

酸性水処理がリンゴ及びカキ果実の発育ならびに品質に及ぼす影響*

平 智・古 田 智 彦・渡 部 俊 三
(山形大学農学部果樹園芸学研究室)

Influences of Acid Water Treatments on Fruit Growth and Quality in Apple and Japanese Persimmon

Satoshi TAIRA, Tomohiko FURUTA and Shunzo WATANABE
Laboratory of Pomology, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997, Japan
(Received November 26, 1990)

Summary

The influences of spray and dipping treatments of acid water (pH 1.5, 2.0, 3.0 and 4.0) or control water (pH 6.5) on fruit growth and quality in 'Starking Delicious' apple and 'Hiratanenashi' persimmon were studied. All the fruits of persimmon sprayed with pH 1.5 solution when they were immature dropped after the treatment. Fruit growth was depressed by the treatment at pH 2.0, and the treated fruits were smaller than control ones when they ripened. However, in apple, fruit growth was little influenced by acid water treatment even at pH 1.5. Injuries of fruit surface and calyx appeared with the treatments at pH values below 2.0 in apple and persimmon, respectively. Flesh firmness, Brix and soluble tannin content of persimmon fruits treated with acid water were not so much different from those of control fruits at harvest. The maturing fruits of both apple and persimmon were injured when sprayed with the solutions of pH 2.0 and below. The necrotic brown lesions appeared on apple fruit surface, and the necrosis of calyx and surface cracking were observed in persimmon. Postharvest dipping with mature persimmon fruits showed that visible injury on fruit surface appeared even with the treatment at pH 3.0.

Keywords: acid water; apple; Japanese persimmon.

I. 緒 言

最近大きな社会問題となってきた酸性雨の、農作物に及ぼす影響を検討する方法として、人工的に酸性水の散布あるいは浸漬処理を行い、それらの影響をみる方法が考えられる。

前報⁷⁾で著者らは、数種の落葉果樹を用いて、主に開花期前後に模擬酸性雨処理として酸性水の散布ある

いは浸漬処理を行い、それらが花器、茎葉及び果実(主として未熟果)に及ぼす影響について調査した。

そこで、本報ではさらに果実の発育期及び成熟期における処理の影響を明らかにすることを目的として、リンゴ及びカキ果実を対象として、発育期における酸性水散布が果実の生長ならびに品質に及ぼす影響、さらに成熟期における散布あるいは浸漬処理が果実品質に与える影響について検討した結果を報告する。

II. 材料及び方法

実験には山形大学農学部実験圃場植栽のリンゴ 'スターキング デリシャス' 及びカキ '平核無' (いずれも成木) を供試した。

酸性水の散布あるいは浸漬処理には蒸留水に硫酸を

* 本研究は平成元年度山形大学教育研究学内特別経費(研究題目: 酸性降下物の環境への影響に関する実証的研究)により行われた。

キーワード: 酸性水, リンゴ, カキ
[1990年11月26日受理]

加えることによって pH を調整した酸性水を用いた。酸性水の pH は1.5, 2.0, 3.0及び4.0の4種類とし、対照区は蒸留水を KOH で pH 6.5 に調整したもの（以後、これを蒸留水と記す）とした。

実験1 酸性水散布が果実の発育に及ぼす影響

リンゴ‘スターキング デリシャス’及びカキ‘平核無’の発育前期の果実に対し、1990年6月29日より約1週間ごとに計4回の酸性水散布を行った。処理は1処理区につき3～5本の垂主枝あるいは結果母枝を対象に行い、ハンドスプレーを用いて処理液が果実表面からしたたる程度に散布した。なお、1処理区あたりの果実数は15～20個であった。

第1回目の散布時より収穫期まで果実の横径を経時的に調査した。また、収穫期に果実の外観及び品質について調査・観察を行った。カキ果実についての調

査・観察の項目と方法は次のとおりである。なお、リンゴでは収穫直前の台風襲来により、処理果を含む供試樹の果実が多数落下したので、樹上に残った果実のみについてその外観を観察するにとどめた。

