

カキにおける黒変汚損果の発生と果皮中の アスコルビン酸含量との関係

山村 宏*・山根 登**

Occurrence of Black Stain on Fruit Skin (Black Spots) in Relation
to Ascorbic Acid Contents in Pericarp Tissues of Japanese Persimmons
Hiroshi YAMAMURA and Noboru YAMANE

The characteristic disorders occurring on fruit skin in 'Saijo' were vertically striped and broken line-like types of black stain. These seem to be primarily caused by rapid enlargement of fruit in the late stage accompanied by the expansion of fine splits on skin, and secondly caused by the oxidation of polyphenol substances in the epidermal and sub-epidermal cells exposed to air and rain water.

'Saijo' was compared with black stain-free 'Fuyu' on the contents of ascorbic acid (total and reducing type), a reducing substance, from the early stage of coloring to the harvest. In the later stage of fruit growth, the content of reducing type ascorbic acid in peel differed largely in these cultivars. In 'Saijo' it decreased successively from 13 mg % at the middle stage of coloring to 2 mg % at harvest, whereas in 'Fuyu' increased from 5-6 mg % to 60 mg %.

Repeated spray applications of 0.2 % L-ascorbic acid and 0.2 % L-ascorbic acid plus 0.5 % citric acid in late season considerably reduced vertically striped type of black stain in 'Saijo'. However, they did not show no apparent influence on other types.

緒 言

カキの黒変汚損果にはいろいろのタイプの症状があるが、着色期になって目立ってくる雲形状、溝状および破線状汚損などは、次のような原因で発生すると考えられている。すなわち、果皮クチクラ層の微細な傷が果実発育後期の急激な肥大に伴なって拡大し、表皮細胞、亜表皮細胞が露出して、細胞内のポリフェノール物質が空気や雨水、露滴に触れ、ポリフェノールオキシダーゼなどの酸化酵素の働きで酸化されて黒変すると考えられている^{1,2)}。また、黒変汚損症状の種類や発生の程度は品種により異なるが、その原因としては、果実の発育³⁾の仕方、果皮組織の強弱などの相違が指摘されている。しかし、前

述の発生機作よりすれば、果皮や果肉に含まれる化学成分とくに還元物質の量の品種間差異が関連している可能性が考えられる。

この点を明確にする目的で、本実験では黒変果の発生しやすい'西条'と発生しにくい'富有'について、果皮と果肉のアスコルビン酸(ビタミンC)含量の消長と黒変汚損発生との関係を調べた。

材料および方法

島根大学農学部実験圃場栽植の22年生'西条'と24年生'富有'をそれぞれ5樹供試した。両品種とも、満開約1週間前に1新梢1花蕾になるように摘蕾し、開花時に禅寺丸の花粉で人工受粉した。両品種とも20花蕾以上着生している亜主枝を1樹につき1本ずつ、5樹で計5本を選び、'西条'では着色期直前の9月10日から1

* 果樹園芸学研究室
** 現在出雲農林高校

週間毎に10月18日まで，‘富有’は9月10日から11月21日まで2週間ごとに汚損果発生を症状別に調査した。汚損の症状は雲形状，点状，溝状，破線状，波状，縦線状およびス点状汚損の7種類に分類した。汚損程度は，汚損度を甚・多・中・少・極少の5段階に分け，次式を用いて算出した。

$$\text{汚損程度} = \frac{\text{甚} \times 5 + \text{多} \times 4 + \text{中} \times 3 + \text{少} \times 2 + \text{極少} \times 1}{\text{調査果数} \times 5} \times 100$$

果皮および果肉中のアスコルビン酸含量定量

両品種とも着色開始期（‘西条’9月14日，‘富有’10月22日）から1週間毎に果実を10個採取し，果皮と果肉に分けて凍結保存し，アスコルビン酸の定量に供した。アスコルビン酸の定量は以下の方法によって行った。

1) 抽出液の調整

果皮または果肉細片2gを乳鉢でよく磨砕し，20%メタリン酸液を25ml加えて十分に攪拌した。次に73mlの蒸留水を徐々に加えて混合し，15分間放置した後12,000rpmで15分間遠心分離した。上澄液を東洋No.5B濾紙で濾過して供試液とした。なお，両品種とも果肉の上澄液の濾過には，酸性白土を約5g加えて濾過した。

