

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

中里一郎・岸野 功

Effect of Methods, Time of Irrigation on Decrease of Citric Acid Content and Reduction of Dry Stress in Sheet-Mulching Satsuma Mandarin Trees

Ichiro NAKAZATO and Isao KISHINO

緒 言

ウンシュウミカンのシートマルチ栽培が長崎県内で本格的に実施されてから約10年が経過した。一時は、長崎県産ウンシュウミカンの販売単価日本一に大きく貢献した。シートマルチ栽培^{10,14,16)}は、現在行われている品質向上対策技術のなかでは比較的簡単にできる栽培法であり、糖度向上、着色促進の目的で広く行われてきた。しかし、平成5年の長雨や平成6年の高温乾燥など、シートマルチ栽培の効果がでにくい気象条件の年が続いたのに加え、樹体に強い乾燥ストレスが長期間かかりすぎたことによる減酸の遅れとそれに伴う収穫時期の遅れや樹勢の低下など、シートマルチ栽培の問題点が目立ちはじめ、この栽培法に対する生産者の意欲も低下してきている。しかし、現在の消費の現状を考えれば、高品質果実生産は欠かせず、これらシートマルチ栽培上の問題、特に高酸果実の減酸対策を解決ことは非常に重要である。そこで本報では、灌水による減酸法を明らかにするために、灌水方法、灌水時期が果実の

減酸と乾燥ストレス軽減に及ぼす影響について検討したので報告する。

材料及び方法

試験1. 乾燥ストレスと根の活性、細根量及び果実品質との関係

北向きの傾斜園に植栽した高接ぎ8年目の‘原口早生’ (中間台‘興津早生’) を供試し、1区4樹を用いて、8月6日に土壌表面をシートで被覆した。被覆資材はシルバーポリ及び透湿性資材4種類 (商品名: ESシート (エーザイ製)、タイベック (デュボン製)、甘果シート (三善加工製) 及び無名 (三井石油製)) を用いた。

果実肥大は、1樹より10果を選び、被覆開始時と収穫時に果実横径を測定した。果実品質は、収穫時に糖度及び酸含量を前報^{8,9)}に従い調査した。果皮色は収穫時に10果について果頂部のa値、b値を測定した。

葉の水ポテンシャルはプレッシャーチャンバー法により、被覆時から11月上旬まで定期的に測定した。測定方法は前報^{8,9)}に準じた。根の呼吸量は、深さ0から15cmの細根をO₂ upテスター (タイテック製)

¹ 前長崎県果樹試験場

を用いて測定した。土壌中の炭酸ガス濃度は、1樹につき4カ所の深さ15cmの土壌空気を真空瓶で採取し、ガスクロマトグラフィー（島津製作所製 GC-8A）で測定した。根の呼吸量、土壌中の炭酸ガス濃度ともに10月2日に測定した。細根量は、1樹につき、東西方向2カ所を主幹から樹冠外周部までの約2/3の部分に各900cm²（30cm×30cm）の枠を設定し、枠内の根群を、翌年1月に深さ0~5cm、5~15cm、15~25cmの3層に分けて採取し、それぞれの風乾重を調査した。

試験2. 灌水量及び灌水方法が果実の減酸、乾燥ストレス軽減に及ぼす影響

北向きの急傾斜園に栽植距離5mで1列に栽植された高接ぎ10年生（中間台‘興津早生’）の‘原口早生’を供試し、1区当たり5樹を用いた。被覆資材は、厚さ0.03mmのシルバーポリを用い、栽植部と土羽面を被覆した。被覆時期は、梅雨明け後晴天が約10日続いた後の8月上旬に行った。

灌水処理は、1991年と1992年の2か年は、9月中旬、10月上旬、10月中旬、無灌水、無被覆区の5区を、1994年は、8月下旬、9月上旬、9月中旬、無灌水区の4区とし、1樹当たり150ℓを灌水した。1994年の灌水量試験は、無灌水、50ℓ、100ℓ、150ℓの4区を設け、8月下旬、9月中旬に灌水処理を行った。

