

カンキツ7品種における着果条件および果実外観と内部品質との関連

誌名	園芸学研究
ISSN	13472658
著者名	西川, 英美恵 深町, 浩
発行元	園芸学会
巻/号	21巻1号
掲載ページ	p. 83-92
発行年月	2022年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



カンキツ7品種における着果条件および果実外観と内部品質との関連

西川美美恵*・深町 浩

農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門興津カンキツ研究拠点 424-0292 静岡市清水区興津中町

Relationship between Internal Quality of Fruit and Fruiting Characteristics or Appearance of Fruit in 7 Citruses

Fumie Nishikawa* and Hiroshi Fukamachi

Citrus Research Station, Institute of Fruit Tree and Tea Science, NARO, Shizuoka 424-0292

Abstract

In this study, the relationship between Brix or acidity and characteristics of fruit was investigated in 7 citrus ('Aoshima unshu', 'Shiranuhi', 'Setoka', 'Harehime', 'Seinannohikari', 'Tsunokagayaki', and 'Reikou'). In all 7 citrus, the height of fruiting affected Brix, and Brix was low when the transverse diameter of fruit was large. In decision tree analysis for Brix or acidity with all data on the characteristics of fruit, results differed among citrus. In decision trees for Brix of 'Aoshima unshu' and 'Shiranuhi', it was indicated that fruits with a high a^* value of peel showed high Brix in juice. Also, in all citrus, fruits with low transverse or vertical diameters showed high Brix in juice. In the decision tree for acidity, it was indicated that transverse and vertical diameters affect the acidity of juice of citrus other than 'Aoshima unshu'.

Key Words : acidity, a^* value, Brix, fruiting mother shoot, fruiting shoot

キーワード : a^* 値, 結果母枝, 結果枝, 酸度, 糖度

緒 言

近年, 消費者の嗜好が高級化, 多様化し, ウンシュウミカン以外のカンキツ品種の人気の高まっている。国内で育成されたカンキツ品種のいくつかは栽培面積が拡大しているが(農林水産省生産局園芸作物課, 2018), それらの果実販売においては外観の美麗さとともに, 果汁中の糖および酸の濃度やバランスが重要視されている(柗ら, 2013)。

果実内の糖度や酸度を判断する方法は, 近赤外光を照射したときの透過光を計測して分析する方法のほか, 着果条件や果実の外観から判断する方法がある。ウンシュウミカンでは果実の内部品質を見分けるために, 果実品質の樹内変動要因に関して多数の報告がある(大東, 1981; 岩垣・広瀬, 1979; 木原ら, 1981; 静岡県経済農業協同組合連合会, 2012)。また, オレンジ(内田ら, 1985), ポンカン(富永ら, 1987)およびヒュウガナツ(浜部ら, 2020)においても, 果実品質と着果条件との関連について報告されている。着果条件に基づく糖度および酸度の予測は, 近赤外光を利用した計測に比べて精度は劣るものの, 高価な機器を必要とせず, 樹上で簡易に行うことができる。このため, 摘果や樹上選果において, 果実の高位均質化に有用であ

る。しかし, '不知火'や'せとか', 'はれひめ'といった栽培面積の拡大が期待されている主要な国内育成品種においては, 着果条件と果実品質との関係に関する詳細な報告はほとんどない。

これまでの着果条件と果実品質との関連に関する多くの研究では, 相関係数(大東, 1981; 岩垣・広瀬, 1979)あるいは要因をカテゴリーに区分して比較した分散分析や多重検定における有意性(静岡県経済農業協同組合連合会, 2012; 富永ら, 1987; 内田ら, 1985)により, 関連の強さが推察されてきた。一方, ツリー構造を用いて分類や回帰を行う機械学習の手法の一つである決定木分析は, 着果および果実特性の各条件でデータを分割していくことで果実の糖度や酸度, 横径といった目的変数の大小を分類する。また, 好ましい果実品質が現れるような複合要因を見つけることができ, 着果条件の量的な閾値を計算できる。しかし, 決定木分析を用いた着果条件と果実品質の解析は, 'ヒュウガナツ'の枝変わり品種において報告があるのみで(浜部ら, 2020), 解析事例は少ない。

そこで本研究では, '青島温州'とともにそれ以外のカンキツ6品種を用いて, 相関係数あるいはカテゴリー別に区分して比較した多重検定における有意差を調査するとともに, 着果条件および果実外観のデータを説明変数, 糖度および酸度を目的変数とした決定木分析を行った。さらに, 決定木により分類された糖度および酸度を多重比較するこ

2021年4月1日 受付. 2021年6月24日 受理.

* Corresponding author. E-mail: fumien@affrc.go.jp

とにより、分類の妥当性を明らかにした。得られた結果をもとに、それぞれの品種において糖度あるいは酸度を判断するための形質について検討した。

材料および方法

1. 供試材料

本研究では、農業・食品産業技術総合研究機構果樹茶業研究部門カンキツ研究領域（静岡県静岡市）に植栽されている8～11年生の‘青島温州’ (*Citrus unshiu* Marc.)、‘不知火’、‘せとか’、‘はれひめ’、‘西南のひかり’、‘津之輝’および‘麗紅’ (*Citrus* spp.) をそれぞれ5から10本使用した（第1表、第2表）。すべての品種において、植栽時、株間2m、列間4mとし、列はおおよそ南北方向に設定し、開心自然形になるように整枝された。使用した品種のうち、‘青島温州’のみヒリュウ台で、その他はカラタチ台を使用した。また、‘はれひめ’のみ、樹冠下にタイベック700AG（旭・デュポンフラッシュスパンプロダクツ（株））の透湿性シートを7月中下旬から収穫期（12月上旬）まで被覆した。摘果や施肥などの栽培管理は、同じ品種内で同一とし

