

下層土の物理的要因とミカンの生育

古 賀 汎*

はじめに

ミカンは永年作物の特性から、林木、桑などとともに入土壌条件に影響される程度が大きく、とくに土壌の物理性が適地性に関与すると考えられ、本誌でもすでに、その生育には深層まで容気量が多く、根の深いところがよいことが紹介されている¹⁾。しかし、最近まではミカンの生育と土壌の物理量との関係を明らかにしたものは比較的少なく、根の分布に対する含空気孔隙量の限界¹⁰⁾¹⁵⁾や、樹体あるいは果実の生長に影響する土壌水分の限界⁵⁾が示されたに過ぎない。

この数年来、現地圃の調査から、土壌の物理性と生産力の関係が詳細に研究されるようになり、生育あるいは根の伸長に対する適正物理量も提示されるようになった¹²⁾¹⁹⁾。筆者らもまた、現地圃¹²⁾および機械開墾によるミカン園造成地⁹⁾における土壌生産力は、一義的には土層における根の伸長の難易すなわち「有効土層の深さ」に支配され、さらに土層の物理性が地下水位の変動と土壌水分の動態—「土壌の乾湿」—に反映して生育、収量に著しく影響することを示し、生育抑制が始まる土壌水分、適正な土層の深さや有効保水量などを明らかにし、土層の深さや土壌の乾湿を区分要因として土壌区と生産力の関係について報告した。

ここでは、現地調査およびライシメーター、コンクリート棒、a/2000規模の実験結果から、鉍質土壌におけるミカン根の伸長および生育に影響する下層土の物理的要因とその限界について水の動態を通じて検討する。

1. ミカン園土壌の物理性と根の分布

1. 土壌の固相率、仮比重および山中式硬度計の読み

一般にミカンの大～中根は比較的浅く、小細根は深くまで分布するが、傾斜地では深くても1m内外にとどまる場合が多い。土壌断面における根の分布は大きさ別の断面分布割

合で表わされるが、5mm以下の小細根の分布は根量をかなりよく表わしていることが認められる。いま、小細根の断面分布割合が10%以上を根の伸入に対する適正、10%以下を抑制、根の分布がない場合を制限とし、四圍地域の代表的鉍質ミカン園土壌の土層10～20cmごとに測定した固相率、仮比重の範囲を示すと表-1のとおりである。

ミカン園土壌の固相率、仮比重はほとんど耕起されないため土壌の基本的な性質を表わし、液相や気相率にも強く影響するものとみられるが、表-1のように固相率、仮比重の増大は一般に根の伸入を抑制あるいは制限する傾向がみられ、結晶片岩、安山岩、中生層、古生層に由来する土壌では、根の伸入に対してかなり一致した範囲を示している。しかし、粗粒質の花崗岩土では固相率65%、仮比重1.7位まで根が伸入するのに対して、細粒質の和泉砂岩土では固相率42%、仮比重1.1前後で制限される場合がある。このように根の伸入の抑制あるいは制限となる仮比重や固相率は土壌の種類とくに土性によって著しく異なるもので、各種作物についても同様なことが示されている⁶⁾¹³⁾。

