

マルチ栽培におけるウンシュウミカン樹の水分動態

村松 昇*・平岡潔志・瀧下文孝・森永邦久・星 典宏・草場新之助・島崎昌彦・中尾誠司**

近畿中国四国農業研究センター 765-0053 善通寺市生野町

Water Movement Analysis on Satsuma Mandarin Trees under Mulching Cultivation

Noboru Muramatsu*, Kiyoshi Hiraoka, Fumitaka Takishita, Kuniyoshi Morinaga, Norihiro Hoshi, Shinnosuke Kusaba, Masahiko Shimazaki and Seiji Nakao**

National Agricultural Research Center for Western Region, Zentsuji, Kagawa 765-0053

Summary

We developed a transpiration measurement system for satsuma mandarin trees to analyze water movement under a mulching sheet cultivation system in summer, and showed that the daily average water loss from a tree ranged from 22–25 liters in September. These data indicated that most of the water absorbed from roots evaporated from leaves and the amount of water stored in fruit was slight. The transpiration rate changed depending on the weather conditions, showing the highest correlation to the solar radiation among air temperature, humidity and solar radiation. As the soil water concentration was decreased by mulching cultivation using porous sheets, the transpiration rate from tree leaves was decreased 0 to 40% from that of trees under the non-mulching cultivation, with a 15% decrease on average. The amount of water evaporation from soil surface covered with porous mulching sheets was ca 30% of that from bare soil.

キーワード： 土壌面蒸発, 蒸散量, 気象条件, マルチ栽培, ウンシュウミカン

緒 言

ウンシュウミカン樹は、水分ストレスにより果実糖度が上昇することが知られている。水分ストレスをかける手法として1990年代から多孔質シートを地面に敷設するマルチ栽培が開始され(山田ら, 1990), 現在では農家でも広く用いられるようになった。しかし、夏期に雨が少なくマルチ被覆により樹体に水分ストレスがかかりすぎ、果実の成熟に伴って糖度が上昇する一方で酸度が減少しにくいことや、連年マルチを行うことにより樹勢が低下するなどの問題も出てきている。これらを防止するため、マルチの除去時期(坂野ら, 1996)、灌水方法・灌水時期(中里・岸野, 1999)、施肥時期の検討(新堂・岩切, 1993)など様々な工夫が行われている。また、近年、マルチと灌水・施肥技術を組み合わせた「周年マルチ点滴灌水同時施肥法」が開発され、マルチの下に点滴チューブを敷設し灌水が随時できるようにしている(森永ら, 2004)。

このようにマルチ栽培では樹体を乾燥させるため、従来の無被覆栽培に増して水管理が重要である。無被覆栽

培におけるカンキツ樹の要水量は、これまでライシメータ法(鳥潟ら, 1963)、熱収支法(豊田ら, 1963; 町田ら, 1976)、土壌水分減少法(竹中ら, 1966)、チャンパー法(加藤ら, 1968)など様々な測定手法を用いての報告例がある。しかし、マルチ栽培環境下における樹体の基礎的な水分動態については検討例が少ない。そこで、今回、蒸散測定のためのモデル装置を作成し、マルチをした際のウンシュウミカン樹の葉からの蒸散および土壌からの蒸発散について検討し幾つかの知見を得たので報告する。

