セイヨウナシ‘バートレット’の Hard end (石ナシ) 発生開始時期について¹

山本隆儀・渡部俊三
山形大学農学部 997 山形県鶴岡市

Initial Time of Development of Hard End Disorder in ‘Bartlett’ Pear.

Takanori YAMAMOTO and Shunzo WATANABE
*Faculty of Agriculture, Yamagata University,
Tsuruoka, Yamagata 997*

Summary

In order to clarify the relationship between water conditions and the occurrence of hard end disorder in ‘Bartlett’ pear fruit, it is necessary to know when the disorder begins to develop. In the present study, fruit characters seemed to be related to the occurrence of this disorder were investigated in relation to fruit growth and after ripening in comparison of a tree having every year a high percentage of hard end (affected tree) and normal, healthy trees (growing in the same orchard).

1. Between after-ripened fruits from normal and affected trees, significant differences were found in mean fruit weight, fruit length, degree of flatness of calyx end, and peel and flesh firmness. They were also found in the densities of pectic substance and tannin but not corky substance and starch determined by histochemical observations. However, it was pectic substance alone that showed a close correlation to flesh firmness in their distributions on the vertical section of each fruit.

2. Fruits from the affected tree were smaller in weight and size, and lower in Mg and higher in total polyphenol contents in calyx end than those from the normal trees throughout fruit growth. While, their cell size, Ca content and Ca/K ratio became inferior and K and HCl-soluble pectin contents became superior at calyx end to those of normal trees from 40 to 50 days after full-bloom. Further, from 55 to 60 days after full-bloom, peel firmness and contents of alcohol insoluble solids and holocellulose at calyx end of fruit, and from 60 to 65 days after full-bloom, the degree of flatness of fruit and flesh firmness, and α -cellulose content, at calyx end of fruit, became higher in the affected tree than normal trees.

3. At the time of ripening (about 120 days after full-bloom), there were found great differences only in peel and flesh firmness, contents of HCl-soluble and water-soluble pectins in calyx end of fruit between normal and affected trees.

4. From these results, it is concluded that hard end disorder begins to develop as early as 40 to 65 days after full-bloom, although, externally, it is characteristic of this disorder that the calyx end of fruit is kept hard even at after ripening stage perhaps due to insufficient degradation of pectic substances.

緒言

セイヨウナシの Hard end (石ナシ) は、果頂部の果肉が硬化したもので、症状が重くなると赤道部の近くまで硬化するものであり、追熟させても硬くて食べられない(25)。本障害の発生には、台木(1, 5, 6, 10, 11, 18, 19, 20, 21)、土壌の理化学性(7, 9, 11, 22, 24)及び樹体内無機

栄養、特に Ca(8, 9, 16, 24, 26)が深く関与することが指摘されている。他方、Ackley (1954) は、水不足原因説を提起している(1)。筆者らは本障害の発生と水との関連性を検討中であるが、そのためには、本障害の発生開始時期を把握する必要がある。本障害が発生し始めるのは、満開 50~70 日後ごろといわれているが(1)、その根拠となるデータは示されていない。実際には発生の初期

¹ 1982 年 5 月 1 日受理

徴候をつかむのは難しい。その後の症状としては、果頂部の果皮の光沢が増し、果肉が硬化し、該部の形状は正常果に比べて平坦でくぼみがない状態になる。しかし、これとても極端なものを除いては、収穫期においてもなかなか判別が çık にくい。判別が割合容易なのは、追熟してから、果実にナイフを入れた時で、果汁が少なく、硬い果肉に刃先の抵抗を感じることににより判別できる(25)。

本研究は、同一果樹園栽植の、Hard end が多く発生する樹と健全樹の果実形質(果重・果径・果実硬度・果肉細胞の大きさなど)及び果実成分(細胞膜成分・無機成分など)の季節的变化を比較し、それによって Hard end の発生開始時期を見いだそうとしたものである。

