

露地栽培中晩生カンキツ「麗紅」の 商品性の高い果実を生産するための摘果指標

林田誠剛

キーワード：麗紅，果実肥大，摘果，品質

Thinning Index for the Production of High Quality Fruit
in Medium-late Maturing Citrus 'Reikou' at Open Cultivation.

Seigo HAYASHIDA

目次

1. 緒言	124
2. 材料および方法	124
1) 果径から果実重を推定する方法	124
2) 果実肥大パターンの品種間差異	124
3) 摘果指標の作成	124
4) 果実の大きさと品質の関係	125
3. 結果	125
1) 果径から果実重を推定する手法	125
2) 果実肥大パターンの品種間差異	125
3) 摘果指標の作成	126
4) 果実の大きさと品質の関係	127
4. 考察	128
1) 果径から果実重を推定する式について	128
2) 摘果指標について	129
3) 果実の大きさと品質について	129
5. 摘要	129
6. 引用文献	130
Summary	130

1. 緒言

カンキツ類では着果過多を防ぎ、適度な着果とするため摘果は必須の作業である。その目的は隔年結果の防止、品質向上などさまざまであるが、最も大きなねらいは目標とする大きさの果実を生産することにある。目標とする果実の大きさはカンキツの種類によって異なっており、それは市場での評価によるところが大きい。一般にウンシュウミカンは100g前後の中庸な大きさの果実が、イヨカンやブンタン類などの中晩生カンキツでは大きな果実が市場での評価が高い。本研究に供試した「麗紅」¹²⁾は、中晩生カンキツでありながら、イヨカンやブンタン類などとはまったく異なる果形を呈し、ウンシュウミカンに類似した果形指数 140前後の扁平な果実

であることから、どれくらいの大きさの果実を生産すればいいのか、そのためにはどのような摘果をすればよいのか明らかとなっていない。

従来、摘果の指標として、主に適正な着果という観点から、葉果比による着果量、単位樹容積当たりの着果量が用いられてきた。これらは樹全体の着果量を調整するためには有効な指標であるが、個々の果実を求める大きさとするための指標としては適していない。

そこで、露地栽培の「麗紅」で品質がよい果実を生産するため、摘果時期に当たる幼果期の果径から収穫期の果実階級を予測できる摘果指標の作成について試験を実施したので、その概要を報告する。

2. 材料および方法

1) 果径から果実重を推定する方法

果樹研究部門内に植栽した露地栽培の高接ぎ5年生「麗紅」を供試し、成熟期に当たる2005年2月9日に3樹から無作為に10果ずつサンプリングし、果実横径(2w)、縦径(2h)および果実重を測定した。

得られた横径および縦径を基に下記に示す3つの方法から体積を推定し、果実重との相関を求めた。図1に測定した部位を示した。

$$\text{推定式① } V_1=4/3\pi \times w^2 \times h$$

$$\text{推定式② } V_2=4/3\pi \times w \times h^2$$

$$\text{推定式③ } V_3=4/3\pi((w+h)/2)^3$$

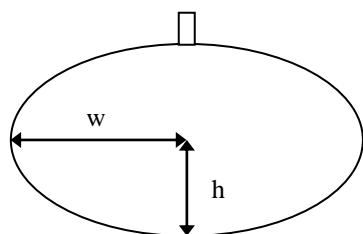


図1 果径の測定部位

2) 果実肥大パターンの品種間差異

主な中晩生カンキツ品種における果実肥大パターンの差異を明らかにするため、2008年に果樹研究部門内に植栽した露地栽培の高接ぎ9年生

「麗紅」3樹、高接ぎ10年生「せとか」3樹および7年生「不知火」4樹を供試し、各樹より無作為に10果を選び、生育期に果実横径および縦径を調査した。調査は「麗紅」と「せとか」は7月1日から12月10日まで10~30日間隔で、「不知火」は6月30日から11月21日まで約10日間隔で行った。なお、満開日は「麗紅」および「せとか」が5月11日、「不知火」が5月12日であった。

