

## 果樹分野

(成果情報名) パインアップル「沖農 P17」の八重山地域における適切な花芽誘導処理時期							
(要約) 八重山地域における「沖農 P17」の露地栽培では、5月下旬から6月中旬および9月中旬から11月中旬に花芽誘導処理することで、良食味で障害の少ない高品質果実が得られる。							
(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	パインアップル	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

生食用パインアップル「沖農 P17」(サンドルチェ<sup>®</sup>)は、他の生食用品種と比べ、自然出蕾で結実する自然夏実の糖酸比が高く、果肉内部の一部が腐敗する小果腐敗病や果皮が褐変する軟腐症などの果実障害も発生しにくい特徴を持つ。一方、人為的な花芽誘導処理(以下、「処理」という)により結実させた際の果実特性や収穫時期が明らかにされておらず、このことが生産組合等の出荷計画を立てる際の課題となっている。そこで、本研究では、八重山地域で3月から11月にかけて処理を行い、良食味果実(糖酸比18以上を良食味の目安とする)が収穫でき、果実障害の発生が少ない処理時期を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. 5月下旬から6月中旬および9月中旬から11月中旬の処理では、糖酸比が18以上となり、小果腐敗病や軟腐症の発生率も低く、処理時期として適している(図1)。
2. 7月中下旬から9月上旬の処理では、糖酸比が18未満となる(図1)。
3. 3月下旬から5月中旬の処理では、小果腐敗病の発生率が高く推移する(図1)。
4. 6月下旬から8月中下旬の処理では、軟腐症の発生率が高く推移する(図1)。
5. 処理時期として適した5月下旬から6月中旬および9月中旬から11月中旬に処理した際の平均収穫日は、10月下旬から12月上旬および4月中旬から7月中旬までの期間となる(図2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 生産組合や生産農家が、「沖農 P17」における処理時期の検討や収穫時期を予測する際の参考資料として活用する。
2. 供試株は、エテホン1,000倍希釈液に重量比で3%の尿素を加えた溶液30mLを葉芯へ灌注することで花芽誘導した。また、3月から8月までの処理には処理前年の3月から4月に植付けた春植え株を、9月から11月の処理には処理前年の8月に植付けた夏植え株を供試した。自然夏実については、収穫前々年の8月に植付けた夏植え株から収穫した。  
なお、各処理時期の供試果実数は38~240果、供試果実の冠芽込み果実重の平均は932g~1,244gであり、サンドルチェ<sup>®</sup>の商標使用基準である冠芽込み果実重800gを満たした。
3. 本技術は、農業研究センター石垣支所において、2016年9月から2022年12月にかけて健全株から収穫した果実の分析結果を取りまとめたものである。試験期間中の気象条件と異なる環境で果実が成熟した際は、収穫時期や果実品質が本研究の結果と異なる可能性があることに留意する。

### [残された問題点]

「沖農 P17」における高品質果実のさらなる出荷時期拡大を図るため、小果腐敗病や軟腐症への対策手法について検討する必要がある。

[具体的データ]

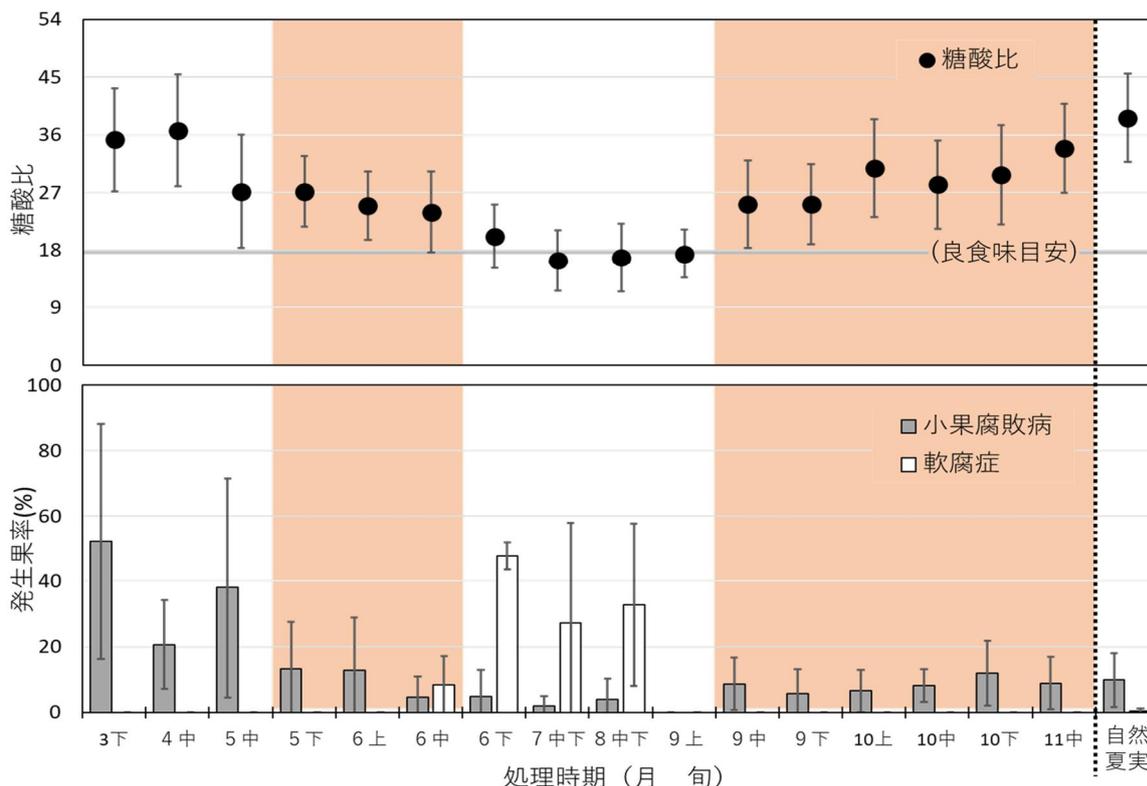


図1 花芽誘導処理時期別の糖酸比および小果腐敗病ならびに軟腐症の発生果率

注) 糖酸比の値は2016年から2022年に収穫された全果実の平均値および標準偏差を示す。また、小果腐敗病および軟腐症の発生果率は各調査年における発生率の平均値および標準偏差を示す。処理時期の符号は花芽誘導処理を行った月と旬を示す。また、糖酸比が18以上で、果実障害の発生も少ない花芽誘導処理時期を着色して示す。

花芽誘導 処理時期	平均収穫日								花芽誘導処理 から収穫までの日数
	10月	11月	12月	...	4月	5月	6月	7月	
5月 下旬		←→							156.9 ± 5.1
6月 上旬		←							160.3 ± 4.2
6月 中旬		←→							163.6 ± 4.3
9月 中旬					←→				221.7 ± 12.8
10月 上旬						←→			224.7 ± 15.2
10月 中旬							←→		227.2 ± 16.2
10月 下旬							←→		226.4 ± 9.4
11月 中旬								←→	230.6 ± 9.6
自然夏実								←→	-

図2 花芽誘導処理時期別の平均収穫日と花芽誘導処理時期

注) 図中の矢印は、2016年から2022年までの各調査年における各花芽誘導処理時期の平均収穫日の範囲を示す。また、花芽誘導処理から収穫までの日数は平均値±標準偏差を示す。

[研究情報]

課題 ID : 2017 農 001

研究課題名 : 八重山地域における高品質な「沖農 P17」の栽培技術開発

予算区分 : 県単 (いっぺーまーさんパインアップル強化事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2016~2022 年度 (2017~2021 年度)

研究担当者 : 與那覇至、武末翔馬、仲村昌剛、東嘉弥真勇人、宮里進

発表論文等 : なし

## 果樹分野

(成果情報名) 八重山地域で利用される散乱光フィルムのマンゴー日焼け果に対する低減効果							
(要約) 八重山地域におけるマンゴー日焼け果発生対策として、果実への袋がけに加え、栽培施設への散乱光フィルム(トーカンエース梨地)の展張は、一般的に利用される酢酸ビニルフィルムと比較して、日中の果実表面温度や葉面温度を低く抑えるとともに、日焼け果の発生を低減させる。							
(担当機関) 沖縄県農業研究センター・石垣支所					連絡先	098-082-4067	
部会	果樹	専門	栽培	対象	マンゴー	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

八重山地域のマンゴー栽培では、夏場の高温や強い日差しが原因と考えられる日焼け果の発生が問題となっている。これまで、一般的な対策として果実の袋がけが行われてきたが、袋がけしたにもかかわらず日焼け果が発生する事例が多く報告されるようになってきており、新たな対策技術が必要とされている。八重山地域の一部のマンゴー生産者は、暑熱対策の目的でハウスに散乱光フィルムを展張している。散乱光フィルムは透過した光を散乱させて直射日光を抑えることから、経験的に暑熱軽減以外に日焼け果低減効果を示すことが期待されているが、マンゴーについては十分な検証がされていない。本研究では、複数ある散乱光フィルムのうち、八重山地域の施設栽培で利用率の高い散乱光フィルムをハウスの被覆資材に用い、マンゴーに対する日焼け果低減効果と暑熱軽減効果を酢酸ビニルフィルムと比較する。

### [成果の内容・特徴]

1. 散乱光フィルム区における日焼け果の発生率は、酢酸ビニルフィルム区よりも低く1%未満である。同区における果実は果皮色の $a^*$ 、 $b^*$ 値が高く、鮮やかな赤色を呈し、果実重、糖度は酢酸ビニルフィルム区と同等かそれ以上である(表1)。
2. 散乱光フィルム区では、日中の果実表面温度と葉面温度のいずれも、酢酸ビニルフィルム区よりも低く推移する(図1)。
3. ハウス内で同時刻にマンゴーの果実表面と葉面をサーモグラフィで撮影すると、散乱光フィルム区では、ハウス内気温に近い温度分布を示す(図2:左)。一方、酢酸ビニルフィルム区では、ハウス内気温を超え50℃近い高温となる(図2:右)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 日焼け果の発生が課題となっている生産者を指導するための資料として活用できる。
2. 本成果では、八重山地域の施設栽培において利用率の高い散乱光フィルムのトーカンエース梨地0.1mm(東観興産(株))と酢酸ビニルフィルム0.1mmを供試した。散乱光フィルムは、メーカーによって光線の透過率などの性質において異なる場合があるため、他の散乱光フィルムを利用する場合、予備的評価を十分行ったうえで導入を検討する必要がある。
3. トーカンエース梨地の価格は、110円/m<sup>2</sup>である(2022年1月18日時点)
4. 試験は沖縄県農業研究センター石垣支所内のH鋼ハウス(間口10m(軒高2.5m)×奥行48m)で実施し、肥培管理は沖縄県果樹栽培要領に準じた。果実の糖度は酸糖度分析装置(NH-2000, HORIBA)、果皮色は分光色差計(NF333, 日本電色工業(株))、果実、葉面温度は放射温度計(SK-8940, 佐藤計量器製作所)、サーモグラフィ(S25W, 日本アビオニクス)でそれぞれ分析した。