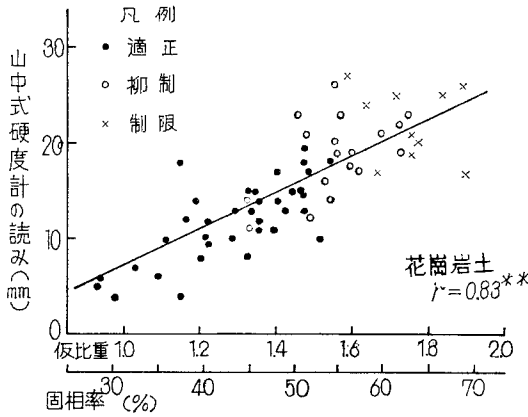
つぎに山中式硬度計の読みは土壌のち密度、硬度を表

表-1 ミカン園における根の分布と土壌の固相率、仮比重

地質 母材	土性	礫 (Gv%)	固相率 (Sv%)			仮比重		
			適正	抑制	制限	適正	抑制	制限
花崗岩	SL	20>	35 ~58	49 ~66	61 ~73	0.9 ~1.5	1.3 ~1.7	1.6 ~1.9
和泉砂岩	SL -SCL	25>	32 ~47	38 ~52	52 ~58	0.9 ~1.2	1.0 ~1.4	1.4 ~1.6
和泉砂岩	LiC -HC	3>	31 ~42	37 ~42	42 ~48	0.8 ~1.1	1.0 ~1.1	1.1 ~1.3
結晶片岩	L -CL	20>	28 ~48	45 ~54	57 ~60	0.7 ~1.3	1.3 ~1.5	1.6 ~1.6
安山岩	SiC -LiC	25>	29 ~48	43 ~55	—	0.7 ~1.2	1.1 ~1.4	—
中生層 古生層	SCL -LiC	30>	27 ~47	40 ~57	53 ~59	0.7 ~1.3	1.1 ~1.5	1.4 ~1.6

* 四國農業試験場 1970. 3. 5 受理

注) 根の分布(土壌断面割合); 適正(10%以上), 抑制(10%以下), 制限(なし)



図一 ミカン園における根の分布と土壌の固相率、
反比重、山中式硬度計の読みとの関係

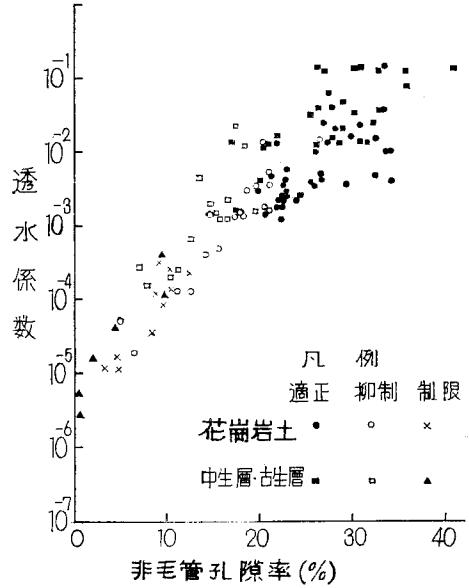
わす⁷⁾²¹⁾とされ、作物根の伸長との関係も報告されている¹⁴⁾¹⁸⁾。ミカン園においても土性がほぼ等しい同一地質母材においては反比重、固相率と硬度計の読みはかなりの相関が示され、花崗岩土では図一にも示されるように $r=0.83$ 程度の高い相関がある。しかし、小細根が断面割合で10%以上分布する土層は硬度計の読みで20mm前後以内に限られること以外は、根の伸入抑制あるいは制限との関係は明らかでない。このことは「生物学的システム」には「機械的」な物理量の対応は不十分⁹⁾なことを示しているものと思われる。

2. 非毛管孔隙および透水性

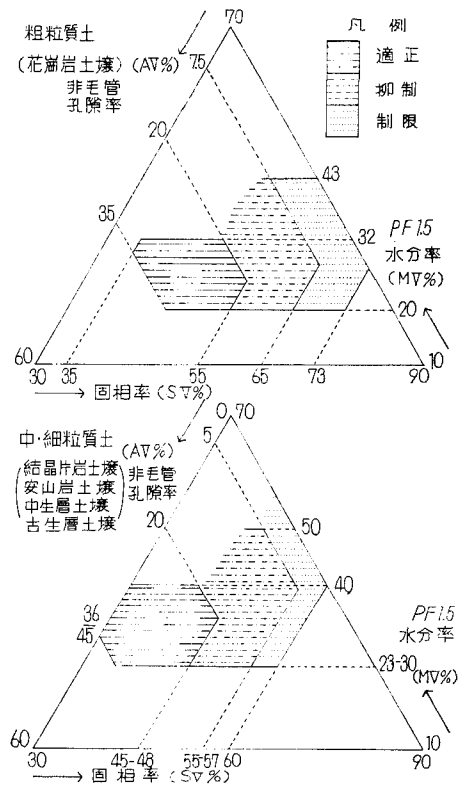
非毛管孔隙は土壌の通気性に強く影響する因子で、根の伸長発達は通気の良不良に強く支配されるものとみられる。一方、土壌の透水性は非毛管孔隙量と密接に関係し⁹⁾、土壌の構造の側面を表わすものとみられる。非毛管孔隙率を全孔隙率と pF1.5の水分率との差で表わし、飽和透水係数との関係を示すと図二のように鉍質土壌では地質母材、土性に関係なくかなり一致した対応関係が認められ、根の伸入の適性範囲の非毛管孔隙率は20%以上、透水係数は 10^{-3} オーダー以上で、同様に制限範囲は非毛管孔隙率5~10%以下、透水係数 10^{-5} 以下とみることができる。非毛管孔隙の制限範囲は従来ミカンについて根群がきわめて稀になるか、あるいは認められなくなる限界とされている含空気孔隙量8%¹⁰⁾、あるいは10%¹²⁾などに近い値を示している。

