鹿児島大学農場研報（Bull. Exp. Farm Fac. Agr. Kagoshima Univ.）31：1～5（2009）

ケラジミカン（*Citrus keraji* hort. ex Tanaka）の果実肥大特性

山本雅史*・中川剛志・久保達也・冨永茂人

鹿児島大学農学部果樹園芸学研究室 890-0065 鹿児島市郡元

Characteristics of Fruit Development in Keraji (*Citrus keraji* hort. ex Tanaka)

Masashi Yamamoto*, Tsuyoshi Nakagawa, Tatsuya Kubo and Shigeto Tominaga

Laboratory of Fruit Science, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065

Summary

This study was conducted to reveal the characteristics of fruit development of Keraji (*Citrus keraji* hort. ex Tanaka), which is a local cultivar mainly grown on Kikaijima island, Kagoshima prefecture. In this experiment, the following items were examined; 1) seasonal variation of fruit development, 2) relationships between number and size of juice sac and fruit size, 3) relationship between condition of fruit bearing and fruit size. The results were as follows. Ovary of Keraji was smaller than that of 'Okitsu Wase' at the flowering stage, and fruit of Keraji was smaller than that of 'Okitsu Wase' during entire investigation. However, no clear difference was observed between rate of fruit development between Keraji and 'Okitsu Wase'. The larger fruit tended to have many segments and number of juice sacs per segment and larger juice sac in Keraji. Number of juice sacs per segment was fewer and size of juice sac was larger in Keraji compared with other citrus cultivars. A positive correlation was revealed between all investigated items such as height of the fruit location and fruit direction and fruit weight. Highest correlation coefficient was obtained between diameter of peduncle (r=0.642**), followed by diameter of fruiting mother shoot (r=0.535**) and fruit size.

Key Words: citrus, growth

キーワード：カンキツ，成長

緒　言

筆者らは，奄美諸島の在来カンキツをこの地域の特産果樹として利用することを目標に，有人島全8島においてカンキツ遺伝資源の調査を行った（山本ら，2006）．それら多数の遺伝資源のうち，喜界島のケラジミカン（*Citrus keraji* hort. ex Tanaka）の果実は無核性，早生性，芳香性を備え，既存の経済栽培品種と比較しても遜色が無い点が多かった．そのため，その無核性機構の解明（Yamamoto・Tominaga，2002），果実品質の詳細な調査（山本ら，2005），機能性成分の分析（山本ら，2008）を実施し，その利用の可能性を検討してきた．これら一連の研究を通して，ケラジミカンを普及する上での最大の問題点は，果実が小さいことであると考えられた．平均すると果実重は70～80ｇ程度であり，我が国で最も生産量の多いウンシュウミカンと比較してもかなり小さい．カンキツにおいて果実の大きさは遺伝的に決定されている部分が大きいが，環境条件によっても変化する．

今後，従来よりも大果のケラジミカンの栽培法を開発するためには，まず，果実の大きさに関係する要因について解明する必要がある．その目的のため，本研究ではケラジミカン果実の肥大の季節的変化，砂じょう等果実構成要素と果実の大きさとの関係，および結実条件と果実の大きさとの関係について検討した．その結果，若干の知見が得られたので報告する．

材料および方法

1．材料

鹿児島大学農学部附属農場唐湊果樹園で露地栽培されているケラジミカン成木を供試した．対照としてウンシュウミカンの'興津早生'（*Citrus unshiu* Marcow.）およびキシュウミカンの'桜島コミカン'（*Citrus kinokuni* hort. ex Tanaka）の成木を用いた．いずれもカラタチを台木とした慣行の栽培法で栽培されていた．

2．果実の大きさの季節的変化

ケラジミカンおよび'興津早生'を供試した．2002年5月7日に開花直後の10花の子房の縦経および横経を測定した．樹上に結実している果実の調査は5月18日から11月22日まで実施した．樹冠赤道部の果実を無作為に20果選び，果実横経をほぼ1週間毎に計測した．なお，10月

2008年12月10日　受理

* Corresponding author. E-mail: yamasa@agri.kagoshima-u.ac.jp

18日は欠測である．果実横経の肥大率は，ある測定日の果実横経を前回の果実横経で除して求めた．

3. 果実の大きさとその構成要素との関係

2003年11月11日にケラジミカン，‘興津早生’および‘桜島コミカン’の樹冠赤道部の果実を採取した．ケラジミカンにおいては，平均的な大きさの果実を「中」，それよりも小さい果実を「小」，大きい果実を「大」として，各10果を採取した．‘興津早生’および‘桜島コミカン’においては，平均的な大きさの果実のみを採取し，「中」とした．