①果実の外観及び平均果重

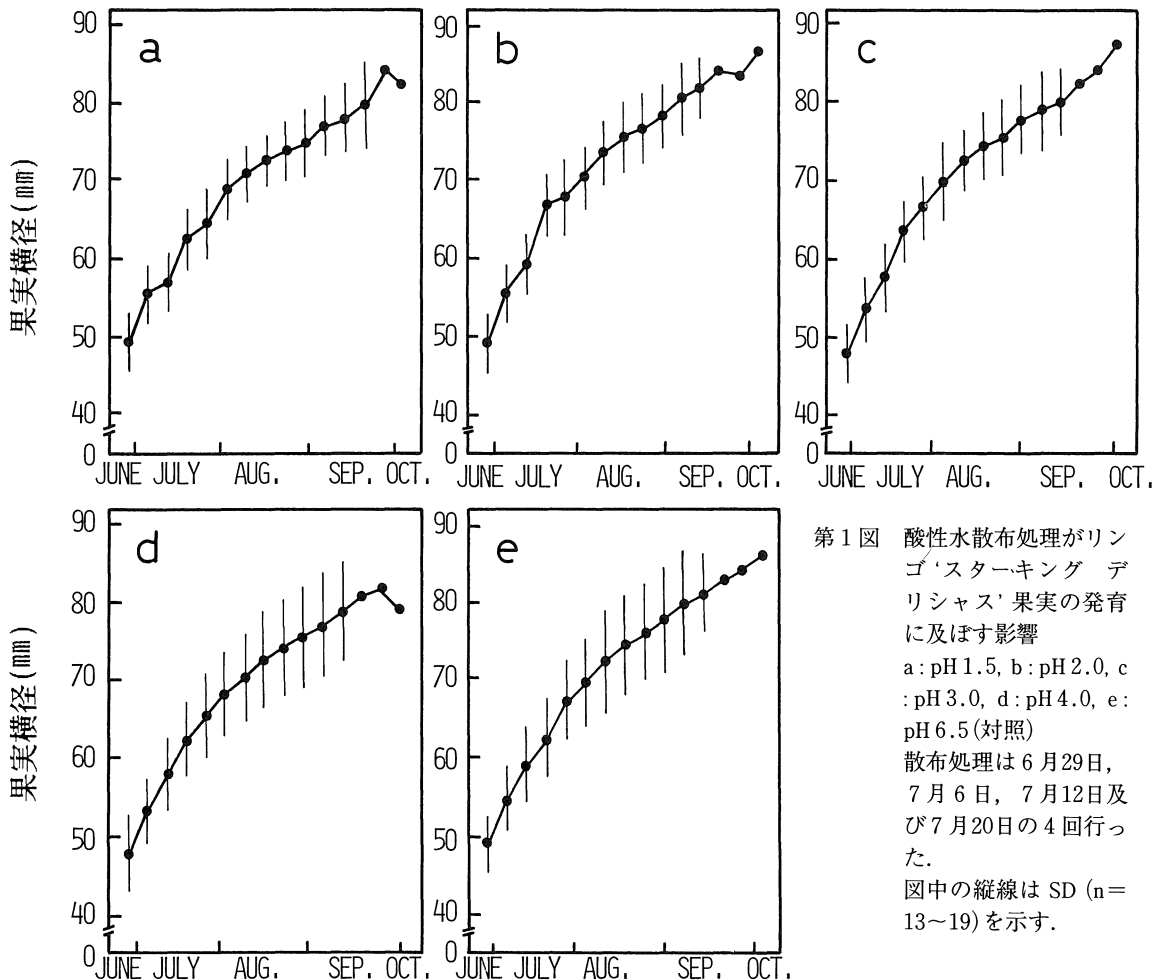
各々の処理区の全果実について果実の外観と果重を調査した。

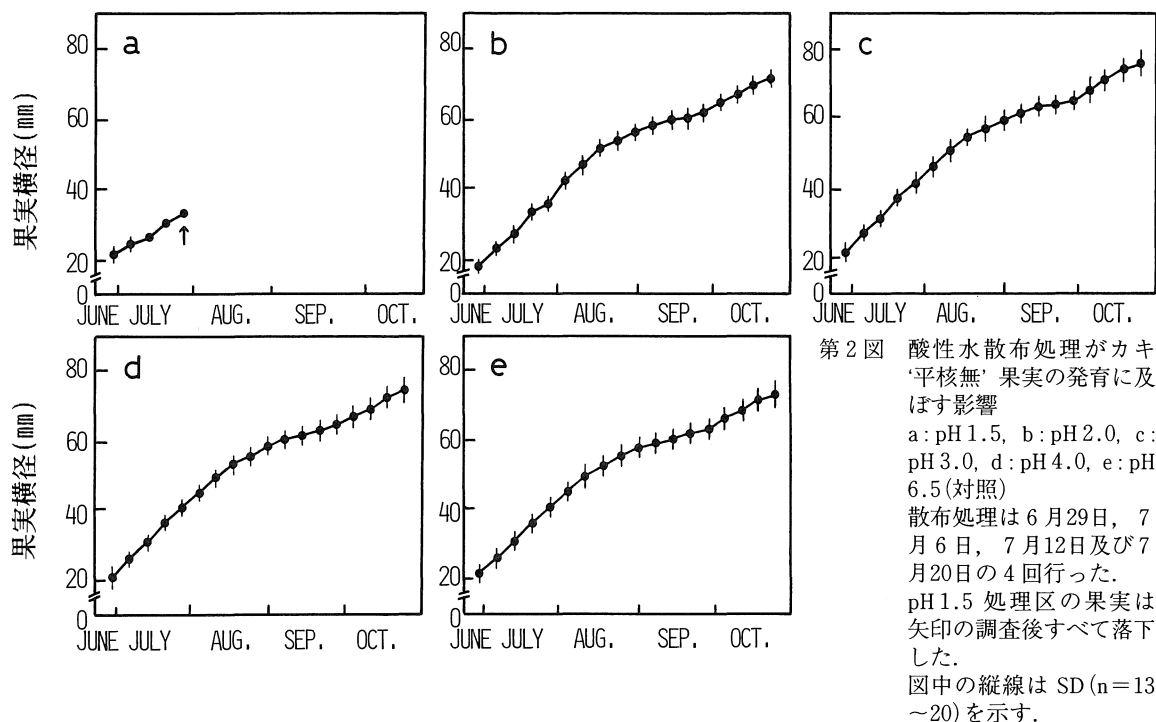
②果 色

各処理区より最も平均的と思われる果実を6個選び、それらについて果頂部の果皮色を農林水産省果樹試験場作成の果実カラーチャート（カキ‘平核無’用）を用いて測定した。

③果肉硬度

②で選んだ果実について赤道部の果皮をわずかに剥皮し、木屋製作所製の“果実硬度計”（5 kg 用、円錐





プランジャー使用)を用い, 1果につき, 2か所測定した。

④可溶性タンニン含量

③で果肉硬度を測定した6個の果実を2個ずつ1組にして, 赤道部の果肉細片をとり, その5gを用いて, Folin-Denis 法⁴⁾により測定した。

⑤果汁の屈折計示度

④で可溶性タンニンを測定した残りの果肉から果汁をしぼりとり, 果汁5mlに対して等量の5%ポリエチレングリコール(#6,000)溶液を加えて激しく振り, 除タンニンを行ってからガーゼでこして屈折糖度計で測定した⁶⁾。

