

リンゴ“紅玉”のゴム病に関する研究

第I報 果肉の物理的性質について

福島 忠 昭

(山形大学農学部園芸学科青果保蔵学研究室)

(昭和47年9月16日受領)

Studies on the Internal Breakdown of Jonathan apple

I. Physical properties in cortical tissue of fruits

Tadaaki FUKUSHIMA

(Laboratory of Post-harvest Horticulture, Faculty of Agriculture, Yamagata University)

緒 言

リンゴの冷温貯蔵中に発生する生理障害の一つにゴム病があり、とくに“紅玉”ではその被害は甚大である。

この病気の初期の症状は外観では分りにくい。しかし被害部を手で圧すると凹み、離すとゴムのように元に戻ることから容易に判別出来る。さらにこのような果実の被害部を切断すると、表皮直下の果肉および維管束が褐変しているのが見られる。

島氏¹⁾は本病について詳細な研究を行ない、“紅玉”に発生しやすいこと、大果および過熟果に発生しやすいこと、黒点病発生果はかかりにくいこと、等を明らかにした。

苫名氏²⁾は施肥量と本病発病との関係を調べ、窒素過剰施用区に発生が多いこと、磷酸の施用は発生を軽減する作用があることを見出した。

福田氏³⁾は栽培期間中のカルシウム散布が本病の発生を軽減することを明らかにした。

岡本氏⁴⁾はCA貯蔵が本病の発生を抑えると述べている。

このように本病の発病要因に関しては多くの研究報告があり、それなりの成果がもたらされている。しかしその発病機作についてはまだ不明の点が多い。

本報告は本病の発病機作を解明するために、発病の多い“紅玉”を用いて、発病期に、果肉の物理的性質を調べたものである。

本研究を遂行するにあたり、終始御指導を賜った本学農学部教授、苫名孝博士に深謝の意を表する。

実験材料ならびに方法

実験材料には当大学農学部附属農場栽植の“紅玉”成木樹より採取した果実を用いた。

すなわち、1971年10月10日、果実を着色大果(200~250 g)、着色小果(80~130 g)、および未着色果(100~150 g)に分けて収穫し、10月12日、2°Cの冷蔵室(湿度90%)に運び入れて貯蔵し、発病を始めた12月中旬以後、適宜取り出して果肉の浸透圧、硬度、荷重によ

る屈曲度, 弾性率, および外液の浸透圧が果肉切片からの酸溶出量に及ぼす影響を調べた。

なお着色果は全体の70%以上着色したものを, 未着色果はまったく着色していない緑色のものを用いた。また測定にあたっては, 供試材料はすべて発病していない果実か, 発病してもその程度の軽い果実の全く発病していない部位の果肉を用いた。

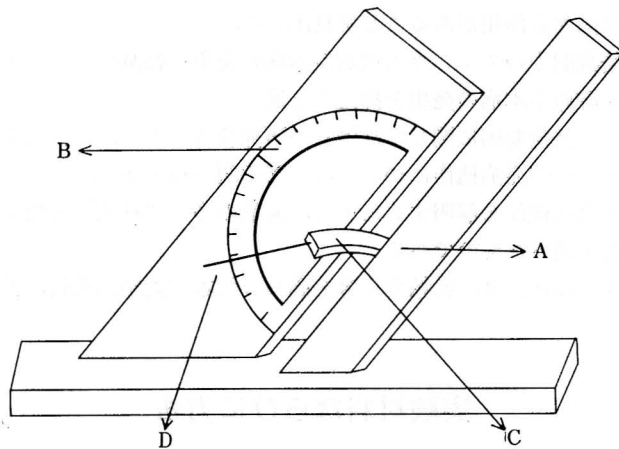
浸透圧は銅-コンスタンタン熱電対を用い, 0 接点を氷水中に漬け, 感受部接点に果肉小片を付けて寒剤(氷+塩)中に立てた試験管中に挿入し, 温度低下にともなって発生する電圧差の時間的推移から結氷点を読みとり, 結氷温度をもって間接的に表示した。

