

高品質な温州ミカン果実の安定生産に向けた灌漑計画手法の提案とその実証

著者	中桐 貴生, 堀野 治彦, 宮本 久美, 櫻井 伸治
雑誌名	畑地農業
巻	662
ページ	21-31
発行年	2014-01
その他のタイトル	Proposal of a new irrigation scheme for sustainable production of high-quality mandarin oranges and its empirical verification
URL	http://hdl.handle.net/10466/15486

高品質な温州ミカン果実の安定生産に向けた 灌漑計画手法の提案とその検証

中桐貴生*, 堀野治彦*, 宮本久美**, 櫻井伸治*

要旨

日本の畑地灌漑計画手法を応用して、温州ミカン果実の高品質化に適した灌漑計画手法を提案し、和歌山県有田地域にあるミカン果樹園での現地調査を通じて、この手法の妥当性について実証的に検討した。間断日数および1回の灌漑水量の算定値と実績値にはややズレがあったものの、1日当りの灌漑水量で見ると両者は類似しており、ある程度妥当な結果が得られた。

また、現行より多量少頻度な灌水パターンでも同品質の果樹栽培の可能性が算定結果によって示されたことから、実際の圃場においてこうした多量少頻度での灌水管理で栽培を行ったところ、高品質基準を満たす果実が収穫された。灌漑頻度の低下は、農家にとって、省力・軽労化が期待できる。

キーワード：畑地灌漑，温州ミカン，高品質，土壤水分ポテンシャル，水分ストレス

1. はじめに

1970年代に始まった農産物の輸入自由化や、果物消費量の低下、カンキツ類の価格低迷などを背景に、温州ミカン（以下、単にミカン）農家は厳しい農業経営を強いられている。また、かつて、カンキツ園へのスプリンクラ施設の導入が全国的に進められてきたが、設置から30年以上経過した施設も多く（近畿中国四国農業研究センター，2004）、老朽化や栽培品種の多様化などにより利用が限定され、自ら望む水管理が行えず、農業を諦める農家も現れつつある。こうした中、ミカン産地では、経営安定化策の1つとして、高糖度かつ適度な酸度を有し大きさや外観も整った、より市場価値の高いミカン果実の安定的な生産に向けた様々な取り組みがなされている。その具体例の1つに、マルチングとドリップ灌漑を併用した、通称「マルドリ方式」（島崎，2009）と呼ばれる栽培方法の導入が

挙げられる。

マルドリ方式を導入した果樹園において、実際に高品質果実の生産実績が示されている一方で、この栽培方法に適した灌漑諸元、すなわち、「各時期において、水をどれぐらいの頻度でどれだけ供給すれば良いのか」という定量的指標はまだ確立されておらず、マルドリ栽培を導入している農家では、自らの勘のみを頼りとした試行錯誤での灌水管理がなされているのが現状となっている。また、果実の高品質化には、所定の期間、果樹に極度の高水分ストレスをかけることが求められるため、過剰なストレス負荷によって果樹が衰弱し、経年的な減収や品質低下を招く危険性が高く、マルドリ方式は農家にとって大きな不安を伴う栽培方法でもある。

こうした背景の下、ミカン果実の高品質化に向けた研究として、植物生理学的な観点からのアプローチがこれまでもいくつかなされてきている。例えば、近畿中国四国農業研究センター（2004）や宮本ら（2009）は、果樹の水分ス

*大阪府立大学大 生命環境科学研究科 堺市中区学園町 1-1
**和歌山県果樹試験場 和歌山県有田郡有田川町奥 751-1

トレス指標として一般に用いられる「葉の水ポテンシャル」がある範囲内に維持されるような栽培管理がなされた果樹では、高品質な果実が収穫できる可能性が高いことを明らかにするとともに、その維持されるべき葉の水ポテンシャル域を定量的に例示している。

しかし、農家による実際のミカン栽培において、葉の水ポテンシャルのみを指標として灌水管理を行うことは現実的ではなく、高品質ミカン栽培にとって標準的な灌漑水量や灌水の頻度を設定し、これを参考にしながら、その時々気候条件に応じて、適宜灌水を行っていくという考え方がより便宜的である。この考え方に関連した研究として、例えば、村本ら（2011）は高糖度ミカン果実生産を目的とした土壤水分管理に着目し、そのための簡易な土壤水分診断法として TDR 土壤水分計による測定法の有効性を示している。しかし、具体的な灌漑諸元の定量化には至っておらず、また、葉の水ポテンシャルとの関連性が高いと思われる大気の水ポテンシャルについても考慮がなされていない。