実験2 成熟期における酸性水散布の影響

リング‘スターキング デリシャス’及びカキ‘平核無’の成熟期の果実に酸性水を散布処理し, 主として果実の外観に及ぼす影響をみた。

散布処理はリングに対しては, 1990年9月29日及び10月2日の両日の午前と午後計4回行った。また, カキに対しては, 10月13日, 16日, 19日及び22日に計4回行った。処理は各処理区ともほぼ同程度に着色した果実を対象として, 1処理区あたり5本の垂主枝あるいは結果母枝を供試した。1処理区あたりの果実数

は19~25果であった。

リング, カキともに第4回目(最終)の処理の翌日に果実にあらわれた障害とその程度を調査した。

実験3 収穫後の酸性水浸漬処理の影響

収穫適期に達したカキ‘平核無’果実を10月18日に採取後, 直ちに実験室に持ち帰り, 室温条件下(約20℃)において酸性水及び蒸留水に約3時間浸漬した。処理には1処理区につき5個供試した。処理終了後, 酸性水から引き上げた果実を実験室にさらに約12時間放置した後, 果実に発生した障害とその程度を調査した。

Ⅲ. 結果及び考察

実験1 酸性水散布が果実の発育に及ぼす影響

リング及びカキ果実の酸性水散布処理を行う直前から収穫期までの果実横径の経時的変化をそれぞれ, 第1図及び第2図に示した。

リング果実の発育はpH 1.5及びpH 4.0処理区で他の区よりわずかに劣る傾向が認められたが, 酸性水処理によって果実の発育が明らかに抑制されることはなかった。しかし, カキ果実ではpH 1.5処理区で処理果がすべて落下し, pH 2.0処理では処理後の果実の発育がかなり抑制された。

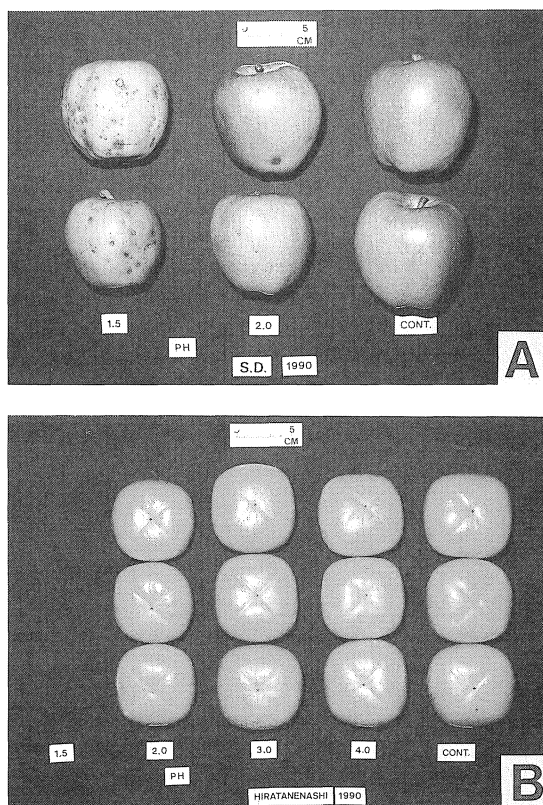
第3図のAは収穫期におけるリンゴの処理果実である。pH1.5及びpH2.0処理で、程度に差はあるが、果実表面に障害が発生した。これらの障害は第1回目の処理の数時間後にすでに認められた。pH1.5処理果ではところどころに直径5mm前後の円形の褐変を生じ、これらは後に浅く陥没し、収穫期が近づくとき褐変の中心付近を起点として、果皮の裂開が観察されるものもあった。pH2.0処理はpH1.5と比較すると、褐変部分が小さかった。しかも、これらは収穫期に至っても裂開することはほとんどなかった。また、pH1.5、pH2.0処理区ともに果実表面の褐変は果点を中心に発生していた。

