

空気圧による果皮強度の敏速測定方法と オウトウ果実を用いた測定結果

山本 隆儀・岩田 俊彦*・渡部 俊三
(山形大学農学部果樹園芸学研究室)

A Quick Measuring Method of Peel Strength by Air Pressure and Applicative Results of Sweet Cherries

Takanori YAMAMOTO, Toshihiko IWATA* and Shunzo WATANABE
Laboratory of Pomology, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997, Japan
(Received September 30, 1989)

Summary

A quick method was developed for measuring peel strength to split or to destroy using air pressure in a pressure chamber equipment and tested with peels of several cultivars of sweet cherry. Applicative results showed that the new method has several merits, namely, small specimen ($0.5 \sim 1 \text{ cm}^2$), quick measurement (within 1 minute), outdoor handling and reading with unit of pressure. Increase in turgor potentials and decrease in peel strength were observed after the stone hardening stage of cherry fruits, and thought to be one of factors in the fruit cracking process. However, there was no correlation between peel strength and susceptivities to cracking among 8 cultivars. The peel strength at apex was smaller than other portions.

Keywords : peel strength ; fruit cracking ; sweet cherries.

緒 言

果皮強度の減少が裂果発生にどの程度関与するか、あるいは果皮強度の品種間差異と裂果抵抗性との間の関係については必ずしも詳細に調査されていない。このことの理由の一つとして、従来の材料強度測定方法（カードメータ法³⁾、引っぱり試験機³⁾、レオメータ法など）において、果皮のような生鮮材料の取り扱いはかなり難しいことがあげられる。本報告では著者らが考案した、従来法とは全く異なる、空気圧を利用した簡便法を紹介し、合わせて、主としてオウトウ果実に適用した結果を報告

する。

材料及び方法

1. 空気圧による果皮強度測定方法

本方法は各試験研究機関にかなりの程度普及している、植物体水ポテンシャル測定専用機であるプレッシャーチャンバを改造することなく、そのまま利用した極く簡単な原理に基づくものである。ゴム栓に空気抜けの穴をあけ、途中に穴と直角をなすようにカミソリの刃で切れ込みを入れ、ここに果皮試験片をはさみ入れ、ビニル粘着テープで切れ込み部分を封じた (Fig. 1)。このゴム栓をプレッシャーチャンバに取り付け、チャンバ内の空気圧を徐々に上昇させ、果皮が耐えかねて裂開あるいは破壊すると、空気が漏れ圧力ゲージの針が止まるので、果皮の限界強度が圧力単位で直読できる (Fig. 2)。

2. カードメータ法

新方法との比較のため、上村ら (1972) がトマトで用い

* 現在、山形県農協中央会

* Present address : Yamagata Prefectural Central Association of Agricultural Co-operatives.

キーワード : 果皮強度, 裂果, 甘果オウトウ
[1989年9月30日受理]

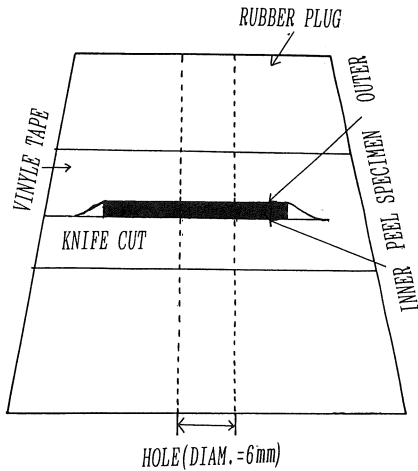


Fig. 1. Installation of specimen into a rubber plug.

