

ミカン樹園地における潮風害防止栽培管理用水の適用量および果樹へ及ぼす影響に関する実験的研究

著者	櫻井 伸治, 石川 大貴, 堀野 治彦, 中桐 貴生
雑誌名	畑地農業
巻	663
ページ	17-24
発行年	2014-02
その他のタイトル	Experimental Study on the Decision of Desalting Lot-management Water for Protection of Salty Breeze Damage and Effect of its Application on Mandarin Orange Plant (Citrus unshiu)
URL	http://hdl.handle.net/10466/15487

ミカン樹園地における潮風害防止栽培管理用水の適用量および果樹へ及ぼす影響に関する実験的研究

櫻井伸治* 石川大貴* 堀野治彦* 中桐貴生*

要旨

海岸域のミカン樹園地では、潮風によるミカン生長への影響や収穫量の減少が懸念されている。潮風害防止栽培管理用水量は、農林水産省の土地改良事業計画設計基準に明記されているが、樹体の除塩に有効な用水量の根拠は乏しく、この用水量が作物生育に及ぼす影響については述べられていない。本研究では、除塩に必要な最低限の用水量を実証し、除塩散水による樹体および果実品質への影響を整理するために、ガラス室内で葉面損傷を施したミカン幼木の生育実験を行った。その結果、除塩は4mm程度の散水で十分な効果が期待できることが確認された。ただし、本研究で設定した除塩散水量実験区全てにおいて、ミカンの活性に大きな影響は見られなかった。一方で、過剰な除塩散水によって、ミカン品質に影響する可能性が示唆された。

キーワード：栽培管理用水 除塩散水 ミカン 生理活性 果実品質 気孔伝導度

I. はじめに

潮風害防止栽培管理用水は、海岸域で展開されている樹園地（本稿ではミカンを対象とする）などで生じる作物の塩付着対策として灌水される栽培管理用水である。台風などのような強風発生時に海水が樹体に付着し、そこに含まれる塩分が樹体の損傷部などを通じて、内部に浸入すると、生育不良や品質低下などを招くことがある。土地改良事業計画設計基準（農林水産省，1997；以下，基準書）によると，着塩後4時間以内に除塩を行えば，作物にほとんど影響はないが，8時間程度以上，着塩状態のまま放置すると深刻な被害が出始めるとされている。そのため，着塩後，なるべく早くかつ樹体全体にわたって，除塩のための灌水を行う必要がある。

さらに，基準書には，除塩散水の必要量は，「ミカン，茶などの調査事例を参照すると，4mm程度と思われる」と記されている。しかし，その根拠や妥当性に関わる情報については示されておらず，このことについて記述された文献も見当たらない。また，この量は作物生育上，必要となる補給灌漑水量と比べると大きく，単位

用水量としては12～24mm/dに相当するとされている。これを比較的短時間で適用するには，一般的な補給灌漑施設で賄うことは困難である。したがって，営農上支障をきたさない最小限かつ有効な除塩散水量について改めて検討することは有用である。また，着塩や除塩によって，植物生理学上，どのような影響が予見されるかを把握しておくことも重要である。

ところで，潮風害が発生する可能性のある太平洋沿岸地域において，温州ミカンが広く栽培されているが，近年の全国的な柑橘類価格の低迷などを背景に，ミカン果実の高品質化を図る農家も少なくない。高品質ミカンの栽培は，所定の根群域における土壤水分量を制御し，果樹に高い水分ストレスを与えることによって，果実糖度の蓄積を図ることを基本としている。この栽培方法では，栽培時期別に繊細な水管理が求められる。例えば，糖蓄積期に除塩散水などによって土壤水分量が過度に高くなると，果実糖度が効率的に高まらず，低品質の果実となり得る。果樹の生理的影響の観点から見れば，さほど問題はなくとも，農家への経済的な被害は甚大なものになる。したがって，除塩散水量がミ

カンの生育や果実の品質に与える影響についても知見を得ておくことが望ましい。

そこで本研究の目的は、下記の3点に焦点を当て、農家の負担軽減や灌漑施設の適正規模を含めた配水計画の見直しに向けて、除塩散水量の決定と用水量が作物生長や品質に及ぼす影響について実証的に検討することにした。