なお、リンゴは9月下旬の台風の襲来によって、処理果実の大半が落下してしまい、収穫期に果肉硬度、果汁成分等の品質調査を行うことができなかった。

カキ果実でも第1回目の散布処理の数時間後にはヘタに障害が発生した。pH1.5処理ではヘタ片が著しく褐変し、まもなくヘタは枯死し、その後処理果はヘタごとすべて落下した。すなわち、第1回散布の数日後から果実は落下し始め、8月3日までにすべて落下した(第3図のB)。pH2.0の処理でもヘタ片に褐変が認められた。しかし、いずれの散布区でも果実表面に障害が発生することはなかった。

第1表はカキ果実の収穫期の果実品質を調査したものである。果重はpH2.0処理で他の処理区より軽く、小果となった。pH3.0処理では逆に、わずかに大果となる傾向が認められた。可溶性タンニン含量は対照区に比べて酸性水処理区で若干高かった。果肉硬度、果色及び果汁の屈折計示度は処理区間であまり大きな差がなかった。

以上のように、リンゴ果実の肥大は酸性水の散布処理によって、顕著な影響を受けなかったが、カキでは



第3図 発育期に酸性水散布を行った果実の収穫時の外観

A: リンゴ 'スターキング デリシャス', 左列より pH1.5, pH2.0 及び対照 (pH6.5)。

B: カキ '平核無'. 左列より pH1.5, pH2.0, pH3.0, pH4.0 及び対照 (pH6.5)。なお、pH1.5 はすべて落下した。

第1表 発育期における酸性水散布処理がカキ '平核無' 果実の収穫時の品質に及ぼす影響

処理区	平均果重(g)	果肉硬度(kg)	果 色 (HCC)	可溶性タンニン含量(%)	屈折計示度(°Brix)
pH 1.5	— ^z	—	—	—	—
2.0	162.0±10.7 ^y	2.28±0.10 ^y	4.7±0.4 ^y	1.05±0.03 ^x	12.4±0.3 ^x
3.0	194.7±20.5	2.23±0.06	5.1±0.5	1.09±0.04	12.8±0.1
4.0	177.8±17.6	2.33±0.06	4.9±0.2	1.00±0.04	12.0±0.2
6.5(対照)	187.2±14.1	2.32±0.10	4.8±0.3	0.87±0.04	12.3±0.6

^z データなし(8月3日までにすべて落下)

^y 平均±S D (n=14~20)

^x 平均±S E (n=3)

酸性水の散布処理は6月29日, 7月6日, 7月12日及び7月20の4回行った。

果実表面に障害が発生しなかったにもかかわらず、pH 1.5 処理ですべての果実が落下し、また、pH 2.0 処理で処理後の果実肥大がかなり抑えられた。

このようなカキ果実の落下ならびに肥大の抑制は酸性水処理によってヘタが褐変、枯死するなどの障害を受けたためであると考えられる。中村³⁾は、カキ‘富有’に対して6月20日に全ヘタ片の除去を行ったところ、93.3%という高い確率で落果が起こること、また、生育途中でヘタ片を除去すれば、その後の果実肥大が顕著に抑制され、小果となることを報告している。本実験では第1回目の酸性水散布処理が6月末であったことから、中村が行ったのとはほぼ同じような時期にヘタ片が障害を受けたことになる。すなわち、酸性水散布処理においてもヘタが障害を受けたことによって落

果や肥大の抑制が引き起こされたものと推察される。

なお、pH 3.0 処理では果実肥大がかえって若干促進される傾向があった。この理由についてはよくわからないが、ある程度の pH を有する酸性水を散布することによるストレスが何らかの刺激となって果実の肥大を促進した可能性もあり、今後、さらに検討する必要があると考えられる。

リンゴ果実の表面には pH 1.5 及び pH 2.0 処理とともに果点を中心として斑点状の褐変が発生した。これは酸性水が主として果点から果実に浸透したためではないかと考えられる。一方、カキの果実表面には pH 1.5 処理区でも全く障害が認められなかった。これは、カキ果実の表面に気孔が存在しないことと関連しているかもしれない。松島²⁾はウンシュウミカン

