

## 果樹分野

|  |    |    |    |    |         |              |       |
|--|----|----|----|----|---------|--------------|-------|
| (成果情報名) <b>パインアップルの要素障害の外観診断に向けた症例写真集</b>  |    |    |    |    |         |              |       |
| (要約) 簡易水耕栽培によって発生させたパインアップルの要素欠乏症や過剰症の画像を用いて作成した <b>症例写真集</b> は、生産現場で発生する <b>要素障害の外観診断</b> の目安とすることができる。 |    |    |    |    |         |              |       |
| (担当機関) 農業研究センター・土壌環境班  |    |    |    |    | 連絡先     | 098-840-8503 |       |
| 部会   | 果樹 | 専門 | 肥料 | 対象 | パインアップル | 分類           | 実用化研究 |

### [背景・ねらい]

農業生産現場では、作物に要素障害（要素欠乏・過剰症）が発生するが類似した症状も多く、農業者や普及指導員等の指導者はその判断に苦慮している。そこで、沖縄県の重要な果樹品目であるパインアップルを対象に、生育障害のうち要素障害について、原因が明確に判断できる簡易水耕栽培を用いて障害特徴を把握し、外観診断に向けた症例写真集を作成する。

### [成果の内容・特徴]

1. 簡易水耕栽培によるパインアップルの要素障害は、9要素の欠乏条件下、3要素の過剰条件下で特徴的な症状を発現する（表1）。
2. 要素障害による症状は、生育抑制のほか、葉の黄化や成長点の枯死等外観でも判断しやすく、その特徴は要素によって異なる（図1）。
3. 外観による要素障害診断の目安とするため、簡易水耕栽培で発現させたパインアップルの要素障害の特徴がわかる画像と発症推移をまとめ、症例写真集を作成した（図2）。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本成果による症例写真集は、本県の果樹栽培に関わる関係機関・団体に指導者向け閲覧用資料として電子媒体で配布する。
2. 本成果は静止液法による簡易水耕栽培（清水1991）における各種要素の欠乏（11処理）および過剰（7処理）条件で、3株全てに同様に発現した症状をその要素条件における欠乏・過剰症状とした。
3. 供試したパインアップルの品種は「ソフトタッチ」であり、他の品種では症状の程度が異なる可能性がある。
4. 症例集は単独の要素に起因する症状を対象としている。

### [残された問題点]

特になし。

[具体的データ]

表1 簡易水耕栽培による要素欠乏症および過剰症の特徴

| 欠乏要素   | 要素欠乏症の特徴   |
|--------|--|
| 窒素     | 徐々に黄化が広がり最終的に株全体が黄化。生育抑制。根は少なく短い。下位葉は葉先から枯死。       |
| リン     | 葉身は細く、新葉は葉元から暗赤色を呈し、全体的に葉色は濃緑色。下位葉は葉先から枯死。根は少なく短い。 |
| カリウム   | 葉身は細くなり株は矮化。葉色は暗緑色。新葉は硬化しもろくなる。根は少なく短い。            |
| カルシウム  | 新葉の枯死、株の矮化。中位葉に白色の斑点が生じる。吸芽がでる。根は短い。               |
| マグネシウム | 中位葉～下位葉の淡緑色化。下位葉に葉焼けのような症状。                        |
| 鉄      | 上位葉から黄化。生育が進むにつれ中位葉まで黄化が顕著になる。                     |
| 亜鉛     | 新葉は硬く脆くなり短くなる。葉縁の淡緑化。茎が曲り生育抑制。                     |
| 銅      | 上位葉から淡緑化し、葉先から枯死する。                                |
| ホウ素    | 新葉の生育抑制と硬化。茎の肥大によって葉元が割ける。株の矮小化。根は短い。              |

| 過剰要素  | 要素過剰症の特徴                                      |
|-------|---|
| カルシウム | 葉色はやや淡緑色で、下位葉は枯死し、中位葉も葉先から枯れる。根は少なく短い。        |
| マンガン  | 上位葉から黄化。生育が進むにつれ中位葉まで黄化が顕著になる。鉄欠乏症と同様の症状を呈する。 |
| 銅     | 中位葉～下位葉の淡緑色化。葉に白色の斑点がみられる。                    |



図1 パインアップルに現れる要素障害(一部抜粋)

※①窒素欠乏症、②リン欠乏症、③カルシウム欠乏症、④鉄欠乏症、⑤ホウ素欠乏症



図2 パインアップルの要素障害症例写真集(一部抜粋)

[研究情報]

課題 ID : 2019 農 001

研究課題名 : 気候変動に適応した沖縄型果樹農業技術開発事業

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金 (気候変動に適応した沖縄型果樹農業技術開発事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2019~2021 年度

研究担当者 : 我那覇あんり、細川理恵、親泊貴志、比嘉基晶

発表論文 : なし

## 果樹分野

|  |    |    |    |    |         |              |       |
|--|----|----|----|----|---------|--------------|-------|
| (成果情報名) 島尻マーヅにおけるパインアップルの黄化症状の要因   |    |    |    |    |         |              |       |
| (要約) 宮古地域のパインアップルの上位葉で発生する黄化症状は、葉中の鉄含有量に対しマンガン含有量が多い。簡易水耕栽培による症状の再現と、鉄剤の葉面散布により改善がみられたことから、マンガンの過剰吸収による鉄欠乏が要因と考えられる。 |    |    |    |    |         |              |       |
| (担当機関) 農業研究センター・土壌環境班  |    |    |    |    | 連絡先     | 098-840-8503 |       |
| 部会   | 果樹 | 専門 | 肥料 | 対象 | パインアップル | 分類           | 実用化研究 |

### [背景・ねらい]

宮古地域の酸性の島尻マーヅで栽培がおこなわれているパインアップル「ソフトタッチ」について、上位葉での黄化症状が発生し、特に株出し栽培では収量に影響が出ており問題となっている。しかし、島尻マーヅでのパインアップルの栽培は少ないため、生理障害の知見も少ない。そこで、宮古地域で発生している黄化症状の事例調査と植物体の化学分析を行い、障害の原因を検討する。

### [成果の内容・特徴]

1. 宮古地域で発生している黄化症状は、簡易水耕栽培による症状の再現結果から、鉄欠乏またはマンガン過剰症と症状が類似している（図1）。
2. 宮古地域のパインアップルの葉の成分含有量は、国頭マーヅで栽培される健全株と比較して、葉中の鉄に対しマンガンの比率が高い傾向がある（表1）。
3. 宮古地域のほ場では、健全株と黄化株で土壌化学性に一定の傾向はみられなかった（データ略）。
4. 宮古地域で顕著な黄化が確認された農家ほ場において鉄剤を3回葉面散布した結果、葉色が回復し健全葉に近くなった（図2、表2）。
5. 以上により、宮古地域で発生するパインアップルの黄化症状の原因として、マンガンの過剰吸収による鉄欠乏の可能性が示唆される。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本成果は、島尻マーヅにおけるパインアップル上位葉の黄化症状の対策における基礎資料とする。
2. 分析に供試した葉は、前年定植した収穫前の株（未収穫）および1回収穫後の株（株出し）において、展開葉中最も長い葉を各ほ場から14枚程度採取したものをまとめて乾燥、粉碎したものを供試した。70度で熱風乾燥後に湿式灰化しプラズマ発光分光分析装置により成分含有量を分析した。
3. 農家ほ場では、硫酸第一鉄の200倍希釈液（2000/10a）を2021年6月18日、7月8日、9月21日に葉面散布した。

### [残された問題点]

鉄剤の効果的な散布時期および回数について検討する必要がある。

[具体的データ]



図1 宮古農家ほ場で発生する黄化症（左）と水耕栽培で発現した症状（右）の比較

表1 健全株と黄化株の葉の成分含有量（2021年7月採取）

| 土壌           | 生育<br>ステージ | 状態   | 採取地   | N        | P        | K       | Ca      | Mg       | B     | Cu   | Fe      | Mn     | Zn    | Al   | Fe/Mn |
|--------------|------------|------|-------|----------|----------|---------|---------|----------|-------|------|---------|--------|-------|------|-------|
|              |            |      |       | ppm      |          |         |         |          |       |      |         |        |       |      |       |
| 島尻<br>マージ    | 未収穫        | 健全   | 宮古平良B | 1.37     | 0.10     | 4.48    | 0.27    | 0.21     | 18.7  | 5.33 | 73      | 460    | 10.5  | 57   | 0.16  |
|              |            | 黄化   | 宮古島支所 | 1.52     | 0.10     | 4.46    | 0.31    | 0.20     | 16.2  | 6.99 | 45      | 1266   | 10.9  | 43   | 0.04  |
|              | 株出し        | 健全   | 宮古島支所 | 1.52     | 0.09     | 2.16    | 0.19    | 0.15     | 11.0  | 5.39 | 62      | 1198   | 7.9   | 45   | 0.05  |
|              |            | 黄化   | 宮古平良A | 1.47     | 0.08     | 3.63    | 0.25    | 0.11     | 11.2  | 3.58 | 78      | 959    | 5.5   | 49   | 0.08  |
| 国頭<br>マージ    | 未収穫        | 健全   | 石垣支所  | 1.69     | 0.10     | 2.41    | 0.06    | 0.10     | 9.8   | 6.69 | 122     | 96     | 10.1  | 128  | 1.27  |
|              |            |      | 名護支所  | 1.80     | 0.08     | 3.99    | 0.12    | 0.10     | 8.8   | 4.61 | 107     | 566    | 15.3  | 83   | 0.19  |
|              | 株出し        | 東村   | 1.45  | 0.11     | 2.75     | 0.12    | 0.12    | 9.4      | 5.97  | 73   | 25      | 29.3   | 40    | 2.96 |       |
|              |            | 石垣支所 | 1.67  | 0.13     | 1.94     | 0.07    | 0.07    | 12.3     | 3.56  | 115  | 488     | 11.9   | 79    | 0.24 |       |
| (参考値※) 正常値範囲 |            |      |       | 1.48-2.1 | 0.1-0.15 | 2.0-3.0 | 0.2-1.2 | 0.23-0.3 | 15-30 | 5<   | 100-300 | 50-300 | 10-40 | 0.4< |       |

株出しは2019年9月～10月定植株で一度収穫を終え株出し移行中の株。未収穫は2020年9月～11月定植株で未収穫の株。状態は達観による判断。土壌pHは、島尻マージで4.5-6.5、国頭マージで4.2-4.4であった。  
 ※参考値は「The Pineapple-Botany, Production and Uses」(2018) p175-202



図2 鉄剤散布後の葉色の変化

表2 鉄剤散布後の葉色の分布割合

| スケール | 1回散布後 | 3回散布後 | 健全葉 |
|------|-------|-------|-----|
| 7    | 11%   | 56%   | 92% |
| 6    | 11%   | 0%    | 8%  |
| 5    | 0%    | 22%   | 0%  |
| 4    | 22%   | 11%   | 0%  |
| 3    | 11%   | 11%   | 0%  |
| 2    | 11%   | 0%    | 0%  |
| 1    | 33%   | 0%    | 0%  |

7月と10月の撮影時に採取した葉（各9枚）を水稻用葉色カールスケールと共に撮影し、画像ソフトにて測定したRGB値から葉色の分布を示した。

[研究情報]