果実品質は、8月1日から収穫時までほぼ10日おきに1樹より5果を採取し、糖度、酸含量を調査した。乾燥ストレスの指標として葉の最大水ポテンシャルをプレッシャーチャンバー法で測定した。なお、糖度、酸含量、葉の最大水ポテンシャルの測定方法は、前報^{8,9)}に準じた。

結 果

試験1. 乾燥ストレスと根の活性、細根量及び果実品質との関係

各資材の被覆時から11月上旬までの日平均ポテンシャルは、ESシート区が高く、-0.84MPaであった。糖度は、ESシート区が14.4で、最も高かった。酸含量は、ESシート区、タイベック区、甘果シート区が高く、1.34g/100ml前後であった（第1表）。表層の細根量は無被覆区が多く、シルバーポリ区が少なかった（第1図）。土壌中の炭酸ガス濃度はシルバーポリ区が約0.2%で最も高く、根の呼吸量は無被覆区が約0.85ml/5g/hで最も多かった（第2図、第3図）。土壌中の炭酸ガス濃度と根の呼吸量との相関を求めたところ、相関係数が $r=0.26$ で相関は低かったが、葉の最大水ポテンシャルと根の呼吸量との間の相関は、-0.86で高い負の相関が見られた。（第4図、第5図）。

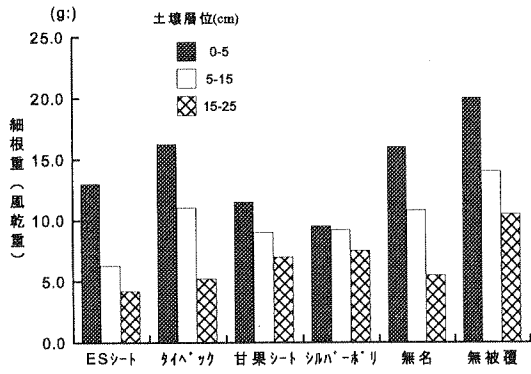
第1表 被覆資材の種類と‘原口早生’の果実品質（1993.11.17調査）

処 理 区	日平均 ポテンシャル (-MPa)	糖 度	酸含量 (g/100ml)	果皮色 a/b値	果実重 (g)	果 実 [*] 肥大率 (%)
ESシート	0.84a [†]	14.4a	1.34a	0.23	94.2c	170b
タイベック	0.80ab	13.2b	1.33a	0.25	102.0b	178a
甘果シート	0.76b	12.6b	1.35a	0.21	109.2a	171b
無 名	0.69c	12.3b	1.15b	0.25	98.5b	175a
シルバーポリ	0.71c	13.2b	1.20b	0.24	103.9b	172ab
無 被 覆	0.68c	11.0c	1.21b	0.23	107.9a	175a
有 意 差	**	**	**	n. s	*	*

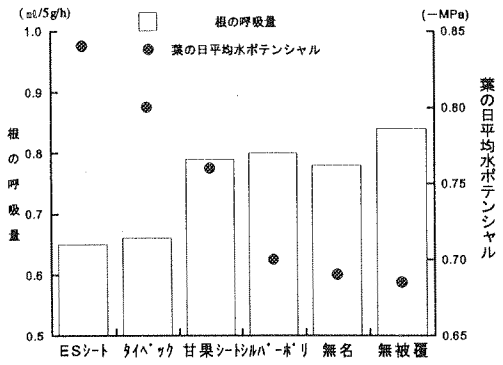
^{*} 8月6日（被覆開始時）の果実横径を100として、収穫時の果実横径を肥大率で表した。

