フィルム包装によるオウトウの鮮度保持効果

石川 豊^{*1§}・北澤 裕明^{*1}・桑名 陽子^{*2}・高砂 健^{*3}^{*1} 独農業・食品産業技術総合研究機構食品総合研究所^{*2} 茨城県農業総合センター園芸研究所^{*3} 山形県農業総合研究センター

Modified Atmosphere Packaging for Maintaining Freshness of Sweet Cherry Fruit

ISHIKAWA Yutaka^{*1§}, KITAZAWA Hiroaki^{*1}, KUWANA Yoko^{*2} and TAKASAGO Ken^{*3}^{*1} National Food Research Institute, National Agriculture and Food Research Organization,
2-1-12, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642^{*2} Horticultural Institute, Ibaraki Agricultural Center, 3165-1 Ago, Kasama, Ibaraki 319-0292^{*3} Yamagata General Agricultural Research Center, 6060-27 Minorigaoka, Yamagata, Yamagata 990-2372

A method was proposed to determine the optimum packaging conditions for modified atmosphere packaging (MAP) of sweet cherry fruit. This fruit has an optimum gas composition for maintaining quality, however, we have yet to determine this optimum gas composition. Sweet cherry fruit respiration rates were measured in chambers in which different O₂ concentrations were maintained. The gas permeability of plastic films were measured. Packaging conditions for producing different gas environments are a combination of package surface area and gas permeability, and under optimum conditions, the diffusion rates of oxygen and carbon dioxide into the package are equal to the respiration rate. Experimental O₂ concentration results for sweet cherry fruit packaged in plastic films were in good agreement with the predicted in-package O₂ concentrations. It was not necessary to experiment by trial and error to determine the optimum packaging conditions. Changes in in-package gas composition, sugar content, acidity, and appearance were determined for sweet cherry fruit storage at 20°C. When 100g of sweet cherry fruit was packaged in low-density polyethylene film (thickness: 18 and 36μm, size: 10×10cm), O₂ concentrations within the pouch were equilibrated at 1~2% and 7~9% and these were found to be optimum for maintenance of axis wilting.

(Received Jan. 16, 2008; Accepted Jul. 24, 2008)

Key words: film, modified atmosphere packaging, quality, storage, sweet cherry

フィルム, MA包装, 品質, 貯蔵, オウトウ

MA (Modified Atmosphere) 包装は、野菜・果実の品質保持手法の一つとして広く利用されている。一般に袋内が低酸素、高二酸化炭素雰囲気になると青果物の呼吸が抑制され、黄化や腐敗の進行、異臭生成の抑制、クロロフィルや糖、アスコルビン酸含量など内容成分の保持に極めて効果的なことが知られている¹⁾。これまでに、ニラ²⁾、葉ネギ³⁾、ナバナ⁴⁾など多くの青果物についてその鮮度保持効果が報告されている。オウトウについても、MA包装やCA貯蔵などガスコントロール環境下での品質保持効果についての報告がある⁵⁾。しかし、オウトウのMA包装について、包装フィルムのガス透過度と包装

内ガス濃度変化、品質保持効果を定量的に関連づけた報告はほとんどない。

一方、筆者らは、貯蔵時間と袋内の酸素と二酸化炭素濃度を関数にした呼吸モデルをつくり⁶⁾、包装内ガス組成変化をシミュレーションする手法^{7), 8)}や、包装フィルムのガス透過度とガスコントロール環境下での青果物の呼吸量から包装内ガス組成を予測する方法⁹⁾を用い、最適包装条件を予測する手法について報告した¹⁰⁾。

本研究では、20°C条件下でのオウトウの呼吸量と包装フィルムの酸素透過度から包装内酸素濃度を予測して、包装条件を決定するとともに、各包装条件でのオウトウ

^{*1} 〒305-8642 茨城県つくば市観音台2-1-12

§ 連絡先 (Corresponding author) E-mail: yishi@affrc.go.jp

^{*2} 〒319-0292 茨城県笠間市安居3165-1^{*3} 〒990-2372 山形市みのりが丘6060-27

の鮮度保持効果について明らかにしたので報告する。ここでは、オウトウを低温貯蔵後に常温に戻した場合に果実品質の低下が早く起こるとの報告¹¹⁾があることや、産地においてあえて常温での流通がしばしば行われていることなどから貯蔵温度を常温(20℃)として試験を行った。