3. pF1.5条件における三相分布

土壌の三相分布を三角座標上に表示し、適正、抑制、制限範囲を図示すれば、固相、液相、気相それぞれの適、不適条件を明らかにできる。しかし、傾斜地におけるミカン園の土壌水分の変動はきわめて大きい⁴⁾ので、土壌水分を pF1.5条件に規制した場合の三相分布を示す



図二 ミカン園における根の分布と土壌の非毛管孔隙率、透水性との関係



図三 ミカン園土壌のpF1.5条件における
三相と根の分布

ことにした。これによれば、固相、pF1.5水分率、非毛管孔隙（pF 0-1.5）が三角座標上に示される。

ミカン根の伸入に対する適正、抑制、制限範囲は図-3のように固相率および pF1.5水分については土性によって異なるが、各土壌とも固相率の増大によって根の伸入が抑制される傾向を示し、適正範囲は粗粒質土では35%から55%、中～細粒質土では30%から48%前後までに入り、制限範囲は前者で65%以上、後者でほぼ57%以上となっている。

pF1.5水分の過大は各土壌とも非毛管孔隙率の過小とおおむね表裏の関係にあり、その過小は例がきわめて少ないが、礫土において根の伸入を制限している場合があった。また、非毛管孔隙率は各土壌ともほぼ等しい値によって根の伸入を規制することについては前述したとおりである。

愛媛県の柑橘園土壌については、ここでいう制限範囲以外を適正範囲とすると、固、液、気相の三相がおよそ40-57、20-45、10-35の範囲で示され、この範囲は土性によって若干づつ相違するが根群域制限土層は、三相のいずれかが上記範囲を超えることが報告されている¹⁹⁾。ここでは液相を pF1.5水分としたため十分の比較はできないが、非毛管孔隙率の適正範囲は土性が違っても比較的一致した値を示すに対し、固相率の範囲は土性によって明らかに異なるので、根群あるいは生育に対する三相適正範囲は土性あるいは土壌の種類別に示すことが妥当であろう。

以上、根の分布に影響する物理的要因として各土壌を通じて非毛管孔隙率が優位にあげられ、ほぼ20%以上が適正範囲、20%から10-5%までが抑制範囲、10-5%以下が制限範囲となり、透水性は非毛管孔隙量に規制されることから透水係数 10^{-8} オーダー以上が適正範囲、 10^{-7} 以下が制限範囲と認められた。ついで固相率も根の分布に影響する要因となっており、土性によって根の伸長の適正あるいは制限範囲を異にする。このように鉨質ミカン園土壌においては、非毛管孔隙率および固相率が根の伸長発達に関係する主要な要因として上げられ、この2要因の組合せによって根の伸長に対する物理性の適正、あるいは抑制範囲が決定されるとみてさしつかえないであろう。

なお、細根が密に分布し、有機物が多い表層土は三角座標の左方に分布している。この部位の土壌の物理性は固相率が小さく、非毛管孔隙が大きく、土壌水分の保持

表-2 ミカン根の伸長程度と下層土の固相および気相率

供試土壌 (土性)	水分 条件 (pF)	根重最高 (100)		根重80%に低下		根重20%に低下				
		固相 (Sv%)	相仮比重 (Av%)	固相 (Sv%)	相仮比重 (Av%)	固相 (Sv%)	相仮比重 (Av%)			
花崗岩土 (SL)	1.0	45	1.2	19	51	1.4	9	59	1.6	2
	1.5 } 2.0	55	1.5	17	63	1.7	8	66	1.8	2
安山岩土 (Lic)	1.5 } 2.0	17	1.0	17	43	1.2	7	50	1.3	1>

