

# カンキツの生育障害と無機成分との関係

## 2. カラタチ実生の生育ならびに養分吸収に及ぼす培養液の硝酸カルシウム濃度の影響

中島芳和・中島庸策\*

(農学部果樹園芸学研究室)

## Relationships between Growth Injury of Citrus Trees and Inorganic Elements

### 2. Effect of calcium nitrate concentration in culture solution on the growth and absorption of nutrient elements of trifoliolate seedling

By

Yoshikazu NAKAJIMA and Yosaku NAKAJIMA

(Laboratory of Pomology, Faculty of Agriculture)

#### Summary

1. Two year-old trifoliolate seedlings were grown in sand and soil cultures using a nutrient solution with  $\text{CaNO}_3$  as the added salt ranging from 0.8 to 4.5 atmospheres. The effect of culture solution on the growth and absorption of nutrient elements was investigated.
2. Best growth of the trifoliolate seedlings in nutrient solution takes place at concentration of about 0.8 to 2.0 atmospheres, and the growth reduction was marked above 2.2 atmospheres. The weight of fine roots in high concentrations of nutrient solution was comparatively less than that in low concentrations in sand culture.
3. The content of Ca in the various parts of trees increased in parallel with concentrations of  $\text{CaNO}_3$  in nutrient solution, and the reverse tendency was found in K content (%) under the same conditions. High osmotic pressures in the medium slightly decreased the contents of N, P, and Mg in the various parts of trees except for the N content in fine roots. The maximum content of each N, P, Mg and Mn in the various parts of trees was not in accord with concentration of the substrate.
4. The absorption of N, P, K, Ca and Mn by trifoliolate seedlings was at its maximum from 1.1 to 2.0 osmotic pressures and the absorption of Ca was much more than that of the other elements. The content of each nutrient element except for Mn was higher in tops than in roots.

---

\* 高知県農業改良普及所

## I. 緒 言

近年各地において過剰施肥によるカンキツ樹の生育障害ひいては収量低下が問題とされている。この原因については、多肥による土壌 pH の低下とそれに伴う微量要素の欠乏や重金属の過剰吸収が問題となっている例が多いが<sup>(6)</sup>、窒素の過剰による根腐れ等の直接害もまた軽視することが出来ないと思われる。そこで硝酸カルシウムを用いて、培養液の濃度を 2 気圧を中心にして変化させ、カラタチ実生の生育ならびに養分吸収にどのような差を現わすかを調べた。

本実験を行なうにあたって、吉村不二男教授に御便宜を賜わった。ここに深く感謝の意を表する。

## II. 材料および実験方法

1965年4月に、樹勢のそろった2年生のカラタチ実生を、川砂および埴埴土を入れた1/5000アールワグネルポットに移植した。1ポット当たり1本植えとし4反覆した。培養液は Hewitt に準じ<sup>(5)</sup>、硝酸カルシウムを変化させて浸透圧および電気伝導度で第1表のごとく規定した。約3~4ℓの培養液を毎日1回灌注し、pHを4.0から4.5の範囲になるように2日毎に調整した。培養液の更新は、調整直後、電気伝導度を測定し、 $m\Omega^{-1}$ 値で20%以内の変化にとどめるように5~7日ごとに更新した。本実験はガラス室内で行ない、液温を出来るだけ低く保つため、地下に溝を掘り、浸透して出て来た液を試薬びんにたくわえた。実験開始は、1965年4月28日、終了は同年9月22日で、処理期間は147日であった。培養液の浸透圧は氷点降下法で測定した。本実験の施用濃度では、硝酸カルシウム溶液の浸透圧は電離度から計算した値と氷点降下法による場合とではあまり差がなかった。樹体の無機成分の分析は次の通りである。N: Semimicro Kjeldahl 法, P: Molybdenum blue 法, K: Flame photometer 法, Ca, Mg: Chelate titration 法, Mn: Ammonium persulfate 法。

第1表 硝酸カルシウムの施用濃度と培養液の浸透圧および比電気伝導度との関係

N	Ca	浸透圧	電気伝導度
ppm	ppm	気圧	$m\Omega^{-1}$
28	0	0.8	0.6
215	268	1.1	2.0
430	577	1.4	3.4
645	886	2.0	4.7
860	1,194	2.2	6.0
1,075	1,503	2.4	6.6
1,285	1,805	3.0	8.2
1,707	2,411	4.5	10.0