硬度は果実をたてに二等分し, 切断面の果肉に木屋製ユニバーサル硬度計の針頭(径5 mm, 高さ10 mmの円筒型)をつきさして測定した。

荷重による屈曲度の測定は Bonner⁵⁾ 氏等の方法によって自作した。すなわち第1図のような器具を作り, 果肉の板状切片(幅3.2 mm, 厚さ1.8 mm, 長さ27.8 mm)の一端を第1図のA点に固定, 他端に100 mgの針を突きさし, 針の荷重による曲がり度合を30分後に測定した。なお測定はシャーレに温湯を入れて中におき, 過湿状態に保った東洋沔紙KK製二次元ペークロ用プラスチックキャビネット中で行なわれた。

果肉切片からの酸溶出量に及ぼす外液の浸透圧の影響は, 一辺3.2 mm, 長さ27.8 mmの果肉の角柱切片を0 M, 0.1 M, 0.2 M, 0.3 M, 0.4 M, 0.5 Mのマニトール溶液50 ccにそれぞれ5片ずつ浸漬し, 4時間室温に放置後, 全酸量および溶出酸量を測定し, 全酸量に対する溶出酸量の比で示した。なお溶出酸量は溶液中に溶出した酸を0.05 N NaOHで滴定し, 全酸量は溶液中の果肉を取り出し, 乳鉢中ですりつぶし, 適量の蒸留水を加えて果肉中に残っている酸を溶出, 同様に0.05 N NaOHで滴定し, さきに測定した溶液中に溶出した酸の滴定値と合せて求めた。

すべての測定は, 果肉を果梗部表皮側, 果梗部心皮側, 胴部表皮側, 胴部心皮側, 果萼部表皮側, および果萼部心皮側の部位別にわけて行なわれた。



第1図 屈曲度および弾性率測定器具

- A 針(材料固定用)
- B 分度器
- C 屈曲中の果肉切片
- D 切片の先に突きさした100 mgの針

なお測定は1971年12月18日～1972年1月20日にかけて行なった。

実験結果

1. 果肉の浸透圧

1971年12月18日、果肉の部位別の浸透圧を知るため、結氷点温度を測定した結果は第1表のとおりである。

すなわち、結氷点温度はどの部位においても着色大果がもっとも低く、未着色果がもっとも高かった。なお着色大果のなかでは、胴部表皮側、および果萼部表皮側の果肉の結氷点温度がもっとも低く、 -5.0°C の値を示した。

2. 果肉の硬度

1971年12月19日、果肉の部位別に硬度を測定した結果は第2表のとおりである。

すなわち、果肉の硬度はどの部位においても着色小果がもっとも高い値を示した。また表皮側の果肉の硬度が心皮側のそれに比べて低い値を示し、同じ表皮側の果肉でも胴部の表皮側の硬度がもっとも低かった。

3. 荷重による屈曲度

1971年12月20日から12月26日にかけて、果肉切片の荷重による屈曲度を測定した結果は第3表のとおりである。

すなわち、果肉切片の荷重による屈曲度は、大体において、どの部位でも着色小果の屈曲度が小さい傾向を示した。また表皮側果肉の屈曲度は心皮側果肉のそれよりも大なる傾向を示した。これら表皮側果肉の中でも、とりわけ胴部果肉の屈曲度がもっとも大きかった。

第1表 果肉の結氷点温度

果肉部位	着色大果	着色小果	未着色果
	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
果梗部表皮側	-4.6	-3.7	-2.7
果梗部心皮側	-4.7	-4.2	-2.7
胴部表皮側	-5.0	-3.7	-2.7
胴部心皮側	-4.7	-3.8	-2.5
果萼部表皮側	-5.0	-4.0	-2.9
果萼部心皮側	-4.3	-5.5	-2.7

1果より2点、5果で10点測定の平均値

第2表 果肉の硬度

果肉部位	着色大果	着色小果	未着色果
	kg	kg	kg
果梗部表皮側	1.23	1.62	1.11
果梗部心皮側	1.82	2.16	1.91
胴部表皮側	1.07	1.31	0.95
胴部心皮側	1.73	1.78	1.65
果萼部表皮側	1.33	1.61	1.37
果萼部心皮側	2.02	2.33	1.78