各果実は採取した当日に果実重，果肉重，じょうのう数，じょうのう重，じょうのう当たりの砂じょう数および砂じょう重を計測した．

4. 結実条件と果実の大きさとの相互関係

2003年11月18日にケラジミカンの果実を無作為に150果採取した．採取の際に果梗の太さ，果実の向き，結果枝（1年枝）の着葉数，2年枝（結果母枝）の長さおよび太さ，3年枝の向き，4年枝の向き並びに結実部位の高さを測定した．その後直ちに果実の縦経および横経ならびに果実重を計測した．なお，枝および果実の向きは，下向きを「1」，水平を「3」，上向きを「5」とする5段階で，結実部位の高さは地面から90 cmまでを「1」，90～150 cmを「2」，150 cm以上を「3」とする3段階で，それぞれ評価した．各調査項目間の相互関係の程度は，相関係数で表した．相関係数の有意性は奥野（1986）に従って検定した．

結果および考察

1. 果実の大きさの季節的変化

開花時の子房の大きさは‘興津早生’がケラジミカンよりも縦経で約1.7倍，横経で約1.8倍大きかった（第1表）．両者とも果実の横経は，S字型成長曲線を示し，調査期間を通して，‘興津早生’の果実がケラジミカンよりも大きかった．最終調査日の11月22日で，果実横経はケラジミカンで55 mm，‘興津早生’で71 mmであった（第1図）．

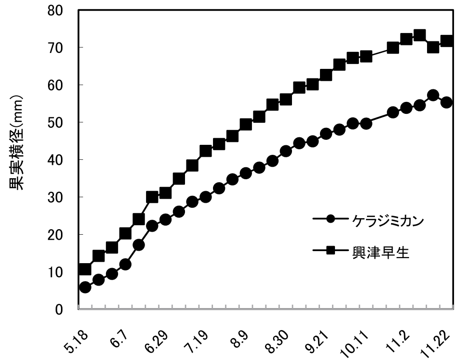
果実横経の肥大率は，いずれも果実成長の初期で高く，特にケラジミカンで高い傾向にあった．両者とも，6月29日に成長率が急激に低下した後，7月にかけてやや高くなった．この傾向はケラジミカンよりも‘興津早生’で顕著であった．両者ともに8月以降，果実の肥大率はほぼ1.05前後で推移した（第2図）．

カンキツの果実肥大がS字型成長曲線を示すことは既に知られている（新居，1989）．本研究の結果，ケラジミカンにおいても他のカンキツ同様，果実肥大はS字型成長曲線を示した．ケラジミカンよりも果実の大きい‘興津早生’と比較すると，開花時から調査終了時まで常にケラジミカン果実は小さかった．しかし，果実横径の肥大率はケラジミカンと‘興津早生’で大差は認められなかった．これらのことから，収穫期にケラジミカ

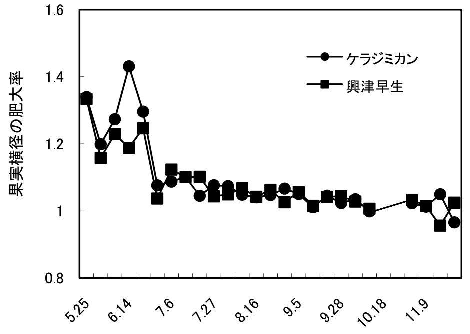
第1表　ケラジミカンと対照品種の‘興津早生’における開花時の子房の大きさ（2002年5月7日）

品　種	縦径(mm)	横径(mm)
ケラジミカン	2.2±0.07	2.8±0.11
興津早生	3.7±0.18	4.9±0.15

調査花数：各10花．



第1図　ケラジミカンと対照品種の‘興津早生’における果実横経の季節的変化（2002年）
調査果実数：各20果



第2図　ケラジミカンと対照品種の‘興津早生’における果実横経の肥大率の季節的変化（2002年）
調査果実数：各20果

ンの果実が興津早生と比較して小さいのは，開花から成熟にかけての肥大率が低いことによるのではなく，開花時の子房の大きさの違いが収穫期の果実の大きさにまで影響しているためだと推察できた．

