

樹園地の水収支

—有効土層の差異と水収支—

関谷 宏三* 小畑 仁**

Water Balance in Arbicultural Land

—Water Balance in Available Soil Layer—

Kozo SEKIYA and Hitoshi OBATA

Fruit Tree Research Station and Faculty of Agriculture, Mie University

果樹の生育に対し根の侵入しうる深さが著しく影響することは、古く浅見¹⁾により指摘される所である。また近年この方面の研究が盛んとなり、果樹園土壌生産力に関する研究²⁾（農林水産技術会議事務局編）では、ミカン園土壌の生産力的要因の解析の中で適正な有効土層の深さ、土層の物理的状態、土地の乾湿について検討がなされており、また古賀³⁾は、ミカンの生育が一義的に根の伸長の深さつまり有効土層の深さに支配され、土壌の物理性が土壌の乾湿に関係し、さらにはミカンの生育と収量に著しく影響することを明らかにした。

このように土壌の物理性、中でも有効土層の深さが果樹の生育に顕著に影響することを述べた報告は多いが、これらは古賀⁴⁾も指摘するように土壌調査結果より帰納したものが著しく多い。またこれら帰納により得られた結果を実験的に裏付けるため、従来ポット試験が用いられることが多く、これには種々の制約があり規模の大きな実験的研究が痛感されてきた。

以上のような観点から筆者らは、有効土層の深さに関する設計を正確に実施にうつすことが可能で、また水分環境を厳密にコントロールでき、幼木段階をすぎてかなり大型になった果樹を楽に生育させることができることをねらいに、上屋の付いた大型ライシメーターを設置した。本施設に物理性の著しく異なると考えられる3種類の土壌を、有効土層の深さを3段階に変えて充填した処理区を設けミカンを栽培し、多量にかん水した状態からの乾燥過程における処理区の土壌水分動態、樹体の水分の推移について検討し、さらに収量、果実品質におよぼす影響を検討した。本報告ではそれらの内、有効土層の深さが、土壌母材別に土壌水分の動態におよぼす影響

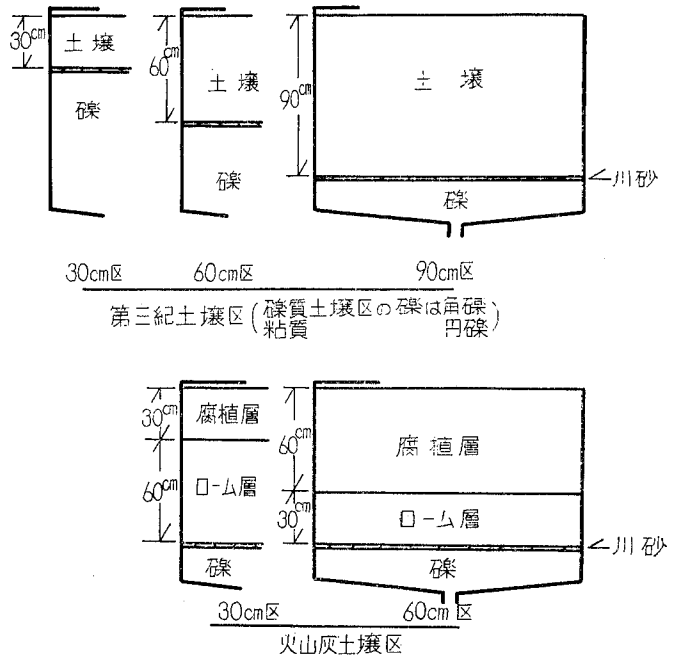
と、それらを通じて樹体の水分の状態がどのように影響されるかについて検討した結果について報告する。

方 法

1 試験区：3×3×1.5m（深さ）の試験槽を32槽だけ上屋付ライシメーターに、第1表に示す(a)第三紀粘

第1表 供試土壌の種類と試験区の設定

土壌の種類	採取地点	試験区（有効土層の深さ）		
第三紀土壌	粘質土壌	鎌倉市	30	60 90cm
	礫質土壌	足柄上郡松田町	30	60 90cm
火山灰土壌	藤沢市	30	60cm	腐植層の深さ