た。摘果はすべての品種で間引き摘果とし、葉果比は‘青島温州’で30程度、‘西南のひかり’、‘はれひめ’、‘津之輝’および‘麗紅’で40程度、‘せとか’で100程度に調整した。また、‘不知火’では1m³当たり12果程度になるように摘果した。‘青島温州’では10a当たりの年間窒素量が25kgになるように、3月中旬、6月上旬および11月上旬の3回に分けて施肥した。‘青島温州’以外のカンキツでは、10a当たりの年間窒素量が28kgになるように、3月中旬、6月上旬、9月上旬および11月上旬の4回に分けて施肥した。植栽されていた土壌のpH(H₂O)は5.0（2019年）あるいは4.8（2020年）で、CECは24.3（2019年）あるいは16.0（2020年）だった。‘青島温州’、‘西南のひかり’および‘はれひめ’を11月下旬から12月上旬に、‘不知火’、‘せとか’、‘津之輝’および‘麗紅’を1月上中旬に収穫し、果実品質の分析に使用した。

2. 収穫時の着果条件および果実品質の調査

2019年度および2020年度の収穫前に50以上の果実を無作為に選り（第2表、第3表）、それぞれの果実の着果部位（主幹に対する方角、高さおよび内なり・外なり）、結果母

第1表 使用した品種と交配組み合わせ

品種	由来・交配組み合わせ	文献
青島温州	尾張温州の枝変わり	静岡経済連, 2012
不知火	‘清見’×‘中野No.3’ ポンカン	松本, 2001
せとか	‘口之津No.37’（‘清見’×‘アンコールNo.2’）×‘マーコット’	松本ら, 2003
はれひめ	‘E-647’（‘清見’×‘オセオラ’）×‘宮川早生’	吉田ら, 2005
西南のひかり	EnOw No.21（‘アンコール’×‘興津早生’）×‘陽香’（‘清見’×‘中野No.3’ ポンカン）	吉岡ら, 2015
津之輝	KyOw No.14（‘清見’×‘興津早生’）×‘アンコール’	野中ら, 2019
麗紅	‘KyEn No.5’（‘清見’×‘アンコール’）×‘マーコット’	吉岡ら, 2009

第2表 使用した樹の樹齢、本数、樹高、樹冠直径および果実数

	年	樹齢	樹数	樹高 (cm) ^z	樹冠直径 (cm) ^y	果実数
青島温州	2019	8	6			100
	2020	9	6	196	221	97
不知火	2019	10	6			79
	2020	11	9	256	272	71
せとか	2019	8	4			80
	2020	9	10	215	259	79
はれひめ	2019	8	7			83
	2020	9	9	187	234	82
西南のひかり	2019	8	5			60
	2020	9	7	208	223	59
津之輝	2019	8	5			62
	2020	9	5	255	225	62
麗紅	2019	8	5			100
	2020	9	5	218	227	98

^z 2019および2020年度に使用した樹の平均値（2021年）

^y 2019および2020年度に使用した樹における直径（南北および東西方向）の平均値（2021年）

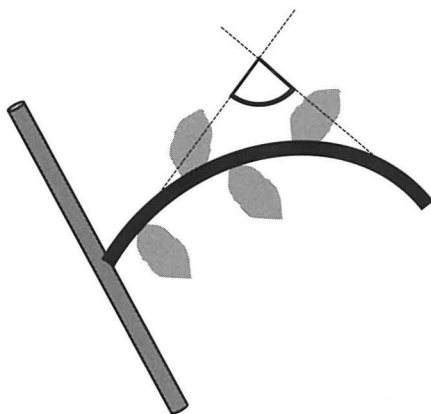
第3表 方角, 高さおよび内外別の分析果実数

		青島温州	不知火	せとか	はれひめ	西南のひかり	津之輝	麗紅
方角	東	49	44	48	34	22	19	49
	西	56	46	41	38	28	45	46
	南	42	27	36	56	39	39	59
	北	50	33	34	37	30	21	44
高さ	上	67	28	56	41	40	32	55
	中	51	43	33	49	39	41	65
	下	79	79	70	75	40	51	78
内外 ^z	外	72	33	65	72	46	40	82
	中間	81	63	69	75	61	56	90
	内	44	54	25	18	12	28	26

^z 樹冠表面から20 cm程度の範囲を外, 主幹から約50 cm以内を内, 主幹から約50 cm離れた部位から樹冠表面の約20 cm内側までを中間とした

枝の特性(着果数, 長さ, 太さ, 角度および下垂度), 果梗の太さおよび果実の角度について調査した. 内なりは主幹から50 cm以内の層とし, 外なりは樹冠表面から20 cm程度の層とした. また, 有葉果の場合は結果枝の葉数, 太さ, 角度および下垂度についても調査した. 高さは樹の赤道面付近を中間とし, 上と下を判定した. 枝の太さでは, 基部における枝の直径を測定した. 角度は水平方向を0°とし, 真上を90°, 真下を-90°として角度計により計測した. 下垂度は枝の基部に対する枝先端の角度を計測した(第1図).

各品種の収穫適期に果実を採取し, 果実品質の分析に使用した. 分析は収穫後10日以内に実施した. それぞれの果実について, 縦径, 横径, α その直径および果皮色の a^* 値(以下 a^* 値と記載)を調査した後, 果肉をハンドジュースャーで搾汁し, 果汁糖度と酸度を, 酸糖度分析装置(NH-2000, (株)堀場製作所)で測定した. なお, 縦径はデコ(ネック, カラー)を含んだ長さを計測し, 横径を縦径で割った値に100を乗じた値を果形指数とした. また, 果皮色の調査には, 簡易型分光色差計(NF333, 日本電色工業



第1図 結果母枝および結果枝の下垂度の計測
収穫時着果状態での各枝の基部と先端の角度

(株)を用いて1個の果実につき果実赤道面の3か所を計測し, その平均値を解析に使用した. 2019年度および2020年度に得られた値を合わせて, 統計ソフトR(Ver 4.0.3, R Development Core Team, 2016, パッケージ: rpart, partykit)により深度を3に設定して糖度および酸度に関して決定木分析を行った. また, 異なる着果部位における果実品質および決定木によって分類された果実品質をそれぞれTukeyのHSD(R Ver 4.0.3, R Development Core Team, 2016)を用いて多重検定した.