材料及び方法

山形大学農学部果樹園栽植のヤマナシ台 15 年生(1980 年当時) 'バートレット' 樹から、例年 Hard end が著しく発生する 1 樹(1979, 80, 81 年の発生率 86%, 100%, 67%。以後、多発樹と記す)とほとんど発生しない 3 樹(以後、健全樹と記す)を用い、1980, 81 年に以下に示す項目について調査した。供試した多発樹は、健全樹に比較して、枝葉の生長が大きく異なることは認められなかったが、輪紋病の発生が例年認められ、やや樹勢が弱いものと思われた。健全樹に隣接し、同一の栽培管理を施されていることから、土壌の理化学的性の違いによる影響はまず考えられない。根については未調査であった。Davis and Tufft は Black end に関して三つのタイプに分け、いつも発生する樹、時々発生する樹及びいつも発生しない樹があると述べているが(5)、この樹は発生率の年次変動があるにしても、最初のタイプのいつも発生する樹に当たるものであろう。おそらく、台木(ヤマナシ)実生間の変動による(1)ものであろうが、その原因は不明のままである。

1. 追熟果の果実形質及び果実成分の調査

Hard end 症状に関連の深い果実形質を見いだすため、1980 年両樹の収穫果を 1 週間予冷後室温下で追熟し、各樹 50 果以上について、果重、縦径、横径、果実の扁平度(果実縦断切片上の最大横径を AB、果実の先端の所を O とした場合の角 AOB。第 1 図参照)、果皮つきのまま測定した果実硬度(果実硬度計法、以後、果皮硬度と記す)を測定した。各樹 15 果について縦断果実半裁切片を作製し、果肉硬度(カードメーター法)及び石細胞群密度(フロログルシン塩酸法)、ペクチン物質(ルチニウムレッド法)、タンニン(塩化第二鉄法)、コルク物質(スダンⅢ法)、デンプン(ヨウ素ヨウ化カリ法)などの組織化学的検出の調査を行った(3)。上記の検出程

Fig. 1. Photographs of normal (left) and hard end fruit (right) of "Bartlett". Degree of flatness of calyx end is represented by the angle $F(^{\circ})$, where AB and O denote the maximum cross diameter and the fruit end on the vertical section, respectively. F is calculated by using second cosine formula with 3 sides of the triangle.

度は縦断果実半裁切片全体の各物質検出程度を 4 段階(1:極めて少ない, 2:少ない, 3:多い, 4:極めて多い)に分け評価した。次に、追熟後の果肉硬度分布と関連の深い物質を見いだすために、縦断果実半裁切片(約 2 mm 厚)の果肉硬度を切片上数十か所について測定しその分布を調査した。さらに、その隣接切片上の組織化学的反應を写真撮影し(カラー)、上記の果肉硬度測定部位に該当する部位の検出程度(4 段階)を評価し(各樹 5 回反復)、両者の関連性を調査した。

2. 果実形質及び果実成分の季節的变化の調査

5 月下旬から収穫期まで、1980 年には 10 日から 2 週間隔に毎回 10 個の果実を、1981 年には 7 日から 10 日間隔に毎回 5 個の果実を各樹から採取し、果重(両年)、果径(最大横径、縦径、1980 年)及び扁平度(1980 年)を測定した。また、果実を果柄周辺部側(以後、Stem end と記す)とがく周辺部側(以後、Calyx end と記す)に二分し、果皮硬度(1980 年)、果肉硬度(1981 年)、果肉細胞の大きさ(パラフィン切片法、表皮下 550~650 μm の果肉細胞長径、1981 年)、果肉細胞密度(同切片表皮下 400~700 μm の 1 mm^2 当たりの細胞の数、1981 年)及び石細胞群密度(凍結切片法、表皮より約 1,500 μm までの部分、フロログルシン塩酸法、1981 年)などの調査を行った。

別に、1980 年の 6 月上旬から 8 月下旬まで 10 日から 2 週間隔に各樹 20 個以上の果実を採取し凍結保存した。細胞膜成分の分析には、凍結保存果から可食部分(果皮及び果心の部分を除く)の Calyx end 100 g を均一に採取して、アルコール不溶性固形物(AIS)とろ液(AS)に

分画後、AIS 2g を用いてセルロース・ヘミセルロース (Jermin and Isherwood の方法)(12), AIS 0.1g を用いてペクチン各化合物 (カルバゾール硫酸比色法)(17) 及びろ液 (AS) を用いて全ポリフェノール (ホーリン・デニス法)(17) の各濃度を測定した。1981 年の 6 月上旬から 8 月中旬まで約 10 日間隔に各樹 20 個以上の果実と 100 枚の葉を採取した。果心を除く部分 (果皮と果肉の部分) を赤道部で二分し (Calyx end と Stem end), 乾燥粉末にして、果実及び葉の Ca, K 及び Mg を測定した (硝酸一過硫酸湿式灰化後原子吸光測定法)。