基礎培養液: N 28 ppm, P 20 ppm, K 80 ppm, Mg 20 ppm, Fe 1.0 ppm  
Mn 0.5 ppm, B 0.5 ppm, Zn 0.5 ppm, Cu 0.1 ppm, Mo 0.1 ppm

## III. 実験結果および考察

## 1. N処理と樹体の生育との関係

砂耕区における増加新鮮重量は第2表に示すごとく培養液の浸透圧0.8気圧から0.2気圧までは有意差は認められないが、わずかの差で1.1気圧>1.4気圧>2.0気圧>0.8気圧の順位となった。2.2気圧から3.0気圧は前者に比べて、著しく生育が劣り、5%レベルで有意差が認められた。ただし、0.8気圧と2.4気圧の間には有意差はない。さらに、新梢伸長量は0.8気圧から2.0気圧の間には

有意差は認められないが、その順位は1.4気圧>1.1気圧>0.8気圧>2.0気圧であった。そして1.4気圧を最高として、それ以上の高濃度になるにしたがって次第に低くなった。1.4気圧の樹は伸長が最もよく、2.2気圧、3.0気圧に対して5%レベルで有意差が認められる。本実験における砂耕法では、硝酸態窒素のカラタチ実生に対する最適濃度は215ppm前後から430ppm付近までで、濃度の限界は645ppm付近と考えられる。土耕区においては最も濃度の低い430ppmが最良であるため最適濃度を知ることは出来ないが、860ppmにおいても砂耕区にみられるほどの生育の低下が起らないことから、土耕においては緩衝作用が相当に強く働くものと考えられる。4.5気圧の樹では、処理を始めて100日ころより、新梢の先端が枯死する現象があらわれていた。

T/R率は砂耕区では0.8気圧が最も低かった。地下部の発達は第2表および第5図の細根量にもみられるように、0.8気圧が最も良好で、次いで1.4気圧、1.1気圧、2.0気圧の順となり、2.2気圧からかなり劣った。土耕区で4.5気圧のT/R率が低いのは、根の生育が悪いにもかかわらず、地上部の生育がさらに不良であったためで、その細根量は第2表の通り土耕区1.4気圧および土耕区2.2気圧に比べて非常に少なかった。

