

透湿度を制御した段ボール箱による ‘中谷早生’カキ果実の軟化制御

志水 基修*、播磨 真志**、小役丸 孝俊*

Application of Corrugated Fiberboard Boxes with Controlled Vapor Permeability for Softening Inhibition of Japanese Persimmon ‘Nakataniwase’ Fruits

Motonobu SHIMIZU*, Shinji HARIMA** and Takatoshi KOYAKUMARU*

透湿度 ($\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h}$) が 5、70、135、210 および 2000 以上の段ボールシートで作製した 5 種類の段ボール箱で ‘中谷早生’ カキを包装した。その結果、段ボールシートの透湿度が低いほど箱内の相対湿度は増加し、包装した果実の質量減少は抑制された。特に、透湿度 70 以下の段ボールシートで作製した 2 種類の段ボール箱で包装した場合、収穫初期と盛期の果実では、9 日間の貯蔵期間中にエチレン発生が抑制され、硬度も十分に保持された。その中でも、フィルムを使用しない特殊コーティングライナにより作製されたものは、リサイクル性も良いことから、‘中谷早生’ カキ用段ボール箱の材料として有用と考えられた。

Japanese persimmon ‘Nakataniwase’ fruits were packaged in five kinds of corrugated fiberboard boxes, where the fiberboard sheets with the vapor permeability ($\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h}$) of 5, 70, 135, 210 and more than 2000. The less the vapor permeability of corrugated fiberboard sheet, the more was the humidity in the box, and the less was the weight loss of the persimmon fruits in the box. The persimmon fruits harvested at the early and optimum stage were packaged in two kinds of boxes made of corrugated fiberboard sheets with the vapor permeability less than $70\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h}$, which the fruits did not produce ethylene and maintained hardness for 9 days. Among of them, the box with special coated liner and no film is more useful in recycling into fiberboard again.

キーワード: 青果物、鮮度保持、段ボール、透湿度、カキ、蒸散、軟化、エチレン

Keyword: corrugate fiberboard box, water vapor permeability, transpiration, fruit softening, ethylene

* レンゴー株式会社 中央研究所 〒553-0007 大阪市福島区大開 4-1-186 TEL:06-6466-7451

** 和歌山県農林水産総合研究センター 果樹試験場かき・もも研究所
〒649-6531 和歌山県紀の川市粉河 3336 TEL:0763-73-2274

1. 緒言

透湿性をコントロールした機能性段ボールの青果物への応用は、普通段ボールの1/10程度に透湿性を制御したものがナスやキュウリ等の萎凋抑制に利用されている¹⁾。また、カキ‘刀根早生’では蒸散抑制によって成熟ホルモンとして作用するエチレンの発生が抑制され、果実の軟化が抑制される²⁾と報告されており、実際に普通段ボールの1/15程度に制御された透湿性の段ボールが軟化防止対策に利用されている^{3,4)}。

渋ガキの中でも、‘中谷早生’ (2003年品種登録)は、9月上旬が収穫期の盛期であり、早生品種の中でも最も早く出荷できるため収益性が高く、今後の流通量の増加が予想される⁵⁾。しかしながら、流通条件としては高温期であることや市場間の転売などで1週間程度流通される場合があり、普通段ボールで包装した場合には5~7日で軟化が発生する³⁾ことから、新しい流通方法の確立が必要となっている。

本報告では、‘中谷早生’の包装仕様の確立を目的に、透湿度を数段階に変更した段ボールシートで作製した機能性段ボールで包装し、包装内湿度、蒸散抑制の程度、軟化抑制に及ぼす影響を検討したので報告する。

2. 実験方法

2.1 供試果実

和歌山県紀の川市内で露地栽培された‘中谷早生’をTable1に示した収穫日に収穫し、和歌山県農林水産総合技術センターかき・もも研究所にて炭酸ガス脱渋処理(炭酸ガス濃度95%以上、温度25℃の雰囲気下で16時間保管、CTSD; Constant Temperature Short Duration法による)を行った。脱渋処理後のカキは車でレンゴー(株)中央研究所に輸送し(和歌山県紀の川市から大阪市福島区への輸送で約1時間30分を要した)、午後4時~11時頃に後述する条件で包装した。

