる(第2表)がこれは土壤の保水性および透水性の差異により生ずるものと考えられる。

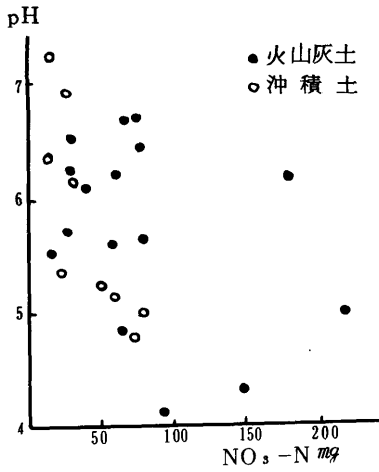
第2表 ハウス土壤の化学分析(調査地点数火山灰土9, 沖積土13)

	採土層位	pH (1:2.5) H ₂ O	電気伝導度 mmho	NO ₃ -N mg /100g	cation me/100g (1:5)				anion me/100g (1:5)				
					Ca	Mg	K	計	NO ₃	Cl	SO ₄	計	
火山灰土	I	最高値	7.00	2.65	96.0	6.67	3.58	2.20		6.85	3.57	2.96	
		最低値	4.72	0.13	5.0	0.42	0.08	0.07		0.21	0.11	0.16	
		平均値	5.73	1.20	35.0	3.32	1.17	1.01	5.50	2.74	1.27	1.91	5.92
	II	最高値	6.60	2.26	75.2	3.56	3.65	3.58		5.37	2.34	4.38	
		最低値	5.42	0.50	22.0	1.44	0.51	0.42		1.57	0.39	1.56	
		平均値	5.99	1.45	38.3	2.74	1.73	1.88	6.35	2.73	1.19	3.32	6.24
	III	最高値	7.15	1.06	23.4	2.10	0.98	3.96		1.67	1.53	2.18	
		最低値	5.56	0.09	2.0	0.13	0.04	0.23		0.18	0.14	0.28	
		平均値	6.27	0.54	10.8	0.78	0.35	1.09	2.22	0.68	0.47	1.01	2.16
沖積土	I	最高値	7.60	2.24	72.0	6.95	2.91	2.10		5.14	6.21	2.00	
		最低値	4.96	0.09	3.4	0.32	0.11	0.24		0.24	0.13	0.10	
		平均値	6.22	0.75	27.5	2.42	1.13	0.77	4.32	1.96	1.42	1.05	4.43
	II	最高値	7.70	0.87	20.0	1.62	0.50	0.96		1.43	2.70	1.68	
		最低値	4.65	0.06	0.5	0.15	0.06	0.16		0.04	0.14	0.10	
		平均値	5.96	0.33	7.0	0.68	0.27	0.47	1.42	0.50	0.62	0.52	1.64
	III	最高値	7.68	1.01	30.0	2.58	0.63	0.69		1.11	2.17	1.32	
		最低値	4.68	0.04	0.4	0.13	0.04	0.06		0.03	0.15	0.10	
		平均値	5.86	0.28	6.4	0.61	0.23	0.38	1.22	0.37	0.58	0.38	1.33

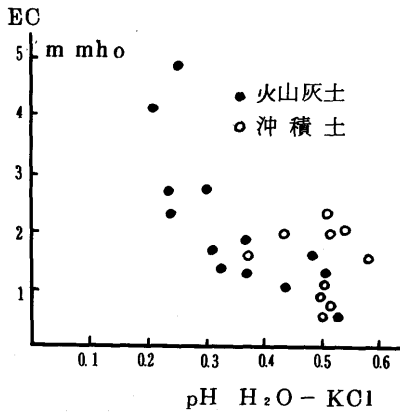
3. pH

火山灰土では5~6, 沖積土では4~7の間に多く分布していた。両土壤とも地点、層位間の変動があり、特に緩衝能の小さい土壤において大きい。中安らは²⁾硝酸が集積するにつれてpHが低下すると報告しており、本調査でも同

様の傾向がみられた(第4図)がその相関は低かった。ハウス栽培においては多量の石灰質資材を使用しているが、土壤のpH測定があまり行われてないことや、また施用窒素量も勘案せず毎年ほぼ一定量施用しているため、むしろ相関の低いのが当然とも考えられる。pHと電