- ①最小限かつ有効な除塩散水量の把握
- ②着塩および除塩によるミカン幼木への生理的影響に関する知見の取得
- ③除塩用水量がミカン果実の品質に与える影響に関する知見の取得

上記の検討を行うために、海岸域で栽培される高品質ミカンを収穫することを想定した樹園地を念頭に、ミカン幼木を用いてガラス室内で実験を行った。

II. 研究方法

先述したように潮風害は塩分が樹体に付着し、損傷部などから体内に浸入することによって発生すると考えられる。そこで、潮風害防止のための灌水を模擬した実験を行った。すなわち、人工的に損傷させた葉面に塩水を散布し、しばらくして除塩散水を行ったミカン幼木の栽培を行った。先述の研究目的①～③を検討するために、実験では、散水による樹体からの除塩の程度、除塩散水後のミカン幼木の生理活性および収穫されたミカンの品質についての評価を行った。

1. 供試木および管理方法

大阪府立大学圃場にあるガラス室内の14m² (4.0m×3.5m)の範囲に、ミカン幼木「宮川早生(2年生苗定種)」12本を1本ずつポット(直径48cm)に植え、写真1のように配置した。実験は次節以降で述べる条件、手順および方法で行った。

幼木の補給水については気象条件に応じて、春季、夏季は2、3日に一度、秋季、冬季には7～10日に一度、各ポットに10mmずつ灌水を行い、適宜、施肥や害虫用の農薬散布も行った。



写真1 供試木の栽培風景

2. 実験条件

付着塩による幼木への影響は、葉面に損傷のある葉の割合によって異なると予想される。そこで、葉面損傷率(=1本の幼木における総葉数に対する葉面に損傷を受けた葉数の割合)が10%および30%の2つの実験条件を設け、これらの条件下で各1回の実験を行うことにした。葉面損傷率10%での実験(以下、実験No.1)については2011/10/16～2011/11/14の間、30%での実験(以下、実験No.2)については2011/11/17～2011/12/19の間に行った。両実験とも6本の幼木を使用し、うち5本に着塩を施した後、1本ずつ0(除塩散水を施さない)、2、4、6、8mmと水量を変えて除塩散水を施した。残りの1本については、着塩も除塩散水も行わない対照区とした。

3. 実験の手順および方法

両実験とも、図1に示す手順に従って、各幼木に葉面損傷、着塩および除塩を施し、各種計測を行った。これらの具体的内容は次の通りである。



図1 実験手順フロー

1) 葉面損傷

各ミカン幼木（対照区を除く）から所定量（総葉数の10%または30%）の葉を無作為に選定し、1枚ずつ600番のサンドペーパーを手で軽く当て、主葉脈方向に1回だけ擦って傷を付けるという作業を両面に施した。

2) 塩水散布および除塩散水

塩水散布および除塩散水の方法については、沖中ら（1993）による潮風害実験を参考にした。散布する塩水については、海水を模擬して蒸留水200mLにNaCl 3.00gとMgCl₂·6H₂O 0.81g（混合比1:0.27）を溶解させた溶液とし、散布負荷量が基準書に記載されているもの（ミカン、茶等では10a当たり作物体の着塩量が3kg程度で落葉の生理的影響が示唆）とほぼ同レベルに相当する3.8g/本となるように、ハンドスプレーで幼木全体にできるだけまんべんなく散布した。除塩散水については、葉面がほぼ乾燥し、着塩が安定した塩水散布から4時間後に、所定の除塩散水量になるように水道水を肩掛け噴霧器で偏りなく行った。

なお、参考実験として、無損傷のキュウリ苗およびミカンに対し、上記と同負荷の塩水散布（ただし、除塩散水なし）を行った。その結果、キュウリ苗では、着塩4日後には写真2のような枯死状態となったが、ミカンでは枯死や落葉などの現象は見られなかった。このことから、ワックス質に富んでいるミカンの葉は、その葉面に損傷がない限り、着塩による障害は生じにくいと考えられる。