も適当ということができ、根系の伸長発達にもっとも良好な条件を与えるものと思われる。

2. 根の伸長に関与する

下層土の物理的要因

ミカン園土壌の物理性と根の分布の解析によって、主な物理的要因として非毛管孔隙率と固相率あるいは仮比重をあげることができたが、これらを検証してその限界を知るためには条件を整えた実験的検討が必要である。筆者らは現在、ライシメーターあるいはコンクリート棒などを用いた実験を行なっているが、ライシメーターにおいて人工的に圧縮した下層土の物理性と根量との関係は固相率、山中式硬度計の読みと負、非毛管孔隙率、透水係数と正の相関があり、さらに根量は生育、収量にも密接に反映する。このことは現地園において土壌の物理性が根の伸長を通じて生育、収量に強く関与していることと一致する。

このような物理性のうち、とくに根の伸長に影響するとみられる要因とその限界を明らかにするため、粗粒質の花崗岩土と中～細粒質の安山岩土を用いて固相率、仮

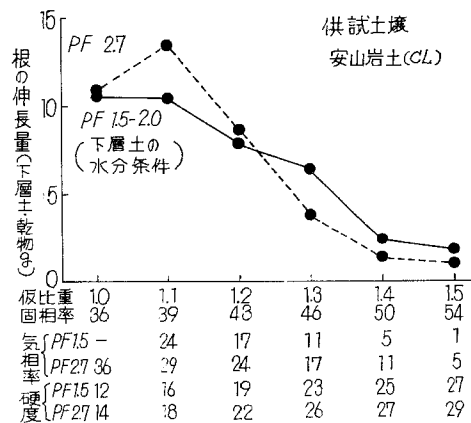


図-4 下層土の気相率、土壌硬度計の読みとミカン根の伸長

比重を変えた圧縮土層を作り、地下水位を変えることによって土壤水分を規制した上で根の伸長を実験した。

まず根の伸長程度ごとの土壤の固相率、仮比重は表一2に示されるように土性によって大きく異なる。すなわち、同一水分条件で根の伸長がもっともよい場合の物理性は花崗岩土（SL）では仮比重 1.5、固相率55%前後に対し、安山岩土（LiC）では仮比重 1.0、固相率37%前後であり、根量が80%以下あるいは20%前後となり根の伸長が制限される場合についても花崗岩土で高く、安山岩土で低い。

つぎに水分条件の影響について検討すると根の伸入程度に対する土壤の固相率、仮比重は、pF1.0前後の高水分の場合がpF1.5~2.0の水分に比較して低い値を示す。これはほぼ気相率の減少に対応しており、いずれも通気性がわるくなったことが原因となっているものと考えられ、現地園土壤で認められた非毛管孔隙率20%以上が適正範囲、制限範囲が5%前後以下とほぼ一致した値を示している。

また、pF1.5~2.0とpF2.7前後の低水分条件とを比較すれば、図一4に示されるように根の伸入の抑制あるいは制限に対する土壤の固相率、仮比重は前者よりも後者が低い値を示す。低水分になることによって気相率が必然的に上昇しているにもかかわらずこのように根の伸入の抑制が強まることは、この場合固相の充填密度自体は変わらないので、むしろ土壤水分の低下によって山中式硬度計の読みを表わされるような機械的な土壤の硬度あるいは抵抗¹⁾を高めることが原因となっているものと考えられる。このようなことは畑作物の実験によっても認められることである。