第4図 硝酸態窒素とpH



第5図 pH差と電気伝導度

気伝導度との間には何ら関係が認められないが水浸出 pHと NKC1 浸出 pHの間には相関関係がみとめられ、電気伝導度が高まるにつれて pHの差が小さくなる傾向があり、(第5図) 増尾ら²⁾の報告と一致している。pH 5以下

の土壌ではアンモニア含量が著しく多いことがあるが、硝化作用の限界は pH3.9~4.5 である⁶⁾ことから、電気伝導度の上昇とあいまって硝酸⁶⁾化成が抑制されたものと考えられる。

4. 硝酸態窒素

跡地の硝酸態窒素は電気伝導度と高い相関関係にあり、千葉県農試では 火山灰土⁵⁾ $r=0.806$ $Y=42.3 \times -7.8$ 第3紀埴土 $r=0.814$ $Y=26.7 \times +3.3$ 沖積埴土 $r=0.864$ $Y=29.3 \times +5.1$ 沖積砂土 $r=0.967$ $Y=18.8 \times +1.3$ (ただし Y: $\text{NO}_3\text{-N}$ mg/100 g X: EC)との報告があるが本調査では土壌母材による差はみとめられなく作土では $r=0.931$ $Y=33.5 \times +0.84$ であり、下層ほど電気伝導度に対し硝酸態窒素が低くなる傾向があつた。(第3表, 第4表)

第3表 相関係数

		相 関 係 数
EC	: Ca	$r = 0.964$
"	: Mg	$r = 0.785$
"	: K	$r = 0.890$
"	: NO_3	$r = 0.931$
"	: Cl	$r = 0.776$
"	: SO_4	$r = 0.671$
Ca	: NO_3	$r = 0.860$
Mg	: "	$r = 0.857$
K	: "	$r = 0.827$

作土中の分布についてみると火山灰土では 96.0mg~3.0mg, 平均値 35.0mg 沖積土 33.0mg~3.4mg 平均値 27.5mg であつた。層位別に見ると、火山灰土では第1層, 第2層とも多く、第3層は少ないが、沖積土では下層へいくにしたがい減少する傾向がある。これら

第4表 回 帰 式

		回 帰 式
Y : NO ₃ - N mg/100 g	X : EC (第1層)	Y = 33.5 × + 0.84
"	" (第2層)	Y = 24.4 × - 0.28
"	" (第3層)	Y = 23.4 × - 0.98
Y : Ca mg/100 g	" (第1層)	Y = 53.4 × + 6.00
"	X : NO ₃ - N mg/100 g (第1層)	Y = 1.26 × + 1.20

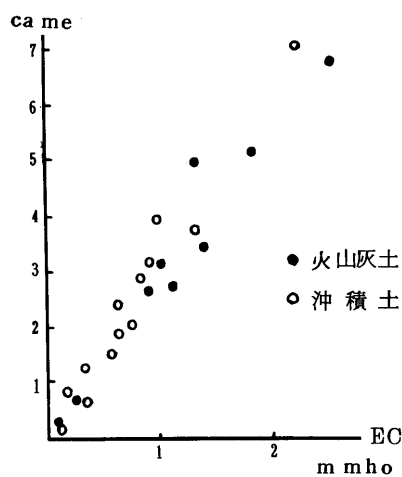
のことより火山灰土では、跡作に対する影響は第2層についても考慮する必要がある。

5. 水浸出 (1 : 5 浸出) の塩の組成

水浸出によって得られる土壤溶液に含まれるイオンは、カチオンではカルシウム、マグネシウムおよびカリウム、アニオンでは硝酸塩酸、および硫酸が大部分を占めており、アニオン、カチオンの合計量はほぼ等しく電気伝導度と高い相関関係を示している。火山灰土、沖積土とも第1層、第2層のカチオンの主体はカルシウムであり、第3層ではカルシウムの占める割合はやや小さい。アニオンでは両土とも第1層は硝酸が主体であり、下層にいくほど、その割合は小さくなる傾向がある。各イオンと電気伝導度、および各イオン間の相関は第3表のようであるが、なかでも電気伝導度と相関の大きいものはカルシウムおよび硝酸であり、イオン間では硝酸とカルシウムである。(第6図、第7図) すなわち電気伝導度を高める主原因は、硝酸およびカルシウムであり、窒素の多施用はハウス土壤管理上十分留意する必要がある。

