

ビワにおける糖度及びpHの果実内分布と 効率的な調査方法

稗圃直史・佐藤義彦・福田伸二

The Positional Differences of Brix and pH in a Loquat Fruit and the Effective Method for
Measuring Fruits

Naofumi HIEHATA, Yoshihiko SATO and Shinji FUKUDA

緒 言

果樹及び果菜類において、果実の甘味及び酸味は肉質などと並んで果実の品質を決定する非常に重要な要因である。そのうち甘味は果汁の糖度を測定することによって客観的に表すことができる。糖度は測定が比較的簡便なことから、試験研究だけでなく生産現場等においても果実品質の評価に日常的に用いられている。一方、酸味を表す手段としては酸含量やpHによって数量化する方法があり、ビワの果実調査では滴定酸含量を用いることが多い。しかし、この方法には、ある一定以上の果汁を必要とすること、操作が煩雑であること、果汁が褐変しやすく滴定の終点が不明瞭であること、滴定に熟練を要することなどの問題点が多い。

また、果実品質調査に供試する果汁を搾汁する方法として、果肉の小切片を指あるいは手で搾汁する方法、ジューサーなどで機械的に搾汁する方法などがあるが、ニホンナシでは搾汁方法によっても糖度が異なることが知られている⁵⁾。

果実品質を評価するために果実の糖度や酸含量などを測定する場合、果実の一部分から果汁を採取し、

その測定値を果実全体の数値として代用する方法が一般的であるが、その際にはサンプリングする果実の一部分が果実全体を代表するものでなくてはならない。特に、個々の果実の糖度や酸含量を測定する場合には、このことは試験の精度を左右する重要な問題である。果実の部位により糖度、酸含量、pHなどが異なることは、ウンシュウミカン^{11, 16)}、川野ナツダイダイ¹⁴⁾、オレンジ^{1, 15)}、グレープフルーツ^{1, 15)}、ニホンナシ⁵⁾、リンゴ^{2, 6, 9)}、モモ^{7, 17, 18)}、カキ¹⁹⁾、メロン^{3, 10, 13)}、スイカ¹⁶⁾など多くの果樹及び果菜類で認められている。ところが、ビワにおいては糖度や酸含量の果実内分布を調査した報告はなく、部位間における差は明らかでない。

本報告は、ビワの果実調査において、搾汁方法が糖度、酸含量及びpHに及ぼす影響、果汁中の酸含量とpHの関係並びに糖度及びpHの果実内分布を明らかにし、ビワ果実品質の正確かつ効率的な調査方法を確立することを目的として行ったものである。

材料及び方法

1. 果汁の搾汁方法が糖度、酸含量及びpHに

及ぼす影響

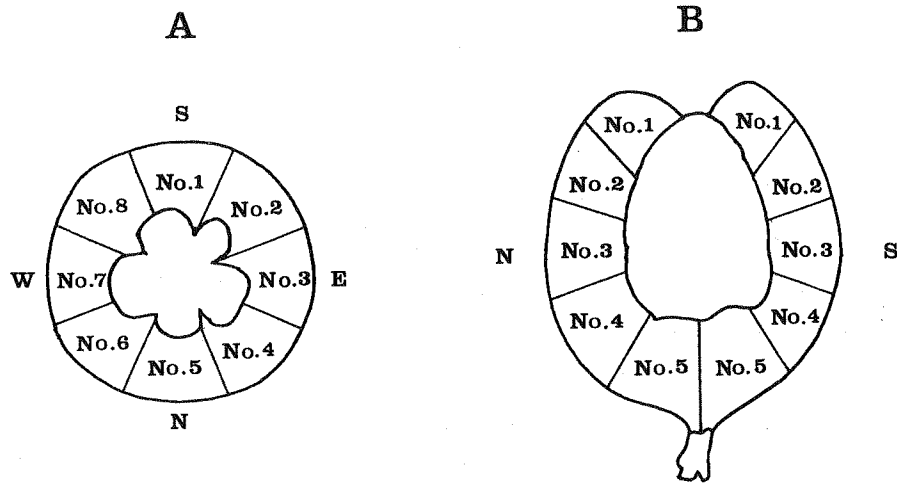
試験は、1995年に‘田中’（有袋及び無袋）及び‘津雲’（有袋）の2品種を用いて行った。果汁の搾汁方法として、ジューサー（ナショナル ジューサー MJ-30K）で摩砕後搾汁する方法（以下ジューサー法）、料理用のニンニク絞り器を用いる方法（以下押しつぶし法）及びピワの果実調査で従来より行っている手で絞る方法（以下徒手搾汁法）の3方法について検討した。サンプルは果実を垂直方向に6分割し（くし型切り）、対角の2片を1組として、前述の3方法に振り分けた。試験は各方法とも1区4果ずつの4反復で行った。搾汁した果汁はガーゼでろ過した後、糖度を屈折糖度計（アタゴ、DBX-55）で、酸含量を水酸化ナトリウム水溶液による滴定で、また、pHをpHメーター（東亜電波工業、HM-30S、電極：GST-5311C）で測定した。なお、酸含量はリンゴ酸含量に換算して表した。

2. 果汁の酸含量とpHの比較

1995年及び1997年の2年間、ピワ果汁中の酸含量とpHの関係について検討した。材料には1次選抜中の交雑実生、系統適応性検定試験等に供試している系統及び‘茂木’などの対照品種を供試した。各個体ごとに徒手搾汁法により搾汁した果汁の酸含量及びpHを測定した。酸含量は水酸化ナトリウム水溶液による滴定で、pHはpHメーター（東亜電波工業、HM-30S（1995年）、HM-20E（1997年）、電極：GST-5313F）で測定し、両者について回帰分析を行った。なお、酸含量はリンゴ酸含量に換算して表した。

3. 糖度及びpHの果実内分布

果実の水平方向及び垂直方向における糖度及びpHの分布を検討した。試験は‘田中’及び‘瑞穂’の



第1図 果肉切片の分割法
A：水平方向（果頂部より見た図），B：垂直方向

第1表 果汁の搾汁方法が糖度、酸含量及びpHに及ぼす影響

搾汁方法	糖度			酸含量 (g/100ml)			pH		
	田中		津雲	田中		津雲	田中		津雲
	有袋	無袋	有袋	有袋	無袋	有袋	有袋	無袋	有袋
ジューサー	10.1	10.6	14.6	0.24	0.22	0.14	4.21	4.16	4.55
押しつぶし	10.0	10.6	14.6	0.23	0.23	0.16	4.14	4.10	4.62
徒手搾汁	10.0	10.4	14.6	0.21	0.20	0.12	4.26	4.20	4.64