写真2 塩水散布4日後の枯死したキュウリ

4. 測定項目

1) 葉面付着塩量と除塩量

塩水散布による葉面への着塩量および除塩散水による除塩量は、電気伝導度ECを計測することで評価した。このECの測定は図1に示したタイミング（塩水散布前後の2回および除塩散水後に1回）で行った。各幼木から中程度の大きさの葉を3枚選定し、蒸留水で湿らしたキムワイプを使って、各葉の両面を各面縦横3回ずつ拭きとり、その後、50mLの蒸留水に浸して塩分を抽出し、ポータブルEC計（Twin Cond B-731, HORIBA）にて測定した。これらの測定結果から、塩水散布前後のECの差を着塩量、除塩散水前後のECの差を除塩量と考え、除塩率（除塩量/着塩量）を指標に除塩効果を整理した。

なお、除塩率による評価に関して、データの信頼性を高めるために、ほぼ同様の追加実験を別途行った。

2) 除塩散水後のミカン幼木の生理活性

ミカン幼木の生理活性は気孔伝導度 g_s で評価した。各幼木から枯死していないと思われる葉を無作為に10枚選定し、リーフポロメーター（Model SC-1, DECAGON DEVICES）を用いて g_s を測定後、その平均値を指標とした。この時、損傷葉および無損傷葉の両者からサンプルを抽出した。 g_s 値は実験期間中の経時変化として整理し、各実験区（散水量区）間で比較を行った。

3) ミカン果実の品質

ミカン果実の品質は、果実横径、糖度およびクエン酸換算酸度を計測することで評価した。各ミカン幼木から収穫された果実は個数を記録した後、各幼木から無作為に5個ずつ採取し、上記の3つの項目を測定した。

果実横径は横径が最大と思われる方向を含めて計4方向をデジタルノギスで測定し、その平均値を整理した。糖度およびクエン酸換算酸度は、果実横径の測定に供した果実の果汁を搾り、それぞれ、デジタル糖度計（pocket PAL-J

ATAGO) およびデジタル酸度計 (SOU-1, SHIMADZU) で計測した。各測定項目については、各実験区 (散水量区) 別に整理し、それぞれを比較した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 除塩散水量ごとの除塩効果

各実験の際の塩水散布について、散布直後の各幼木葉面における EC には有意な差は無く、統計的には、ほぼ様な着塩がなされていることが確認された。

散水量と除塩率の関係を本実験、追加実験を含め図 3 に示す。散水量が 4mm 以上の区では、いずれも着塩量の 90%以上が安定して除去されていることが判る。なお、除塩率が 100%を超えるケースも見られたが、これは塩水散布以前にすでに葉に付着していた塩分も、同時に取り除かれたためと考えられる。一方、2mm 区については、本実験で 90%程度、追加実験で 80%程度の除塩率となったものの、測定した葉の間でバラツキが大きかった。すなわち、散水量 2mm の場合、除塩が不十分な葉も比較的多く存在する可能性がある。総じて、今回の実験結果を見る限りでは、幼木全体にわたり安定した除塩を行うには、4mm あれば十分であると判断できる。

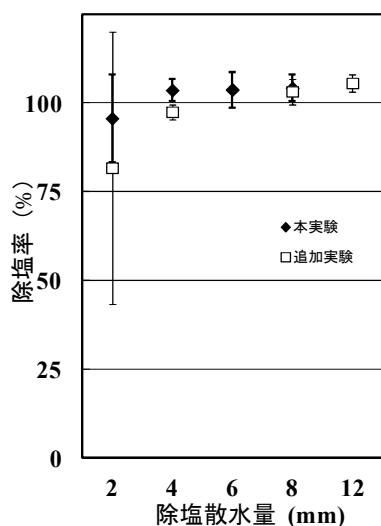


図 3 除塩散水量別の除塩率

2. 着塩および除塩散水によるミカン幼木への生理的影響

ミカン幼木の生理活性の評価で用いる気孔伝導度 g_s の値は、気象条件 (日射, 湿度など) や二酸化炭素濃度などの大気要素による影響を強く受ける。このため、同一の幼木でも異なった日時に計測された g_s を単純に比較することは困難である。また、各幼木間での g_s の差には個体差による影響が含まれる可能性もある。

