

養水分制御による省力、低コストで高収益性のカンキツ生産技術

試験研究計画名：養水分制御を基盤とした樹体管理技術の確立による高品質カンキツ果実連年安定生産の実証

地域戦略名：高品質果実生産新技術の導入によるカンキツブランド化推進

研究代表機関名：(研) 農研機構西日本農業研究センター

地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

マルドリ栽培は、高品質果実生産という視点からは成果を上げており、完成された技術として受け止められています。しかし実際の現場では、栽培管理技術や施設の運用についてのノウハウが十分に浸透、普及していないのが現状で、「養水分の制御」というマルドリ方式のもつ本質についての理解が不十分で、その能力を発揮できていない事例も多く見受けられます。さらにこれまでに実施されてきたマルドリ栽培の大半は温州ミカンを対象としており、より高単価販売が期待される中晩柑への適用や、その際の導入技術の考え方（理論・原理）の明示などが求められてきました。この技術体系では、従来のマルドリ方式の設備の利用を基本にしながら、マルドリ方式の施肥効率の良さに基づく施肥量の削減や低コスト肥料資材の活用による経費削減を図り、果実品質、収量の維持・向上を達成し、ブランド果実の生産比率や秀品率を向上させ、高い収益性を目指します。また、高品質果実生産には不可欠で生産者からは判断が難しいと言われる土壌水分管理法を果実肥大、果実品質との関連を示しながら、土壌水分情報の見える化や情報共有の実現を目指しました。これらの技術・情報を栽培管理に活用した栽培管理指標としての「マルドリ活用指針」を作成し、他の地域への技術展開を可能とすることを目標としました。

技術体系の紹介：

1. 簡易土壌水分計による乾燥ストレス程度の把握と高品質果実生産への活用

高品質のカンキツ生産に重要な乾燥ストレスの付与程度の判定は、生産者の経験と勘に頼っているのが現状です。そこで、カンキツが受けている乾燥ストレスの程度は土壌水分含量を反映することから、土壌水分を把握するための測器「簡易土壌水分計」を利用した乾燥ストレスの程度の指標を示しました。簡易土壌水分計の水位が1日あたり5cm以上低下し始めるとカンキツは強い乾燥ストレスを受けている状態であり、かん水を始める目安となります。園地に設置した簡易土壌水分計の水位が5cm/day以上低下するタイミングと前後して、果実の肥大量が高品質果実生産の目安とされる0.3mm/day以下となりますので、かん水の指標となります（図1）。

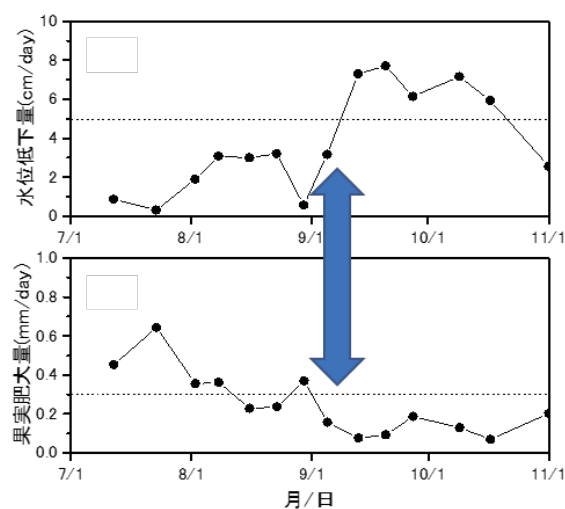


図1 簡易土壌水分計の水位低下量と果実肥大の関係

図中矢印が水位低下5cm/dayの頃

2. マルドリ方式での窒素施肥量の 50%削減を可能とする低コスト施肥技術

マルドリ方式で利用する「点滴かん水同時施肥」は、施肥窒素成分等の溶脱が少なく、園地から地下へ流亡する窒素の割合（溶脱率）は、慣行栽培の 55.8%に対して、マルドリ方式では 14.5%となります（図 2）。施肥窒素量が慣行栽培より少ないマルドリ方式でも慣行栽培と同程度の窒素が効率的に利用されていると推定されます。溶脱率の結果からも、マルドリ方式の施肥窒素量は慣行栽培の 5 割程度に削減できることが示されており、割高な液肥も使用量を半分にできれば肥料費の増加を抑制できます。