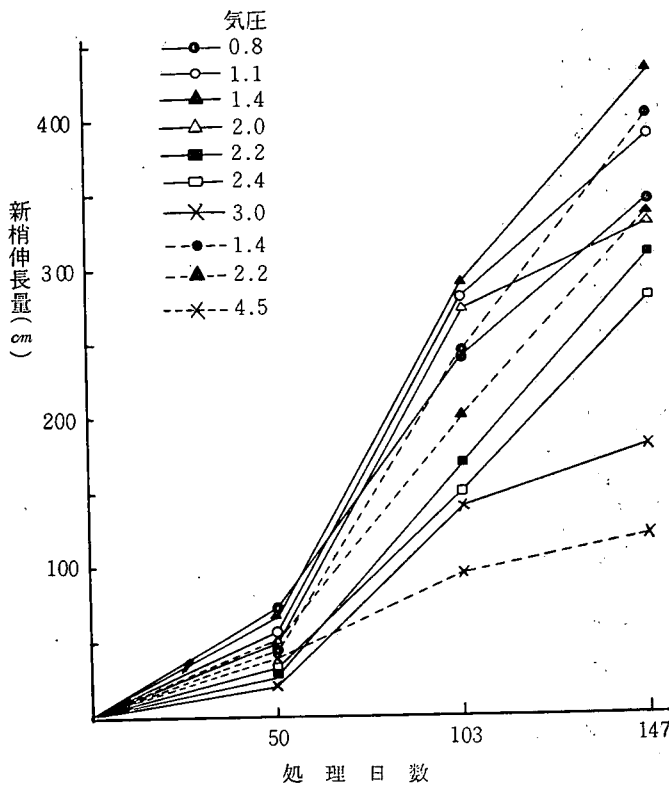
硝酸カルシウム処理が時期別の新梢伸長量に及ぼす影響は第1図の通りである。

第1図にみられるごとく処理50日目に、すでにわずかながら処理間の差が現われていた。103日目には処理による差が相当にはっきりと出ている。2.0気圧では処理103日ころまで、かなり順調な生育を示したが、以後、生育が急激に劣えて、実験終了時には0.8気圧の新梢伸長量と逆転した。このことから2.0気圧では濃度障害を受ける限界とも考えられる。一般に生育阻害は培養液の浸透圧の増大とほぼ直線的関係を示しているが<sup>(1,4,8,9)</sup>、本実験でも一部を除いてやや同じ傾向となった(第2図)。

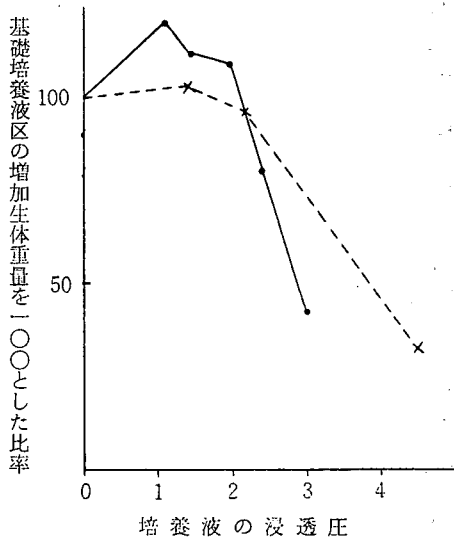
岩田<sup>(7)</sup>は蔬菜の生育に及ぼす窒素の形態の相違を調べ、培養液の窒素濃度が560ppm以上になるとアンモニア態窒素は硝酸態窒素に比べて生育阻害の度合いが大きいことをみている。またMagistad等によると培養液のカチオンの中で、Caの割合がNaやMgよりも多くなるとアルファルファの収量が増加している。さらにトウモロコシの生育抑制に及ぼす浸透圧の作用はNaやMgまたはKの塩化物がCaの2倍にも達している<sup>(1)</sup>。したがって硝酸カルシウムはアンモニア態の塩類に比べてイオンの害作用は少ないものと思われる。Chapman等<sup>(8)</sup>はオレンジの生育に好適な窒素濃度の範囲は1.4~400ppmとかなり広く、与える液量の多少が重要な要素となることを示唆している。同様に、Magistad等<sup>(8)</sup>は0.4気圧の基礎培養液でも、それを十分に施用することですぐれた収量をあげている。本実験では0.8気圧における生育量が1.1~1.4気圧に比べて劣ったのは基礎培養液としてCaを含んでいなかったことにも原因があると思われるが、培養液の供給量が窒素濃度の割合

第2表 硝酸カルシウムの施用濃度がカラタチ実生の生育に及ぼす影響

培養液浸透圧		増加生体重量	新梢伸長量	T/R率	細根重量(乾物)
気圧		g	cm		g
砂耕区	0.8	92	346	1.9	6.2
	1.1	111	389	2.3	5.2
	1.4	103	407	2.5	5.4
	2.0	101	329	2.2	5.1
	2.2	67	285	2.4	4.1
	2.4	73	281	2.3	4.9
	3.0	39	180	2.4	2.2
LSD. 05		22.6	110.8	—	1.02
土耕区	1.4	95	403	2.6	4.0
	2.2	89	332	2.3	5.1
	4.5	30	125	1.4	2.2
	LSD. 05		8.5	15.4	—



第1図 硝酸カルシウムの施用濃度とカラタチ実生の時期別新梢伸長量の時期別新梢伸長量  
 ——砂耕区 ----土耕区



第2図 硝酸カルシウムの施用濃度がカラタチ実生の増加生体重量に及ぼす影響  
 ——砂耕区 ----土耕区

には不足していたのかも知れない。供給量がさらに増すことによって、低濃度処理区の生育量は増大したものと思われる。作物の種類やその発育の段階、さらには培養液の性質や温度などによって相違はあるが、最高の生育を示す培養液の浸透圧は、おおむね0.3~2.0気圧であるといわれる<sup>(8)</sup>。Reed, Haas<sup>(10)</sup>はカンキツについて1.2気圧が最適であるとしているが、本実験でも1.4気圧前後が最も良好な生育を示した。