そこで本研究では、和歌山県有田地域のミカン果樹園を対象に、高品質ミカンの安定生産に向けた灌漑諸元の確立を目的とし、その基礎的アプローチとして、ミカン果樹の葉の水ポテンシャル、土壤の水ポテンシャルおよび大気の水ポテンシャルを関連付け、高品質ミカン生産に適した葉の水分ストレス状態（＝葉の水ポテンシャル域）に対応する土壤の水ポテンシャル域（＝土壤水分域）について検討した。また、日本の畑地灌漑計画で用いられている土壤水分消費割合（SMEP）を考慮した灌漑水量および間断日数の算定手順を応用し、高品質ミカンの生育に適した土壤水分域を維持する1回の灌漑水量と間断日数を算定する手法を提案し、調査対象果樹園における灌漑実績や収穫果実の品質と比較しながら、その有効性について実証的に考察した。

II. 研究方法

1. 調査地の概要

本研究では、和歌山県有田地域においてマル

ドリ方式が導入されている複数のミカン果樹園を対象に2007～2009年の3シーズンにわたって調査を行った。和歌山県はミカン収穫量の全国トップシェアを占め、中でも県北中部に位置する有田地域は、和歌山県全体の収穫量の約6割のシェアを有するミカンの一大産地である。しかし、この地域においても農家の高齢化や、柑橘類果実の全国的な価格低迷等による経営基盤の衰退が懸念されており、その打開策として、「有田みかん」としてのブランド化や、「マルドリ方式」といった新しい栽培技術の導入による果実の高品質化などによって、柑橘類経営の向上・安定化を図る取り組みが進められている。

本研究で調査対象とした果樹園の概要を **Table 1** に示す。有田地域におけるミカン果樹園は、蔬菜などの一般的な畑作や水田には適さない急峻な傾斜地に多く広がっており、さらに、この地域の中央を流れる有田川沿いの沖積平野においても、元々は水田に利用されていた平坦農地がミカン果樹園として転換利用されているケースが多く見受けられる。このため、本研究では、傾斜地と平坦地の両方について調査を行うことにし、それぞれ2園ずつの調査果樹園（傾斜地：A園、I園／平坦地：K園、N園）を設けた。ただし、I園については、栽培者の都合により途中からマルドリ栽培から従来の栽培方式に切り替えられたこともあり、分析に十分なデータが得られなかったため、本論文では、A、K、Nの3園を対象に分析・考察を行うことにした。

2. マルドリ方式によるミカン果実の高品質化

果樹品種によって時期が多少異なるが、ミカンの開花・結実から果実収穫までの日数は「満

Table 1 調査対象果樹園の概要

園場名	A	I	K	N
位置	有田市	有田川町 (旧吉備町)	有田川町 (旧吉備町)	有田川町 (旧吉備町)
地形	傾斜地 (南西)	傾斜地 (南東)	平坦地 (水田転換)	平坦地 (水田転換)
栽培品種	興津早生 (15～16年生)	宮川早生 (18～23年生)	田口早生 (9年生)	宮川早生 (21年生)
マルチング 素材	ソフト(白) Dupont™Tyvek®	ハード(白) Dupont™Tyvek®	ハード(白) Dupont™Tyvek®	ハード(白) Dupont™Tyvek®
調査期間	2007-2009	2007	2007-2009	2008-2009

・灌水はいずれもドリップ方式。

・N園では2009年に従来法より多量少頻度で灌漑を行う区も設置。

開日から約 190 日」が標準とされている。有田地域において高品質ミカン果樹栽培（以下、高品質栽培）によく利用される早生品種の場合、通常、5 月上旬頃に満開となり、11 月下旬頃から収穫が開始される。