結果及び考察

1. 追熟果の果実形質及び組織化学

追熟果の果重, 果形要因, 果皮硬度, 果肉硬度, 各組織化学的検出程度の両樹間比較を第 1 表に示した。果重, 縦径, 偏平度, 1 果平均果皮硬度, 同果肉硬度, ペクチン物質及びタンニンには両樹間に有意差が認められたが, 石細胞群密度, コルク物質及びデンプンには有意差が認められなかった。

なお, 1 樹を多発樹, 他の 3 樹を健全樹と見なして実験を進めたが, 調査項目によっては, 多発樹内あるいは健全樹内のばらつきが大きいものも認められた (第 1 表の標準偏差を参照)。果頂部が平坦で硬いことが Hard end の典型的特徴であるので, 特に偏平度及び果皮硬度の分布を第 2 図に示した (1980 年)。偏平度の分布は広く, 両樹が重なる割合も高かったが, 果皮硬度には両樹間に明らかな境界が認められ, 健全と見なした樹の果皮硬度はいずれも小さく, その分布は極めて狭かったこ

Fig. 2. Relations between peel firmness and degree of flatness of fruits of normal (○) and affected (●) "Bartlett" trees at the time of after ripening (1980).

とから, Hard end の発生はほとんどなかったものと推察される。

追熟後の果肉硬度の 1 果平均値 (1 果 5 か所測定平均) と各成分の 1 果平均検出程度との相関関係を示すと (第 2 表), ペクチン物質との間に高い, タンニンとの間に低い, いずれも正の有意な相関関係が認められた。縦断果実半裁切片内数十か所の果肉硬度は Hard end 果では Calyx end 側で全体に大きい, 特に可食部分である果肉中央部からがく部にかけて大きく, 表皮に近い所ではやや小さかった。この果肉硬度分布と正の有意な相関関係が認められたのはペクチン物質のみであった (第 2 表)。タンニンの検出程度は表皮に近い部分で強く,

Table 1. Comparisons of fruit shape factors, fruit firmness (peel firmness by a hardness tester, flesh firmness by a curd meter) and densities[†] of stone cell and some fruit constituents between normal and affected trees at the time of after ripening (1980).

	Normal	Affected	t-test	n [‡]
Fruit weight (g)	177.4 ± 34.6*	166.5 ± 31.5*	p < 0.01	65
Peel firmness (kg)	1.06 ± 0.15	2.89 ± 0.55	p < 0.001	65
Flesh firmness	4.35 ± 3.60	29.66 ± 12.91	p < 0.001	15
Degree of flatness (°)	91.4 ± 4.1	98.6 ± 4.7	p < 0.001	55
Fruit diameter (cm)	6.78 ± 0.49	6.60 ± 0.50	NS	55
Fruit length (cm)	8.36 ± 0.62	7.44 ± 0.70	p < 0.001	55
Densities of stone cell [†]	2.33 ± 0.89	2.53 ± 0.64	NS	15
Pectic substance [‡]	1.40 ± 0.37	2.93 ± 0.46	p < 0.001	15
Tannin [‡]	1.60 ± 0.50	3.00 ± 0.53	p < 0.001	15
Corky substance [‡]	1.53 ± 0.38	1.46 ± 0.38	NS	15
Starch [‡]	1.06 ± 0.06	1.00 ± 0	NS	15

* Determined by histochemical observation.

[‡] Number of observation.

* Standard deviation.

[†] Histochemical grades, 1: very low, 2: low, 3: high, 4: very high.

Table 2. Correlations between flesh firmness and densities² of stone cell and some constituents (1980).

	Densities of stone cell	Pectic substance	Tannin	Corky substance	Starch
Mean flesh firmness	$r=0.0576$ (NS) (n=30)	$r=0.7620$ ($p<0.001$) (n=30)	$r=0.4539$ ($p<0.05$) (n=30)	$r=-0.1625$ (NS) (n=30)	$r=-0.1494$ (NS) (n=30)
Flesh firmness of separate parts on 10 vertical sections	$r=0.0938$ (NS) (n=437)	$r=0.3786$ ($p<0.001$) (n=426)	$r=0.0488$ (NS) (n=412)		

² Determined by histochemical observation.