2. 硝酸カルシウム処理と樹体各部の成分濃度との関係

処理区別および樹体各部の成分濃度は第3表の通りである。N成分においてはN処理濃度が高くなるにつれて高い値を示し、枝では2.2気圧で最高となり、葉では2.0気圧、太根では1.4気圧、細根では2.4気圧がそれぞれ最高を示し、以後さらに処理濃度が高くなるにつれて含有率は低下した。すなわち太根、葉に含まれるN成分濃度と樹勢との間には一定の傾向があるが、その最高値は一致しない。この分析は樹の生育途中で行なったものであり、新梢の伸長が停止し完全に葉が硬化した時のものではないため、枝梢の伸長に伴う成分濃度の希釈効果や、それぞれの部位のN成分の蓄積が不十分であったことなどが考えられる。したがって、この結果から断定することは困難であるが、1.1気圧や1.4気圧は生育が最も

第3表 カラタチ実生樹体各部の成分含量 (対乾物)

処 理 区 (浸透区)	N (%)				P (%)				K (%)				
	枝	葉	大根	細根	枝	葉	大根	細根	枝	葉	大根	細根	
砂 耕 区	0.8	0.33	1.41	0.01	0.78	0.21	0.26	0.14	0.31	1.20	2.02	1.45	3.50
	1.1	0.82	3.28	0.67	1.52	0.23	0.21	0.16	0.42	1.18	1.92	1.55	3.50
	1.4	0.92	3.40	0.87	1.05	0.22	0.20	0.19	0.43	1.00	1.92	1.25	3.00
	2.0	0.99	3.63	0.75	1.98	0.21	0.21	0.21	0.35	0.92	1.55	1.25	3.20
	2.2	1.02	3.06	0.67	2.01	0.21	0.20	0.22	0.34	0.92	1.50	1.12	3.25
	2.4	0.92	3.01	0.64	2.32	0.11	0.25	0.11	0.29	1.00	1.35	1.18	3.42
	3.0	0.73	2.98	0.42	2.11	0.08	0.17	0.10	0.25	0.88	1.08	0.88	1.50
土 耕 区	1.4	1.08	3.65	0.75	2.13	0.10	0.35	0.20	0.23	1.00	2.02	1.25	3.75
	2.2	0.88	3.32	0.67	2.24	0.12	0.24	0.07	0.20	0.88	1.62	1.18	3.25
	4.5	1.13	2.81	1.05	2.80	0.21	0.20	0.07	0.18	0.80	1.00	0.88	2.62