3) 摘果指標の作成

2008年および2009年に佐世保市針尾東町に植栽された露地栽培の「麗紅」10樹を供試し、各樹から無作為に20果、合計200果を選び、ラベルした。なお、供試樹の樹齢は2008年時点で7年生で、着果量は両年とも樹容積1m³あたり15果になるように調整した。

2008年は満開60日後の7月7日および満開81日後の7月28日に果実の横径を測定した。成熟期に当たる2009年1月21日に着果していたすべての果実165果を収穫し、横径および果実重を測定した。

2009年は満開62日後の7月6日、満開83日後の7月27日および満開99日後の8月12日に横径を測定した。成熟期に当たる2010年1月25日に着果していたすべての果実179果を収穫し、横

径および果実重を測定した。

2008年および2009年に供試した果実について、収穫時の横径を基にSから4Lまで階級別に区分し、その果実の幼果期の横径から摘果指標を作成した。次にその指標の精度を評価するため、適合率を算出した。適合率とは幼果期の横径から予測される収穫期の階級と実際に収穫時点の横径から得られた階級とが一致している割合を示すもので、その率が高いほど指標の精度が高いと判断できる。

4) 果実の大きさと品質の関係

上記3)の試験で2010年1月25日に収穫したすべての果実を供試し、果皮の粗滑程度、糖度および酸含量を調査した。なお、糖度は屈折糖度計による可溶性固形物含有率で、酸含量は一定量の果汁を採取し、0.156Nの水酸化ナトリウムによる中和滴定量によりクエン酸含量で算出した。また、粗滑程度は下記に示す3段階で評価した。

粗滑程度 0：滑 1：中 2：粗

3. 結果

1) 果径から果実重を推定する方法

いずれの推定式も果径から推定した体積と実測果重との間には高い正の相関が見られた(図2)。また、推定した体積と実測果実重との間の相関係数は推定式①と推定式③で0.99と非常に高かった(表1)。回帰直線の傾きaは推定式①が最も1に近く、次いで推定式③、推定式②の順に低かった。b(y切片)の値は推定式①が最も低く、次いで推定式③、推定式②の順に高かった。

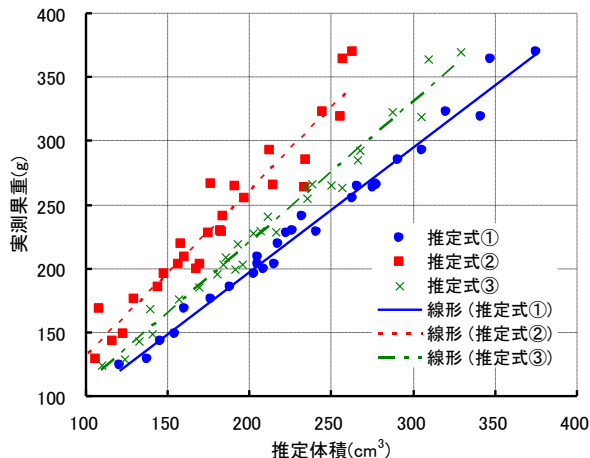


図2 推定方法の違いと推定精度

表1 推定方法の違いと相関係数、一次回帰式

推定式	r 相関係数	a 傾き	b y切片
推定式①	0.9918	1.009	1.217
推定式②	0.9642	0.714	12.175
推定式③	0.9894	0.888	4.898

2) 果実肥大パターンの品種間差異

図3に「麗紅」の、図4に「せとか」の、図5に「不知火」の横径、縦径および日増加体積の推移を示した。

満開後50日の「麗紅」の横径と縦径はどちらも13mm程度で、同時期の「せとか」の20mm、「不知火」の27mmと比べ、小さかった。その後の「麗紅」の増加パターンは「せとか」と類似し、満開90日前後までは横径と縦径はほぼ同じで、それ以降、縦径の伸びは緩やかとなった。一方、「不知火」は満開130日後まで横径と縦径はほぼ同じであった。