2) 測定操作

(a) 盲検

抽出液1mlに5%メタリン酸液を1ml，1%塩化第1スズ液を加えてよく攪拌し，3時間室温で放置した。

(b) 酸化型アスコルビン酸

抽出液1mlに1%塩化第1スズを2ml，5%メタリン酸液を1ml，2%ヒドラジン液(DNP)1mlを順次加えてよく攪拌した。

(c) 総アスコルビン酸

抽出液1mlに5%メタリン酸液を1ml，200mg%インドフェノール液を1～2滴，1%塩化第1スズ液を2ml，2%ヒドラジン液1mlを順次加え，よく攪拌した。

(d) 内部標準アスコルビン酸

抽出液1mlに1mg%アスコルビン酸(L-(+)アスコルビン酸)を1ml，200mg%インドフェノール液を1～2滴，1%塩化第1スズ液を2ml，2%ヒドラジン液1mlを順次加え，よく攪拌した。

以上b～dについて，37℃の恒温器中で3時間インキュベートした。a～dとも3時間後，氷冷しながら85%硫酸を5mlずつ加えて攪拌し，aのみ2%ヒドラジン液を1ml加えた後，いずれも室温で30分間放置し，分光光度計(日立181型)で波長520mμの吸光度を測定した。酸化型ア

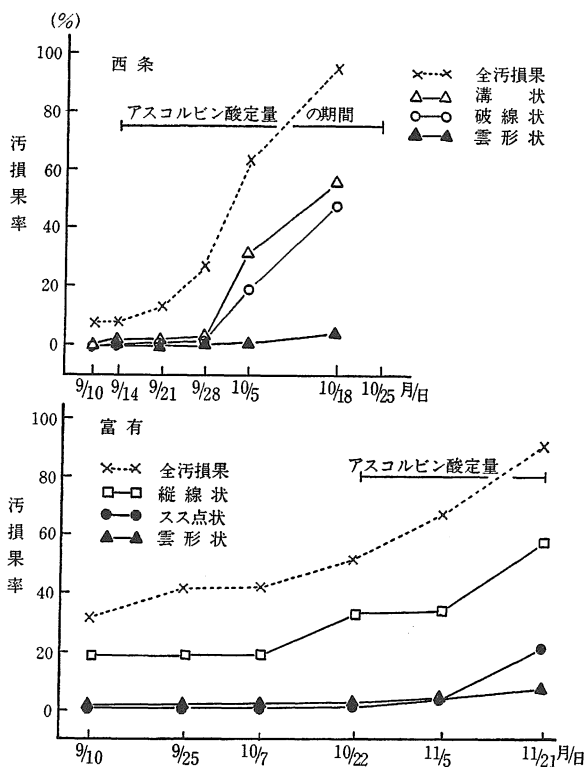
スコルビン酸と総アスコルビン酸の測定値から盲検値をそれぞれ差し引き，標準曲線から試料2g中のアスコルビン酸mg%を求め，これを50倍して試料100g中のmg%を算出した。還元型アスコルビン酸は総アスコルビン酸から酸化型アスコルビン酸を差し引いた値とした。

アスコルビン酸散布による汚損果防止効果

アスコルビン酸の還元力が果面の黒変発生を抑制する可能性をみるために，L-(+)-アスコルビン酸0.2%液または0.2%L-(+)アスコルビン酸と0.5%クエン酸の混合液を果面へ散布して汚損果の発生を調査した。‘西条’では9月14日と9月28日の2回ともアスコルビン酸単用とクエン酸混用で，‘富有’では10月22日に1回，アスコルビン酸単用処理液を噴霧器で果面にむらなく散布した。両品種とも処理区と対照区について，各区1樹につき果実10個を選び，5樹で合計50個の黒変汚損発生を調査した。