結 果

1. 着果部位と果汁中の糖度あるいは酸度との関係

主幹に対する果実の方角は, ‘不知火’, ‘せとか’, ‘はれひめ’, ‘津之輝’および‘麗紅’の糖度に影響した(第4表). これらの品種では, 南および西の方角で糖度が高く, 北および東で低い傾向を示した. また, 主幹に対する果実の方角は, ‘青島温州’および‘せとか’の酸度に影響し, いずれの品種でも北で高く南で低かった(第5表). 着果部位の高さは, 調査されたすべての品種の糖度に影響した(第4表). ‘はれひめ’を除く6品種では着果部位が高いほど糖度が高い傾向を示したが, ‘はれひめ’のみ着果部位が中あるいは下部の果実の糖度が上部のものより高かった. また, 着果部位の高さの違いにより, ‘はれひめ’および‘西南のひかり’の酸度に有意差が認められた(第5表). ‘はれひめ’では着果部位が低いほど, ‘西南のひかり’では着果部位が高いほど酸度が高かった. 着果部位が樹冠の内側か外側かは, ‘不知火’および‘西南のひかり’の糖度に, また, ‘せとか’および‘はれひめ’の酸度に影響した(第4表, 第5表). ‘不知火’の糖度は外側で高く, ‘せとか’および‘はれひめ’の酸度は内側で高かった.

2. 果汁中の糖度と着果条件との相関

着果枝の葉数は‘津之輝’で, 角度は‘不知火’および‘せとか’でそれぞれ糖度と正の有意な相関([相関係数の絶対値]>0.2, p値<0.05)を示した(第6表). また, ‘津

第4表 着果部位と果汁中のBrixとの関係

		青島温州	不知火	せとか	はれひめ	西南のひかり	津之輝	麗紅
方角	東	12.2	13.9 c	12.1 c	13.5 b	12.2	13.4 b	12.9 bc
	西	12.4	15.0 a	12.8 ab	14.5 a	12.2	14.6 a	13.2 ab
	南	12.4	14.7 ab	13.0 a	14.0 ab	12.3	14.5 a	13.3 a
	北	12.3	14.1 bc	12.3 bc	13.9 ab	12.2	13.6 b	12.7 c
高さ	上	12.5 a ²	15.0 a	13.1 a	13.5 b	12.6 a	14.4 a	13.3 a
	中	12.3 ab	14.5 ab	12.3 b	14.1 a	12.1 b	14.4 a	13.1 a
	下	12.2 b	14.1 b	12.2 b	14.1 a	12.0 b	13.9 b	12.8 b
内外 ³	外	12.5	15.1 a	12.8	13.7	12.5 a	14.5	13.1
	中間	12.2	14.4 b	12.4	14.1	12.0 b	14.1	13.0
	内	12.3	13.9 c	12.2	14.5	12.1 ab	14.0	12.8

² アルファベットの異なる文字間には、同じ品種において Tukey の HSD 検定による有意差あり (5%)

³ 樹冠表面から 20 cm 程度の範囲を外、主幹から約 50 cm 以内を内、主幹から約 50 cm 離れた部位から樹冠表面の約 20 cm 内側までを中間とした

第5表 着果部位と果汁中の酸度 (%) との関係

		青島温州	不知火	せとか	はれひめ	西南のひかり	津之輝	麗紅
方角	東	0.79 ab ²	1.52	1.55 ab	1.10	0.83	1.295	1.294
	西	0.80 ab	1.61	1.59 ab	1.23	0.879	1.363	1.209
	南	0.77 b	1.49	1.49 b	1.12	0.852	1.406	1.275
	北	0.84 a	1.64	1.73 a	1.22	0.846	1.319	1.247
高さ	上	0.82	1.61	1.52	1.04 b	0.879 a	1.361	1.273
	中	0.80	1.50	1.63	1.20 a	0.847 ab	1.394	1.285
	下	0.79	1.60	1.63	1.21 a	0.833 b	1.328	1.225
内外 ³	外	0.80	1.51	1.51 b	1.08 b	0.871	1.355	1.243
	中間	0.81	1.53	1.60 ab	1.22 a	0.843	1.364	1.27
	内	0.79	1.65	1.77 a	1.27 a	0.831	1.353	1.263

² アルファベットの異なる文字間には、同じ品種において Tukey の HSD 検定による有意差あり (5%)

³ 樹冠表面から 20 cm 程度の範囲を外、主幹から約 50 cm 以内を内、主幹から約 50 cm 離れた部位から樹冠表面の約 20 cm 内側までを中間とした

之輝' および '麗紅' において、着果枝の下垂度は糖度と負の相関を示した。'はれひめ' において、結果母枝の長さ太さは糖度と負の相関を示し、'せとか' において、結果母枝の角度は糖度と正の相関を示した。結果母枝の下垂度は '不知火' で糖度と正の相関を示した。果梗の太さは、'はれひめ' においてのみ糖度と負の相関を示した。果実の向きおよび結果母枝の着果数は、調査されたすべての品種において、糖度と有意な相関が認められなかった。

調査された果実外観のうち、すべての品種において、へその直径と糖度に有意な相関は認められなかった (第6表)。果実の縦径では '西南のひかり' 以外の6品種で、横径では7品種すべてで糖度と負の相関があった。a* 値と糖度は、'青島温州'、'不知火'、'はれひめ'、'西南のひかり' および '麗紅' で正の相関を、'津之輝' で負の相関を示した。果形指数と糖度は、'せとか' で正の相関を、'西南のひかり' で負の相関を示した。

3. 果汁中の酸度と着果条件との相関

着果条件と酸度との相関分析において、'はれひめ' およ

び '津之輝' 以外の5品種では、有意な相関は認められなかった (第7表)。'はれひめ' では、着果枝の葉数、結果母枝の長さおよび果梗の太さと酸度との間に負の相関が、着果枝の下垂度との間に正の相関が示された。また、'津之輝' では、着果枝の下垂度と酸度との間に負の相関があった。