[残された問題点]特になし。

## [具体的データ]

表1 マンゴー「アーウィン」におけるフィルム資材別の果実品質

年度	試験区	調査果数	果実重 (g)	糖度 (°Brix)	日焼け果発生率 <sup>1)</sup> (%)	果皮色 <sup>2)</sup>		
						L*	a*	b*
2020	散乱光フィルム	373	394	13.1	0.8	34.6	31.6	19.0
	酢酸ビニルフィルム	398	426	13.5	5.0	32.1	29.8	14.4
	有意性		NS	NS	††	NS	††	†
2021	散乱光フィルム	107	460	13.2	0.0	33.0	31.9	17.0
	酢酸ビニルフィルム	205	390	11.7	10.7	31.3	28.2	13.6
	有意性		††	††	††	††	††	††
2022	散乱光フィルム	274	442	13.7	0.0	35.0	39.7	14.4
	酢酸ビニルフィルム	202	455	13.7	18.2	31.1	23.5	11.1
	有意性		NS	NS	††	††	††	††

<sup>1)</sup>2020年、2021年、2022年6月に袋がけ(小林製袋産業㈱マンゴー用19号)を行い、収穫時に目視で1点以上日焼けが確認できた果実を日焼け果発生果実とした。

<sup>2)</sup>赤道面から果梗部まで色むらが無い赤色を呈した果実を選び、果梗部周辺4点を測定した平均値を用いた。

L\*は明度、a\*、b\*は色相と彩度を表す。a\*は赤方向、-a\*は緑方向、b\*は黄方向、-b\*は青方向を示す。数値が大きくなるに従って色鮮やかになる。

NS:有意差無、†:p<0.05、††:p<0.01(果実重、糖度、果皮色:マン・ホイットニーのU検定、日焼け果発生率:フィッシャーの正確検定)

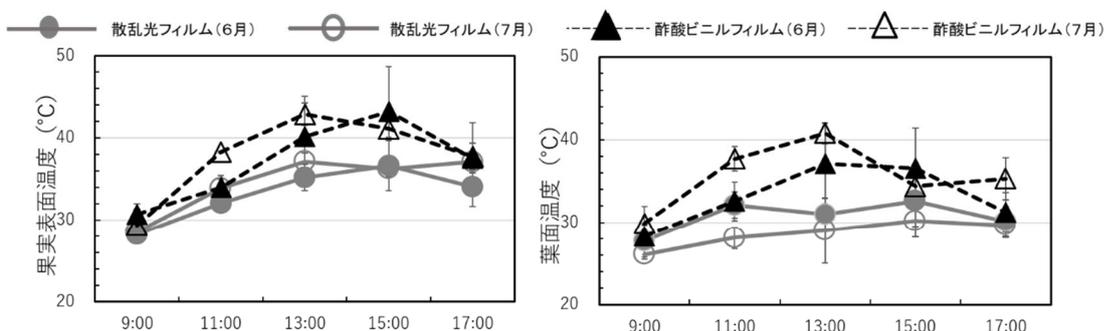


図1 マンゴー「アーウィン」におけるフィルム資材別の果実表面温度および葉面温度の推移

各試験区の1樹について、袋がけしていない果実(n=3)および葉面(n=3)を2021年6/16~6/18、7/13~7/15に測定し、3日間の平均値を示した。エラーバーは標準誤差を表す。

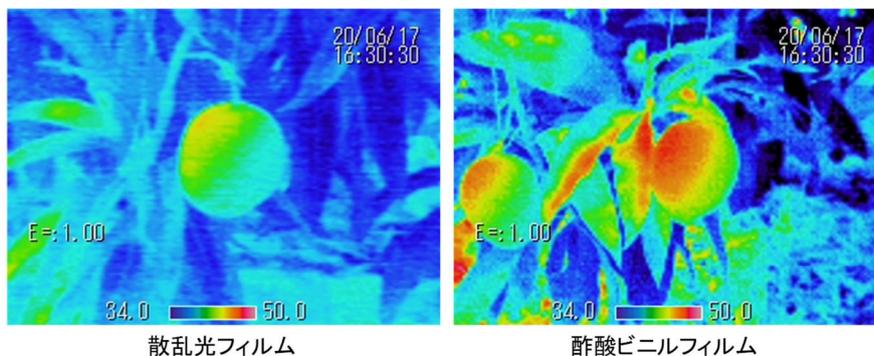


図2 サーモグラフィによるマンゴー「アーウィン」の果実表面および葉面の温度分布

測定日:2020年6月17日16時30分 外気温:31.5°C ハウス内気温:32.4°C 天気:晴  
概要:屋根面中央から散乱光フィルムと酢酸ビニルフィルムを半分ずつに張った南北48mのH鋼ハウス内で測定を行った。供試樹は7本2列植え。ハウス内西側の供試樹を選定後、通路南側で同様な位置にある果実を地上から1mの位置に配置し、サーモグラフィで測定。

## [研究情報]

課題ID:2019 農 001

研究課題名:マンゴー果皮障害軽減技術開発

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):2020~2021年度(2019~2021年度)

研究担当者:伊波聡、井上裕嗣、與那覇至、東嘉弥真勇人、宮里進

発表論文等:伊波聡ら(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) 水酸化第2銅水和剤(コサイド®3000)はパパイヤ黒腐病に対して防除効果を示す							
(要約) パパイヤ圃場における水酸化第2銅水和剤(コサイド®3000、1000倍)の3回散布は、葉や葉柄におけるパパイヤ黒腐病の発病に対し防除効果を示す。							
(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	作物病害	対象	パパイヤ	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

パパイヤ黒腐病は2002年石垣島で初確認されたが、その後2012年宮古島、2014年沖縄本島でも確認されている。本病は、葉では角斑状(図1)、幹、果実、葉柄部では水浸状病斑の病徴を示し、その後、葉が黒変して萎れ、葉柄が脱落し、被害が拡大すると枯死に至るケースもある。本病原菌は、*Erwinia* sp. と同定され、国外での類似病害の病原菌とは別種であることが示唆された(Hanagasaki *et al.* 2021年)。一旦罹病すると完治することは稀であり本島内でも急速な勢いで広がっているため、防除、蔓延防止には農薬散布が一つの有効な手段と考えられる。登録農薬はキャプタン水和剤(オーソサイド水和剤80)のみであり(Hanagasaki *et al.* 2022年)、散布回数に制限があることから他農薬の登録も喫緊の課題である。そこで、本研究では、培養条件下で効果が認められた水酸化第2銅水和剤(コサイド®3000)について、圃場におけるパパイヤ苗の発病前の予防散布による防除効果を検証する。

### [成果の内容・特徴]

1. 水酸化第2銅水和剤(コサイド®3000)1000倍希釈・3回散布は無処理区と比較して病勢の進展を抑える(図1)。
2. 試験地2カ所(糸満・宮古島)の圃場試験で、糸満では防除価56.4、宮古島では防除価50.6となり、防除効果が認められる(表1)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 水酸化第2銅水和剤(コサイド®3000)は、2023年12月6日にパパイヤ黒腐病への適用拡大が承認され、生産現場で使用できる。
2. 生産現場での本病の防除対策資料として、普及指導員や生産者が活用する。
3. 本病の被害拡散を防ぐため、定期的に散布する事が望ましい。特に被害が拡大する台風前(降雨1日前)には、キャプタン水和剤も併用して散布する。
4. パパイヤ黒腐病に対する水酸化第2銅水和剤(コサイド®3000)の使用回数、使用時期、銅を含む農薬総使用回数に制限は無い(メーカー適用表を参照すること)。
5. 本剤10aあたりの1回の散布薬にかかるコストは、約2,000円である。
6. 本病の発生生態の詳細は現時点で不明だが土壌伝染が疑われるため(Lynton 2011)、病害果や発病株などの残渣除去はもとより、連作や発生圃場での栽培を避けるなど耕種的防除を組み合わせる必要がある。
7. 本病害は細菌性の難防除病害であるため防除価が50以上で効果があるものと判断した。

### [残された問題点]

特になし。

## [具体的データ]



図1 黒腐病による葉の発病に対する水酸化第2銅水和剤（コサイド®3000）の防除効果（宮古島）  
写真：病原菌接種16日後のパパイア葉の発病の様子（左：水酸化第2銅水和剤処理、右：無処理）。

表1 パパイア苗の黒腐病に対する水酸化第2銅水和剤（コサイド®3000）の防除効果（糸満と宮古島）

試験地	処理区 <sup>1)</sup>	発病葉率 (%) <sup>2)</sup>	発病度 <sup>3)</sup>	防除価 <sup>4)</sup>	葉害の発生
糸満	水酸化第2銅水和剤（コサイド®3000）1000倍希釈・3回散布	27.0***	6.7	56.4	なし
	無処理	58.7	15.5	—	—
宮古島	水酸化第2銅水和剤（コサイド®3000）1000倍希釈・3回散布	55.6**	15.5	50.6	なし
	無処理	73.0	31.3	—	—

\*\*\*、\*\*：無処理区との比較によるWald検定での有意差（ $P < 0.001$ 、 $P < 0.01$ ）、発病度はそれぞれ無処理区との比較でWilcoxon順位検定による有意差無。

- 1) 農研センター糸満本所および宮古島支所のいずれもハウス内で、生育初期～中期（50～70cm）のパパイア苗（品種：「石垣珊瑚」、1/5000アールポット、市販培土）を1区3株の3連制で配置、糸満では2022年2月14日、宮古島では2022年5月4日を初回農薬散布として1週間ごと3回散布した。
- 2) NAプレート培地上で2日間培養したパパイア黒腐病菌（I-leaf：MAFF212441）を滅菌水に溶解し、約 $10^7$  cfu/mlに調製後、噴霧器を用いてパパイア苗へ農薬2回目散布の翌日に接種した（糸満2022年2月22日、宮古島2022年5月12日）。
- 3) 各区3株について、1株あたり上位から7葉、全21葉程度選び、発病葉率、発病度<sup>3)</sup>を調査した。
- 4) 発病度 =  $\{ \sum (\text{程度別発病葉数} \times \text{発病指数}) \times 100 / (\text{調査葉数} \times 4) \}$ 、発病指数0：発病なし、1：病斑が葉面積の5%未満、2：同5～25%未満、3：同25～50%未満、4：同50%以上。
- 5) 防除価 =  $100 - \text{発病度}(\text{散布区}) / \text{発病度}(\text{無処理区}) \times 100$ 。

## [成果情報]

課題ID：2020農010、2021農008

研究課題名：沖縄県の主要農作物に被害を及ぼす病害虫の防除体系構築のための基盤研究  
総合的病害虫管理（IPM）利用技術の開発

予算区分：県単（病害虫防除基盤研究推進事業）

国庫（総合的病害虫管理技術推進事業）

研究期間（事業全体の期間）：2021年度（2020～2022年度）

2021年度（2021～2023年度）

研究担当者：花ヶ崎敬資、澤岨哲也、安次富厚、河野伸二

発表論文等：1) 花ヶ崎敬資ら（2022）園芸学会令和4年度秋季大会発表

2) Hanagasaki T. *et al.* (2023) *Fruits* 78(1)

3) 花ヶ崎敬資（2023）植物防疫 77(1)：41-46.