「麗紅」の日増加体積は満開70日後までの生育初期は「せとか」と比べ少なかったが、それ以降は「せとか」よりも多く推移し、満開140日後が最も増加が多かった。

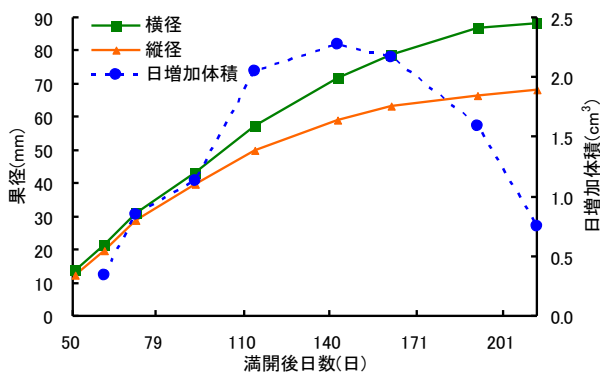


図3 「麗紅」の横径、縦径および日増加体積の推移

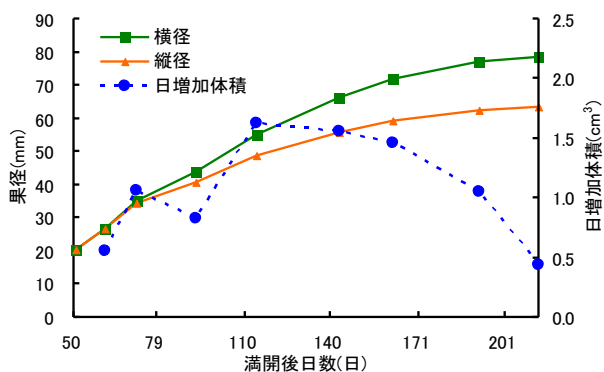


図4 「せとか」の横径，縦径および日増加体積の推移

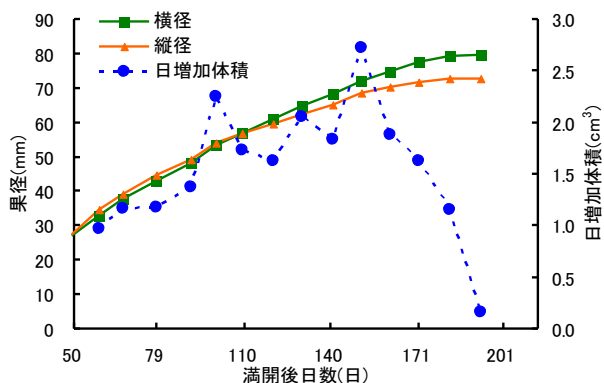


図5 「不知火」の横径，縦径および日増加体積の推移

3) 摘果指標の作成

満開約60日後の横径と収穫時横径との関係について、2008年を図6に、2009年を図7に示した。両年とも正の相関は見られるものの相関係数 r は2008年が0.33、2009年が0.27と低く、バラツキが大きかった。

満開約80日後の横径と収穫時横径との関係について、2008年を図8に、2009年を図9に示した。両年とも相関係数 r は2008年が0.88、2009年が0.67と満開60日後より高かった。2009年に行った満開約100日後の相関も0.78と高かった(図10)。

そこで、収穫時横径との相関が高かった満開80日後および100日後の横径について、収穫時の階級別にまとめたのが表2である。たとえば、収穫時にL級の果実になるのは2008年の場合、満開80日後で $28.6 \pm 2.2\text{mm}$ (平均 \pm 標準偏差)、2009年は満開80日後で $29.2 \pm 3.4\text{mm}$ 、満開100日後で $39.0 \pm 3.4\text{mm}$ であることを示している。なお、実際の調査日は満開80日後、100日後とずれているため、表中の値は前後の横径の日変化量を算出し補正を行っている。

