

## β-クリプトキサンチン高含有カンキツ品種の 高品質生産・鮮度保持技術体系

試験研究計画名：β-クリプトキサンチンの供給源となる国産カンキツの周年供給技術体系の実証

地域戦略名：新品種と省力的な生産流通技術の導入による品質保証カンキツ果実の安定供給の推進

研究代表機関名：（研）農研機構九州沖縄農業研究センター

### 地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

主要国産カンキツのウンシュウミカンでは、9月上中旬に成熟し出荷できる超極早生から12月に成熟し翌年1月以降にも出荷できる晩生まで、成熟期の異なる優れた品種が突然変異から選抜され、産地ごとに選択・普及が進められています。また、交雑育種によって育成された「みはや」「あすみ」「せとみ」「津之望」など、食味の良い新品種の普及が始まっています。これらの品種は、「骨の健康」などに役立つとされる健康機能性成分「β-クリプトキサンチン」を多く蓄積する特徴があります。

本研究では機能性成分を高含有する高品質果実の生産と長期鮮度保持を両立するため、植物生育調節剤（プロヒドロジャスモン加用ジベレリン）散布による浮皮軽減技術、園地環境予測手法を活用した病害虫の防除時期予測技術、マルドリ方式等による樹体の水分ストレス制御技術、並びに高精度貯蔵庫の導入等による長期鮮度保持技術を組み合わせ、周年リレー供給できる体系の構築を図りました。また、各農家での選果（家庭選果）を省力化するための「ロボット搭載型プレ選果システム」を開発しました。

これらの技術により、輸入果実に対して強みのあるβ-クリプトキサンチン高含有の国産カンキツの周年供給体制（図1）を産地間の協力により構築するとともに、競争力強化のため機能性表示食品制度を活用した新たな視点でのマーケティングを提案します。

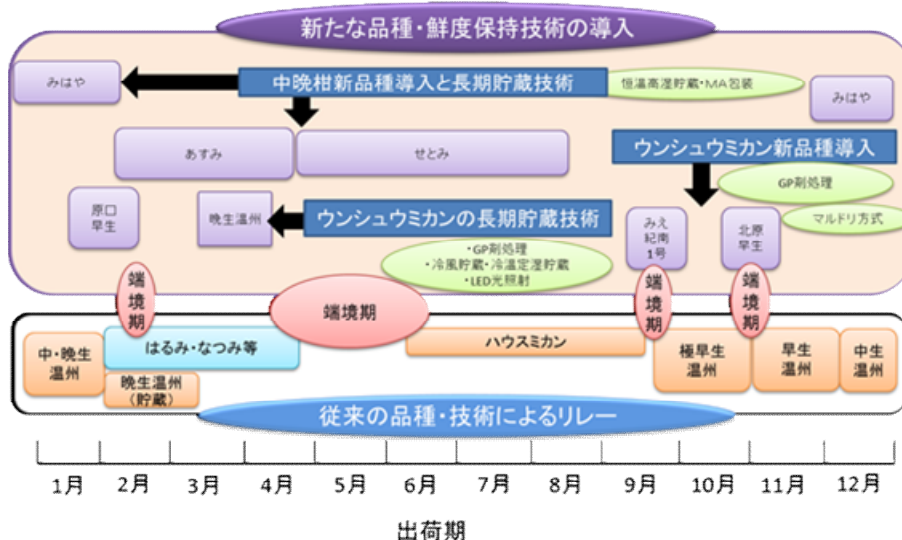


図1 β-クリプトキサンチンに富む高品質カンキツ果実の周年供給モデル

## 技術体系の紹介：

### 1. $\beta$ -クリプトキサンチンを多く含む品種

ウンシュウミカンは経済栽培されるカンキツ類の中で特異的に $\beta$ -クリプトキサンチンを果肉に多く蓄積する品種で、その含有量は成熟期の異なる品種のいずれでも多く、産地や作型が異なっても高含有です。また、その含有量は糖度と正の相関があります。

ウンシュウミカンを祖先に持つ「みはや」「あずみ」「せとみ」「津之望」も $\beta$ -クリプトキサンチン高含有品種で、収穫期において目標含有量(1.1mg/100g)以上であり(図2)、貯蔵によりその含有量が減少することはありませんでした。