## 果樹分野

(成果情報名) 「ソフトタッチ」の適正果実重を確保するための花芽誘導処理の条件							
(要約) 生食用パインアップル品種「ソフトタッチ」の促進夏実体系において、 <u>花芽誘導処理時の最大葉長</u> が長い株ほど、果実が重くなり、最大葉長 100cm 以上で最も重くなる。また、10月上旬に花芽誘導処理した果実は他の時期に花芽誘導処理した果実より重くなる。							
(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	パインアップル	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

八重山地域における生食用パインアップル品種「ソフトタッチ」は、主に10月から11月の花芽誘導処理により4月から5月に果実を出荷する促進夏実体系で栽培される他、一部は冬場の低温で自然出蕾する自然夏実体系で栽培される。促進夏実は自然夏実より軽くなりやすく、買取価格の低下や規格外果実の発生が問題となるが、花芽誘導処理時の草本特性や花芽誘導処理時期が果実重に与える影響は明らかでない。

そこで、本研究では、促進夏実において、自然夏実と同程度の果実重を確保するため、花芽誘導処理時の最大葉長や処理時期が果実重に与える影響を明らかにする。

### [成果の内容・特徴]

1. 花芽誘導処理時において最大葉長 100cm 未満の株では、最大葉長の長い株ほど果実が重くなる。一方、最大葉長 100cm 以上の株では、果実重に差がない(図1)。
2. 果実重は花芽誘導処理時期により異なる。10月上旬に花芽誘導処理した果実の重さは自然夏実と同程度で、10月中旬から11月中旬にかけて花芽誘導処理した果実より重い(図2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本技術は、普及指導員または営農指導員が花芽誘導処理を指導する際に活用できる。
2. 本技術は、農業研究センター石垣支所において、2014年から2023年に収穫した果実のデータ解析結果である。
3. 花芽誘導処理は、前年定植された夏植え株に対し、3%尿素液によるエテホン液剤の1000倍希釈液 30mLの葉芯灌注により行う。
4. 自然夏実については、収穫前々年8月に定植した夏植え株から収穫している。
5. 供試株の最も長い葉における葉の基部から先端までの長さを最大葉長とし、促進夏実では花芽誘導処理時、自然夏実では環境要因により花芽誘導される収穫前年12月に計測している。
6. 供試株は、畝間150cm、条間60cm、株間30cmの2条植えで定植した。より密植した栽培環境では、葉が徒長し、最大葉長に比べて果実が軽くなる可能性があるため注意する。

### [残された問題点]

特になし。

[具体的データ]

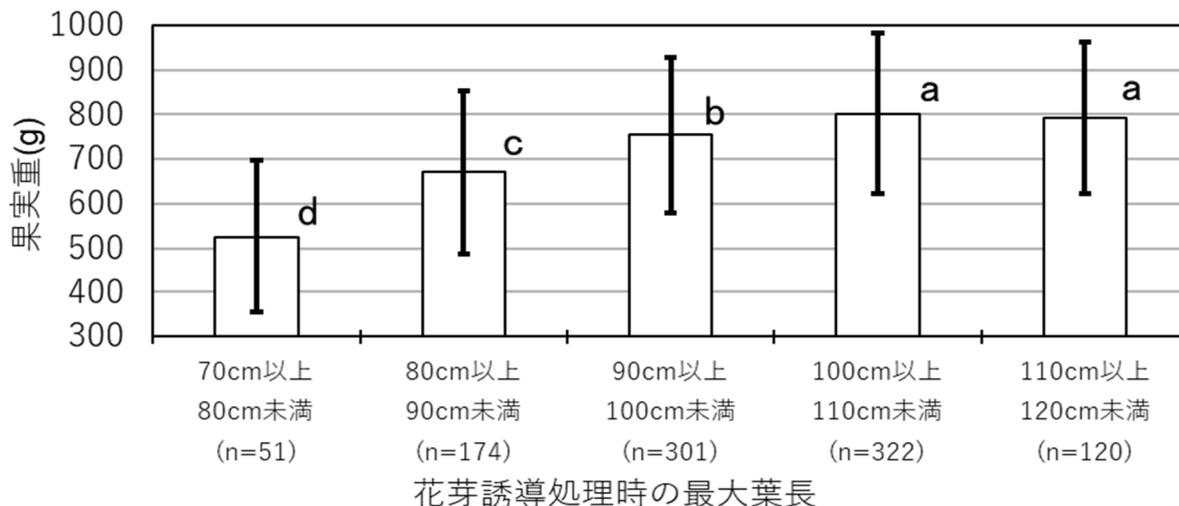


図1 花芽誘導処理時期における最大葉長ごとの果実重

注1) グラフの値は最大葉長ごとの果実の平均値を示し、エラーバーは標準偏差を示す。  
 注2) 同一符号を有さない処理間には有意差あり (果実重を目的変数、最大葉長および花芽誘導処理時期を説明変数、調査年をランダム効果とした線形混合モデルにあてはめ、各説明変数の効果を確認した後、同じ線形モデルに基づき最大葉長間での Tukey 多重比較を行った ( $P < 0.05$ 。))

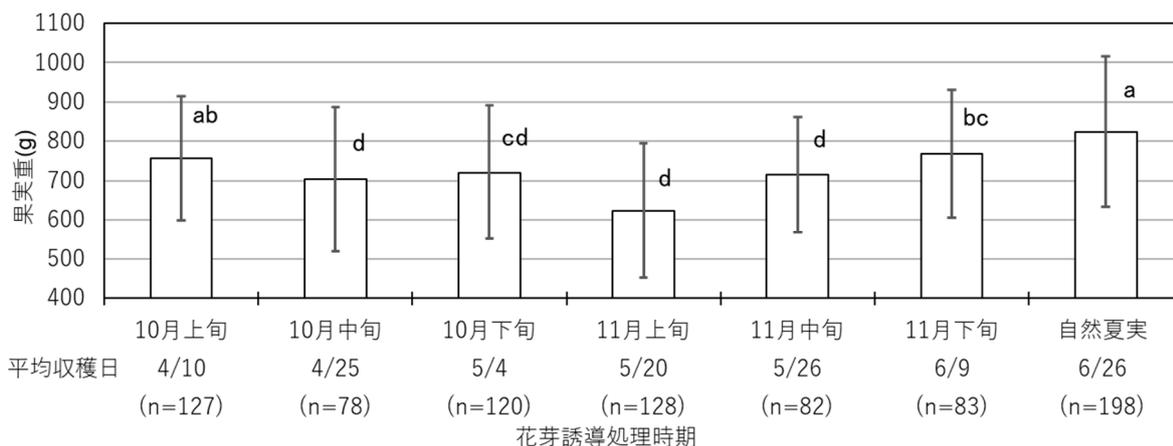


図2 花芽誘導処理時期ごとの果実重

注1) グラフの値は花芽誘導処理時期ごとの果実の平均値を示し、エラーバーは標準偏差を示す。  
 注2) 各処理時期における花芽誘導処理時の平均最大葉長は 100cm 前後となる  
 注3) 同一符号を有さない処理間には有意差あり (果実重を目的変数、最大葉長および花芽誘導処理時期を説明変数、調査年をランダム効果とした線形混合モデルにあてはめ、各説明変数の効果を確認した後、同じ線形モデルに基づき花芽誘導処理時期間での Tukey 多重比較を行った ( $P < 0.05$ 。))

[研究情報]

課題 ID : 2013 農 003、2019 農 001、2022 農 012

研究課題名 : 気候変動に対応した沖縄型果樹農業技術開発事業

気候変動対応型果樹農業技術開発事業

生食用パインアップル「沖農 P19」等における高品質安定生産技術の確立

予算区分 : 沖縄県特別推進交付金 (気候変動対応型果樹農業技術開発事業、気候変動に対応した沖縄型果樹農業技術開発事業)

県単 (生食用パインアップル普及促進事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2014~2023 年度 (2014~2024 年度)

研究担当者 : 與那覇至、武末翔馬、仲村昌剛、東嘉弥真勇人、宮里進

発表論文等 : なし

## 果樹分野

(成果情報名) ヒートポンプを活用したマンゴーの出蕾期前進化と着果率および果皮着色向上							
(要約) 本島北部地域におけるマンゴー「アーウィン」のヒートポンプを活用した冷房・加温処理では、慣行栽培と比べて出蕾期は3週間、開花盛期および収穫盛期は4週間前進化し、着果率および収穫果の着色歩合が向上する。							
(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	実用化研究

### [背景・ねらい]

マンゴー「アーウィン」栽培において、秋冬期の高温は晩秋芽の発生により花芽の出蕾不良や遅延につながり、開花期の極端な寒暖差や4月以降の高温は着果不良の発生につながる。ヒートポンプは冷房および加温処理が可能であり、温暖化が進行する中でも秋冬期の低温を確保し、果実肥大初期まで適温で管理することにより果実の安定生産に寄与すると期待される。そこで、ヒートポンプを活用した冷房および加温処理を組み合わせた環境制御が果実生産に及ぼす影響について調査する。

### [成果の内容・特徴]

1. 冷房・加温処理区の出蕾日は連年処理により早まる傾向があり、4年間平均で慣行区よりも3週間程度早くなり、開花盛期および収穫盛期も4週間程度早くなる(表1、図1)。
2. 冷房・加温処理区は慣行区よりも着果率が高く、摘果時に着位置のよい果実を選果することで収穫果の果皮着色歩合も高まり、A品率が高くC品率は減少する(表1、図2)。
3. 冷房・加温処理区の果実重および糖度は慣行区と同等である(表1)。
4. 処理にかかる経費は203万円/10a、経費を差し引いた所得は185万円/10aであり、慣行区を上回る(表2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本島北部地域においてマンゴーの経営実績がある農家を対象とし、冷房・加温処理による出蕾～収穫期の前進化を目指す場合の指標として活用する。
2. 13～16年生樹が3樹定植されたパイプハウス(間口6m×奥行19m×高さ3m)で試験を行い、冷房・加温処理区にはヒートポンプ(4馬力相当、能力冷房定格10.0kw、能力暖房定格11.2kw)1台、循環扇(45w)2台、内張ビニルをハウス内上部および妻面に設置して処理を行った。内張は処理時間に合わせて開閉し、また各試験区は1棟3樹供試しており反復はない。
3. 10aあたりに必要なヒートポンプは同規格の機種で5台、循環扇10台程度であり、内張はハウス容積等に応じて設置するか検討する。11月上旬から冷房処理を開始し、設定温度は前日の最低気温から1℃/日ずつ降温して15℃に達した後は固定とする。結果枝のうち8割程度で出蕾を確認した後に加温処理に切り替え、1℃/日ずつ升温して23℃で固定する。最低気温が23℃を超える日が連続した時に処理を終了する(処理時間は図1参照)。
4. 本件における内張開閉労賃については試験実施年度の単価を参照し、減価償却費および内張資材費は機材導入時(2019年度)の価格で算出したものである。また、販売単価は試験実施年度のJAおきなわ買取価格(旬別等階級実績)に基づく。