果実縦径あるいは横径と酸度との相関分析において、'はれひめ' および '津之輝' において負の相関が、'麗紅' において正の相関が示された (第7表)。また、'不知火' および '西南のひかり' では、果実横径と酸度との間に負の相関が認められた。へその直径と酸度との間には、'青島温州' および 'はれひめ' において負の相関があった。a* 値は、'不知火'、'津之輝' および '麗紅' において酸度と負の相関を示した。果形指数と酸度は、'せとか'、'はれひめ' および '麗紅' において負の相関を示した。

4. 果汁中の糖度に関する決定木分析

樹上で識別できる着果条件および果実外観のデータを用いて糖度に対して決定木分析を行ったところ、それぞれの

第6表 果汁中の糖度と着果条件あるいは果実外観との関連^z

	青島温州	不知火	せとか	はれひめ	西南のひかり	津之輝	麗紅
(着果条件)							
着果枝の葉数	-0.08	0.00	0.01	-0.06	-0.10	0.24 **	0.05
着果枝の角度	-0.15	0.21 **	0.23 **	-0.16	0.02	0.16	0.04
着果枝の下垂度	0.14	-0.17	-0.11	0.07	-0.12	-0.34 **	-0.27 **
結果母枝の長さ	0.11	-0.10	-0.13	-0.25 **	0.06	0.05	-0.07
結果母枝の太さ	0.06	-0.01	-0.12	-0.25 **	0.06	0.04	-0.11
結果母枝の角度	0.09	0.06	0.21 **	-0.10	0.10	0.05	0.17
結果母枝の下垂度	-0.07	0.28 **	0.05	0.09	-0.15	0.10	0.00
果梗の太さ	0.06	-0.01	-0.12	-0.25 **	0.06	0.04	-0.11
果実の向き	0.09	0.07	0.12	0.03	-0.01	-0.16	-0.02
結果母枝の着果数	0.04	-0.18	0.07	-0.04	0.11	-0.04	-0.06
(果実外観)							
縦径	-0.23 ** ^y	-0.31 **	-0.35 **	-0.25 **	-0.14	-0.38 **	-0.26 **
横径	-0.24 **	-0.29 **	-0.41 **	-0.32 **	-0.27 **	-0.43 **	-0.32 **
へそ直径	-0.13	0.04	-0.15	-0.18	-0.08	-0.06	-0.06
果皮 a* 値	0.43 **	0.62 **	0.07	0.37 **	0.46 **	-0.30 **	-0.30 **
果形指数	0.01	0.16	0.31 **	-0.14	-0.27 **	0.06	0.02

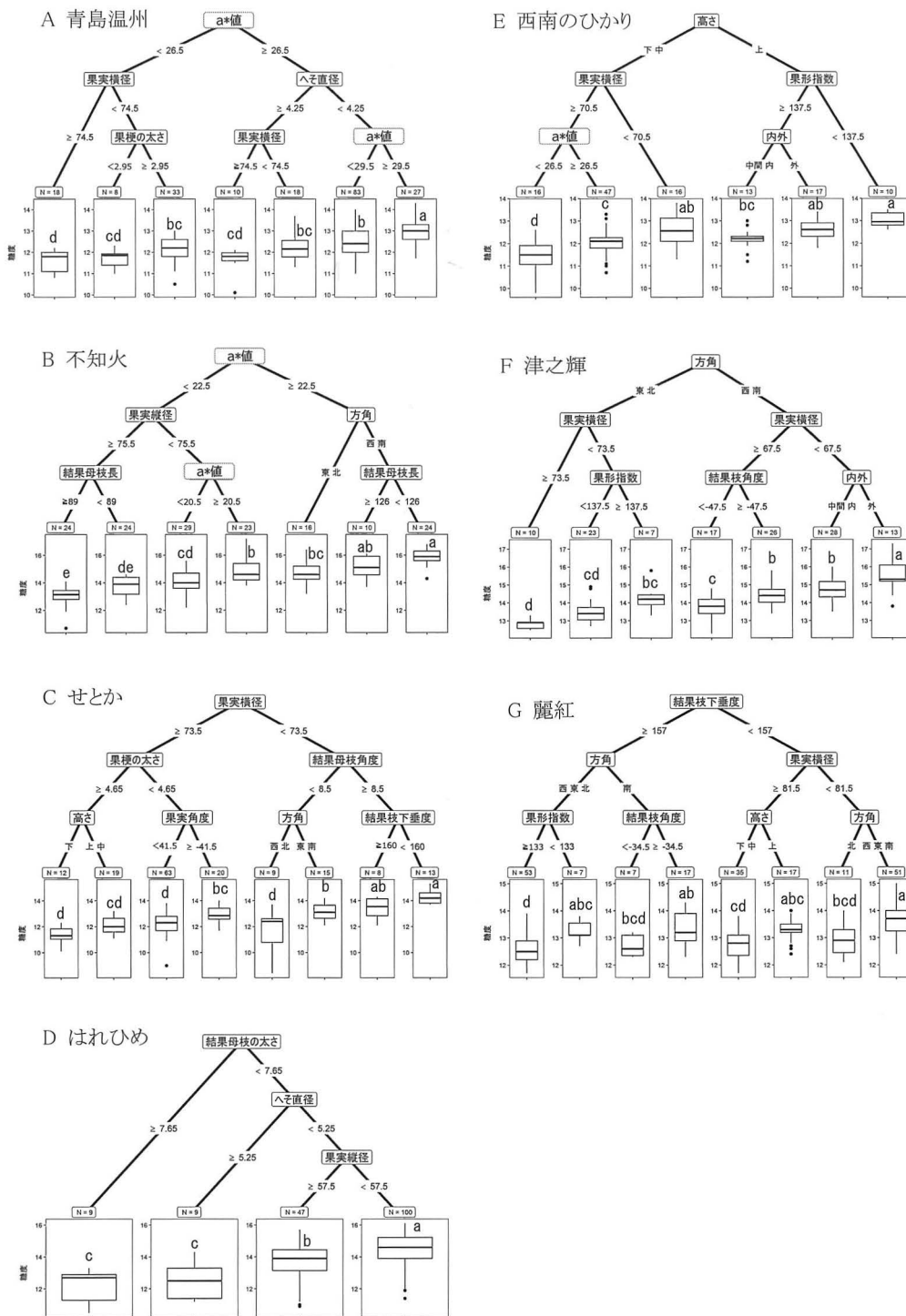
^z 2019年および2020年のデータから算出される相関係数^y 相関係数の絶対値が0.2以上の場合に限り, **は1%水準で有意性あり第7表 果汁中の酸度と着果条件あるいは果実外観との関連^z

