

# 温暖化に対応した パインアップルの 酸度・糖度・収穫日予測技術

出荷計画の策定や、新規開園の際に利用可能

国立研究開発法人 農研機構  
果樹茶業研究部門 推進部 研究推進室 杉浦俊彦

温暖化は、果樹栽培に悪影響をあたえる一方、国内生産が少ない熱帯果樹の生産拡大が期待される。パインアップルは、沖縄県の基幹作物のひとつで、缶詰輸入自由化などにより栽培面積を大きく減らしたが、近年は高品質な生食用品種の普及もあり、約10年で3割ほど増加した。かつては出荷量の9割以上が加工用果実であったが、2000年代になって逆転し、現在は7割以上が生食用となっている。

今後も高品質な生食用を中心に栽培の拡大が見込まれるが、高品質なパイン生産が可能かどうかは、地域の気候に依存するため、栽培を新たに開始する場合や、新品種を導入する場合、どのような品質の果実が得られるかを予め把握しておくことが望ましい。また、温暖化は、生育に強い影響をあたえ、既存産地でも過去の経験から果実品質や収穫日を推定することが難しくなっている。

そこで、パインアップルの酸度・糖度や収穫日の予測技術を開発したので紹介する。

## 国産パインアップルの特徴

パインアップルの主産地は、沖縄本島の北部地域（写真1）ならびに石垣島を中心とした地域である。花芽を誘導する「エテホン（エスレル10）」を活用し、野菜のように周年生産（年間を通じて収穫・出荷する生産体制）が、日本も含め世界的に行われている。世界の産地の多くは熱帯にあるため、気温の季節変動は小さい。例えば、フィリピン（マニラ）では、26.1℃（10月）から29.5



写真1 沖縄のパインアップル園

℃（4月）で、年間の変動はわずか数℃である。しかし、パインアップル栽培の北限である日本では、主産地の沖縄本島北部（名護）で

16.5℃（1月）から28.9℃（7月）と10℃以上変動する。収穫する時期により気象条件が異なるため、品質が年間で大きく変動するのが、わが国のパインアップルの特徴である。生食に向く高品質の目安（酸度0.8%以下、糖度14%以上、糖酸比18以上）に達する果実が得られるのは、夏季が中心である。日本で生産量の多い品種は、多い順に「N67-10」「ボゴール」「ソフトタッチ」であり、3品種で栽培面積の約9割を占めている。「N67-10」は、当時の琉球政府がハワイから導入した加工用と生食用の兼用品種である。海外で育種された「ボゴール」は、小果を剥がしやすいことから「スナックパイン」と呼ばれ、指定試験\*によって育成された「ソフトタッチ」は、ももに似た香りを持ち「ピーチパイン」と呼ばれている。「沖農P17」は、沖縄県が開発し2015年に発表された新しい品種で、「サンドルチェ」の商標を持つ。

\*：高品質なパインアップルで新品種育成や栽培技術向上を目的として、国の予算や助成を受けて実施されている研究・育種試験。

## 気温からの酸度・糖度予測

クエン酸などパインアップルの酸は、果実の生育とともに蓄積されるが、収穫直前の短期間に呼吸で消費され

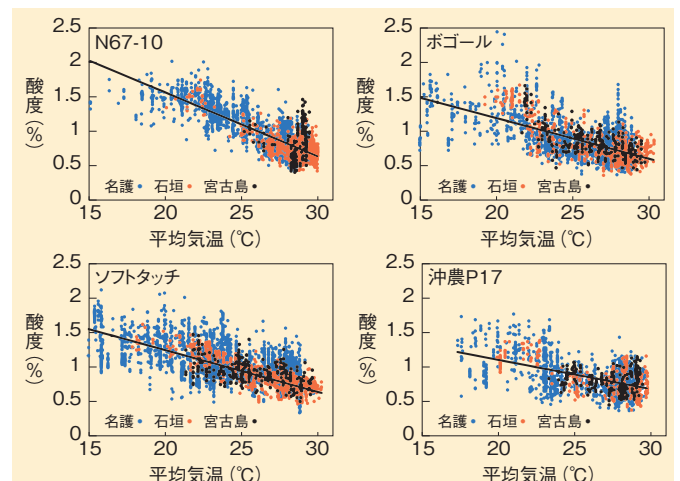


図1 酸度と気温の関係  
「N67-10」「ボゴール」「ソフトタッチ」「沖農P17」のグラフの横軸は、それぞれ収穫前20日間、10日間、10日間、20日間の平均気温（t）、実線は酸度（A）の予測式（それぞれ  $A = 3.44 - 0.0936 t$ 、 $A = 2.34 - 0.0596 t$ 、 $A = 2.45 - 0.0615 t$ 、 $A = 1.95 - 0.0341 t$ ）を示す

急減する。この時期の気温が高いと呼吸量が増加し、収穫時の酸度は低くなる。気温が果実内の減酸に影響するのは、収穫前10～20日間であり、気温が高いほど酸度は低く(図1)、沖縄本島北部、石垣島、宮古島のデータはいずれも同じ直線上に乗る。図1に示した回帰式は酸度の予測式として利用可能であり、この式に気温の予報値を適用すれば、収穫日における酸度を予測できる。

パイナップルの糖は、果実の生育期間全体を通じて徐々に蓄積される。糖の原料は光合成産物であり、昼と夜で分かれて行われるパイナップルの特殊な光合成は、日中のみ行われる一般的な果樹の光合成に比べ温度依存性が非常に高いことが知られている。パイナップルの光合成速度は、昼温25℃、夜温15～20℃で最も高く、この最適温度より気温が高い、あるいは低い場合は下がる。