材料および方法

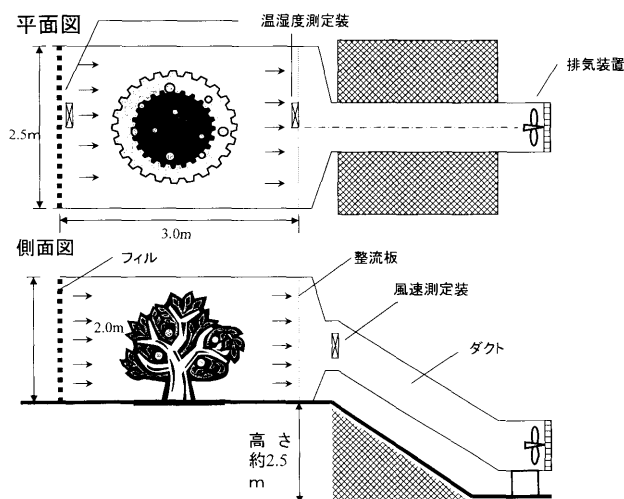
通気式樹体蒸散計測システム

蒸散を測定するために通気式樹体蒸散計測システムを作成した。装置の概略を第1図に示した。ウンシュウミカン樹(8年生(2003年時)、品種:日南1号)を供試した。この樹は、2002年12月時点では樹冠の平均直径193 cm、高さ148 cm、樹容積は 3.08 m^3 であった。ハウスの吸気側はウレタンマットとし、自由に空気が取り入れられるようにした。排気側はハウス中の空気がダクトを通じ換気扇から排出され、排気口の風速が約 $7 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-1}$ になる様に通気量を調節した。吸気側と排気側に温湿度センサーを設置し、樹体の蒸散量 $= (\text{体積当たりの出口側の空気に含まれる水蒸気の量} - \text{入り口側の水蒸気量}) \times (\text{排$

2004年11月30日 受付。2005年2月14日 受理。

* Corresponding author. E-mail: muramatu@affrc.go.jp

** 現在: 畜産草地研究所



第1図 通気式蒸散測定装置の概要

気された空気の水蒸気量)により推定した。

地面には、ビニルを敷き土壌からの水の蒸発を防止した。また、装置内に日射計(DeltaOHM社製 LP9021RAD)を設置した。測定は2003年および2004年7月~10月の4か月間行った。

鉢植え樹の乾燥試験

樹体の乾燥と蒸散量との関係を調査するため、鉢植え樹(4年生‘大津4号’)の灌水を控えて樹体を乾燥させ、葉からの蒸散量をポロメータ(LI-COR社製 LI-1600)、水ポテンシャルをプレッシャーチャンバー法(PMS instrument Co.)で測定した。

マルチ栽培と裸地栽培との比較

マルチ栽培を行ったときの葉からの蒸散量、土壌水分および光環境を調査するために、近畿中国四国農業研究センター圃場植栽のウンシュウミカン樹(7年生‘興津早生’)に7月下旬にマルチ被覆を行った。葉からの蒸散は上述のポロメータ、土壌水分は土壌水分計(Profile Probe: PR1型 Delta-T Devices社製)を用い、10 cm間隔で深さ10~40 cmの測定を行った。日射量は日射センサー(Delta OHM社製 HD9021RAD/C)にて樹冠外側の直射日光が当たるところ(樹冠外)と、樹の主幹付近で地面から約10 cmのところ(樹冠下)で測定を行った。

土壌からの蒸発量の推定

土壌表面からの蒸発量の測定は、2004年7月下旬に行った。5000分の1aのワグネルポットに供試カンキツ園と同様の花崗土をいれ、水で満たした後、ポットの下部のゴム栓をはずして水を抜き、1時間後にポットの重量を測定し、基準の重さとした。これを日の当たるところに静置した。1日1回ポットの重量を測定し、減少量をその日の水の蒸発量とし、測定後に基準重量になるまで水を加えた。また、ワグネルポットの土壌表面を多孔質シート(A. デュポン社製:厚さ0.16 mm, 両面とも白, B. 明和グラビア社製:厚さ0.20 mm, 表が白, 裏が黒)で被覆し、無被覆の場合と同様に重量測定を行った。さらに、

土壌水分と土壌面蒸発との関係を求めるために、土壌水分をTDR土壌水分測定器(藤原製作所社製 TDR-251A)を用いて測定した。

結 果

樹からの蒸散

通気式樹体蒸散計測システムにより樹からの1日の蒸散量を測定したところ、8月が最も多く、次いで7月、9月であり、10月は少なかった(第1表)。次に、蒸散量と気象要因(日射量および温度)との関係を調査した(第2表)。重相関係数は、いずれの年でも0.92以上あり、日射量と温度により蒸散量が説明できると考えられた。また、日射量と温度の偏相関係数を比較すると、いずれの年でも日射量の方が高かった。なお、果実の収穫量は両年とも16~20 kgであり、これに摘果重量を加えても20~25 kg

第1表 8年生‘日南1号’の1日当たりの蒸散量^z

測定年		測定月			
		7月	8月	9月	10月
2003	平均	25.0	31.1	22.4	12.1
	最大	43.9	54.8	39.9	22.7
	最小	0.0	0.0	0.0	0.0
2004	平均	29.6	37.0	25.1	12.4
	最大	45.5	58.4	52.6	30.2
	最小	7.4	3.0	0.0	0.0