第1図 試験槽の断面

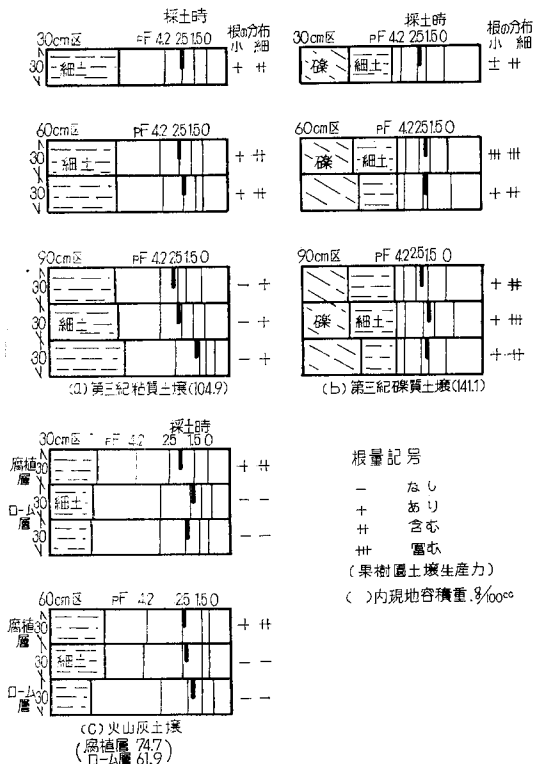
* 農林省果樹試験場 ** 三重大学農学部

質土壌、(b)第三紀礫質土壌、(c)火山灰土壌を充填した。(a)(b)については第1図に示すように、設定深さの土壌を充填し、次に厚さ5cmの川砂以下底面まで大礫とした。(c)は設定深さの腐植層次に深さ90cmまでローム層を充填し、次に川砂以下底面まで大礫とした。尚各処理区とも4連で実施した。供試樹は1969年に4年生樹(シルバーヒル・ウンシュウ)を植付け、本実験を主として行った1973年現在8年生樹で、1区につき1本植で実験を行った。

2 試験設計：各試験区に定置式かん水パイプで、実験開始1週間前にあらかじめ40mmのかん水を施し、ついで実験開始時に全区にわたって底から十分な浸透水の流出が認められるまでかん水した。かん水量は第三紀粘質土壌区、第三紀礫質土壌区で50mm/区、火山灰土壌区で70mm/区であった。以後測定期間中(第三紀土壌区で40日間、火山灰土壌区で60日間)かん水を施さず、この間の乾燥過程における土壌水分の推移と樹体の水分ポテンシャルの推移について測定した。

土壌水分測定は、あらかじめ埋設したテンシオメーターと石こうブロックにより連続して行い、また採土秤量法で抵抗-水分量曲線を求め含水比に換算した。

葉内水分ポテンシャルの測定は圧ポンベ法(Pressure Chamber法)によった。測定はかん水日を基点として



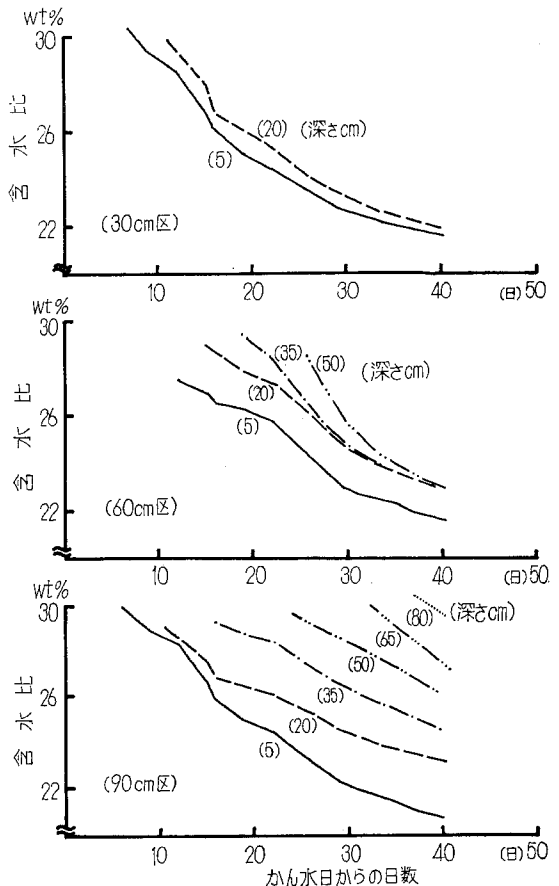
第2図 供試土壌の三相分布と pF 水分特性

1週間ごとに1回ずつ、各測定日には1日に4回(5時、10時、15時、20時)行い日変動、週変動をとらえた。あわせて蒸発計蒸発量の測定を行った。なおこれらの測定は全て7月、8月に行ったものである。