必ずしも果肉硬度との対応関係が見られていない。石細胞群密度の検出程度は果心周辺部に強く、次に表皮下数層の細胞層で強かった。上記のルテニウムレッド反応は切片を軽く水洗したのちのもので見たことから、おそらく、不溶性のペクチン物質の集積を示すものであろう。町田はかんずめ 'バートレット' の肉質の良否（果肉のやわらかさが主要因であろう）と石細胞群密度及びリグニン含量との関連性を否定し、ペクチン物質（特にプロトペクチン）との間に関係を認めている(14, 15)。また、セイヨウナシ追熟軟化中の細胞壁の微細構造の変化が観察され、中層の溶解が生ずることが確認されている(4)。他方、'バートレット' 果実の軟化中の細胞壁の糖構成の調査によると、ウロン酸とアラビノースは顕著に減少したものの、セルロースはほとんど一定であった(2)。

2. 果形要因, 果実硬度, 細胞膜成分, 無機成分などの季節的变化

多発樹の果重は、兩年共、8月に入ると数グラムほど健全樹より小さくなったが、それ以前にはわずかに小さい程度にとどまった(第3図)。また、横径は全期間多発樹が短かったが、その差は小さかった(第4図)。しかし、縦径(果実長)は生育初期より多発樹が短く、いずれの時期も両樹間に有意差が認められた(第4図)。これらの果形要因と異なり、果実の偏平度は満開約60日後から有意差が出現し、多発樹が健全樹より大きくなった(第4図)。

果肉細胞の大きさは部位により異なるので、今回は果皮部のパラフィン切片について、表皮からの深さを一定にして、したがって極く浅い層の果肉細胞に限定して観察した。多発樹 Stem end の果肉細胞の長径は健全樹と比較しても大差がなかったが、Calyx end では満開約45日後から有意差が現れ、短かった(第5図)。したがって、多発樹の Calyx end の果肉細胞密度は健全樹と比較してほぼ同時期から高くなっていた。これらの切片上の全果肉細胞数に占める石細胞数の割合は、6月中旬から8月下旬まで約35%を上下していたが、多発樹のそれが特に高いとは認められなかった。

果皮つきのまま測定した果実硬度(果皮硬度、1980

Fig. 3. Seasonal changes in fruit weight of normal (○) and affected (●) "Bartlett" trees. An arrow indicates the time of after ripening. NS, *, **, ***: Difference between normal and affected trees means nonsignificant (NS), significant at 5%(*), 1%(**) or 0.1% level(***).

Fig. 4. Seasonal changes in fruit diameter and degree of flatness of calyx end of fruit of normal (○) and affected (●) "Bartlett" trees. As to symbols, refer to Fig. 3.

Fig. 5. Seasonal changes in cell diameter of flesh of normal (○) and affected (●) "Bartlett" trees in 1981. As to symbols, refer to Fig. 3.

Fig. 6. Seasonal changes in peel firmness (pressure tester) of normal (○) and affected (●) "Bartlett" trees in 1980. As to symbols, refer to Fig. 3.

年)はStem endでは両樹間に差異が認められなかったが、多発樹のCalyx endでは満開約50日後に大きくなり、9月上旬の追熟後には約2 kgの大差が生じた(第6図)。多発樹のCalyx endの果肉硬度(1981年)は満開約55日後に健全樹より大きくなり始め、さらに同約95日後まで顕著に増大し、そのうち減少した(第7図)。健全樹の同果肉硬度は7月上旬より絶えず減少した。ま

Fig. 7. Seasonal changes in flesh firmness (curdrometer index) of normal (○) and affected (●) "Bartlett" trees in 1981. As to symbols, refer to Fig. 3.

た、追熟後には両樹間の差が拡大した(第7図)。Stem endの果肉硬度に有意差が現れたのは満開約60日後であったが、その差はCalyx endの場合より小さかった(第7図)。Rossは"Pressure hardness Tester"を用いて"バートレット"の果実硬度を調査したところ、追熟前の果実硬度が60ポンド以上の果実の95%が追熟後Hard endと判定され、60ポンド以下のものの94%が健全果と判定されたことから、両者に分れる追熟前の果実硬度の幅は極めて狭いと述べている(19)。いずれにしても、果樹園において個々の果実の硬さからHard end発生果を早期に見いだすことはかなり困難である。