そこで、除塩散水以外の因子による活性への影響をできるだけ除外して評価するために、各幼木の g_s を同一日時に計測された対照木の気孔伝導度 g_{sc} で除した $g_{src} (=g_s/g_{sc})$ と、各幼木の g_s を塩水散布前に計測した初期気孔伝導度 g_{si} で除した $g_{sri} (=g_s/g_{si})$ を求め、これらを用いて実験区間での比較を行うことにした。

1) g_{src} による比較

実験 No. 1, 2 における着塩直前状態からの g_{src} の推移を実験ごとに図 4 に示す。実験開始時の経時変化を分かりやすくするために、横軸の時間スケールを途中で変えて表示している。

実験 No. 1, 2 とも、除塩散水後 50 時間内において、葉に損傷を与えた幼木の g_{src} の値は無損傷葉のそれに比べて不安定に変動し、それ以降は、損傷の有無にかかわらず塩水散布前と同程度の値で安定した。この要因として、実験開始直後は、葉面の損傷部からの一時的な蒸発が気孔からの蒸散と捉えられ、見かけ上、 g_s 値が一時的に高くなったことが考えられる。

いずれにせよ、除塩散水量、損傷率と g_{src} の間には明確な関係は見出せず、実験 No. 2 (損傷率 30%) の無損傷葉において、4mm 区と 8mm 区で有意差が見られた ($p < 0.05$) 以外は、有意な差は統計的にも検出されなかった。

2) g_{sri} による比較

各幼木における g_{sri} の経時変化を図 5 に示す。横軸の表示は図 4 と同様である。図 4 で見られたのと同様に、除塩散水直後、 g_{sri} は大きく変動するが、しばらく経過すると 1 前後で安定するポットが多かった。総じて見れば、どの実験区

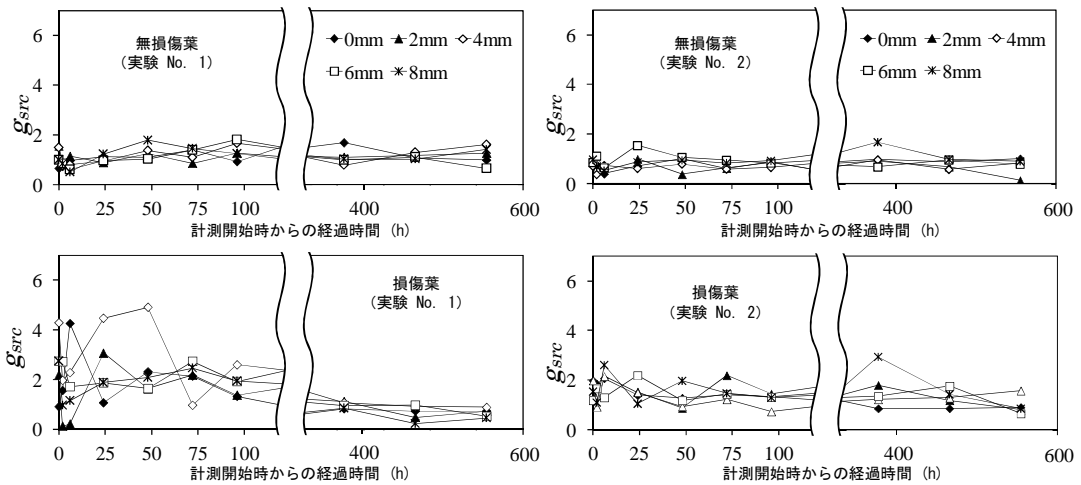


図4 除塩散水後の幼木の生理的影響 (g_{src} の観点から)

も対照木とほぼ同じ変動傾向を示しており、除塩散水の効果の差は、先と同様、ほとんど見られなかった

以上、 g_{src} や g_{sri} による比較結果を踏まえると、およそ1カ月の実験期間において、幼木の生理活性には実験区で有意な差は無く、除塩を行わなかった幼木においても顕著な生長阻害は見られなかったと判断される。実際、全葉数の10%、30%程度の損傷では、損傷葉の一部に落葉が見られたものの、樹勢の劣化は見られず、果実の生育も問題なく認められた。

