

「のらぼう菜」(Brassica napus L.)とアスパラガス(Asparagus officinalis L.)における数種の包装資材の利用が貯蔵後の品質に及ぼす影響

誌名	日本食品保蔵科学会誌
ISSN	13441213
著者名	柘植,一希 増田,陽介 溝田,鈴 元木,悟
発行元	日本食品保蔵科学会
巻/号	44巻5号
巻号補足	
掲載ページ	p. 229-238
発行年月	2018年9月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



「のらぼう菜」(*Brassica napus* L.) と アスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) における 数種の包装資材の利用が貯蔵後の品質に及ぼす影響

柘植 一希^{*1}・増田 陽介^{*2}・溝田 鈴^{*1}・元木 悟^{*2§}

^{*1} 明治大学大学院農学研究科

^{*2} 明治大学農学部

Effect of Various Film Packages on the Quality of Norabona (*Brassica napus* L.) and Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) after Storage

TSUGE Kazuki^{*1}, MASUDA Yosuke^{*2}, MIZOTA Suzu^{*1} and MOTOKI Satoru^{*2§}

^{*1} Graduate School of Agriculture, Meiji University,

1-1-1 Higashimita, Tama-ku, Kawasaki, Kanagawa 214-8571

^{*2} Faculty of Agriculture, Meiji University,

1-1-1 Higashimita, Tama-ku, Kawasaki, Kanagawa 214-8571

Brassica napus L. (Norabona) is a traditional cultivar in the Kanto region of Japan. It has a pleasant taste, and is used in the preparation of many dishes; it has the potential to become a popular leafy vegetable in the domestic market. However, the development of optimal packaging technique to preserve its quality from the production to the sales stages is required owing to its short shelf life and rapid deterioration of its appearance. In the present study, the effect of various film packages on the postharvest quality of Norabona was investigated by comparing with that on *Asparagus officinalis* L. (Asparagus). We chose asparagus as a standard as many studies have reported its postharvest condition after using film packages. Norabona packed using micro-perforated modified atmosphere (MA) package, perforated polyethylene film, and conventional polypropylene open package (control), and non-filmed Norabona were stored at 25°C (controlled room temperature) for 7 days. We analyzed properties such as respiration rate, percentage weight loss, moisture content, soluble solid, score of appearance, and hue angle. The quality of Norabona rapidly deteriorated as its respiration rate under non-filmed was remarkably higher than that of asparagus. The usage of micro-perforated MA package to store Norabona was the best in preventing weight loss and maintaining moisture content, soluble solid content, score of appearance, and hue angle. Therefore, we strongly suggest the application of an appropriate MA to preserve Norabona quality throughout the production to the sales stages.

(Received Dec. 18, 2017; Accepted Jun. 11, 2018)

Key words: landrace, leafy vegetable, MAP (modified atmosphere packaging),

gas concentration, color difference analysis

在来種, 葉茎菜, MAP (modified atmosphere packaging), ガス濃度, 色差分析

緒 言

アブラナ科アブラナ属セイヨウアブラナ (*Brassica napus* L.) に分類される葉茎菜はおもに洋種ナバナと呼ばれ¹⁾, 国内では「なばな (主として花を食すもの, 主

として葉茎を食すもの)」として流通している²⁾。その洋種ナバナに分類される「のらぼう菜」は, 埼玉県比企郡, 東京都あきる野市および神奈川県川崎市でもおに栽培されている地域伝統野菜であり³⁾, 小さな花蕾, 葉および茎からなる花茎は食味が優れ, 苦味が少なく, ほのかな

^{*1} 〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1

^{*2} 〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1

§ Corresponding author, E-mail: motoki@meiji.ac.jp

甘味を感じる⁴⁾。「のらぼう菜」は、お浸しや炒め物、揚げ物、生食サラダ、スムージーなど調理の用途が多様であり^{4),5)}、マーケティングに有利な品質特性を有していることから、地域の消費者からの支持が高い。「のらぼう菜」の主産地の一つである川崎市では、「川崎市農業技術支援センター知的財産ポリシーの制定」に基づき、川崎市多摩区の菅地区に在来する「のらぼう菜」の品質特性解明と栽培技術確立のための研究事業を2015年度から神奈川県および明治大学と共同で開始し⁶⁾、それにより、「のらぼう菜」の高付加価値化および普及が図られるようになった。「のらぼう菜」を利用した地域活性化を目指す動きも始まっており、川崎市内では「のらぼう菜」を用いたペーストや洋菓子などの加工品販売⁵⁾やJR東日本の「地産地消キャンペーン」による沿線域飲食店での「のらぼう菜」を用いたメニューの販売事業⁶⁾などが行われており、今後も川崎市では「のらぼう菜」の生産および流通拡大が期待される。