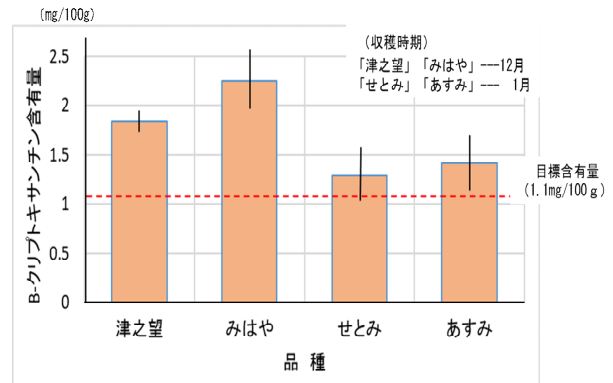


図2 育成されたカンキツ新品種の収穫時果実の $\beta$ -クリプトキサンチン含有量

### 2. 高品質で貯蔵性の高いカンキツ果実の生産技術

ウンシュウミカンの果実糖度を高める栽培技術のポイントは、乾燥によるストレス反応である葉内最大水ポテンシャル(-0.8MPa)を基準とし、果汁蓄積初期からその前後の乾燥ストレス強度(樹体の水分状態)に注意して管理することです(図3)。生産現場においては、簡易土壌水分計の水位低下状況(土壌がpF2.8<毛管連絡切断点>以上に乾燥しているのが目安)、果実硬度の日変化、葉裏からの蒸散量(水分ストレス表示シートを利用)、果実の日肥大量などで樹体水分状態を推定し、マルドリ方式等の自動点滴かん水による少量多頻度かん水で管理できます。「みはや」でも同様な方法で高糖度果実の生産が可能で、「あずみ」では裂果発生の抑制も期待できます。

それに加え、ウンシュウミカンではプロヒドロジャスモン加用ジベレリンの散布により浮皮が軽減でき、収穫期間の延長や貯蔵性の向上を図ることもできます。

また、「農地環境推定システム」ではチャノキイロアザミウマ成虫の発生ピークを推定するアプリケーションを搭載しており、適期の防除が可能になります。さらに、高品質生産のためのシートマルチは、極早生ウンシュウミカンの褐色腐敗病の被害を軽減します。

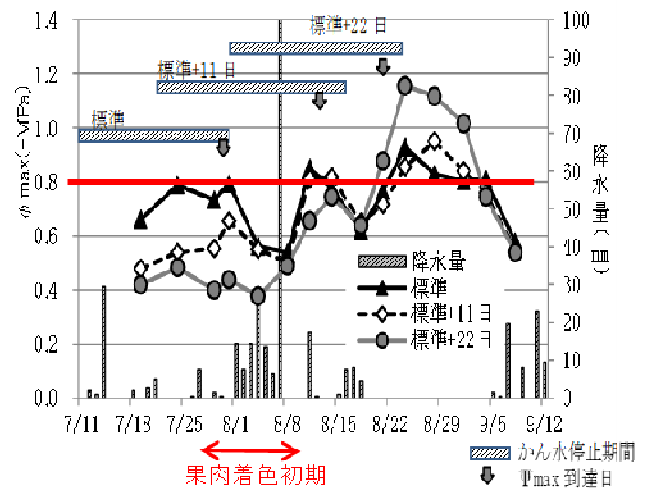


図3 マルドリ方式栽培における葉内最大水ポテンシャルを基準とした高糖度果実生産のための樹体の水分状態制御の例(極早生ウンシュウミカン「みえ紀南1号」)

### 3. 収穫後管理(家庭選果の省力化と長期鮮度保持技術)

カンキツ生産では収穫、家庭選果、選果場への出荷という作業が重なり、この労働ピークが規模拡大のボトルネックになっています。特に家庭選果は生産者にとって大きな負担であるため、選果場において腐敗果や格外果を排除するプレ選果システムを開発し、通常の本選果との2段階選果とすることで家庭選果労力の削減を図りました。開発したロボット搭載型プレ選果システムではリアルハプテ



図4 ロボット搭載型プレ選果システムのRHハンドによる腐敗果の除去

イクスロボットハンド（RHハンド）（図4）と吸引型ハンドの平行リンクロボットから成る2ラインの高性能粗選果ラインを組み合わせしており、腐敗果等の検出とライン外への排出を高速で行うことができます。作業人員2～3名で、約30t/日のプレ選果が可能です。

また、β-クリプトキサンチン高含有品種の収穫後からの鮮度保持可能期間は、適切な温湿度管理、MA包装資材による個包装、LED光照射等の技術により、早生ウンシュウミカンで90日以上、「あすみ」では約150日以上、「せとみ」では200日以上となり、2～7か月の長期貯蔵を実現しました。また、カンキツの長期貯蔵技術を理想的に実現するための、予措、自動降温馴化、出荷前昇温馴化処理が可能です。IoT技術により遠隔監視と制御ができる貯蔵庫を開発しました。