### [残された問題点]

1. 収穫期の前進化にともない新梢の発生時期も早まるため、結果枝が充実する一方で節数が多く枝長が長くなる場合がある。

[具体的データ]

表1 当年結果枝の出蕾、開花、着果特性および果実特性<sup>1)</sup>

年度	処理区	出蕾日	開花盛期	収穫盛期	着花枝率 <sup>2)</sup> (%)	着果率 <sup>2)</sup> (%)	収穫果数 <sup>2)</sup> (個/樹)	果実重 <sup>3)</sup> (g)	収量 <sup>5)</sup> (kg/10a)	糖度 <sup>3)</sup> (° Brix)	着色歩合 <sup>3)6)</sup>
2020	冷房・加温	2/24 a	3/18 a	7/12 a	82 a	85 a	83 a	519 a	1,719	16.4 a	7.3 a
	慣行	2/29 a	3/30 b	7/21 b	65 a	70 b	77 a	511 a	1,564	15.1 a	3.9 b
2021	冷房・加温	2/8 a	2/25 a	6/20 a	80 a	79 a	84 a	542 a	1,839	14.7 a	6.8 a
	慣行	2/28 b	3/28 b	7/22 b	55 a	65 b	71 a	511 a	1,437	14.6 a	5.0 b
2022	冷房・加温	2/8 a	3/1 a	7/3 a	73 a	62 a	82 a	552 b	1,805	15.0 a	6.0 a
	慣行	2/21 b	3/26 b	7/26 b	75 a	40 b	84 a	577 a	1,936	14.3 a	4.2 b
2023	冷房・加温	1/27 a	2/17 a	6/20 a	93 a	90 a	87 a	565 a	1,956	16.3 a	8.6 a
	慣行	3/11 b	4/7 b	8/4 b	91 a	69 b	68 b	496 b	1,362	14.5 b	6.3 b

- 各試験区3樹を供試し、冷房・加温処理は4年間連続で同ハウスで行い、慣行区は無処理とし2020～21年度と2022～23年度は別ハウスで実施した
- 着花枝率は50枝/樹、着果率は各樹の全着花枝に対する割合で算出し、着果数は1,500kg/10aを目安として樹幹面積により調整した
- 果実重および着色歩合は全収穫果を調査し、糖度は25果/樹を分解調査とした
- 各年度において、表中の異なるアルファベット間は5%水準で有意差があることを示す。統計解析は一般化線形混合モデル(GLMM)を用い、応答変数を各調査項目、説明変数を処理区、ランダム効果を試験樹(反復)とした
- 10aあたり40樹として換算
- 果面の着色歩合を10段階(0分:全面緑～10分:全面着色)で評価

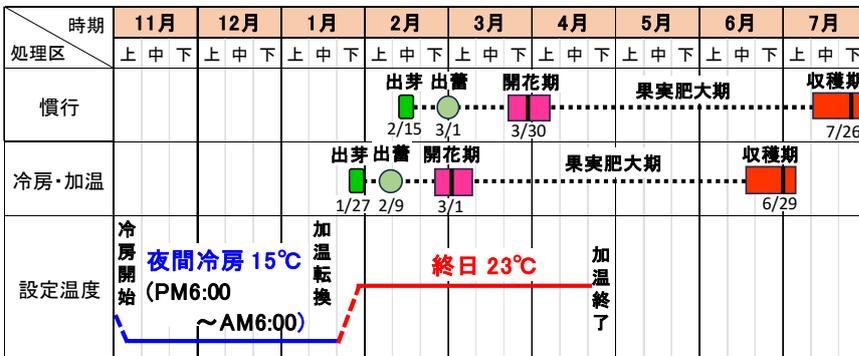


図1 出蕾日および開花期、収穫期と冷房・加温処理区における設定温度(4年間平均) 開花期および収穫期のボックスは始期～終期、太線は収穫盛期の4年間平均

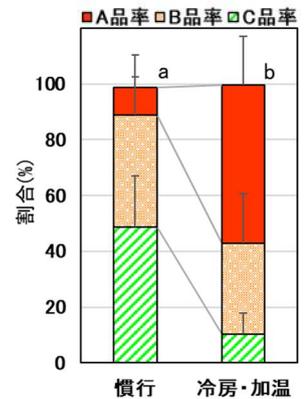


図2 収穫果の等級割合(4年間平均) 等級はJA おきなわ共選基準(A品:着色割合10<sup>7</sup>, B品:6~3, C品:2以下、キズ果およびヤニ果を参照し、A品率はGLMMにより5%水準で有意差あり

表2 冷房・加温栽培および慣行栽培の所得

処理区	販売単価 <sup>1)</sup> (円/kg)	収量 <sup>2)</sup> (kg/10a)	生産額(円)	経営費(円)					計	所得(生産額-経営費)(円)
				電気料金 <sup>3)</sup>		償却費 <sup>4)</sup>	内張資材費等 <sup>5)</sup>	その他 <sup>6)</sup>		
				冷房	加温					
冷房・加温	2,917	1,830	5,337,983	468,130	570,652	829,563	162,145	1,460,802	3,491,292	1,846,691
慣行	1,824	1,575	2,872,150	-	-	-	-	1,460,802	1,460,802	1,411,348

- JA買取価格(旬別等級実績:北部地域)を参照
- 収量は4年間の平均値とした
- 2024年4月1日時点における沖縄電力・低圧電気料金を参照に算出、未使用期間の基本料金含む
- 10aあたりヒートポンプ(4馬力相当、能力冷房定格10.0kw、能力暖房定格11.2kw)5台、循環扇(45w)10台とし、耐用年数7年、国庫補助率50%を想定して算出
- 内張資材費および開閉労賃を含む
- 平成30年度農業経営技術指標の経営費を参照

[研究情報]

課題 ID : 1) 2019 農 001、2) 2022 農 004

研究課題名 : 1) マンゴー「アーウィン」におけるヒートポンプを活用した安定生産技術開発  
2) マンゴーにおけるヒートポンプの効率的な活用方法の開発

予算区分 : 1) 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)  
2) 沖縄振興特別推進交付金(持続可能な沖縄型果樹生産技術開発事業)

研究期間(事業全体の期間) : 1) 2020～2021年度(2019～2021年度)  
2) 2022～2023年度(2022～2026年度)

研究担当者 : 謝花治、宮丸直子、大嶺悠太、竹内誠人、松村まさと

発表論文等 : なし

## 果樹分野

(成果情報名) <i>Dickeya oryzae</i> によるパインアップル心腐細菌病(新称)の発生							
(要約) 八重山地域におけるパインアップルに発生する葉基部腐敗症状を呈する病害の病原菌は、細菌学的性状および分子系統解析の結果、 <i>Dickeya oryzae</i> と同定される。本細菌によるパインアップル病害は国内初報告のため、病名を心腐細菌病(新称)と提案する。							
(担当機関) 農業研究センター・病虫管理技術開発班					連絡先	098-840-8504	
部会	果樹	専門	作物病害	対象	パインアップル	分類	指導

### [背景・ねらい]

2020年頃から八重山地域のパインアップルの栽培ほ場において、植付け2年目の時期に葉の基部が腐敗し、容易に引き抜くことができる症状が確認されている(図1 a, b)。本病の症状は、*Phytophthora* 属菌によるパインアップル心腐病(島袋・田盛 1965)や国外における *Dickeya* 属菌による Soft rot disease (Aeny et al., 2020) と類似している。本病は、罹病組織から *Phytophthora* 属菌が検出されず、細菌泥の漏出および軟腐病様の腐敗臭を放つ特徴があることから、細菌性病害が疑われている。そこで、本研究では八重山地域における本症状の原因究明を目的に、本病を引き起こす病原菌の同定を行う。

### [成果の内容・特徴]

1. 八重山地域で発生する葉基部の腐敗症状を呈するパインアップル(品種「ソフトタッチ」、「沖農 P19」、「ジュリオスター」)の罹病部位から白色、扁平のコロニーが高率に分離される(図1 c)。
2. 分離菌株の細菌懸濁液を用いたパインアップル「ソフトタッチ」への有傷接種により、冠芽および吸芽において、原病徴が再現され、接種菌が再分離される(図1 d)。
3. *Dickeya* 属菌の特異的プライマーを用いた PCR 解析により、分離菌株の DNA から特異的な増幅反応が認められる(データ省略)。
4. Samson (2005) が提唱する *Dickeya* 属菌の細菌学的性状調査により、分離菌株の性状が Phenon 1 と一致し、国外で報告のある Aeny et al. (2020) のパインアップルから分離される *D. zea* complex の性状と完全に一致する(表1)。
5. 分離菌株は、16SrRNA およびハウスキーピング遺伝子の塩基配列を連結し作成した分子系統解析により、*D. zea* complex (*D. parazeae*, *D. zea*, *D. oryzae*) の中の *D. oryzae* と同一のクレードに含まれる(図2)。
6. 以上より、分離菌株を *D. oryzae* と同定する。本菌によるパインアップル病害は国内未報告であることから、新病害として心腐細菌病(新称)と提案する。

### [成果の活用面・留意点]

1. 普及指導員による病徴観察でのほ場診断および病害虫防除技術センター等における分離・培養による病原菌の同定に活用する。
2. 本病の罹病組織片はジャガイモを腐敗させる性状を示す。このため、本性状を活用することで、本病とパインアップル心腐病との識別は可能である(図1 e)。
3. 分離菌(DZS, DZJ, DZ19)は、今後の薬剤選抜試験や薬剤散布試験に活用する。
4. 分離3菌株は2022年10月に石垣島(DZS、品種「ソフトタッチ」; DZJ、品種「ジュリオスター」)、西表島(DZ19、品種「沖農 P19」)のパインアップルから分離されたものである。
5. 罹病したパインアップルは伝染源となり得るため早期に除去する事が望ましい。
6. 日本植物病名データベース(NARO: 農業生物資源ジェンバンク)に本病を登録する。

### [残された問題点]

特になし

[具体的データ]