たカードメータ法³⁾を用いて測定した。さらに、カードメータに差動トランスを取り付け、ペン式記録計に感圧軸の変位曲線を描かせた。破壊点の荷重と感圧軸の接触面の面積を用いて、限界強度の圧力単位変換の計算を行った。

3. 果実の水分関係と膨圧ポテンシャルの調査方法

果実の水ポテンシャルはプレッシャーチャンバ法、果汁の浸透的ポテンシャルは熱電対温度計を用いた氷点降下法により調査した。前者から後者を差し引いて果肉組織の膨圧ポテンシャルを近似的に算出した。

4. 材料、試験片

強度、材質の異なる数種の材料を反復測定して、本方法による測定値の分布を調査した。また、山形大学農学部実験圃場栽植の10年生のオウトウ8品種を供試し、品種間、部位間の比較を行なった。特に‘佐藤錦’については果実の水分関係の調査と平行して果皮強度の季節的变化を調査した。これ以外に同圃場栽植のリンゴ‘国光’ (39年生)、ブドウ‘巨峰’ (8年生)についても調査した。オウトウ果実においては曲率半径の似たスプーンの縁を鋭利にしたものにより剥皮した。

結果及び考察

1. 試験片の材質、厚さの影響及び測定値の分布

やや均一な材質と考えられる数種のフィルム、紙、アルミ箔 (“アルミホイル”), カキの葉についてそれぞれ10個ずつ限界強度を測定したところ (Fig. 3), 最高十数bar から数bar の広い範囲にわたり、標準偏差は平均値の約2割以下となり良好な結果を得た。しかし、これらの材料と異なり、果皮の材質はかなり不均一であり、果実間、あるいは同一果実内部位により、着色、熟度のばらつきが大きく、さらに試験片の厚さの影響を受けた (Fig. 4)。したがって、実際の果実の測定比較には果実の大きさ、熟度をそろえ、果実内部位や厚さを一定 (たとえば1mm前後)にし、反復数を増やして測定する必要がある。このことは果皮を材料にするかぎり、従来法についても言えることである。ただし、本方法では、

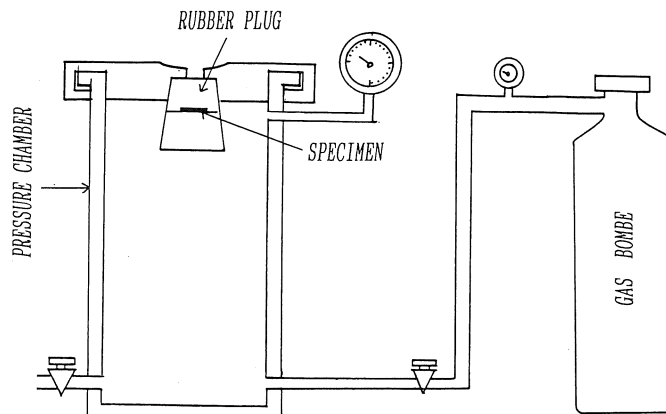


Fig. 2. A diagrammatic showing the equipment (pressure chamber), where a rubber plug (shown in Fig.1) is fixed at the aperture of the pressure chamber.

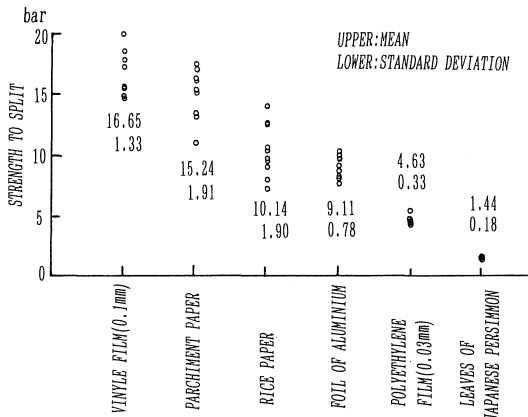


Fig. 3. Dispersions of strength of several specimens. The measurements were repeated on 10 specimens per each material.

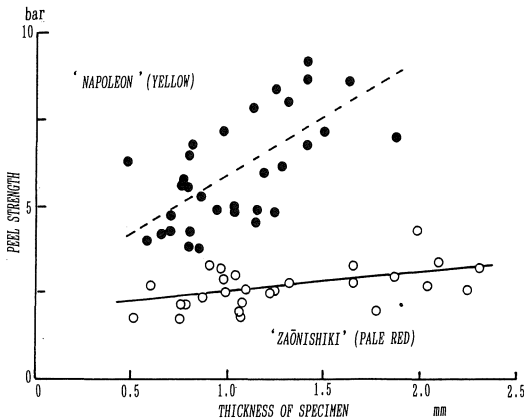


Fig. 4. Peel strength and peel thickness of sweet cherries.