2品種を供試し、1995年及び1997年に行った。1995年は2品種とも有袋果、無袋果の両方で、1997年は有袋果のみで試験を行った。また、1995年には垂直方向の試験にのみ‘福原早生’、‘能重早生’、‘大竜’及び‘森本’の4品種(いずれも無袋果)を追加して供試した。調査には各品種とも適熟期に収穫した果実を、1区3果ずつ6反復の計18果用いた。なお、1997年には果実の熟度と糖度及びpHの果実内分布との関係を明らかにするため、適熟果をさらに着色程度により3区(橙色のやや薄いものをⅠ区、中程度のものをⅡ区、やや濃いものをⅢ区とした)に分け、3果を1反復とし各区2反復ずつ供試した。

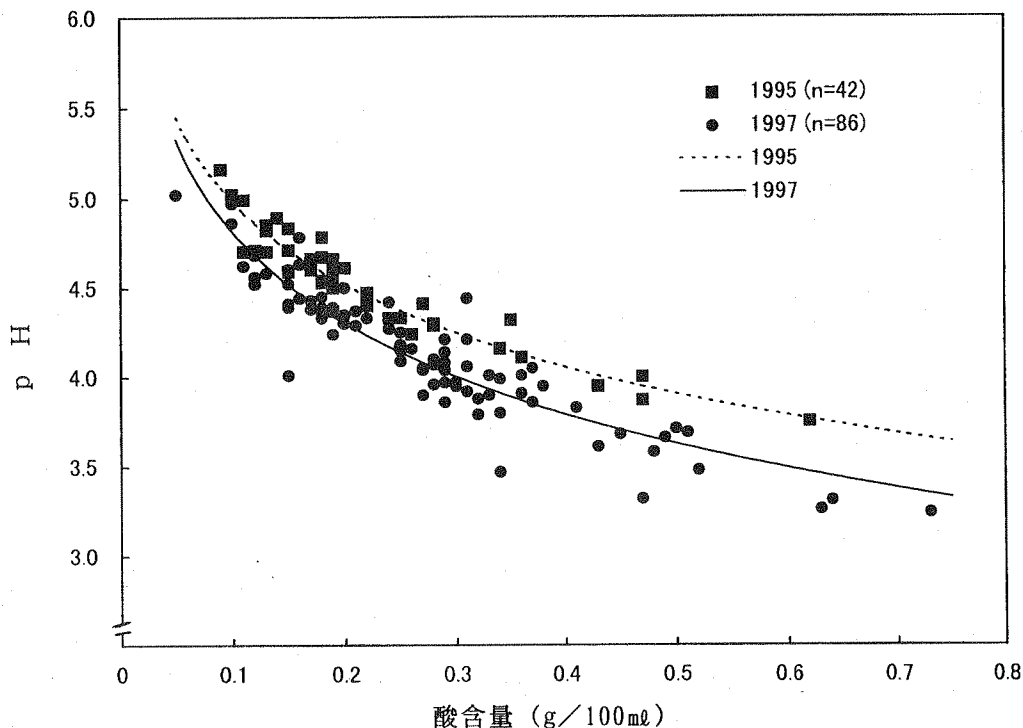
サンプルの調整方法は以下のとおりである。まず、収穫前に果実の南面の赤道部に印を付け、果肉切片を切り出す際の基準とした。水平分布の試験では果実の赤道部から厚さ約1cmのドーナツ形の果肉を切り出し、8分割した(第1図、A)。印を付けた南面の切片をNo.1とし、以下、東→北→西の順に各切片にNo.2~No.8までの番号を付した。一方、垂直分布の試験では南面の印を含み、果頂部と果梗部を結ぶ厚さ約1cmの楕円形をしたドーナツ形の果肉を切り

出し、南側及び北側の切片をそれぞれ5分割(計10分割)した(第1図、B)。分割した切片に、果頂部から果梗部に向けてNo.1~No.5の番号を南北それぞれの切片に付した。水平方向並びに垂直方向の試験とも、3果より同一部位の切片を採り、3切片をまとめて新鮮重を秤量した後、ニンニク絞り器を用いた押しつぶし法で果汁を採取し、糖度を屈折糖度計(アタゴ、DBX-55)で、pHをpHメーター(東亜電波工業、HM-30S(1995年)、HM-20E(1997年)、電極:GST-5313F)で測定した。なお、切り出した果肉全体の糖度及びpHを各切片の新鮮重を基に加重平均して算出し、それを果実全体の糖度及びpHとした。

結 果

1. 果汁の搾汁方法が糖度、酸含量及びpHに及ぼす影響

果汁の搾汁方法が糖度に及ぼす影響は品種、袋掛けの有無にかかわらず、ほとんど認められなかった(第1表)。一方、果汁の酸含量及びpHについては徒手搾汁法は他の方法に比べ、酸含量では0.2~0.4 g/100ml低い傾向が、pHでは0.05~0.1程度高い傾向が品種、袋掛けの有無にかかわらず認められたが、



第2図 果汁の滴定酸含量とpHの関係

その差はいずれも有意ではなかった（第1表）。また、ジュース法と押しつぶし法の間では一定の傾向は認められなかった。

あり、酸含量とpHの間にはいずれの年でも高い負の相関（1995年： $r=-0.956^{***}$ ，1997年： $r=-0.922^{***}$ ）が認められた（第2図）。また、2か年の回帰曲線を比較すると、酸含量が高くなるにつれてpHの差が大きくなった。

2. 果汁の酸含量とpHの比較

果汁の酸含量（g/100ml）をx，pHをyとして回帰分析を行ったところ、1995年での回帰式は $y = 3.443 - 1.541 \times \log(x)$ ，1997年では $y = 3.116 - 1.701 \times \log(x)$ で、両年とも0.1%レベルで有意で

3. 糖度及びpHの果実内分布

1) 水平分布

(1) 糖度の分布

第2表 水平方向における糖度の果実内分布

部 位	1995				1997	
	田 中		瑞 穂		田 中	瑞 穂
	有袋	無袋	有袋	無袋	有袋	有袋
No.1（南面）	10.6	10.5	10.6	9.7	11.0	12.9
No.2	10.5	10.5	10.2	9.7	11.1	12.8
No.3（東面）	10.6	10.3	10.1	9.9	11.1	12.6
No.4	10.6	10.5	10.1	9.7	11.1	12.4
No.5（北面）	10.6	10.4	10.2	9.9	11.1	12.4
No.6	10.6	10.5	10.3	9.9	11.2	12.4
No.7（西面）	10.5	10.4	10.5	10.0	11.2	12.7
No.8	10.4	10.5	10.7	10.0	11.2	13.0
全体 ²	10.5	10.4	10.4	9.8	11.1	12.6