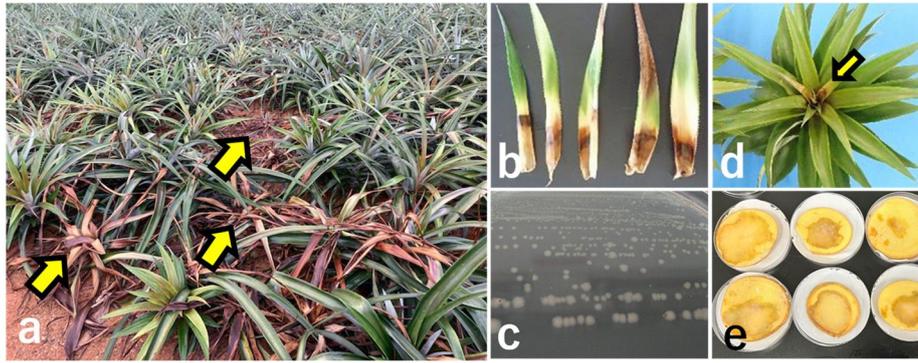


図1 パインアップルに発生した葉基部腐敗症状と接種試験による病徴再現

a 発生ほ場の様子、b 吸芽の症状、c NA 培地上のコロニー、d 接種試験による冠芽の病徴再現、  
e ジャガイモの腐敗性を利用した簡易診断

表1 *Dickeya* 属菌の細菌学的性状に基づく分類

	分離菌			Aeny et al. 2020	Phenon1 <sup>1)</sup>	Phenon2	Phenon3	Phenon4	Phenon5	Phenon6
	DZS	DZ19	DZ1							
D-アラビノース	+	+	+	+	-	+	-	-	-	+
D-酒石酸	-	-	-	-	d (25) <sup>3)</sup>	-	-	-	-	+
イヌリン	-	-	-	-	-	-	-	+	d (88)	-
ラクトース	+	+	+	+	d (75)	-	-	d (20)	-	d (17)
39°C条件下での生育	+	+	+	+	+	+	+	+	-	d (83)
cis-アコニット酸	+	+	+	+	+	-	d (80)	d (20)	-	-
D-メリビオース	+	+	+	+	+	+	+	+	d (44)	d (83)
D-ラフィノース	+	+	+	+	+	+	+	+	d (44)	d (83)
5-ケト-グルコン酸	-	-	-	-	-	-	d (20)	-	-	+
マンニトール	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
レシチナーゼ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
L-アルギニン	-	-	-	-	d (15)	-	-	+	d (69)	-
meso-酒石酸	+	+	+	+	+	d (75)	+	+	+	+
myo-イノシトール	+	+	+	+	+	+	+	d (80)	+	+
カゼイン	+	+	+	+	n <sup>4)</sup>	d (75)	d (80)	+	d (75)	-

Phenon1により分類される種 *D. dadantii*, *D. zeae* complex<sup>5)</sup>, *D. zeae* complex, *D. chrysanthemi* pv. *carthensis*, *D. chrysanthemi*, *D. dieffenbachiae* pv. *chrysanthicola*, *D. dianthicola*, *D. paradisiaca*

1) Phenonは各個体の属性あるいは形質データに基づき類別した分類群を示す。表中のPhenon1~6はSamson et al (2005) による*Dickeya* 属菌の細菌学的性状調査の結果を示す。2) +: 陽性、-: 陰性、表中の網掛け部分は分離菌株と同一の反応を示す。3) d (n): 陽性率を示す。4) n: 試験未実施を示す。5) 表中の*D. zeae* complexは*D. parvaezeae*, *D. zeae*, *D. oryzae*の3種を示す。

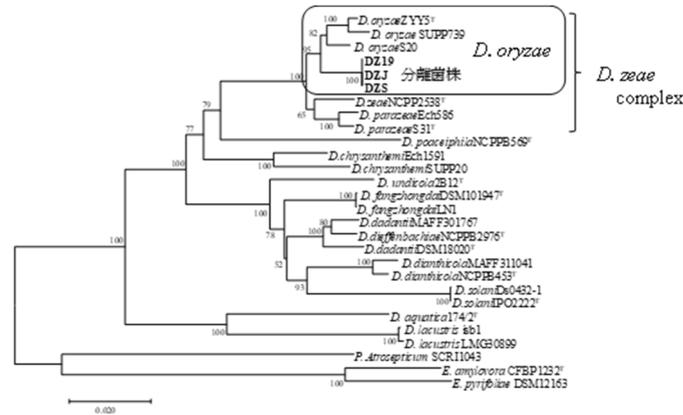


図2 分離菌株の16SrRNAおよびハウスキーピング遺伝子 (*dnaX*, *gryB*, *recA*, *rpoD*) の塩基配列を連結し作成した分子系統樹

[研究情報]

課題 ID : 2020 農 010

研究課題名 : 沖縄県の主要農作物に被害を及ぼす病害虫の防除体系構築のための基盤研究、八重山地域で発生するパインアップル心腐症状を引き起こす病原細菌の同定と薬剤感受性  
 予算区分 : 県単 (病害虫防除基盤技術推進事業)、受託 (沖縄県植物防疫協会単独試験)  
 研究期間 (事業全体の期間) : 2022~2023 年度 (2020~2022 年度、2023 年度)  
 研究担当者 : 安次富厚、澤岨哲也、秋田愛子  
 発表論文等 : 安次富厚ら (2024) 令和6年度日本植物病理学会大会発表

## 果樹分野

(成果情報名) <b>パインアップル「沖農 P17」(サンドルチェ®)の高品質果実基準</b>							
(要約) <b>食味官能評価と果実品質の関係性を解析した結果、「沖農 P17」における高品質果実の基準値を、糖度 17.1°以上、酸度 0.90%以下、糖酸比 19.3 以上とすると、食味点 3 以上の果実の 75%以上が含まれ、食味点 1 の果実の 50%以上が除かれる。</b>							
(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	パインアップル	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

沖縄県は 2017 年に生食用パインアップル「沖農 P17」を品種登録、サンドルチェ®を商標登録し、極高糖で良食味な特性を活かしたブランド化を図っている。現在「沖農 P17」の高品質安定生産技術の開発が進められているが、既存品種と比べて高糖な「沖農 P17」における高品質果実の基準は定められていない。そこで本試験では、「沖農 P17」の高品質果実基準の作成を目的に、「沖農 P17」の官能評価と果実品質との関連性を解析する。

### [成果の内容・特徴]

1. 「沖農 P17」において糖度 17.1°以上、酸度 0.90%以下および糖酸比 19.3 以上を高品質果実基準 1 とすると、食味点 3 以上の果実の 75%以上が含まれる。糖度 17.1°以上の基準により食味点 1 の果実の 50%以上が除かれる (図 1、表 1)。
2. 「沖農 P17」において糖度 18.5°以上、酸度 0.82%以下および糖酸比 23.5 以上を高品質果実基準 2 とすると、食味点 4 以上の果実の 75%以上が含まれる。酸度 0.82%以下の基準により食味点 2 の果実の 50%以上が除かれる (図 1、表 1)。
3. 本島北部地域における「沖農 P17」の収穫月別果実品質より、各月の平均値が高品質果実基準 1 を上回るのは、露地栽培の 6～11 月およびハウス栽培の 4～8 月である (表 1、図 2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. 「沖農 P17」を供試する試験における高品質果実の基準値として活用する。
2. 2008 年～2023 年に名護支所にて露地栽培およびビニールハウス栽培において、3 月～12 月の間に収穫した「沖農 P17」2,018 個の食味官能評価と果実品質を解析した結果である。
3. 食味点は食不可 (1 点)～食可 (3 点)～良好 (5 点) の 5 段階での官能評価の値を示しており、「沖農 P17」の平均的な食味を示す果実は食可 (3 点) の評価となる。
4. ハウス栽培の果実など、より高品質であることを示したい場合には、酸度の計測を行える非破壊センサーを活用することが望ましい。
5. サンドルチェ®出荷ガイドライン (令和 6 年 6 月時点) における、沖縄本島及び周辺離島地域の収穫時期は、6～10 月 (ハウス 5～7 月) となっている。

### [残された問題点]

「沖農 P17」において高品質果実の安定生産が可能となる栽培体系の確立

# 果樹分野

## [具体的データ]

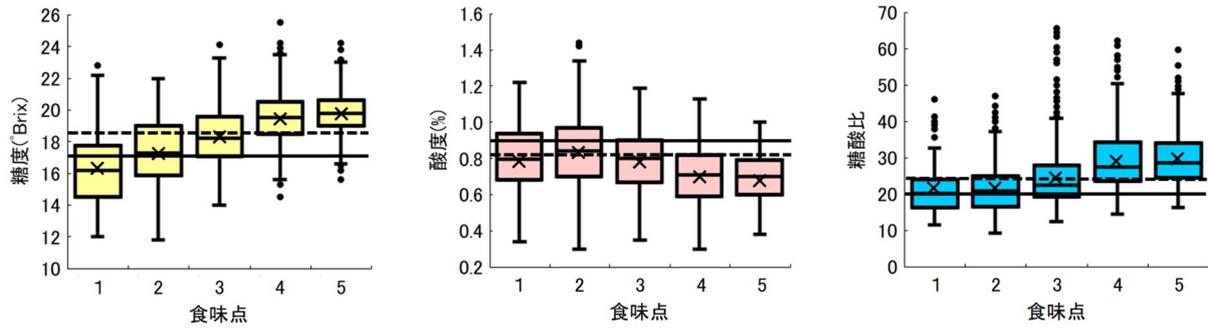


図1 「沖農 P17」における食味評価の違いによる各果実品質の分布  
(左:糖度、中:酸度、右:糖酸比)

※図中の実線は高品質果実基準1を、破線は高品質果実基準2を、×は平均値を示す。

表1 各果実品質関連形質における食味値別基本統計量(基準点)<sup>1)</sup>

	糖度(Brix)					酸度(%)					糖酸比				
	食味点1	食味点2	食味点3	食味点4	食味点5	食味点1	食味点2	食味点3	食味点4	食味点5	食味点1	食味点2	食味点3	食味点4	食味点5
個体数	80	268	717	735	208	80	274	723	736	205	78	267	709	715	197
平均	16.4	17.3	18.4	19.6	19.9	0.80	0.84	0.79	0.70	0.69	22.0	22.0	24.8	29.5	30.1
標準偏差	2.7	2.2	1.8	1.6	1.5	0.19	0.20	0.17	0.15	0.14	8.2	7.5	8.4	8.3	8.2
第1四分位数	14.5	15.9	17.1	18.5	19.0	0.68	0.70	0.67	0.59	0.60	16.3	16.6	19.3	23.5	24.4
中央値	16.2	17.3	18.2	19.5	19.8	0.80	0.84	0.80	0.71	0.70	20.1	20.9	22.5	27.4	28.5
第3四分位数	17.8	19.0	19.6	20.5	20.6	0.94	0.97	0.90	0.82	0.79	23.9	24.9	28.0	34.3	34.0