ところで、葉茎菜は高い呼吸量と急速な水分減少により品質劣化が激しいとされ⁷⁾、「のらぼう菜」も日持ち性が悪く、生産現場では葉の萎れなど外観品質の劣化が早いとされている³⁾。さらに、「のらぼう菜」は厳密な出荷規格や等級などが規定されておらず、コールド・チェーンが確立されていない。農産物直売所ではプラスチックフィルムにより、開封状態で簡易に包装される、いわゆる袋詰め包装（以下、慣行PP）がおもな販売形態である（図1）。さらに、「のらぼう菜」は常温で販売されるため、鮮度保持の観点からすれば現状の流通は好ましいものではなく、今後生産および流通拡大を進めるためには、包装資材の選定と流通の改良が必要であり、適切な出荷形態に統一することが求められる。

葉茎菜の包装資材の利用試験については、ハウレンソウ⁸⁾やコマツナ⁹⁾、ブロッコリー¹⁰⁾、「ナバナ」¹¹⁾などで事例がある。包装方法には、密封しない袋詰め包装や孔の空いたフィルムで包装する有孔フィルム包装、ガス透過性の高いフィルムを用いて行われる密封包装などがある¹²⁾。なかでも密封包装では、包装内のガス組成を大気と比べて低O₂および高CO₂条件にすることにより青果物

の呼吸速度を抑えるMA包装があり、低温流通システムを補う資材として期待されている¹³⁾。さらに、MA包装にはフィルムに直径数10~200 μ mの孔を空けた微細孔フィルム（以下、微細孔MA）が利用されており、鮮度保持効果が明確に現れるとされる^{12),13)}。ところで、生産量が多く、世界規模で栽培されているアスパラガス（*Asparagus officinalis* L.）では、包装資材による重量減少率の抑制や、穂先の開き具合などの外観品質の維持効果が確認されており¹⁴⁾、特に、ガス組成を調整するCA貯蔵およびMA貯蔵においては、顕著な鮮度保持効果が多くの先行研究で認められている^{14)~16)}。

そこで本研究では、「のらぼう菜」の新たな出荷形態の可能性を検討するため、数種の包装資材および方法が、「のらぼう菜」の貯蔵後の品質に与える影響について、基礎研究が充実しているアスパラガスと比較して調査した。

実験方法

1. 試験材料

供試材料は、いずれも神奈川県川崎市の明治大学生田キャンパス内の圃場（標高50m、赤黄色土、pH6.7、EC 0.18mS $\cdot$ cm⁻¹）で栽培した。「のらぼう菜」は、川崎市の在来系統である‘No.6’（川崎市農業技術支援センター）を供試し、2015年11月17日に定植した。比較品目のアスパラガスは、‘ウェルカム’（㈱サカタのタネ）を供試し、2014年6月4日に定植した。アスパラガスの調査時は、露地長期どり栽培¹⁷⁾の3年株であった。栽培管理は、「のらぼう菜」は現地の慣行に準じて、アスパラガスは、元木¹⁷⁾に準じて行った。収穫物は、同キャンパス内にある実験室に速やかに輸送した。いずれも収穫は2016年4月11日に行い、「のらぼう菜」は既報³⁾を参考に、アスパラガスは出荷規格^{18),19)}に従って調製した。調製後、収穫物を各試験区に分配した。調査項目ごとに1試験区につき、「のらぼう菜」は花茎を20本、アスパラガスも若茎を20本無作為に選抜し、そこから、「のらぼう菜」は4~5本/束、アスパラガスは5~6本/束で、いずれも同等の重量（75 $\pm$ 5 g/束）になるように組合せ、3束を作成して貯蔵した。

2. 包装資材

本試験で用いた包装資材は、微細孔によりガス組成の調整（低O₂、高CO₂状態）と品質保持効果があるMA包装袋（ナイロンとポリエチレンの2層、厚さ50 μ m、300 $\times$ 400mm、野菜保存用ジッパー袋「P-プラス」、㈱住友ベークライト）、孔が両面2か所ずつ空いており、被覆効果は期待できるが、ガス調整効果は期待できない有孔PE袋（低密度ポリエチレン、孔6mm $\times$ 4、厚さ30 μ m、340 $\times$ 480mm、ニューポリ袋、福助工業㈱）、「のらぼう菜」の販売現場において使用されている慣行PP（ポリプロピレン、厚さ20 μ m、200 $\times$ 300mm、川崎市の慣行出荷袋）を用いた。なお、微細孔MAについては、実験に用いた