実験方法

1. 試料

供試試料は、2007年6月22日に山形県内で収穫した‘佐藤錦’および2007年7月1日に同じく山形県内で収穫した‘紅秀峰’とした。収穫後ただちに段ボール詰めした試料を宅配便にて実験室まで常温配送し、翌日実験室に到着後20℃に制御したチャンバー内に24時間保存したものを試験に供した。

2. オウトウの酸素消費速度測定

直径9.96cm、高さ12.75cmのアクリル製円筒容器内にオウトウ‘佐藤錦’約350gを入れた後、所定の組成に調整したガスをボンベより直接吹き込み(空気組成のものはそのまま)密封した。アクリル製円筒容器胴部にはGC用セプタムを装着し、密封した容器内のガスを1mlシリンジにより密封直後、30分後、1時間後に採取した。採取したガスはただちにガスクロマトグラフ(島津GC-8A)により酸素、二酸化炭素、窒素濃度を測定した。分析条件は、石川ら¹²⁾の方法によった。なお、各ガスのTCD検出器に対する相対感度は、窒素100とすると酸素94.3、二酸化炭素115.9であるため、各ピーク値を相対感度で除した後、平田らの方法¹³⁾により各ガス濃度値を計算した。

測定した酸素濃度と容器内空容積(容器体積-オウトウ体積)の積により容器内の酸素体積を求め、容器内酸素体積の時間変化をオウトウの酸素消費速度とした。

測定はすべて20℃条件下で行った。

3. 包装資材および包装貯蔵試験

包装資材は、低密度ポリエチレン(以下PEと略記)厚さ18μm、36μmの2種類を用いた。フィルムの酸素透過度はそれぞれガス透過率測定装置(GTR-30X, GTRテック社製)により20℃で測定した。また、コントロール試験区として有孔(φ6mm×8個)PE(厚さ18μm)フィルムを貯蔵試験に供した。貯蔵温度は20℃、貯蔵期間は、果柄の萎凋、褐変が著しくなるまでとし、佐藤錦は7日間、紅秀峰は9日間とした。

4. 目減り率

約100gのオウトウをフィルム包装し、貯蔵中の重量変化を測定した。貯蔵前のオウトウ重量に対する貯蔵後の重量%を目減り率とした。

5. 外観評価

オウトウの外観評価については、果柄の萎れ、果実の光沢、水浸状の3項目について行った。果柄の萎れについては、3名のパネリストにより果柄の萎れを0:変化なし、1:果柄の5割以下で萎凋、褐変、2:果柄の5

～7割で萎凋、褐変、3:果柄の7割以上で萎凋、褐変、の4段階に分けて各区10個を調査し、その平均値を果柄の萎れとして示した。果実の光沢評価は、0:変化なし、1:やや劣る、2:光沢なし、3:光沢なく、果実劣化著しいを評価基準とし、水浸状態の発現の有無は、0:なし、1:わずかに見られる、2:一部に見られる、3:果実全体に見られる、を評価基準とし、果柄の萎れと同様3名のパネリストで各区10個を調査し、その平均値を示した。

6. 糖酸度分析

オウトウ4～5個を乳鉢で磨砕し、皮や種など固形分をガーゼで濾過した後、果汁分5mlをシリンジにより酸・糖度分析装置(堀場製作所製, NH-1000)に注入し、糖酸度を計測した。

酸はクエン酸表示となっているため、リンゴ酸換算とした。

結果

1. 包装条件の設定

アクリル製円筒容器内にオウトウ‘佐藤錦’約350gを入れた後、酸素5%, 二酸化炭素10%, 窒素85%に調整した混合ガスを吹き込んだ容器内の酸素濃度変化をFig.1(a)に示し、それを容器内酸素体積に換算したものをFig.1(b)に示した。4回の測定による酸素体積変化は、それぞれ7.58, 6.84, 8.81, 7.89ml/hとなり、平均値で示すと51.08ml/100g fw/dayの酸素消費速度となった。

同様に酸素10%, 二酸化炭素5%, 窒素85%の混合ガス、酸素2%, 二酸化炭素10%, 窒素88%の混合ガス、

Fig. 1 Changes in O₂ concentration and volume in containers of sweet cherry fruit