	青島温州	不知火	せとか	はれひめ	西南のひかり	津之輝	麗紅
(着果条件)							
着果枝の葉数	-0.18	-0.02	-0.15	-0.22 **	-0.04	0.01	0.19
着果枝の角度	0.01	-0.05	-0.11	-0.17	-0.04	0.11	-0.10
着果枝の下垂度	0.07	0.03	0.06	0.21 **	0.05	-0.21 *	-0.03
結果母枝の長さ	-0.15	-0.02	0.18	-0.07	-0.14	-0.02	-0.06
結果母枝の太さ	-0.08	-0.10	-0.02	-0.22 **	-0.04	-0.14	-0.01
結果母枝の角度	-0.15	0.00	0.02	-0.19	-0.02	0.03	-0.02
結果母枝の下垂度	0.10	-0.07	-0.07	0.04	0.04	0.07	0.02
果梗の太さ	-0.08	-0.10	-0.02	-0.22 **	-0.04	-0.14	-0.01
果実の向き	0.12	-0.10	0.04	0.10	0.06	-0.14	-0.04
結果母枝の着果数	0.14	0.13	-0.14	0.05	0.08	-0.02	-0.16
(果実外観)							
縦径	-0.04	-0.14	-0.07	-0.21 **	-0.14	-0.59 **	0.38 **
横径	-0.13	-0.28 **	-0.14	-0.37 **	-0.20 *	-0.63 **	0.21 **
へそ直径	-0.27 ** ^y	-0.04	0.06	-0.25 **	-0.12	-0.10	-0.15
果皮 a* 値	0.07	-0.29 **	-0.02	0.14	0.13	-0.57 **	-0.39 **
果形指数	-0.13	-0.08	-0.25 **	-0.27 **	-0.05	0.12	-0.39 **

^z 2019年および2020年のデータから算出される相関係数^y 相関係数の絶対値が0.2以上の場合に限り, *は5%, **は1%水準で有意性あり

品種において決定木の左端に低い糖度のグループが、右端に高い糖度のグループが分類された(第2図)。「青島温州」および「不知火」における第1の分岐はa*値だった(第2図AおよびB)。「青島温州」の第2分岐ではへその直径と果実横径により、第3分岐でa*値、果実横径あるいは果梗の太さにより糖度が分類された(第2図A)。最も高い糖度に分類されたグループは、へその直径が4.25mm未満かつ

a*値が29.5以上の果実で構成された。「不知火」では方角あるいは果実縦径が第2分岐で用いられ、さらに第3分岐において結果母枝の長さあるいはa*値により糖度が分類された(第2図B)。a*値が22.5以上で西南の方角にあり、結果母枝の長さが126mm未満の果実で糖度が最も高かった。「せとか」の糖度に関する決定木は、まず横径で分岐し、次に結果母枝の角度あるいは果梗の太さで、さらに結