Table1 Harvest time and harvest day

Harvest time	Harvest day
Early	23/08/2005
Optimum	05/09/2005
Last-1	19/09/2006
Last-2	18/09/2007

2.2 試験包装仕様

普通段ボールシート(透湿度2000g/m²・24h以上)で作製した段ボール箱(以下、段ボール箱①)、および透湿度210(±12)g/m²・24hの機能性段ボールシートで作製した段ボール箱(以下、段ボール箱②)、同130(±34)g/m²・24h

Table2 Characteristics of the boxes

Name	Sheet used	Water Vapor Permeability g/m ² ・24h
Box①	Conventional sheet	>2000
Box②	Functional sheet A	210±12
Box③	Functional sheet B	130±34
Box④	Functional sheet C	70±11
Box⑤	Functional sheet D	5±1

の機能性段ボールシートで作製した段ボール箱(以下、段ボール箱③)、同 70(±11) g/m²・24h の機能性段ボールシートで作製した段ボール箱(以下、段ボール箱④)、同 5(±1) g/m²・24h の機能性段ボールシートで作製した段ボール箱(以下、段ボール箱⑤) の5種の段ボール箱を用い、それぞれ20~24個のカキを包装した。箱の寸法は現行‘刀根早生’カキ4kg用の内寸420×300×77mm(内容積9.7L、表面積0.43m²)で、B/F、JIS形式0300形類似(身蓋のかぶせ箱)の構造とした。また、本試験は静置試験で行ったため現行の包装仕様で使用されている緩衝用の段ボール製パッドは用いなかった。尚、各包装条件について2~3箱を供試した。

2.3 保管

カキを包装後、Table3の温度、湿度条件で9日間保管し、設定の調査日に次項の項目について調査した。

Table3 Storage condition

Harvest time	Temperature and Humidity of storage condition
Early	25°C、50%RH
Optimum	23°C、50%RH
Last-1	24~27°C、40~55%RH
Last-2	24~27°C、40~55%RH

2.4 測定項目

2.4.1 段ボール箱内の湿度

段ボール箱内のコーナー部にタバイエスベック製サーモレコーダーRS-11 温湿度センサーを設置し、30分間隔で温湿度を測定した。尚、湿度測定専用の処理区を設け、保管中は箱を一度も開封しなかった。

2.4.2 果実の質量減少率

Table4に示した調査日に段ボール箱を開封して、果実の質量を1箱単位で測定した。包装時と調査時の果実の質量差から質量減少率を算出した。

Table4 Examination interval

Harvest time	Storage period after packaging(days)
Early	1、2、5、6、7、8、9
Optimum	1、2、3、6、7、8、9
Last-1	1、2、5、6、7、8、9
Last-2	1、2、4、6、7、8、9

2.4.3 軟化果実率

Table4に示した調査日に段ボール箱を開封して、カキの果頂部と赤道部を指で触れ、果肉が軟らかくなった果実(木屋製作所製、果実硬度計ユニバーサルB型、半球型針頭使用による測定で7N程度)を軟化果実とし、各包装条件の全果実数(60~72個)に対する軟化果実数の割合(%)を算出した。

2.4.4 エチレン発生量

Table4に示した調査日に段ボール箱を開封し、直ちに1箱内のカキをすべて9.2L容の樹脂製密封容器(タッパーウェア)に入れた。1時間放置した後、容器内のヘッドスペースガス中のエチレン濃度をガスクロマトグラフィーで分析し、エチレン濃度×容器内空隙容積÷果実質量にてエチレン発生速度(μL/kg・h)を算出した。また、このエチレン発生速度と前調査からの経過時間との積で各調査間のエチレン発生量を算出し、これを合計して包装後9日間の積算発生量(μL/kg・9days)を求めた。

なお、ガスクロマトグラフィー分析は、(株)島津製作所製GC-14A、検出器FID、

Gaskuropack-54 60/80 カラム(3mm×3.1m)を用い、純度 99.99%以上の窒素をキャリアガスとし、流量 55ml/min、インジェクション温度 175℃、カラムオープン温度 125℃、検出器温度 175℃の条件で行った。