結果および考察

1 供試土壌の物理性

pF 水分曲線と三相分布を求め第2図に示した。以下各土壌について概説する。(a)第三紀粘質土壌；固相率は40%前後で、固相はごくわずかの礫を含むが大部分細土である。pF 水分曲線から、pF 0 から pF 4.2 にわたって水分率はおおむね直線的に減少する傾向が認められる。(b)第三紀礫質土壌；固相率は50%前後でその内30%程度を礫が占め、pF 4.2 以上で土壌に保持される水分が著しく少ない。また第2図に示される通り飽水しても水を保持し得ない孔隙が多く、約20% (vol%) 程度認められた。(c)火山灰土壌；腐植層は固相率が26~30%で pF 4.2



第3図 乾燥過程における含水比の推移(第三紀粘質土壌)

以上の水分が(a)(b)に比較して多く、ローム層は固相率が22~26%でpF4.2以上の水分が40%程度あり腐植層よりさらに多い。

根の分布は第三紀土壌区の場合表層から下層まで比較的一様で、根の分布程度はおおむね含む~富む(+~++)であった。火山灰土壌区では根は腐植層にのみ認められ、ローム層にはごくわずかの分布が認められるのみであった。

2 乾燥過程における含水比の推移

第三紀粘質土壌区の含水比の推移について第3図に示した。第三紀粘質土壌区、第三紀礫質土壌区について；この両土壌区では母材の性質により含水比が著しく異なったが、有効土層の深さが深くなった場合には、土壌水分変動のパターンが示す傾向は全く同じであり、地表面からの深さが等しい点の含水比を有効土層の深さが違った場合の傾向の面からみると次のようであった。まず深さ5cmの点の水分減少のパターンには、有効土層の深さが変化しても著しい差異は認められなかった。これはこの深さが浅く地表面に近いため、水分の減少が土面蒸発により決定され、また土面蒸発量に見合うだけの水分補給が円滑になされなため、有効土層の深さを異にしても顕著な差が示されなかったものと考えられる。さらに深さ20cmの点の水分減少のパターンは、有効土層30cm区では深さ5cmの点の水分減少パターンによく似ており、時間的にはやや遅くなるがかなり急激に減少したのに対し、有効土層60cm区、90cm区では明らかに減少速度が遅くなった。深さ35cmの点の含水比についてもこの傾向はあてはまり、有効土層90cm区の水分減少速度は60cm区のそれより明らかに遅い傾向を示した。

ついでこの傾向を土壌水分消費型の面から考えると次のようである。有効土層30cm区では全層にわたって水分が消費された。この場合は土層が浅いため保持される水分の絶対量が少なく、土層全体から消費されたものと考えられる。有効土層60cm区では、かん水日から20~25日以後深さ35cmの水分減少速度が深さ20cmの水分減少速度より速く、粘質土壌区では31日目、礫質土壌区では33日目に、深さ35cmと20cmの点における含水比が等しくなった。このような傾向は深さ50cmにおいても認められ、かん水日から40日目で深さ35cmと50cmの点における含水

第2表 土層深さ別消費水量 (1973年7月~8月)

土層の種類	有効土層深さ	測定期間	消費水量 mm			合計
			土層深さ cm 0-30 (I)	30-60 (II)	60-90 (III)	
第三紀 粘質土壌	30cm区	1-16	28.8			28.8 1.9/日
		16-40	9.3			9.3 0.4/日
	60cm区	1-16	17.4	16.8		34.2 2.3/日
		16-40	20.4	15.0		35.4 1.5/日
	90cm区	1-16	9.0	9.9	26.4	45.3 3.0/日
		16-40	11.7	12.9	9.6	34.2 1.4/日
第三紀 礫質土壌	30cm区	1-16	25.8			25.8 1.7/日
		16-40	3.6			3.6 0.2/日
	60cm区	1-16	19.2	16.8		36.0 2.4/日
		16-40	15.0	10.2		25.2 1.1/日
	90cm区	1-16	22.8	24.3	18.0	65.1 4.3/日
		16-40	6.6	5.7	7.2	19.5 0.8/日
火山灰土壌	30cm区	1-16	25.5	24.6	20.4	70.5 4.7/日
		16-40	39.3	10.5	4.5	54.3 2.3/日
	60cm区	1-16	28.5	20.4	31.8	80.7 5.4/日
		16-40	17.7	17.4	4.5	39.6 1.7/日