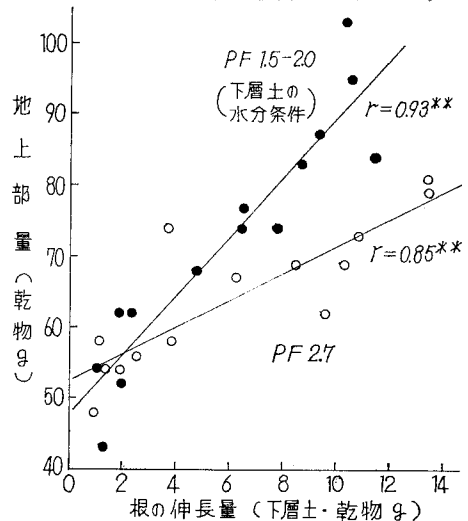
土壤硬度について、わが国では根の伸長実験を行なった成績は少ないが、水稻では山中式硬度計の読みが23mm附近で限界を示すとされ¹⁸⁾、また、畑作物で25mm⁷⁾あるいは17~20mm、7~13kg/cm²¹⁴⁾という報告がある。本実験のpF2.7前後の条件ではほぼ22~23mmで根の伸長が抑制されるとみられたが、このような土壤硬度による根の伸長抑制は、相当な乾燥条件で認められたことから、傾斜地ミカン園においては下層土がひん繁に乾燥する⁴⁾夏~秋期に起こるものと思われる。

以上によって、現地ミカン園土壤で推定された非毛管孔隙率と固相率が根の伸長発達に影響する要因となることは実験的にも認められ、この場合、固相率が大きいことは乾燥条件において機械的な硬度あるいは抵抗を高めることが原因となっていると考えられた。

3. 下層土の透水性および

保水性とミカンの生育

下層土への根の伸長は、主として養水分の吸収域を拡大することになるので、前述した根の伸長実験においても図一5に示すように下層土の根量は地上部の生育を旺盛にする。しかし、下層土の物理的要因は、単に根の伸長を通じて地上部の生育に影響するにとどまらず、表層土を含めた水の動きや根域を中心とした有効保水量全体を通じて生育に影響することが考えられる。したがって、下層土の透水性や保水性の質、量の面からミカンの生育に影響する物理的要因の検討が必要である。



図一5 ミカン根の伸長と地上部生育の関係

1. 下層土の透水性とミカンの生育

根の伸長発達にもっとも関係が深い土壤の非毛管孔隙

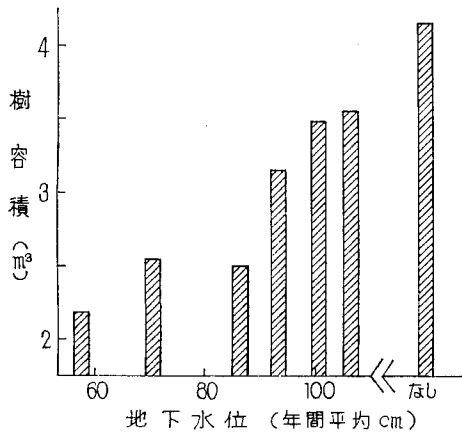
表一3 下層土の透水性が表層土およびミカンの生育におよぼす影響

透水係数	表層土への影響			地下部(表層土)			地上部		T/R
	湛水日数 ⁽¹⁾	Eh (mV)	硝酸化成率 ⁽²⁾ (%)	細根率 (%)	腐程	TTC 反応 ⁽³⁾	落葉率 (%)	全重 T(g)	
10 ⁻²	0	630 ~ 440	78	33	—	+	7	66	1.2
10 ⁻³	0	510 ~ 330	65	33	—	++	5	72	1.3
10 ⁻⁴	10	170 ~ -34	49	30	+	+	14	57	1.1
10 ⁻⁵	18	70 ~ -150	14	20	++	±	42	37	0.9

注) 1. 実験期間 7月2日—8月21日 (降雨量160mm, 灌水21mm)
 2. (1)通算湛水日数
 3. (2)施肥後4週間目のNH₄-N+NO₃-Nに対するNO₃-N割合
 4. (3)TTC (トリフェニルテラゾリウムクロライド)

量が透水速度を左右することについてはすでに述べたが、水の浸透が縦浸透のみによって行なわれるライシメーターにおいて、30cm以下の下層土の透水係数が 10^{-4} ~ 10^{-5} のオーダー以下となれば、多量降雨によって、表層土は飽水状態となり、地表流出が起こる場合がある。