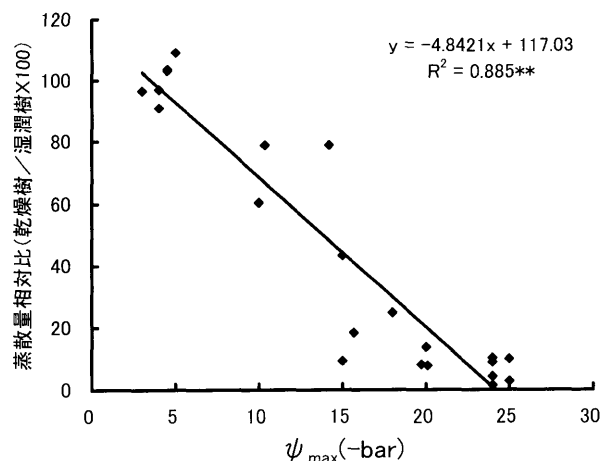
^z単位はliter

第2表 蒸散量と日射量および温度との関係

	項 目	2003年	2004年
偏回帰係数	切片	-14.4	-27.6
	X1 ^z	9.87E-04	1.04E-03
	X2 ^y	2.00E-01	1.14E+00
相関係数	重相関	0.924	0.946
	偏相関(x1)	0.889	0.900
	偏相関(x2)	0.463	0.623

^z 装置内の1日の日射量(Wm⁻²)

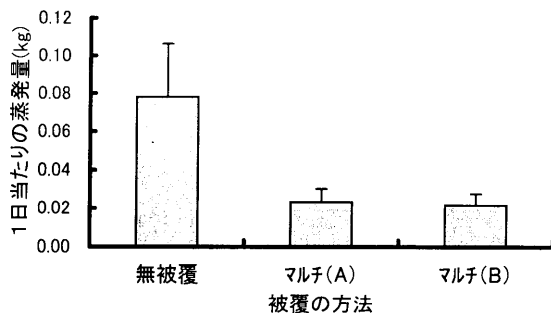
^y 測定装置の入り口付近の平均温度(°C)

第2図 水ポテンシャル(ψ_{max})とポロメータによるポット植え4年生‘大津4号’の葉からの蒸散量との関係

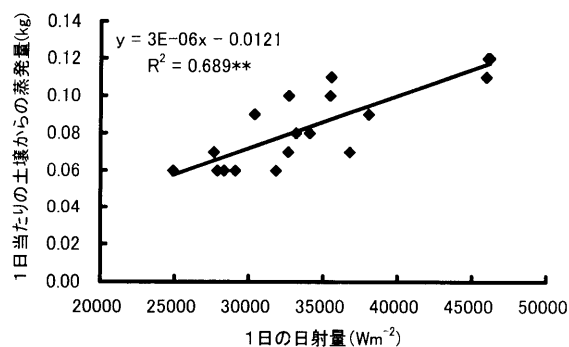
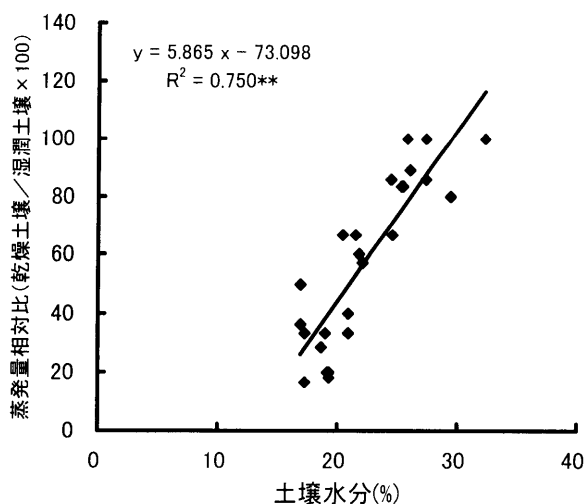
**1%レベルで有意であることを示す(n=22)。

第3表 マルチ被覆による7年生‘興津早生’の蒸散量の変化

測定日	無被覆		マルチ		比率 (マルチ/無被覆)
	蒸散量 ²	SD	蒸散量	SD	
8月12日	2.32	0.56	1.41	0.22	0.609
8月16日	1.40	0.31	1.24	0.83	0.886
8月21日	2.68	0.34	2.58	0.86	0.963
9月3日	5.12	1.08	3.58	0.93	0.700
9月9日	2.57	0.53	2.76	1.16	1.074
平均	2.82	-	2.32	-	0.846