3. 結果および考察

3.1 箱内の相対湿度

各収穫時期の果実を包装した場合の段ボール箱内の相対湿度の経時変化を Fig.1 に示した。

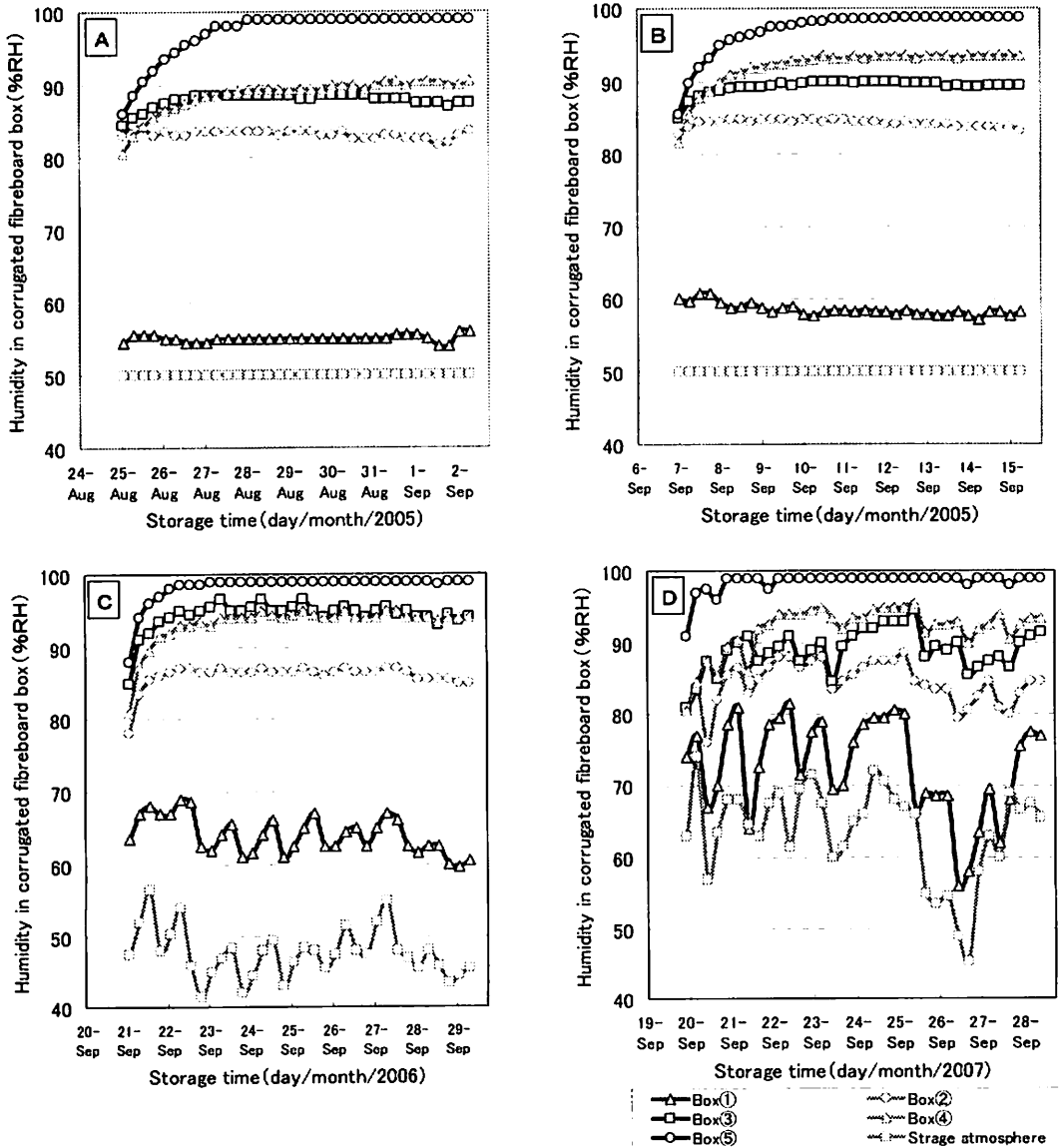


Fig.1 Humidity change in corrugated fiberboard box.