2. 果実の大きさとその構成要素との関係

ケラジミカン果実を大きさ別に，果実当たりのじょうのう数，じょうのう重，じょうのう当たりの砂じょう数および砂じょう重を調べた（第2表）．果実重は，「大」で94.0 g，「中」で74.8 g，「小」で55.1 gであった．果肉重は「大」で62.5 g，「中」で45.4 g，「小」で37.3 gであった．果実あたりのじょうのう数は，果実の大きさにかかわらずほぼ9個であった．砂じょう重は「大」で81 mg，「中」で69 mgおよび「小」で65 mgであった．じょうのう当たりの砂じょう数は，果実の大きさと密接な関係があった．「大」では77.9個，「中」では73.7個であったのに対して，「小」では59.8個であった．その結果として，じょうのう重も果実の大きさに比例した．

第2表　ケラジミカンと対照品種の‘興津早生’および‘桜島コミカン’における果実重，果肉重，果実当たりのじょうのう数，じょうのう重，じょうのう当たりの砂じょう数および砂じょう重

品　種	果実の大きさ	果実重（g）	果肉重（g）	果実当たりのじょうのう数	じょうのう重（g）	じょうのう当たりの砂じょう数	砂じょう重（mg）
ケラジミカン	大	94.0（6.8）	62.5（5.4）	9.3（0.8）	6.8（0.9）	77.9（14.4）	81（18）
	中	74.8（1.6）	45.4（1.9）	9.1（1.0）	5.4（0.7）	73.7（16.2）	69（16）
	小	55.1（6.4）	37.3（4.8）	8.8（1.3）	4.2（0.8）	59.8（11.1）	65（12）
興津早生	中	118.1(10.9)	96.2（7.9）	10.1（1.0）	9.6（1.9）	183.6（36.4）	51（15）
桜島コミカン	中	36.1（1.9）	27.9（1.2）	9.9（0.9）	3.0（0.4）	74.6（18.9）	39（ 9）

供試果実数：各10果．
果実採取日：2003年11月11日．
括弧内は標準偏差．

対照としてケラジミカンより果実の大きい‘興津早生’および小さい‘桜島コミカン’の中庸の果実を用いて同様の調査を行った．果実重は‘興津早生’で118.1ｇ，‘桜島コミカン’で36.1ｇであった．‘興津早生’ではじょうのう当たりの砂じょう数が183.6個とケラジミカンよりも2倍以上多かった．‘桜島コミカン’の砂じょう数は74.6個でケラジミカンとほぼ同等であった．砂じょう重は‘興津早生’で51 mg，‘桜島コミカン’で39 mgといずれもケラジミカンのものより軽かった．じょうのう重はケラジミカンと比べて，‘興津早生’で重く，‘桜島コミカン’で軽かった．また，果実当たりのじょうのう数は，いずれも約10個でケラジミカンよりもほぼ1個多かった．

ケラジミカンの果実重と，果実当たりのじょうのう数，じょうのう当たりの砂じょう数および砂じょう重との関係は，いずれにおいても認められた．これらの中で特に，小さい果実のじょうのう当たりの砂じょう数が顕著に少なかった．カンキツ果実において砂じょうは開花期に子室内壁上の小突起として発生し，果実発育の初期にその数を急激に増加させ，その後肥大することがわかっている（倉岡・菊池，1961；楊ら，2009）．このことから，ケラジミカンにおいて小さな果実は，砂じょう数の増加が早く停止したか，増加速度が遅かったものと考えられた．また，果実の大きさが「大」と「中」および「小」との間では，砂じょう重に差異が認められた．大きな果実は砂じょう数決定後の，砂じょう肥大においても優れていることがわかった．

たとえ大きな果実であってもケラジミカンのじょうのう当たりの砂じょう数は，‘興津早生’の半分以下であり，果実の小さな‘桜島コミカン’とほとんど変わらなかった．新居（1990）によると，ネーブルオレンジやブンタンではじょうのう当たりの砂じょう数が700個以上のものもあり，最少のシュンコウカンでも110個であった．すなわち，ケラジミカンの砂じょう数が，カンキツの中では非常に少ないことが確認できた．

一方，ケラジミカンの砂じょう重は，‘興津早生’および‘桜島コミカン’よりも重かった．新居（1990）の報告でも，砂じょう重が80 mg以上になるものは，ブンタンおよびハッサクに限られ，その他の多数品種では14～60 mgであった．ケラジミカンの砂じょう重はカンキツ類の中では重いようである．