[†] 異なる文字間で有意差あり

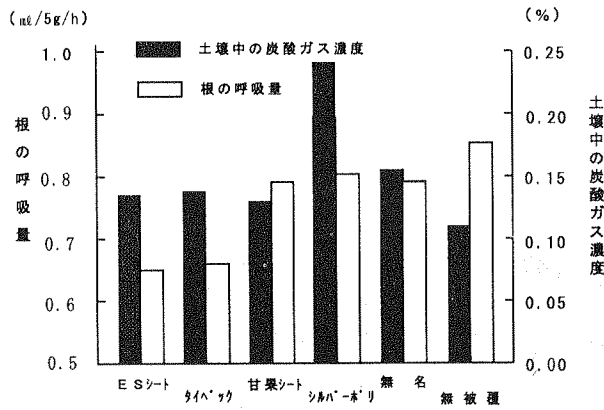
**：1%水準，*：5%水準で有意



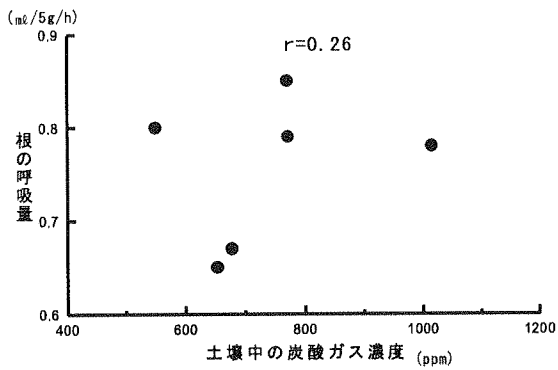
第1図 被覆資材別の細根量（‘原口早生’）



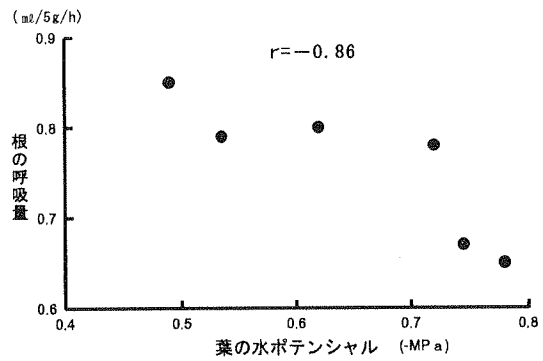
第2図 乾燥ストレスと根の呼吸量の関係



第3図 被覆資材別の土壌中の炭酸ガス濃度と根の呼吸量の関係



第4図 土壌中の炭酸ガス濃度と根の呼吸量との関係



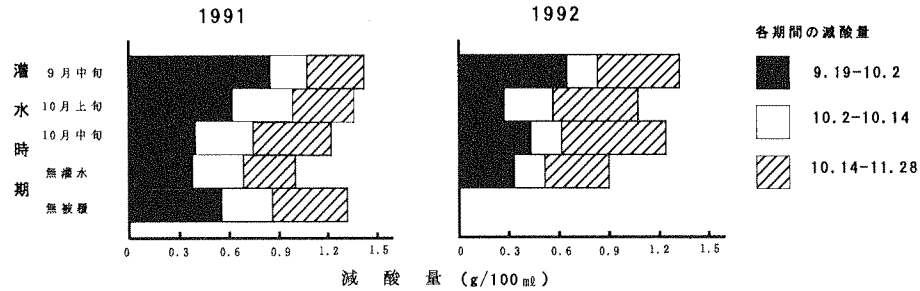
第5図 葉の最大水ポテンシャルと根の呼吸量との関係

試験2. 灌水量及び灌水方法が果実の減酸，乾燥ストレス軽減に及ぼす影響

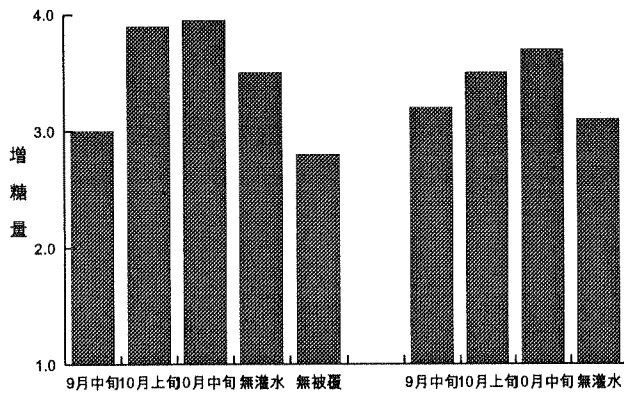
1991年と1992年の灌水試験で，9月中旬灌水区の灌水約10日後の減酸量は1991年が0.82g/100mlで，1992年は0.62g/100mlであり，他の処理区に比べて灌水後の減酸量が大きかった（第6図）。また，9月中旬から収穫時までの総減酸量は，9月中旬灌水