²ポロメータにて測定, 単位は $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{sec}^{-1}$ 

第3図 多孔質マルチ被覆による土壌面蒸発量の減少(A. デュボン社製, B. 明和グラビア社製) 誤差線は標準誤差(n=3)

第4図 日射量と土壌面蒸発量との関係
**1% レベルで有意であることを示す(n=18).第5図 土壌水分と土壌面蒸発量との関係
**1% レベルで有意であることを示す(n=25)

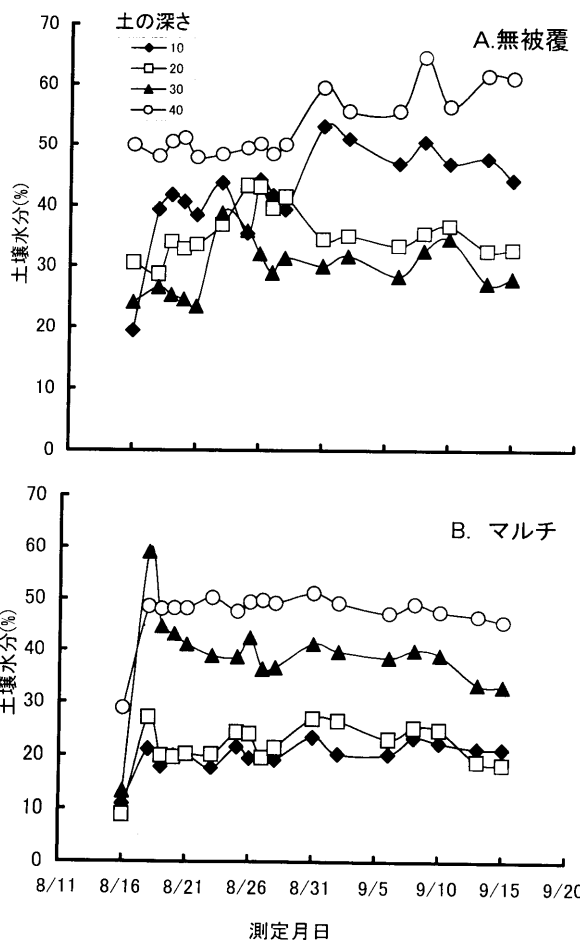
であった。

ポット植栽樹を使って水分ストレスの程度と蒸散量について検討したところ, 水分ストレスにより蒸散量が少なくなる傾向にあり, 蒸散量と水分ストレスの間に有意な相関が認められた ($R^2=0.885$)(第2図)。

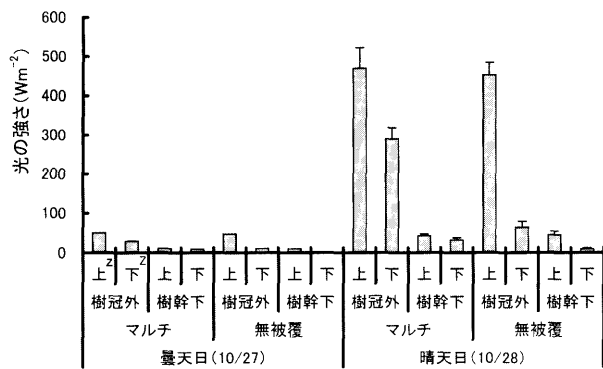
また, 実際の栽培圃場において, 7年生‘興津早生’を使ってマルチ栽培を行った場合の測定事例では, マルチをした方が0~40%, 平均15%蒸散量が少なくなった(第3表)。

土壌からの水の蒸発

土壌水分が潤沢にある場合, 無被覆のワゲネルポット



第6図 マルチ被覆が土壌水分含量に及ぼす影響



第7図 マルチ被覆が7年生「興津早生」の樹冠内外の光強度に及ぼす影響

誤差線は標準誤差 (n=3)

² 日射センサーの向き

では1日の蒸散量は平均 80 gであった。一方、シートを土壤上面に被覆をすることにより、いずれの多孔質シートでも蒸散量は無被覆の 30% 程度にまで減少した(第3図)。

次に、土壤面蒸発と環境条件(気象および土壤水分)について検討した結果、日射量 ($R^2=0.689$) (第4図) および土壤水分 ($R^2=0.750$) (第5図) との間に正の相関が認められた。