この地域で高品質栽培に取り組む農家は、和歌山県が定める認証ブランドの品質基準である「糖度 12 度以上、酸含量 0.7~1.0%、果実横径サイズ M(61~67mm) 中心の S(55~61mm)~L(67~73mm)」を満たす果実をなるべく多く収穫することを目標として、ミカン花の満開日から積算しておよそ 70~190 日までの果実の肥大・成熟期における果樹への水分ストレスをおおよそ Fig.1 に示されるような形で時期別に管理することによって果実品質の調節を行っている。果実の肥大・成熟期は、I 期（＝満開日から 70~105 日）、II 期（＝同 105~125 日）、III 期（＝同 125~190 日）の 3 つに区分され、果実内の糖分蓄積を促したい I 期および III 期においては果樹への水分ストレスを大きく、一方、果実の肥大や樹勢回復を促したい II 期や肥大・成熟期以降においては水分ストレスを小さくするような栽培管理が理想的であるとされている。なお、III 期では、II 期の低ストレス状態にある果樹に対し、負担が大きくなりすぎないように、水分ストレスを徐々に高められる。このため III 期の前半と後半では果樹への理想的な水分ストレス状態に比較的大きな差が生じてしまうことから、満開日から 125~155 日頃まで（＝III-1 期）とそれ以降 190 日まで（＝III-2 期）の 2 期に文化されている。

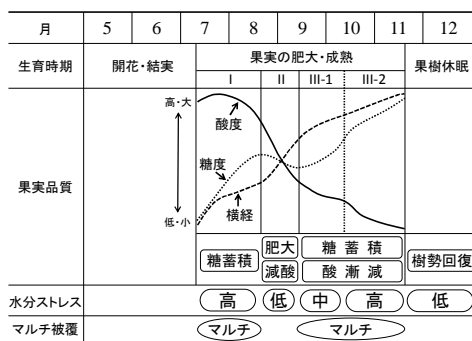


Fig.1 高品質ミカン果実の標準的な栽培モデル

マルドリ方式は、このような栽培管理を実現するための具体策の 1 つである。この栽培方式の原理は、対象果樹園の「土壌表面を通気性はあるが通水性の無い白色のマルチング用シート（ソフトタイプとハードタイプの 2 種があるが、通気・通水性能上の差は無し）で覆って降雨時の過剰な浸透と晴天時の土壌面蒸発を抑制しながら、シート下に設置しておいた灌用水チューブを使ってドリップ灌漑を行い、土壌水分状態をなるべく厳密に制御することによって果樹への水ストレスを時期に応じて調整する」というものである。「マルドリ」という呼称は、マルチングとドリップの併用が基本となっていることからきている。また、この方式では、必要最小限の灌水しかなされないため、節水効果も期待される。なお、マルチング被覆については、原理的には、水分ストレスを高くしたい I 期および III 期においてのみ必要となるが、被覆作業の労力負担が大きいことから、とくに傾斜地において、肥大・成熟期を通じてマルチング被覆を行い、ドリップ灌漑のみによって土壌水分管理が行われているケースも見られる。

3. 高品質ミカン果実栽培に向けた灌漑計画の基本概念

わが国における畑地灌漑計画法では、Fig.2 に示されるように、現地の水分消費調査に基づいて、容易有効水分量 RAM および全容易有効水分量 TRAM を算出し、現地の気象特性も踏まえながら 1 回の灌漑水量および間断日数を算定する方法が一般的である（農水省, 1997）。高品質ミカン栽培においても、通常の畑作と同様に、「所定の時期に何日間隔でどれだけの量を灌水すればよいか」という情報は、農家にとって極めて有用である。しかし、従来の容易有効水分量 RAM は、土壌水分の変化域のうち、作物による容易な吸水が保証される範囲とされており、土壌特性が変わらない限り、原則として、灌漑期間を通じて一定であるのに対し、高品質ミカン栽培では、果樹が容易に吸水できる土壌水分状態が時期によっては必ずしも好適であるとは限らず、しかも理想とされる果樹への水分ストレス強度