A:Early B:Optimum C:Last-1 D:Last-2

段ボール箱①（普通段ボール箱）の箱内湿度は、収穫初期の果実を包装した場合には55%RH程度、盛期では58%RH程度、後期-1では60~70%RH、後期-2では56~80%RHとなり、試験包装条件の中で最も低く、さらに保管雰囲気湿度が変動した場合には、箱内の湿度も連動して変動した。一方、段ボール箱②では、収穫初期で82%RH、盛期で84%RH程度、後期-1で85%RH、後期-2で80~88%RHとなり、段ボール箱③では収穫初期で平均87%RH、盛期で90%RH程度、後期-1で95%RH程度となり、後期-2では85~95%RHの間で変動した。また、段ボール箱④ではすべての収穫時期で88%RH以上、段ボール箱⑤ではすべての収穫時期で96~98%RHの高湿度条件となり、さらに保管雰囲気湿度が変動した場合でも箱内の湿度の変動は小さかった。これは、使用した箱の形式がJIS 0300形類似で密閉性が高く、箱内から流出する水蒸気量がそれぞれの段ボール箱の作製に用いた段ボールシートの透湿度によって制御されることが原因と考えられた。

Fig.2に、それぞれの段ボール箱の作製に用いた段ボールシートの透湿度に対する各収穫時期の箱内の相対湿度の平均値を示した。段ボール箱⑤では96~98%RH、段ボール箱④では88~92%RH、段ボール箱③では87~93%RH、段ボール箱②では82~85%RHとなり、それぞれの段ボール箱の作製に用いた段ボールシートの透湿度に応じた湿度条件となった。

3.2 果実の質量減少率

蒸散抑制の指標として果実の質量減少率を調査した。Fig.3に収穫初期の果実を包装した

場合の経時変化について示したが、包装後の果実の質量減少率は時間の経過とともに直線的に増加し、段ボール箱①では1日あたり0.69%の質量が減少した。また、透湿度の低下に応じて質量減少率は低下し、段ボール箱②では0.48%/日、段ボール箱③では0.39%/日、段ボール箱④では0.32%/日、段ボール箱⑤では0.29%/日となり、段ボール箱④或いは段ボール箱⑤では段ボール箱①の46~42%に低減された。

Fig.4に各段ボール箱の作製に用いた段ボールシートの透湿度に対する各収穫時期の果実の包装9日後の質量減少率を示した。収穫時期によって変動はあったが、段ボール箱⑤で0.9~2.1%と最も少なくなり、段ボール箱④では2~2.7%、段ボール箱③では2.4~3.4%、段ボール箱②では3~4.2%、段ボール箱①では5.6~9.6%となった。収穫時期が変わっても透湿度の低下とともに質量減少率が低下し、特に透湿度 $70\text{g}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ 以下の段ボールシートで作製した段ボール箱で、質量減少の抑制が顕著となった。また、透湿度の高低と果実の質量減少率の高低は相関が高く、用いる段ボールシートの透湿度の調整によって質量減少率が調整できると考えられた。

3.3 軟化率

Fig.5に収穫初期の果実を包装した場合の軟化率の経時変化を示した。段ボール箱①で包装した場合には、包装5日後に76%、9日後に83%と多数の果実が軟化した。これに対して段ボール箱④と段ボール箱⑤では、包装9日後でも軟化した果実はなく、軟化抑制効果が顕著だった。Fig.6に各段ボール箱の作製に用いた段ボールシートの透湿度に対する各

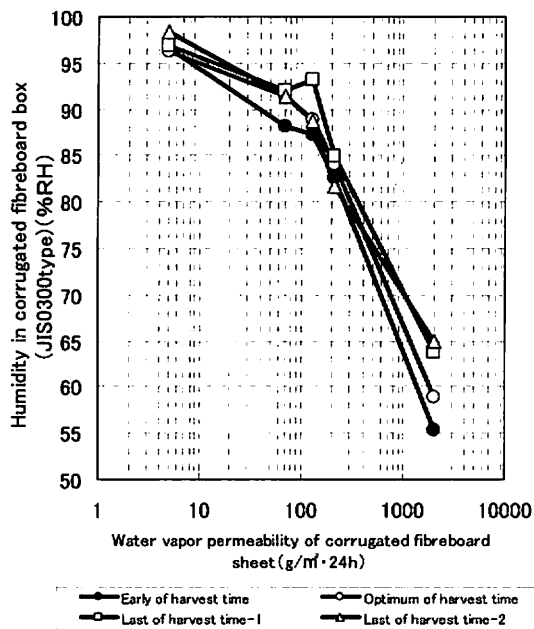


Fig.2 Relative humidity in the corrugated fiberboard boxes with different water vapor permeability by using different types of sheet.