² 各部位の新鮮重及び糖度を基に加重平均して求めた果実全体の平均値

第3表 水平方向におけるpHの果実内分布

部 位	1995				1997	
	田 中		瑞 穂		田 中	瑞 穂
	有袋	無袋	有袋	無袋	有袋	有袋
No.1（南面）	3.99	4.24	4.21	4.36	3.66	3.85
No.2	4.04	4.28	4.24	4.37	3.65	3.85
No.3（東面）	4.08	4.26	4.20	4.35	3.66	3.89
No.4	4.02	4.24	4.25	4.39	3.68	3.89
No.5（北面）	3.98	4.27	4.29	4.32	3.69	3.87
No.6	4.00	4.27	4.23	4.29	3.68	3.86
No.7（西面）	3.99	4.28	4.24	4.33	3.67	3.86
No.8	3.98	4.29	4.23	4.30	3.67	3.82
全体 ²	4.01	4.27	4.23	4.34	3.67	3.86

² 各部位の新鮮重及び糖度を基に加重平均して求めた果実全体の平均値

果実赤道部における糖度の水平分布を第 2表に示した。1995年及び1997年とも同様の結果で、‘瑞穂’の有袋果では南面付近が北面に比べて高い傾向がみられたが、その差は最大でも0.6で有意な差はなかった。さらに、‘田中’（有袋及び無袋）及び‘瑞穂’（無袋）の果実においても部位による糖度の差はなかった。なお、1997年に着色程度により3区に分けて調査したところ、いずれの着色区分においても両品種ともに前述と同様の傾向を示し、着色程度による分布の違いは認められなかった（第 3 図）。

(2) pHの分布

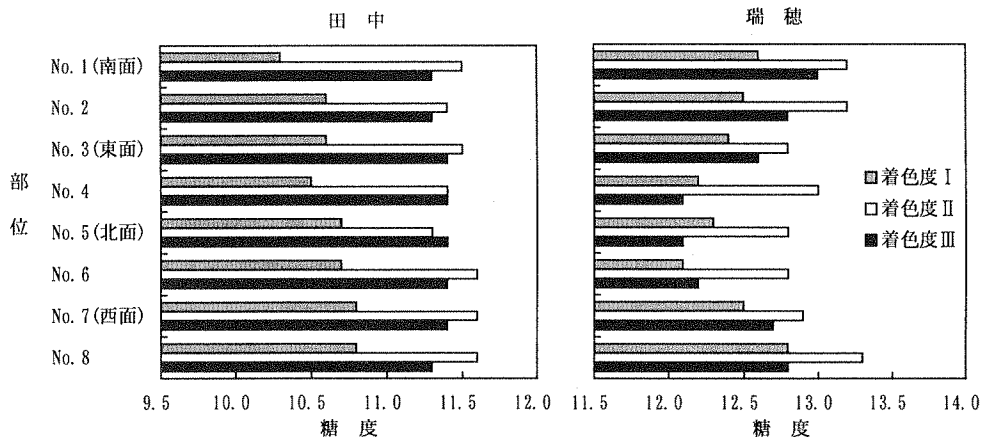
果実赤道部におけるpHの水平分布を第 3表に示した。1995年及び1997年のいずれにおいても、果実内部位による差は品種あるいは袋かけの有無にかかわらず認められなかった。また、1997年に着色程度に

より3区に分けて調査したところ、‘瑞穂’では着色程度Ⅲ区において北東面で高く、南西面で低くなる分布を示した。しかし、‘瑞穂’の着色程度Ⅰ及びⅡ区、あるいは‘田中’では果実内分布はいずれも認められなかった（第 4図）。

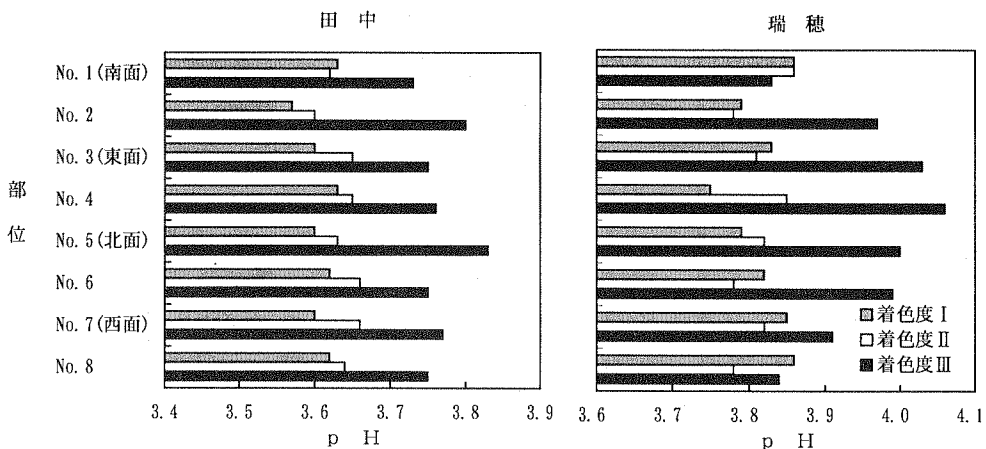
2) 垂直分布

(1) 糖度の分布

果実の垂直方向における糖度の分布を第 4表（1995年）及び第 5表（1997年）に示した。各品種ごとの最大値と最小値の差は、0.4～1.4の範囲にあった。垂直方向の部位及び方角（北側及び南側）の2要因分散分析を行った結果、部位による糖度の差は1995年の‘瑞穂’（有袋）, ‘森本’及び1997年の‘瑞穂’（有袋）を除いて有意と判定された。しかし、果実内の糖度分布の傾向は全品種に共通するものではなく、品種により二つのパターンに分けられた。



第 3 図 果実の着色程度が糖度の果実内水平分布に及ぼす影響（1997年）



第 4 図 果実の着色程度が pH の果実内水平分布に及ぼす影響（1997年）

一つは‘田中’及び‘大竜’に見られるパターンで、果頂部の糖度が最も高く、果梗部に向かうにしたがって低下するタイプである。他の一つは、‘瑞穂’（無袋）、‘福原早生’、‘能重早生’及び‘森本’にみられるパターンで、果頂部の糖度はやや高く、果頂部と赤道部の中間部（No.2）が最小で、そこから果梗部に向かうにしたがって糖度が上昇するタイプである。

また、糖度と方角の関係については、‘能重早生’では北側が、1997年の‘瑞穂’では南側が有意に高いと判定されたが、他の品種では方角の影響は認められなかった。さらに、前述の垂直方向における糖度分布パターンにも方角の影響はなく、部位と方角の交互作用も認められなかった。