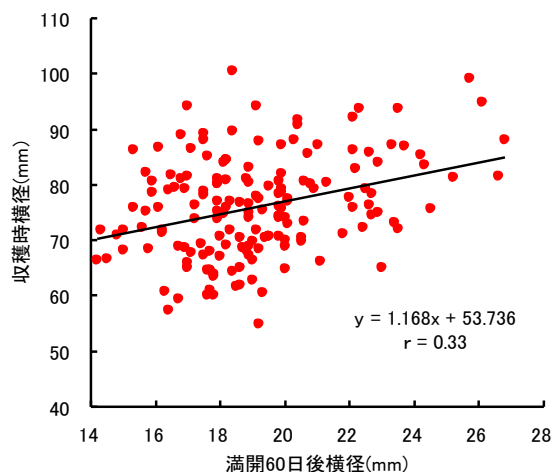


図6 満開60日後と収穫時の横径の関係(2008)

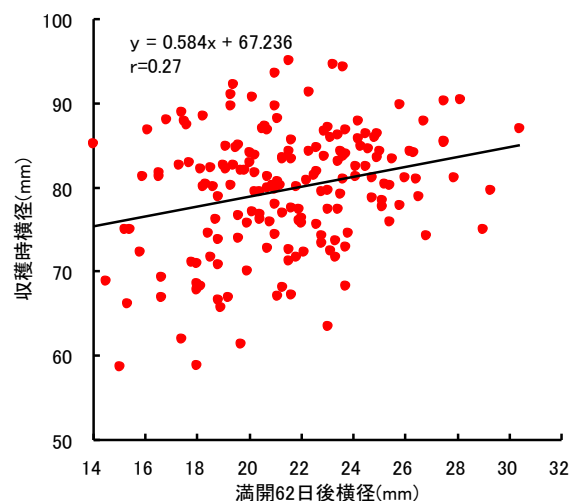


図7 満開62日後と収穫時の横径の関係(2009)

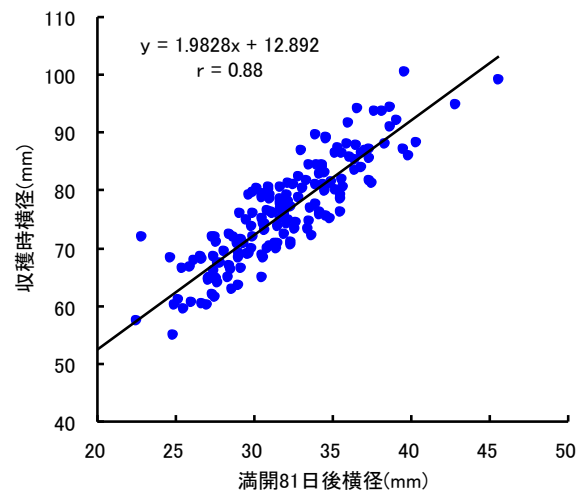


図8 満開81日後と収穫時の横径の関係(2008)

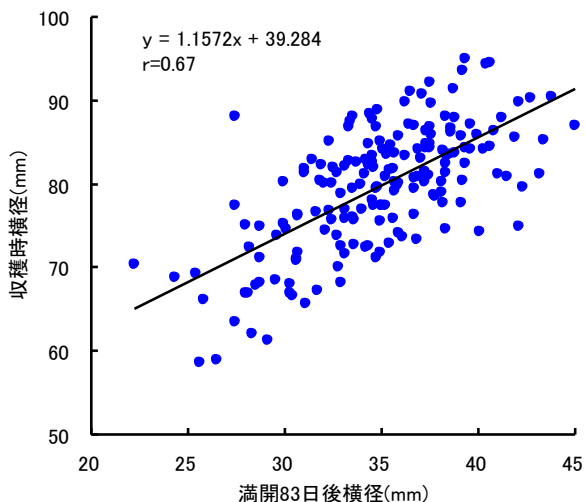


図9 満開 83 日後と収穫時の横径の関係 (2009)