さらに、より安価な液体硫安肥料を用いることもできます。ここでは、「愛媛県試第 28 号」において従来の液体肥料資材と比較検討しました。この液体硫安肥料には窒素成分しか含まれていないので、主要成分では別途リン酸と加里の施用が必要です。肥料にかかるコストを比較すると、従来マルドリ方式で使ってきた液体肥料資材が 10a あたり 56,000 円であるのに対して、液体硫安肥料を使うと肥料のコスト 10,000 円にリン酸とカリの補給用費用として堆肥を利用した場合に約 20,000 円、もしくは、PK 液肥を利用する場合は約 10,000 円が追加で必要となりますが、施肥費用の削減ができます。この場合でも生育状況は良好で果実も順調に肥大します。果実品質・収量および葉中の窒素、リン、カリウム濃度とも従来の液体肥料資材と差は認められません（表 1、図 3）。

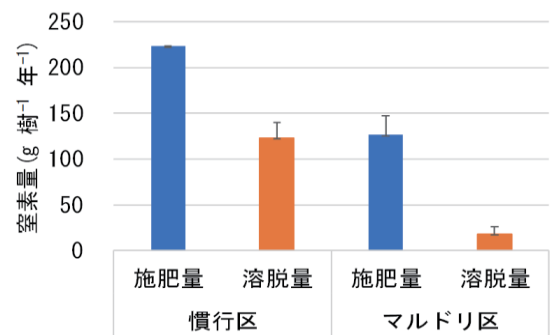


図 2 施肥窒素の 1 樹あたりの見かけの溶脱量
約 3 年間の各区 2 樹の測定結果を平均

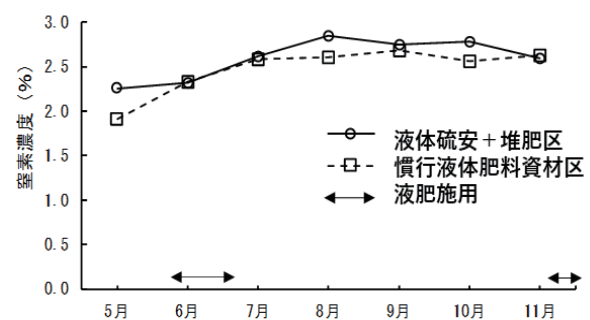


図 3 液体硫安肥料を 3 年間使用した場合の葉中窒素濃度

（愛媛県農林水産研究所果樹研究センター）

表 1 マルドリ方式における施肥資材の違いによる果実品質、収量への影響

処理区	糖度 (° Brix)	クエン酸 (g/100ml)	果皮色 (a 値)	単位収量 (kg/m³)
液体硫安+堆肥	11.6	0.88	29.2	2.4
慣行 (OK-F)	12.2	0.95	30.0	2.2

※ 2016～2019年の平均

愛媛県農林水産研究所果樹研究センター

3. 高品質果実生産のための「マルドリ活用指針」

「マルドリ活用指針」は、樹体栄養診断（樹体の窒素栄養状態を葉柄中の硝酸態イオン濃度により判断すること）の結果を活用し、本プロジェクトで開発した施肥窒素量を慣行栽培の 50%に削減し、養水分制御技術（施肥量、施肥時期、施肥かん水量の決定および土壌乾燥状態、果実肥大状況、果実品質を考慮したかん水回数、時期を制御する技術）を取り入れながら、マルドリ方式により高品質果実を安定的に生産するための栽培指針です。この「マルドリ活用指針」は表計算ソフト Excel で作成されており、所定の Excel シートに園地情報（面積、品種、植栽本数、有効点滴孔数）を入力すれば、自動的に時期別の目標窒素成分量、かん水タイマー設定時間・回数、液肥施用日数が計算されます。設定基準値は品種、それぞれの産地、生産者が園地条件や生産目標に基づき適正な値を設定する必要があります。生産者は、その情報に基づいてマルドリ方式による栽培管理を行います。現在、早生温州、中生温州、「はれひめ」、「愛媛県試第 28 号（紅まどんな）」、「甘平」、「不知火」および「はるみ」を対象品種として、品種ごとに高品質果実生産のための栽培管理指標が作成されています（図 4）。