1997年に‘田中’及び‘瑞穂’の果実を着色程度別に分け、垂直方向の部位による糖度の差を調査し

第4表 垂直方向における糖度の果実内分布（1995年）

部 位	田中（有袋）			田中（無袋）			瑞穂（有袋）			瑞穂（無袋）		
	南側	北側	平均	南側	北側	平均	南側	北側	平均	南側	北側	平均
No.1(果頂)	11.0	10.8	10.9c [*]	11.1	10.9	11.0d	10.8	10.4	10.6	9.6	9.6	9.6c
No.2	10.7	10.5	10.6b	10.4	10.6	10.5b	10.5	10.1	10.3	9.1	9.1	9.1a
No.3(赤道)	10.6	10.3	10.5ab	10.5	10.6	10.5bc	10.7	10.4	10.5	9.3	9.3	9.3ab
No.4	10.4	10.2	10.3b	10.5	10.4	10.4ab	10.9	10.7	10.8	9.4	9.4	9.4bc
No.5(果梗)	9.5	9.5	9.5a	10.1	10.1	10.1a	10.6	10.6	10.6	9.5	9.4	9.5c
平均	10.4	10.3	10.3	10.5	10.5	10.5	10.7	10.4	10.6	9.4	9.4	9.4

部 位	福原早生			能重早生			大竜			森本		
	南側	北側	平均	南側	北側	平均	南側	北側	平均	南側	北側	平均
No.1(果頂)	10.5	10.6	10.6b	9.7	10.0	9.9c	10.8	10.8	10.8b	9.8	9.7	9.8
No.2	10.0	10.1	10.1a	9.2	9.6	9.4a	10.0	10.0	10.0a	9.0	9.2	9.1
No.3(赤道)	10.2	10.4	10.3ab	9.5	9.9	9.7ab	10.0	10.1	10.0a	9.2	9.3	9.2
No.4	10.4	10.5	10.4b	9.6	10.0	9.8abc	9.9	10.1	10.0a	9.5	9.4	9.4
No.5(果梗)	10.7	10.5	10.6b	10.1	10.1	10.1c	9.9	9.8	9.8a	10.0	9.8	9.9
平均	10.4	10.4	10.4	9.6a	9.9b	9.8	10.1	10.2	10.1	9.5	9.4	9.5

* 異なる文字間にはl. s. d.法により5%レベルで有意差あり

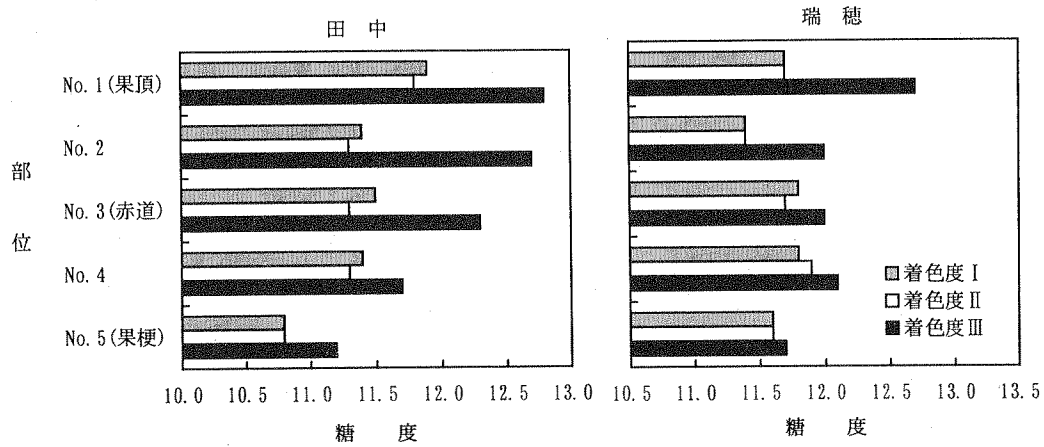
第5表 垂直方向における糖度の果実内分布（1997年）

部 位	田中（有袋）			瑞穂（有袋）		
	南側	北側	平均	南側	北側	平均
No.1(果頂)	12.3	12.0	12.2c [*]	12.1	11.9	12.0
No.2	11.8	11.8	11.8bc	11.9	11.4	11.6
No.3(赤道)	11.9	11.5	11.7b	12.1	11.5	11.8
No.4	11.5	11.3	11.4b	12.1	11.7	11.9
No.5(果梗)	10.9	10.9	10.9a	11.7	11.6	11.6
平均	11.7	11.5	11.6	12.0b	11.6a	11.8

* 異なる文字間にはl. s. d.法により5%レベルで有意差あり

た。その結果, ‘田中’ではいずれの着色区分も果頂部が最も糖度が高く, 果梗部に向かうにしたがって糖度が低くなる傾向を示し, 着色程度と糖度分布パターンの間には関係が認められなかった。それに対して, ‘瑞穂’では橙色の薄い着色程度のⅠ及びⅡ区では部位による差が小さかったのに対し, 橙色

の濃いⅢ区では果頂部の糖度が他の部位よりも高く, 最大値と最小値の差が南面で1.0, 北面で0.9と大きくなり, 着色程度により分布パターンが異なった(第5図)。その結果, ‘田中’及び‘大竜’のような, 果頂部から果梗部に向けて糖度が次第に低下する分布パターンに近似してきた。



第5図 果実の着色程度が糖度の果実内垂直分布に及ぼす影響 (1997年)

第6表 果実全体の糖度²に対する各果肉部位の糖度の回帰

部 位	田 中		瑞 穂		平 均	標準偏差	
	1995	1997	1995	1997			
回帰係数	No.1(果頂)	0.986	1.567	0.904	1.225	1.171	0.258
	No.2	0.909	1.720	1.070	1.173	1.218	0.305
	No.3(赤道)	0.862	0.931	1.082	1.011	0.972	0.083
	No.4	0.872	0.608	0.817	0.758	0.764	0.099
	No.5(果梗)	0.626	0.856	0.755	0.537	0.694	0.122
回帰定数	No.1(果頂)	0.897	-5.610	0.966	-2.468	-1.554	2.722
	No.2	0.939	-8.167	-1.005	-2.230	-2.616	3.398
	No.3(赤道)	1.296	0.672	-0.865	-0.193	0.227	0.823
	No.4	1.087	4.357	2.214	2.967	2.656	1.188
	No.5(果梗)	3.477	1.126	2.549	5.307	3.115	1.518
相関係数	No.1(果頂)	0.929	0.883	0.873	0.900	0.896	0.021
	No.2	0.993	0.875	0.973	0.983	0.956	0.047
	No.3(赤道)	0.953	0.996	0.949	0.983	0.970	0.020
	No.4	0.990	0.993	0.952	0.992	0.982	0.017
	No.5(果梗)	0.846	0.989	0.905	0.957	0.924	0.054