課題 ID：2019 農 001

研究課題名：気候変動に適応した沖縄型果樹農業技術開発事業

予算区分：沖縄振興特別推進交付金（気候変動に適応した沖縄型果樹農業技術開発事業）

研究期間（事業全体の期間）：2019～2021 年度

研究担当者：我那覇あんり、細川理恵、親泊貴志、比嘉基晶

発表論文等：なし

## 果樹分野

|   |    |    |    |    |         |              |      |
|---|----|----|----|----|---------|--------------|------|
| (成果情報名) 宮古地域におけるパインアップル株出しー夏実収穫体系での適正な花芽誘導処理時期  |    |    |    |    |         |              |      |
| (要約) 宮古地域の生食用パインアップルの株出しー夏実収穫体系において、花芽誘導処理を「沖農 P17」および「ボゴール」は 11 月中旬以降、「ソフトタッチ」は 12 月上旬に行うことで生食用としての出荷に適した果実重を確保しつつ、高品質果実を収穫することができる。 |    |    |    |    |         |              |      |
| (担当機関) 農業研究センター宮古島支所  |    |    |    |    | 連絡先     | 0980-72-3148 |      |
| 部会  | 果樹 | 専門 | 栽培 | 対象 | パインアップル | 分類           | 基礎研究 |

### [背景・ねらい]

宮古地域には酸性の島尻マーヅが一部分布しており、露地でも生産可能な果樹品目としてパインアップルが栽培されている。これまでに夏植え作型の 1 回目収穫の品種特性調査から、宮古地域に有望な生食用品種として 4 品種が選抜されているが、1 回目収穫後の株出し体系については宮古地域での栽培試験は行われていない。株出し体系では 2 回目収穫果を着果させる吸芽の生育期間が限られ(図 1)、特に夏実収穫体系では花芽誘導処理の時期が早いと果実重や果実品質低下の原因となるため、適正な処理時期を把握する必要がある。そこで本研究では、有望 4 品種の株出しー夏実収穫体系において、生食用果実としての出荷に適した処理時期を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. 吸芽発生率は「沖農 P17」、「ボゴール」および「ソフトタッチ」に差はなく、「ゴールドバレル」は他の 3 品種と比べて 1 回目収穫時は低く、花芽誘導処理時には差はなくなることから、吸芽の発生が比較的遅い特徴がある(表 1)。
2. 2 回目収穫果の結実率は、「沖農 P17」、「ボゴール」および「ソフトタッチ」が同程度であり、「ゴールドバレル」は「ボゴール」および「ソフトタッチ」より低く、「沖農 P17」と同程度である(表 1)。
3. 11 月中旬処理および 12 月上旬処理による収穫までの日数は、中晩生品種の「沖農 P17」で 225 日程度、早生品種の「ボゴール」、「ソフトタッチ」および「ゴールドバレル」は 205 日程度である(表 2)。
4. 2 回目収穫果の平均果実重は、「沖農 P17」および「ボゴール」は両処理時期ともに同程度だが、「ソフトタッチ」は 11 月中旬処理では果実重が軽くなる(表 2)。また、「沖農 P17」の商標(サンドルチェ®)の出荷規格である果実重 800g 以上(冠芽重込み)の商品化率は、両処理時期ともに 50%程度である(データ省略)。
5. 果汁品質は 4 品種ならびに両処理時期ともに糖酸比 18.0 以上であり、高品質果実が収穫できる(表 2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 宮古地域のパインアップル導入の際における品種や作型の基礎資料とする。
2. 宮古地域の酸性島尻マーヅにおける夏植え作型マルチ栽培(栽植密度 4,000 本/10a)で試験し、株出し体系は収穫直後に吸芽を 1 本に仕立て、成長した吸芽に対して、花芽誘導処理を 11 月中旬または 12 月上旬にエテホン 1,000 倍+3%尿素混合液により行った(図 1)。
3. 11 月より早い花芽誘導処理は吸芽養成期間を十分に確保できないため推奨しない。また、発生が遅いまたは収穫後の段階で小さい吸芽は植付苗として活用し、処理は推奨しない。
4. 「ゴールドバレル」は吸芽の発生時期がばらつく傾向があり、株出しで 2 回目収穫果を着果させる吸芽の生育にもばらつきが生じ、果実重をはじめ果実品質は安定しない。

### [残された問題点]

株出し体系の収穫期拡大および増収のため、株出しー秋実収穫体系についても調査する必要がある。

[具体的データ]

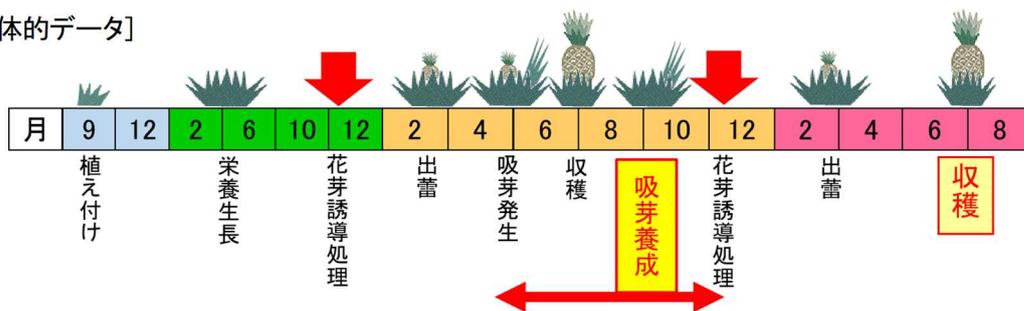


図1 夏植え-処理夏実-株出し夏実収穫体系

表1 1回目収穫後の吸芽発生特性および株出し栽培の結実率

| 品種      | 吸芽発生率(%) <sup>1)</sup> |            | 結実率 <sup>2)</sup><br>(%) |
|---------|------------------------|------------|--------------------------|
|         | 収穫時                    | 花芽処理時      |                          |
| 沖農P17   | 72.1 b ± 9.5           | 94.9 ± 5.1 | 68.7 ab ± 9.9            |
| ボゴール    | 59.7 b ± 14.6          | 92.7 ± 4.1 | 84.9 b ± 4.8             |
| ソフトタッチ  | 44.7 b ± 10.8          | 92.5 ± 4.4 | 77.4 b ± 3.8             |
| ゴールドバレル | 2.4 a ± 2.4            | 77.1 ± 9.0 | 47.6 a ± 5.2             |

2020年に各品種1区14株×3反復で試験を実施した。±は標準誤差を示す。

異符号間にはTukey-KramerのHSD検定により5%水準で有意差あり

(吸芽発生率および結実率はアークサイン変換値を用いた)

1)総定植株における吸芽発生率。収穫時は6~7月調査、処理時は花芽誘導処理前の11~12月調査。

2)結実率は着果株数/総定植株数で算出。表中は11月中旬処理と12月上旬処理の平均値。

表2 株出し栽培における2回目収穫果の果実特性

| 品種名     | 花芽誘導<br>処理時期 | 収穫時期 |      |      | 処理-収穫<br>期間(日) | 果実重<br>(g) | 糖度<br>(° Brix) | 酸度<br>(%) | 糖酸比  |      |
|---------|--------------|------|------|------|----------------|------------|----------------|-----------|------|------|
|         |              | 始め   | 平均   | 終わり  |                |            |                |           |      |      |
| 沖農P17   | 11月中旬        | 6/17 | 6/26 | 7/7  | 226            | 699        | 18.7           | 0.70      | 27.6 |      |
|         | 12月上旬        | 7/6  | 7/17 | 7/28 | 225            | 687        | 20.0           | 0.70      | 29.4 |      |
|         | 有意差          | 2020 | -    | -    | -              | n.s.       | n.s.           | *         | n.s. | n.s. |
|         | 2021         | -    | -    | -    | -              | n.s.       | n.s.           | n.s.      | n.s. | n.s. |
| ボゴール    | 11月中旬        | 5/25 | 5/29 | 6/5  | 198            | 644        | 18.5           | 0.92      | 25.0 |      |
|         | 12月上旬        | 6/17 | 6/24 | 7/1  | 203            | 652        | 18.4           | 0.75      | 28.0 |      |
|         | 有意差          | 2020 | -    | -    | -              | n.s.       | n.s.           | *         | n.s. | n.s. |
|         | 2021         | -    | -    | -    | -              | n.s.       | n.s.           | n.s.      | *    | n.s. |
| ソフトタッチ  | 11月中旬        | 5/30 | 6/6  | 6/14 | 206            | 597        | 17.4           | 0.89      | 20.8 |      |
|         | 12月上旬        | 6/25 | 7/1  | 7/10 | 210            | 835        | 17.0           | 0.79      | 21.7 |      |
|         | 有意差          | 2020 | -    | -    | -              | n.s.       | *              | n.s.      | *    | *    |
|         | 2021         | -    | -    | -    | -              | n.s.       | *              | *         | n.s. | n.s. |
| ゴールドバレル | 11月中旬        | 5/28 | 6/3  | 6/12 | 203            | 537        | 19.0           | 0.66      | 31.2 |      |
|         | 12月上旬        | 6/24 | 6/27 | 7/1  | 206            | 458        | 17.8           | 0.65      | 28.1 |      |
|         | 有意差          | 2020 | -    | -    | -              | n.s.       | n.s.           | n.s.      | n.s. | n.s. |
|         | 2021         | -    | -    | -    | -              | n.s.       | n.s.           | n.s.      | n.s. | n.s. |

2020年度および2021年度に各品種1区7~10株×3反復で試験を実施。表中の値は2カ年の平均値。

高品質果実の評価基準は糖酸比18.0以上である

各年度ごとに花芽誘導処理期間でt検定を行った。\*は5%水準で有意差あり、n.s.は有意差なし

[研究情報]

課題 ID : 2019 農 001

研究課題名 : 宮古地域におけるパインアップル生産力強化技術の開発

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金 (気候変動に適応した沖縄型果樹農業技術開発事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2020~2021 年度 (2019~2021 年度)

研究担当者 : 大嶺悠太、小林拓也、手登根正

発表論文等 : なし

## 果樹分野

|  |    |    |      |    |      |              |       |
|--|----|----|------|----|------|--------------|-------|
| (成果情報名) マンゴー「アーウィン」の低温高湿貯蔵による果皮のしなび抑制効果  |    |    |      |    |      |              |       |
| (要約) マンゴー「アーウィン」の食べ頃果実を低温高湿貯蔵(温度7℃、相対湿度98%)すると、貯蔵7日後の果皮のしなびは通常冷蔵に比べ抑制される。しなび抑制効果は、低温高湿貯蔵7日後に通常冷蔵に移して4日間、さらに常温貯蔵に移して2日間経過しても継続する。 |    |    |      |    |      |              |       |
| (担当機関) 農業研究センター・農業システム開発班  |    |    |      |    | 連絡先  | 098-840-8512 |       |
| 部会   | 果樹 | 専門 | 食品品質 | 対象 | マンゴー | 分類           | 実用化研究 |