実験結果

両品種の着色開始期は，‘西条’が9月15日頃，‘富有’は10月20日頃であり，‘西条’は10月18日，‘富有’は11



第1図 ‘西条’および‘富有’における主な症状別汚損果発生推移

月21日に収穫した。

1. 黒変汚損の発生状況

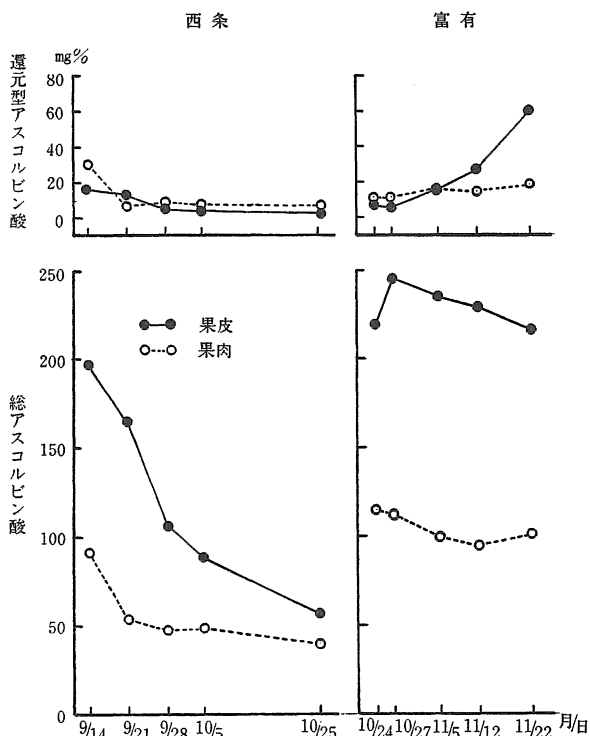
両品種における全ての症状を含めた全汚損果と各品種の主要な症状の汚損果率の推移は第1図に示す通りである。‘西条’の主要な症状は溝状汚損と破線状汚損であるが、両症状とも着色中期の9月28日までは黒変症状がほとんど発現しておらず、それ以後急激に増加して収穫時である10月18日には汚損果率がそれぞれ50%前後に達した。その他の症状の汚損果率は、収穫時でみると縦線状とス点状汚損が各6%程度、雲形状と点状汚損はいずれも4%程度で極めて低かった。汚損の種類を問わず汚損が発生した果実の全果実に対する割合、すなわち全汚損果率をみると、着色開始期では7.6%にすぎなかったが、収穫時には94.6%まで増加した。

一方、‘富有’の汚損では縦線状汚損の発生が多かったが、着色開始期の約40日前である9月10日にはすでに約20%、着色開始期で約30%の汚損果率を示し、収穫時には60%近くに達した。その他の症状では、ス点状汚損が収穫期になって急に増加し、収穫時の汚損果率が20.4%で若干目立った程度で、雲形状汚損と点状汚損が5~6%、波状と破線状汚損が2~3%で溝状汚損は皆無であった。‘富有’の全汚損果率の推移をみると、着色開始期にはすでに約50%の汚損果率を示しており、収穫時の全汚損果率は90.7%であった。着色期に入ってから黒変汚損の発生は‘西条’に比べて少なく、その大部分は商品価値にはあまり影響しない縦線状汚損が占めていた。

2. 果皮および果肉中のアスコルビン酸含量

‘西条’および‘富有’の着色開始期から収穫時までの果皮と果肉中の総アスコルビン酸と還元型アスコルビン酸含量の消長を第2図に示した。総アスコルビン酸についてみると、両品種とも調査期間中を通じて果皮の総アスコルビン酸含量が果肉より高かったが、その消長は両品種間で大きな相違が認められた。すなわち、‘西条’の果皮中の総アスコルビン酸含量は、着色開始時では約200mg%であったが、その後急激に減少し、収穫時には57mg%まで低下した。これに対して‘富有’の果皮では着色開始期から収穫時まで大きな変化はなく、215~245mg%の含量を維持した。

果皮中の還元型アスコルビン酸含量の消長についても‘西条’と‘富有’では大きな相違が認められた。両品種の果皮、果肉中の還元型アスコルビン酸含量をみる



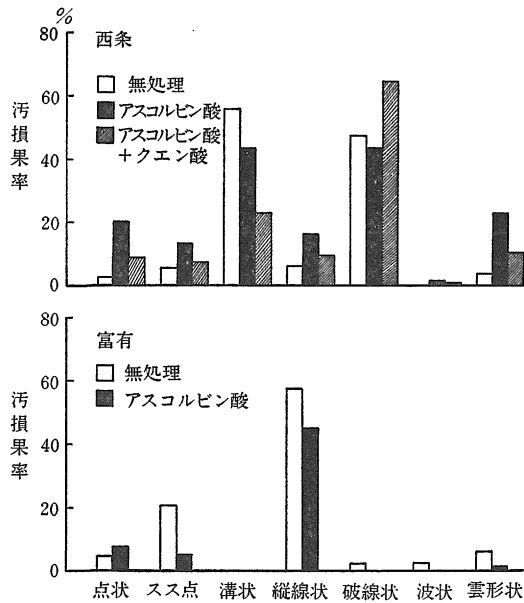
第2図 ‘西条’および‘富有’における果皮と果肉中のアスコルビン酸（総・還元型）含量の変化