また、実際のマルチ被覆を行っている圃場で計測を行った結果、土壤水分含量は無被覆では深さ 10 cm のところでは非常に高く 45~50%、深さ 20~30 cm ではあまり変化が無く 30% 程度で推移し、40 cm のところで再び高くなり 45% 程度で推移した。マルチをした場合、地表近くは 20% 前後と低いのにに対し、深さ 30 cm から高くなり、40 cm では無被覆とほとんど差がなかった(第6図)。

一方、光量は樹幹下では無被覆、マルチ被覆の場合とも、10分の1程度になっていた。ただし、センサーを下に向けて散乱光を測定したところ、マルチをした方が無被覆の場合よりも3倍以上光強度は高かった(第7図)。これらの傾向は、晴天日でも曇天日でも同様であった。

考 察

豊田ら(1963)は、熱収支法にてミカン園の要水量を測定し、果樹園の要水量を決める場合に重要な指標は、気温よりも日射であると考えられると考察し、気温のみから推定する場合には日照率も配慮する必要があるとしている。今回の結果でも、蒸散量と気温および日射量のデータを使って重回帰分析を行った結果、蒸散量と日射量の偏相関係数は気温の場合よりもいずれの年でも高かった(第2表)。

蒸散により葉から放出される水の量と果実に蓄積される水量の比較は、トマト(中山・山中, 1975)、キュウリ(古在ら, 1982)で行われており、葉から蒸散する水の方が果実に蓄積する水の量よりも圧倒的に多いとしている。今回、ウンシュウミカンでも、収量が 16~20 kg であるの

に対して、9月の1日当たりの平均蒸散量は 22~25 liter であったことから、根から吸収された水のほとんどが葉から蒸散したと考えられる。

次に水分ストレスを与えた時の樹体の水分収支であるが、間苧谷・町田(1977)は、鉢植え樹を用いて水ストレスにより蒸散量が減少することを明らかにし、葦澤ら(1983)もウンシュウミカン樹の葉の蒸散速度をオートポロメータで測定し、果実の肥大停止時の日中蒸散速度は適湿樹の約2分の1であることから、オートポロメータ測定により灌水時期を決めると良いとしている。また、間苧谷・町田(1980)は圃場に栽植されている樹を用いて、夏期の水分管理と果実品質の関係について検討し、水ポテンシャル (ϕ_{max}) が -7bar の時を灌水の目安にすると良いとしている。山下(1991)も、水ポテンシャル測定は、樹の水分ストレスを鋭敏かつ能率的にとらえることができ7~8月の灌漑時期の決定指標として ϕ_{max} を -6~-7bar とすれば良いとしている。今回、蒸散量と水ストレスとの関係を調査したところ有意な高い負の相関関係が認められた(第2図)。回帰式から計算すると ϕ_{max} が -7bar の場合、水が潤沢にあった場合よりも蒸散量が約 17% 減少することになる。また、今回の栽培事例でも、無被覆に比べて 0~40%、平均 15% 蒸散量が少なくなった(第3表)。

水分含量は土壤の深さが 20cm までは、マルチをした方が無被覆の場合よりも明らかに低くなっているが、深さ 40cm ではほとんど差が認められなかった(第6図)。土壤の種類や深さ、また、傾斜地園の場合は傾斜角度によりこの深さは異なると考えられるが、いずれにせよマルチ資材による土壤を乾燥させる効果は、土壤のある程度の深さまでに限られることを示している。一般にカンキツ樹の根の分布は他の果樹に比べて浅く、深さ 30 cm までにそのほとんどの根が分布しているとの報告がある(山下, 1991)が、マルチの被覆効果を十分に発揮させるためには、根をできるだけ地表近くに分布させることが重要であると考えられる。

マルチ被覆をした場合、土壤からの水の蒸発量は裸地の 30% 程度になり(第3図)、樹幹下は日射量が少ないため(第7図)、樹幹下のマルチ面からの水の蒸発量はさらに少なくなると考えられる。したがって、多孔質マルチで被覆するときは、多孔質による土壤面蒸発の効果を過度に期待するのではなく、ある程度土壤が乾いた時にマルチ被覆を行う方がよいことになる。土壤水分含量が高いときにマルチ被覆を行うと、逆に無被覆の場合よりも土壤水分含量が高く推移すると考えられる。同様なことは、台風などの襲来によりマルチ被覆がはがれたときや、マルチ被覆がはがれなくても傾斜地園地に長時間雨が降った場合は流入浸透水の影響があるため注意が必要であろう。