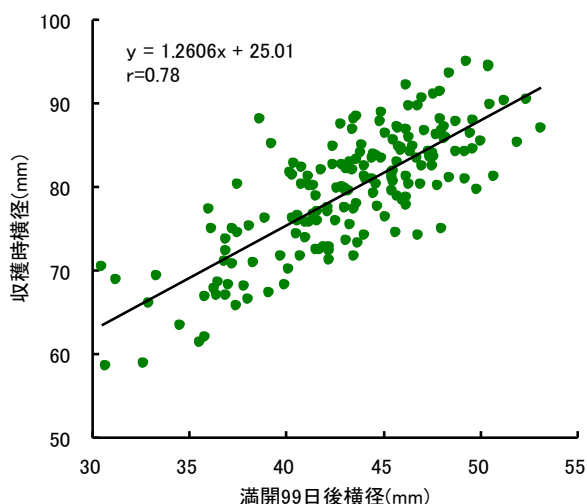


図10 満開 99 日後と収穫時の横径の関係 (2009)

次に表 2で示した摘果指標の適合率を算出した (表 3) . 2008年の満開80日後の指標を基に収穫期の階級を予測した場合の適合率は、当該年である2008年はいずれの階級も40~55%と比較的高い適合率であった. 同じ指標を使って、2009年の適合率を見たところ、階級により差が見られたものの30%程度とやや低い適合率であった. 同様に2009年の満開80日後の指標を基にした適合率は2008年の適合率が比較的高く、2009年はやや低かった. 2009年の満開 100日後の指標を基に適合率は満開80日後よりやや高く、30~45%程度であった. なお、予測する階級をL級~2L級とした場合の適合率は、2008年は80%程度、2009年は満開80日後で50%程度、満開 100日後で60%程度であった.

4) 果実の大きさと品質の関係

果皮の粗滑はL級以下の果実はすべて平滑であったが、2L級以上では大きな階級の果実になるほど果面が粗くなった (表 4) . 糖度および酸含量は階級間に有意な差は認められなかったものの、糖度は階級が小さくなるほど高く、酸含量は小さな階級ほど多い傾向にあり、特に酸含量はS級およびM級では 1.3g/100ml以上と非常に多かった.

表 2 収穫期の果実階級と幼果期の横径との関係 (摘果指標)

階級	収穫時 横径 (mm)	2008 年		2009 年		
		平均 果実重 (g)	横径 (mm)	平均 果実重 (g)	横径 (mm)	
			満開 80 日後		満開 80 日後	満開 100 日後
S	55~61	92.0	25.0±1.6 ²	87.8	24.7±0.6	32.0±1.3
M	61~67	110.5	27.2±1.3	114.6	27.1±1.7	36.2±1.6
L	67~73	132.3	28.6±2.2	142.4	29.2±3.4	39.0±3.4
2L	73~80	169.6	31.4±1.7	182.0	32.6±3.4	43.0±3.1
3L	80~89	218.3	34.4±2.5	233.5	34.3±3.2	45.9±3.0
4L	89~	286.1	37.3±3.0	291.2	36.9±2.4	49.4±2.0

² 平均±標準偏差

表 3 摘果指標の適合率 (%)

満開後日数 指標として使用した年	80 日				100 日
	2008		2009		2009
適合率を見た年	2008	2009	2008	2009	2009
S	40.0	25.0	40.0	25.0	33.3
M	45.8	38.5	48.8	35.7	35.7
L	46.2	27.0	41.0	21.4	36.8
2 L	55.3	31.9	56.4	31.9	44.4
3 L	52.6	58.8	61.5	57.1	69.4
4 L	44.4	19.1	40.9	17.0	24.3
L ~ 2 L	78.1	52.3	79.5	50.7	61.6

表 4 果実階級と糖度および酸含量

階級	粗滑程度	糖度 (Brix)	酸含量 (g/100ml)
S	0.0	13.2	1.41
M	0.0	12.6	1.36
L	0.0	12.6	1.25
2 L	0.3	12.4	1.21
3 L	0.8	12.4	1.26
4 L	1.5	12.3	1.21
有意性		ns ²	ns

² 一元配置の分散分析により nsは有意差なし

4. 考察

1) 果径から果実重を推定する式について

球の体積は円柱の体積の2/3であることから、下記式で求められる。

$$\text{円柱の体積} : V = 2\pi r^3$$

$$\text{球の体積} : V = 2/3(2\pi r^3) = 4/3\pi r^3$$

(π : 円周率, r : 球の半径)