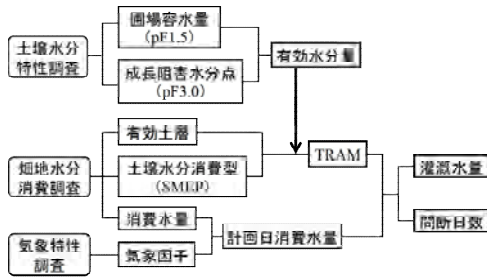


Fig.2 従来の灌漑水量および間断日数の算定手順

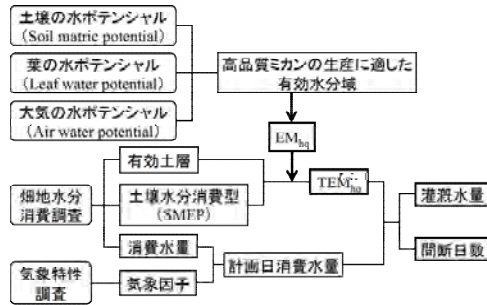


Fig.3 高品質ミカン栽培のための灌漑水量および間断日数の算定手順

が時期によって異なる。したがって、従来の畑地灌漑計画法を高品質ミカン栽培にそのまま適用することはできない。

そこで、本研究では、RAM の範囲を高品質ミカン栽培に適した時期別の有効土壌水分域 EM_{hq} (Effective Moisture for high quality とする) に変更し、これに基づいて1回の灌漑水量および間断日数を算定することを試み、その有効性について実際の果樹園において実証的な検討を行うことにした。

本研究で提案した、高品質ミカン栽培に向けた灌漑水量および間断日数の算定手順を Fig.3 に示す。ここでは、Fig.2 における RAM を EM_{hq} に置き換えることによって、TRAM に相当する TEM_{hq} (Total EM_{hq}) について、次式が成立すると考えた。

$$TEM_{hq} = EM_{hq} \cdot D / C_p \quad (1)$$

ここに、 D : 制限土層の厚さ(mm)、 C_p : 制限土層の土壌水分消費割合 SMEP (%)

上式および日消費水量 (本研究では、土壌水分減少法で推定) により、従来法 (農水省, 1997) と同要領で1回の計画灌漑水量および間断日数を求めることができる。

4. EM_{hq} の意味

ミカン果実の品質に強く影響を与える要素の1つとして、ミカン果樹体内の水ポテンシャルが挙げられる。宮本 (2009) は、植物生理の見地から、高品質なミカン果実栽培に適した日没前の葉の水ポテンシャル ψ_L について、Table 2 に示すように時期別に整理している。一方、SPAC (Soil-Plant-Atmosphere Continuum) の観点から見ると、 ψ_L は土壌や大気の水ポテンシャル (ψ_S および ψ_A) と比較的明確な応答関係があると考えられる。また、果実品質の調整のためになされる灌水管理は ψ_S を制御しているにほかならない。つまり、 ψ_L と ψ_S および ψ_A との応答関係を求め、それをもとに算出された高品質栽培にとって好適な ψ_L 域に対応する ψ_S 域が上述の

Table 2 ミカン果実の高品質化に適した時期別の ψ_L および ψ_S の範囲

期別の 好適 ψ_L 域 (日没前)	好適 ψ_L 域に対応する ψ_S		
	A園(傾斜地; '07-'09)	K園(低平地; '07-'09)	N園(平坦地; '08)
I 7月中旬~8月中旬: -1.68~-2.12 MPa	-0.67 ~ -0.96 MPa (pF3.8 ~ 4.0)	-0.0074 ~ -0.0086 MPa (pF1.9 ~ 1.9)	-0.72 ~ -0.88 MPa (pF3.9 ~ 4.0)
II 8月下旬~9月上旬: -1.05~-1.71 MPa	-0.35 ~ -0.63 MPa (pF3.6 ~ 3.8)	-0.0053 ~ -0.0069 MPa (pF1.7 ~ 1.8)	-0.60 ~ -0.84 MPa (pF3.8 ~ 3.9)
III-1 9月中旬~10月上旬: -1.21~-1.85 MPa	-0.60 ~ -0.81 MPa (pF3.8 ~ 3.9)	-0.0079 ~ -0.0082 MPa (pF1.9 ~ 1.9)	-0.59 ~ -0.66 MPa (pF3.8 ~ 3.8)
III-2 10月中旬~11月中旬: -1.78~-2.28 MPa	-1.37 ~ -1.79 MPa (pF4.1 ~ 4.3)	-0.0097 ~ -0.011 MPa (pF2.0 ~ 2.1)	-0.69 ~ -0.78 MPa (pF3.8 ~ 3.9)