測定所要時間が1分以内、試験片面積が0.5~1cm²ですむので、反復測定数を増やすことが容易であり、このことにより正確な値を入手できることになる。

2. オウトウ '佐藤錦' の果皮強度の季節的变化

裂果程度の著しいオウトウ品種 '佐藤錦' の果皮強度 (1mm厚) は硬核期にはほぼ8bar以上であったが、果実生長第3期頃より次第に減少し、完熟期には1~2barになった。他方、浸透的ポテンシャルが急減することにより、膨圧ポテンシャルが急増し、6月上旬にはこれが果皮強度の値と逆転した (Fig. 5)。測定方法がブレッシャーチャンバ法と氷点降下法であったため、得られた水ポテンシャル値と浸透的ポテンシャル値は、サー

モカップルサイクロメータ法⁵⁾に比較して、正確さの点で劣る²⁾。したがって、計算された膨圧ポテンシャルは近似値と言える。とはいえ、得られた傾向から見て、この逆転以降、果皮強度と膨圧ポテンシャルの値の間の開きが広がっていくことは確かである。この逆転により直ちに裂開しないのは、果皮のみに止まらず、果肉組織、維管束及び核の存在並びに核と果肉の接着力あるいは果皮とその内部の果肉の接着力がこの膨圧ポテンシャルに対抗して、裂開を防いでいるためと考えられる。しかし、硬核期以降の果皮強度の減少と膨圧ポテンシャルの増大は、裂果発生をもたらす一つの背景を形成するものである。リンゴやブドウについても基本的には上記とほぼ似た季節的变化の傾向が観察されたが、ここで示すことは省略したい。

3. 空気圧法とカードメータ法との比較

オウトウ、ブドウ、リンゴ各1品種の果皮強度をカードメータ法と空気圧法で測定比較した結果を Fig. 6 に

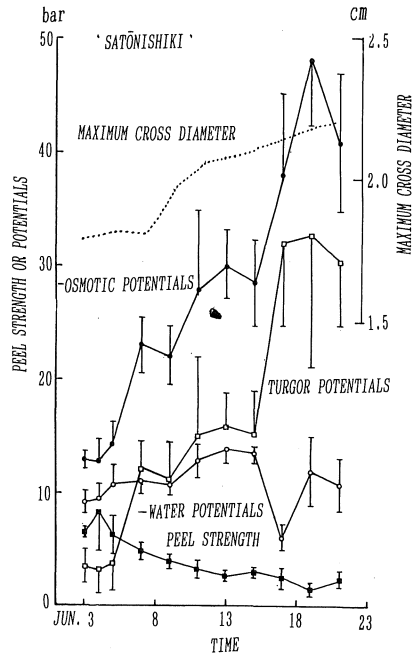


Fig. 5. Seasonal changes in peel strength (side portion), fruit water relationships (water potentials, osmotic potentials and turgor potentials) of a sweet cherry, cultivar 'Satōnishiki'. The measurements were repeated on 10 specimens per each stage. Vertical bars indicate standard deviations.