### [背景・ねらい]

沖縄県産マンゴーの県外出荷は、空路を利用した常温輸送が主体であるが、台風による欠航等の滞荷に加えて高額な輸送費が問題となっており、比較的輸送費の低い船舶の活用が求められている。輸送に時間を要する船舶の活用にあたっては、低温貯蔵等の鮮度保持条件の確立が必要であるが、低温貯蔵による湿度低下が果実品質に与える影響に懸念があることから、高湿条件もあわせた検討が必要である。一方で、マンゴーの低温高湿条件での果実外観等の評価はManila種及びKitty種に限られ、本県産マンゴーの主力品種である「アーウィン」については知見がない。そこで本研究では、那覇港総合物流センターの超高湿度冷蔵倉庫を使用して実際の流通を想定した温湿度条件を設定し、低温高湿貯蔵による「アーウィン」の果実外観、炭疽病及び食味を含めた果実品質への影響を評価する。

### [成果の内容・特徴]

1. 低温高湿(庫内温度7℃、相対湿度98%)で貯蔵した果実は、通常冷蔵に比較して低温貯蔵中の重量減少が抑制される(表1、図1A)。
2. 低温高湿貯蔵は、貯蔵7日後の果皮のしなびが軽微で、通常冷蔵に比べしなびの程度が低く抑えられる。また、通常の冷蔵庫に移して4日後(貯蔵11日後)、その後の常温貯蔵2日後(貯蔵13日後)でも、果皮のしなび抑制効果が継続する(図1B、図2)。
3. 低温高湿貯蔵は、通常冷蔵と比較して貯蔵0日、11日及び13日における果汁の糖度(n=8、Brix 14.4±1.2%、糖酸比 48.3±8.7)及び果肉の食味評価(色、香り、味、食感、n=8、パネル8~15名)に有意差がなく、食味への影響がみられない(データ省略)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 生産者、営農指導者、流通関係者における船舶輸送及び滞貨対策の基礎資料とする。
2. 試験に供した食べ頃果実は、マンゴー「アーウィン」の果実を適期で収穫後、常温で4~5日静置して追熟し、病害及び裂傷等のあるものを除いたものである。
3. 本試験は、那覇港総合物流センターの超高湿度冷蔵倉庫及び通常冷蔵倉庫を使用した結果である。貯蔵試験の工程は、当施設を活用した貯蔵及び船舶輸送による県外出荷を想定した貯蔵日数と温度設定とし、低温高湿貯蔵または通常冷蔵7日(5℃)、通常冷蔵での船舶輸送4日(5℃)、出庫後の常温貯蔵2日(25℃)である。相対湿度設定は、低温高湿貯蔵が相対湿度100%、通常冷蔵が制御無しである(表1)。
4. 炭疽病発病度は、本試験の貯蔵期間を通して試験区間に有意差がない(図1C)。
5. 試験結果は果実の貯蔵に段ボール製化粧箱を使用した場合である。梱包形態(箱の種類等)によって結果は異なる可能性がある。

### [残された問題点]

長期間の貯蔵、冷蔵ショーケース等による低温高湿貯蔵の効果の検証が必要である。

[具体的データ]

表1 低温高湿貯蔵及び船舶輸送を想定した貯蔵試験及び温湿度実測値

| 試験区   | 測定項目    | 貯蔵日数                  |   |   |   |   |   |   |                         |   |    |    |                          |    |
|-------|---------|-----------------------|---|---|---|---|---|---|-------------------------|---|----|----|--------------------------|----|
|       |         | 1                     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8                       | 9 | 10 | 11 | 12                       | 13 |
| 低温高湿区 | 温度(°C)  | 低温高湿貯蔵<br>または<br>通常冷蔵 |   |   |   |   |   |   | 通常冷蔵<br>(船舶輸送期間を<br>想定) |   |    |    | 常温貯蔵<br>(店頭棚持ち期間を<br>想定) |    |
|       | 相対湿度(%) | 6.7±1.0               |   |   |   |   |   |   | 5.5±1.4                 |   |    |    | 21.9±3.4                 |    |
| 通常冷蔵区 | 温度(°C)  | 5.9±1.4               |   |   |   |   |   |   | 5.6±1.3                 |   |    |    | 21.9±3.4                 |    |
|       | 相対湿度(%) | 74.1±11.6             |   |   |   |   |   |   | 74.1±11.3               |   |    |    | 69.9±6.8                 |    |

z データは貯蔵工程毎の平均値±標準偏差を示した。

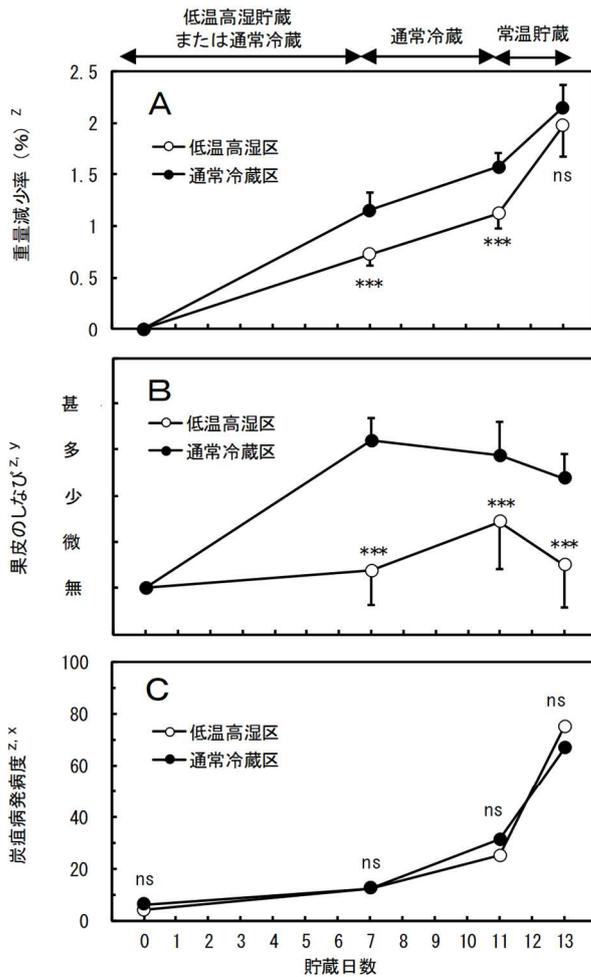


図1 低温高湿貯蔵による「アーウィン」の重量減少(A)と果皮のしなび抑制効果(B)及び炭疽病発病率(C)

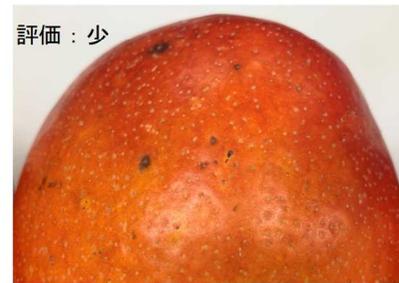
z データは平均値±標準偏差、貯蔵0日~11日(n=16)、13日(n=8)。Mann-WhitneyU検定による有意差を示した(ns:有意差なし、\*\*\*:p<0.001)。

y しなびは果皮に生じる陥没を指標に5段階で評価(0:しなび無し(無)、1:しなび軽微(微)、2:局部的にしなび明らか(少)、3:しなび広がる(多)、4:しなび甚大(甚))した。

x 炭疽病は、果皮病斑の個数と直径を指標に4段階で評価(0:発生なし、1:2mm以下の病斑が2個以下、2:2mm以下の病斑が3~6個または2~5mmの病斑が1個、3:それ以上)し、計算式で発病率を求めた。(計算式) 発病率 = Σ(評価点 × 評価点毎果実数) / (調査果実数 × 3) × 100



貯蔵13日後(通常冷蔵区)



貯蔵13日後(通常冷蔵区)



貯蔵13日後(低温高湿区)

図2 「アーウィン」の果皮のしなび程度

[研究情報]

課題 ID : 2019 農 001

研究課題名 : 気候変動に適応した沖縄型果樹農業技術開発事業

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金事業 (気候変動に適応した果樹農業技術開発事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2021 年度 (2019~2021 年度)

研究担当者 : 土田永渡、前田剛希、加藤智子

発表論文等 : なし

## 果樹分野

|  |    |    |    |    |      |              |      |
|--|----|----|----|----|------|--------------|------|
| (成果情報名) ハウス内平均温度を用いたマンゴー「アーウィン」の収穫盛期予測式  |    |    |    |    |      |              |      |
| (要約) マンゴー「アーウィン」の成熟日数(満開日～収穫盛期)は満開から60日間のハウス内平均温度と高い負の相関関係にあり、平均温度が高いほど成熟日数は短くなる。この関係からハウス内平均温度を用いて収穫盛期を概ね予測できる。 |    |    |    |    |      |              |      |
| (担当機関) 農業研究センター名護支所・果樹班  |    |    |    |    | 連絡先  | 0980-52-0052 |      |
| 部会   | 果樹 | 専門 | 栽培 | 対象 | マンゴー | 分類           | 基礎研究 |

### [背景・ねらい]

マンゴー「アーウィン」は気象条件の影響により収穫盛期が変動するため、しばしば出荷計画と実際の出荷時期にずれが生じ、有利販売に苦慮している。

そこで、農業研究センター名護支所、宮古島支所、石垣支所における「アーウィン」のモニタリング調査のデータから、生産現場における実用性を考慮し、比較的測定容易なパラメータである開花期から成熟期のハウス内平均温度のデータを用いて収穫盛期予測式を開発する。

### [成果の内容・特徴]

1. 満開日以降のハウス内平均温度と成熟日数(満開日～収穫盛期)との関係を解析した結果、満開日からの日数が長いほど負の相関が高まり、満開日から60日間で $r=-0.72$ と高くなる(図1)。
2. 満開日から60日間のハウス内平均温度と成熟日数との関係は、平均温度が高いほど成熟日数が短くなる(図2)。
3. 各試験地の満開日から60日間のハウス内平均温度と成熟日数の関係をもとに作成した全県向けの予測式および各地域向けの予測式は表1のとおりであり、これらの予測式により満開日の60日後には「アーウィン」の収穫盛期を予測することができる。
4. 各予測式を用いて各地域の生産者圃場で収穫盛期の予測を行ったところ、全県予測式では実測と予測の差は2.4日～11.1日、平均6.2日、各試験地のデータから作成された地域別予測式では差が1.1日～7.2日、平均4.2日となり、地域別予測式の方がより誤差の小さい予測が可能である(図3)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 収穫盛期を予測する際の基礎資料とする。
2. 生産現場において実際に予測を行う際には、園地の満開日および満開日から60日間のハウス内平均温度が必要である。
3. 温度測定は、ハウス内に温度ロガー(おんどとり)1台をセンサー部分が果実の高さになるように設置し、1時間毎に温度を記録して日平均気温を求める。
4. 満開日は80%開花した花房が全体の8割以上になった日とし、収穫盛期は総収穫果実数の6割の収穫が完了した日とする。
5. 本成果は2012～2021年の名護支所、石垣支所および2013～2021年の宮古島支所で無加温栽培した「アーウィン」のデータを用いた結果である。

### [残された問題点]

1. 予測の基準となる満開日をより簡易に把握できる技術が必要である。
2. 予測精度の向上を図る必要がある。

[具体的データ]