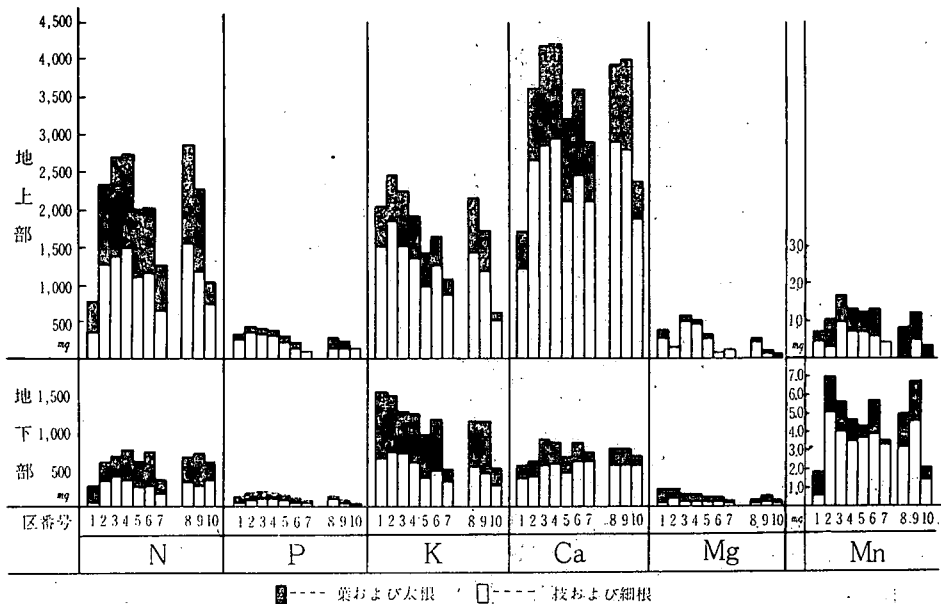
	Ca (%)				Mg (%)				Mn (ppm)				
	枝	葉	大根	細根	枝	葉	大根	細根	枝	葉	大根	細根	
砂 耕 区	0.8	0.99	1.87	0.81	0.67	0.23	0.33	0.08	0.75	4	7	27	20
	1.1	0.70	2.95	0.81	0.98	0.10	0.03	0.02	0.62	2	23	39	244
	1.4	1.90	3.45	1.15	1.50	0.43	0.15	0.11	0.46	7	19	33	184
	2.0	1.97	3.67	1.19	1.32	0.31	0.07	0.11	0.44	5	19	23	175
	2.2	1.97	3.77	1.23	1.27	0.26	0.13	0.13	0.45	7	19	18	244
	2.4	1.95	4.20	1.37	1.26	0.03	0.14	0.09	0.43	5	26	42	251
	3.0	2.14	4.34	1.45	1.46	0.11	0.14	0.03	0.54	5	tr	22	297
土 耕 区	1.4	2.02	3.04	1.23	1.36	0.16	0.13	0.06	0.35	tr	21	42	200
	2.2	2.08	3.75	1.33	1.08	0.05	0.13	0.11	0.48	4	23	51	228
	4.5	2.90	4.74	1.54	1.48	0.01	0.21	0.08	0.30	tr	28	19	164

良いにもかかわらず、N成分が最高値を示さないのは、新梢の伸長がすぐれているために成分濃度が希釈されたものと考えられる。また特に細根のN成分含量が高濃度処理区で高いのは吸収が盛んなのではなく、地上部の生育が不良のため、吸収されたNが円滑に移行しなくて蓄積されたものと考えられる。各部位のP成分含量は葉は別として、処理間にあきらかな傾向を示し、枝では1.4気圧、大根では2.2気圧、細根では1.4気圧がそれぞれ最高となり、処理濃度が高くなるにつれてぜんじ減少した。枝および細根のP成分含量は樹勢との関連が高い。Kは硝酸カルシウムの処理濃度が高くなるにつれて各部位の含有%が一様に減少したが、Caとの拮抗作用によるものと考えられる<sup>(1)</sup>。Caは第1表の通りNと同様、処理濃度が高くなるとともに供給量が多くなっているが、Nのように高濃度処理によって樹体内の成分含量の低下がみられず、処理濃度が高いほど、樹体内含有%も高くなった。Mgは各部位とも処理濃度の影響は判然としないが、各部位とも全般に低濃度処理区が高濃度処理区に比べてやや高い値を示した。Mnは処理区間の傾向が判然としなかった。

### 3. 硝酸カルシウム処理と養分吸収量との関係

処理区別および部位別養分吸収量は第3図の通りで、各成分の吸収量と樹勢との関係は成分含量と樹勢との関係より高く、Nは地上部、地下部とも2.0気圧区が吸収の最高値を示し、硝酸カルシウムの処理濃度が高くなるにしたがって、ぜんじ吸収量が低下した。2.0気圧におけるNの各部位別吸収量は葉に35%、枝に43%、細根に10%の割合で吸収され、地上部対地下部の割合は、78:22であった。処理区別には地上部対地下部の吸収量にあきらかな傾向はみられず、全処理区を通じて