第2表 成熟期における酸性水散布処理がリンゴ‘スターキング デリシャス’果実の外観に及ぼす影響

処理区	障 害 の 発 生 と 程 度 ²		
	こ う あ 部	胴 部	て い あ 部
pH 1.5	+++ (褐変ならびに 同心円状裂果)	+++ (果点を中心に 陥没・褐変)	+++ (不定形の水浸状 褐変)
2.0	++ (pH 1.5 とほぼ 同様)	+	++
3.0	—	—	—
4.0	—	—	—
6.5(対照)	—	—	—

² 障害の程度は—：発生なし、±：わずかな兆候、+：やや重い、+++：きわめて重いと、調査は処理翌日におこなった。

()は障害の一般的な様相を示す。

酸性水の散布処理は9月29日及び10月2日、両日の午前と午後の計4回行った。

第3表 成熟期における酸性水散布処理がカキ‘平核無’果実の外観に及ぼす影響

処理区	障 害 の 発 生 と 程 度 ²		
	へ た 部	赤 道 部	果 頂 部
pH 1.5	++ (褐変枯死)	+++	+++ (亀裂発生黒変)
2.0	++	++	++ (pH 1.5 とほぼ同様)
3.0	—	—	—
4.0	—	—	—
6.5(対照)	—	—	—

² 第2表に同じ。

酸性水の散布処理は、10月13日、10月16日、10月19日及び10月22日の計4回行った。

を供試して、pH 2.5 の酸性水を樹全体に散布し、その影響をみているが、処理果の表面には先端がコルク化したほうそう状の突起が生じたとしている。リンゴやウンシュウミカンでは果実の表面にも気孔が存在することから、果実表面の気孔（果点）の存在の有無と障害発生の有無との関連性が示唆された。なお、カキではヘタ片の両面に気孔が存在する¹⁾ことが知られており、分布密度の高い気孔の存在が散布した酸性水の浸透に重要な役割を果たしている可能性がある。

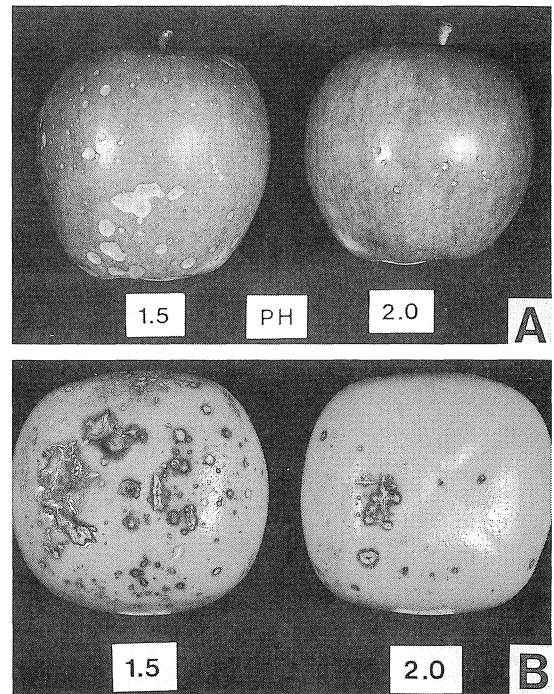
PROCTOR⁵⁾ はリンゴ 4 品種に対して酸性水散布処理を行い、収穫時の果重、果径、果肉硬度、可溶性固形物及びデンプン含量を調査している。その結果、酸性水散布の影響はほとんど認められなかった。本実験ではリンゴ果実については果実成分を調査することができなかったが、カキについてみる限り、処理の影響はさほど大きくないと考えられる。果実の成分等に及ぼす酸性水処理の影響についてはさらに他の種類の果実などを用いた詳しい検討が必要であろう。