このような下層土の透水性がミカンの生育におよぼす影響の限界について知るために、下層20cm以下の透水係数を土壌の充填密度を変えて実験した。すなわち、表一3のように多量降雨あるいは灌水によって、下層土の透水性は表層土の土壌水分、酸化還元電位に強く影響し、これらが根の腐朽あるいは活性度はもちろん、地上部の落葉程度に著しく影響して地上部生育に反映することが認められる。この場合、短期間の実験であるため下層土への根の伸長の影響は無視できるので、表層土の根域あるいは地上部生育に対する下層土の透水性の適正範囲は、飽和透水係数 10^{-2} ~ 10^{-3} 、抑制範囲は 10^{-4} 、制限範囲は 10^{-5} ~ 10^{-6} のオーダーで示される。このような透水性の範囲は、非毛管孔隙量と対応して、前述した根の伸長の適正、抑制、制限範囲とほぼ一致するものである。



図一六 ミカン園における地下水水位と幼木の生育

この実験に示されたような下層土の透水性がミカンの生育におよぼす直接の影響は、横浸透が多い傾斜地ミカン園においては当然局所的なものと考えられるが、水田転換園などにおいてはとくに留意されねばならないであろう。しかし、傾斜地ミカン園においても、花崗岩や和泉砂岩を母材とする残積土壌の未風化〜風化岩盤層や中生層や洪積層などの下層土においては、透水性がきわめてわるいことが推定され、水の横への動きも加わって生育に強く影響するものと思われる。

筆者ら⁴⁾は花崗岩を母材とする凹型傾斜地において、飽和透水係数が 10^{-5} ~ 10^{-6} 以上のような土層では、凹型斜面に地下水が集まり、その水位の変動によって土壌断面に酸化沈積物が生成する場合があります、地下水水位の位置

が図一六に示すようにミカンの生育に密接に関係することを認めている。また、圃場水分の減少は凸型斜面では降雨後1~2日で平衡的になるが、凹型斜面ではきわめてゆるやかな減少を示し、24時間容水量(圃場容水量)は前者でpF2.0前後、後者でpF1.0~1.3である。したがって凹型斜面では降雨後の過湿期間が長く、果実の落果率を高くし、果実肥大や樹体生長をも抑制する。さらに、降雨後1~2日でpF1.5前後まで排水されるためには地下水水位が90~100cm以下に低下する必要が認められた。

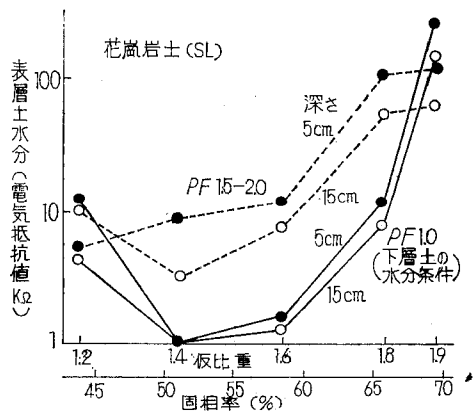
2. 下層土の保水性とミカンの生育

従来、土壌水分が初期萎凋点まで減少すれば作物の生育が抑制されると考えられていた、しかし、最近では畑作物の一時的しおれ時の土壌水分は pF3.0~3.5²²⁾ であって、積極的な生長を促すためには pF3.0前後の毛管連絡切断点水分あるいは正常生育阻害水分点が重要であるとされている¹⁶⁾。前述した傾斜地ミカン園土壌においては、果実肥大抑制時の土壌水分張力は根域の下限において pF2.7~3.0 であって、これは従来報告された成績²⁾ともほぼ一致し、果樹に共通な生長抑制時の土壌水分を示していると思われる。また、夏梢の明らかな一時的しおれや落葉の増大をもたらす土壌水分張力は pF4.0~4.2 であり、42年における西日本干害²⁾あるいはポット試