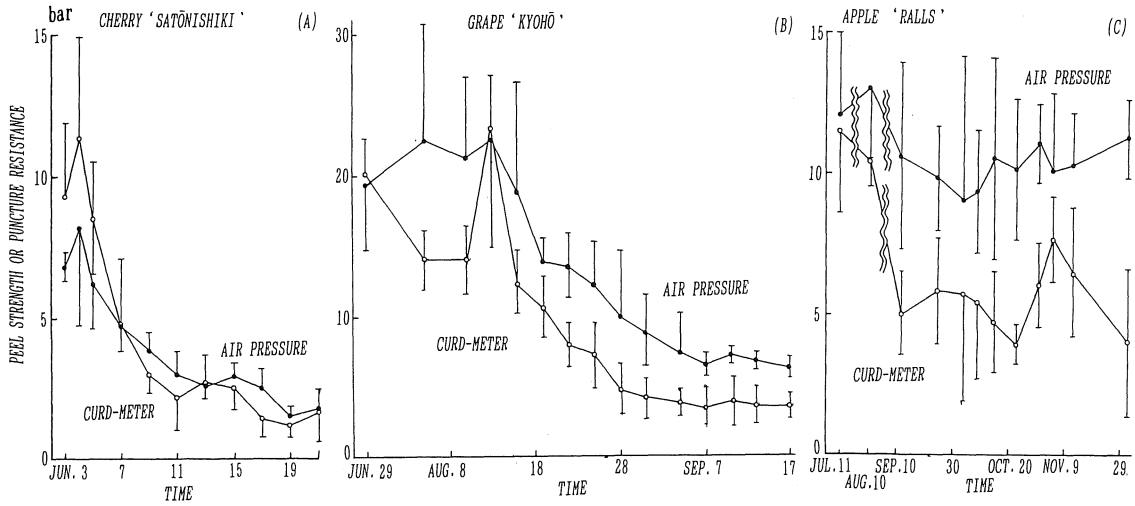


Fig. 6. Peel strengths by air pressure method and puncture resistances by Curd-meter method of a sweet cherry, cultivar 'Satōnishiki' (A), a grape, cultivar 'Delaware' (B) and an apple, cultivar 'Ralls' (C). The measurements were repeated on 10 specimens per each stage. Vertical bars indicate standard deviations.

Table 1. Comparison of peel strengths (side, mean of 10 fruits) and susceptibility to cracking (percentage of cracked fruits by a forced immersion method) among 8 cultivars of sweet cherry.

Cultivar	Percentage of cracked fruits (%)	Peel strength(bar)	
		Yellow color stage	Pale red color stage
'Jaboulay'	5.6	3.47 Dd ^a	2.25 CD
'Satōnishiki'	98.0	5.28 B	2.80 B
'Zaōnishiki'	69.4	5.22 B	1.78 Dc
'Rockport'	89.1	6.21 A	2.82 B
'Obako'	5.4	3.95 Dcd	2.23 CD
'Van'	1.8	4.99 BC	3.99 Aa
'Nanyō'	60.8	3.80 Dcd	2.55 BC
'Napoleon'	50.0	4.25 CDc	3.56 Ab

Correlation between peel strength and percentage of cracked fruits $r=0.6347$ (NS) $r=-0.1533$ (NS)

^a by Duncan's multiple range test at each color stage

示した。カードメータ法による測定は感圧軸の先端部が果皮をつき破る場合の限界値 (Puncture resistance) を、引っ張り試験機による測定の場合は引っ張り強さ

(Tensile strength) を測るものであり³⁾、本方法の場合には空気圧が果皮を放射方向に膨らませて裂開あるいは破壊させる点、意味合が多少異なる。一般に材料の破壊点

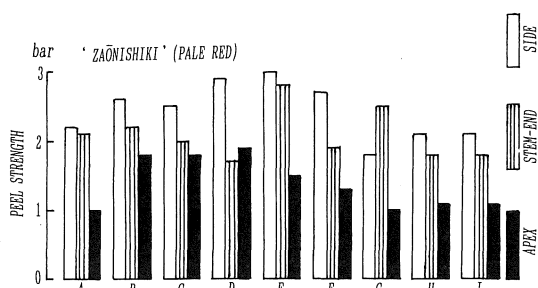


Fig. 7. Differences in peel strength among side, stem-end and apex in 9 fruits of a sweet cherry, cultivar 'Zaonishiki' (pale red color stage).

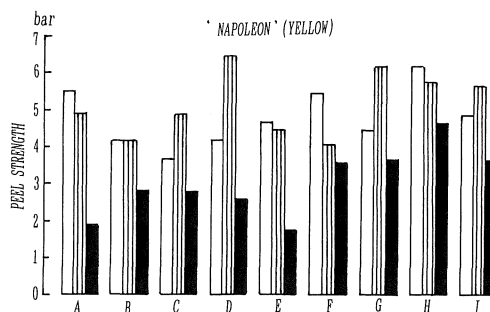


Fig. 8. Differences in peel strength among side, stem-end and apex in 9 fruits of a sweet cherry, cultivar 'Napoleon' (yellow color stage).