実験 2 成熟期における酸性水散布の影響

リンゴ果実の実験結果を第 2 表、カキ果実の結実の結果を第 3 表に示した。リンゴでは pH 1.5 及び pH 2.0 処理で障害が発生した。すなわち、pH 1.5 処理では果実胴部に果点を中心とした円形の褐変部分が生じ、その部分は陥没した（第 4 図の A）。この褐変部分は**実験 1**で发育期の果実に散布処理を行った場合に認められたものより大きいことが特徴的であった。また、陥没の程度も**実験 1**に比べて若干深かった。さらに、こうあ部やていあ部にもかなり著しい褐変が生じ、褐変部分の周辺の果皮が裂開した。

カキ果実では、pH 1.5 及び pH 2.0 処理で障害の発生が認められた。pH 1.5、pH 2.0 処理とも、主として果頂部近くの果皮に亀裂が生じ、その周辺が黒変した（第 4 図の B）。障害は pH 1.5 処理でとくに激しく、黒変が著しかった。しかしながら、pH 1.5 処理区でも**実験 1**でみられたように処理後果実が落下するということとはなかった。

リンゴ果実では**実験 1**に比べて果実表面に発生した褐変部分の大きさや陥没の深さの点で成熟期における処理の方が障害の程度が著しかった。また、发育期における処理では認められなかったこうあ部やていあ部にも褐変が観察された。**実験 1**と**実験 2**では酸性水散布処理の間隔が異なるので厳密な比較はできないが、いずれの時期の処理でも障害の主な症状は第 1 回目の処理後まもなく認められたことから、リンゴ果実の酸



第 4 図 成熟期に酸性水散布を行った果実の外観

A : リンゴ ‘スターキング デリシャス’.

左 ; pH 1.5, 右 ; pH 2.0.

B : カキ ‘平核無’.

左 ; pH 1.5, 右 ; pH 2.0.

性水に対する耐性は成熟に伴って小さくなっていくものと思われた。

一方、カキ果実においても、发育期には障害が発生しなかった果実表面に、成熟期の処理では明らかな障害の発生が認められた。また、发育期の pH 1.5 処理は果実の落下を引き起こしたが、成熟期の処理では果実は落下しなかった。このような酸性水散布に対する果実の耐性の熟度に伴う変化はカキの場合もリンゴの場合と同じように起こっているものと考えられた。ただ、成熟期に低 pH の処理を行っても果実の落下が起こらなかったのは、ヘタの酸性水に対する耐性の増大というよりはむしろ、果実发育におけるヘタの役割が果実が未熟な時期に比べて変化しているためではないかと考えられる。すなわち、成熟期ではヘタがかなりの障害を受けても、もはやそれが生理的な引き金となって果実の落下は起こらないものと思われる。

なお、カキ果実で果皮の裂開ならびに褐変が主として果頂部に多く発生したのは、単に酸性水のしずくが

第4表 収穫後の酸性水浸漬処理がカキ‘平核無’果実の外観に及ぼす影響

処理区	障 害 の 発 生 と 程 度 ^a		
	ヘ タ 部	赤 道 部	果 頂 部
pH 1.5	+++ (褐変枯死)	++ (果頂部と ほぼ同様)	+++ (深い亀裂黒変)
2.0	+	++	++ (pH1.5 とほぼ 同様)
3.0	+	—	++ (わずかな亀裂 黒変はなし)
4.0	±	—	—
6.5(対照)	±	—	—

^a 第2表に同じ

浸漬処理は室温(約20℃)条件下で約3時間行い、処理後果実を約12時間室温に放置した後、調査を行った。

その部分にたまりやすいことのみならず、**実験3**でも述べるように果頂部の周辺の組織に障害が発生しやすい何らかの要因があるのではないと思われるが、詳細については今後検討する必要がある。