² 各部位の新鮮重及び糖度を基に加重平均して求めた果実全体の平均値

以上の結果を基に、果実全体から搾汁した場合の測定値と一致あるいは近似するような、垂直方向における適切なサンプリング部位について検討した。解析には分布パターンが異なった‘田中’と‘瑞穂’の2か年の結果を用いた。各部位における糖度（南北両方向の平均）をx、各果肉切片の新鮮重を基に加重平均して求めた果実全体の糖度をyとして品種及び年次ごとに単回帰分析を行った。各部位の測定値が果実全体の平均値に等しければ回帰式は、 $y = x$ となるはずなので、回帰係数が1、回帰定数が0に最も近似する部位を求めた。その結果、赤道部にあたるNo.3の部位が回帰係数、回帰定数ともに理論値に最も近く、また、それらの標準偏差も小さかった（第6表）。さらに、相関係数も0.970と高かったので、この部位をサンプリングすれば果実全体の糖度を高い精度で推定できることが明らかとなった。

(2) pHの分布

果実の垂直方向におけるpHの分布を第7表（1995

年）及び第8表（1997年）に示した。部位によるpHの差は品種によって異なり、各品種における最大値と最小値の差は0.03~0.24の範囲にあった。垂直方向の部位及び方角の2要因分散分析を行った結果、‘田中’（1997年）、‘瑞穂’（1995年・有袋、1997年）、‘能重早生’及び‘森本’の4品種では、部位によるpHの差は有意であると判定された。しかし、そのpH分布パターンは品種あるいは年次によって異なり、すべてに共通するものではなかった。すなわち、‘田中’（1997年）及び‘森本’では果梗部のpHが最大で、果頂部に向けて低下するパターンを、また、‘瑞穂’（1995年・有袋）においては、果梗部から果頂部に向かって次第に上昇し、赤道部から果頂部にかけて最大となるパターンを、‘能重早生’においては、果梗部から赤道部に向かって次第に上昇し、赤道部付近が最大となるパターンを、そして1997年の‘瑞穂’では果梗部では比較的高く、果梗部と赤道部の中間部で急激に低下し、そこから果頂部にかけて次第に増加するパターンを描いた。こ

第7表 垂直方向におけるpHの果実内分布（1995年）

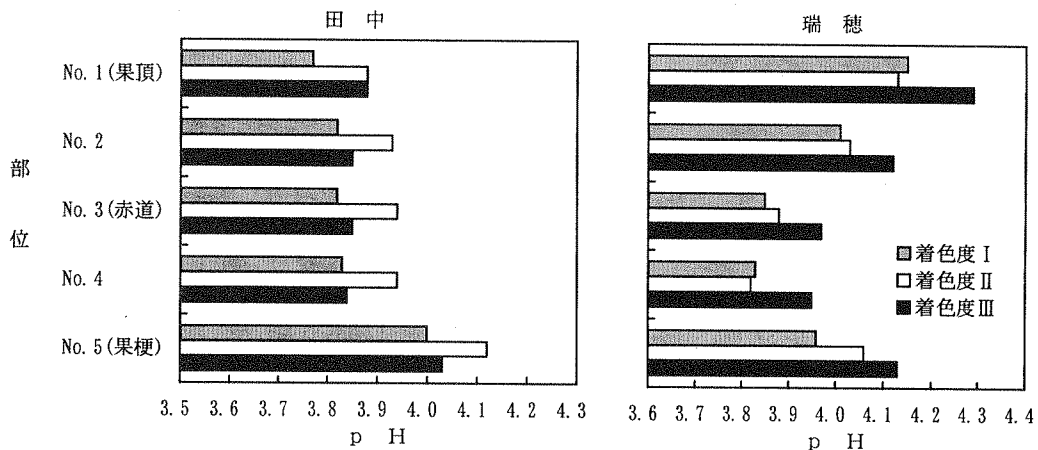
部 位	田中（有袋）			田中（無袋）			瑞穂（有袋）			瑞穂（無袋）		
	南側	北側	平均	南側	北側	平均	南側	北側	平均	南側	北側	平均
No.1(果頂)	4.11	4.12	4.11	4.20	4.30	4.25	4.32	4.36	4.34c ²	4.38	4.46	4.42
No.2	4.14	4.17	4.15	4.28	4.32	4.30	4.33	4.39	4.36c	4.49	4.49	4.49
No.3(赤道)	4.13	4.15	4.14	4.28	4.24	4.26	4.27	4.29	4.28bc	4.34	4.35	4.35
No.4	4.12	4.13	4.12	4.26	4.22	4.24	4.14	4.20	4.17a	4.29	4.28	4.28
No.5(果梗)	4.13	4.11	4.12	4.27	4.26	4.27	4.19	4.19	4.19ab	4.21	4.26	4.24
平均	4.12	4.13	4.13	4.26	4.27	4.26	4.25	4.28	4.27	4.34	4.37	4.36
部 位	福原早生			能重早生			大竜			森本		
	南側	北側	平均	南側	北側	平均	南側	北側	平均	南側	北側	平均
No.1(果頂)	4.21	4.22	4.22	4.26	4.39	4.33ab	3.97	4.00	3.99	4.47	4.41	4.44a
No.2	4.30	4.30	4.30	4.41	4.49	4.45c	4.02	4.05	4.03	4.50	4.41	4.46a
No.3(赤道)	4.29	4.30	4.29	4.41	4.44	4.42c	4.04	4.07	4.05	4.49	4.42	4.45a
No.4	4.28	4.29	4.28	4.36	4.39	4.37abc	4.06	4.09	4.07	4.51	4.45	4.48a
No.5(果梗)	4.29	4.29	4.29	4.26	4.35	4.31a	3.99	4.08	4.04	4.57	4.59	4.58b
平均	4.27	4.28	4.27	4.34a	4.41b	4.38	4.02	4.06	4.04	4.51b	4.45a	4.48

² 異なる文字間にl. s. d. 法により5%レベルで有意差あり

第8表 pHの果実内垂直分布 (1997年)

部 位	田中 (有袋)			瑞穂 (有袋)		
	南側	北側	平均	南側	北側	平均
No.1(果頂)	3.84	3.85	3.84a ^z	4.22	4.16	4.19c
No.2	3.88	3.85	3.86a	4.04	4.06	4.05b
No.3(赤道)	3.89	3.85	3.87a	3.87	3.93	3.90a
No.4	3.88	3.86	3.87a	3.86	3.87	3.86a
No.5(果梗)	4.03	4.07	4.05b	4.06	4.04	4.05b
平均	3.90	3.89	3.90	4.01	4.01	4.01