摘 要

マルチ栽培したウンシュウミカン樹の夏期の水分動態について検討するために通気式蒸散測定システムを作成した。9月の1樹当たりの蒸散量は22~25 literであり、果実の収穫量と比較すると根から吸収されたほとんどの水は、葉から蒸散し、果実に蓄積された量は少なかった。蒸散量と気象条件の関係を検討した結果、日射量との間に高い相関が認められた。本測定システム計測によって得られた蒸散量を基本とし、マルチ被覆をしたときの蒸散について検討した。マルチ被覆し土壌を乾燥させることにより蒸散量が減少し、その程度は栽培圃場では、日によって異なり0~40%で、平均15%減であった。また、土壌面からの蒸発について検討した結果、マルチ被覆を行うと土壌から蒸発する水の量は、裸地の場合の30%程度に減少した。これらの結果をふまえてマルチ栽培に関する注意点などを論議した。

引用文献

- 葦澤正義・割石俊哉・真部 桂. 1983. 夏季におけるウンシュウミカン樹の水管理の指標としての葉の蒸散速度. 香川大学農学部学術報告. 35: 5-12.
- 坂野 満・竹内政春・成田秋義. 1996. マルチ栽培によるウンシュウミカンの高品質果実生産技術について. 愛知農総試研報. 28: 253-258.
- 加藤 一郎・坂田公男・谷口利策・鴨田幅也・伊沢房雄・牧野朗. 1968. 作物の水分消費特性に関する研究. みかんの蒸発散量について. 園学要旨. 昭43秋: 56-57.
- 古在豊樹・林 真紀夫・鈴木 等・渡部一郎. 1982. 温室水耕栽培キュウリの蒸発散量と環境要因との関係. 農業気象. 38: 153-159.
- 町田 裕・長谷嘉臣・間苧谷徹・山津憲治・山崎隆生. 1976. 熱収支法による温州ミカン園の蒸発散量について. 果樹試報. E1: 37-50.
- 間苧谷徹・町田 裕. 1980. 夏季におけるウンシュウミカン樹の水管理指標としての葉の水ポテンシャル. 園学雑. 49: 41-48.
- 間苧谷徹・町田 裕. 1977. 温州ミカン樹の乾燥過程及び乾燥後のかん水による蒸散速度, 葉内水蒸気拡散抵抗と葉の水ポテンシャルの推移. 農業気象. 32: 203-208.
- 森永邦久・吉川弘恭・中尾誠司・関野幸二・村松 昇・長谷川美典. 2004. 露地ウンシュウミカンにおける周年マルチ点滴かん水同時施肥法の効果. 園学研. 3: 33-37.
- 中里 一郎・岸野 功. 1999. ウンシュウミカンのシートマルチ栽培における灌水方法, 時期が果実の減酸と乾燥ストレス軽減に及ぼす影響. 長崎果樹試研報. 6: 1-9.
- 中山敬一・山中捷一郎. 1975. ハウス栽培におけるトマトの蒸発散量. 農業気象. 31: 17-22.
- 新堂高広・岩切 徹. 1993. マルチ栽培ウンシュウミカンにおける夏肥の施用と秋肥の施用時期の検討. 園学雑. 62(別2): 86-87.
- 竹中 肇・尾形亮輔・森本孝弘. 1966. カンキツの水分消費に関する研究(第2報)夏季の水分消費量ならびに土壌水分消費型について. 園学要旨. 昭41秋: 97-98.
- 鳥潟博高・豊田一郎・中条昭孝・天野三千夫. 1963. 温州ミカンの蒸通発量. 園学雑. 32: 1-12.
- 豊田一郎・榊原正義・安藤豊彦. 1963. ミカン園の用水量について. 愛知園試研報. 3: 10-20.
- 山田彬雄・緒方達志・村松 昇・河瀬憲次・中島常允. 1990. プラスチックフィルムマルチと敷わらの組合せによるウンシュウミカンの品質向上. 園学雑. 59(別1): 32-33.
- 山下重良. 1991. ウンシュウミカン園の灌漑法と用水量の再検討. 農土論集. 151: 19-25.