空気をそれぞれ封入した場合の酸素消費速度を計測し、酸素濃度の違いによる酸素消費速度変化を示した (Fig. 2)。

酸素濃度の低下にしたがって酸素消費速度の低下がみられ、特に5%以下の低濃度条件において大きく低下することが明らかとなった。また、ここに示したガス環境条件では、酸素消費速度と二酸化炭素排出速度の比である呼吸商はほぼ一定となり、この酸素濃度範囲では低酸素条件においても嫌気呼吸とはなっていないことを確認した。

MA包装による青果物の鮮度保持効果は、低酸素、高二酸化炭素濃度条件下での呼吸の抑制によるものと報告されている^{2)~4)}。そこで本研究では、大気条件下に対して、酸素消費速度が85%, 70%, 30%となるMA包装条件を設定し、各包装条件での鮮度保持効果を調べた。

Fig. 2において大気条件下でのオウトウの酸素消費速度は、約77ml/100 g f.w./dayである。この消費速度の85%は約66ml/100 g f.w./dayとなる。オウトウの酸素消費速度を66ml/100 g f.w./dayにまで低下させるためには、袋内の酸素濃度を12~13%まで下げる必要がある。この酸素濃度条件下でオウトウ100 gの酸素消費速度とフィルム面からの酸素透過速度が平衡になるようにフィルムの種類、サイズを選択する。用意した低密度ポリエチレンフィルム (厚さ18 μ m) の酸素透過度は20 $^{\circ}$ C条件下で16,000 ml/m² · day · atmであった。このフィルムの酸素透過度を酸素分圧差0.09atmで66ml/dayとするためには表面積を0.0458m²とすればよく、これはほぼ15 $\times$ 15cmのサイズの袋に相当する。

同じように、オウトウの酸素消費速度を大気条件の約70% (54ml/100 g f.w./day) とするためには、袋内酸素濃度を約6%まで下げる必要がある。ここでも同じ低密度ポリエチレンフィルム (酸素透過度: 16,000ml/m² · day · atm) を使った場合、酸素分圧差が0.15atmであれば、表面積を0.0225m²とすることでフィルム面からの酸素透過が54ml/dayとなる。これはほぼ10 $\times$ 10cmのサイズの袋に相当する。

オウトウの酸素消費速度を大気条件の約30% (23ml/100 g f.w./day) とするためには、袋内酸素濃度を約1.5%まで下げる必要がある。これは同じ低密度ポリエチレン

Fig. 2 Effect of O₂ concentration on O₂ consumption rate

フィルム (酸素透過度: 16,000ml/m² · day · atm) を使った場合、酸素分圧差が0.195atmであれば、表面積が0.0074m²とすることでフィルム面からの酸素透過が23 ml/dayとなる。これはほぼ6 $\times$ 6 cmのサイズの袋に相当する。しかし、このサイズではオウトウ100 gを包装することができないため、ここでは酸素透過度: 5,600 ml/m² · day · atmの36 μ mPEフィルムを使用した。表面積が0.0211m²であればフィルム面からの酸素透過が23 ml/dayとなる。これはほぼ10 $\times$ 10cmのサイズの袋に相当する。

以上まとめると、Table 1に示した3種類の包装条件を設定した。この包装条件でオウトウ100 gを包装し、貯蔵試験を行った。

2. 包装内ガス組成変化

‘佐藤錦’ 100 gをTable 1に示した包装条件において、20 $^{\circ}$ Cで7日間貯蔵した場合の包装内ガス濃度変化をFig. 3 (a) に示した。1日目の包装内酸素濃度は、包装

Table 1 Properties of plastic films used for sweet cherry fruit packaging

Film	Thickness (μ m)	O ₂ transmission rate* (ml/m ² · day · atm)	Size (cm $\times$ cm)
① PE (LDPE)	18	16,000	15 $\times$ 15
② PE (LDPE)	18	16,000	10 $\times$ 10
③ PE (LDPE)	36	5,600	10 $\times$ 10

*Measured at 20 $^{\circ}$ C

PE (LDPE), Low-density polyethylene

Fig. 3 Changes in O₂ concentration in film packages of sweet cherry fruit

(a) ‘Satohnishiki’, (b) ‘Benishuho’
①, ②, ③, Reference to Table 1

条件①：12.6%，②：6.8%，③：1.0%となった。これは包装設計の際に予想した酸素濃度が①：12～13%，②：6%，③：1.5%であったことを考えるとほぼ設計どおりの結果になったといえる。ただし，②，③では貯蔵日数が経過するに従って酸素濃度が上昇する傾向がみられた。これは貯蔵中にアウトウの品質変化が進み，呼吸速度が低下した結果であると考えられる。