#### 4. β-クリプトキサンチン高含有カンキツの周年供給体系

以上のように、品種・栽培・選別・貯蔵に係る各種要素技術（表1）を日本各地の産地の状況に応じて導入することで、機能性成分高含有果実をマーケットのニーズに合わせて周年リレー供給できる体系が構築できると考えられました。なお、ウンシュウミカンの機能性成分の含有量保証については、「簡易型機能性成分測定機」を用いることにより、これまでよりも精度の高いβ-クリプトキサンチン含有量の非破壊推定が可能になっています。

表1 技術体系を構成する要素技術

| 項目          | 品種・要素技術   |
|-------------|---|
| 品種          | ・ウンシュウミカン（極早生～晩生の各品種）<br>・β-クリプトキサンチン高含有の交雑育種による育成品種（「津之望」「みはや」「あすみ」「せとみ」など）                                    |
| 栽培          | ・乾燥による樹体の水分ストレスコントロールによる高品質果実生産技術（マルドリ方式、施設栽培）<br>・プロヒドロジャスモン加用ジベレリン処理による浮皮軽減技術<br>・農地環境推定に基づく病害虫の発生予察・防除適期推定技術 |
| 収穫果実の選別     | ・ロボット搭載型プレ選果システムによる家庭選別の代行  |
| 貯蔵          | ・高精度な温湿度管理により、予措、降温馴化、出荷前昇温馴化処理ができる貯蔵庫<br>・冷風貯蔵庫<br>・青色LED光照射による腐敗抑制技術<br>・微細孔フィルム個包装による貯蔵技術                    |
| 機能性成分の含有量保証 | ・光センサによるβ-クリプトキサンチン含有量の保証技術   |

#### 技術体系の経済性は：

##### 経営改善効果

技術体系を構成する各要素技術の導入コストを表2に示しています。実証事例に基づくこれら技術の導入効果は、高品質生産・浮皮軽減技術により価格の高い高品質果実の安定生産を実現し、病害や収穫遅延による品質劣化などのロスが減少することです。また、長期鮮度保持ができることにより、端境期のニーズに合わせて計画的な供給ができ、安定的な高価格販売が可能になります。特に、「せとみ」では、収穫時に酸が高い、着色が悪いなどの理由で加工原料となっていた果実が、貯蔵中に品質が改善され青果としての販売が可能となります。最大貯蔵量59tの大型貯蔵庫を導入した事例による経営改善効果は、50t入庫した場合に通常出荷と比べ600万円程度の収益向上が見込めると試算されました。

ロボット搭載型プレ選果システムの導入による家庭選果の省力化については、産地全体として家庭選果に関わる雇用の経費の削減、生産面積の減少を抑制する効果、家庭選果が間に合わずロスとなる果実の減少などによる効果が期待できます。高価格販売を実現している長崎県佐世保地区をモデルとし、導入したロボット搭載型プレ選果システムの果実選別能力を25t/日として産地全体で運用した場合、システムの耐用年数7年間分の総額で約2.3億円の効果があると試算されました。

##### 経済的な波及効果

「みえ紀南1号」「みはや」「あすみ」などβ-クリプトキサンチン高含有の新品種の産地導入や、大型貯蔵庫を導入したJAによる「せとみ」などの端境期出荷が新たな取組として期待されます。

また、ウンシュウミカンにおける機能性表示の活用が推進され、静岡県で系統出荷されるミカンの約80%が機能性表示みかんとなっている他、広島県、和歌山県などではβ-クリプトキサンチンの「骨の健康維持」に関する表示ができるようになっています。