技術体系の経済性は：

経営改善効果

技術体系を導入した場合のコスト等経営的な評価を表2に示しました。「愛媛果試第28号」の実証事例に基づく経営評価によると、慣行（マルドリ未導入の施設栽培）に比べ、マルドリ方式および本技術体系を導入した場合には、施設等の原価償却費が10aあたり約17.1万円増加する一方、安価な液体硫酸肥料の利用により肥料費が約2.6万円削減され、経営費が約14.6万円増大します。しかし、技術導入により果実肥大の優れた高品質果実の比率が高まることで、平均単価が84円上昇し、粗収入が約20.6万円増加するので、約5.9万円の農業所得の増加が見込めます（表2）。

マルドリ方式 活用指針

No. 氏 名

◎圃地情報

品 種	愛媛果試第28号	面 積 (a)	10	植栽本数 (本)	87
チューブタイプ (吐出货量ℓ/h/孔)	1.0	有効点滴孔数/樹	12	窒素削減率 (%)	50

◎マルドリ施肥設計

目標収量： t/10a

	目標N量 (kg/圃地)	使用液肥			タイマー設定		1日水量 (計算値)		液肥施用期間	
		肥料名	希釈倍数	濃度(ppm)	分/回	回/日	1樹(ℓ)	圃地(ℓ)	開始時期	施用日数
春肥	5.0	液体硫酸	250	280	15	2	6.0	522	A 3月中旬	35
夏肥	5.0	液体硫酸	250	280	15	2	6.0	522	B 5月下旬	35
晩秋肥	4.0	液体硫酸	250	280	15	2	6.0	522	C 12月上旬	28
計	14.0									98

※標準希釈倍数 OKスペシャル=1000倍。くみあい液肥2号=500倍。液体硫酸=250倍。

◎点滴かん水の目安

	かん水量 (mm/日)	かん水時期	タイマー設定		1日水量 (計算値)		水管理のポイント
			分/回	回/日	圃地(ℓ)	mm	
開花期	1.0	春肥終了後から夏肥開始まで	20	2	696	0.70	土壌が乾燥しないようにして樹体の生育を促します。
肥大期	1.5	夏肥終了後から8月中旬まで	25	3	1,305	1.31	簡易土壌水分計の水位低下量：1日当たり3cm以内を維持します。
節水期1	0.7	8月中旬から9月末まで	15	2	522	0.52	断水して土壌水分計5cm低下後、水量を半減してかん水を実施します。
節水期2	0.5	10月	10	1	174	0.17	過度の乾燥は肥大不良、裂果、酸高の原因になります。

※この表はあくまでも目安です。土壌の水分状態を確認しながら、かん水を実施してください。

◎活用パターン

柑橘生育ステージ (愛媛果試第28号)	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
芽 発 芽												
開 花												
生 理 落 果												
果 実 肥 大												
樹体ストレスに応じて適宜開閉												
かん水施肥中はマルチを被覆												
マルチ被覆												
春肥 (A)												
夏肥 (B)												
晩秋肥 (C)												
節水促進												
適宜かん水												
肥大促進												
品質向上												
随時かん水 徐々にかん水量を減らす												
雨除け												
堆肥												
土改材												

図4 マルドリ活用指針

表2 本技術体系を導入した場合の経営評価

経営収支 (10a当たり)		品 目 : 愛媛果試第28号(紅まどんな) 令和元年度産			単位: 円
項 目	慣 行	マルドリ (新技術導入)	マルドリ (新技術未導入)	備 考	
粗収入	主産物	1,641,276	1,847,664	(慣行) 単価@668 × 収量2,457kg (マルドリ新技術導入) 単価@752 × 収量2,457kg (平均単価84円増)	
	合計	1,641,276	1,847,664	+206,388円。副産物、その他(交付金等)はゼロ	
経営費	肥料費	39,360	12,988 (22,000)	56,000	新技術導入により、慣行に比べ▲26,372円(67%減)、従来の使用してきた液肥に比べ ▲43,012円(77%減) 慣行:有機配合肥料、マルドリ新技術導入:液体硫酸+PK液肥利用、()内は堆肥利用の場合:約9,000円ほど割高になる。マルドリ新技術未導入:OK-F(OATアグリオ(株))
	光熱動力費	4,300	5,860	5,860	+1,560円(増) 電気代等
	小 計	219,251	181,451	237,451	▲24,812円。 左記項目の他、種苗費、賃貸料および料金 はゼロ。農業費(40,015円)、諸材料費(70,120円)小農具費(8,456円)、土地改良および水利費(3,000円)物件税および公課諸負担(14,000円)、販売費・一般管理費(40,000円)を含む
	建物・施設 減価償却費	419,195	590,624	590,624	+171,429円 マルドリ施設減価償却費
	修繕費	19,008	19,008	19,008	
	小 計	478,499	649,928	649,928	農機具の原価償却費(19,008円)、修繕費(3,986円)、大植物償却費(15,500円)を含む
	合 計	697,750	831,379	887,379	+146,617円
	農業所得	943,526	1,016,285		+59,771円(増)
	労働時間	327	271		▲56時間 短縮(17%減)
一日当たり労働所得		23,083	30,001		+6,534円(増)
所得率		57.5%	55.0%		