1果より2点、5果で10点測定の平均値

第3表 果肉の荷重による屈曲度

果肉部位	着色大果	着色小果	未着色果
果梗部表皮側	42.8	20.4	31.4
果梗部心皮側	21.4	14.8	27.2
胴部表皮側	46.6	22.8	48.6
胴部心皮側	26.8	21.4	21.0
果萼部表皮側	29.4	13.0	23.4
果萼部心皮側	24.0	12.6	29.2

1果より1切片採取、5果で5切片を測定、2回反復の平均値

第4表 果肉の弾性率

果肉部位	着色大果	着色小果	未着色果
	%	%	%
果梗部表皮側	53.7	49.9	47.1
果梗部心皮側	59.8	60.1	59.4
胴部表皮側	72.6	60.8	51.1
胴部心皮側	70.3	63.4	57.0
果萼部表皮側	57.2	59.7	46.2
果萼部心皮側	57.8	51.9	58.9

第5表 各測定値間の相関係数

	浸透圧	硬度	屈曲度	弾性率
浸透圧	—	0.028	0.067	0.557
硬度		—	-0.757	0.125
屈曲度			—	0.083

4. 果肉の弾性率

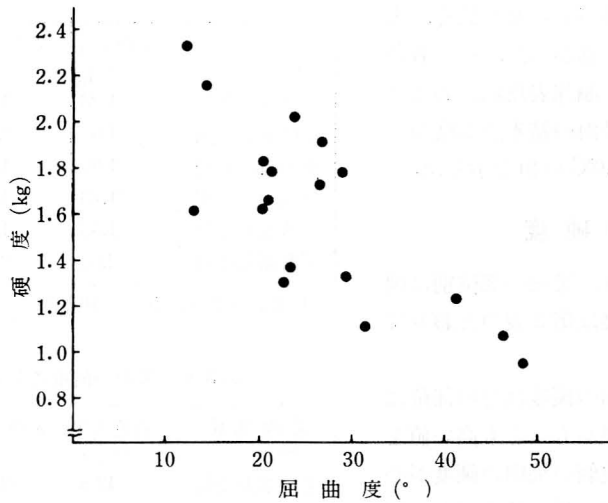
果肉切片の弾性率を測定した結果は第4表のとおりである。

すなわち、弾性率は、大体において、未着色果で小さい傾向があった。また着色大

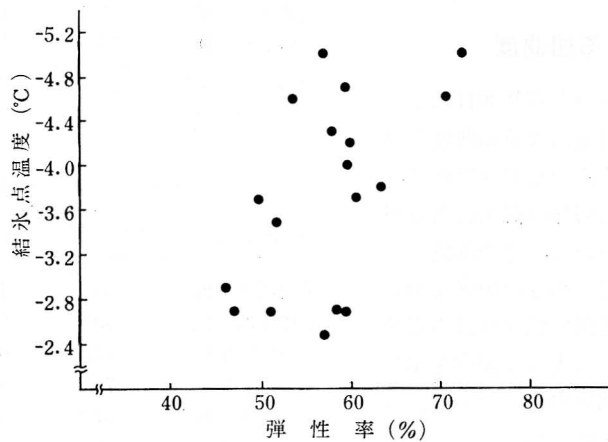
果の胴部の果肉の弾性率は他と比べてとくに高かった。

5. 各測定値間の相関関係

果肉の浸透圧、硬度、屈曲度、弾性率相互間の相関係数は第5表のとおりである。



第2図 硬度—屈曲度の相関