(注) † かん水日よりの日数
Ew 1-16 3.1mm/日
16-40 3.0mm/日

比がほぼ等しくなった。このようにかん水日から一定期間経過した時点において、深さ20cmを最少として下層で消費水量が多い型を示した。これは根が土層全般にわたって一様に分布する場合、表層に近い部分で利用され易い水分が著しく減少すると、より下層の根による吸水が相対的に大きく作用するためと考えられた。このような傾向が長期間降雨の侵入を遮断したクワ園においても認められることを直井ら⁵⁾が報告している。90cm区は水分が豊富で根は全層から吸水し、また下層からの水分補給も行われ各層共ほぼ同じ量だけ水分を失ったものと考えられた。

以上の結果から、土層が比較的乾燥した条件下において、有効土層が浅い場合土壌水分の減少はきわめて急速で、逆に有効土層が深い場合には下層に発達した根による吸水と下層からの水分補給により水分のバランスが保たれる点が顕著に認められた。これらの結果は寺沢^{6),7)}が火山灰土壌についてポット試験および底面にビニールを施設し水の移動を制御したほ場で得た結果と一致し、

果樹の栽植された一定容積の土壌における水分の経時的変化を、量的に把握できたものと考えられる。

2) 火山灰土壌区について；火山灰土壌の特質として含水比が大きく、またその減少速度は緩慢であった。腐植層の深さ30cm区、60cm区のいずれの場合も、腐植層の中では深さ別の水分の推移はほぼ平行であり、またその減少速度は30cm区で速かった。ローム層では含水比がさらに大きく、石こうブロックで測定可能な領域にはごくわずかの期間しか入らなかったが、腐植層に比較し水分の減少速度は一般と緩慢であった。

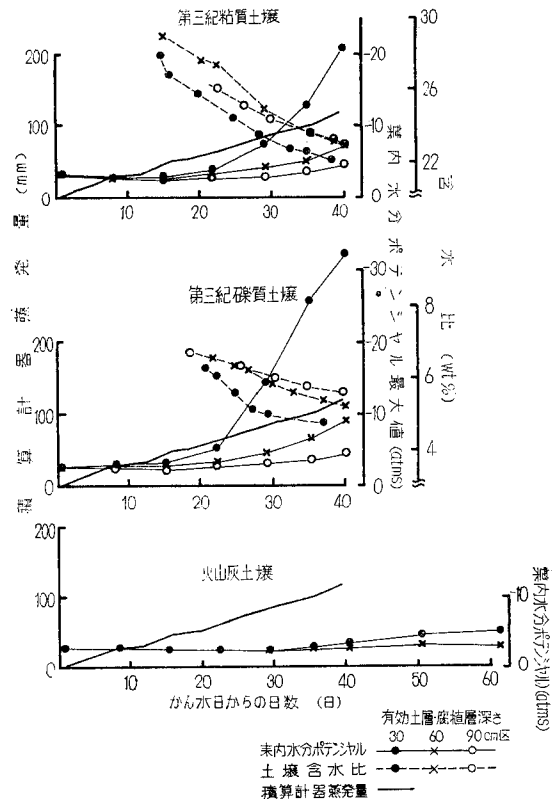
3 消費水量と下層からの補給量

かん水日より1日目（区により若干の時間的ずれがあるが、24時間容水量として扱った。）16日目、40日目の採土により消費水量を求め第2表に示した。消費水量は土層深さ0～30cm（第Ⅰ層）、30～60cm（第Ⅱ層）、60～90cm（第Ⅲ層）の3層に分けて求めた。