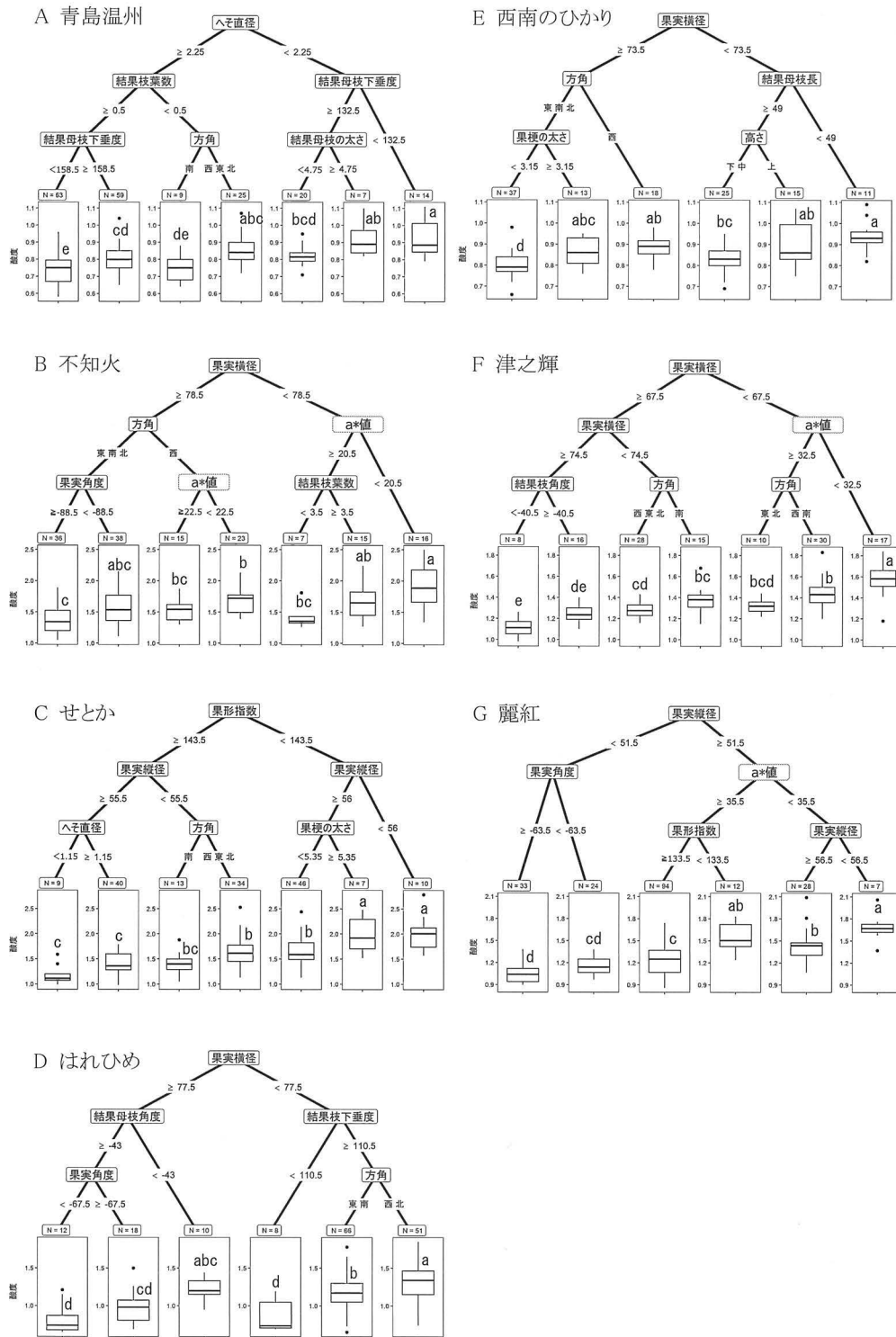


第2図 収穫時の各品種における糖度に関する決定木 (深度3)

図中の数値の単位は、結果母枝の長さおよび太さ、果梗の太さ、果実横径、縦径およびへその直径が mm、結果母枝あるいは結果枝の角度および下垂度、果実の角度が°、着果数が個、糖度が°Brixである
箱ひげ図中のアルファベットの異なる文字間には、同じ品種において Tukey の HSD 検定による有意差あり (5%)

果枝の下垂度、方角、果実の角度あるいは着果部位の高さで分岐した (第2図C)。糖度が最も高い果実は、果実横径が73.5 mm未滿で結果母枝の角度が8.5°以上かつ結果枝の下垂度が160°未滿だった。‘はれひめ’では、結果母枝の太さが7.65 mm未滿、へその直径が5.25 mm未滿、かつ果

実縦径が57.5 mm未滿の果実で最高糖度を示した (第2図D)。
‘西南のひかり’では、高い位置に着果している果実で糖度が高く、中間から下に着果している大果のうちa*値が低いもので最も糖度が低かった (第2図E)。
‘津之輝’では、南あるいは西にあり横径が小さく外周部に着果してい



第3図 収穫時の各品種における酸度に関する決定木（深度3）

図中の数値の単位は、結果母枝あるいは果梗の太さ、果実横径、縦径およびへその直径がmm、結果母枝あるいは結果枝の角度および下垂度、果実の角度が°、着果数が個、結果枝の葉数が枚、酸度が%である
箱ひげ図中のアルファベットの異なる文字間には、同じ品種においてTukeyのHSD検定による有意差あり（5%）

る果実で糖度が最高となった（第2図F）．‘麗紅’において糖度が最も高いグループに分類されたのは、結果枝の下垂度が157°より小さく、横径が81.5mm未満の西、東あるいは南に着いている果実だった（第2図G）．

5. 果汁中の酸度に関連する着果条件あるいは果実外観

果汁中の酸度についても、糖度と同様の決定木分析を行った（第3図）．‘青島温州’の酸度において、第1の分岐はへその直径で、第2の分岐は結果母枝の下垂度と結果枝

の葉数、第3の分岐は結果母枝の太さ、方角あるいは結果母枝の下垂度だった(第3図A)。へそが大きく結果枝葉数が1枚以上の結果母枝が下垂している果実で最も酸度が低かった。‘不知火’の第1の分岐は横径で、横径が小さいもののうち a^* 値が低いもので最も酸度が高かった(第3図B)。「せとか」における酸度の決定木では、第1の分岐が果形指数、第2の分岐は縦径だった。扁平な果実のうち、縦径が大きい果実が最も低い酸度グループに分類された(第3図C)。「はれひめ」では、第1の分岐が横径で、第2の分岐が結果枝の下垂度と結果母枝の角度、第3の分岐が方角と果実の角度だった(第3図D)。横径が小さい果実のうち、結果枝が下垂していない西あるいは北に着いている果実で酸度が高かった。一方、横径が大きい果実のうち、結果母枝の角度が -43° 以上の果実で酸度が低かった。「西南のひかり」の決定木では、横径が小さい果実のうち結果母枝が短い果実が最も酸度の高いグループに分類された。また、横径が大きい果実のうち、西以外の方角にあり、果梗が細い果実が最も酸度の低いグループに分類された。「津之輝」では、横径が小さい果実のうち a^* 値が低い果実が最も酸度が高いグループに分類され、横径が大きく、結果枝が下向きの果実が最も酸度の低いグループに分類された。「麗紅」では、縦径が小さい果実のうち果実の角度が -63.5° 以上の果実で酸度が低かった。

考 察

1. 高品質果実の条件

糖度の決定木から、「青島温州」および「不知火」において、第1分岐の条件が a^* 値で、 a^* 値が高いほど果汁中の糖度が高いことが示唆された(第2図)。一方、その他のカンキツでは a^* 値が第1および第2分岐の条件になっていないことから、果皮色の赤色の濃淡は糖度との関連が比較的低いと思われる。果実の横径あるいは縦径は、調査されたすべてのカンキツにおいて第1から第3までの分岐条件のいずれかに用いられており、横径あるいは縦径が小さいほど糖度が高かった。このことから、果実が小さいほど糖度が高くなる特性は、多くのカンキツにおいて共通していると考えられた。