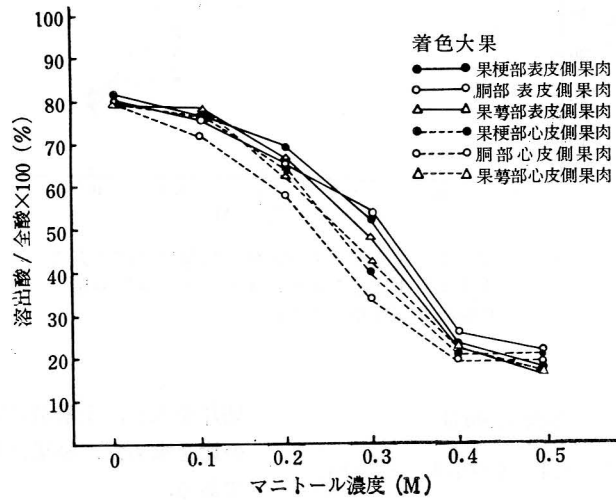
第3図 浸透圧—弾性率の相関

なかでも相関の高い硬度——屈曲度間、および浸透圧——弾性率間の相関関係を第2図および第3図に示した。

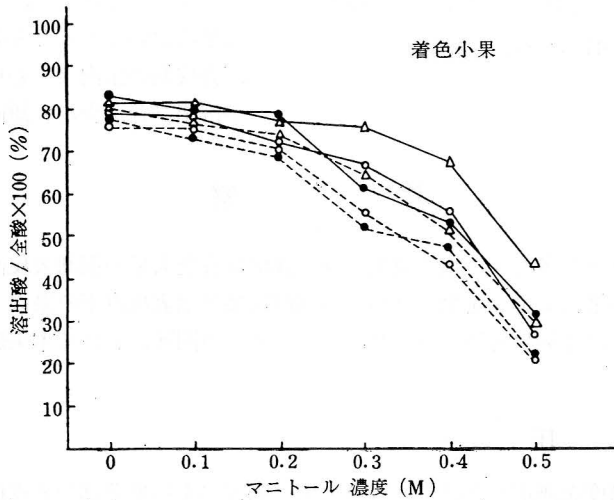
6. 果肉からの酸溶出量に及ぼす外液の浸透圧の影響

1972年1月8日から1月20日にかけて、種々の濃度のマニトール溶液に一定容積の果肉

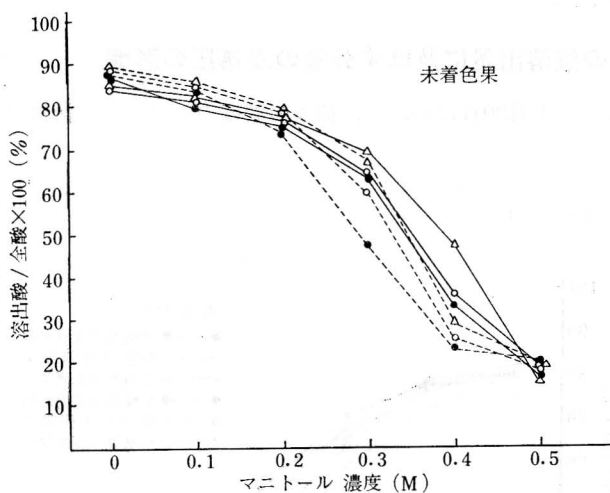
4図のその1



4図のその2



4図のその3



第4図 マニトール濃度が果肉の酸溶出量に及ぼす影響
1果より1切片を採取, 1処理区に5果使用,
数値は2回反覆の平均値

第6表 果肉中の酸量

果肉部位	着色大果 cc	着色小果 cc	未着色果 cc
果梗部表皮側	1.27	1.51	1.51
果梗部心皮側	1.31	1.49	2.02
胴部表皮側	1.05	1.44	1.53
胴部心皮側	1.28	1.45	1.89
果萼部表皮側	1.21	1.82	1.73
果萼部心皮側	1.41	1.54	2.14

単位 0.05 N NaOH 滴定値, 数値は5片あたりの全酸量

切片を入れ, 全酸量に対する溶出酸量の比を求めた. 結果は第4図のとおりである.

なお, そのときの果肉の部位別の全酸量を第6表に示した.

すなわち, マニトール濃度が高くなるにつれ, 全酸量に対する溶出酸量の割合は小さくなるが, その程度は着色大果においてもっとも著しかった. また表皮側の果肉より心皮側の果肉の方が溶出割合が少ない傾向を示した.