1) 第三紀粘質土壌区、第三紀礫質土壌区について；第三紀の両土壌は含水比が著しく異なったが、土層深さ別の消費水量の示す傾向はほぼ同様であったので、ここでは粘質土壌区について概説する。(a)かん水日より1日目から16日目の間の消費水量；この間の全消費水量は30cm区28.8mm（1.9mm/日）、60cm区34.2mm（2.3mm/日）、90cm区45.3mm（3.0mm/日）で有効土層が深くなるに従い増加したが、これは有効土層が深い程下方向へ移動してゆく水分が多いためと考えられ、またこの間の計器蒸発量が3.1mm/日である所から、所効土層の浅い場合には土壤の水分供給力に低下をきたしていることも考えられた。16日目のⅠ層の水分率は30cm区が26vol%で、遠心法で得られたpF水分曲線に適合するとpF4.2付近であり、また60cm区、90cm区では29vol%前後でおおむねpF3.8付近であった。遠心法によるpF水分曲線の作成には多くの問題点が残されており、本実験の場合試験区における水分率とpFの対比にはかなりの無理があるものと考えられるが、果樹におけるかん水を考える上で今後さらに検討を要する問題である。(b)16日目から40日目の間の消費水量；全消費水量は30cm区が9.3mmで0.4mm/日であり前15日間に比較して著しく少なく、30cm区では土壤の水分供給力が著しく低下しているものと考えられた。また60cm区ではⅠ層から20.4mm、Ⅱ層から15.0mmで合計35.4mm（1.5mm/日）、90cm区ではⅠ層から11.7mm、Ⅱ層から12.9mm、Ⅲ層から9.6mm、合計34.2mm（1.4mm/日）を消費し、この数値はこの間の計器蒸発量の約半分ではあったが30cm区の値に比較して著しく多く、下層の水分供給力が土層全体の水分の動態に顕著に反映したものと考えられた。この期間はライシメーター底部からの浸透水の流出は全く認められない所から、Ⅱ層、Ⅲ層からの消費を、この

層に分布する根による吸水も含めて下層からの補給水量とすると、60cm区では15.0mm（0.6mm/日）で全消費水量の42%、90cm区ではⅡ層から12.9mm（0.5mm/日）で全消費水量の38%、Ⅲ層から9.6mm（0.4mm/日）で全消費水量の28%を占めた。40日目のⅠ層の水分率は30cm区が23vol%、60cm区25vol%、90cm区25vol%で三者はほぼ等しく、またそのpF値は4.3付近と考えられ土壌は著しく乾燥した状態であった。しかし60cm区、90cm区においてⅡ層Ⅲ層はまだかなりの水分を残している点が認められた。

2) 火山灰土壌区について；(a)かん水日より1日目から16日目の間の消費水量；全消費水量は腐植層30cm区が70.5mm、60cm区が80.7mmであった。火山灰土壌区の土層の深さは腐植層とローム層の合計で90cmあり土層が深いため、この期間は水の下方向浸透が続いておりこの消費水量のかなりの部分が浸透水として失なわれたものと考えられる。(b)16日目から40日目の間の消費水量；全消費水量は30cm区が54.3mm（2.3mm/日）で、第三紀粘質土壌90cm区でこの間の消費水量が34.2mm（1.4mm/日）であったのに比較して著しく多く、内39.3mmがⅠ層の腐植層からの消費で全消費水量の72%を占めた。また60cm区では全消費水量39.6mm（1.7mm/日）で第三紀粘質土壌に比較



第4図 葉内水分ポテンシャルと土壌の含水比の推移

するとやはり多く、土層別にはI層17.7mm、II層17.4mmで腐植層合計では35.1mmであり全消費水量の89%を占めた。以上のように30cm区、60cm区とも腐植層からの消費が著しく多く、逆にローム層からの消費が少なかった。下層（II、III層）からの補給水量は腐植層30cm区が15.0mm（0.6mm/日）で、この期間は浸透水の流出は全く認められずまた30cm区では下層は全てローム層で根の分布が全く認められない所から、この値は全て毛管上昇等による上方向への移動によるものと考えられる。また60cm区は21.9mm（0.9mm/日）であった。下層から表層への水の移動量を求めた例から、中野⁹⁾が火山灰土壌を用いて実験的に求めた結果では、移動量は常に蒸発量の $\frac{1}{3}$ 程度であり、また長野農試における実験⁹⁾では深さ30cm以下の層からの移動量は表層がpF2.7以上に乾燥した時点で、計器蒸発量の0.3倍であった。下層に明らかに根が存在しない本実験の30cm区についてこれらの実験例と比較すると、本実験の条件はさらに乾燥の進んだ状態であるため絶対量は少ないが、全消費量中に占める移動量の割合からみると約 $\frac{1}{3}$ で一致する結果であった。