区が大きかった（第6図）。増糖量は，9月中旬灌水区が10月灌水区に比べやや小さかった（第7図）。灌水後の葉の水ポテンシャルの減少量は，9月中旬灌水区で大きく，灌水時期が遅くなると，灌水後の水ポテンシャルの減少量が小さくなった（第8図）。

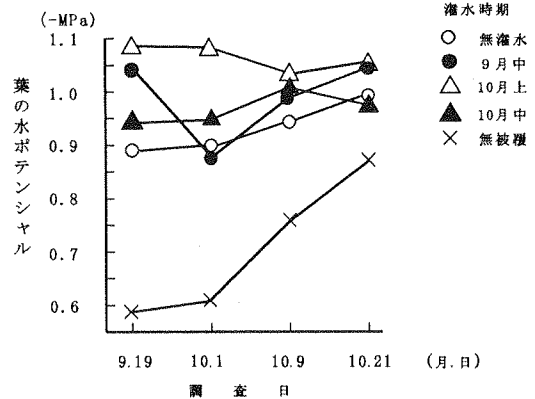
灌水時期を早め，8月下旬，9月上，中旬に灌水を行った試験では，8月下旬灌水区が他の区に比べ，灌水後約10日間の減酸量がやや大きい傾向がみられ



第6図 灌水時期と減酸量（灌水量：150ℓ）



第7図 灌水時期と増糖量（灌水量：150ℓ）



第8図 灌水時期と葉の最大ポテンシャルの推移

第2表 灌水時期別の灌水後の増糖量と減酸量 (1994)

処理区	時 期							
	8.23-9.2		9.2-9.19		9.19-10.2		10.2-収穫時	
	糖度	酸含量 (g/100ml)	糖度	酸含量 (g/100ml)	糖度	酸含量 (g/100ml)	糖度	酸含量 (g/100ml)
8月下旬灌水	-0.6b ²	1.22	0.1a	0.42b	0.4	0.31	2.5ab	0.62
9月上旬灌水	-0.5b	1.11	-0.6b	0.71a	0.6	0.22	2.6a	0.56
9月中旬灌水	-0.5b	1.16	-0.1a	0.35b	0.2	0.51	2.9a	0.61
無灌水	-0.1a	1.13	-0.4b	0.30b	0.4	0.39	1.8b	0.70
有意差 ¹⁾	*	n. s	**	*	n. s	n. s	*	n. s

灌水量：150ℓ

²⁾ ダuncan多重検定(5%)，異なる文字間で有意差あり

¹⁾ **:1%水準，*：5%水準で有意

第3表 灌水時期別の収穫時の果実品質 (1994年11月 9日調査)

処理区	糖度	酸含量 (g/100ml)	浮皮果指数	着色歩合
8月下旬灌水	12.0b [*]	1.11	0.2	10
9月上旬灌水	12.4b	1.05	0.1	10
9月中旬灌水	12.2a	1.02	0.2	10
無灌水	12.9a	1.07	0	10
有意差 [†]	*	n. s	n. s	

^{*} ダンカンの多重検定(5%) 異なる文字間で有意差あり

[†] *: 5%水準で有意

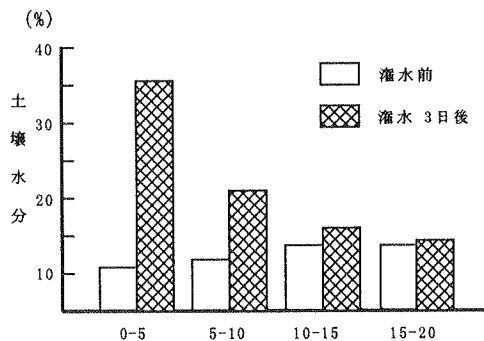
第4表 灌水量と収穫時果実品質 (1994年11月 9日調査)