^z 異なる文字間に l. s. d. 法により 5% レベルで有意差あり



第6図 果実の着色程度が pH の果実内垂直分布に及ぼす影響 (1997年)

れらに対して, '田中' (1995年), '瑞穂' (1995年・無袋), '福原早生' 及び '大竜' では部位による pH の差は認められなかった。次に, pH と方角との関係については, '能重早生' では北側が, '森本' では反対に南側が有意に高いと判定されたが, 他の品種では方角の影響は認められなかった。さらに, 前述の垂直方向における pH の分布パターンも南北間で差はなく, 部位と方角の交互作用も認められなかった。1997年に果実の着色程度と垂直方向における pH 分布の関係を調査したところ, '瑞穂' の糖度においてみられたような着色程度による分布パターンの違いは認められなかった (第6図)。

以上の結果を基に, 果実全体から搾汁した場合の測定値と一致あるいは近似するような, 垂直方向における適切なサンプリング部位を, 糖度と同様の方

法で検討した。その結果, 赤道部と果梗部の中間部にあたる No.4 の部位が回帰係数, 回帰定数ともに理論値に最も近く, また, それらの標準偏差も比較的小さかった (第9表)。さらに, 相関係数も 0.919 と高かったので, この部位が最適なサンプリング部位であることが明らかとなった。

考 察

ピワ育種において, 交雑実生の果実調査は選抜・淘汰の根拠となる極めて重要な作業であるとともに, それに要する労力及び時間は育種規模を決定する大きな要因の一つである。したがって, 熟期の幅が狭く収穫期が一時期に集中するピワにおいて, 果実調査を効率的に行うことは育種を行う上できわめて重要である。本実験では, 果実調査に用いる果肉切片

第9表 果実全体のpH²に対する各果肉部位のpHの回帰

部 位	田 中		瑞 穂		平 均	標 準 偏 差	
	1995	1997	1995	1997			
回帰係数	No.1(果頂)	0.943	0.562	0.891	0.830	0.807	0.147
	No.2	0.734	0.862	0.679	0.951	0.807	0.107
	No.3(赤道)	0.578	1.097	1.154	0.926	0.939	0.225
	No.4	0.974	1.179	0.816	1.021	0.998	0.129
	No.5(果梗)	0.576	0.849	1.030	0.860	0.829	0.163
回帰定数	No.1(果頂)	0.243	1.635	0.529	0.651	0.765	0.524
	No.2	1.102	0.576	1.429	0.340	0.862	0.428
	No.3(赤道)	1.738	-0.336	-0.680	0.404	0.282	0.923
	No.4	0.085	-0.649	0.703	-0.120	0.005	0.484
	No.5(果梗)	1.759	0.647	-0.208	0.412	0.653	0.711
相関係数	No.1(果頂)	0.959	0.879	0.969	0.935	0.936	0.035
	No.2	0.958	0.922	0.915	0.986	0.945	0.029
	No.3(赤道)	0.957	0.979	0.898	0.997	0.958	0.037
	No.4	0.896	0.800	0.986	0.994	0.919	0.079
	No.5(果梗)	0.413	0.761	0.926	0.973	0.768	0.220

² 各部位の新鮮重及びpHを基に加重平均して求めた果実全体の平均値

のサンプリング法や甘味及び酸味を客観的に表す糖度及び酸含量あるいはpHの効率的な測定法を検討した。

1. 果汁の搾汁方法の検討

従来、長崎県果樹試験場のピワ育種における果実調査では、官能試験に用いた果実を手で絞って果汁を採取し、糖度及び酸含量を測定していたが、この方法は搾汁にかなりの時間と労力を要し、果実調査の効率化を妨げている。そこで、搾汁操作を簡素化するために、果実の一部分を採取し測定する方法を検討した。この方法が可能であればニンク絞り器などを利用して搾汁にかかる時間を大幅に短縮できる。搾汁方法が糖度、酸含量及びpHに及ぼす影響について検討したところ、糖度には搾汁方法による影響は認められなかった。また、酸含量及びpHに及ぼす影響については、徒手搾汁法は他の方法に比べて酸含量は低く、pHは高い傾向が認められたが、その

差はいずれも統計的に有意ではなく、いずれの搾汁方法を用いても糖度、酸含量及びpHへの影響はないことが明らかになった。したがって、育種の果実調査における果汁の搾汁方法としては、操作が最も簡便なニンク絞り器による押しつぶし法が好適であると思われる。なお、徒手搾汁法による酸含量及びpHの値は、統計的に有意ではないものの他の方法による測定値と若干異なる傾向がみられるので、異なる場所間及び年次間において詳細な調査を行う場合などには搾汁方法を統一すべきである。ちなみに、梶浦ら⁵⁾は、ニホンナシの糖度が搾汁方法により有意に異なることを認め、果実調査における搾汁方法の統一を提案している。

2. 果汁の酸含量とpHの関係

長崎県果樹試験場のピワ育種では、従来より酸味を表す指標として滴定酸含量を用いていたが、この方法は、ある一定以上の果汁を必要とすること、果

汁が褐変しやすく滴定の終点が不明瞭であることなど問題点が多い。また、吉田¹⁷⁾はモモの育種において、pHの数値と食味による酸味の感覚はよく一致するため、pHにより果実品質の評価が可能であることを報告しており、梶浦・佐藤⁴⁾もニホンナシにおいて同様のことを述べている。実際、農林水産省及びその指定試験事業における果樹育種のうち、ニホンナシ、モモ、スモモ、アンズ及びオウトウの育成系統適応性検定試験では酸味の指標としてpHが用いられている¹²⁾。そこで、ピワの酸味の指標として滴定酸含量の代わりにpHを用いることが可能であるか検討した。その結果、調査した2か年のいずれにおいても酸含量とpHの間には高い負の相関が認められた。各年の分析で得られた2回帰式の併合⁸⁾を試みたところ、回帰係数についてはt検定の結果、両者に有意な差はないと判定され、共通の回帰係数が得られた。しかし、回帰定数についてはその差が有意と判定されたため、この2回帰式の完全な併合はできなかつた。共通の回帰係数が得られたこと、さらに、各年次ごとの酸含量とpHは極めて相関が高かったことを考慮すると、完全な併合ができなかつたのは用いたpHメーターが年次により異なつたためであろう。したがって、pHメーターを統一すれば、年次ごとの回帰式の併合も可能である可能性が高い。また、酸含量とpHの間には高い相関関係があり、少なくとも酸味の程度を表す指標として従来の酸含量に代えてpHを用いることには、特に問題はないと思われる。pHは少量の果汁で測定でき、しかも測定は容易なので、交雑実生の果実調査など迅速な測定が求められる場合や、個々の果実の測定値が必要な場合などには特に有用である。ただし、pHから滴定酸含量を逆推定する場合、両者の相関は極めて高いものの、本実験では条件により回帰定数が異なつたので、大まかな目安は得られても信頼性の高い推定値は得られないと考えられる。