酸度の決定木では、「青島温州」以外のカンキツで果実横径あるいは縦径が第1あるいは第2分岐の条件だったことから、多くのカンキツで果実の大きさが酸度に関連することが示唆された(第3図)。果実横径あるいは縦径が酸度の決定木の分岐条件に用いられていた6種類のカンキツのうち5種類のカンキツでは、横径あるいは縦径が大きいほど酸度が低い傾向にあった。一方、「麗紅」では果実縦径が第1分岐の条件として用いられていたが、縦径が大きいほど酸度が高くなっており、ほかの5種類のカンキツとは異なる傾向を示していた。このことから、カンキツの種類によっては、果実の大きさと果汁中の酸度との関連は必ずしも負の相関を示すわけではないことが示唆された。

一般に、高糖度かつ低酸度が高品質果実の条件となるが、果実横径や糖度および酸度の理想的な条件は産地によって異なることが考えられる。特に、果実横径は実需者のニーズにより変化すると考えられ、理想とする果実横径に応じた果実内部品質の判別が必要となる。本研究で示された決定木には、果実の横径あるいは縦径が分岐の条件として用いられているものも多く、目標とする果実横径を念頭に高糖度あるいは低酸度の果実の条件を判断することができる。例えば、比較的大きい果実の需要が高い「せとか」において、果実横径が73.5 mm以上の大果は73.5 mm未満の小果と比べて糖度が低くなる傾向にあるが、大果のうち果梗が太い果実を摘果あるいは選果時に取り除くことで低糖度の果実を排除できる。一方、「青島温州」において、果皮の赤味が濃くへそが小さい果実では酸度が高くなるものの高い糖度が含まれていると考えられ、ある程度の高い酸度を許容できる貯蔵用に適すると考えられた。このように、本研究で得られた結果を仕上げ摘果や樹上あるいは収穫後の選果に利用することにより、効果的に目標とする品質の果実を選別することができる。なお、決定木分析から算出された閾値は、気象条件や着果量、土壌条件などにより変化することが考えられ、本研究材料の栽培環境下での閾値であることに留意する必要がある。

2. 着果部位が糖度あるいは酸度に及ぼす影響

ウンシュウミカン、福原オレンジおよびボンカンにおいては、樹冠外周部あるいは高い位置に着いている果実で糖度が高くなることが報告されている(岩垣と広瀬, 1979; 木原ら, 1981; 富永ら, 1987; 内田ら, 1985)。本研究の結果からも、多くのカンキツで着果部位の高さや内外が糖度に関与することが示唆された。特に着果部の高さと糖度についてはすべての品種で関連が認められた(第4表)。一方、「青島温州」、「不知火」、「はれひめ」および「津之輝」の糖度に関する決定木分析においては着果部位の高さが分岐の条件でなかった(第2図)。このことから、これらの品種では糖度を予測する条件として着果部位の高さはほかの条件と比べて重要度が低いことが示唆された。また、「西南のひかり」を除く6品種において、着果部位の高さおよび内外は酸度の決定木の分岐条件にならなかったことから、これらの品種では着果部位の高さおよび内外が酸度に対する影響は小さいと推察される。樹冠の高さと糖度との関連について、「はれひめ」では他の品種と逆の傾向を示したが(第4表)、これは、「はれひめ」のみシートマルチ栽培が行われ、地表面に敷設されたシートからの散乱光により樹冠中下部の光合成速度が増加し、糖度が高まったためと思われる。

これまでの報告において、南から西面の糖含量が多いことが観察されており(木原ら, 1981)、本研究における「青島温州」以外の品種で得られた結果と一致する(第4表)。この結果は、樹冠の南面で日射量が最も多く、果実の成熟が進むためと考えられる。着果の方角は、糖度あるいは酸

度の決定木分析における分岐条件として複数の品種で用いられていることから、糖度および酸度に与える影響が比較的大きいと考えられた。

3. 結果枝あるいは結果母枝の特性が糖度あるいは酸度に及ぼす影響

ウンシュウミカンにおいて、結果母枝や結果枝の形質が果汁糖度および酸度に影響することが観察されている（静岡県経済農業協同組合連合会, 2012）。本研究における相関分析において、結果母枝や結果枝の形質と糖度あるいは酸度との間の相関係数の絶対値がいずれも0.4未満だったことから、これらの関連は直線的ではない、あるいは関連が低いと考えられた（第6表, 第7表）。一方、「青島温州」において、酸度の決定木の第2分岐で結果母枝の下垂度および結果枝葉数が用いられていることから（第3図A）、これらの形質が「青島温州」の酸度に影響していると考えられる。「青島温州」以外の品種においては、「はれひめ」および「麗紅」における糖度の決定木の第1分岐がそれぞれ結果母枝の太さあるいは結果枝の下垂度であることから（第2図DおよびG）、これらの品種においても結果母枝あるいは結果枝の形質は糖度予測に重要であることが示唆された。

4. 果実外観が糖度あるいは酸度に及ぼす影響

果実横径や重量が糖度あるいは酸度と密接に関連することは、ウンシュウミカンやはるみで報告されている（久松ら, 2005; 静岡県経済農業協同組合連合会, 2012; 谷村, 1997）。本研究の相関分析および決定木分析の結果から、一部の品種の糖度あるいは酸度の予測において果実横径の重要度が高いことが示唆された。一方、「青島温州」では、早生温州と比較して、果実横径と果汁糖度との関連が小さいことが報告されている（静岡県経済農業協同組合連合会, 2012; 谷村, 1997）。本研究においても、「青島温州」の糖度に関する決定木から、横径の糖度に対する影響は果皮色と比べて小さいと推察された。また、酸度の決定木においては、「青島温州」のみ分岐の条件に横径あるいは縦径が用いられていないことから、果実酸度を予測する際の横径の重要度はほかの品種と比較して小さいことが示唆された。

着色程度と糖・酸含量の密接な関係は、木原ら（1981）が報告している。本研究の「青島温州」および「不知火」における糖度の相関分析および決定木分析からも、赤色の濃淡を表す a^* 値が最も重要な条件であることが示唆された。 a^* 値は光要因の影響が強いと考えられることから（小野, 1983）、 a^* 値が高い果実周辺は受光量が多く、周辺の葉における光合成が活発であるために果実糖度が高まったと考えられる。