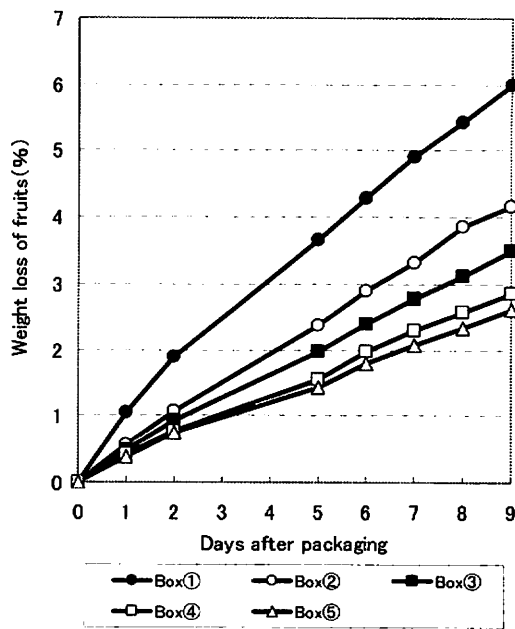


Fig.3 Comparison of fruits weight loss stored in five different corrugated fiberboard boxes.

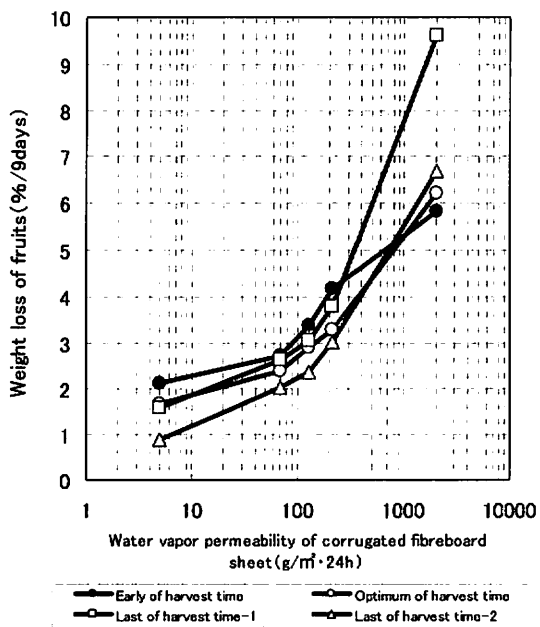


Fig.4 Relationship between water vapor permeability of corrugated fiberboard sheet and weight loss of fruits in 9 days.

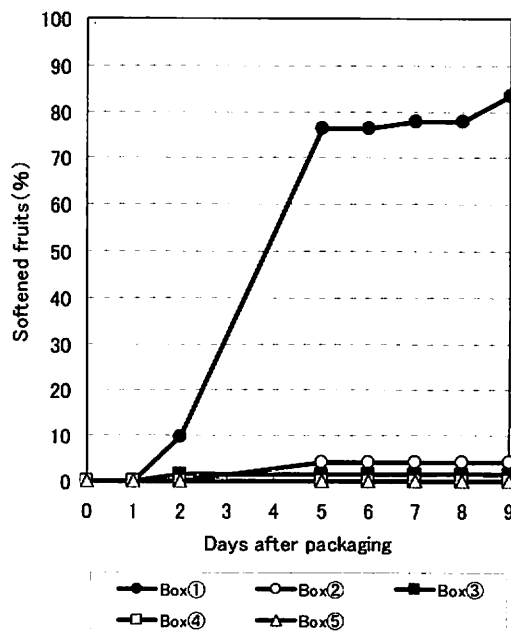


Fig.5 Comparison of fruits softened stored in five different corrugated fiberboard boxes.