以上の結果から，ケラジミカン果実においてはじょうのう当たりの砂じょう数は，カンキツ類の中でも少ないが，砂じょう重は重いことが判明した．本研究では収穫時での大きさ別で果実を区分したのみであるため，砂じょう数に及ぼす樹体および環境条件については検討できなかったが，今後，これについて明らかにすることで，大果のケラジミカン生産の可能性が拓けるものと考えられる．

3．結実条件と果実の大きさの相互関係

すべての調査項目と果実重との間において有意な正の相関関係を認めることができた（第3表）．果実重に直接関係する果実縦径および横径を除くと，果実重は果梗の太さとの相関係数が0.642***と最も高く，2年枝の太さ（r＝0.535***）が続いた．一方，果実の向きとの相関係数は0.190**と最も低かった．高い位置で上向きの枝から発生した長く太い2年枝に結実していて，着葉数が多く，上向きで果梗の太い果実が大きい傾向にあった．また，果実重は果実縦径（r＝0.723***）よりも果実横径（r＝0.953***）との相関係数が高かった．また，ほとんどの調査項目間で有意な正の相関関係が認められ，有意でなかったものは，果実の向きと着葉数等，数項目に過ぎなかった．

結実の条件と果実の大きさとの関係についてはウンシュウミカン（木原ら，1981）やポンカン（冨永，1989）で明らかにされている．それらによると，結実部位が高いこと，着葉数が多いこと，上向きに結実していること，果梗が太いことが，果実を大きくする．また，ケラジミカンにおいても着葉数および果梗の太さと果実重との間に正の相関関係があることが既に明らかにされている（山本ら，2005）．本研究のケラジミカンで得られた結果は，従来の知見と一致するものであった．しかし従来，3，4年枝の向きと果実の大きさとの関係について検討した報告は無く，その点については本研究に新規性がある．その結果，上向きの強い枝が基となっている果実が大きい傾向にあることがわかった．すなわち，ケラジミカンにおいては樹勢を強化することが大果生産につながる可能性が示唆された．樹勢は剪定によってある程度制御可能であるので（河瀬，1999），今後は大果生産につなが

第3表　ケラジミカンの結実条件と果実形質との相互関係

		結実部位の高さ^{z}	4年枝の向き^{y}	3年枝の向き^{y}	2年枝の長さ(cm)	2年枝の太さ(mm)	果実 着葉数(枚)	向き^{y}	果梗の太さ(mm)	縦径(mm)	横径(mm)	果形指数	果実重(g)
平均値		2.0	3.2	3.2	16.2	4.9	2.3	2.0	3.1	47.1	56.2	119.4	78.3
標準偏差		0.82	0.95	0.95	8.30	1.64	2.61	0.85	0.48	3.39	4.96	8.75	16.10
4年枝の向き		0.676^{***x}											
3年枝の向き		0.615^{***}	0.715^{***}										
2年枝の長さ(cm)		0.176^{*}	0.406^{***}	0.314^{***}									
2年枝の太さ(mm)		0.424^{***}	0.595^{***}	0.498^{***}	0.750^{***}								
果実	着葉数	0.328^{***}	0.389^{***}	0.313^{***}	0.393^{***}	0.603^{***}							
	向き	0.280^{***}	0.270^{**}	0.329^{***}	0.079	0.234^{**}	−0.046						
	果梗の太さ	0.337^{***}	0.441^{***}	0.395^{***}	0.345^{***}	0.578^{***}	0.279^{***}	0.519^{***}					
	縦径(mm)	0.221^{**}	0.168^{*}	0.200^{**}	0.099	0.134	−0.068	0.332^{***}	0.489^{***}				
	横径(mm)	0.502^{***}	0.504^{***}	0.474^{***}	0.390^{***}	0.594^{***}	0.476^{***}	0.221^{**}	0.643^{***}	0.599^{***}			
	果形指数	0.380^{***}	0.443^{***}	0.368^{***}	0.378^{***}	0.585^{***}	0.633^{***}	−0.055	0.300^{***}	-0.256^{**}	0.618^{***}		
	果実重(g)	0.424^{***}	0.435^{***}	0.406^{***}	0.366^{***}	0.535^{***}	0.410^{***}	0.190^{**}	0.642^{***}	0.723^{***}	0.953^{***}	0.433^{***}	

供試果実数：150果.
果実採取日：2003年11月18日.
z 1: 0–90cm, 2: 90–150cm, 3: 150cm以上（地面からの高さ）.
y 1: 下向き, 2: やや下向き, 3: 水平, 4: やや上向き, 5: 上向き.
x ＊:5%水準で有意，＊＊:1%水準で有意，＊＊＊:0.1%水準で有意(奥野(1986)に従い，有意性を検定した).