<sup>1)</sup>表中の太字+下線表記は高品質果実基準1を、太字表記は高品質果実基準2を示す。

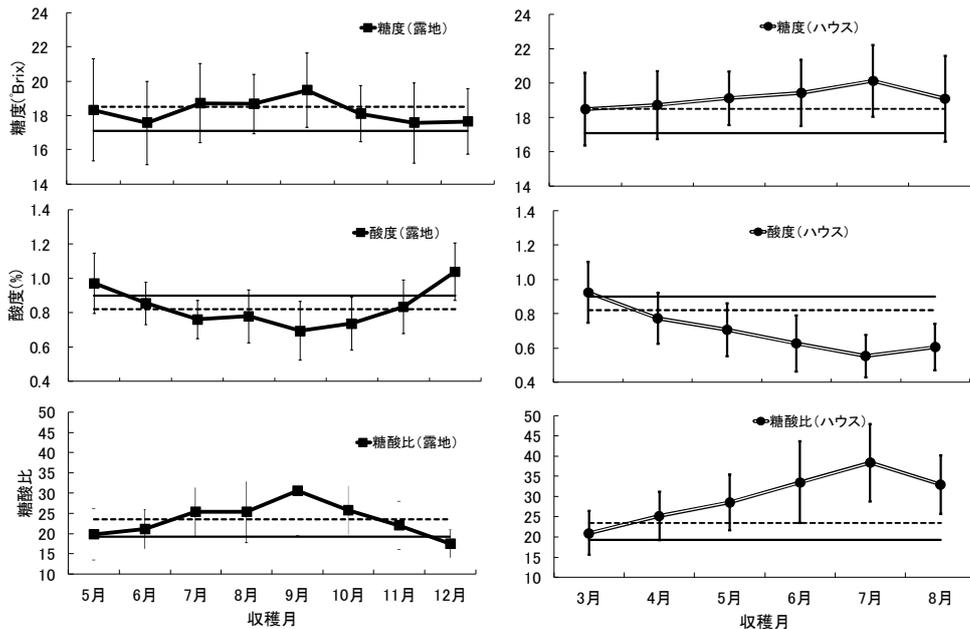


図2 本島北部地域における「沖農 P17」の収穫月別果実品質の推移  
(左列:露地栽培、右列:ハウス栽培、上段:糖度、中段:酸度、下段:糖酸比)

※図中の実線は高品質果実基準1を、破線は高品質果実基準2を示す。

## [その他]

課題 ID : 2022 農 012

研究課題名 : 生食用パイナップル「沖農 P19」等における高品質安定生産技術の確立

予算区分 : 県単 (生食用パイナップル普及促進事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2008~2023 年度 (2022~2024 年度)

研究担当者 : 小林拓也、竹内誠人、前川龍太

発表論文等 : 小林拓也ら (2024) 園芸学会令和 6 年度秋季大会発表

## 果樹分野

(成果情報名) <b>パインアップル「沖農 P19」(ホワイトココ®)の高品質果実基準</b>							
(要約) <b>食味官能評価と果実品質の関係性を解析した結果、「沖農 P19」における高品質果実の基準値を、糖度 15.3°以上、酸度 0.85%以下、糖酸比 19.5 以上とすると、食味点 3 以上の果実の 75%以上が含まれ、食味点 1 および食味点 2 の果実の 50%以上が除かれる。</b>							
(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	パインアップル	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

沖縄県は 2021 年に生食用パインアップル「沖農 P19」を品種登録、ホワイトココ®を商標登録し、甘いココナッツ様の特色のある芳香と良食味な特性を活かしたブランド化を図っている。現在「沖農 P19」の高品質安定生産技術の開発が進められているが、既存品種と比べ芳香や果肉の柔らかさに特色がある「沖農 P19」における高品質果実の基準は定められていない。そこで本試験では、「沖農 P19」の高品質果実基準の作成を目的に、「沖農 P19」の官能評価と果実品質との関連性を解析する。

### [成果の内容・特徴]

1. 「沖農 P19」において糖度 15.3°以上、酸度 0.85%以下および糖酸比 19.5 以上を高品質果実基準 1 とすると、食味点 3 以上の果実の 75%以上が含まれる。糖度 15.3°以上の基準により食味点 1 の果実の 50%以上が、酸度 0.85%以下の基準により食味点 1 および 2 の果実の 50%以上が除かれる（図 1、表 1）。
2. 「沖農 P19」において糖度 15.7°以上、酸度 0.74%以下および糖酸比 23.8 以上を高品質果実基準 2 とすると、食味点 4 以上の果実の 75%以上が含まれる。糖酸比 23.8 以上の基準により食味点 1 および 2 の果実の 75%以上が除かれる（図 1、表 1）。
3. 本島北部地域における「沖農 P19」の収穫月別果実品質より、各月の平均値が高品質果実基準 1 を上回るのは、露地栽培の 6～9 月およびハウス栽培の 5～8 月である（表 1、図 2）。

### [成果の活用面・留意点]

1. 「沖農 P19」を供試する試験における高品質果実の基準値として活用する。
2. 2012 年～2023 年に名護支所にて露地栽培およびビニールハウス栽培において、3 月～12 月の間に収穫した「沖農 P19」1,633 個の食味官能評価と果実品質を解析した結果である。
3. 食味点は食不可（1 点）～食可（3 点）～良好（5 点）の 5 段階での官能評価の値を示す。
4. ハウス栽培の果実など、より高品質であることを示したい場合には、酸度の計測を行える非破壊センサーを活用することが望ましい。
5. ホワイトココ®出荷ガイドライン（令和 6 年 6 月時点）における、沖縄本島及び周辺離島地域の収穫時期は、6～9 月（ハウス 5～7 月）となっている。

### [残された問題点]

「沖農 P19」において高品質果実の安定生産が可能となる栽培体系の確立

果樹分野

[具体的データ]

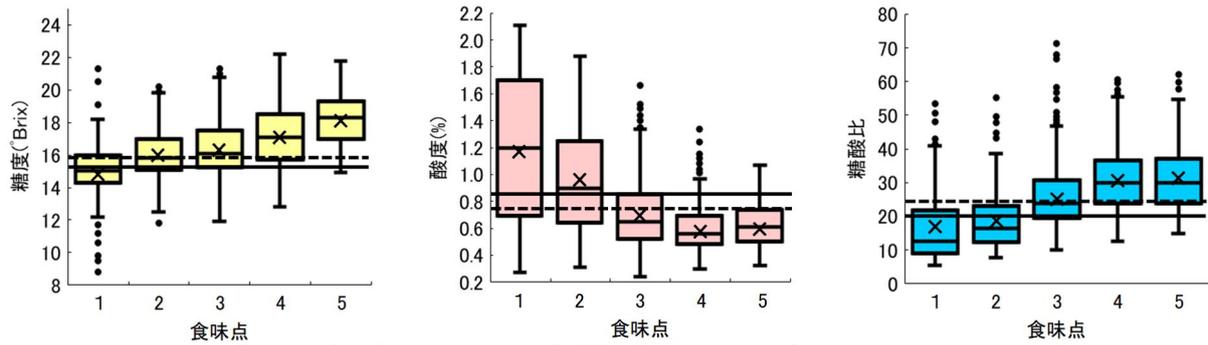


図1 「沖農 P19」における食味評価の違いによる各果実品質の分布  
(左:糖度、中:酸度、右:糖酸比)

※図中の実線は高品質果実基準1を、破線は高品質果実基準2を、×は平均値を示す。

表1 各果実品質関連形質における食味値別基本統計量(基準点)<sup>1)</sup>

	糖度(Brix)					酸度(%)					糖酸比				
	食味点1	食味点2	食味点3	食味点4	食味点5	食味点1	食味点2	食味点3	食味点4	食味点5	食味点1	食味点2	食味点3	食味点4	食味点5
個体数	130	316	532	545	110	130	316	533	545	109	113	271	485	516	104
平均	14.9	16.0	16.4	17.2	18.2	1.19	0.98	0.72	0.60	0.62	17.6	18.9	25.8	31.1	31.9
標準偏差	2.2	1.5	1.7	1.9	1.6	0.53	0.39	0.26	0.17	0.17	11.7	8.8	9.7	9.3	10.6
第1四分位数	14.3	15.1	<b>15.3</b>	<b>15.7</b>	17.0	0.70	0.64	0.52	0.48	0.50	9.1	12.4	<b>19.5</b>	23.9	<b>23.8</b>
中央値	15.1	15.8	16.1	17.1	18.3	1.20	0.90	0.65	0.56	0.61	12.5	16.4	23.7	29.8	29.8
第3四分位数	16.0	17.0	17.5	18.5	19.3	1.70	1.25	<b>0.85</b>	0.69	<b>0.74</b>	21.9	23.0	30.7	36.5	37.0

<sup>1)</sup>表中の太字表記は高品質果実基準1を、太字+下線表記は高品質果実基準2を示す。

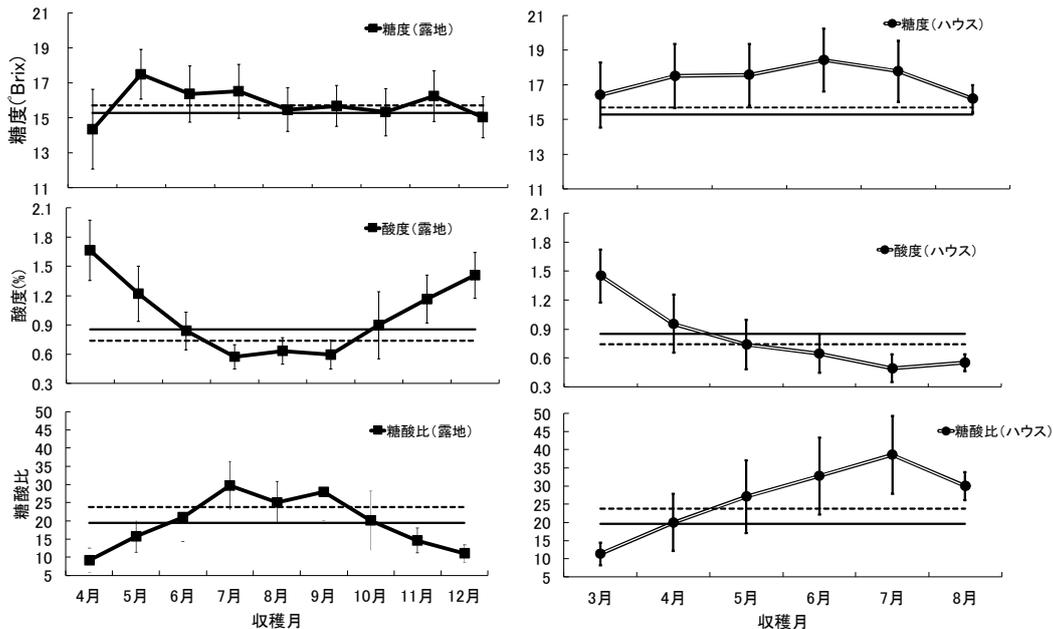


図2 本島北部地域における「沖農 P19」の収穫月別果実品質の推移  
(左列:露地栽培、右列:ハウス栽培、上段:糖度、中段:酸度、下段:糖酸比)