楕円体は r がxyz軸で異なるだけで、基本的に球と同様と考えてよく、球の体積を求める数式で算出する。しかしながら、果実は真の楕円形ではないため、推定体積と実測果重の相関は球の半径 r の算出方法によって異なる結果となった。3つの推定法の中では、推定式①が最も相関係数が高く、傾き a が最も1に近く、 b (y 切片)は最も低かった。

このことは、推定式①が果径から実測果重を推定するのに最適な算出方法であることを示している。その要因として、「麗紅」は横径/縦径 $\times 100$ で示す果径指数が140と扁平であり、横径 ($2w$) の寄与度が大きいと推察される。

果径から果実重を予測する手法として、Kikuchi⁶⁾がナシで「縦径 \times 横径」を、岩崎⁵⁾がカンキツで「 $\pi \times (\text{横径}/2)^2$ 」を提案している。また、田端ら¹⁰⁾は早生ウンシュウ、普通ウンシュウおよび夏橙を用いて果径から果実重を予測する手法として、数種の式を検討した結果、「 $\pi \times (\text{横径}/2)^2 \times \text{縦径}$ 」が最も精度よく予測できるとして、これを重量発育指数として定義している。本報告の結果とは推

定式が異なるが、縦径よりも横径に重み付けをした場合が精度が高くなるという結果は岩崎や田端らの報告と同様である。

ところで、推定体積から実測果重を推定するには比重も考慮すべきである。井上⁴⁾はウンシュウミカンを使った実験で、果実が成熟に近づくほど、また浮皮程度が大きいほど比重は低下し、成熟期の比重は0.85程度としている。今回の試験は同一の生育ステージである成熟期の果径から果実重を推定するものであり、また、供試品種がほとんど浮皮の発生が見られない「麗紅」であることから、個体間の比重に違いはないと考えられ、今回の推定式に比重をパラメータとして入れる必要はないと思われる。

2) 摘果指標について

摘果時の果径と収穫時の果径の関係について、ウンシュウミカンでの調査事例^{7), 8), 9), 11)}は多いものの、中晩生カンキツでは少なく、田端・橋本¹¹⁾が「夏橙」で、池田ら³⁾が「天草」で、平山ら²⁾が「不知火」で報告しているに過ぎない。その平山らの報告によれば、「不知火」では8月上旬以降から収穫期の果実の大きさ予測が可能であったとしている。本報告では暦日ではなく、満開後日数で評価し、収穫時横径と相関が高かったのは満開80日以降であった。本試験の供試品種である「麗紅」の露地栽培での満開期は5月10日前後なので、満開80日後は暦日では8月上旬となり、品種は異なるものの平山らの報告と一致する結果となった。

今回、生育が正常な樹で、着果量を揃えた条件

で得た2か年のデータを基に満開80日後および満開100日後における摘果指標を作成したが、表3に示すように、2008年と比べ、2009年は精度が低かった。このことは、満開約80日後と収穫時の横径の相関が2008年の $r=0.88$ (図8) に対し、2009年は $r=0.67$ (図9) と低いことに起因する。つまり、年次によっては図3で示した果実横径の増減は満開80日以降の気温、降水量などの気象条件で変化することが予想され、予測精度が多少落ちることも考えられる。

3) 果実の大きさと品質について

果実の大きさによって品質が異なり、小さな果実ほど糖度が高く、酸含量が多かった。この結果は、原田ら¹⁾がウンシュウミカンを供試して実施した同様の調査結果と一致する。

果実の品質として、糖度は高いほどよく、酸は適度(1.0~1.3g/100ml)に含まれるのがよいとされている。また、「麗紅」は果皮が非常に滑らかなのが特徴であり、粗滑程度も重要な品質評価の要因となる。これらのことから、糖度が比較的高く、酸含量が1.3g/100ml以下で、かつ粗滑程度が低いL級および2L級の果実が商品性が最も優れていると判断できる。

以上のことから収穫期に商品性の高いL級および2L級になる果実(横径67~73mm)を生産するための摘果時の横径は、表2から満開80日後で28~33mm、満開100日後で39~43mmである。また、その指標の適合率は表3から50~80%である。