一方，‘紅秀峰’ 100 gをTable 1に示した包装条件において，20℃で9日間貯蔵した場合の包装内ガス濃度変化をFig. 3 (b) に示した。‘佐藤錦’ と比べていずれの包装条件においても包装内酸素濃度が高い傾向がみられた。これは‘紅秀峰’の呼吸速度が‘佐藤錦’に比べて数%程度低いためであったと考えられる。

また，図には示さなかったが，包装内二酸化炭素濃度は，包装条件①では約2%，②では約4%，③では約10%の濃度となった。

3. 包装貯蔵中における目減り率

Table 1に示した3つの包装条件およびコントロール試験区として有孔 (φ 6 mm × 8 個) PE (厚さ18μm) 包装の計4条件で‘紅秀峰’を20℃，9日間貯蔵した結果，コントロール試験区では明らかに大きな目減り率を示した。一方，包装試験区では，③<②<①の順に目減り率が増加したが，いずれも1～2%の範囲であり，大きな違いはみられなかった (Table 2)。

4. 包装貯蔵中における外観評価

Table 1に示した3つの包装条件およびコントロール試験区として有孔 (φ 6 mm × 8 個) PE (厚さ18μm) 包装の計4条件で‘紅秀峰’を20℃，9日間貯蔵し，果柄の萎れ，光沢，水浸状の評価を行った (Table 3)。ただし，貯蔵開始時に果柄の萎れ，光沢，水浸状すべての評価値が0である試料のみを試験に供した。

果柄の萎れに関する評価では，有孔PE包装区では5日後には果柄が完全に萎れてしまい (評価：3)，商品性が失われた。それに対して，包装内の酸素濃度が15%以上であった①区では無包装区と同程度の萎れが生じたが，②，③区では5日目には1.6，7日目で2.0～2.5となり，包装条件により貯蔵性に大きな違いがみられる結果となった。

一方，光沢と水浸状の評価では，包装条件により明確な違いはみられなかった。

Table 2 Changes in weight loss in sweet cherry fruit packaged with plastic films

Storage time (day)	①	②	③	P-PE
1	99.8	99.9	99.9	98.2
5	99.0	99.5	99.7	94.8
7	98.6	99.3	99.6	92.2
9	98.3	99.1	99.4	91.0

P-PE, Perforated low-density polyethylene, non-packaged

①, ②, ③, Reference to Table 1

Table 3 Changes in wilting of axis, luster and hyperhydricity in sweet cherry fruit packaged with plastic films

Wilting of Axis

Storage time (days)	①	②	③	P-PE
1	0.73	1.00	0.80	0.80
5	2.82	1.60	1.64	3.00
7	2.80	2.50	2.00	3.00
9	3.00	3.00	2.90	3.00

Luster

Storage time (days)	①	②	③	P-PE
1	0.09	0.27	0.10	0.20
5	1.00	1.00	1.00	1.00
7	1.27	1.00	1.18	1.27
9	1.64	1.60	2.00	1.64

Hyperhydricity

Storage time (days)	①	②	③	P-PE
1	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00
7	0.20	0.10	0.18	0.18
9	1.10	1.30	2.00	1.64

①, ②, ③, Reference to Table 1

Fig. 4 Changes in acid and °Brix

▲①, ■②, ●③, P-PE

P-PE, Perforated low-density polyethylene, non-packaged

①, ②, ③, Reference to Table 1

5. 包装貯蔵中における糖酸度変化

オウトウ果肉の糖酸度変化をFig. 4に示した。20℃で9日間の貯蔵では、糖度は貯蔵前と比べてほとんど変化がみられなかった。一方、酸度は5日後には大きく減少し、その後はそのままあまり変化はみられなかった。また、糖・酸度ともに包装条件による明確な違いは認められなかった。