EM_{hq}と等価となり、このEM_{hq}を維持するための灌漑水量および間断日数が本研究で求めるべきものである。

III. 調査方法

本研究で現地にて取得したデータおよびその計測方法等の概要は以下の通りである。

1. 水ポテンシャル

1) 土壌

対象果樹園ごとに1本の対象果樹を選定し、その樹冠下の土壌中で計測した体積含水率から土壌水分特性曲線を用いて土壌のマトリックポテンシャル ψ_s [MPa]を推定した。

土壌体積含水率は、土壌表面から深さ 5cm, 15cm, 25cm, 40cm, 55cm の位置に TDR 式土壌水分計 (Campbell Scientific CS616 または CS615) を水平に埋設し、データロガ (Campbell Scientific Inc. CR10X) を使って1分間隔での計測値を10分ごとに平均したものを記録した。この計測方法で必要となる校正曲線については、事前に、各果樹園とも表層~30cm 深さおよび40~50cm 深さの2層から土壌を採取し、それぞれの土壌に対し風乾状態から数段階に分けて徐々に水を加え、各段階での体積含水率とセンサーの応答値の関係から作成した。

土壌水分特性曲線については、土壌水分計の埋設時に各深さで採取した土壌サンプルを用いて、砂柱法、遠心法、蒸気圧法、サイクロメータ法により、低水分~高水分状態での体積含水率とマトリックポテンシャルのデータセットを作成し、van Genuchten (1980) の式を適用してこれらの対応関係を最も無理なく表現できるようなパラメータを最適化により決定した。

また、各土層における体積含水率の経時的変化から土壌水分消費量も推定した。

2) 葉

8月~10月のほぼ毎日、対象果樹から外見的に生育状態の良い葉を日没時に数枚採取し、プレッシャチャンバー法 (PMS Model 600) により葉内の水ポテンシャル ψ_L [MPa]を計測した。

3) 大気

各対象果樹の樹冠上部にて計測した日平均気

温および日平均湿度 (T&D おんどとり TR-5S を用いて10分間隔で計測・記録し、日ごとに平均) から、ケルビン式に基づく次式により大気の水ポテンシャル ψ_A [MPa]を算出した。

$$\psi_A = -\frac{RT\rho_w}{M_w} \ln\left(\frac{RH}{100}\right) \quad (2)$$

ここに、 R : 気体定数 [8.314×10^{-6} MPa m³ mol⁻¹ K⁻¹], T : 気温 [K], ρ_w : 水の密度 [1000 kg/m³], M_w : 水の分子量 [0.018 kg/mol], RH : 相対湿度 [%]

2. 細根密度分布

各対象果樹園での(畑地灌漑上の)有効土層や、有効土層内における層別の土壌水分消費割合 (=SMEP) を特定するために細根密度分布調査を行った。本研究では、各対象果樹周辺 (樹冠外周付近) に $40\text{cm} \times 40\text{cm}$ の調査区画を3箇所設置し、区画内における表層から細根の深度に応じて深さ 30cm または 40cm までの土壌を 10cm 深さごとに区別して掘削・収集した後、それを水洗いしながらミカン果樹の根のみを回収して根径で分類し、ライン交差点法を用いて、根径別の根長を調べ、細根 (根径 0.2cm 以下) の根長を各土層の体積で除して細根密度 [cm/cm³] を求めた。

3. 降雨量

各対象果樹園敷地内に転倒ます式雨量計 (分解能 0.2mm) を設置し降雨量を時刻と共に記録した。降雨直後や、マルチング設置下でも雨水が土壌にまで浸入するような比較的大きな降雨後の数日間は、各水ポテンシャルの関係が不明瞭となることから、土壌水分に降雨による影響が強く残っていると判断される日のデータは以下で述べる解析の対象から除くことにした。

IV. 結果および考察

1. EM_{hq}の算定

ψ_L に対する ψ_s および ψ_A の対応関係を見るために、それぞれの ψ_L に対する相関係数を調べたところ、Table 3 のようになった。一部例外もあるが、概ね、どの時期も ψ_A に比べ、 ψ_s の方が ψ_L

に対する相関性は強いといえる。また、 $\psi_L - \psi_S$ の相関係数は全体的に比較的大きい値をとっており、Fig.4に例示するように、これらの間にはある程度明確な線形関係が認められることが確認された。