81 : 19から73 : 27の間にありいずれも大差はない。Pの吸収量は地上部、地下部ともにNの吸収量と平行的傾向を示した。地上部では1.1気圧、地下部では1.4気圧を最高として、処理濃度が高くなるにつれてせんじ減少した。1.4気圧におけるPの部位別吸収量は、葉に13%、枝に56%、細根に16%、太根に15%がそれぞれ吸収されており、地上部対地下部の割合は69 : 31でNに比べて、葉の吸収量が非常に少なく、地下部の吸収割合が高い。その中で細根に吸収されている割合が高かった。高濃度処理になるにしたがって、地下部の吸収割合は高くなる傾向があり、1.1気圧の72 : 28から3.0気圧の63 : 37の範囲にあった。Kの吸収量は処理濃度が高くなるにつれて減少した。これはCaとのきっこう作用によるものと考えられる。部位別吸収量は1.1気圧で葉に16%、枝に47%、細根に18%、太根に19%となり地上部対地下部の割合は63 : 27で前2者に比べて地下部の割合がさらに高い。このことは、後述のCaの吸収量が地上部にきわめて多いことから、地上部へのKの移行を妨げている結果によるものと考えられる。全区間を通じて、3.0気圧の68 : 32から0.8気圧の57 : 43の範囲にあり、処理区別傾向はあきらかではなかった。土耕区においては高濃度処理になるにしたがって、地下部の吸収割合が高くなった。

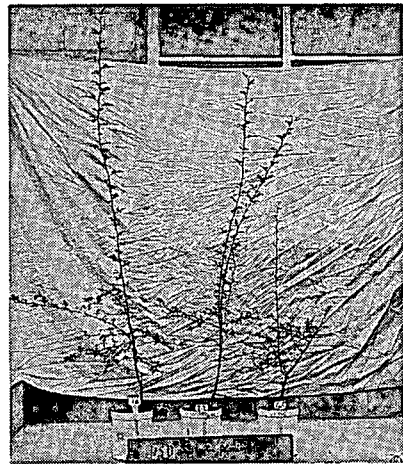
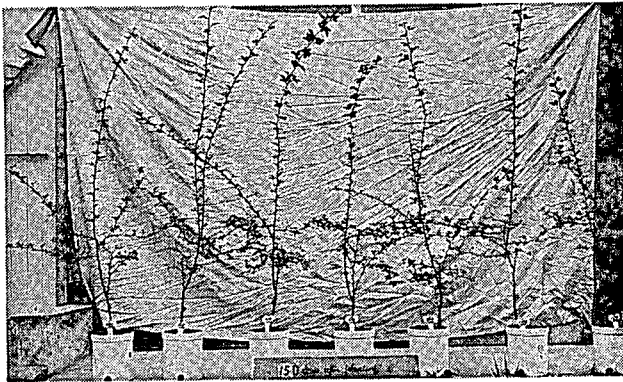


第3図 硝酸カルシウムの施用濃度とカラタチ実生の樹体各部における養分吸収量

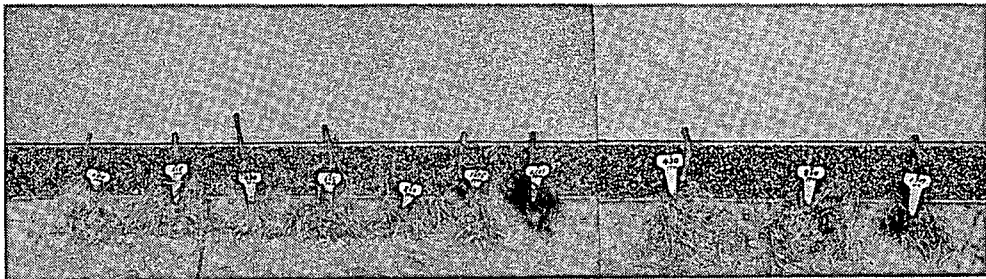
区番号	砂耕区	1	2	3	4	5	6	7	土耕区	8	9	10
培養液浸透圧 (気圧)		0.8	1.1	1.4	2.0	2.2	2.4	3.0		1.4	2.2	4.5

Caの吸収量は処理濃度別にNの吸収量と平行的で、しかもNと同じく地上部の吸収割合が高く、1.1気圧では地上部に86%も吸収されており、葉に23%、枝に63%、細根に5%、大根に9%と特に枝に吸収されている割合が多かった。地上部の吸収割合の最も低い0.8気圧区においても、76%が地上部に、しかも55%が枝に吸収された。Mgの地上部における吸収量はおおむねNの吸収量と平行的であるが1.1気圧区が極端に低く、この原因ははっきりしないが、Kの吸収量が1.1気圧に最も多いことからきっこう作用によるものかもしれない。また地上部の吸収量の割合が少なく、特に葉のMg吸収量が少ないが、実験終了時はまだ生育が途中で、養分の移行が十分でなかったことによるものと思われる。Mnの吸収量は地上部、地下部とも処理濃度の最も低い28 ppm および最も高い1285 ppmの各区に少なく、Nの吸収量の傾向と似ているが、処理区別傾向はNほどには判然と