考 察

本研究では、オウトウのMA包装試験を行うにあたり、試料の酸素消費速度と使用する包装フィルムの酸素透過度をあらかじめ測定することにより包装条件の設定を行った。その結果、ほぼ設計通りの包装内酸素濃度を得ることができ、本手法の有効性を確認することができた。ただし、二酸化炭素濃度については、高酸素条件では5%、低酸素条件では10%と設定したため、実際にMA包装した袋内の二酸化炭素濃度を測定してみると、設定値と比べてかなりずれが生じていることが明らかとなった。より精度の高い酸素消費速度測定を行うためには、二酸化炭素濃度条件も十分考慮する必要があると言える。

青果物を包装した袋内のガス組成が一定である場合、フィルム面での酸素と二酸化炭素のガス透過速度が逆向きで等しく平衡を保っているということになる。酸素と二酸化炭素のガス透過度の比を一般に1:4であるとすれば、酸素と二酸化炭素の透過が平衡となるためには分圧差が逆に4:1になるはずである。例えば、包装内酸素濃度が5%であれば分圧差は約0.16となり、二酸化炭素の分圧差がその1/4であるとすれば二酸化炭素濃度は4%となるはずである。このような方法で二酸化炭素濃度を計算し、混合ガス組成を設定することにより、より精度の高い酸素消費速度の測定ができるものと考えている。

オウトウを各種ポリエチレンフィルムで包装することにより貯蔵中の目減り率が減少し、鮮度保持が可能になるとの報告があるが¹³⁾、フィルムの種類と目減り率の関係について詳細な報告はない。本研究では、包装フィルムの種類により影響が、③<②<①の順に増加した結果であった。包装フィルムはいずれも低密度ポリエチレンフィルムであるので、袋内外の相対湿度が同じであるとすれば、オウトウの目減り率の元となるフィルムの水蒸気透過度は、袋の厚さと面積のみに依存する。一般に、厚さが2倍になれば水蒸気透過度は1/2、面積が2倍になれば水蒸気透過度は2倍になると考えられる。③は厚さ:36 μ m、面積:200cm²である。②は厚さ:18 μ m、面積:200cm²であり、面積は③と同じで厚さが1/2であるため、水蒸気透過度は③の2倍になるはずである。①は厚さ:18 μ m、面積:450cm²であり、面積が③の2.25倍で厚さが1/2であるため、水蒸気透過度は③の4.5倍になるはずである。実際にTable 2の結果を見るとほぼ予想通りになっていることがわかる。

オウトウのCA条件下での鮮度保持効果については、酸素7~10%、二酸化炭素3~5%、0℃貯蔵において目減り率や果皮の色などにおいて2~4日間の鮮度保持効果が認められるとの報告がある^{11),14)}。その他にも低酸素、高二酸化炭素濃度条件による鮮度保持効果は多くの論文で報告されている^{15),16)}。一方、プラスチックフィルムによるMA包装では包材の種類や厚さによる鮮度保持効果の違いは認められていないものも多い^{17),18)}。本研究では、外観評価では、果柄の萎れで包装フィルムによる品質保持効果が確認された。包装条件①では袋内の酸素濃度が高く、MA効果が確認されなかったが、袋内酸素濃度が10%以下となった②、③では明らかな品質保持効果がみられた。このことから、オウトウの果柄萎れに関するMA効果は少なくとも酸素濃度10%程度以下まで下げなければ効果が表れないものと考えられる。ただし、最適酸素、二酸化炭素濃度や鮮度保持効果は、貯蔵温度によっても影響を受けることが考えられる。本結果は20℃条件下での評価であるという点に注意しておく必要がある。

糖度はほとんど変化することなく、酸度のみ大きく低下した(糖酸比の低下)ことから、ややほけた味となった。貯蔵中の糖酸比の低下は柑橘などでも報告されており¹⁹⁾、オウトウでも同じように確認されたことになる。これは、オウトウ中の酸含量が糖に比べると総量として少ないため、同程度の減少量であっても総量が少ない酸含量の減少割合が大きく見えたものと考えられる。

要 約

本研究によりオウトウの最適包装設計手法の有効性について示すことができた。オウトウのMA包装試験を行うにあたり、試料の酸素消費速度と使用する包装フィルムの酸素透過度をあらかじめ測定することにより包装条件の設定を行い、その結果、ほぼ設計通りの包装内酸素濃度を得ることができた。この方法により、オウトウをプラスチックフィルムで包装し、貯蔵試験を行う場合、やみくもに種々のフィルムで包装してみるというような必要がなく、事前に包装条件を想定しておくことが可能となった。