※図中の実線は高品質果実基準1を、破線は高品質果実基準2を示す。

[その他]

課題 ID : 2022 農 012

研究課題名 : 生食用パインアップル「沖農 P19」等における高品質安定生産技術の確立

予算区分 : 県単 (生食用パインアップル普及促進事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2012~2023 年度 (2022~2024 年度)

研究担当者 : 小林拓也、竹内誠人、前川龍太

発表論文等 : 小林拓也ら (2024) 園芸学会令和 6 年度秋季大会発表

## 果樹分野

(成果情報名) 遮光ネットを屋根の外側に設置できる自動開閉制御装置							
(要約) 開発した自動開閉制御装置の遮光ネットは屋根の外側に設置でき、ネットには常に張力が作用するので強風下でも破損しにくく、開閉状況はスマートフォンやパソコン等で確認できる。							
(担当機関) 農業研究センター・農業システム開発班					連絡先	098-840-8502	
部会	果樹	専門	農業施設	対象	園芸作全般	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

沖縄県の施設園芸では遮光を必要とする場合がある。例えば、マンゴー果実では、強光と品温上昇の複合的な影響と考えられる不良果（果皮の変色等）が営農現場で確認されている。このような被害を抑制する手法の一つに遮光があるが、一般的な遮光方法は施設内に遮光ネットを展張するため、換気量の低下やそれに伴う施設内気温の上昇が課題となる。一方、遮光ネットを施設の屋根の外側に設置した場合は、遮光ネットが風によって剥がれる場合があるため、多くの農家は遮光ネットを固定している。光合成の観点からは遮光ネットを開閉できた方が良いが、一度固定した遮光ネットの開閉は手間がかかるため、多くの場合、曇天時においても遮光ネットは被覆したままである。本研究では、遮光ネットを屋根の形状を問わず、屋根の外側に設置でき、風対策を備え、かつ自動開閉可能な遮光装置を開発する。

### [成果の内容・特徴]

1. 開発した「自動遮光装置」は、園芸施設の屋根の外側に被覆した遮光ネットを自動的に巻き上げおよび巻き下げできる。遮光ネットは日射量を閾値として自動的に作動する（図1）。
2. 遮光ネットを巻き上げるために設置されたネット巻パイプ（Φ31.8mm×1.2mm）は、遮光ネットが強風で剥がれないようにするため、固定ベルトを介してベルト巻パイプと連結する（図2）。ネット巻パイプを固定ベルトが常に引張り、遮光ネットが一定状態を保つように制御できる。
3. 遮光ネット開閉時の日射量の閾値は作業員自身で制御システムを操作することにより設定する。閾値はボタンを複数回押すことで設定できる（図3）。
4. ベルト巻き上げドラムは、遮光ネットを巻き上げ、または、巻き下げ時の固定ベルトの振れを回避できる（図4）。
5. 遮光ネットの開閉状況、施設内の照度はスマートフォンやパソコンで確認できる（図5）。遮光ネットが開けるとグラフ内は灰色で表示、開くと黄色で表示される。

### [成果の活用面・留意点]

1. 普及のためには低コスト化に向けた改良が必要なため、現状は基礎研究とする。
2. 遮光ネットの巻き上げおよび巻き下げには直流モーターを用いた。直流モーターは園芸施設で一般的に利用されているものである。
3. 自動遮光装置は下記サイトで確認できる。<https://www.hayato.info/syakou/>

### [残された問題点]

特になし。

[具体的データ]

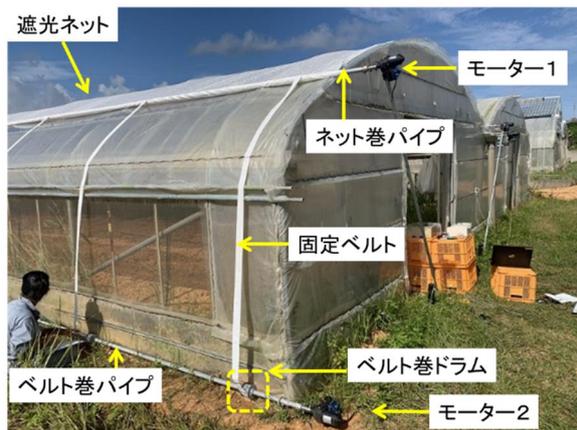


図1 自動遮光装置の概要

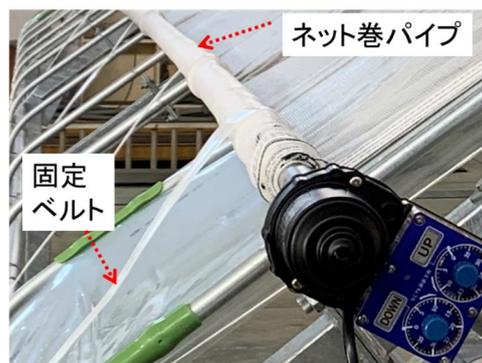


図2 ネット巻パイプが固定ベルトと遮光ネットを巻いている状況



図3 制御システム（上）と操作画面

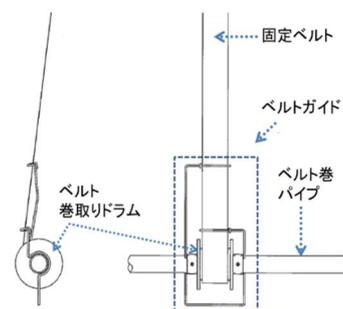


図4 ベルト巻きドラムの形状

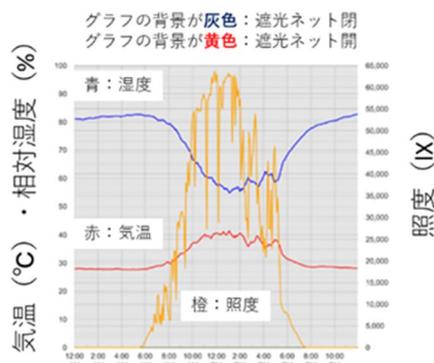


図5 施設内気温等を出力したスマートフォン画面

[成果情報]

課題 ID : 2019 農 008、2022 農 004

研究課題名 : 高機能型栽培施設に用いる環境制御機器の適正な利用方法の検討

果樹栽培施設内環境の特性評価と計測および制御機器の開発

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金 (災害に強い高機能型栽培施設の導入推進事業)

沖縄振興特別推進交付金 (持続可能な沖縄型果樹生産技術開発事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 2019-2021 年 2022-2023 年 (2022-2026 年)

研究担当者 : 玉城 磨、國吉 真悟、宮城 健次 (沖阪産業 (株))、佐野 誠一 (株) ハヤトインフォメーション)、伊藤 史紘 (株) ファイトペトラム)

発表論文等 : 玉城 磨ら (2022) 2022 年度農業施設学会大会発表

玉城 磨ら 特許出願 2021 年 7 月 8 日 (特許第 7154547)

## 果樹分野

(成果情報名) 沖縄県内全域に対応したパインアップル生産予測モデル							
(要約) 新たに作成したパインアップル生産予測モデルを活用することで、沖縄県内全域における「N67-10」、「ボゴール」、「ソフトタッチ」、「沖農 P17」の <u>開花日</u> 、 <u>収穫日</u> 、 <u>糖度</u> および <u>酸度</u> を日平均気温から <u>予測</u> できる。							
(担当機関) 農業研究センター名護支所・果樹班 石垣支所・宮古島支所					連絡先	0980-52-0052	
部会	果樹	専門	農業気象	対象	パインアップル	分類	実用化研究

### [背景・ねらい]

パインアップルの収穫時期や果実品質は年々の気象条件の影響を強く受け、近年の気候変動により、従来の経験則では予定した時期に果実を市場に供給できない問題や果実品質のバラつきといった問題が生じやすくなっている。そのため、生産現場と販売先との生産情報の共有を円滑に図るために、開花日、収穫日、糖度および酸度を精度よく予測する技術が求められている。そこで本研究では、開花日、収穫日を予測する発育予測モデルおよび糖度、酸度を予測する品質予測モデルを開発する。

### [成果の内容・特徴]

1. パインアップルの開花日、収穫日を予測するための DVR (Developmental Rate : 1日あたりの発育量) は、日平均気温 (Td) の上昇に伴い指数関数的に増加し、特定の温度 (Tu : 上限温度) 以上では DVR の近似直線は一定となる (図 1)。
2. 発育予測モデルに関して、式 :  $\Sigma [b \cdot \exp\{a \cdot \min(Tu, Td)\}]$  に表 1 で示す係数および出蕾日または開花日から日毎の日平均気温を入力し、総和が初めて 1 を超える日を開花予想日あるいは収穫予想日とする (表 1)。
3. 発育予測モデルにおける RMSE は開花日予測において 3.71~6.13 日、収穫日予測において 6.14~10.33 日である (表 1)。
4. パインアップル 4 品種の糖度、酸度を品種毎に予測する品質予測モデルにおける RMSE は糖度予測において 1.47~2.21 °、酸度予測において 0.165~0.204% である (図 2、表 2)。

### [成果の活用面・留意点]

1. パインアップルの収穫時期や果実品質を予測する場合に本成果を活用する。
2. 発育予測モデルには農業研究センター名護支所および石垣支所において 1999~2019 年に調査したデータを、品質予測モデルには名護支所、石垣支所、宮古島支所において 2005~2019 年に調査したデータを供試している。
3. 予測式を使用する際には農研機構メッシュ農業気象データ (大野ら、2016) を用いる。
4. RMSE (二乗平均平方根誤差) は数値予測のモデルの良さを測る指標で、下式により算出される。この値が小さいほど誤差の小さいモデルであることを示す。

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{予測値} - \text{実測値})^2}{\text{調査果実数}}}$$

### [残された問題点]

新品種に対応した生産予測モデルの開発

果樹分野

[具体的データ]

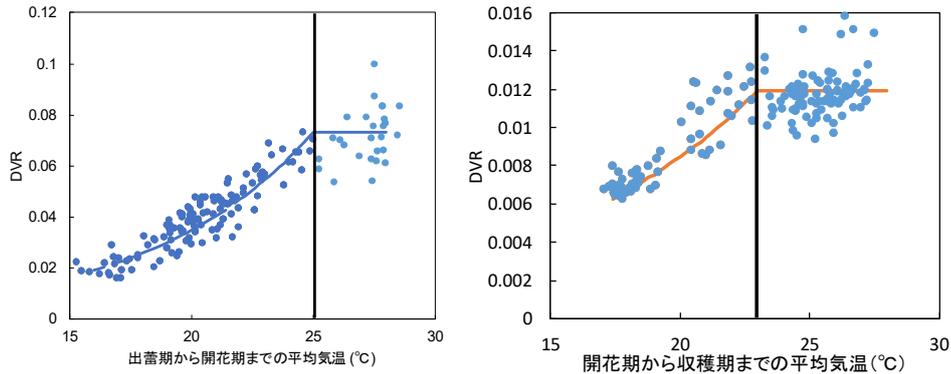


図1 パインアップル「ソフトタッチ」の発育予測モデル(左: 出蕾日から開花日予測、右: 開花日から収穫日予測)  
 ※表中の実線は、Tuを示す(左: 25°C、右: 23°C)