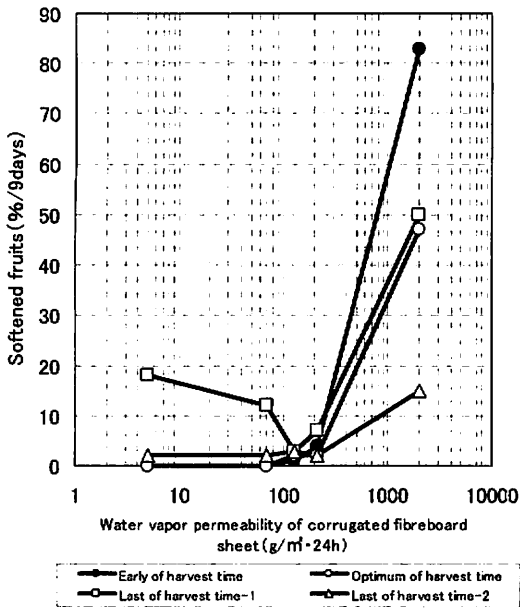


Fig.6 Relationship between water vapor permeability of corrugated fiberboard sheet and change in softened fruits in 9 days.

収穫時期の果実の包装9日後の軟化率を示したが、段ボール箱①では収穫後期-1の果実で50%、盛期の果実で47%、後期-2の果実で15%が軟化し、段ボール箱①（普通段ボール箱）での流通は困難と考えられた。これに対して、透湿性を制御した段ボール箱では、段ボール箱②でも軟化が抑制されたが、段ボール箱④と段ボール箱⑤では収穫初期の他、盛期の果実でも軟化がなく、透湿度 $70\text{g/m}^2 \cdot 24\text{h}$ 以下の段ボールシートで作製した段ボール箱が好適と考えられた。

一方、収穫後期の果実では、後期-2の場合は段ボール箱②～⑤で2～3%と軟化した果実は少数であったが、後期-1の場合では段ボール箱⑤で18%、段ボール箱④で12%、段ボール箱③で3%、段ボール箱②で7%と、他の収

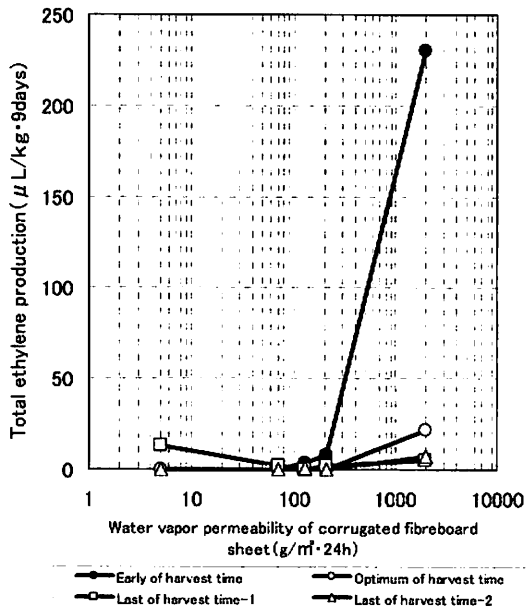


Fig.7 Relationship between water vapor permeability of corrugated fiberboard sheet and total ethylene production of fruits in 9 days.

穫時期よりも軟化率が比較的高くなった。収穫時に熟度が進行している果実を包装した場合には、軟化が進行する確率が高くなったが、軟化率は段ボール箱①で包装した場合よりも低いことから、収穫シーズンを通して段ボール箱⑤或いは段ボール箱④の使用が可能と考えられた。

3.4 エチレン発生量

青果物の成熟ホルモンであり、果実の軟化を促進させる作用があるエチレンについて、包装9日間の発生量の積算値を Fig.7 に示した。

段ボール箱①で包装した場合では、多数の果実が軟化した収穫初期の果実で、エチレン発生量の積算値が $230.6\mu\text{L/kg} \cdot 9\text{days}$ と多くなり、47%が軟化した盛期の果実では $21.5\mu\text{L}$