3. 糖度及びpHの果実内分布

果実の糖度やpHあるいは酸含量などは果実内部位により異なることが、ウンシュウミカン^{11, 14)}、川

野ナツダイダイ¹⁴⁾、オレンジ^{1, 15)}、グレープフルーツ^{1, 15)}、ニホンナシ⁵⁾、リンゴ^{2, 6, 9)}、モモ^{7, 17, 18)}、カキ¹⁹⁾、メロン^{3, 10, 13)}及びスイカ¹⁶⁾など、多くの果樹及び果菜類で明らかにされている。本実験でピワ果実における糖度及びpHの水平方向における果実内分布について検討したところ、糖度、pHともに部位による有意な差は認められなかつた。ただし、‘瑞穂’においては、調査した2年間を通じて果実の北面に比べ南面で糖度が高い傾向がみられた。梶浦ら⁵⁾はニホンナシにおいて、品種によっては南面の部位が北面よりも糖度が高いとしており、石上・松浦³⁾もメロンにおいて北面に比べて南面の糖度が高いことを認めている。反対に、白石¹⁴⁾はウンシュウミカン及び川野ナツダイダイにおいて、糖度、酸含量ともに南面の方が北面よりも低いと報告しており、また、Bartholomew・Sinclair¹⁾もオレンジとグレープフルーツの糖度について同様のことを認めている。ピワの果実は成熟とともに果実自体の重さ及び果房基部の湾曲化によって果実の向きが変わることを考慮すれば、方角によって糖度が異なる可能性もあると考えられ、この点は今後さらに検討する必要がある。

次に、果実の垂直方向における糖度やpHの分布パターンについて検討したところ、糖度、pHともに果実内の部位による差が認められたが、その分布パターンは品種によって異なつた。糖度については、‘田中’及び‘大竜’において果頂部の糖度が他の部位よりも高い分布パターンが認められたが、この分布パターンはウンシュウミカン¹⁴⁾、川野ナツダイダイ¹⁴⁾、オレンジ¹⁵⁾、グレープフルーツ¹⁵⁾、ニホンナシ⁵⁾、リンゴ^{6, 9)}、モモ^{7, 18)}、カキ¹⁹⁾、メロン¹³⁾など多くの果樹及び果菜類において報告されている。また、向井ら⁶⁾は水ストレスを与えたウンシュウミカン果実の糖含量についても同様のことを認めている。一方、‘瑞穂’などにおいては、果頂部の糖度はやや高く、果頂部と赤道部の中間部(No. 2)が最小で、そこから果梗部に向かうにしたがつて糖度が上昇する分布パターンを示した。他の果樹及び果菜類では、赤道部の糖度が両端よりも高いもの(メロン³⁾及びスイカ¹⁶⁾)や赤道部よりや

や果梗部よりの部位が最も高く、両端に向かって低下し、果頂部では再び高くなるパターン（リンゴ‘ジョナゴールド’⁶⁾）などの報告があるが、本実験において‘瑞穂’などで認められたようなパターンの報告はない。

以上のように、ピワでは糖度の垂直分布パターンが品種によって異なった。その原因については明らかでないが、ピワ果実は品種により果実着生の向きが異なり、このことが品種間差異に影響している可能性がある。また、‘瑞穂’では橙色が濃い果実は‘田中’や‘大竜’で認められた垂直分布パターンに近い分布を示したことから、熟度によってはいずれの品種でも同一の分布パターンを示す可能性もある。さらに、モモにおいて完熟前の肥大が大きい部位では完熟前の糖度の増加が小さいことが明らかになっており⁷⁾、ピワでも同様に果実肥大パターンとの関連があることも考えられる。

一方、pHでは果実内の部位により有意な差が認められる品種もあったが、分布パターンは品種によって様々で、また、同じ品種でも年次によって結果が異なった。したがって、果実内の部位により変異することは明らかではあるが、分布パターンを特定することはできなかつた。

4. サンプルング部位の選定

ウンシュウミカン¹⁴⁾、川野ナツダイダイ¹⁴⁾、ニホンナシ⁵⁾、リンゴ⁶⁾、モモ^{7, 17, 18)}、カキ¹⁹⁾及びメロン³⁾においては、糖度や酸含量あるいはpH測定の最適なサンプルング部位が、果実内分布を基に検討されているが、ピワについては報告例がない。そこで、糖度、pHともに果実内分布が認められた垂直方向について糖度及びpHの最適なサンプルング部位を求めた。その結果、糖度ではNo.3（赤道部）の部位が、また、pHではNo.4（赤道部と果梗部の中間部）がそれぞれ最適部位であり、両者の最適なサンプルング部位は異なることが明らかとなった。しかし、糖度及びpHの測定ごとに異なった部位から果汁を搾汁することは実用的ではない。そこで、同一部位のサンプルングにより、糖度とpHのいずれについ

ても果実全体の値を精度よく推定できる部位を検討するために、No.4の部位における糖度及びNo.3におけるpHの回帰係数及び回帰定数を、それぞれの測定項目の最適部位における場合と比較した。すると、No.4の部位における糖度の測定は最適部位であるNo.3の部位を測定したときに比べて精度が大きく低下したが、No.3の部位におけるpHの測定は最適部位（No.4）の場合に比べて精度はあまり低下しなかつた。したがって、実際に糖度及びpHを測定する際には、赤道部の果肉をサンプルングすることで糖度、pHともに果実全体の平均値の近似値が得られると考えられる。なお、糖度、pHともに果実の水平方向の部位間に有意な差はなかつたものの、‘瑞穂’で認められたように品種によっては方角の影響を受け、南北間で測定値が異なる可能性がある。したがって、サンプルングの際には果実赤道部の対角の2か所から果肉を採取すれば、果実全体の値により近似した測定値が得られると思われる。