処理区 (ℓ)	糖度	酸含量 (g/100ml)	浮皮果指数	着色歩合
50	13.2a	1.13ab	0.5	10.0
100	12.2b	1.07b	0.2	10.0
150	12.4b	1.02b	0.4	10.0
無灌水	13.1a	1.15a	0	9.9
有意差 [†]	*	*	n. s	n. s

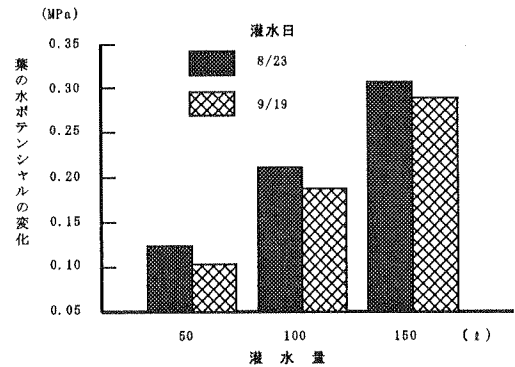
灌水時期: 9月19日

^{*} ダンカンの多重検定(5%) 異なる文字間で有意差あり

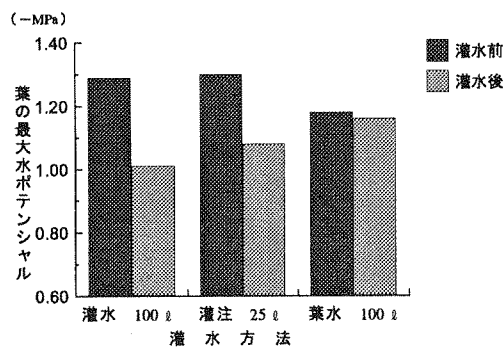
[†] *: 5%水準で有意



第9図 灌水後の土壌水分の推移 (灌水量150ℓ)



第10図 灌水量と葉の最大水ポテンシャルの変化



第11図 灌水方法と葉の水ポテンシャルの変化

たが、大きな差ではなかった。8月下旬から収穫時までの減酸量は、9月上旬灌水区、9月中旬灌水区がやや大きかった。糖度の上昇は、8月下旬灌水区、9月中旬灌水区が他の区より大きく、収穫時の糖度は、無灌水区が高かったが、酸含量もやや高かった（第2, 3表）。

シートマルチ栽培における灌水量が果実品質に及ぼす影響については、灌水量が多くなると、収穫時の酸含量は低くなり、150ℓ灌水区が最も低かった。収穫時の糖度は、100ℓ、150ℓ灌水区が他の区に比べ低かった。50ℓ灌水区は糖、酸含量とも無処理区と大きな差はなかった（第8図）。灌水後の土壤水分の変化について、150ℓ灌水では、灌水3日後では深さ10cm以上の土層には、大きな変化はなかった（第9図）。

灌水量が葉の最大水ポテンシャルに及ぼす影響は、灌水量が多くなると、葉の最大水ポテンシャルの変化が大きく、乾燥ストレスが軽減された（第10図）。50ℓ灌水区の果実品質は、無灌水区と大きな差はなかったが、灌水によって葉の最大水ポテンシャルはやや低下し、乾燥ストレス軽減効果が認められた。

土壤表面灌水、灌注、葉水（樹冠散水）の灌水方法が葉の最大水ポテンシャルに及ぼす影響については、葉水（樹冠散水）区は、処理前後の葉の最大水ポテンシャルの変化が小さく、乾燥ストレス軽減効果は小さかった。灌注区は、灌水区に比べ1/4の水量でも、葉の最大水ポテンシャルの増加量は、100ℓ灌水区とほぼ同じであり、同等の乾燥ストレス軽減効果が認められた（第11図）。