/kg・9days、15%が軟化した後期-2の果実では7.4 μ L/kg・9daysとなった。また、後期-1の果実では、軟化率が50%だったのに対して、エチレン発生量は5.1 μ L/kg・9daysと比較的少なかったが、いずれの収穫時期の果実でもエチレンが発生した。

一方、段ボール箱⑤と段ボール箱④で包装した場合には、収穫初期、盛期、後期-2ともにエチレンが発生せず、このことが軟化の抑制に効果的だったと考えられた。また、後期-1の果実では、段ボール箱⑤で12.7 μ L/kg・9days、段ボール箱④で2.1 μ L/kg・9days、段ボール箱②で2.2 μ L/kg・9daysの発生となり、熟度が進行した果実ではエチレンの発生が多く、軟化が多くなった。

中野ら⁶⁾は、‘刀根早生’に有孔ポリエチレン包装と1-MCP(1-メチルシクロプロペン)処理とを行い、蒸散ストレスによりエチレンが発生することと、エチレンが発生しても1-MCP処理をすることにより軟化が防げることから、蒸散によるストレスエチレンが果実内に発生して軟化を引き起こすと報告しており、また、播磨ら⁵⁾は‘中谷早生’でも同様な現象が見られることを報告している。今回の検討では透湿度を5段階に変えた段ボール箱で包装し、透湿度の程度により軟化程度が異なることを示した。ただし、収穫時に熟度が進行している果実では、透湿度を低く制御した段ボール箱で包装してもエチレンが発生する場合があった。その原因としては、‘西条’カキのように脱渋時の高濃度の炭酸ガス処理がストレスとなってエチレンが発生する⁷⁾場合もあり、他の異なる要因によりエチレンが発生し、軟化が起こった可能性も考えられた。

4. 結論

段ボール箱⑤(透湿度 5g/m²・24hの機能性段ボールシートで作製した段ボール箱)と段ボール箱④(同 70g/m²・24hの機能性段ボールシートで作製した段ボール箱)では、最も出荷量が多くなる収穫盛期と高額販売が可能な収穫初期の果実について、包装後9日間の保管中に軟化がなかったことから、透湿度が低い段ボール箱で包装することは軟化防止対策として有効であると考えられた。また、収穫後期の果実については、追熟に伴ってエチレンの発生と軟化発生果実があったが、軟化率は段ボール箱①(普通段ボール箱)よりも低く、収穫期を通して段ボール箱⑤と段ボール箱④の有用性が高いと考えられた。尚、段ボール箱⑤はアルミ箔を貼り合わせているため、リサイクルが困難であるが、段ボール箱④は普通段ボールと同様のリサイクルが可能な材料を使用しており、実用性も高い仕様である。

以上のことから、現在、‘中谷早生’の包装には‘刀根早生’で使用されている段ボール箱③(透湿度 135g/m²・24hの機能性段ボールシートで作製した段ボール箱)が流用されているが、今後は、軟化抑制効果がさらに高い段ボール箱④の使用が推奨される。

5. 謝辞

この研究を進めるにあたり、ご助言いただきました和歌山県農林水産総合技術センター果樹試験場かき・もも研究所の角田秀孝所長、岡山大学農学部応用植物科学コースの稲葉昭次教授、久保康隆教授、中野龍平助教にお礼申し上げます。

<引用文献>

- 1) JA 全農名古屋支所 生産資材部 資材グループ、JA 包装資材ニュース、439、6(2001)
- 2) 播磨真志、中野龍平、山内勸、久保康隆、稲葉昭次、北野欣信、園芸学会雑誌、71、583(2002)
- 3) 播磨真志、富田栄一、農業および園芸、80(3)、348(2005)
- 4) 播磨真志、富田栄一、農業および園芸、80(4)、457(2005)
- 5) 播磨真志、中野龍平、三井萬丈、稲葉昭次、久保康隆、園芸学会雑誌、75(別冊1)、p.205(2006)
- 6) 中野龍平、播磨真志、久保康隆、稲葉昭次、園芸学会雑誌、70、385(2001)
- 7) 中野龍平、播磨真志、小倉恵実、井上真輔、久保康隆、稲葉昭次、園芸学会雑誌、70、581(2001)

(原稿受付 2008年2月21日)

(審査受理 2008年5月7日)