オウトウをフィルム包装後、20℃で貯蔵し、包装内ガス組成、糖酸度などを測定した。オウトウ100gに対して、厚さ18 μ mおよび36 μ m、10×10cmサイズのLDPE袋で包装した場合、包装内酸素濃度が1~2、7~9%となり、果柄の萎れに関する評価で良好な結果が得られた。

文 献

- 1) KADER, A. A., ZAGORY, D. and KERBEL, E. L.: Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables, *Critical Review. Food Sci. Nutr.*, **28**, 1~30 (1989)
- 2) 鈴木芳孝・岡林秀典・石川 豊・今堀義洋・上田悦

- 範：新簡易包装（パーシャルシール包装）によるニラの鮮度保持技術の開発，日食保蔵誌，**29**，141～146（2003）
- 3）鈴木芳孝・今堀義洋・上田悦範：パーシャルシール包装による葉ネギの鮮度保持技術，日食保蔵誌，**31**，25～29（2005）
- 4）鈴木芳孝・宮崎清宏・石川 豊・今堀義洋・上田悦範：パーシャルシール包装によるナバナの鮮度保持技術，日食保蔵誌，**32**，23～27（2006）
- 5）TIAN, S., JIANG, A., XU, Y. and WANG, Y.: Responses of physiology and quality of sweet cherry fruit to different atmospheres in storage, *Food Chem.*, **87**, 43～49（2004）
- 6）佐藤博実・石川 豊・平田 孝：フィルム包装ブロッコリーの呼吸モデル，日本包装学会誌，**2**，25～34（1993）
- 7）ISHIKAWA, Y. and HIRATA, T.: Color change model for broccoli packaged in polymeric films, *Trans. ASAE*, **44**, 923～927（2001）
- 8）ISHIKAWA, Y., HASEGAWA, Y., NAKAJIMA, H. and IBA, Y.: Prediction of in-package gas composition changes in stored vegetables and fruits, *Food Preser. Sci.*, **25**, 287～292（1999）
- 9）JURIN, V. and KAREL, M.: Studies on control of respiration of McIntosh apples by packaging methods, *Food Technol.*, **17**, 782～786（1963）
- 10）ISHIKAWA, Y. and HASEGAWA, Y.: Determination of packaging conditions for selected fresh vegetables, *Food Sci. Technol. Int. Tokyo*, **4**, 274～277（1998）
- 11）山形県立農業試験場：山形県立農業試験場業務年報昭和48年度，95～106（1973）
- 12）石川 豊・佐藤博実・石谷孝佑・平田 孝：MA（Modified Atmosphere）包装ブロッコリーの呼吸評価，日本包装学会誌，**1**，143～153（1992）
- 13）HIRATA, T., NISHIYAMA, T., SATO, H., ISHIKAWA, Y., SHIINA, T. and ISHITANI, T.: A fast gas chromatographic method for the separation of nitrogen, oxygen, carbon dioxide and argon and its application to in-packaged modified atmosphere, *J. Pack. Sci. Technol.*, **2**, 15～24（1993）
- 14）山形県立農業試験場：山形県立農業試験場業務年報昭和49年度，95～111（1974）
- 15）MATTHEIS, J. P., BUCHANAN, D. A. and FELLMAN, J. K.: Volatile constituents of bing sweet cherry fruit following controlled atmosphere storage, *J. Agric. Food Chem.*, **45**, 212～216（1997）
- 16）CHEN, P. M., MELLENTIN, W. M., KELLY, S. B. and FACTEAU, T. J.: Effects of low oxygen and temperature on quality retention of ‘Bing’ cherries during prolonged storage, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **106**, 533～535（1981）
- 17）MEHERIUK, M., MCKENZIE, D. L., GIRARD, B., MOYLS, A. L., WEINTRAUB, S., HOCKING, R. and KOPP, T.: Storage of ‘Sweetheart’ cherries in sealed plastic film, *J. Food Qual.*, **20**, 189～198（1997）
- 18）山形県立農業試験場：山形県立農業試験場業務年報昭和47年度，99～104（1972）
- 19）藤澤弘幸・高原利雄・緒方達志：冷温高湿貯蔵により，予措をせずに貯蔵した「清見」タンゴールの果皮障害は抑制される，園学雑，**69**（別1），213（2000）
（平成20年1月16日受付，平成20年7月24日受理）