6. 土壤溶液 (pF 2~4) の塩の組成

遠心分離法によって採取した土壤溶液の塩の組成は第5表、第6表のとおりであるが、単位重量当りの各イオン量は1 : 5 浸出の1.5~7分の1の間で特に硫酸が浸出されにくい傾向にあった。単位重量当りの採取土壤溶液量は炭素含量と密接な関係があり(第8図) 火山灰土で



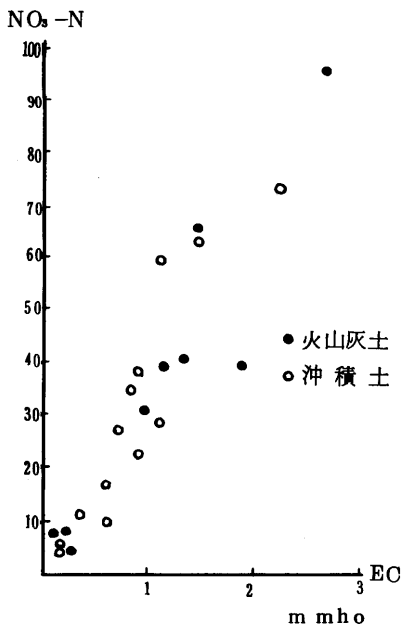
第6図 カルシウムと電気伝導度

は沖積土の3倍程度である。各イオンの濃度は火山灰土では沖積土の2~3分の1で、沖積土土壤溶液のイオン濃度は1 : 5 浸出の電気伝導度に比し高い傾向がある。(第9図) したがって土壤塩濃度を1 : 5 浸出の電気伝導度で表示することは、土壤溶液の少ない土壤の場合特に留意する必要がある。

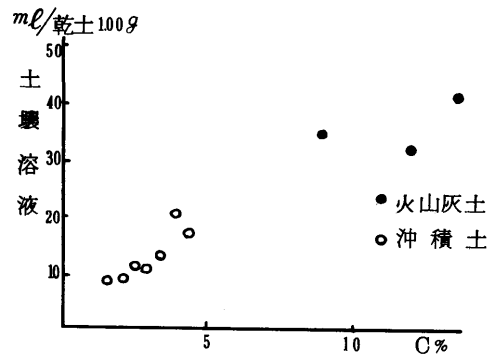
また土壤溶液の単位重量当りの塩濃度と1 : 5 浸出液の電気伝導度の間には相関がみられる(第10図)。

7. 置換性塩基含量と pH

N 酢酸アンモニウム浸出による置換性塩基は



第7図 硝酸態窒素と電気伝導度



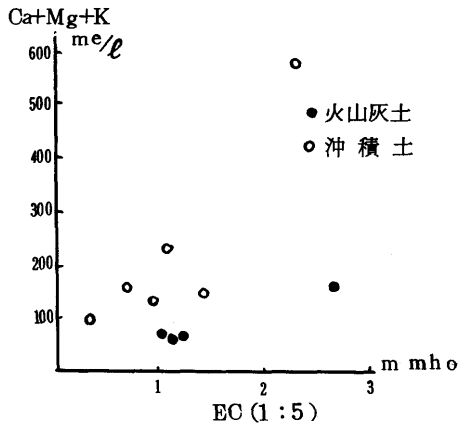
第8図 炭素と土壌溶液 (PF 2~4)

第5表 土壤溶液 (pF2~4) の塩の組成
(火山灰土4, 沖積土6地点の平均値)

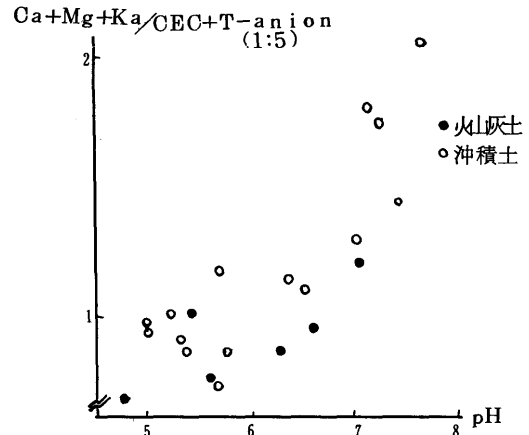
	cation me/l				anion me/l				土壤溶液 採取量 ml/乾土100g
	Ca	Mg	K	計	NO ₃	Cl	SO ₄	計	
火山灰土	49.4	23.9	12.6	85.9	42.7	20.2	19.8	82.7	34.5
沖積土	132.4	68.0	22.4	222.8	84.0	99.9	25.0	218.9	12.3