しなかった。本実験の結果からは、Nの吸収量が多ければMnの吸収量が多いとは言えない。Mnは他の成分と異なり、根に72%から90%が含まれており、細根には全体の60%が吸収された。このことからMnはきわめて移行しにくい成分と考えられる。大沢<sup>(9)</sup>はアルカリ金属およびアルカリ土金属の塩化物、硫酸塩を用いて培養液の浸透圧を規定し蔬菜の生育障害を調べているが、多くの場合生育障害は培養液の浸透圧の増大に比例し、塩類の種類とは無関係に、等浸透圧ではほぼ同等の生育障害をきたしている。したがって、塩類過剰による蔬菜の生育障害は一般に浸透圧の作用がその一次的原因をなすものと考察している<sup>(2)</sup>。培養液の中のイオン濃度が高くなるにつれて、そのイオンの植物体内含量は増加する場合が多い<sup>(1,4,7,9)</sup>。本実験では培養液のカルシウムイオンの増加とともに、樹体内Ca含量が比例的に高くなったが、細根を除く樹体各部の窒素含量は1.1~2.2気圧以上で硝酸イオンの増加に伴って逆に低くなる傾向であった。すなわち硝酸カルシウムの高濃度施用によるカラタチ実生の生育障害はイオンの過剰蓄積の観点からみれば、硝酸イオンよりもカルシウムイオンが問題となりそうである。



第4図 カラタチ実生の地上部生育の相違 (植付後150日)  
左：砂耕区、右：土耕区  
(左から右へ、低濃度~高濃度)



第5図 カラタチ実生の地下部生育の相違 (実験終了時)  
左：砂耕区 右：土耕区

### III. 摘 要

1. 1965年4月に、2年生のカラタチ実生をポットに植え、培養液の硝酸カルシウム濃度をいろいろに変えて与えた。培養液濃度が樹体の生育ならびに養分吸収に及ぼす影響を調べた。

2. 樹体の生育は砂耕区において、培養液の浸透圧が0.8~2.0気圧の範囲でかなり良好であったが、2.2気圧以上になると著しく劣った。砂耕区の細根量は高濃度処理区で少なくなった。
3. 樹体各部のCa含量は硝酸カルシウムの施用濃度にほぼ比例して高くなり、逆にK含量は低くなった。N, P, Mg含量は細根のN含量を除いて高濃度処理区がやや低くなった。N, P, Mg, Mn成分それぞれの樹体各部における最高含量は処理濃度と一致しなかった。
4. N, P, K, Ca, Mnの樹体内吸収量は1.1~2.0気圧で最高を示し、それ以上の高濃度になると低下した。樹体の総吸収量はCaが最も多かった。Mnを除いて、各成分はいずれも地下部より地上部の方に多かった。

#### 引用文献

1. Bernstein, L. 1964. Plant analysis and fertilizer problems IV: 25-45.
2. ——— and H. E. Hayward. 1958. Ann. Rev. Plant Physiol. 9: 25-46.
3. Chapman, H. D. and G. F. Jr. Liebig. 1937. Hilgardia 13: 141.
4. Eaton, F. M. 1942. Jour. Agr. Res. 64 (7): 357-399.
5. Hewitt, E. J. 1966. Tech. Comm. No. 22 of the Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops. East Malling.
6. 岩本数人・大津豊男・内堀弘治・平方康夫・宮崎久哉. 1965. 熊本果試報 2: 45-75.
7. 岩田正利. 1958. 園学雑. 27 (1): 21-31.
8. Magistad, O. C., Alvin D. Ayers, C. H. Wadleigh and H. G. Gauch. 1943. Plant Physiol. 18: 151-166.
9. 大沢孝也. 1963. 園学雑. 32 (3): 211-223.
10. Reed, H. S. and A. R. C. Haas. 1924. Amer. Jour. Bot. 11: 78

(昭和41年7月20日受理)