本実験で使ったリーフポロメーターでは、葉面近傍と葉面より少し離れた空間の湿度差から

気孔伝導度を推定するという測定原理になっている。葉面に損傷を与えるような場合、損傷面からの蒸発による湿度の変動によって、正確な測定がなされない可能性もあり、気孔伝導度による高精度の樹体活性評価は難しいと考えられる。

3. ミカン果実の品質への影響

収穫されたミカンの果実数、果実横径、糖度およびクエン酸換算酸度を除塩散水量別に表1に示す。除塩散水量0mm区や対照木を含め、果実横径、糖度それぞれと除塩散水量の間に顕著な相関性は見られなかった。

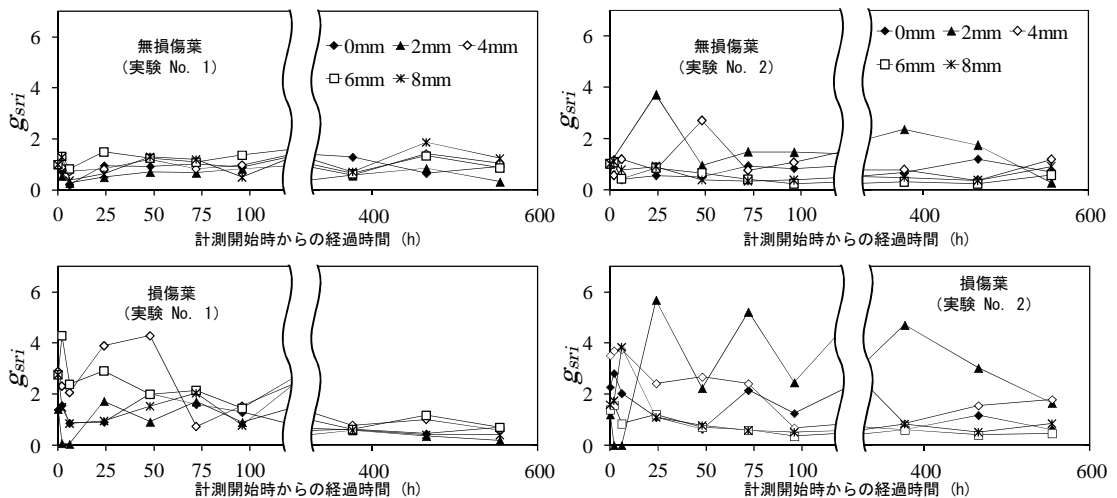


図5 除塩散水後の幼木の生理的影響 (g_{sri} の観点から)

表 1 除塩散水量別の果実品質 (10 個平均±標準偏差)

散水量 (mm)	実験 No.	果実数	糖度 (%)	クエン酸 換算酸度 (%)	果実横径 (mm)
0	1	14	12.9±0.78	0.37±0.25	58.8±2.2
	2	20	13.0±0.64	0.64±0.17	58.4±1.3
2	1	19	12.0±0.75	0.41±0.12	59.7±2.0
	2	10	11.5±1.09	0.68±0.27	66.6±2.0
4	1	17	12.2±0.52	0.80±0.07	59.2±2.3
	2	19	11.5±0.42	0.79±0.05	65.3±3.3
6	1	17	11.8±0.49	0.80±0.08	61.5±2.0
	2	14	11.8±0.66	0.77±0.04	66.1±2.6
8	1	15	12.8±0.51	0.74±0.01	62.4±2.9
	2	16	10.0±1.15	0.80±0.05	55.8±4.2
対照区	1	15	12.3±0.58	0.87±0.08	56.3±1.7
	2	19	11.1±0.91	0.57±0.31	60.8±1.4

実験 No. 1 : 損傷率 10% 実験 No. 2 : 損傷率 30%

ただし、糖度に関しては、0mm 区が他の区より有意に高い値を示した ($p<0.01$)。さらに詳細な群間比較を行ったところ、除塩散水量が 2mm 以下 (0 および 2mm) と 4mm 以上 (4, 6 および 8mm) の区では前者の方が有意に高い結果となった ($p<0.05$)。一方、4mm 以下と 6mm 以上、6mm 以下と 8mm の群間比較では、有意な糖度差は得られなかった。また、酸度は 0, 2mm がその他の区より有意に低かった ($p<0.01$)。