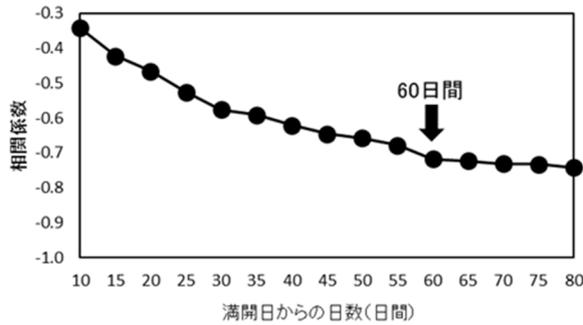


図1 マンゴー「アーウィン」における満開日以降のハウス内平均温度と成熟日数との相関係数

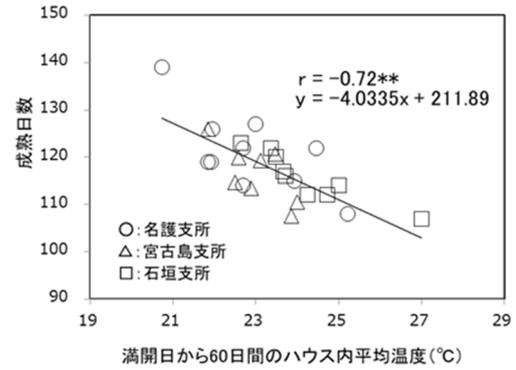


図2 マンゴー「アーウィン」における成熟日数と満開日から60日間のハウス内平均温度との関係

表1 ハウス内温度データを利用した収穫盛期予測式

| 地域  | 予測式 <sup>a</sup>       | 相関係数 <sup>b</sup> |
|-----|------------------------|-------------------|
| 全県  | 収穫盛期=満開日+211.89-4.03×T | -0.72**           |
| 北部  | 収穫盛期=満開日+220.99-4.37×T | -0.70*            |
| 宮古  | 収穫盛期=満開日+270.43-6.70×T | -0.75*            |
| 八重山 | 収穫盛期=満開日+208.07-3.82×T | -0.91**           |

a T : 満開日から60日間のハウス内平均温度(°C)

b ピアソンの積率相関係数の検定により有意な相関あり(\*:p<0.05、\*\*:p<0.01)

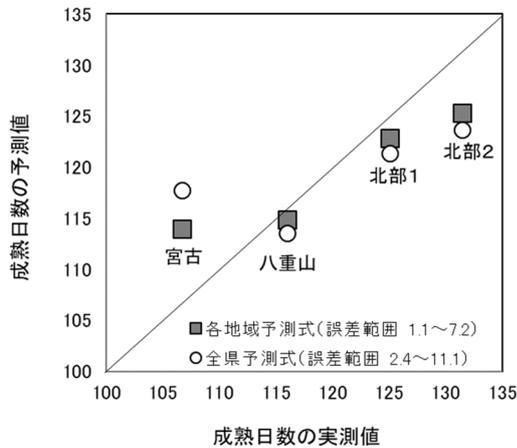


図3 現地調査における予測式の精度  
※誤差範囲は絶対値

[研究情報]

課題 ID : 2019 農 001

研究課題名 : 気候変動に適応した沖縄型果樹農業技術開発事業

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金 (気候変動に対応した果樹農業技術開発事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2012~2021 年度 (2019~2021 年度)

研究担当者 : 伊地良太郎、大嶺悠太、伊波聡、清水優子、小林拓也、島尻庸平、伊礼彩夏、加藤智子、尾上祐子、村山盛敏

発表論文等 : なし

## 果樹分野

|   |    |    |    |    |      |              |      |
|---|----|----|----|----|------|--------------|------|
| (成果情報名) 中晩性マンゴー「リペンス」におけるギ酸カルシウム散布による炭疽病からの保護   |    |    |    |    |      |              |      |
| (要約) 「リペンス」の果実肥大初期にギ酸カルシウムを散布すると、炭疽病の発生率が低くなる。ギ酸カルシウム散布は果皮の不溶性ペクチンを増加させ、炭素病菌が果皮に侵入する際に働くペクチン分解酵素の働きを抑制する。 |    |    |    |    |      |              |      |
| (担当機関) 農業研究センター石垣支所   |    |    |    |    | 連絡先  | 0980-82-4067 |      |
| 部会  | 果樹 | 専門 | 栽培 | 対象 | マンゴー | 分類           | 基礎研究 |

### [背景・ねらい]

「リペンス」は沖縄県で夏小紅として商標登録され、「アーウィン」と「キーツ」の収穫時期の間に収穫される中晩生品種として期待されているが、炭疽病に対して罹病性であることが報告されている。炭疽病の防除対策としては、殺菌剤を用いた体系散布が確立されている(澤岨ら, 2018)。一方、近年では環境保全を考慮した防除方法として、カルシウム等の無機元素による病害抑制効果の研究が進められており、リンゴやカキの炭疽病に対するカルシウムの発病低減効果が確認されている(Datnoff *et al.*, 2007)。本研究では、マンゴーに対するカルシウムの有効性を調査するため、「リペンス」を用いて、ギ酸カルシウム散布による炭疽病の発病低減効果を検討する。

### [成果の内容・特徴]

1. 果実縦径が5 cm となった時点から10日間隔で3回ギ酸カルシウム500倍液を果実に散布すると、果実品質の低下なく、炭疽病発生率が有意に減少する(表1)。
2. 培養試験の結果から、ギ酸カルシウム(果実に散布した濃度)は、炭疽病菌の菌叢伸長、分生子発芽に対する抑制効果は無い(データ省略)。
3. ギ酸カルシウム散布区は、果皮のカルシウム含量が有意に高く、また、カルシウムと架橋構造を形成するヘキサメタリン酸可溶性ペクチン含量が有意に高い(表2)。
4. 果実硬度と炭疽病発生率は相関関係があり、ギ酸カルシウム散布区で相関係数  $r=-0.819$ 、無処理区で相関係数  $r=-0.788$  を示し(データ省略)、追熟期間における果実硬度は、ギ酸カルシウム散布区で有意に高く推移する(図1)。また、ペクチン分解酵素に対する分解産物のガラクトuron酸含量は、ギ酸カルシウム散布区で有意に低く推移する(図2)。
5. 以上から、ギ酸カルシウム散布による炭疽病発生の低減は、果実硬度の維持によって果実表面に傷が付きにくくなることによる炭疽病菌侵入機会の減少と、果皮のペクチンが分解されにくくなることによる炭疽病菌の侵入を遅らせる効果によるものと考えられる。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本成果は、バイオスティミュラント(間接的に植物の抵抗性を高める)資材を活用した炭疽病からの植物体の保護等に関連する今後の研究の基礎資料として活用する。
2. 石垣支所ハウスで栽培されている「リペンス」(樹齢10年、4樹)を供試した結果である。
3. 本試験は、果実肥大初期の5月にギ酸カルシウムを散布、6月に袋掛けを行い、積算温度  $2,500^{\circ}\text{C}\sim 2,900^{\circ}\text{C}$  で収穫した未着色果を  $25^{\circ}\text{C}$  空調下で追熟させ調査した結果である。
4. ギ酸カルシウム(スイカル Cao : 42%) は肥料登録されており、バイオスティミュラント資材として将来的な利用の可能性はある。対象作物、希釈倍率、使用回数に制限はない。

### [残された問題点]

マンゴー「アーウィン」に対する影響が不明であるため、後継事業で試験を行う。

[具体的データ]

表1 ギ酸カルシウム散布が炭疽病発生率ならびに果実品質に及ぼす影響

| 年                | 試験区       | 調査果数 | 炭疽病発生率 <sup>y</sup> (%) | 果実品質   |           |                 |
|------------------|-----------|------|-------------------------|--------|-----------|-----------------|
|                  |           |      |                         | 果実重(g) | 糖度(°Brix) | 食味 <sup>z</sup> |
| 2017             | ギ酸カルシウム散布 | 373  | 2.1                     | 400    | 14.2      | 2.0             |
|                  | 無処理       | 371  | 33.4                    | 411    | 13.8      | 2.1             |
| 2018             | ギ酸カルシウム散布 | 49   | 8.0                     | 634    | 17.0      | 2.4             |
|                  | 無処理       | 40   | 37.5                    | 596    | 17.1      | 2.6             |
| 2020             | ギ酸カルシウム散布 | 70   | 4.4                     | 485    | 15.3      | 2.8             |
|                  | 無処理       | 94   | 26.6                    | 492    | 14.8      | 2.5             |
| 有意性 <sup>x</sup> | 年         | -    | NS                      | NS     | NS        | NS              |
|                  | 試験区       | -    | **                      | NS     | NS        | NS              |
|                  | 交互作用      | -    | NS                      | NS     | NS        | NS              |

<sup>z</sup>パネリスト2名、食味評価(0:不可, 1:やや不可, 2:普通, 3:やや良い, 4:良い)

<sup>y</sup>追熟9日目に果皮表面に目視で1点以上病斑が確認された果実は、炭疽病発生果とした。

<sup>x</sup>\*\*は1%水準で有意差あり、NSは有意差なし(二元配置分散分析、炭疽病発生率はロジット変換値を用いた。)

表2 ギ酸カルシウム散布がカルシウム含量および果皮ペクチン組成に及ぼす影響

| 試験区              | 調査果数 | Ca含量(mg/100g乾物) |       | 果皮ペクチン含量(g/100g乾物) |             |       |
|------------------|------|-----------------|-------|--------------------|-------------|-------|
|                  |      | 果肉              | 果皮    | 水溶性                | ヘキサメタリン酸可溶性 | 塩酸可溶性 |
| ギ酸カルシウム散布        | 6    | 51.8            | 292.1 | 7.84               | 3.83        | 14.1  |
| 無処理              | 6    | 42.3            | 170.5 | 6.81               | 2.97        | 11.7  |
| 有意性 <sup>z</sup> |      | NS              | *     | NS                 | **          | NS    |

<sup>z</sup>マン・ホイットニーのU検定により、NSは有意差なし、\*は5%水準で有意差あり、\*\*は1%水準で有意差あり。

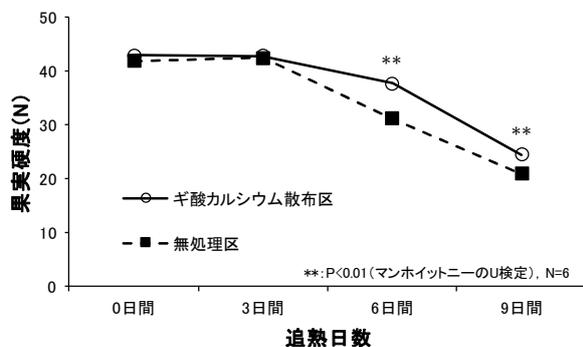


図1 ギ酸カルシウム散布が果実硬度に及ぼす影響

※マルチハンドメーターを用いて、収穫後25℃で0日間、3日間、6日間、9日間追熟させた果実の硬度を測定した。

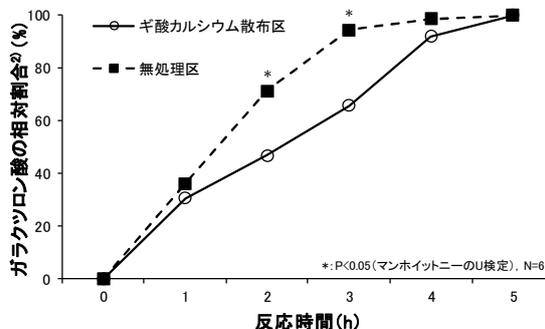


図2 ギ酸カルシウム散布が果皮AIS<sup>1)</sup>のペクチン分解酵素反応に及ぼす影響

1) アルコール不溶性固形分 (Alcohol insoluble solid, AIS)  
 2) ペクチナーゼは *Aspergillus aculeatus* 株由来の活性ペクチン分解酵素製剤 (ペクチントランスエリミナーゼ、ポリガラクトナーゼ、ペクチンエステラーゼおよび少量のヘミセルラーゼとセルラーゼを含有) を使用した。  
 3) ペクチン分解酵素を添加する前のガラクトン酸含量を測定 (分解産物の)、その後定期的に各画分におけるガラクトン酸含量を測定し、平衡に達した状態を100%とした。各測定時におけるガラクトン酸含量を相対的な割合で示した。