5. 摘要

露地栽培の中晩生カンキツ「麗紅」について、果径から果実重を測定する手法、果実肥大特性および商品性の高い果実を生産するための摘果指標の作成に関して試験を行った。その結果、下記のことから明らかとなった。

1) 下記の式を用いることで、成熟期の果径から果実重を精度よく推定できる。

$$V=4/3\pi \times w^2 \times h \quad (w: \text{横径の半径}, h: \text{縦径の半径})$$

2) 満開80日以降の果実横径と収穫時の横径の間

には正の相関があった。そこで、収穫時に任意の階級の果実を生産するための指標として、満開80日後と満開100日後の横径を算出した。

3) 果皮が滑らかで、糖度が高く、酸含量が高くない果実の階級はL級および2L級である。さらにその階級を生産するためには満開80日後で横径が28~33mm、満開100日後で39~43mmの果実を残せばよく、その適合率は50~80%と高い。

6. 引用文献

- 1) 原田 豊, 谷本十四春, 松本武吉: 温州ミカンの着果状態が果実の品質に及ぼす影響, 香川県農業試験場研究報告, 21, 36~39 (1971)
- 2) 平山秀文, 藤田賢輔, 磯部 暁, 重岡 開: 不知火の品種特性と生産安定技術の確立, 熊本県農業研究センター研究報告, 5, 125~140 (1996)
- 3) 池田繁成, 松元篤史, 新堂高広, 平野稔邦, 篠倉耕作: 中晩生カンキツ‘天草’の施設栽培における着花・果および果実生育特性, 佐賀県果樹試験場研究報告, 16, 17~24 (2007)
- 4) 井上 宏: 温州ミカンの果実の肥大と果実比重, 香川大学農学部学術報告, 31(2), 105~111 (1980)
- 5) 岩崎藤助: 柑橘栽培法, 朝倉書店 (1954)
- 6) Kikuchi, A: Variation in size and form of *Pyrus serotina*, *Botanical Gazette*, 79(4), 412-426 (1925)
- 7) 岸野 功: 温州ミカンの収量予測について (果実肥大の推移), 九州農業研究, 31, 166 (1968)
- 8) 中島利幸, 大垣智昭: 温州ミカン園の収量構成予測法に関する研究 (第2報) 果実の肥大について, 園芸学会発表要旨, 昭46春, 32~33 (1971)
- 9) 野方俊秀, 江口 浩, 江原忠彰, 遠田春二: 温州ミカンの摘果時果径と収穫時果径の関係について, 九州農業研究, 31, 160~162 (1968)
- 10) 田端市郎, 加藤義雄, 西場静雄: 柑きつ果実の重量発育指数について, 三重県農業試験場研究報告, 1, 45~52 (1966)
- 11) 田端市郎, 橋本敏幸: カンキツ果実の大きさべつ摘果に関する研究, 園芸学会発表要旨, 昭45秋, 42~43 (1970)
- 12) 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: カンキツ新品種‘麗紅’, 果樹研究所研究報告, 8, 15~23 (2009)

Summary

Results of examination about technique to estimate fruit weight from fruit diameter, fruit enlargement properties and making of thinning index to produce high-quality fruit of the marketability in medium-late maturing citrus ‘Reikou’ at open cultivation, follows became clear.

- 1) It is possible to estimate fruit weight from fruit diameter of the opportune time with high precision by using the following expression.

$$V = \frac{4}{3} \pi \times w^2 \times h \quad (w: \text{radius of a transverse diameter, } h: \text{radius of a longitudinal diameter})$$

- 2) There was an equilateral association between the fruit transverse diameter after full bloom 80 days and the transverse diameter at harvest time. Therefore, an index to produce fruit of any rank at harvest time is calculated with transverse diameter at the after full bloom 80 and 100 days.
- 3) The rank of the fruit which has smooth rind, high sugar contents and few acid contents, is L and 2L. Furthermore, the technique for product is to leave fruit which transverse diameter 28-33mm after full bloom 80 days and 39-43mm after full bloom 100 days. The conformable rate to that case is high with 50-80%.