ミカン栽培では、糖度は水ストレスが強くなると高くなり、酸度は減酸期に水ストレスを低下させることで下がることがわかっている (近畿中国四国農業研究センター, 2004)。糖度や酸度が全期間的に水ストレスの影響を受けることを考慮すると、いずれかの時期に 4mm 程度以上の除塩散水を受けると、品質保証に要する以上に水ストレスが緩和されてしまう可能性が示唆される。

IV. まとめ

本研究は、高品質ミカンの収穫を目的とした樹園地において、潮風害防止に有効な除塩散水量の決定、除塩散水後のミカン幼木の生理的状況および除塩散水量が収穫されたミカンの品質へ

与える影響について検討した。その結果、以下の 3 点が明らかとなった。

- ①除塩のみを目的とするのであれば、散水量は 4mm 程度で十分な効果が期待できる。
- ②ミカン幼木に生理的障害が生じるとされるレベルの着塩負荷をかけたが、1 ヶ月の実験期間では、 g_s の観点から幼木の生育に大きな影響をもたらす程度には至らなかった。
- ③ミカン品質の結果から、散水量が 4mm 程度以上になると、水ストレスが緩和され、果実品質に何らかの影響が生じる可能性が示唆された。

最初に述べたように、海岸域における樹園地での灌漑計画では、潮風害防止のための用水を考慮することは非常に重要である。本研究の結果は、潮風害防止栽培管理用水量についての灌漑計画を行う上で、有用な参考データになり得ると考えられる。しかし、潮風害防止栽培管理用水と補給灌漑水は決して双方独立あるいは相反するものではなく、場合によっては両者を兼ね備えた水管理を行うことも可能であり、実践的な畑地灌漑を行う上では基準書の指定水量ほど必要ないことも予想される。今後、栽培管理

用水と補給灌漑の兼用を念頭に水の有効化を図ることが求められる。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、和歌山県果樹試験場よりミカン幼木をご提供頂いた。また、当時、大阪府立大学生命環境科学部の学生であった、藤原英司氏には膨大なデータの整理にご協力を頂いた。ここに記して感謝申し上げます。なお、本研究の一部は農林水産省近畿農政局の有田地区計画基礎諸元調査業務として行った。関係者各位のご協力に謝意を表す。

引用文献

沖中健, 鈴木邦治, 小林達明: 風洞を用いた落葉樹苗木の潮風害実験, 千葉大園学報, 第 47 号, pp.139-147, 1993

農林水産省構造改善局: 土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水(畑)」, (社)農業土木学会, 322p., 1997

近畿中国四国農業研究センター 総合研究第 2 チーム: 果樹園, 特にカンキツ園における水管理, 高度先進技術研修資料-4, 近畿中国四国農業研究センター, 2004,

http://www.naro.affrc.go.jp/training/files/2004_12-04.pdf (参照: 2013 年 10 月 23 日)

Experimental Study on the Decision of Desalting Lot-management Water for Protection of Salty Breeze Damage and Effect of its Application on Mandarin Orange Plant (*Citrus unshiu*)

Shinji SAKURAI* Daiki ISHIKAWA* Haruhiko HORINO* Takao NAKAGIRI*

*Osaka Prefecture University 1-1 Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai, Osaka, Japan, 599-8531

There are some concerns on harmful effects on plant growth and yield of fruits due to salt from the sea in mandarin orange orchards along sea coasts. The recommended lot-management water requirement for salt removal from plants is shown in the guidebook authorized by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries in Japan, though, any evidential data and valid information on it can be found.

In this study, mandarin orange plant growth test was carried out in order to elucidate the minimum water requirement for removing salt, the effects of amount of the water applied on the physiological activity of plant body (leaves) and relation to the quality of mandarin orange fruit. The results showed that water application of more than 4 mm was enough to remove salt from the leaves. With respect to the physiological effects on the plant, there is little statistically significant difference among amounts of lot-management water for salt removal. There also is some possibility of negative impact on the quality of orange fruit. These results obtained in this study are expected to be of some help to the effective use of irrigation water.

Key Words: lot-management water requirement, salt removal water, mandarin orange, physiological activity, fruit quality, stomatal conductance