[研究情報]

課題 ID : 2019 農 001

研究課題名 : 気候変動対応型果樹農業技術開発事業

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金 (気候変動に適した果樹農業技術開発事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2020 年度 (2019~2021 年度)

研究担当者 : 伊波聡、安次富厚、井上裕嗣、與那覇至、東嘉弥真勇人、宮里進

発表論文等 : 熱帯農業研究 15(1) p:1-8

## 果樹分野

|  |    |    |    |    |      |              |       |
|--|----|----|----|----|------|--------------|-------|
| (成果情報名) 年内収穫が可能で良食味な中晩柑「津之輝」の特性  |    |    |    |    |      |              |       |
| (要約) 露地栽培下における中晩柑品種「津之輝」の12月収穫果実は、「天草」と比較して大きさは同程度であり、果皮色と果肉色が濃く、糖度と食味値が高い。かいよう病の発生程度は「天草」より低く、樹齢7年生時の収量は990kg/10a程度である。 |    |    |    |    |      |              |       |
| (担当機関) 農業研究センター名護支所・果樹班  |    |    |    |    | 連絡先  | 0980-52-0052 |       |
| 部会   | 果樹 | 専門 | 栽培 | 対象 | カンキツ | 分類           | 実用化研究 |

### [背景・ねらい]

中晩柑の「天草」は12月に収穫可能であることから年末贈答用として高単価で取引されている。しかし、果実の糖度が十分に高くないことや果皮色が薄い、病害による外観の低下という問題が発生しており、生産現場からはこれらの欠点を補うことができる新たな品種の導入が望まれている。そこで、農研機構が育成した果実品質が優れる中晩柑品種「津之輝」について、沖縄県の露地栽培下における特性を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. 「津之輝」の葉は「天草」と比較して小さく、タンカンと同程度である。枝梢の発生は多いが、樹勢はやや弱い。2019～2021年の平均発芽期は2月24日、開花盛期は3月22日である(データ省略)
2. 12月の平均果実品質は、果実重183g、横径73mm、糖度13.3°、酸度1.03%程度で食味が良く、12月上旬から下旬まで収穫可能である。同時期の「天草」と比較して果皮色と果肉色が濃く、糖度と食味値が高い(表1、図1)。
3. カンキツ生産者25名に対する「津之輝」果実の試食アンケートの結果、「天草」と比較して外観、食味、剥皮性が優れ、年末贈答用として有望という評価である(データ省略)。
4. 「天草」と比較して「津之輝」の果実は、かいよう病の発生程度が低い。年によって黒点病の発生が見られるが、発生が多い年でも「天草」と同程度である(表2)。
5. 収量は樹齢とともに増加し、7年生時(2021年)の収量は990kg/10a、売上の試算額は42万円/10a程度である(表3)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本成果は「津之輝」導入時の参考資料として、普及指導員等に提供する。
2. 「津之輝」は農研機構が育成した中晩柑品種であり、2009年に品種登録されている。
3. 果頂部に突起が生じるへそ果(二重果)が発生するため、粗摘果時に除去する。
4. 9～10月にかけて裂果が生じるため、着果個数にやや余裕を持たせて仕上げ摘果を行う。
5. 後期落果が発生するため、落果防止技術の開発が必要である。
6. 供試した「津之輝」(カラタチ台、2015年定植、栽植距離5×4m)および「天草」(カラタチ台、2013年定植、栽植距離5×5m)は、単位樹冠容積当たり15果/m<sup>3</sup>程度になるよう調整し、沖縄県果樹栽培要領「天草」に準じて栽培管理した。試験には各品種3樹ずつ供試した。

### [残された問題点]

裂果や落果、果皮障害が見られるため、後継事業でその対策技術の試験を行う。

## [具体的データ]

表1 果実品質の比較 (2019-2021年平均)

| 調査基準日 <sup>1)</sup> | 品種                | 果実重 (g) | 横径 (mm) | 果皮色 <sup>2)</sup> | 着色歩合 <sup>3)</sup> | 果肉色 <sup>2)</sup> | 糖度 (° Brix) | 酸度 (%) | 食味値 <sup>4)</sup> |
|---------------------|-------------------|---------|---------|-------------------|--------------------|-------------------|-------------|--------|-------------------|
| 12/1                | 津之輝               | 187.8   | 76.8    | 8.0               | 9.6                | 8.3               | 12.8        | 1.04   | 4.5               |
|                     | 天草                | 215.5   | 75.4    | 6.1               | 9.5                | 4.5               | 11.1        | 1.16   | 2.8               |
|                     | 有意性 <sup>5)</sup> | *       | n.s.    | **                | n.s.               | **                | **          | *      | **                |
| 12/10               | 津之輝               | 178.0   | 72.1    | 8.2               | 9.7                | 8.4               | 13.6        | 1.00   | 4.8               |
|                     | 天草                | 193.3   | 71.9    | 6.6               | 9.4                | 6.1               | 11.1        | 1.09   | 2.8               |
|                     | 有意性 <sup>5)</sup> | n.s.    | n.s.    | **                | n.s.               | **                | **          | n.s.   | **                |
| 12/20               | 津之輝               | 182.1   | 71.1    | 8.9               | 9.8                | 9.3               | 13.5        | 1.04   | 4.7               |
|                     | 天草                | 192.3   | 72.5    | 7.5               | 9.7                | 6.5               | 11.6        | 0.90   | 3.2               |
|                     | 有意性 <sup>5)</sup> | n.s.    | n.s.    | **                | n.s.               | **                | **          | **     | **                |
| 12月平均               | 津之輝               | 182.6   | 73.3    | 8.4               | 9.7                | 8.7               | 13.3        | 1.03   | 4.7               |
|                     | 天草                | 200.4   | 73.3    | 6.7               | 9.5                | 5.7               | 11.3        | 1.1    | 2.9               |

1) 調査基準日が休日の場合、調査日を1日前後させて平日に調査を実施した

2) 農林水産省果樹試験場カラーチャートオレンジ色系を使用

3) 着色した面積割合 (0~10) を遠観で調査した

4) 食味の評価は30代男性1名、30代女性2名で実施 (1 不味、2 やや不味、3 普通、4 やや美味、5 美味)

5) 果実重・果径・糖酸度はt検定、果皮色、着色歩合、果肉色、食味はマン・ホイットニーのU検定を用いた (n.s.: 非有意、\*: p&lt;0.05、\*\*: p&lt;0.01、n=30(10果×3カ年))

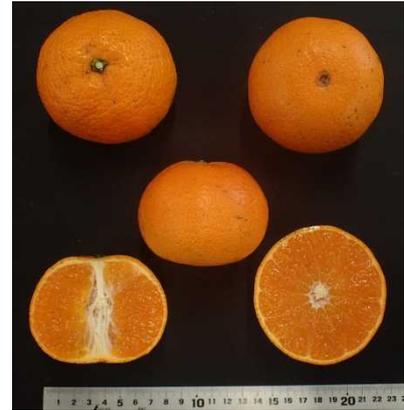


図1 「津之輝」の果実 (12月上旬収穫)

表2 果実病害発生程度の比較 (2019-2021年)

| 調査年  | 品種                | かいよう病   |                   | そうか病    |                   | 黒点病     |                   |
|------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|
|      |                   | 発病率 (%) | 発病度 <sup>1)</sup> | 発病率 (%) | 発病度 <sup>1)</sup> | 発病率 (%) | 発病度 <sup>1)</sup> |
| 2019 | 津之輝               | 1.7     | 0.2               | 0.0     | 0.0               | 0.0     | 0.0               |
|      | 天草                | 48.3    | 20.5              | 2.5     | 1.3               | 2.5     | 0.4               |
|      | 有意性 <sup>2)</sup> | **      | -                 | n.s.    | -                 | n.s.    | -                 |
| 2020 | 津之輝               | 0.0     | 0.0               | 0.0     | 0.0               | 18.3    | 3.8               |
|      | 天草                | 17.5    | 6.4               | 2.5     | 0.4               | 22.5    | 6.1               |
|      | 有意性 <sup>2)</sup> | **      | -                 | n.s.    | -                 | n.s.    | -                 |
| 2021 | 津之輝               | 0.0     | 0.0               | 0.0     | 0.0               | 7.5     | 1.1               |
|      | 天草                | 28.3    | 8.3               | 1.7     | 0.2               | 54.2    | 20.6              |
|      | 有意性 <sup>2)</sup> | **      | -                 | n.s.    | -                 | **      | -                 |

1) カンキツの調査方法 (1987) に準じて発病度を算出した。発病度 = {Σ (指数別発病果実数 × 指数) ÷ (7 × 調査果実数)} × 100

2) 品種間の発病率についてフィッシャーの正確確率検定を行った (n.s.: 非有意、\*: p&lt;0.05、\*\*: p&lt;0.01)

※12月に各品種40果×3樹 (n=120) を調査した。発芽から収穫までの殺菌剤散布回数は2019年、2020年が各10回、2021年が11回である

表3 「津之輝」の収量性 (2019-2021年)

| 調査年  | 樹齢 (年) | 樹冠容積 <sup>1)</sup> (m <sup>3</sup> /樹) | 収量 (kg/樹) | 収量 <sup>2)</sup> (kg/10a) | 売上 <sup>3)</sup> (円/10a) |
|------|--------|--|-----------|---------------------------|--------------------------|
| 2019 | 5      | 4.7                                    | 12.0      | 600                       | 256,200                  |
| 2020 | 6      | 7.5                                    | 16.0      | 800                       | 341,600                  |
| 2021 | 7      | 8.2                                    | 19.8      | 990                       | 422,730                  |

1) 樹冠容積 = 樹高 × 長径 × 短径 × 0.7

2) 栽植密度は50樹/10a

3) JAおきなわにおける2020~2021年販売実績の平均単価(427円/kg)を使用 (2019年は販売実績なし)

## [研究情報]

課題 ID : 2019 農 001

研究課題名 : 気候変動に適応した沖縄型果樹農業技術開発事業

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金事業 (気候変動に適応した果樹農業技術開発事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2019~2021 年度 (2019~2021 年度)