多発樹のCalyx endのアルコール不溶性固形物の濃度(AIS)は満開約50日後に健全樹より高く、その後少なくとも0.5%(対新鮮重)の差を保持していた。両樹間の果実含水率の差がほとんど認められなかったことから、この差は果肉細胞の大きさや密度の違いにより生じたものと考えられる。対AIS濃度で表示した細胞膜成分の構成の違いを示すと第8、9図のとおりであった。Calyx endのホロセルロースなどの成分濃度は果実生育に伴い全般に低下したが、健全樹に比較して多発樹のヘミセルロースは満開約35日後、セルロースは同約60日後及びホロセルロース(ヘミセルロース+セルロース)は同約50日後に高くなった(第8図)。しかし、追熟前

Fig. 8. Seasonal changes in holocellulose, hemicellulose and α -cellulose contents (in AIS of calyx end flesh) of normal (—○—) and affected (—●—) "Bartlett" trees in 1980.

と後では大きな差異が認められなかった (第8図)。本分析法ではガラスフィルターによる分別重量測定が主な手段であるが、同方法の脱リグニン処理では完全にリグニンを除去出来ないため(12)、リグニン濃度は算出していない。Calyx end のペクチン物質の濃度 (対 AIS %) は果実生育に伴い全般的に上昇した (第9図)。多発樹の塩酸可溶性ペクチン (HSP) は健全樹に比較して満開約 45 日後に高くなった。水溶性ペクチン (WSP) 及びヘキサメタリン酸ナトリウム可溶性ペクチン (PSP) には当初よりあまり明らかな傾向が認められなかったが、前者は満開約 55 日後から多発樹の方が低くなった (第9図)。これらのペクチン物質に大差が認められたのは追熟後 (満開約 120 日後) であり、多発樹の HSP の低下及び WSP の上昇がわずかであったのに対して、健全樹のこれらの低下及び上昇が顕著であった (第9図)。しかし、追熟後に全ペクチンの両樹間差異が拡大することにはなかった (第9図)。なお、ニホンナシ ‘長十郎’ のナシ障害果及び ‘二十世紀’ のユズはだ石障害部の細胞膜成分調査では、本実験と同様に、細胞膜各成分濃度が健全果より高いことが報告されているが(15, 23)、その

Fig. 9. Seasonal changes in content of pectic substances (% of AIS of calyx end flesh) of normal (—○—) and affected (—●—) "Bartlett" trees in 1980. An arrow indicates the time of after ripening. TP: total pectin, HSP: hydrochloric soluble pectin, PSP: hexametaphosphate soluble pectin, WSP: water soluble pectin.

季節的变化は調査されていない。

健全樹に比較して多発樹の果実 Ca 濃度 (対乾物 %) は Calyx end で満開約 40 日後、Stem end で同約 50 日後に低くなったが、同約 80 日後には両部位とも健全樹との差異はなくなった (第10図)。なお、Ca 濃度は両樹とも本障害が生じやすい Calyx end が Stem end より低かった (第10図)。多発樹の果実 K 濃度は健全樹のそれより Calyx end で満開約 45 日後に高くなったが、他方、Stem end では同約 40 日後に逆に低くなり、同約 75 日後になって再び高くなった (第11図)。多発樹の果実 Mg 濃度は両部位とも当初から健全樹より低かったが、満開約 75 日後には両樹間の実質的差異は消えたようであった (第11図)。多発樹の果実 Ca/K 値は健全樹に比較して、Calyx end で満開約 40 日後、Stem end で同約 65 日後に小さくなった (第12図)。

多発樹の葉 Ca 濃度 (対乾物 %) は少差ながら満開約 45 日後に健全樹より低くなったが、多発樹の葉 K 濃度は当初より低く、果実の Calyx end に見られた傾向と対照的であった。葉の Mg 濃度は果実の場合と同様に多

Fig. 10. Seasonal changes in Ca content (% in dry matter) of fruit part (flesh and peel) of normal (---○---) and affected (---●---) "Bartlett" trees in 1981.

Fig. 12. Seasonal changes in Ca/K of fruit part (flesh plus peel) of normal (---○---) and affected (---●---) "Bartlett" trees in 1981.

Fig. 11. Seasonal changes in K and Mg contents (% in dry matter) of fruit part (flesh plus peel) of normal (---○---) and affected (---●---) "Bartlett" trees in 1981.

Fig. 13. Seasonal changes in total polyphenol (% in flesh matter) in normal (---○---) and affected (---●---) "Bartlett" trees in 1980. An arrow indicates the time of after ripening.