と、‘西条’の着色初期では果皮、果肉とも20~30mg%、その後徐々に低下して収穫時には果肉で約8mg%、果皮で2~3mg%となり、総アスコルビン酸中に占める還元型アスコルビン酸の割合が著しく少なかった。一方、‘富有’では果肉の還元型アスコルビン酸の増減がほとんどなく、着色初期で約11mg%、収穫時で約18mg%とやや増加したに過ぎなかった。これに対して、果皮中の還元型アスコルビン酸は成熟の進行とともに急増し、着色初期の約5mg%から収穫時の60mg%まで顕著な増加が認められた。

以上のように、成熟期における果皮中の還元型アスコルビン酸含量は‘西条’と‘富有’では大きな相違がみられた。‘西条’では成熟が進むにつれて減少傾向があり、量的にも極めて低レベルで推移したのに対し、‘富有’では逆に成熟とともに還元型アスコルビン酸が急増した。

3. 果実へのアスコルビン酸散布と黒変汚損果の発生

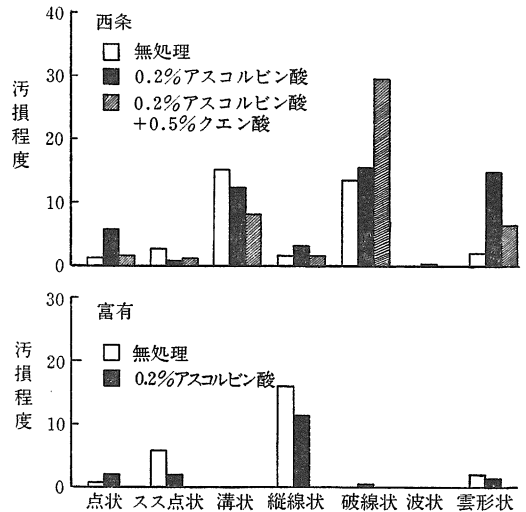
両品種へのアスコルビン酸散布が黒変汚損果の発生を軽減するかどうかをみるために、両品種の収穫時に汚損果発生率と汚損程度を症状別に調査し、第3図と第4図に示した。‘西条’で特異的に多発する溝状汚損と破線



第3図 ‘西条’ および ‘富有’ におけるアスコルビン酸散布と症状別汚損果発生率との関係
両品種とも収穫時の調査 ‘西条’：10月18日 ‘富有’：11月21日0.2%アスコルビン酸、0.2%アスコルビン酸+0.5%クエン酸…… ‘西条’ 9月14日, 9月28日2回処理 0.2%アスコルビン酸…… ‘富有’ 10月22日1回処理

状汚損の2症状のうち、溝状汚損は発生率、汚損程度ともアスコルビン酸単独、クエン酸加用処理で若干抑制された。しかし、破線状汚損については、アスコルビン酸単独処理の汚損発生率、程度とも無処理区と大きな相違が認められず、クエン酸加用処理では却って破線状汚損の発生率、程度が増加した。アスコルビン酸処理では果頂部の破線、亀裂が果実の縦方向へ拡大し、黒変部分が広がる傾向がみられ、特にクエン酸加用によって助長された。‘西条’では他の症状の汚損は少なかったが、点状、縦線状、雲形状の各汚損はアスコルビン酸の施用により却って増加する傾向がみられた。

‘富有’では主要な汚損である縦線状汚損がアスコルビン酸の1回散布で、僅かながら減少した。他の症状では、スス点状汚損が無処理区で約20%であったのに対し、アスコルビン酸処理区では5%で、若干の抑制効果がみられた。しかし、無処理区での点状、波状、雲形状などの汚損発生が極めて少なく、アスコルビン酸による汚損軽減効果は明らかではなかった。なお、‘富有’ではアスコルビン酸処理液が零となって残る部分が黒変した。



第4図 ‘西条’ および ‘富有’ におけるアスコルビン酸散布と症状別汚損程度との関係
アスコルビン酸処理：
‘西条’ ……9月14日, 9月28日の2回
‘富有’ ……10月22日1回

考 察

カキの果実が部分的に黒変する汚損果には種々のタイプの症状があり、それぞれの症状によって発生する原因も異なっている。従って、すべての症状を一括して単純な方法で防止することは困難であり、各症状の発生原因を個別に明らかにし、それに応じた防止対策を立てる必要がある。点状汚損の一部、スス点状汚損および波状汚損は病虫害が直接、間接的な原因になるので、殺菌、殺虫剤の適期散布が有効な防除法となる。