研究担当者 : 光部史将、金城美沙、阿波根直恭

発表論文等 : 光部史将ら (2022) 日本熱帯農業学会第 131 回講演会発表

## 果樹分野

|   |    |    |      |    |      |              |      |
|---|----|----|------|----|------|--------------|------|
| (成果情報名) SSR マーカー分析によるシークワサーの遺伝的多様性の評価   |    |    |      |    |      |              |      |
| (要約) 沖縄県内各地から収集したシークワサーの遺伝的多様性を 21 種類の SSR マーカーで分析すると、27 の遺伝子型に分類、集約される。大宜味村の生産者圃場では大宜味クガニーのみ確認されるのに対し、名護市および本部町では複数系統が確認される。 |    |    |      |    |      |              |      |
| (担当機関) 農業研究センター名護支所・果樹班   |    |    |      |    | 連絡先  | 0980-52-0052 |      |
| 部会  | 果樹 | 専門 | 遺伝資源 | 対象 | カンキツ | 分類           | 基礎研究 |

### [背景・ねらい]

沖縄在来カンキツのシークワサーには複数の系統が存在しており、系統間には成熟期や果実形質に違いが見られるが、遺伝情報に基づく系統の整理は進んでいない。今後、有望系統の選抜を進めるためには県内に存在するシークワサーの遺伝的変異を把握しておく必要がある。また、系統の特徴に合わせた商品開発や新系統の導入を図るには、各産地で経済栽培されているシークワサーの系統構成を把握する必要がある。そこで、本研究ではカンキツの品種識別用に開発された SSR マーカーを用いて、県内各地から収集したシークワサーの遺伝的多様性を分析するとともに、主要産地における栽培系統の構成を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. 農業研究センター名護支所で保存しているシークワサー119 樹および生産者圃場から収集した 126 樹を 21 種類の SSR マーカーで分析すると 27 の遺伝子型 (27 系統) に分類、集約される (図 1)。
2. 生産者圃場からサンプリングした系統は、大宜味村では大宜味クガニーと呼ばれる 2 系統のみが確認されるのに対し、名護市は大宜味クガニーとカーアチーの占める割合が高く、本部町は伊豆味クガニーやヒージャクニブ等を含む 8 系統が確認できる (図 2)。
3. 大宜味村では村保有の育苗施設で大宜味クガニーの増殖および村内への配布を実施しているのに対し、名護市および本部町では近くの山から採集した実生苗を定植している生産者も散見されることから、苗の供給源の違いが産地内での遺伝的多様性に影響を与えていると推察される。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本成果はシークワサーの系統情報資料として、遺伝資源保存園の管理や有望系統選抜試験等の効率化に活用される。
2. 農業研究センター名護支所で保存しているシークワサーは、1973～1998 年にかけて離島を含む県内全域から収集した系統である。
3. 生産者圃場のサンプルは、シークワサーの拠点産地である大宜味村 (6 名)、名護市 (5 名)、本部町 (5 名) の圃場から収集した。
4. 遺伝子分析はサンプルの成葉から DNA を抽出し、Luro ら(2008)および Ollitrault ら(2010)が開発した核 SSR マーカー 21 種類を用いて SSR-PCR を行った。核 SSR 対立遺伝子の有無をもとに系統間の類似度を計算し、UPGMA 法で樹形図を作成した。

### [残された問題点]

農業研究センター名護支所で保存しているシークワサーの老木化が進んでいるため、遺伝資源保存のため、接ぎ木による更新を行う必要がある。

[具体的データ]

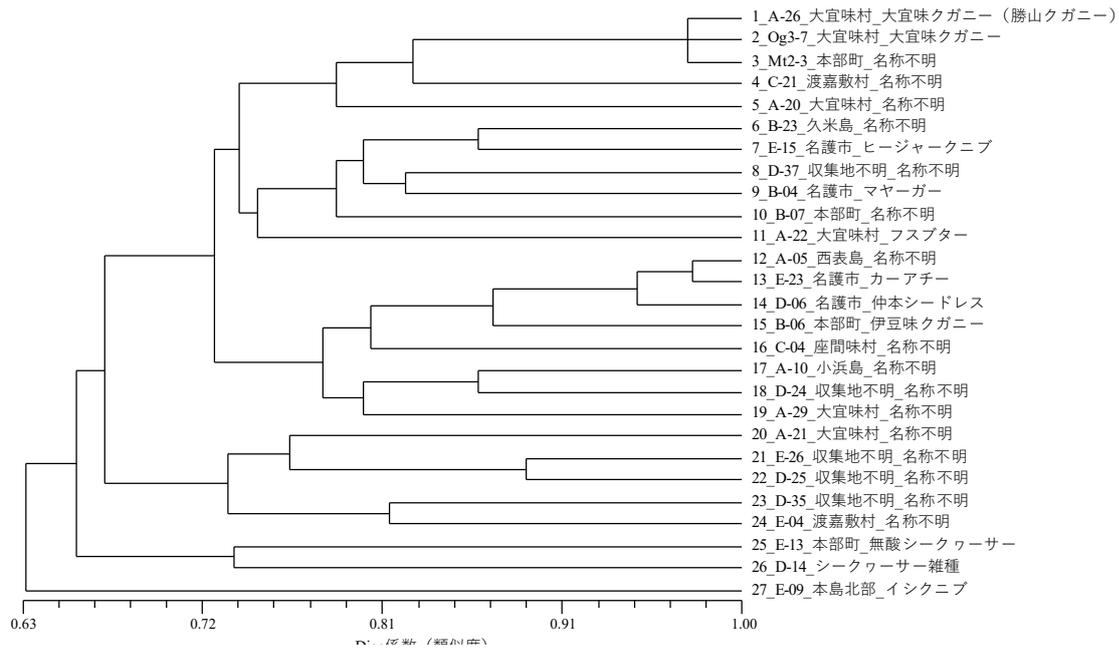


図1 SSR マーカー分析に基づくシークワサーの樹形図  
 ※図中の系統名は、系統番号\_樹番号(代表樹)\_収集地\_地域名称を示す

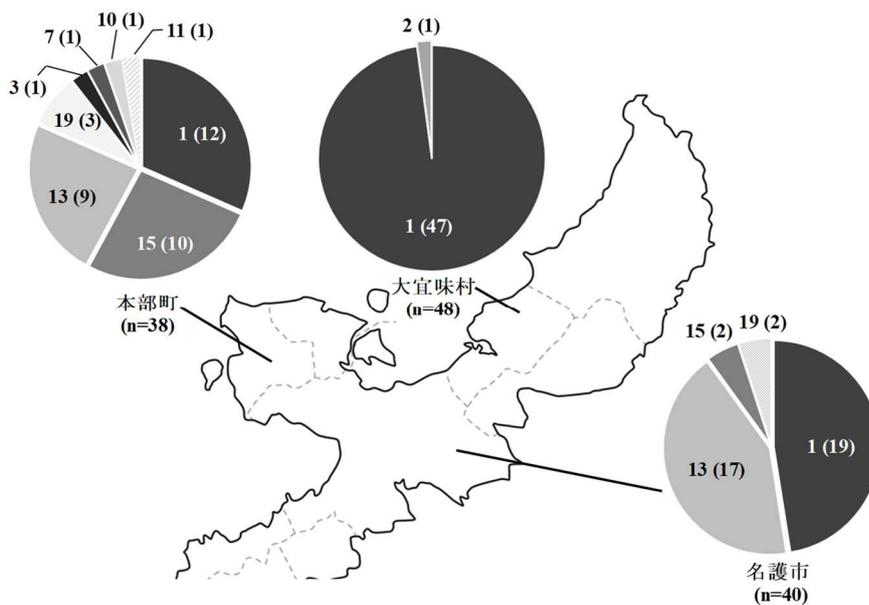


図2 各産地で栽培されているシークワサーの系統割合  
 ※円グラフの数字は系統番号、括弧内は各系統の樹数を示す

[研究情報]

課題 ID : 2013 農 003

研究課題名 : 気候変動対応型果樹農業技術開発事業

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金 (気候変動対応型果樹農業技術開発事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2015~2018 年度 (2013~2018 年度)

研究担当者 : 光部史将、與古田尚子、保坂ふみ子<sup>1</sup>、藤井浩<sup>1</sup>、島田武彦<sup>1</sup>、澤村豊<sup>1</sup>  
 山本俊哉<sup>1</sup> (1 農研機構果樹茶業研究部門)

発表論文等 : 光部史将ら (2022) 日本熱帯農業学会第 131 回講演会発表

## 果樹分野

|   |    |    |      |    |      |              |      |
|---|----|----|------|----|------|--------------|------|
| (成果情報名) シークワーサー果実に含まれるポリメトキシフラボンおよびカロテノイドの季節変動  |    |    |      |    |      |              |      |
| (要約) シークワーサーの果皮に含まれるポリメトキシフラボンは系統によって異なる季節変動を示す。果肉に含まれるカロテノイドは果実が成熟する 12 月～2 月にかけて増加するが、組成は系統によって異なりイシクニブは $\beta$ -クリプトキササンチンの含量が高い。 |    |    |      |    |      |              |      |
| (担当機関) 農業研究センター名護支所・果樹班   |    |    |      |    | 連絡先  | 0980-52-0052 |      |
| 部会  | 果樹 | 専門 | 遺伝資源 | 対象 | カンキツ | 分類           | 基礎研究 |

### [背景・ねらい]

シークワーサーは、主に 10 月以降の果実が収穫され、ジュース等の加工原料として用いられている。果実には機能性成分であるノビレチン等のポリメトキシフラボン（以下 PMF）や  $\beta$ -クリプトキササンチン等のカロテノイドが含まれているが、成分の季節変動や系統間差について十分に解明されておらず、需要拡大を図るには、これらの特性の把握が必要である。

そこで、シークワーサー 3 系統（主要栽培系統である大宜味クガニー、登録品種である「仲本シードレス」、果肉色が濃い橙色になるイシクニブ）について、果皮に含まれる PMF および果肉のカロテノイドの季節変動とともに、詳細な成分の系統間差を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. 果皮に含まれる PMF 含量の季節変動は、大宜味クガニーと「仲本シードレス」では 10 月以降徐々に減少していく。一方、肥大の遅い晩生系統であるイシクニブは、同時期の他系統と比較して PMF 含量が低く、10 月以降も含量の変動が小さいなど他と異なる傾向を示す（図 1）。
2. PMF の成分組成は、いずれの系統も収穫月にかかわらずノビレチン、タンゲレチン、シネンセチンの順に多い（図 1）。
3. 果肉のカロテノイド含量は、いずれの系統も果実が成熟する 12 月～2 月にかけて増加し、特に 2 月のイシクニブで高い（図 2）。
4. カロテノイドの成分組成は、系統間で違いが見られる。大宜味クガニーは *cis*-ビオラキササンチン、「仲本シードレス」はビオラキササンチン、イシクニブは  $\beta$ -クリプトキササンチンの割合が高い。特にイシクニブの  $\beta$ -クリプトキササンチン含量は、他の系統と比較して顕著に高く、果肉色も濃い橙色を呈する（図 2）。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本成果は有望系統の選抜や機能性成分を活かした食品開発の基礎資料として活用する。
2. 調査果実は農業研究センター名護支所で栽培されている樹齢 30 年程度の各系統 1 樹（シークワーサー一台木）の赤道面から中庸な果実を各月 5 果選定し、分析に供試した。
3. 機能性成分の分析は既報（PMF<sup>1)2)</sup>、カロテノイド<sup>3)</sup>）に準じ実施した。
  - 1) 寺本ら(2010). 沖縄農業. 44(1). 73-81
  - 2) 広瀬ら(2017). 日本食品科学工学会誌. 64(2). 81-89
  - 3) 菅原ら(2019). 日本食品科学工学会誌. 66(3). 100-107