考 察

ウンシュウミカンでは、夏秋季の土壤乾燥が果実品質の向上に結びつく^{1), 3)}。しかし、シートマルチ栽培のように樹体に乾燥ストレスをかけると果実肥大が鈍くなり、さらに強い乾燥ストレスがかかると果実肥大は停止する¹²⁾。このように樹体に強い乾燥ストレスがかかると、糖度は高くなるが、酸含量も高くなり、収穫時の収量が減少するなど栽培上の問題がある。そこで本報では、乾燥ストレスと果実品

質、根の活性、根量との関係について調査した。その結果、樹体にかかる乾燥ストレスが強いほど、果実の糖度、酸含量は高く、根の活性は弱く、根量が少なかった。小野²⁾は樹体に乾燥ストレスを与えると、葉の光合成速度や根の呼吸量は低下することを明らかにしている。このことは、地上部、地下部ともに乾燥ストレスがかかるとミカン樹の生理作用が低下することを示している。今回の試験でも乾燥ストレスが強いほど根の呼吸量が低下しており、乾燥ストレスが強くなるほど生理的な作用が低下することが示された。また、土壤中の炭酸ガス濃度は、根の伸長に影響があることが指摘されている¹⁷⁾。今回の試験で土壤中の炭酸ガス濃度と根の呼吸量との相関を調べたが、相関は低く、両者の関連は低いように思われた。著者ら⁸⁾は、8月から9月上旬までの乾燥ストレスの強さが、糖度ほどではないが酸含量の高低に影響していることを明らかにした。また前報⁹⁾では、収穫時の酸含量の高低に差がでるのは8月下旬から9月上旬であることを明らかにした。これらことから8月から9月上旬までの期間に強い乾燥ストレスがかかると樹の生理的な作用が低下し、その結果、収穫時の酸含量が高くなるものと考えられる。

シートマルチ栽培での灌水は、乾燥ストレスを軽減するとともに、減酸を図るために重要な作業である。水源や灌水施設を確保している生産者は少なく、灌水できる場合でもかなりの労力を必要としており、灌水回数はできるだけ少なくしたい。一方、シートマルチ栽培の場合、資材で土壤表面を覆っているので蒸散が抑えられ、土壤水分が維持される。その水分は、葉や果実からの蒸散作用や果実肥大などの生育だけで消費されると思われる。これらのことから、今回は多回数の灌水でなく、1回灌水で減酸に効果的な灌水時期、灌水量について検討した。

露地栽培の場合、9月以降は、糖が果実に集積する時期であり、乾燥気味で推移するのが望ましく¹⁵⁾、この時期以降に多量の灌水を行うことは品質低下につながる。宮武・原田¹⁵⁾は、9~10月の灌水は、着色遅延や浮皮果の発生を促進すると述べているが、この宮武・原田¹⁵⁾の試験では一回の灌水量が34mmに

相当する多量の灌水を行っており、これが浮き皮果の発生を助長したものと考えられる。著者らが行った本試験での灌水量の100～150ℓ/樹は、7.5～10mmに相当するが、糖度に影響が少なく、酸含量を低くすることができ、浮き皮果の発生も少なかったため、今回の試験での灌水量(100～150ℓ/樹)は、適当な灌水量であったと考えられる。しかし、シートマルチ栽培での土壌条件や根量の違いによる水分消費量は明らかでない。今後は樹の乾燥程度と灌水量を土壌の保水力を考慮して検討する必要がある。

灌水時期が果実の減酸量に及ぼす影響については、10月灌水区より9月灌水区の減酸量が大きく、それ以前の8月下旬の灌水はあまり効果がなかった。8月下旬は、果実の生育期のうちで減酸量が大きい時期であるが、8月下旬灌水区の減酸量が他の区とあまり差がつかなかった。このことは、この時期の樹体や土壌条件に対して灌水量が十分でなかったと推測される。鈴木ら⁷⁾は、7～8月の乾燥が酸含量を高くすることを認めている。著者らが本試験を行った年は干ばつ年で、7月上旬から降雨が極端に少なく、ミカン樹が過度の乾燥状態にあったこと、また、灌水後に降雨があったことが処理区、無処理区の減酸量に差がでなかった原因と考えられる。シートマルチ栽培での果実糖度向上を図るためには、8月～9月上旬に乾燥させたほうが効果的⁸⁾である。したがって、この時期以降はある程度糖度を保ち、樹体に極端な乾燥を与えないような灌水であれば収穫時の糖度への影響は小さいと思われる。また、久保田ら⁹⁾や沢村ら^{5,6)}は、9月は酸代謝の転換期であると述べているが、この時期に灌水することは、ウンシュウミカン樹の酸代謝の点からも果実の減酸促進に有効であると考えられる。