なお、 ψ_L は、本来、 ψ_A と ψ_S による影響を同時に受けていると考えられることから、 ψ_L を目的変数、 ψ_A および ψ_S を説明変数として重回帰分析も行ってみた。その結果、圃場、時期別の相関係数は、当然のことながら、説明変数が増加した分だけ $\psi_L - \psi_S$ の単回帰分析で得られた値よりも大きくなった。しかし、 $\psi_L - \psi_S$ の単回帰式でも相関係数は十分に大きく、明確な線形関係が示されており、 ψ_L に対応する ψ_S を一意的に求められることから、ここでは、 $\psi_L - \psi_S$ の線形回

帰式を用いて検討を行うことにした。

時期別に作成した $\psi_L - \psi_S$ の線形回帰式をもとにミカン果実の高品質化に好適な ψ_L 範囲に対応する ψ_S の好適範囲を算定したところ、Table 2に示す結果となった。果樹への高い水ストレスが求められるI期やIII期では、一部でpF4超となるケースも見受けられ、果樹にかなり大きな負担がかかっている様子が窺われる。

2. 有効土層, SMEP, および制限土層の決定

1) 有効土層

どの果樹園でも細根の分布が認められた表層~40cm深さまでを有効土層とし、各園とも表層から10cmごとに第1~第4までの4層に分割して以下の検討を行うことにした。

2) SMEP

各対象果樹園における土壌水分データから、数日間連続して降雨も無く灌水もされていない期間を複数抽出し、各期間内での土層ごとの土壌水分減少量からSMEPを算出し、これを抽出された期間全体で平均化して5%単位で整理ものを最終的なSMEPとし、I~II-2の全期間を通じて一定とした。得られたSMEPの値をTable 4に示す。

3) 制限土層

従来の畑地灌漑計画方法では、有効土層内で土壌水分消費割合が最も大きな層が制限土層とされ、この考え方に従えば、各果樹園での制限土層は、A園では第2または第3層、K園では第3層、N園では第1~第3層のいずれかとなる。しかし、土壌からの植物体内への吸水を司る細根の密度分布は、Fig.5に示されるように、どの果樹園も第1層が顕著に卓越しており、従来法に従って機械的に第1層以外を制限土層としてしまうには物理的に問題があると判断された。

Table 3 ψ_L に対する ψ_S および ψ_A の相関関係

圃場名	説明変数	時期			
		I	II	III-1	III-2
A	ψ_S	0.92	0.83	0.79	0.82
	ψ_A	0.92	0.51	0.70	0.88
K	ψ_S	0.75	0.67	0.22	0.73
	ψ_A	0.44	0.14	0.10	0.28
N	ψ_S	0.87	0.95	0.57	—
	ψ_A	0.39	0.73	0.44	—

・N園ではIII-2期に有効なデータが得られなかった。

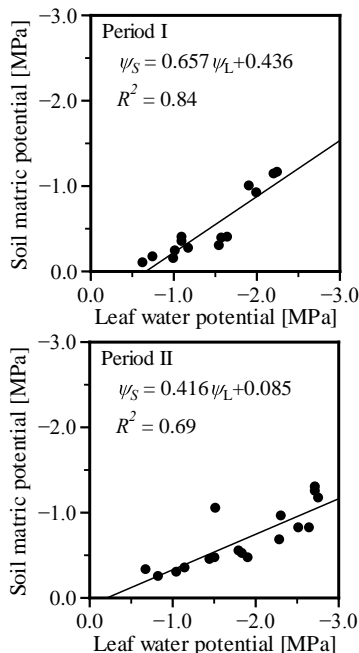


Fig.4 ψ_L と ψ_S の対応関係(A園)

Table 4 決定されたSMEP

圃場名	第1層	第2層	第3層	第4層
A	20	30	30	20
K	20	20	30	30
N	30	30	30	10

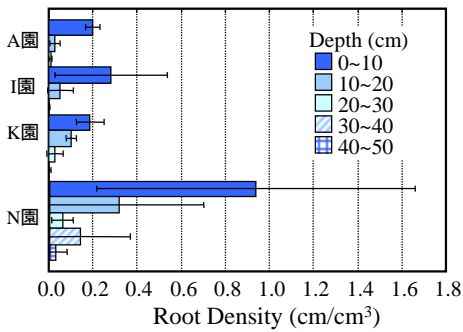


Fig.5 細根密度分布の調査結果

そこで、本研究では、どの果樹園とも細根が集中している第1層を制限土層とすることにした。

なお、実測の土壌水分データから算出した各土層での水分消費割合が必ずしも第1層で最大とならなかった理由の1つとして、計算対象とした期間の初期水ポテンシャルが土層間で、あるいは期間ごとに異なるということが挙げられる。従来の灌漑計画法では、ある期間を対象に土壌水分消費量を算出する際、水ポテンシャルの初期状態として、有効土層内ではどの層も等しく圃場容水量の状態であることが前提となっている。この場合、土層内での細根による吸水量が大きい、すなわち細根密度が高いほど消費水量が大きくなると考えられる。