第6表 土壤溶液 (pF 2~4) の塩の組成

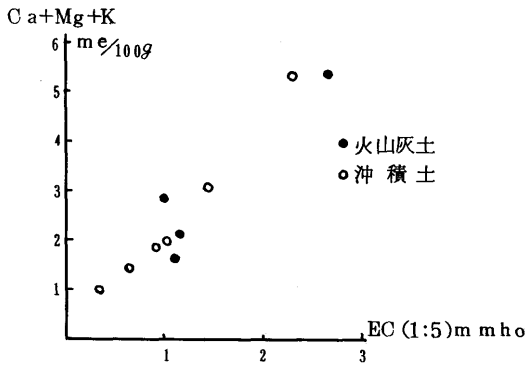
	cation me/100g				anion me/100g			
	Ca	Mg	K	計	NO ₃	Cl	SO ₄	計
火山灰土	1.72	0.83	0.45	3.00	1.50	0.69	0.70	2.89
沖積土	1.47	0.70	0.26	2.43	0.96	1.05	0.31	2.32



第9図 土壤溶液中の塩基全量と電気伝導度(1:5)



第11図 塩基全量 塩基置換容量+全アニオン(1:5)比率と土壌酸度



第10図 土壤溶液中の塩基全量と電気伝導度(1:5)

各イオンとも浸出量は置換態 $>1:5$ 浸出 $>pF 2\sim 4$ で、イオン別にみるとカチオンではカルシウムが浸出されにくく、マグネシウムおよびカリウムはほぼ同量、アニオンでは硫酸が浸出されにくく、硝酸および塩酸がほぼ同量である。(第7表) 土壤浸出液が多くなると硫酸カルシウムは溶出しやすくなるものと考えられる。

9. カルシウム、カリウムのマグネシウムに対する比率とマグネシウム欠乏

ハウス土壤では多肥により、各成分間の不均衡がおりやすく、このため各種要素欠乏を生ずることが多い。第12図、第13図はカルシウム、マグネシウムの量とマグネシウム欠乏の関係を示したものである。1:5浸出では $Ca/Mg > 4$ $K/Mg > 1$ $Mg < 0.8$ 置換態 $Ca/Mg > 11$ $K/Mg > 1$ $Mg < 1$ の条件のもとでマグネシウム欠乏がみられていることから、マグ

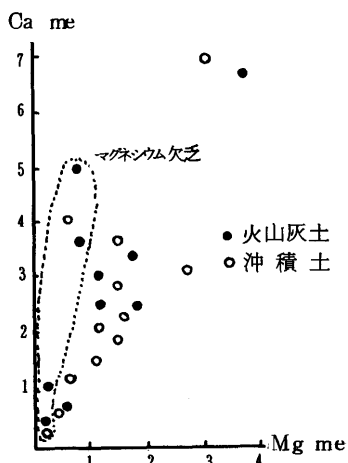
多く、塩基の合計量が塩基置換容量の2倍以上になる場合もあった。塩基置換容量+アニオン合計(1:5浸出)に対する塩基合計量(置換性)の割合は1前後が多く、1.2を越す場合はpH7以上になる傾向がみられ(第11図)農事試験場成績⁵⁾の示すように硫酸カルシウム、炭酸カルシウム塩として集積しているものと考えられる。

8. 土壤浸出法のちがいによるイオンの浸出量

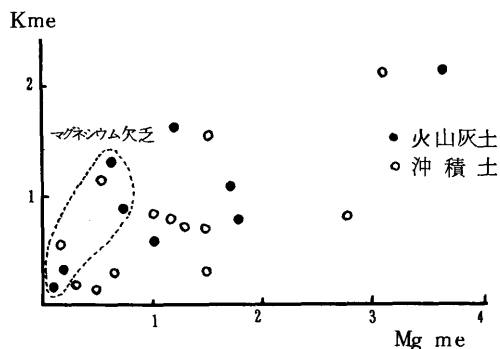
第7表 浸出のちがいと各イオンの浸出割合 (%)