考 察

本実験中, もっとも多くゴム病の発生をみた部位は着色大果の胴部表皮直下の果肉であった. また着色小果にも少し発生したがその部位は果萼部表皮直下の果肉であった. 一方未着色果にはまったく発生をみなかった. このこととの関連において本実験結果を考察したい.

1. 浸 透 圧

果肉の結氷点温度を測定した結果は着色大果の胴部および果萼部の表皮直下の果肉が他

のいずれよりも浸透圧が高いことを示した。さらに着色小果について未着色果の順に浸透圧が低いことも明らかになった。

このこととゴム病発生の様相を考え合せると、果肉の浸透圧とゴム病発生との間に何らかの関係があるように思われる。

ただし、この浸透圧が高いことが果肉中の高分子物質の低分子物質への分解その他の原因によって、溶質の濃度が上昇したものか、水分の減少によって相対的に溶質の濃度が上昇したものかは今後の研究にまたねばならない。

2. 硬 度

従来よりゴム病発生果は果肉の硬度が低いと言われて来た⁶⁾。しかし本実験の結果ではゴム病の発生しない未熟果においても硬度が低いことを示した。したがって、今後ゴム病と果肉硬度との関係についてふれる際は、より一層の硬度に関与する要因分析についてふれる必要があると思われる。

3. 屈 曲 度

本実験に用いた板状切片は、均一な大きさの切片をうるため、プレパラート1枚の両端にカミソリの刃をはりつけたもの、プレパラート2枚はり合せてその両端にカミソリの刃をはりつけたもの、同様にして10枚はり合せ両端に刃をつけたものを作成して用いた。実験方法の項に示された長さは、作ったあと測定したものである。この大きさは所定の部位から果肉切片を採取するさい、もっとも扱い易かった。なお板状にしたのは測定器具に切片の一端を器具から突き出た針にさして固定するが、測定中に切片が90°位回転することがある。角状切片ではそれが分りにくい、板状にしておくことのような測定不能の個体を識別出来る利点がある。

またこの測定は、切り出した小さな切片で行なうので、迅速に操作しないと水分が蒸散する。水分の蒸散が大きいと、切片は容易に屈曲するし、また荷重をとって弾性率をはかる際、弾性を示さなくなる。したがって蒸散を防ぐため、切片作成操作を手早く行ない、温室下で測定することが肝要である。

本実験の結果は、ゴム病発生との関連は薄く、むしろ硬度との間に強い相関が見られた。

Bonner 氏⁵⁾等は、このような機械的屈曲はペクチン物質の構造に起因すると述べており、また一方硬度とペクチン物質とくに水溶性ペクチンとの間に密接な関係があることは一般に知られた事実である。

これらのことを考え合せると、本実験で硬度との間に強い相関が見られたことも当然のことのように思われる。

4. 弾 性 率

本実験ではゴム病の発生の多かった着色大果の胴部表皮直下の果肉において弾性率もとても高かった。

果肉の弾性率が高いことは細胞壁の分子間結合が強固であることを意味する、このこととゴム病発病の原因とが、どこでどのように関連しているのかは分らない。しかし、浸透

圧との間にも相関があり、興味ある問題である。

また、一般の軟化性・軟腐性病害果は、手で被害部を押えると凹んだままで復元しないのに比べ、ゴム病罹病部は手を離すと元に戻りやすい。この現象は果肉の弾性率の高いことによるものと考えられる。

5. 酸 溶 出 量

果実が成熟するに従って、果肉切片中の加里の外液への浸出量が増加すること⁷⁾、外液の浸透圧が低いと溶質の溶出量も大である等⁸⁾の報告がある。

本実験は果実の成熟現象とゴム病との関連を追求するため行なったものであるが、必ずしも両者の間に関連があるとは思えない結果を示した。

ただ、本実験において測定した果肉の酸含量は、ゴム病発生が多い着色大果の胴部表皮直下の果肉においてもっとも少なく、両者の間に何らかの関係があるように思われる。

以上、本実験の結果より推察すると、ゴム病と果肉の硬度および酸溶出量との関係は少なく、果肉の浸透圧、弾性率、および酸含量との間の関連性が深いと考えられる。

摘 要

ゴム病の発病機作の手がかりをうる目的で、発病率の高い着色大果と低い着色小果および未着色果を冷蔵し、果肉の浸透圧、硬度、荷重による屈曲度、弾性率などの果肉の物理的性質、および外液への酸溶出量を調べた。結果は次のとおりである。