本研究では、へその直径が「青島温州」の酸度の判別において重要な要因になりうることが示唆された。また、「青島温州」および「はれひめ」における糖度の決定木の第2分岐にへその直径が用いられていることから、これらの品種ではへその直径と糖度あるいは酸度との関連が高いと思わ

れる。「青島温州」や「はれひめ」におけるへそは、重のうを形成しやすい「不知火」や「津之輝」と比較して小さく、突出することはまれである。これまでにへその大きさと果実品質との関連を報告した例がないことから、今後、へその形成と果実品質との関連についてより詳細に調査する必要があるだろう。

摘 要

本研究では、カンキツ7品種（「青島温州」、 「不知火」、 「せとか」、 「はれひめ」、 「西南のひかり」、 「津之輝」および「麗紅」）を用いて、着果条件および果実外観と果汁中の糖度あるいは酸度との関連を調査した。着果条件および果実外観と糖度あるいは酸度との相関を解析した結果、すべての品種において、着果の高さは糖度に影響し、また、果実横径が大きいほど糖度が低かった。着果部位、結果母枝および結果枝の形質および果実外観のすべての測定値を用いて糖度あるいは酸度の決定木分析を行ったところ、品種間で結果が異なった。「青島温州」および「不知火」の決定木では、 a^* 値が高いほど果汁中の糖度が高いことが示唆された。また、調査されたすべてのカンキツにおいて、横径あるいは縦径が小さいほど糖度が高かった。酸度の決定木では、「青島温州」以外のカンキツで果実横径あるいは縦径が酸度に強く関連することが示唆された。

引用文献

- 大東 宏・富永茂人・小野祐幸・森永邦久. 1981. ウンシュウミカンの異なる樹形における収量及び着果部位別の果実品質について. 園学雑. 50: 131–142.
- 浜部直哉・馬場明子・前田未野里・勝岡弘幸・種石始弘・久松 奨・野田勝二. 2020. 開花期にネットを被覆した「古山ニューサマー」における無核果の着果量、着果特性および果実品質. 園学研. 19: 331–337.
- 久松 奨・小川原 斉・稲葉元良. 2005. 「はるみ」の着花特性および果実階級と果実品質との関係. 静岡相試研報. 34: 1–6.
- 岩垣 功・広瀬和栄. 1979. ウンシュウミカンの成熟生理に関する研究—1—樹冠内における果実間の品質差をもたらず諸要因について. 果樹試報 B. 6: 47–74.
- 木原武士・伊庭慶昭・西浦昌男. 1981. ウンシュウミカン果実の特性が糖・酸含量とその変動に及ぼす影響. 果樹試報 B. 8: 13–36.
- 松本亮司. 2001. 晩生カンキツ「不知火」. 果樹試報. 35: 115–120.
- 松本亮司・山本雅史・國賀 武・吉岡照高・三谷宣仁・奥代直巳・山田彬雄・浅田謙介・池宮秀和・吉永勝一・内原 茂・生山 巖・村田広野. 2003. カンキツ新品種「せとか」. 果樹研報. 2: 25–31.
- 野中圭介・松本亮司・吉岡照高・國賀 武・山本雅史・奥代直巳・吉永勝一・高原利雄・山田彬雄・三谷宣仁・

- 稗圃直史・浅田謙介・今井 篤・池宮秀和・内原茂・深町 浩・村田広野. 2019. カンキツ新品種‘津之輝’. 農研機構報告果樹茶部門. 3: 33-45.
- 農林水産省生産局園芸作物課. 2018. 平成30年産特産果樹生産動態等調査. <https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/tokusan_kazyu>.
- 小野祐幸. 1983. 温州ミカンの光合成作用および生産構造に関する研究—6—解体調査からみた開心自然形仕立ての成木と老木の生産構造. 四国農試報. 41: 84-100.
- R Development Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <<http://www.R-project.org>>.
- 榎 英雄・北園邦弥・藤田賢輔. 2013. カンキツ‘不知火’果実のMA包装資材活用による長期貯蔵技術—1—貯蔵中の果実の糖度およびクエン酸濃度の推移. 熊本農研セ研報. 20: 26-33.
- 静岡県経済農業協同組合連合会. 2012. 青島温州のすべて. p. 69. 安部 勝編集. 静岡県経済農業協同組合連合会みかん園芸部. 静岡.
- 谷村音樹. 1997. 果実の大きさの違いによるミカンの糖度と酸度の比較. 鹿児島大学農学部農場技術調査報告書. 5: 22-23.
- 富永茂人・佐藤宗治・岩堀修一. 1987. ポンカンの樹冠内着果位置と品質. 鹿児島大農学報. 37: 29-40.
- 内田 誠・吉永勝一・河瀬憲次. 1985. 晩生カンキツの果実品質に及ぼす果実周辺環境条件に関する研究—1—福原オレンジの果実品質に及ぼす着果位置とその微気象的環境要因との関係. 果樹試報D. 7: 39-55.
- 吉田俊雄・根角博久・吉岡照高・中野睦子・伊藤祐司・村瀬昭治・瀧下文孝. 2005. カンキツ新品種‘はれひめ’. 果樹研報. 4: 37-45.
- 吉岡照高・松本亮司・國賀 武・山本雅史・高原利雄・吉永勝一・山田彬雄・三谷宣仁・奥代直巳・稗圃直史・池宮秀和・今井 篤・深町 浩・内原 茂・野中圭介. 2015. カンキツ新品種‘西南のひかり’. 果樹研報. 19: 11-22.
- 吉岡照高・松本亮司・奥代直巳・山本雅史・國賀 武・山田彬雄・三谷宣仁・生山 巖・村田広野・浅田謙介・池宮秀和・内原 茂・吉永勝一. 2009. カンキツ新品種‘麗紅’. 果樹研報. 8: 15-23.