表一四 人工圧縮土壌の有効容水量

仮比重	固相率 (Sv%)		非毛管孔隙率 (Mv%)					有効容水量※
	1.5	2.7	1.5	3.2	2.7	4.0	3.2	
1.10	39.4	24.1	14.1	17.4	7.8	4.5	21.9	
1.21	43.4	17.0	14.8	18.6	8.7	4.9	23.5	
1.30	46.8	11.3	15.2	19.8	9.4	5.3	24.6	
1.39	49.9	7.1	14.6	18.8	9.9	5.7	24.5	
1.48	53.0	3.2	13.5	18.1	10.6	6.0	24.1	

注) ※ここでは近似的に pF1.5~4.0とした



図一七 下層土の圧縮が表層土水分におよぼす影響

験¹⁷⁾の成績ともほぼ一致し、畑作物に比較してかなり高い傾向が認められる。

このようなことからミカンに対する土壌の有効容水量（ここではpF1.5～4.2までとする）は、易動的なpF1.5前後からpF3.0前後までと難動的なpF3.0から4.2前後までとを区別しておく必要がある。いま人工的に圧縮した土壌の固相率、仮比重とこれら両領域の土壌水分率を示すと表—4のように、pF2.7—4.0の水分量は固相率、仮比重が大きくなれば増大するに対し、pF1.5—2.7領域やpF1.5—4.0の有効容水量は根の伸長が抑制されるような固相率、非毛管孔隙率のとき最大となる。このようなことは固相率—pF1.5水分率関係¹⁹⁾や容積重—土壌硬度—含水比¹⁴⁾などの報告からも推定される。

一方、下層土の構造が土壌水分の運動に影響し、火山灰土壌などでは下層土から表層土への土壌水分の供給があることも知られている¹⁶⁾²⁰⁾。いま、花崗岩土の砂壤土を用いて下層土の仮比重、固相率を変えた土層を作り、異なる水分条件における乾燥時期の表層土水分に対する影響を示すと図—7のとおりである。この実験において、仮比重、固相率が大きくなれば葉のしおれが発生したが、一般に下層土からの水の供給速度は根の伸長に対する物理性の適正範囲において比較的大きく、抑制あるいは制限範囲においてはきわめて小さいものと思われた。

したがって土壌の有効保水量は質的側面と根の伸長の深さによって決定されるといえるが、有効容水量は鉍質土壌の下層土では表—4にも示されるように数%の相違に過ぎない場合が多いので、根域の深浅によって大きく

影響されるものと思われる。

ミカン根の伸入域の保水量が生育に影響することは、愛媛県下のミカン園の調査でも報告されている¹⁹⁾が、筆者ら⁴⁾は図—8にも示すように根の伸入の深さ、すなわち有効土層は60cm前後、有効保水量は100mm前後が少なくとも必要であろうと報告した。また、1967年において連続無降雨約40日後のミカンの干害は、有効土層の深さが40cmまではきわめて強く表われるが、40—60、60—80cmとなるに従って順次軽減され、80cm以上でようやく順調な生育を示すことを認めている。

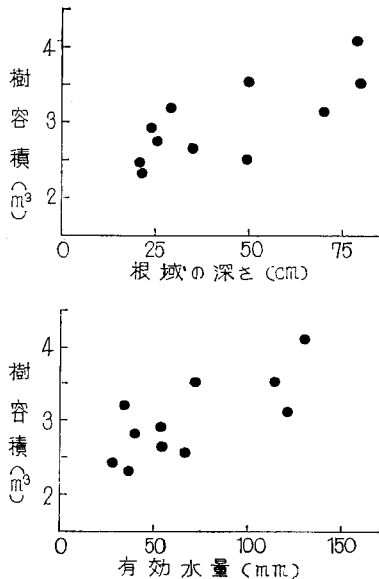
以上、根の伸長を抑制するような下層土の物理性は、水の動態を通じてミカンの生育を抑制する要因となることを述べた。すなわち、ミカンの生育に対する土壌の透水性の限界は根の伸長の抑制あるいは制限となる非毛管孔隙率とほぼ対応し、透水係数 10^{-2} — 10^{-3} が適正で、 10^{-4} では抑制、 10^{-5} — 10^{-6} では制限範囲と思われた。また、地下水位は90—100cm以上まで低下する必要があり、土壌の保水性は主として根域の深さによって左右されることから、有効土層は少なくとも60cm前後以上、有効保水量は100mm前後以上が必要であろうと思われる。