‘西条’における黒変汚損の特徴は、溝の深い系統では特に溝の部分に黒変しやすいことと、そのほか果実中央部から果頂部にかけて破線状および雲形状の汚損が多発することである。この3つの症状はいずれも商品価値への影響が大きく、発生原因は果実の形状、発育の仕方、果皮組織の構造とも密接な関係があるものと考えられる³⁾。本実験での各症状の発生状況をみると、溝状、破線状汚損が汚損の大部分を占め、雲形状汚損の発生は少なかった。溝状汚損と破線状汚損はいずれも果実発育後期の急激な果実肥大によって、心皮融合部や果頂部に微細な亀裂を生ずることが発生の第1段階と考えられる³⁾。雲形状汚損は、夏季の果実発育がやや停滞した時期に、果実の陽光面が高温と強い紫外線の照射で傷害を受けることが1次の原因と考えられる^{5,6)}。さらに、果実発育後期に入って、降雨や果面上の結露など多湿条件下で、農薬などが溶け込んだ水滴が亀裂を通して果実内へ侵入し、

表皮、亜表皮細胞に達し、ポリフェノール物質が酸化酵素の働きで酸化されて黒変するのが3つの症状にみられる共通の2次的原因と考えられる。この黒変は果肉組織の深部までは広がらず、表皮からの数層までであることから、この部分に含まれる還元物質としてのアスコルビン酸の多少が重要な意味をもっているように思われる。

カキ果汁中の還元型アスコルビン酸含量は多数の品種で詳細に比較され、品種間でかなり大きな差があること⁷⁾と、果肉の褐斑の有無との関係が示唆されている。また、還元型アスコルビン酸は、古くからパーオキシダーゼなど酸化酵素との関係について論議されており⁸⁾、果皮中の還元型アスコルビン酸が黒変に関係することは十分考えられる。しかし、本実験では果皮の損傷に伴う露出部が黒変する症状の多い‘西条’では、還元型アスコルビン酸含量が著しく低いことが明らかになったものの、‘富有’では果皮内部の露出部が黒変する症状は極めて少なく、果皮中の還元型アスコルビン酸含量は‘西条’に比べて高かった。従って、‘富有’で黒変汚損の少ない原因は、汚損の1次的原因となる果皮組織の傷害が少ないためであり、‘富有’の果皮が黒変しにくく、‘西条’では黒変しやすいのかは不明である。また、果面へのアスコルビン酸散布では、溝状や破線状汚損など果皮内部組織の露出を伴う黒変を完全に抑制することはできなかった。以上のように、本実験からは果皮中のアスコルビン酸が直接黒変発現に関係するかどうかを明白にできなかったが、今後さらにカキ果実におけるアスコルビン酸の生理作用を調査する必要がある。

摘 要

‘西条’における黒変汚損発生の特徴は、果実発育後期の急激な果実肥大によって、果面に微細な亀裂が生

じ、露出した表皮細胞や亜表皮細胞のポリフェノールが酸化されて黒変すると考えられる溝状汚損と破線状汚損の多いことであった。黒変汚損の発生しにくい‘富有’との比較で、‘西条’の着色初期から収穫時まで、還元物質の1つとしてアスコルビン酸（総および還元型）含量の消長を調査した。

成熟期における果皮中の還元型アスコルビン酸含量は‘西条’と‘富有’では大きな相違がみられた。‘西条’では着色中期から収穫時までの還元型アスコルビン酸含量は13mg%から2mg%まで次第に減少したのに対して、‘富有’では逆に5~6mg%から60mg%まで増加した。

‘西条’の果実発育後期に0.2%L-アスコルビン酸および0.2%L-アスコルビン酸と0.5%クエン酸の混用散布をそれぞれ2回行ったところ、溝状汚損がかなり減少したが、他の症状では明らかな効果が認められなかった。

引用文献

1. 佐藤敬雄：果実日本，**29**(8)：46-50, 1974.
2. 杉本好弘：果実日本，**32**(9)：62-67, 1977.
3. YAMAMURA, H., BESSHO H. and NAITO R.: 園学雑，**53**(2)：115-120, 1984.
4. 山村 宏・福原保弘・内藤隆次：島根大農研報，**15**：22-30, 1981.
5. 磯田竜三：広島農短大報，**5**：45-52, 1974.
6. 磯田竜三：園芸学研究集録，**9**：36-40, 1979.
7. 塚本洋太郎：園学雑，**11**：266-287, 1940.
8. 緒方邦安：園芸食品の加工と利用 養賢堂 東京 1963, P. 92-95.