1. 浸透圧は発病の多い着色大果で高く、発病の少ない着色小果および未着色果では低かった。これを部位別にみると、着色大果の胴部および果萼部の表皮側果肉において、もっとも高い値を示した。
2. 硬度は着色小果がもっとも高く、部位別にみると、心皮側の果肉が表皮側の果肉より高かった。
3. 荷重による果肉切片の屈曲度は硬度とほぼ同じ傾向を示し、両者の間に高い負の相関があった。
4. 弾性率は発病の多い着色大果の胴部表皮側の果肉でもっとも大きい値を示した。
5. 酸溶出量は外液のマニトール濃度が高まるにつれて少なくなるが、その程度は着色大果で著しかった。またこれを部位別にみると、心皮側の果肉が表皮側のそれより、溶出が少ない傾向を示した。
6. 酸含量は発病の多い着色大果で少なく、とくに着色大果の胴部表皮側の果肉で少なかった。

引 用 文 献

- 1) 島 善鄰. 1930. 紅玉「ゴム」病ニ関スル研究. 青森県農事試験場報告.
- 2) 吉名 孝. 1959. リンゴ紅玉果実の生理的障害に関する研究(第2報)窒素施用量と果実の諸性質, 生理的障害との関係. 山形大学紀要(農学) Vol. 3: 279~287.
- 3) 福田博之. 1972. 紅玉果実の貯蔵生理障害発生に対するカルシウム散布の影響(第1報)ゴム病. 園芸学会雑誌. Vol. 41: 11~16.

- 4) 岡本辰夫. 1970. 果実の controlled atmosphere (CA) 貯蔵. 植物の化学調節 Vol 5 : 168~171.
- 5) TAKASHI TAGAWA and JAMES BONNER. 1957. Mechanical properties of the avena coleoptile as related to auxin and ionic interactions. Plant physiology Vol. 32 : 207~212.
- 6) 熊代克巳. 1961. リンゴ. 朝倉書店.
- 7) 泉谷文足, 桜田 哲, 長井晃四郎. 1971. 果実細胞壁のイオン透過性と呼吸経過との関係. 昭和45年度総合助成(中核)試験成績書. 課題名 リンゴの商品性向上のための貯蔵技術の確立に関する試験. p. 25~27
- 8) STAHLEY P. BURG, ELLEN A. BURG and RICHARD MARKS. 1964. Relationship of solute leakage to solution tonicity in fruit and other plant tissues. Plant physiol Vol. 39 : 185~195.

Summary

Studies were made of the relationship between the physical properties of cortical tissue and the incidence of internal breakdown.

Coloured large-sized, coloured small-sized, and uncoloured fruits of Jonathan apple were stored in cold for 10~14 weeks.

After storage, osmotic pressure, firmness, deformation under applied load, elasticity, and acid leakage in soaking media were measured in cortical tissue sections divided into six parts (outer and inner regions at the cavity, side, and basic).

1. Osmotic pressure was higher in coloured large-sized fruit, which was more susceptible to this disease, than in mature small-sized and immature fruit, and especially, was highest in the outer cortex regions at side and caryx-end, which occurred the first visible evidence of this disease.

2. In pressure test, mature small-sized fruit was significantly firmer than mature large-sized and immature fruits, and inner cortex region was firmer than outer cortex region in all fruits.

3. There was a significant co-relation between deformation under load and firmness.

4. Elasticity was highest in the outer cortex at side of mature large-sized fruit in which occurred the first visible evidence of this disease.

5. The rate at which acids are lost from cortex tissue slices Suspended in mannitol solution decreased with increased concentration of mannitol solution, this tendency was greater in mature large-sized fruit.

With respect to position of cortex, acid loss was more stark in outer cortex region than in inner cortex region.