	Ca			Mg			K		
	置換態	1 : 5	pF ² ~4	置換態	1 : 5	pF ² ~4	置換態	1 : 5	pF ² ~4
火山灰土	100	9.1	4.2	100	17.8	8.3	100	27.9	8.7
沖積土	100	18.8	8.1	100	32.4	11.3	100	29.0	7.1

NO ₃		Cl		SO ₄	
1 : 5	pF ² ~4	1 : 5	pF ² ~4	1 : 5	pF ² ~4
100	45.3	100	45.6	100	29.0
100	36.9	100	38.4	100	21.4



第12図 カルシウム、マグネシウムと
マグネシウム欠乏



第13図 カリウム、マグネシウムと
マグネシウム欠乏

ネシウム欠乏の原因は、土壤中のマグネシウム含量が低くしかもカルシウム、カリウムとの比率の不均衡なことによるものと考えられる。

10. 土壤塩濃度とそ菜の生育

一般に培地の塩濃度が高まると、作物は水・養分の吸収を阻害され、遂には枯死するにいたる。塩濃度の限界点は作物の種類、生育段階、¹⁾土壤の種類によって異なるが、板木は2.5 m

8) mh_o 以上で作柄が悪く、佐藤らは2 mmho 以上で生育に障害がみられたと報告している。第8表は生育盛期(収穫期間中であるが生育段階はかなりことなる)に生育障害がみられた土壤の分析結果である。本調査でも作物の生育に障害を生じているのは2 mmho 以上であり前の報告と一致している。しかし調査点数が少なく、作物、土壤別の限界点は明らかでない。

IV 要約

1) ハウス土壤は一般露地土壤にくらべ土壤養分は非常に豊富であり、また有機質肥料の多施

第8表 生育障害を生じたハウス土壌の分析結果

採取場所	地質 母材	作物名	pH (1:2.5)		電気伝導度 mmho	NO ₃ -N mg/100g
			H ₂ O	KCl		
那須郡西那須野町	火山	キュウリ	5.04	4.81	4.92	220.0
"	"	トマト	6.19	6.00	2.84	183.4
宇都宮市	"	キュウリ	6.81	6.27	2.18	77.1
"	沖積	トマト	4.34	4.05	4.04	150.5
小山市	火山灰	"	6.13	5.76	2.83	42.9
足利市	沖積	キュウリ	5.02	4.68	2.16	71.8
"	"	"	4.17	3.69	1.97	91.6

用の結果、理化学性も変化している。

2) 作付数、累積施肥量と跡地の電気伝導度の間に相関はみられない。これは栽培終了後にビニール被覆除去、湛水処理または水稻の作付により土壌塩類の除去をすることや、肥料の種類施肥量、施肥法のちがいによるものであろう。

3) 水浸出液(1:5浸出)中の主成分はカルシウム、マグネシウム、カリウム、硝酸塩酸、および硫酸であって、その合計量は電気伝導度と高い相関関係にある。作土ではカルシウムおよび硝酸が主体となし各々電気伝導度と高い相関関係がある。したがって電気伝導度を測定することによって硝酸態窒素の含量を推定することができる。

4) 遠心分離法によって採取した土壌溶液中の塩濃度は1:5浸出の電気伝導度に比べ土壌溶液の少ない場合は高くなる傾向がある。

5) 1:5浸出 Ca/Mg>4 K/Mg>1 Mg<0.8 置換態 Ca/Mg>11 K/Mg>1 Mg<1 の条件下ではマグネシウム欠乏がみられる。

6) 作物の生育障害をおこす塩濃度の限界点は作物、土壌によつて異なるが2 mmho 以上は危険と考えられる。

文 献

- 1) 板木利隆 (1965) 農業技術 20 (12) 560-565
- 2) 増尾清, 出川長芳 (1965) 農及園 40(9) 115-116
- 3) 中安信行, 伊達昇 (1967) 農及園 42(11) 89-93
- 4) 中安信行, 山本昇 (1966) そ菜に関する土壌肥料研究集録 281-290
- 5) 農事試験土壌肥料研究室 (1967) 試験研究成績書 68-72
- 6) 大杉繁, 土壌化学 333-334
- 7) 佐藤吉之助 (1966) そ菜に関する土壌肥料研究集録 281-290
- 8) 佐藤吉之助, 錦古里孝夫 (1966) 農及園 41(3) 483-486