4 乾燥過程における葉内水分ポテンシャルの推移

葉内水分ポテンシャルの日変化における最大値(ψ_{max})の推移を、土壌の含水比の推移と比較した結果を第4図に示した。まず土壌母材別に比較すると、 ψ_{max} の推移において第三紀礫質土壌区で変化が最も大きく、ついで第三紀粘質土壌区であり、火山灰土壌区では変化が非常に緩慢であった。この結果は土壌母材別の含水比と明確に対応した。

第三紀土壌において有効土層の深さ別に比較すると次のようであった。まずかん水日から15日目までは各区とも ψ_{max} が $-2\sim-3atms$ で区間に著しい差は認められなかったが、22日目に至って両土壌区とも有効土層30cm区においてごくわずかの変化が認められ、以後29日目に60cm区で、35日目に90cm区で変化が認められ、各区とも以後日を追うに従って ψ_{max} が減少した。この間の計器発量の積算値はほぼ直線的に上昇し、又深さ20cmの点の含水比はほぼ直線的に減少し、全体のパターンは有効土層30cm区の水分減少が先行し、すこしずつ勾配が緩くなりつつ60cm区、90cm区の含水比が粘質土壌区で6日遅れ、礫質土壌区では8~10日遅れで減少した。以上のように土壌母材別の場合と全く同様に、有効土層の深さの差は、下層に発達した根の吸水ならびに表層への水分移動の差によって、葉内水分ポテンシャルに対し正確に反映する点が認められた。Goodeら¹⁰⁾はリンゴで、間学谷ら¹¹⁾は温州ミカンを供試した夏期の実験で、土壌水分と ψ_{max} が明確に対応することを報告したが、本実験結果はこれらとよく一致した。

要 約

土壌母材別に（第三紀粘質土壌、第三紀礫質土壌、火山灰土壌）有効土層の深さの差が（第三紀土壌区：30、60、90cm、火山灰土壌区：腐植層の深さ30、60cm以下90cmまでローム層）土壌水分の動態ならびに果樹の樹体の水分におよぼす影響を、大型ライシメーターを用いて検討し次の結果を得た。

1 乾燥過程における含水比の推移は、第三紀土壌区と火山灰土壌区の間で顕著な差が認められた。第三紀粘質土壌区と礫質土壌区は、含水比が著しく異なるがpF4.3付近までの含水比の推移はほぼ同様で、有効土層が深い程水分の減少速度が遅く、有効土層の一番浅い30cm区で水分は全層から均一に消費され、60cm区ではかん水日から20~25日以後一定期間下層の水分消費が表層よりも多い傾向が認められ、90cm区では全層消費型の傾向が認められた。火山灰土壌区では、含水比の減少速度は第三紀土壌区に比較し著しく遅かった。

2 深さ30cm以上を表層、30cm以下を下層として（下層からの消費水量）/（全消費水量）の比を求めると、かん水後15~40日の間で第三紀土壌が40~60%で、これは水が下層から表層へ移動する外に下層に発達した根による吸水が大きく働いているためと考えられた。火山灰土壌区では根がよく発達した腐植層からの消費水量が著しく多く、下層に根の分布が全く認められない腐植層30cm区では、この比が28%であった。

3 乾燥過程における葉内水分ポテンシャル最大値(ψ_{max})の推移は、土壌母材別に比較すると第三紀礫質土壌区>第三紀粘質土壌区>火山灰土壌区の順で変化が大きく、また第三紀土壌における有効土層の深さ別の比較では、30cm区>60cm区>90cm区の順であり、これらは土壌水分の傾向とよく一致し、土壌母材および有効土層の深さの差が ψ_{max} に対し正確に反映された。

引用文献

- 1) 浅見与七：果樹栽培論（土壌肥料編），養賢堂，1（1951）
- 2) 農林水産技術会議事務局：果樹園土壌生産力に関する研究，（1971）
- 3) 古賀汎，川村秋男：四国農試報告，21，47（1970）
- 4) 古賀汎：四国農試報告，25，119（1972）
- 5) 直井利雄，関口治郎：日蚕雑，39，443（1970）
- 6) 寺沢四郎：土肥誌，33，557（1962）
- 7) 寺沢四郎：土肥誌，34，75（1963）
- 8) 中野政詩：農土論集，31，10（1970）
- 9) 長野農試桔梗ヶ原分場：昭和47年度成績書（1972）
- 10) Goode, J. E.: J. Hort. Sic. 43, 231 (1968)
- 11) 間学谷徹，町田裕：園学要旨，48年度春，66（1973）