### [残された問題点]

今回の結果は各系統 1 樹のみから得られたものであるため、供試樹数を増やし、個体間差の有無を確認する必要がある

[具体的データ]

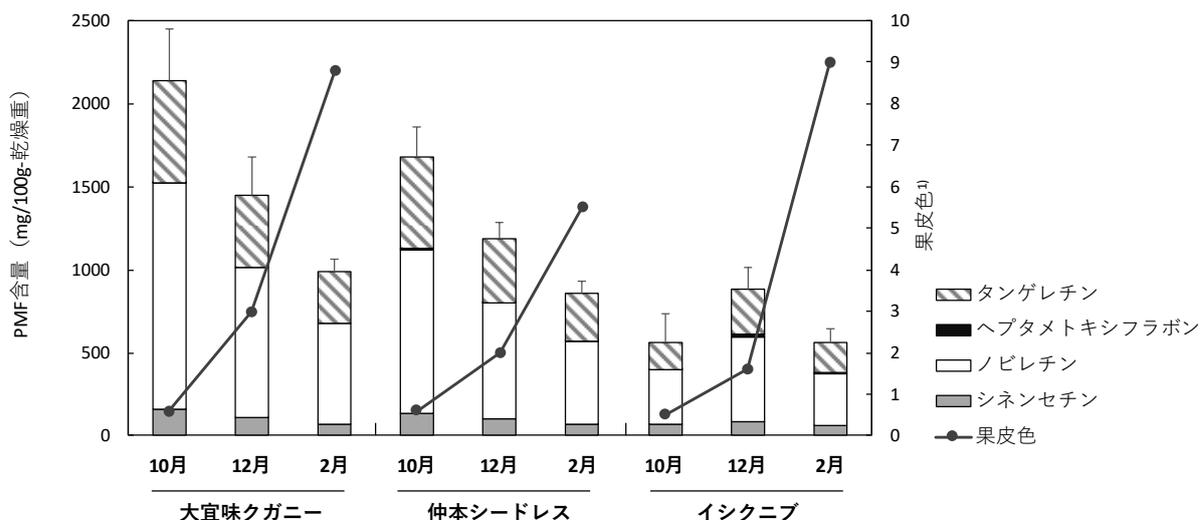


図1 果皮に含まれる PMF 含量の推移

※5 果の平均値。エラーバーは標準偏差を示す。

含量について系統と時期に交互作用あり (二元配置分散分析、 $p < 0.01$ )。

1)果皮色：カラーチャートオレンジ色系 (農林省果樹試験場、1977) による値 (0~13：値が小さいほど緑色、大きいほど橙色が濃いことを示す)

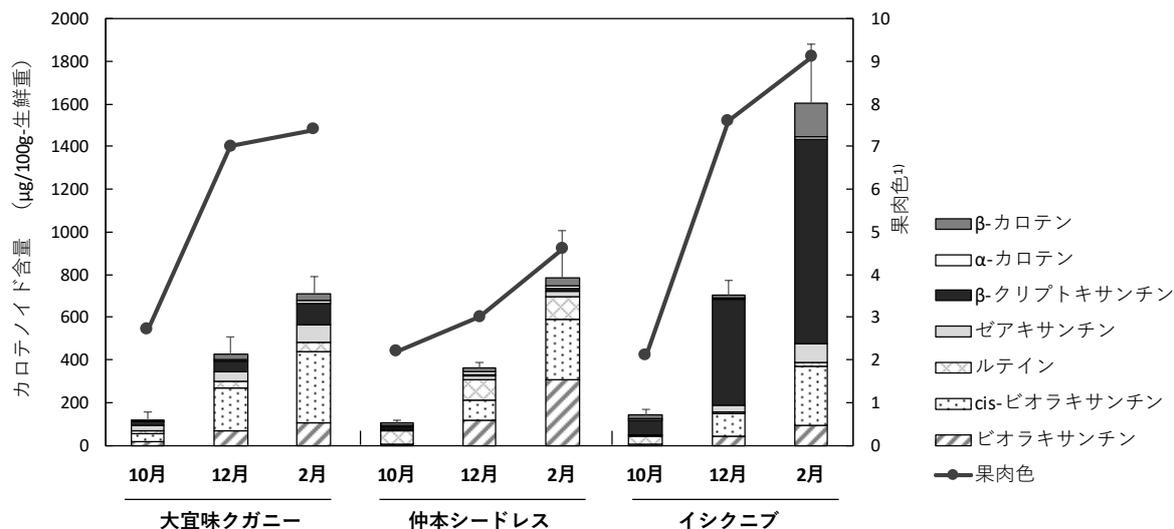


図2 果肉に含まれるカロテノイド含量の推移

※5 果の平均値。エラーバーは標準偏差を示す。

含量について系統と時期に交互作用あり (二元配置分散分析、 $p < 0.01$ )。

1)果肉色：カラーチャートオレンジ色系 (農林省果樹試験場、1977) による値 (0~13：値が小さいほど緑色、大きいほど橙色が濃いことを示す)

[研究情報]

課題 ID : 2013 農 003

研究課題名 : 気候変動対応型果樹農業技術開発事業

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金 (気候変動対応型果樹農業技術開発事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2017~2018 年度 (2013~2018 年度)

研究担当者 : 光部史将、菅原晃美 (農研機構九沖研)

発表論文等 : 光部史将ら (2021) 日本熱帯農業学会第 130 回講演会発表

## 果樹分野

|   |    |    |      |    |      |              |      |
|---|----|----|------|----|------|--------------|------|
| (成果情報名) アセロラ甘味系と「レッドジャンボ」における収穫後の果実の呼吸特性  |    |    |      |    |      |              |      |
| (要約) アセロラの甘味系と「レッドジャンボ」の収穫後の果実は、12℃付近および 40℃付近に呼吸量の変曲点があり、12℃以上で呼吸量が活発になる。また、甘味系では、果実が深紅色に着色していくにつれ、呼吸量とエチレン生成量が増加する。 |    |    |      |    |      |              |      |
| (担当機関) 農業研究センター・農業システム開発班   |    |    |      |    | 連絡先  | 098-840-8512 |      |
| 部会  | 果樹 | 専門 | 加工利用 | 対象 | アセロラ | 分類           | 基礎研究 |

### [背景・ねらい]

アセロラ (*Malpighia glabra* L.: acerola) の果実は、県内では4月から11月まで生産され、果皮の一部が赤色に着色した淡緑色果で収穫後、常温に静置して果実全体が赤色に着色してからピューレ等に加工されている。現状では6月から9月の高温期に過熟により腐敗果が頻発する等、果実の収穫後の取り扱いに課題がある。一般に、果実の追熟には呼吸量（二酸化炭素排出量）およびエチレン生成量等の呼吸特性が深く関与しているが、アセロラの果実についてはブラジル栽培種での調査および国内で試験栽培されたマイアスイート種での報告に限られ、県内の経済栽培種である甘味系では知見が無い。

そこで、甘味系と、今後県内での生産が期待される「レッドジャンボ」の呼吸量と温度の関係性を解明し、併せて、甘味系果実の収穫後の呼吸特性の変化を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. 甘味系と「レッドジャンボ」の収穫後の果実における 2.5℃から 45℃までの温度毎の呼吸量は、いずれも Arrhenius 式による直線的な変化を示す。両品種において呼吸量に急激な変化が生じる変曲点は、12℃付近と 40℃付近であり、12℃以上で呼吸量が活発になる（図1）。
2. 甘味系の果実の呼吸量は、収穫直後から増加し続け、深紅色に達した時点で最大になる。一方、果実のエチレン生成量は紅色から深紅色の着色にかけて増加し続ける（図2）。

### [成果の活用面・留意点]

1. アセロラ果実の収穫後の取り扱いに関する研究開発の基礎資料とする。
2. 本成果は、果頂部に赤色を呈し始めた淡緑色果（図2）100g を 9.86L 容ポリカーボネート製デシケーターに入れ、品温が安定したところで容器を密閉し、二酸化炭素をガスアナライザー（CGT-7100、株式会社島津製作所）で、エチレンをセンサーガスクロマトグラフ（SGEA-P3-C、NISSHA エフアイエス株式会社）でそれぞれ分析し、果実 1kg が1時間に排出するガス量を示した結果である。
3. Arrhenius 式は、青果物の呼吸速度を温度の関数として式で表したもので、青果物の呼吸速度の温度依存性を表す。

### [残された問題点]

呼吸量の抑制が可能な温度管理を徹底する等の収穫後のアセロラ果実の取り扱いに留意する必要がある。また、果実のエチレン感受性及びエチレン除去の効果を検証する必要がある。

[具体的データ]

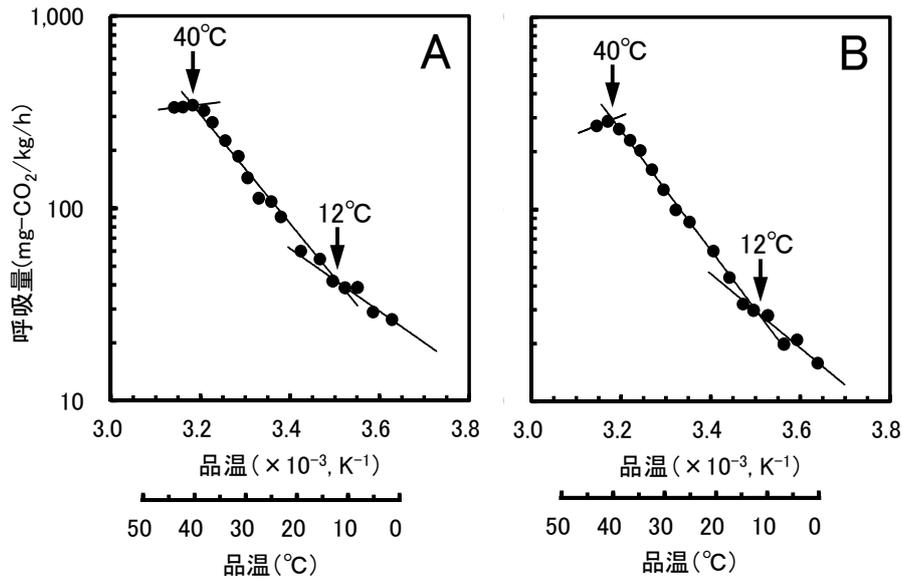


図1 アセロラ果実の温度毎の呼吸量(A: 甘味系、B: レッドジャンボ)  
 プロットは、2~4反復の平均値を示し、近似線にArrhenius式による呼吸量の直線的な変化を示す。  
 矢印は、近似線の交点を示し、呼吸量に変化が生じる変曲点(12°C付近、40°C付近)を表す。