表2 技術体系を構成する要素技術と導入のための追加経費

| 導入技術   | 期待される効果                               | 技術導入のための追加経費                     |  | 実証例                          |           |
|--------|---------------------------------------|----------------------------------|--|------------------------------|-----------|
|        |                                       | 金額                               | 備考   | 品種(実施場所)                     | 費用対効果の試算* |
| 選果技術   | マルドリ方式                                | 86千円/10a/年                       | ・マルドリ方式設備導入費 626千円/5年<br>・除草剤1回削減、施肥量削減、品質向上剤散布の削減 -26千円/年   | 極早生ウンシュウミカン「みえ紀南1号」(三重県)     | ○         |
|        | プロヒドロシャスモン加用ジベレリン(GP剤)散布              | 3千円/10a/年                        | ・薬剤費   | 早生ウンシュウミカン「北原早生」(福岡県)        | ○         |
|        | 病害虫(チャノキイロアザミウマ)の発生予測に基づく追加防除         | 419千円/5ha/初年度<br>379千円/5ha/2年目以降 | ・農地環境推定システム(地点登録費 40千円/地点(初年度のみ)、利用料 5千円/年)<br>・トラップ 12地点 10千円/年<br>・農薬 155千円/5ha/年<br>・人件費 209千円/5ha/年                              | ウンシュウミカン(佐賀県)                | ●         |
| 貯蔵技術   | 冷温定湿貯蔵庫による早生ウンシュウミカン長期貯蔵              | 473千円/3.2t/年                     | ・高性能な冷温定湿貯蔵庫(5,640千円/15年)<br>・入庫量3.2tとして秀品MS階級は、20aで生産するとして試算<br>・ランニングコスト、種調剤、カルシウム資材等(97千円/年)                                      | 早生ウンシュウミカン「原口早生」(長崎県)        | ○         |
|        | 晩生ウンシュウミカンの冷風貯蔵庫でのGP剤+青色LEDの活用による鮮度保持 | 30千円/2.5t/年                      | ・GP剤 3千円<br>・LED 27千円(LED寿命 40,000時間)  | 晩生ウンシュウミカン「青島温州」「寿太郎温州」(静岡県) | ○         |
|        | 冷蔵による「せとみ」の出荷期対応別長期貯蔵技術               | 9,30万円/50t/年                     | ・長期貯蔵経費(冷蔵施設減価償却費、資材費、光熱費、選果経費)(14,00万円)<br>・通常出荷経費(4,70万円)  | カンキツ「せとみ」(山口県)               | ○         |
| 選果システム | ロボット搭載型プレ選果システム                       | 407百万円/7年                        | ・ロボット搭載型プレ選果システム 1セット 407百万円/7年<br>設備本体および設置工事費 335<br>修理・メンテナンス費用および電気代 30<br>固定資産税・支払利息 35<br>選果場人件費(増加分) 8<br>但し、費用計には、システム利用料含まず | ウンシュウミカン(長崎県)                | ▲         |

※費用対効果の試算

○：費用対効果がプラスになると試算

●：条件を限定して費用対効果がプラスになると試算

▲：実証における技術導入経費では費用対効果がマイナスになると試算

## こんな経営、こんな地域におすすめ：

九州地域から東海地域の、一定規模のカンキツ産地が対象です。例えば、ロボット搭載型プレ選果システムは、年間出荷量約 10,000 t の JA ながさき西海のみかん選果所において、全出荷量の 2 割について家庭選果を省略できる仕様を検討しました。また、長期鮮度保持技術については、JA 山口大島に導入された大型貯蔵施設(最大貯蔵量 59 t)、馴化室(最大貯蔵量 4.8 t)の活用を想定しています。

## 技術導入にあたっての留意点：

この技術体系は、生産段階から貯蔵・出荷までの総合的な品質管理を行うことが目標となります。

ロボット搭載型プレ選果システムにより家庭選果と遜色ない粗選果ができますが、微細な傷、変形果、病虫害被害果などの格外果を排除ができない場合もあります。また、導入による家庭選果の省力化を産地で推進するためには、産地ごとに適した仕様や運用方法を検討する必要があります。

長期貯蔵技術では、必要機能の選択や既存貯蔵庫の改良による低コスト化も可能です。

## 研究担当機関名：

(研) 農研機構果樹茶業研究部門、静岡県農林技術研究所果樹研究センター、三重県(農業研究所紀南果樹研究室、紀州地域農業改良普及センター)、山口県農林総合技術センター・農林水産部柳井農林水産事務所、福岡県農林業総合試験場、佐賀県果樹試験場、長崎県農林技術開発センター、ながさき西海農業協同組合、(株)大青工業、(株)シブヤ精機、熊本県(農業研究センター、天草広域本部農業普及・振興課)、大分県農林水産研究指導センター農業研究部果樹グループ、(学)四国大学、(国)山口大学、(学)同志社女子大学

お問い合わせは：(研) 農研機構九州沖縄農業研究センター地域戦略部研究推進室広報チーム

電話 096-242-7530

E-mail q\_info@ml.affrc.go.jp

執筆分担 ( (研) 農研機構九州沖縄農業研究センター 根角博久)