発樹が当初より低く、両樹間の差も約 0.04% を保持しつつつけた。

なお、Calyx end の果肉の全ポリフェノール濃度（対

新鮮重 %）は7月中旬ごろまで多発樹で高かった（第13図）。

Fig. 14. Period of fruit growth when affected tree differed in respective items from that of normal trees. Vertical bars indicate the time when these differences take place. TP: Total pectin, HSP: Hydrochloric soluble pectin, PSP: Hexametaphosphate soluble pectin, WSP: Water soluble pectin, AIS: Alcohol insoluble solid.

3. まとめ

調査結果は、多発樹1本と健全樹3本とを比較するという実験設定のため、Hard endの発生と各成分の消長との因果関係を明らかにするには不十分である。また、果実採取間隔をあまり細かくしていないので、両樹間に各成分の差が生じる時期の早晩を詳細に比較しても意味がない。発生開始時期の把握の観点から、実験結果に現れた差の大小にとらわれずに、これらの差が現れ始める時期及び差が現れている期間をまとめて第14図に示した。果重、果径、Mg及び全ポリフェノールは当初より

両樹間に差が認められたが、この原因は明らかでない。おそらく、樹勢や樹特性の違いとも考えられる。果実発育途中、特にCalyx endで細胞の大きさ、果実のCa、K、Ca/K、HSP、ヘミセルロースにまず差が現れ（満開40~50日後）、次に、果皮硬度、AIS、ホロセルロースに差が現れ（満開55~60日後）、次にセルロース、果肉硬度、偏平度に差が現れた（満開60~65日後）。追熟後満開約120日後に差が顕著に拡大したのとして、果皮硬度、果肉硬度、WSP及びHSPが認められた。以上の結果、追熟中のペクチン分解が円滑に進まず、果実が

硬いままであることが Hard end 果の最終的特徴であるが、Hard end はかなり早期（満開 40～65 日後）に発生を開始するものと推察される。Black end（しり腐れ）は、Hard end が進行する過程で併発するものと考えられており、その発生開始時期の判別は比較的容易であり、満開 61～70 日後(5)及び同 70～80 日後(7)とされている。

謝辞 本実験を行うに当たり、原子吸光測定装置を利用させていただいた本学・土壌学・肥科学研究室に謝意を表する。

摘 要

セイヨウナシの Hard end 発生と水分条件との関連性を解明するために、本障害の発生開始時期を見いだす必要がある。本実験は、15 年生ヤマナシ台「パートレット」のうちから、例年 Hard end が著しく発生する樹（多発樹）と健全樹を用い、果実形質、主として Calyx end の果肉細胞、細胞膜成分及び無機成分の季節的变化などを調査比較したものである。

1. 追熟後に果実の計測及び組織化学的観察を行った結果、果重、縦径、扁平度、平均果皮硬度、同果肉硬度、ペクチン物質及びタンニンには、両樹間に有意差が認められたが、石細胞群密度、コルク物質及びデンプンには有意差は認められなかった。しかし、1 果実内果肉硬度分布と密接な関係が認められたのはペクチン物質（おそらくプロトペクチン）だけであった。

2. 健全樹に比較して当初より多発樹の果重は軽く、果径は短く、Mg 濃度は低く、全ポリフェノール濃度は高かった。しかし、多発樹の Calyx end で満開 40～50 日後に、健全樹より、果肉細胞長径は短く、果実 Ca 濃度は低く、同 K 濃度は高くなり、同 Ca/K 値は小さくなり、塩酸可溶性ペクチン濃度は高くなった。同様に、満開 55～60 日後に、果皮硬度は大きくなり、AIS 濃度とホロセルロース濃度は高くなり、さらに、満開 60～65 日後にセルロース濃度は高くなり、果肉硬度及び扁平度の値は大きくなった。

3. 追熟後（満開約 120 日後）では、Calyx end の果皮硬度、果肉硬度、水溶性ペクチン及び塩酸可溶性ペクチン各濃度の両樹間の差が顕著に拡大した。

4. 以上の結果、追熟中のペクチン分解が円滑に進まず、果実が硬いことが Hard end 果の最終的特徴といえるが、本障害そのものはそれよりもかなり以前（満開 40～65 日後）に発生を開始するものと思われる。

引用文献

1. ACKLEY, W. B. 1954. Hard-end of the Bartlett pear and its possible association with

various water relationships of the fruits and leaves. Washington Agr. Exp. Sta. Bull. 15: 1—35.