表1 品種毎の発育予測モデルに使用される係数とその二乗平均平方根誤差(RMSE)

品種	出蕾日から開花日予測モデル				開花日から収穫日予測モデル			
	a (°C <sup>-1</sup> )	b (day <sup>-1</sup> )	Tu (°C)	RMSE (day)	a (°C <sup>-1</sup> )	b (day <sup>-1</sup> )	Tu (°C)	RMSE (day)
N67-10	0.168	0.00107	25	6.13	0.108	0.00074	23	10.33
ボゴール	0.156	0.00114	25	3.71	0.117	0.00084	23	6.14
ソフトタッチ	0.151	0.00167	25	4.51	0.115	0.00085	23	9.04
沖農P17	0.168	0.00110	25	4.05	0.122	0.00054	23	6.81

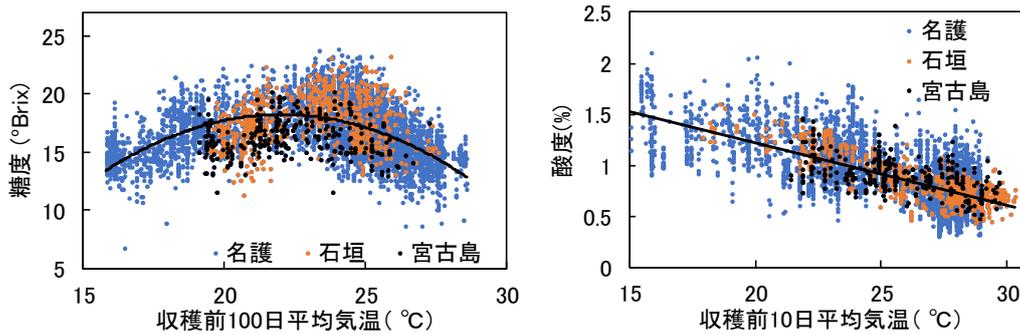


図2 パインアップル「ソフトタッチ」の品質予測モデル(左: 糖度予測、右: 酸度予測)

表2 品種毎の品質予測式<sup>1)</sup>とその二乗平均平方根誤差(RMSE)

品種	糖度			酸度		
	予測式	M <sub>s</sub>	RMSE (°Brix)	予測式	N <sub>s</sub>	RMSE (%)
N67-10	-0.0955t <sup>2</sup> +4.24t-31.3	120	1.47	-0.0936t+3.44	20	0.165
ボゴール	-0.156t <sup>2</sup> +7.18t-63.2	80	2.21	-0.0596t+2.34	10	0.204
ソフトタッチ	-0.125t <sup>2</sup> +5.48t-42.1	100	1.89	-0.0615t+2.45	10	0.197
沖農P17	-0.0688t <sup>2</sup> +3.41t-22.4	70	1.93	-0.0341t+1.95	20	0.181

<sup>1)</sup>予測式内のtは表中の収穫前M<sub>s</sub>日間またはN<sub>s</sub>日間の平均気温(°C)である。

[その他]

課題 ID : 1)2014 農 017、2)2019 農 001

研究課題名 : 1)加工適性の高い高品質生食用パインアップル品種の開発

2)パインアップル・マンゴーの生産予測技術の開発

予算区分 : 1)受託 (イノベーション創出強化研究推進事業)

2)沖縄振興特別推進交付金 (気候変動に適應した果樹農業技術開発事業)

研究期間 (事業全体の期間) : 1)1999~2018 年度 (2014~2018 年度)、2)2019~2021 年度

研究担当者 : 小林拓也、杉浦俊彦 (農研機構)、竹内誠人、與那覇至、大嶺悠太、前川龍太

発表論文等 : Sugiura T. *et al.* (2023). The Horticulture Journal 92 (3): 227-235

Sugiura T. *et al.* (2024). The Horticulture Journal 93 (1): 6-14

## 果樹分野

(成果情報名) DNA マーカーを用いた近年育成のパインアップル品種・系統の識別技術							
(要約) 少なくとも8種類のレトロトランスポゾン DNA マーカーを用いることで、沖縄県で近年育成された新品種「沖農 P17」や「沖農 P19」を含むパインアップル 41 品種・系統を識別可能である。							
(担当機関) 農業研究センター・研究企画班 農業研究センター名護支所・果樹班					連絡先	098-840-8513	
部会	果樹	専門	バイテク	対象	パインアップル	分類	基礎研究

### [背景・ねらい]

パインアップルのゲノム配列に基づいた品種識別は、育成品種保護や研究現場における正確な品種管理等で重要である。品種識別可能な DNA マーカーの一つに、レトロトランスポゾン挿入多型を利用して開発されたマーカー（奈島ら,2015）があり、他マーカーと比べ、迅速・簡便で高額な機器を必要としないという利点がある。これまでに本マーカー34 種類のうち6 種類を用いることで、24 品種の識別が可能であることが報告されている（令和元年度普及に移す技術）。しかし、近年育成された「沖農 P17」や「沖農 P19」、交配親として用いられている育種素材は含まれておらず、対象品種が増えた場合の識別可否や用いるマーカーの詳細等は不明である。そこで新品種を含めた 17 品種・系統の遺伝子型を調査し、既報の 24 品種を加えた合計 41 品種・系統を識別可能な最小マーカー数および組合せを明らかにし、低コストかつ簡易に実施可能な品種識別技術を確立する。

### [成果の内容・特徴]

1. 34 種類のレトロトランスポゾンマーカーを用いて、17 品種・系統のレトロトランスポゾン挿入部位の有無（遺伝子型）を調査すると、各品種に特異的な遺伝子型が得られる（データ省略）。
2. 41 品種・系統の全ては、最少 8 種類のマーカーを用いることで判別できる（表 1）。このうち特定の品種・系統を識別したい場合は、さらに少ないマーカー数で識別することができる。41 品種・系統の中から登録品種を識別する場合、5 種類の DNA マーカーで判定できる（表 1：網掛け部）。
3. 本技術は PCR およびアガロースゲル電気泳動のみの操作で判別でき、DNA シーケンサーなど的高額機器が不要である。

### [成果の活用面・留意点]

1. 本技術は、沖縄県育成品種の権利保護および研究現場における品種管理等に活用できる。
2. 供試した 41 品種・系統は、農業研究センター名護支所で管理されている品種群である。
3. 表 1 以外の品種・系統について識別する場合は、34 種類（JPAcRBIP0001～JPAcRBIP0034）の DNA マーカーを用いて遺伝子型を調査する。
4. 突然変異等によって育成された品種など、遺伝的背景が原品種と相同性が高い場合、本 DNA マーカーセットで識別ができないことがある。

### [残された問題点]

特になし。

[具体的データ]

表1 対象となる品種・系統の識別が可能な最少マーカーセットの遺伝子型と組合せ

No.	品種・系統名	マーカー名	41品種・系統								登録品種群				
			JPAcRBIP0001	JPAcRBIP0005	JPAcRBIP0009	JPAcRBIP0012	JPAcRBIP0013	JPAcRBIP0015	JPAcRBIP0016	JPAcRBIP0019	JPAcRBIP0001	JPAcRBIP0003	JPAcRBIP0004	JPAcRBIP0005	JPAcRBIP0018
1	N67-10		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
2	ソフトタッチ		-	-	+	-	+	+	-	-	-	-	+	-	
3	ハニーブライト		-	-	-	+	+	-	-	+	-	+	-	-	
4	サマーゴールド		+	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	
5	ゆがふ		-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	
6	ゴールドパレル(登録品種※)		+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	
7	ジュリオスター(登録品種)		+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	-	
8	A882		-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	+	-	
9	<i>A. comosus</i> var. <i>anasoides</i>		-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	-	-	
10	<i>A. comosus</i> var. <i>bracteatus</i>		-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	
11	Bogor		-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	
12	Cheese Pine		+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	
13	Cream Pineapple		+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	
14	<i>A. comosus</i> var. <i>anasoides</i> x Rondon		+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	-	
15	HI101		+	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	
16	I-43-880		-	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
17	McGregor ST-1		-	+	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+	
18	MD2		-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	
19	Papuri Vaupes Colombia		+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	-	-	
20	Red Spanish		+	-	-	+	+	+	-	-	+	+	-	-	
21	Santa Marta No. 1		+	-	+	-	-	+	-	+	+	-	+	-	
22	Seijo Cayenne		+	-	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	
23	Tainung No. 11		+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	
24	Tainung No. 17		+	-	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	
25	沖縄9号		+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	
26	沖縄11号		-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	
27	沖縄12号		+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
28	沖縄13号		+	-	+	-	-	-	-	-	+	-	+	-	
29	沖縄14号		+	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	
30	沖農P17(サンドルチェ®/登録品種)		-	-	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	
31	沖縄18号		+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	
32	沖農P19(ホワイトココ®/登録品種)		-	-	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	
33	沖縄20号		-	-	+	+	-	+	+	-	-	+	-	+	
34	沖縄21号		+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	
35	沖縄22号(新品種候補)		-	-	+	-	-	+	-	+	-	-	+	-	
36	沖縄23号		+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	
37	沖縄24号		+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	
38	沖縄25号		-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-	
39	沖縄26号		+	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	
40	沖縄27号		-	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-	+	
41	沖縄28号		-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	-	+	

+: PCRで増幅あり, -: PCRで増幅なし。下線は今回新たに遺伝子型を決定した品種・系統を示す。葉からDNeasy Plant Mini Kitを用いて抽出したDNAを鋳型としてPCRを実施した。PCR反応液は12.5µlの容量で、DNAポリメラーゼはKOD FX (TOYOBO)を用いた。PCR条件は94℃2分の熱変性後、熱変性94℃1分-アニーリング55℃1分-伸長72℃1分を40サイクル、最終伸長72℃2分で実施した。増幅産物は、1.5%アガロースゲル電気泳動後にゲルの染色処理を行い、バンドの検出を行った。供試品種の識別に必要な最少マーカーセットの算出には、MinimalMarker (Fujii et al., 2013)を用いた。

※現在沖縄県が育成者権を有する品種を登録品種と記載している。

[研究情報]

課題 ID : 2022 農 004

研究課題名 : 持続可能な沖縄型果樹生産技術開発事業

予算区分 : 沖縄振興特別推進交付金

研究期間 (事業全体の期間) : 2022~2023 年 (2022~2026 年度)

研究担当者 : 伊礼彩夏、小林拓也、友寄敬太、前川龍太、竹内誠人

発表論文等 : 沖縄県農業研究センター報告第18号 (投稿中)