4. む す び

現地ミカン園土壌の解析および実験結果から、鉍質ミカン園土壌においては、下層土の非毛管孔隙率および固相率が根の伸長発達を規制する、すなわち有効土層を特徴づける要因とすることができる。これらの要因はまた、土壌の透水性と根域の有効保水量の適正条件に関連してミカンの生育に影響する主要な要因となるものである。

筆者に与えられた課題は「ミカン園の土壌について」であった。ミカン園土壌において、主な根域である表層土の物理性が重要なことは当然のことで、傾斜地における土壌侵食⁸⁾や土壌管理¹⁵⁾が土壌生産力に影響する場面もきわめて大きい。しかし、ここで述べた「下層土の物理的要因とミカンの生育」との関係は適地判定ばかりでなく土壌改良の指標として重要なもので、表層土も含めた土壌管理のあり方もまた示唆しているものと思われる。

ミカン園土壌の改良のためには、排水や深耕など基盤整備によって土層の物理的状態を根の伸入に最適条件とする必要があることはいうまでもない。しかし、適正な物理性の維持は土壌改良の方法、土壌管理条件さらには機械化栽培時の土壌の圧縮などによって異なるものと思われ、今後、土壌改良効果を永続させる見地からの検討が必要である。また、水の効率的利用の面から、表層土においては土壌の透水性の障害となる土壌の固結化の条



図—8 根域の深さ、有効水量とミカン幼木の生育

件について、さらに土壤の保水性の質、量とともに根の伸長域以下の土層からの水の上昇供給の限界について明らかにする必要がある。

引用文献

- 1) Barley, K. P. and Greacen, E. L. : *Advances in Agronomy*, 19, 1—43, Academic Press, N.Y. (1967)
- 2) 加藤正弘・玉井虎太郎：園芸学会 44 年度研究発表要旨, 102 (1969)
- 3) 川村秋男：瀬戸内鉾質土壤の侵蝕性とその保全に関する研究, 1—137 (1963)
- 4) 古賀汎・川村秋男：四国農試報, 15, 1 (1966) 古賀汎：四国農試報, 13, 69 (1963) 古賀汎・川村秋男：四国農試報, 21, 印刷中 (1970)
- 5) Kuraoka, T., Matsumoto, K., Kikuchi, T. and Watanabe, T. : *園学誌*, 26, 83 (1957)
- 6) Lutz, J. F. : *Soil Physical Conditions and Plant Growth* (Editor Shaw, B. T.), P.42. Academic Press, N.Y. (1952)
- 7) 松尾憲一：農技研報, B 14, 285 (1964)
- 8) 真下育久：林野土壤調査報告, 11, 1 (1960)
- 9) 美園繁：農業技術, 23—6, 1, —7, 1 (1968)
- 10) 森田義彦：農技研報, E4, 1 (1955)
- 11) 中岡和光：土壤の物理性, 9, 1 (1963)
- 12) 農林水産技術会議事務局：昭和42年度土壤生産力に関する特別研究推進会議果樹園土壌分科会資料, 1—282 (1968)
- 13) Rosenberg, N. J. : *Advances in Agronomy*, 16, 181 (1964)
- 14) 小川和夫：東海近畿農試報, 18, 192 (1969)
- 15) 坂本辰馬：愛媛果試報, 3, 1—115 (1963)
- 16) 椎名乾治：農業土木試報, 1, 83 (1963)
- 17) 鈴木鉄男・金子衛・田中実：園学誌, 36, 389 (1967)
- 18) 滝嶋康夫：土壤の物理性, 16, 10 (1967)
- 19) 丹原一寛：愛媛農試報, 9, 1—103 (1969)
- 20) 寺沢四郎：農技研報, B 13, 1 (1963)
- 21) 山中金次郎：土壤の物理性, 11—12, 1 (1965)
- 22) 横井肇：東海近畿農試報, 12, 1 (1965)