Table 2. Comparison of peel strength among portions (mean of 9 fruits)

Cultivar	Color stage	Portions			
		Side	Stem-end	Apex	Around suture
'Napoleon'	Yellow	4.82 Aa ^a	5.20 Aa	3.07 B	
'Zaonishiki'	Pale red	2.43 Aa	2.31 Aa	1.40 B	
'Napoleon'	Pale red	3.36 a			3.46 a
'Nanyō'	Pale red	3.03 a			3.10 a

^a by Duncan's multiple range test at each color stage

は同一の値になることが考えられる。しかし3品種とも、空気圧法の値がカードメータ法の値よりほぼ全体に大きくなったことの原因として、荷重と接触面積とを用いて行なった圧力単位に変換する過程での誤差が一つに考えられるが、むしろ、感圧軸の金属と接触することによる開裂促進効果がなく、空気圧により果皮を均一に展張させて破壊させることから、より大きい値を測定できたものと考えられ、自然の裂果現象を考慮すると、理に適った方法と考えられる。

4. オウトウ品種間、部位間の果皮強度の比較

我が国の品種における裂果抵抗性の比較にはまだ不明な点が多い。自然条件下における裂果発生量の品種間の違いは本来の裂果抵抗性の違いの他に、裂果回避性（たとえば、梅雨と成熟期の一致あるいはずれ）の違いが重なっているため、裂果抵抗性をいっそう判りにくくしている。水浸せき法（水温20℃で20時間浸せき）による強制裂果実験の結果と果皮強度との間の相関は低かった（Table 1）。オウトウの裂果抵抗性の品種差異をもたらす原因はまだまだ十分明らかにされていないが、膨圧の発

達程度⁵⁾、果肉硬度、表面応力分布⁵⁾あるいは肥大特性⁴⁾などが考えられ、この場合の果皮強度の違いはさほど大きな原因ではないのかもしれない。

果実部位間の果皮強度を比較すると（Table 2）、果頂部（Apex、花落ち周辺部）の果皮強度が常に低いことが認められた（Table 2, Fig. 7と Fig. 8）。しかし、胴部（Side）とこうあ部（Stem-end）の間には有意差は認められず、また、同じ胴部の中でも、一見脆いと感じられる縫合線周辺部（Around of suture）とこれ以外の部位との間に有意差は認められなかった（Table 2）。

5. まとめ

新方法は、材料が少量ですむ、測定所要時間がきわめて短い、圧力直読ができる、電源を要せず、野外へ携帯できる、生鮮材料を容易に固定できるなどの諸点で、従来法には欠けていた幾つかの長所を有し、今後の裂果発生機構の解明のための詳細な調査に用いることができよう。なお、ゴム栓の穴の大きさやそこにはさみ入れる試験片のゆるみ程度と測定値との関係をさらに詰めておく必要があろう。

摘 要

プレッシャーチャンバを改造することなくそのまま用いて、空気圧を利用した裂開に対する果皮強度測定の簡便法を開発し、これを用いて、主としてオウトウ果実の果皮強度測定を行なった。その結果、新方法は少量の材料 (0.5~1 cm²)、敏速測定 (1分以内)、野外測定、圧力直読などの点で利点が認められた。オウトウ果実では硬核期以降、膨圧の増大と果皮強度の減少が観察され、裂果発生の一つの要因が示唆された。ただし、オウトウ8品種の裂果発生傾向と果皮強度との間の相関は低かった。さらに、同一果実内では果頂部の果皮強度が他の部位より非常に小さかった。

引用文献

- 1) 平田克明・柴 寿・三好武満(1970)：(テラウエア)の裂果と防止方法 農及園. **45**：923-927.
- 2) 岩永秀人・寿松木章・村上ゆり子・間苧谷徹(1987)：熱電対湿度計法とプレッシャーチャンバ法によるナシ果実の水ポテンシャルの測定について 果樹試報A**14**：49-56.
- 3) 上村昭二・吉川宏昭・伊藤喜三男(1972)：トマトの裂果に関する研究 園試報C**7**：73-138.
- 4) 山本隆儀・工藤 信・渡部俊三(1989)：オウトウ果実の肥大特性と裂果に関する研究 園学雑. **58** (別冊1)：106-107.
- 5) 山本隆儀・細井喜久子・渡部俊三(1989)：果実表面応力分布解析システムとオウトウ果実を用いた解析結果 園学雑. **59** (別冊2)：180-181.