灌水方法による乾燥ストレス軽減は、灌注>土壌表面灌水>葉水(樹冠散水)の順で効果が高く、土壌中への灌注は、少ない水量で土壌表面灌水と同程度の乾燥ストレス軽減効果がみられた。間苧谷ら¹¹⁾は、一部の根が湿潤状態であれば、その湿潤部分で樹全体の水分を補うと述べている。少ない水で乾燥ストレス軽減効果が高く、しかも灌水作業の省力化にもつながることを考えあわせると有効な手段だと

考えられる。一方、葉水(樹冠散水)は、ハウスミカンの乾燥ストレスを徐々に軽減する時に用いられる。シートマルチ栽培では、松本ら¹³⁾が乾燥ストレス軽減と減酸効果をねらって、8月下旬から1日おきに6回ほど樹冠散水を行った試験を実施している。その結果、樹冠散水の減酸効果については可能性があると述べている。また、同時に葉の水ポテンシャルを調べた結果から、強い乾燥ストレスがかかっている場合には樹冠散水では、乾燥ストレスは軽減しにくいと述べている。本試験でも、比較的高い乾燥ストレスがかかっている時には、1回の葉水(樹冠散水)だけでは乾燥ストレスの軽減効果は低かった。したがって、葉水(樹冠散水)は、乾燥ストレスが比較的弱い時のほうが効果は高く、しかも数回散布しなければ乾燥ストレス軽減には結びつかないと考えられる。

今後は、シートマルチ栽培に必要な灌水量を把握するためにシートマルチ栽培での水分消費量や気象要因とストレスとの関係を解明するとともに樹体にかかっている乾燥ストレスを正確に把握する方法を明らかにすることが課題だと考える。

摘 要

シートマルチ栽培では、収穫時の酸含量が高いことが問題となっている。そこで、シートマルチ栽培での乾燥ストレスの軽減と、果実の減酸を図るために灌水方法、灌水時期について検討した。

1. シートマルチ栽培で収穫時の酸含量が高いのは、樹に強い乾燥ストレスがかかり、根の呼吸量などの樹の生理作用が低下したためと考えられる。
2. 灌水回数を1回とした場合、灌水量は、100～150ℓ/樹(7.5～10mm)が適量であった。灌水時期としては9月中旬が糖度にはあまり影響がなく、減酸に効果が高かった。
3. 樹体の乾燥ストレスを軽減するには、土壌表面灌水よりも土壌中へ灌注するほうが少ない水量で効果が高かった。葉水は、樹体に強い乾燥ストレスがかかっている時には乾燥ストレス軽減効果が小さいので、強い乾燥ストレスがかかる