2. AHMED, A. and J. M. LABAVITCH. 1980. Cell wall metabolism in ripening fruit. I. Cell wall changes in ripening 'Bartlett' pears. Plant Physiol. 65: 1009—1013.
3. 明日山秀文・向 秀夫・鈴木直治. 1962. 植物病理学実験法. 日本植物防疫協会.
4. BEN-ARIE, R. and N. KISLEV. 1979. Ultrastructural changes in the cell walls of ripening apple and pear fruit. Plant Physiol. 64: 197—202.
5. DAVIS, L. D. and W. P. TUFTS. 1935. Black-end of pears. III. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 33: 304—315.
6. FISHER, D. V., J. E. BRITTON and S. W. PORRITT. 1950. Some horticultural aspects of black-end of pears. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 55: 217—223.
7. 深井尚也. 1967. 洋ナシパートレットのしり腐れ、石ナシの原因と対策. 農及園. 42: 1362—1366.
8. 深井尚也. 1973. セイヨウナシの石ナシ、しり腐れの発生とその対策. 農及園. 48: 1307—1311.
9. 深井尚也・佐竹正行・石塚昭吾. 1965. 洋ナシの生理障害に関する研究（第2報）. パートレットのしり腐れ、石ナシ果の発生に及ぼす施肥量の影響について. 園学要旨, 昭 40 秋: 12.
10. 深井尚也・佐竹正行・鈴木 武・近野雅子・香山武司. 1972. 西洋ナシの生理障害に関する研究（第4報）. しり腐れ、石ナシの発生に及ぼす台木の影響. 園学要旨, 昭 47 秋: 56—57.
11. HEPPNER, M. J. 1927. "Pear" black-end and its relation to different rootstocks. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 24: 139—142.
12. JERMYN, M. A. and F. A. ISHERWOOD. 1956. Changes in the cell wall of the pear during ripening. Biochem. J. 64: 123—132.
13. 町田 裕. 1965. ナシの肉質に関する研究. I. パートレットかんづめ製品における肉質の産地間差異（第1報）石細胞群密度. 園試報 A4: 97—105.
14. 町田 裕. 1965. ナシの肉質に関する研究. I. パートレットかんづめ製品における肉質の産地間差異（第2報）柔細胞膜成分. 園試報 A4: 106—124.
15. 町田 裕・松井 仁. 1970. ナシ果実の果肉細胞膜成分に関する研究（第2報）硬化障害果における細胞膜成分. 農及園. 45: 377—378.
16. MASON, J. L. and M. F. WELSH. 1970. Cork spot (pit) of 'Anjou' pear related to calcium concentration in fruit. HortScience 5: 447.
17. 農林省農林水産技術会議事務局監修. 1980. 栄養診断のための栽培植物測定法. 養賢堂.

18. OVERHOLSER, E. L. and W. J. CLORE. 1936. Six years' records of amount of cork spot fruit on individual d'Anjou' pear trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 34 : 192—198.
19. ROSS, L. D. 1950. A quantitative hardness test for "hard-end" of Bartlett pears. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 55 : 224—232.
20. RYUGO, K. and L. D. DAVIS. 1968. Yuzuhada, a physiological disorder of oriental pear, and its possible relation to black-end and hard-end of Bartlett. HortScience 3 : 15—17.
21. SELIMI, A. and J. C. KEATLEY. 1970. Effects of rootstocks of oriental origin on pears under irrigation on the Goulburn Valley. Aust. J. Exp. Agr. Anim. Husb. 10 : 640—643.
22. 鈴木寅雄. 1951. 山形県における洋なし栽培の技術的改善. 農及園. 26 : 639—643.
23. 田辺賢二・林 真二・平田尚美. 1976. 二十世紀ゆずはだに関する研究. 障害と果肉中の細胞壁組成および無機成分との関連について. 園学要旨, 昭 51 春 : 22—23.
24. 建石繁明・佐藤幸雄・熊代克己. 1980. 土壌湿度及び土壌反応がセイヨウナシパートレットの果実品質及び石ナシ, しり腐れの発生に及ぼす影響. 園学要旨, 昭 55 秋 : 82—83.
25. 渡部俊三・山本隆儀. 1978. セイヨウナシの生理障害と防止対策 (1). 農及園. 53 : 553—557.
26. WOODBRIDGE, C. G. 1971. Calcium level of pear tissues affected with cork and black-end. HortScience 6 : 451—453.