経済的な波及効果

実証地では、地域内の未導入生産者は高品質果実の割合が年次により安定せず、経営が不安定であるのに対して、本技術体系を導入した生産者は年次に変動が少なく、高品質果実を安定的に 50%以上生産し、加えて本技術体系では果実肥大も制御できることから大玉化率も高く高収益を達成しています（表 3）。また、地域内外でマルドリ方式のかん水等管理作業の省力性と施肥コストの削減や施肥窒素の溶脱が少なく環境負荷が小さい点への評価が高まっています。

こんな経営、こんな地域におすすめ：

これからマルドリ栽培の導入を検討されている全国のカンキツ産地、生産者や、灌水・施肥などの管理作業の省力化も可能なため、法人等による大規模経営の場面でも活用が可能です。また、シートマルチ栽培は実施しているが点滴かん水設備が未導入の場合も、経費の削減や管理作業の省力化の効果が期待できます。既にマルドリの施設が導入されている生産地、生産者においても乾燥ストレスの把握や効率的な施肥体系の作成など要素技術を導入ことで、さらなる高品質化や安定生産が可能になると考えます。

技術導入にあたっての留意点：

マルドリ方式での窒素肥料の溶脱率は、地域や園地の条件（土壌、降水量、園地の傾斜、斜面方向、樹齢、樹冠面積、施肥量など）によって異なります。同じ園地でも降水量によって窒素溶脱率は変化するため、地域や園地の環境条件を考慮する必要があります。また、土壌中の養分濃度や pH などは、施肥以外の要因でも変化するため、樹の健全な生育を維持するためには、定期的な土壌分析が必要です。簡易土壌水分計は、砂質土壌や礫質土壌の園地では、ポーラスカップと土壌の間に間隙が生じるため、土壌が乾燥しても簡易土壌水分計の水位が低下しないことがあります。このような場合、ポーラスカップの周囲を水田土壌に置き換えて設置し直してください。

また、経営的な改善効果については、対象品種の販売単価により大きく異なります。本実証での市場調査の結果から、マルドリ方式で最も経営的な効果が期待できるのは、導入により生産された高品質果実が高価格帯で販売可能となる販路を有していることや、導入する品種の選択が重要であることが示されています。

研究担当機関名：（研）農研機構西日本農業研究センター・東北農業研究センター・農村工学研究部門・果樹茶業研究部門、愛媛県農林水産研究所果樹研究センター、愛媛県農林水産部農産園芸課、愛媛県東予地方局産業経済部今治支局産地育成室、広島県立総合技術研究所農業技術センター、越智今治農業協同組合、（株）ビジョンテック、（株）日本農業サポート研究所、農事組合法人シトラスかみじま、上浦盛マルドリ会、松尾坊ちゃん倶楽部

お問い合わせは：（研）農研機構西日本農業研究センター 地域戦略部研究推進室

電話 084-923-5385 E-mail www-warc@naro.affrc.go.jp

執筆分担（（研）農研機構西日本農業研究センター、吉岡照高）

表 3 新技術導入による果実品質への効果

		平成30年度産	令和元年度産
新技術導入 生産者グループ	収量 (kg/10a)	2489	2457
	高品質果実*		
	生産割合 (%)	87	62
	階級点**	100	115
新技術未導入 生産者	収量 (kg/10a)	—	2370
	高品質果実		
	生産割合 (%)	—	67
	階級点	—	102

*：糖度を基準に特選品に分類される果実の割合

**：果実の大きさを得点化したもの