5. ピワ果実の効率的な調査方法

本報における結果に基づいて、ピワ育種における果実調査を改善した。果汁用のサンプルとして、直径約10mmのコルクボーラーで果実赤道部の対角の2か所から果肉切片を抜き取り、数果分の切片をまとめてニンニク絞り器で搾汁する。その後、この果汁を用いて甘味はデジタル式屈折糖度計で、酸味はpHメーターによって測定し、数量化する。この方法により、交雑実生の果実調査の能率が、従来に比べて飛躍的に向上した。

摘 要

ピワの果実調査において、搾汁方法が糖度、酸含量及びpHに及ぼす影響、果汁中の酸含量とpHの関係並びに糖度及びpHの果実内分布を明らかにし、ピワ果実の効率的な調査方法について検討した。

1. 果汁の搾汁方法（ジュースー法、押しつぶし法及び徒手搾汁法）の違いが糖度、酸含量及びpHの測定値に及ぼす影響については、有意な差は認められなかつた。

2. 果汁中の滴定酸含量とpHの間にはかなり密接な関係が認められ、滴定酸含量の代わりにpHを用いて酸味の程度を客観的に評価できることが明らかになった。
3. 果実赤道部の水平方向の部位間に糖度あるいはpHの差はなかったが、果実の垂直方向の部位間には糖度、pHともに有意な差が認められた。糖度では、果頂部で最も高く、果梗部に向かうにしたがって減少するタイプ（‘田中’など）と、果頂部と赤道部の中間部が最も低く、両端に向かうにしたがって高くなるタイプ（‘瑞穂’など）の二つの分布パターンに分けられた。一方、pHの分布パターンは品種及び年次により異なり、一定の傾向は認められなかった。
4. 果実全体の平均値に近い測定値を得るために果肉の最適なサンプリング部位を検討したところ、糖度では赤道部、pHでは果頂部と赤道部の中間部が果実全体の値を最も精度よく推定できた。なお、pHは、最適部位の代わりに赤道部の果肉を測定に用いても、最適部位での測定に比べて精度があまり低下しなかった。したがって、赤道部の果肉を供試し糖度及びpHを測定すると、比較的果実全体の平均値に近い測定値が得られることが明らかになった。
5. 大量のサンプルを扱うピワ育種の果実調査においては、赤道部の果肉切片を用い、押しつぶし法で搾汁し、糖度及びpHを測定すると、果実調査の能率が飛躍的に向上した。
- 4) 梶浦一郎・佐藤義彦. 1990. ニホンナシの育種及び基礎研究と栽培品種の来歴及び特性. 果樹試報・特報. 1:1-36.
- 5) 梶浦一郎・佐藤義彦・大村三男・町田 裕. 1979. ニホンナシ果実中の糖度分布と試料切片の果実からのサンプリング法. 果樹試報. A6:1-14.
- 6) 樫村芳記・工藤和典. 1989. リンゴにおける糖度及び酸含量の果実内変異. 農及園. 64:545-549.
- 7) 加藤公道. 1984. III果実肥大成熟期. 果実品質を左右する条件. 技p.43-48. 農業技術体系 果樹編(6)モモ. 農文協. 東京.
- 8) 川端幸蔵. 1978. 第2章 回帰と相関. その他の回帰問題. p.105-114. 応用統計ハンドブック編集委員編. 応用統計ハンドブック. 養賢堂. 東京.
- 9) Martin,D. 1954. Variation between apple fruits and its relation to keeping quality. II .Between-tree variation due to cropping factors. Aust.J.Agr.Res.5:9-30.
- 10) 水野卓・加藤宏治・原田政子・宮島由恵・鈴木英次郎. 1971. メロン果実の糖類と遊離アミノ酸. 日食工誌. 18:319-325.
- 11) 向井啓雄・高木敏彦・手島洋二・鈴木鐵男. 1996. 秋期に水ストレスを与えたウンシュウミカン樹の果実各部位における糖含量. 園学雑. 65:479-485.
- 12) 農林水産省果樹試験場編. 1994. 育成系統適応性検定試験・特性検定試験調査方法. p.1-195.
- 13) Scott,G.W. 1935. Variation in soluble solids within individual fruits of the cantaloupe and related melons. Proc.Amer.Soc.Hort.Sci.33:523.
- 14) 白石利雄. 1970. ミカン果実の糖酸分布と搾汁法による分析誤差の関係について. 園学要旨. 昭45春:40-41.
- 15) Ting,S.V. 1969. Distribution of soluble components and quality factors in the edible portion of citrus fruits. J.Amer.Soc.Hort. Sci.94:515-519.
- 16) Tucker,L.R. 1934. Soluble solids in the watermelon. Plant Physiol.9:181-182.

引用文献

- 1) Bartholomew,E.T. and W.B.Sinclair. 1941. Unequal distribution of soluble solids in the pulp of citrus fruits. Plant Physiol.16:293-312.
- 2) Harding,P.L. 1936. Distribution of total soluble solids and catalase in different parts of Jonathan apples. J.Agr.Res.53:43-48.
- 3) 石上 清・松浦英之. 1993. 温室メロン果実の糖度分布と部位別糖類組成. 静岡農試研報. 37:33-40.

- 17) 吉田雅夫. 1970. モモの品質に関する育種学的研究. I. 酸味. 園試報 A. 9: 1-15.
- 18) 吉田雅夫. 1971. モモの品質に関する育種学的研究. II. 甘味. 園試報 A. 10: 11-27.
- 19) 山田昌彦. 1985. カキの交雑育種法に関する研究—とくに Pollination constant の甘ガキの育種について—. 京都大学学位論文.

The Positional Differences of Brix and pH in a Loquat Fruit and the Effective Method for Measuring Fruits

Naofumi HIEHATA, Yoshihiko SATO and Shinji FUKUDA

Section of Breeding, Nagasaki Fruit Tree Experiment Station, 1370 Onibashi-cho, Omura, Nagasaki, 856-0021

Summary

Positional differences of brix and pH in a fruit were investigated in loquats (*Eriobotrya japonica* Lindl.) and the effective method for measuring them of loquats fruits was studied. There was not a significant difference among three squeezing methods (by a juicer, a garlic press or grasping) in brix, titratable acid content and pH. A significant correlation was found between titratable acid content and pH, therefore pH value seemed to be able to estimate the acidity of loquat fruits instead of titratable acid content. There were significant differences in brix and pH among the vertical portions within a fruit. Two vertical distribution patterns in brix were found; one showed the pattern of decreasing from calyx end toward stem end of fruit and another showed that brix was lowest in the portion between stylar end and the equator with a increase toward stylar and stem end. The vertical distribution pattern in pH varied with the cultivar and year. On the other hand, no definite difference in horizontal portions was found in brix and pH. The optimum portion to represent the whole fruit in the vertical direction seemed to be the equator for measuring brix and pH of loquat fruits.