実験3 収穫後の酸性水浸漬処理の影響

第4表に示すように、果頂部付近の果皮には pH 3.0 処理でも障害が発生した。pH 1.5 及び pH 2.0 処理では程度の差こそあれ、果実の表面に亀裂が生じ、その周辺がやがて黒変するという、**実験2**でみられたものと同じような障害が発生した。また、果頂部と赤道部とでは、果頂部のほうにやや障害が発生しやすいようであった。**実験2**において成熟果に酸性水散布を行った際も、障害は主に果頂部に発生した。**実験3**では収穫後の果実を用いて浸漬処理を行い、処理終了後、果頂部を上にして室内に放置したため、果頂部付近に酸性水の水滴がたまることはなかったにもかかわらず、この場合もやはり、果頂部付近に障害の発生が多かった。どのような理由でこのように果頂部に障害が発生しやすいのかについては、今のところ不明であるが、おそらく、果頂部付近の組織自身に何らかの要因が存在するのではないかと推察される。

また、pH 1.5 及び pH 2.0 処理では果実表面に生じた亀裂の周辺が黒変したが、pH 3.0 処理では黒変はほとんど認められなかった。これは、酸性水処理によって引き起こされた障害の発生の程度により、その後に働く酵素等の酸化作用の程度が異なってくるためかもしれない。

以上の結果から、酸性水の散布あるいは浸漬処理に

よって果実の発育が影響を受けたり、果面に障害を生じるのは pH 2.0 以下というかなり低い pH で処理を行った場合であることが明らかになった。ただ、実際の降雨はもっと長時間にわたると考えられるので、今後、やや高い pH の処理が長時間に及ぶ場合や処理のくり返し回数が多い場合の影響について検討が必要であろう。

Ⅳ. 摘 要

本実験では、酸性水の散布または浸漬処理がリング‘スターキング デリシャス’及びカキ‘平核無’果実の発育ならびに品質に及ぼす影響について検討した。

果実発育前期における酸性水散布処理により、カキでは pH 1.5 処理区の果実はすべて落下し、pH 2.0 処理では果実の発育が抑制され、小果となった。一方、リングでは果実発育に及ぼす影響はほとんどなかった。リング、カキともに pH 2.0 以下の処理でそれぞれ果実表面、ヘタに障害が発生した。なお、カキ果実の収穫時の果肉硬度、屈折計示度及び可溶性タンニン含量に及ぼす処理の影響は小さかった。

発育後期の果実に対する散布処理では、pH 2.0 以下の処理で果実に障害が認められ、リングでは果実表面に褐変部分が生じ、その部分は陥没した。また、カキではヘタが褐変、枯死し、さらに果実表面に亀裂が生じ、その周辺は黒変した。

収穫適期に達したカキ果実を採取後、酸性水に浸漬したところ、pH 3.0 の処理でも果実表面に障害の発生が認められた。

V. 文 献

- 1) 北川博敏. 1970. カキの栽培と利用. p.27-33. 養賢堂. 東京.
- 2) 松島二郎・平塚 伸・腰水昌信. 1988. ナツダイダイ珠心胚実生の生育ならびにカキ, ナシ果実の汚損におよぼす酸性雨の影響. 三重大環研紀要. **12**: 39-46.
- 3) 中村三夫. 1967. カキのヘタの生理生態学的研究. 岐阜大学農学部研究報告. No. **23**: 3-13.
- 4) 大阪府立大学農学部園芸学教室編. 1981. 園芸学実験・実習. p.177. 養賢堂. 東京.
- 5) PROCTOR, J. T. A. 1983. Effect of simulated sulfuric acid rain on apple tree foliage, nutrient content, yield and fruit quality. Environ. Exp. Bot. **23**: 167-174.
- 6) SUGIURA, A., I. KATAOKA and T. TOMANA. 1983. Use of refractometer to determine soluble solids of astringent fruits of Japanese persimmon (*Diospyros kaki* L.). J. Hort. Sci. **58**: 241-246.
- 7) 平 智・古田智彦・渡部俊三. 1990. 酸性水処理が果樹の花器, 葉及び果実に及ぼす影響. 山形大学紀要(農学) **11**(2): 375-383.