る整枝・剪定法の開発が必要である．

また，果実重は果実縦径よりも横経との相関係数が高かった．一般に果実肥大においては横径の成長が縦径の成長よりも長く続く（倉岡・菊池，1961）ので，この結果は果実肥大の後期もしくは成熟期に十分肥大した果実が最終的に大きかったことを示している．この点については前述の砂じょうの肥大も関連するものであり，適切な摘果の程度（葉果比）の解明も含めて，今後の重要な課題である．

なお，一般にカンキツにおいては果実が大きくなると糖度が低下する傾向にあり（木原ら，1981；冨永，1989），大果の生産は必ずしも果実品質の向上にはつながらない．しかし，ケラジミカンにおいては果実の大きさと糖度との間に有意な関係が認められておらず（山本ら，2005），大果の生産は，ケラジミカンの商品価値の向上に直結するものである．今後は，本研究の知見を基にして，大果生産につながる栽培技術の開発に取り組む必要がある．

要　　約

喜界島の特産カンキツであるケラジミカン（*Citrus keraji* hort. ex Tanaka）果実の肥大の季節的変化，砂じょう数および砂じょうの大きさ等と果実の大きさとの関係，および結実条件と果実の大きさとの関係について検討した．開花時の子房の大きさがケラジミカンでは対照とした興津早生よりも小さく，果実の大きさも調査期間を通してケラジミカンで‘興津早生’よりも小さかった．しかし，果実の肥大率は両者で大差なかった．大きな果実ほど，果実当たりのじょうのう数，じょうのう当たりの砂じょう数および砂じょう重が多くまたは重くなる傾向にあった．他のカンキツと比較した場合，ケラジミカン果実はじょうのう当たりの砂じょう数は少なく，砂じょう重が重かった．結実部位の高さ，枝の向きなどすべての調査項目と果実重との間において有意な正の相関関係を認めることができた．果実重は果梗の太さとの相関係数が0.642***と最も高く，2年枝の太さ（r=0.535***）が続いた．

引用文献

井上　宏・織田義彦．1979．温州ミカンの果実肥大に及ぼす結果枝着葉数ならびに含有砂じょう数の影響．園芸学研究集録．9: 48-53.

河瀬憲次．1999．整枝・せん定．p. 454-477. 岩堀修一・門屋一臣編著．カンキツ総論．養賢堂．東京．

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．B8. 13-36.

倉岡唯行・菊池卓郎．1961．カンキツ果実の発育に関する組織学的研究（第1報）温州ミカンについて．園学雑．30: 189-196.

新居直祐．1989．果樹・果実の形態機構と発育[1]－良

品果生産の基礎―．農及園．64: 877-882.
新居直祐．1990．果樹・果実の形態機構と発育[17]―良品果生産の基礎―．農及園．65: 1425-1432.
奥野忠一．1986．応用統計ハンドブック．p. 91-193. 養賢堂．東京．
冨永茂人．1989．ポンカン（*Citrus reticulata* Blanco）果実の品質向上に関する研究．鹿大農学術報告．39: 17-87.
山本雅史・河野留美子・上野景子・橋本文雄・小橋謙史・松本亮司・吉岡照高・冨永茂人．2005．ケラジ（*Citrus keraji*）における果実品質の時期別変化とそれらの相互関係．熱帯農業．49: 280-287.
山本雅史・松本亮司・上地義隆・伊地智　告・久保達也・冨永茂人．2008．喜界島における在来カンキツのポリメトキシフラボノイド含量．鹿大農学術報告．58: 1-7.
山本雅史・松島健一・伊地智　告・上地義隆・川口昭二・中野八伯・野村哲也・谷村音樹・久保達也・冨永茂人．2006．奄美諸島における在来カンキツ遺伝資源の調査とその保存．鹿大農場研報．29: 5-11.
Yamamoto, M. and S. Tominaga. 2002. Relationship between seedlessness of keraji (*Citrus keraji* hort. ex Tanaka) and female sterility and self-incompatibility. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 71: 183-186.
楊　学虎・冨永茂人・平井孝宣・久保達也・山本雅史．2009．タンカン（*Citrus tankan* Hayata）の果実発育，着色，果汁成分，砂じょう成長および呼吸活性の時期別変化．園学研．8: 227-234.