前に定期的に行う必要があると考えられた。

引用文献

- 1) 葦沢正義, 1971. ウンシュウミカンの品質と水管理(1). 農及園, 48:1155-1160.
- 2) 小野祐幸, 1987. カンキツの光合成に及ぼす土壤水分と細根の活性の影響. 果樹試報D, 9:1-11
- 3) 坂本辰馬・奥地 進, 1968. ウンシュウミカン果実の可溶性固形物・酸に及ぼす降水量の影響. 園学雑, 38(3):230-238
- 4) 久保田収治・福井春男・赤尾勝一郎, 1972. 瀬戸内ミカン園の施肥合理化に関する研究(第9報)温州ミカン果汁中の糖・有機酸, 遊離アミノ酸組成の果実肥大成熟課程における変化. 四国農試報, 24:73-96
- 5) 沢村正義・橋永文男・箴島 豊, 1973. ¹⁴Cトレーサー法によるウンシュウミカンの有機酸と糖の季節的变化に関する研究. 農化誌, 47:571-576
- 6) 沢村正義・箴島 豊, 1973. ¹⁴Cトレーサー法によるウンシュウミカンの転流物質に関する研究. 農化誌, 47:733-735
- 7) 鈴木鐵男・橋爪光一・高木敏彦・岡本 茂, 1981. ウンシュウミカン樹における水ストレスが果実, 葉中の糖, 有機酸, アミノ酸, ABA含量に及ぼす影響. 静岡大農研報, 31:9-20
- 8) 中里一郎・松永茂治・岸野 功, 1996. ウンシュウミカンのシートマルチ栽培における乾燥ストレスの期間及び程度が果実品質に及ぼす影響. 長崎果樹試研報, 3:1-10
- 9) 中里一郎・松永茂治・岸野 功, 1997. ウンシュウミカンのシートマルチ栽培における果実肥大期の果実品質と収穫時の果実品質との関係. 長崎果樹試研報, 4:17-26
- 10) 平野高司・関 和雄・相賀一郎・河瀬憲次, 1995. シートマルチによるウンシュウミカン栽培環境の改善. 生物環境調節, 33:113-122
- 11) 間苧谷 徹・町田 裕・山津憲治・山崎隆生, 1976. 果樹の葉内水分不足に関する研究(第3報)土壤要因がカンキツ葉のWater potentialに及ぼす影響について. 園学雑, 44:367-374
- 12) 間苧谷 徹・町田 裕, 1977. 果樹の葉内水分不足に関する研究(第7報)夏季の葉の水ポテンシャルがウンシュウミカンの収穫時の果実形質に及ぼす影響について. 園学雑, 46:145-152.
- 13) 松本和紀・大庭義材・矢羽田二郎, 1990. 秋季の土壤管理による温州ミカンの品質向上(2)マルチ被覆下における樹冠散水が果実品質におよぼす影響. 平成2年度常緑果樹試験成績概要集. 栽培・流通編:411-412
- 14) 松本和紀・大庭義材・矢羽田二郎・津田勝男, 1991. ウンシュウミカンのシートマルチに関する研究(第1報)ウンシュウミカンの品質に及ぼす土壤水分制御の影響. 福岡農総試研報, B-11:73-76
- 15) 宮武貞男・原田豊, 1974. 温暖寡雨地帯におけるカンキツの品質改善に関する研究. 夏秋季の土壤乾燥と温州ミカン成木の品質に関する試験. 1974年中核試験共同研究成績集:22-24
- 16) 山口勝市, 1971. 品質向上のためのウンシュウミカン園のポリシート被覆. 農及園, 46:893-896
- 17) 矢吹萬壽, 1985. 根圏ガス環境と光合成. 植物の動的環境, p.79-83. 朝倉書店. 東京.

Effect of methods, time of irrigation on decrease of citric acid content and reduction of dry stress in sheet-mulching satsuma mandarin trees

Ichiro NAKAZATO and Isao KISHINO

*Section of Evergreen Fruit Tree, Nagasaki Fruit Tree Experiment Station, 1370 Onibasi-cho,
Omura, Nagasaki, 856-0021*

Summary

Effective methods, time of irrigation were investigated in order to decrease high citric acid content and reduce dry-stress of sheet mulching mandarin trees.

1. Final citric acid contents was high because mandarin trees had strong dry-stress and physiological action were low, such as breath of roots of mandarin trees.

2. In case that frequency of irrigation was once, it was proper quantity that amount of irrigation was 100 ~ 150 ℓ /trees for decreasing citric acid content. Mid-September was effective irrigation time for decreasing citric acid content, in addition it wasn't effect for final sugar content.

3. Irrigation in the earth was more effective method than sprinkle water on the earth in order to reduce dry-stress. It was necessary to sprinkle water to trees periodically before trees had strong dry-stress in sheet mulching satsuma mandarin, because sprinkling water to trees had little effect reduced dry-stress when trees had strong stress in sheet mulching.