一方、本研究のように、「無降雨・無灌水日が連続している」という条件で対象期間を抽出した場合、水ポテンシャルの初期状態が有効土層内の全ての層で等しくなるとは限らず、また同じ土層でも時期によって初期状態は異なる可能性が高い。とくに、調査対象としたどの果樹園でも、第1層に細根が集中していることから、この層では細根による吸水が卓越し、初期の時点で他の層に比べて乾燥状態、すなわち水ポテンシャルが低い状態となっていて、細根の吸水抵抗がより高くなり、さらに他層から第1層への水移動も生じることも想定される。

したがって、以上のような理由により、見かけ上、第1層以外の層での消費水量の割合が大きく算定される結果となった可能性がある。

3. 間断日数および1回の灌漑水量の実績値との比較

以上の検討により得られた SMEP と式(1)により時期別の TEM_{hq} を求め、この値と制限土層における時期別の日消費水量から1回の灌漑水量と間断日数を算出した結果を実績値ならびに収穫後の果実品質とともに Table 5 に整理した。なお、日消費水量については、無降雨日を対象に土壌水分減少法により日ごとの消費水量を求め、時期ごとに平均して求めた。

まず、Table 5 の灌漑実績見ると、間断日数は総じて3日以内であることが多く、収穫果実は一部を除いてほとんどで高品質基準を満足できている。一方、本研究で算出した間断日数や1回の灌漑水量は、多くの場合、実績値に比べて大きな値となった。ただし、1日当りの灌漑水量に換算してみると1~2mm/d程度となり、概ね実績値と類似したものとなった。すなわち、本研究結果によると、1日当りの灌漑水量が同じであれば、現行より多量少頻度であっても高品質果実が得られることを示唆しているといえる。

そこで実際に、農家からの理解・協力を得られたN園において2009年に別途調査圃場(N₂区)を設け、通常よりも多量少頻度での灌漑管理を行ったところ、この果樹園でも通常の灌漑管理を行った圃場(N₁区)と同様に高品質基準を満足する果実が収穫された。

V. まとめ

本研究では、ミカン果樹の高品質化に向けた灌漑諸元を確立することを目的として、わが国において従来用いられてきた畑地灌漑計画手法を応用した算定手法を提案し、その妥当性について、和歌山県有田地域にある実際のミカン果樹園を対象に実証的に調査を行った。ここで提案した手法によって算定された間断日数や1回の灌漑水量は、高品質基準を満たす果実が収穫された圃場での実績値とやや乖離が見られたものの、1日当りの灌漑水量で見ると両者は類似しており、実用上妥当な計算結果と推察された。

また、今回提案した手法による評価では、現行よりも多量少頻度でも同品質の果樹栽培の可能

Table 5 間断日数および1回の灌漑水量の算定結果と実績値との比較

圃場名	年	期間	間断日数(日)		1回の灌漑水量(mm)		収穫果実の品質			
			計算値	実績値	計算値	実績値	糖度(度)	酸含量(%)	横径(mm)	
A	2007	I	4	2	4	0.8	15	1.4	56	
		II	12	2	6	0.8				
		III-1	5	2	3	0.8				
		III-2	4	3	2	0.8				
	2008	I	3	1	4	1	12	0.8	69	
		II	6	2	6	1				
		III-1	5	2	3	1				
		III-2	10	—	2	0				
	2009	I	2	—	3	0	12	1	61	
		II	11	1	7	1				
		III-1	4	1	3	1				
		III-2	4	2	3	1				
K	2007	I	2	1	3	3	15	1.1	61	
		II	5	1	7	1				
		III-1	1	1	2	1				
		III-2	2	1	3	1.5				
	2008	I	2	2	4	4	14	0.9	63	
		II	15	7	7	2				
		III-1	1	7	2	3.5				
		III-2	4	—	3	0				
	2009	I	3	—	3	0	14	0.8	66	
		II	5	2	7	1.2				
		III-1	1	1	1	1.2				
		III-2	10	2	3	1.2				
N	N ₁ 区	2008	I	2	—	3	0	11	0.8	75
			II	4	10	2	16			
			III-1	3	—	1	0			
			III-2	9	—	5	0			
	2009	I	3	—	3	0	13	1	57	
		II	5	2	7	3				
		III-1	1	1	1	2				
		III-2	10	—	3	0				
	N ₂ 区	2009	I	4	—	3	0	13	0.8	63
			II	7	7	6	9			
III-1			5	15	6	17				
III-2			5	—	4	0				