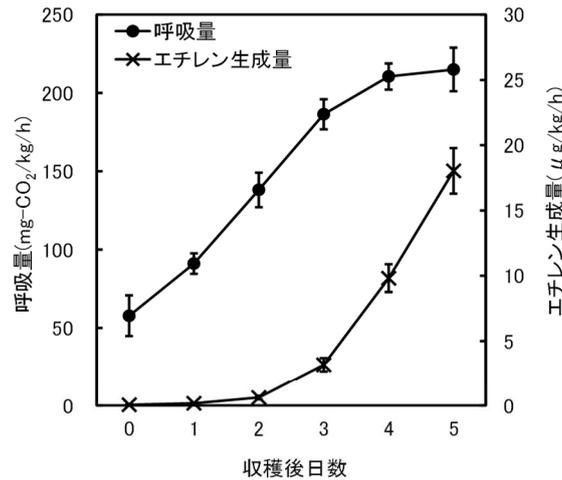


図2 甘味系果実の収穫後の呼吸量と着色の関係

データは、25°C貯蔵における4反復の平均値±標準偏差を示す。  
 淡緑色: 果頂部に赤色を呈し始める。  
 淡黄色: 果柄部に向けて赤色が広がり果柄部の緑色が薄く黄白色になる。  
 紅色: 果実表面全体が赤色になる。  
 深紅色: 果実全体が濃い赤紫色になる(完熟)。

[研究情報]

課題 ID : 2019 農 001

研究課題名 : 気候変動に適応した沖縄型果樹農業技術開発事業

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金事業 (気候変動に適応した果樹農業技術開発事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2020~2021 年度 (2019~2021 年度)

研究担当者 : 土田永渡、前田剛希、花ヶ崎敬資、謝花治、竹内誠人

発表論文等 : 土田永渡ら (2021) 日本食品保蔵科学会第 70 回 (オンライン東京) 大会発表

## 果樹分野

|  |    |    |    |    |         |              |       |
|--|----|----|----|----|---------|--------------|-------|
| (成果情報名) 果汁が濃い黄色でジュース品質の高い加工用パインアップル新品種候補沖縄22号  |    |    |    |    |         |              |       |
| (要約) パインアップル新品種候補沖縄22号は果肉色が濃い黄色の極早生系統である。生食加工兼用品種「N67-10」と比べ糖酸比が高く、 <u>ジュース加工時</u> の果汁色、香りおよび食味が良好である。 |    |    |    |    |         |              |       |
| (担当機関) 農業研究センター名護支所・果樹班  |    |    |    |    | 連絡先     | 0980-52-0052 |       |
| 部会   | 果樹 | 専門 | 育種 | 対象 | パインアップル | 分類           | 実用化研究 |

### [背景・ねらい]

パインアップル果実は、観光産業の振興に伴い生食用や缶詰だけでなくジュースやワインなどの付加価値を高めた加工商品にも多く利用されているが、加工原料として用いられている主な品種は中晩生の「N67-10」である。こうした状況の中で生産農家や加工業者からは、既存品種と比べ高品質な原料果実となる新たな加工用品種開発が望まれている。そのため、既存品種と比べ加工適性が高く高品質な品種を育成する。

### [成果の内容・特徴]

1. 沖縄 22 号は、2000 年に農業試験場名護支場（現農業研究センター名護支所）において、果肉が黄色い選抜系統 A882 と早生品種「ソフトタッチ」の交雑実生から選抜している。2004 年に第 1 次選抜を行い、2～3 次選抜を経て、2009 年より沖縄 22 号の系統名を付し、名護市および石垣市において地域適応性を検討し選定された新品種候補である。
2. 草本はトゲが無く中型で、草姿は半直立である。果柄は長く（図 1 A）、果形は球～楕円形、果皮色は黄橙色、果肉色は黄～濃黄である（図 1 B）。
3. 本島北部地域における自然夏実の平均収穫日は 7 月上旬の極早生である。糖度 16.0～16.7°、酸度 0.57～0.66%であり、糖酸比は「N67-10」と比べて高く良好である。水浸状果実は「N67-10」と比べて同程度、小果腐敗病は高く発生している（表 1）。
4. 吸芽発生率は「N67-10」と比べ高く、発生本数は同程度であることから株出し収穫は十分に期待できる。自然夏実および株出しの 10a 合計収量は 4,800kg 程度で「ソフトタッチ」より多く「N67-10」並みである（表 1）。
5. 「N67-10」と比べ果肉歩留まりおよび果汁量は同程度であり、ジュース加工後においても色が濃く、黄色度が高い（表 2）。
6. 沖縄 22 号を原料としたジュース試作品は、「N67-10」既製品と比較して（図 1 C）、ジュース品質および官能評価が良好であり、加工用途としての利用が期待される（表 2）。

### [成果の活用面・留意点]

1. ジュース加工用途としての活用を想定していることから、一次加工業者等を対象にした品種として、2022 年度中に品種登録申請を行う予定である。
2. 県内で普及している品種と比べ収穫時期が最も早い極早生という特徴を持つことから、加工品の製造時期前進化を図ることができる。
3. 水浸状果実や小果腐敗病の発生が懸念されるため生食用としての利用は推奨しない。
4. 春植えの作型では早期出蕾しやすいため、夏植えが適している。

### [残された問題点]

果柄長が長い特性により果実の倒伏が発生し、品質の低下を招くため、簡易な倒伏防止対策を開発する。

[具体的データ]

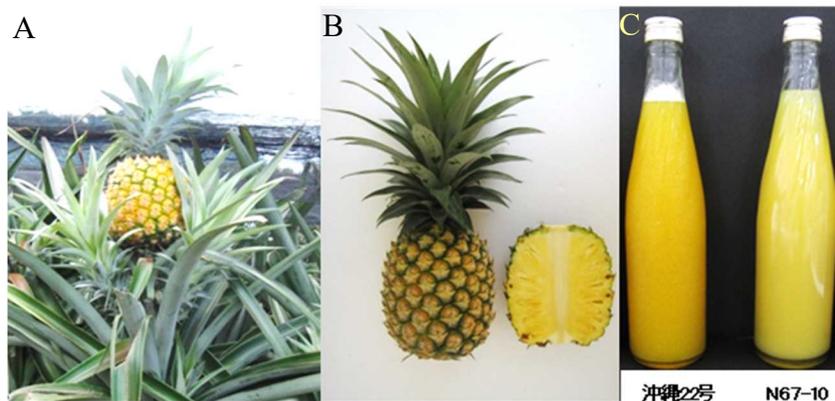


図1 沖縄22号の結実状況 (A)、果実断面 (B)、および加工したジュース (C)

表1 夏植えー自然夏実ー株出し体系における出蓄率および果実特性

| 収穫体系       | 系統・品種名 | 出蓄率 (%) | 平均収穫日 | 果実重 (g) | 10a収量 <sup>z</sup> (kg) | 糖度 (°Brix) | 酸度 (%) | 糖酸比  | 水浸状果実発生率 (%) | 小果腐敗病発生率 (%) | 発生苗 <sup>y</sup> |         |           |
|------------|--------|---------|-------|---------|-------------------------|------------|--------|------|--------------|--------------|------------------|---------|-----------|
|            |        |         |       |         |                         |            |        |      |              |              | えい芽数 (本)         | 吸芽数 (本) | 吸芽発生率 (%) |
| 自然夏実       | 沖縄22号  | 80.4    | 7/2   | 1,101   | 3,536                   | 16.0       | 0.57   | 28.9 | 40.1         | 16.4         | 3.5              | 1.0     | 89.8      |
|            | N67-10 | 86.3    | 8/14  | 1,318   | 4,589                   | 14.9       | 0.72   | 21.9 | 46.8         | 12.8         | 1.9              | 1.1     | 80.6      |
|            | ソフトタッチ | 73.9    | 7/9   | 767     | 2,270                   | 17.6       | 0.74   | 24.4 | 70.0         | 22.8         | 5.6              | 1.2     | 91.7      |
| 株出し (自然夏実) | 沖縄22号  | 35.4    | 7/3   | 929     | 1,316                   | 16.7       | 0.66   | 26.3 | 34.1         | 40.1         | -                | -       | -         |
|            | N67-10 | 15.6    | 8/13  | 1,056   | 659                     | 14.6       | 0.74   | 20.2 | 34.5         | 11.2         | -                | -       | -         |
|            | ソフトタッチ | 45.1    | 7/10  | 612     | 1,105                   | 17.7       | 0.86   | 21.0 | 41.8         | 22.4         | -                | -       | -         |

1) 試験は夏植えー自然夏実ー株出し体系で草本特性および果実特性(名護: 2017-2021年の5カ年)を調査した。供試株数は60株。

z: 10a収量は4,000本植え/10aに仮定した場合の収量=4,000(本) × 出蓄率 × 果実重

y: 株出し発生苗については未調査のため、-で表記。

表2 パインアップル果実および加工品(ジュース)の品質特性

| 系統品種名  | 果実特性              |                          |                    | ジュース品質               |            |        |      | ジュース官能評価 <sup>w</sup> |      |      |
|--------|-------------------|--------------------------|--------------------|----------------------|------------|--------|------|-----------------------|------|------|
|        | 歩留まり <sup>z</sup> | 果汁量 <sup>y</sup> (ml/kg) | 果肉黄色度 <sup>x</sup> | ジュース黄色度 <sup>x</sup> | 糖度 (°Brix) | 酸度 (%) | 糖酸比  | 色                     | 香り   | 食味   |
| 沖縄22号  | 43                | 280                      | 25.8               | 81.5                 | 15.9       | 0.70   | 22.7 | +1.8                  | +0.9 | +1.5 |
| N67-10 | 45                | 255                      | 13.6               | 45.4                 | 12.7       | 0.75   | 16.9 | 0                     | 0    | 0    |

1) 果実特性は2019-2021年の3カ年、ジュース特性は2021年の試験結果であり、いずれも自然夏実果実を供試した。

z: 歩留まり=(果実重-果皮重-果芯重)/果実重 × 100

y: 果肉をハンドプレスで搾汁し測定した。

x: 色彩色差計(NF333; 日本電色工業株式会社製)を用いて、黄色度をXYZ表色系から次式で算出。

$$YI(\text{黄色度}) = 100 \times (1.28X - 1.06Z) / Y$$

w: ジュース官能評価は20-60代の男女13人を対象に実施した結果である。

「N67-10」を基準(O)として、各評価項目について沖縄22号ジュース加工品を2(良好)~0(同程度)~-2(悪い)で評価。

[研究情報]

課題 ID: 2019 農 004

研究課題名: 各種用途に対応したパインアップル品種開発および育種技術の確立 等

予算区分: 受託 (イノベーション創出強化研究推進事業)

研究期間 (事業全体の期間): 2004~2021 年度 (2019~2023 年度)

研究担当者: 竹内誠人、正田守幸、與那覇至、諸見里知絵、大嶺悠太、栗國佳史、  
松村まさと、仲村昌剛、崎山澄寿、前川龍太、武末翔馬、小林拓也

発表論文等: なし