気温が果実内の糖蓄積に強く影響をあたえる時期は、収穫前約70～120日間で、この期間の平均気温と収穫時の糖度の関係は、いずれの品種も、光合成の最適温度に近い23℃付近にピークを持つ曲線(図2)になる。

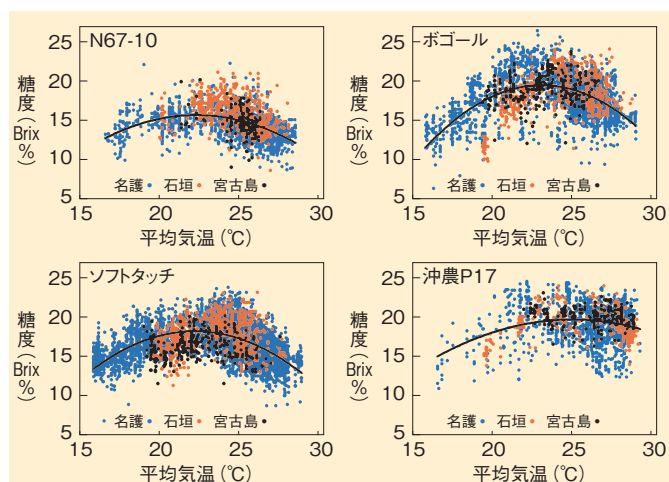


図2 糖度と気温の関係

「N67-10」「ポゴール」「ソフトタッチ」「沖農P17」のグラフの横軸は、それぞれ収穫前120日間、80日間、100日間、70日間の平均気温(t)、実線は糖度(S)の予測式(それぞれ $S = -31.3 - 0.0955t^2 + 4.24t$ 、 $S = -63.2 - 0.156t^2 + 7.14t$ 、 $S = -42.1 - 0.125t^2 + 5.48t$ 、 $S = -22.4 - 0.0688t^2 + 3.41t$ )を示す

以上のことから、収穫時の糖度は、気温を変数とした二次回帰式を用いて予測でき、その式を図2に示した。この糖度予測モデルに気温の予測値を適用すれば、収穫日における糖度を予測することが可能である。

### 気温の経過からの収穫日予測

パイナップルの酸度・糖度の予測式は、収穫前の数日間の気温を使うため、生産者がその年の作柄の予測に使う場合は、事前に収穫日を特定する必要がある。そこで、開花日(写真2)および収穫日の予測について示す。どの品種も出蕾日から開花日までの日数は、出蕾日から開花日までの平均気温が高くなるにつれて減少する(図3)。しかし、気温が25℃(上限温度)を超えると、気

温が影響しなくなる。水稲やいちごは、気温のほかに日長も生育速度に強く影響する。そこで、図3には長日条件(12時間以上)



写真2 パイナップルの開花

と短日条件を分けて示したが、気温と開花までの日数の関係に対する日長の影響は認められない。

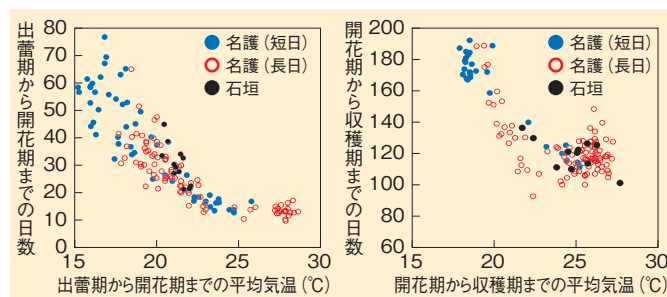


図3 「N67-10」の出蕾期から開花期および開花期から収穫期までの日数と気温の関係  
名護は平均日長が12時間以上(長日)と未満(短日)に分けて記載

図3の関係をもとに、出蕾日を基点としてそれ以降の気温の推移から開花日を予測するための发育速度(DVR)モデルが構築されている。DVR<sub>d</sub>はある日の1日当たりの发育量を示す。開花予測では、出蕾を起点に毎日のDVR<sub>d</sub>を積算し、1となった時点が予測される開花日である。日々のDVR<sub>d</sub>はその日の気温に依存する。DVR<sub>d</sub>と日々の気温との関係は、指数関数で近似される。この関係式を表1に示した。

表1 開花日および収穫日を予測するときを使う发育速度を求める式と係数

品種	出蕾から開花		開花から収穫	
	a(°C)	b(/日)	a(°C)	b(/日)
N67-10	0.168	0.00107	0.108	0.00074
ポゴール	0.156	0.00114	0.117	0.00084
ソフトタッチ	0.151	0.00167	0.115	0.00085
沖農P17	0.168	0.00110	0.122	0.00054

$$DVR_d = b \cdot \exp[a \cdot \min(T_u, T_d)]$$

DVR<sub>d</sub>は发育速度(/日)、T<sub>u</sub>(°C)は上限温度、T<sub>d</sub>(°C)は日平均気温

minは( )内の最小値を求める関数

同様に、収穫日についても、表1に示した式と係数から予測できる。この場合は開花日を起点として毎日のDVR<sub>d</sub>を積算し、1となった時点が予測される収穫日である。

2025年も石垣島などで、収穫が例年より大幅に遅れたため、計画どおりに出荷できず、急遽、販路を変更するなど混乱が生じた。現在は表計算ソフトベースの運用となるが、今後はこの技術を生産現場でより使いやすくなるアプリ化などを進めていきたい。

【監修：(公社) 農林水産・食品産業技術振興協会】