- ・高品質果実としての基準:糖度 12 度以上, 酸度 0.7~1.0%, サイズ:M 玉(61~67mm)中心の S~L
- ・N₁ 区:現地のマルドリ栽培で通常なされる灌水方式を実施
- ・N₂ 区:通常より意図的に多量少頻度での灌水方式を実施

性が示された。そこで、実際の圃場において通常より多量少頻度での栽培を行った結果、高品質基準を満たす果樹を生産できることが確認された。

現行のマルドリ方式による高品質ミカン栽培では、間断日数が 1~2 日程度である時期が多

く、頻繁な灌水管理を要するため、農家にとっては労働負担がかなり大きい。したがって、現行より少頻度での灌漑でも同品質果樹の収穫が可能であれば、省力・軽労化が期待できる。

マルチングによって降雨の影響を制限し、給水を灌漑中心にして高品質作物生産を持続する

水管理に関する知見は、乾燥地農業や、砂漠化防止にも応用できる可能性がある。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、当時、大阪府立大学大学院生命環境科学研究科の大学院生だった土居真純氏、田淵友義氏ならびに宮崎真人氏には、現地調査やデータ整理に多大なご協力を頂いた。また、和歌山県果樹試験場にも現地調査やデータ分析などへのご協力に加え、貴重な関連資料などの提供も賜った。ここに記して心より御礼申し上げる。

引用文献

van Genuchten: A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44, 892-898, 1980
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)」, 農業土木学会, 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, http://www.naro.affrc.go.jp/training/files/2004_12-04.pdf (参照: 2013年10月23日)

宮本久美, 土居真純, 中谷 章, 山本浩之: 早生ウンシュウミカンの高品質・連年生産のための好適LWP域, 園学研8 (別1), 80, 2009

島崎昌彦: カンキツの新しい栽培技術「マルドリ方式」の技術と効果, 平成21年度農業農村工学会大会講演会要旨集, 34-35, 2009

村本晃司, 井樋昭宏, 大倉英憲, 松本和紀, 牛島孝策: 極早生ウンシュウミカンの高糖度果実生産のためのTDR土壌水分計を用いた測定法と土壌水分管理, 福岡県農業総合試験場研究報告, 30, 43-47, 2011

Proposal of a new irrigation scheme for sustainable production of high-quality mandarin oranges and its empirical verification

Takao Nakagiri*, Haruhiko Horino*, Kumi Miyamoto**, Shinji Sakurai*

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

** Wakayama Research Center of Agriculture, Forestry and Fisheries Fruit Tree Experiment Station 751-1 Oku, Aridagawa-cho, Arida-gun, Wakayama

Abstract

A new irrigation scheme arranged for sustainable production of high-quality mandarin oranges was proposed. This irrigation scheme is modification of the conventional upland irrigation scheme for general crops authorized by the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries of Japan. On-site investigation was carried out to verify this new irrigation scheme on the satsuma mandarin orange field in the Arida area, Wakayama. The “days of irrigation interval (DII)” and the “amount of each irrigation (AEI)” calculated by the new scheme were different from the actual ones performed by farmers. But the values of “water amount per day” calculated by AEI/DII for both tended to be almost the same.

The calculation results suggested that the harvest of orange fruit with “high-quality” grade was possible even under the longer irrigation interval than the actual as long as apparent amount of the irrigation water per day is not changed. A further practical study was conducted and showed the validity of such suggestion. Accordingly, the longer irrigation interval can be introduced, which brings labor-saving of famers.

Key Words: upland irrigation, satsuma mandarin orange, high quality, soil matric potential, water stress