図1 「のらぼう菜」の袋詰め包装（慣行PP）

「P-プラス」の微細孔の直径が20~200 μm および分布が10~約1,000個/ m^2 の範囲内であり²⁰⁾、慣行PPについては、「のらぼう菜」のみに用いた。また、対照として包装資材なし（以下、無包装）を設けた。試料を各包装資材に入れたのち、暗黒条件下において25℃²¹⁾で7日間貯蔵した（空調制御室：体積58.35 m^3 、構造鉄筋コンクリート造、空調制御機FXYFP56MD（ダイキン工業㈱）、湿度制御はなし）。

3. 包装資材内のガス濃度および呼吸量

ガス濃度は、知野ら²²⁾の方法を参考に、包装資材内の O_2 および CO_2 濃度をガスアナライザー（DK-4100, Dansensor）により測定し、包装資材上にシリコンシールで固定した部分にガスアナライザー付属の針を刺した。呼吸量は、アクリルチャンバー（半径4 cm、高さ16 cm）で前述の方法により調製した試料を1時間密閉し、その間の CO_2 排出量をガスアナライザーによって測定を行い、伊藤ら²³⁾の方法に準じて呼吸量を算出した。

4. 外観評価

「のらぼう菜」は、本研究において、貯蔵試験の開始前（2016年2月11~15日）に、柘植ら²⁴⁾の方法に準じて外観評価基準を作成し、その評価基準を用いて5段階で評価した。

アスパラガスは、北海道立総合研究機構（HRO）花・野菜センターの鮮度保持に関する試験方法・項目²⁵⁾を参考に、曲がりや萎縮、若茎頭部の締まりなどに着目して5段階で評価した。

5. 重量減少率、水分率、糖度および色差分析

重量減少率は、調査日に新鮮重を測定し、（収穫日の新鮮重－調査日の新鮮重）/収穫日の新鮮重 $\times 100$ の式から算出した。水分率は、（調査日の新鮮重－調査日の乾物重）/調査日の新鮮重 $\times 100$ の式から算出した。乾物重は約70℃に設定した送風定温乾燥機（DRM620TB, アドバンテック㈱）を使用し、十分に乾燥した後に測定した。糖度は、簡易糖度計（PR-201a, ㈱アタゴ）を用いて測定し、「のらぼう菜」は柘植ら³⁾の方法に準じて茎部の搾汁液を分析した。色差は、分光測色計（CM-5, コニカミノルタ㈱）を用いた。各個体の最大葉において4か所を測定し、 L^* , a^* , b^* 値を測定した。また、色相角度（ h° ）を、 $\tan^{-1}(b^*/a^*)$ の式から算出した。

6. 統計処理

収集したデータは、エクセル統計2012（㈱社会情報サービス）を用いて、品目、包装資材および貯蔵日数の3要因に対する三元配置分散分析を行った。また、各貯蔵日数における包装資材間の比較はTukeyの多重検定を、貯蔵日数間の比較は、収穫日を対照群としてDunnettの多重検定を行った。各品目における調査項目間の相関係数は、すべての包装資材および貯蔵日数のデータを用いて算出した。なお、呼吸量とほかの調査項目間における相関係数については、無包装のデータのみを用いて計算し、呼吸量のデータに対応させるほかの調査項目では、

いずれも1日当たりの変化量を算出し、その算出値と呼吸量のデータ（貯蔵7日を除く）を用いて相関係数を求めた。

実験結果

1. 包装資材内のガス濃度

微細孔MAと有孔PEにおける「のらぼう菜」およびアスパラガスの包装資材内のガス濃度を図2に示す。微細孔MAにおいて、「のらぼう菜」は、貯蔵1日に O_2 は4.1%, CO_2 は16.3%を示したのち、貯蔵2~7日にかけて O_2 は0.1~1.8%, CO_2 は19.3~21.8%のガス濃度を示した（図2-A）。一方、アスパラガスは、貯蔵1~2日に O_2 は4.0~5.1%, CO_2 は16.5~18.1%を示したのち、貯蔵4~7日にかけて O_2 は7.7~8.9%, CO_2 は12.6~13.6%のガス濃度を示した（図2-B）。有孔PEにおいては、両品目とも、大気の空気組成と同等の値を示した（図2-C, D）。

2. 分散分析

品目、包装資材および貯蔵日数の違いが各調査項目に及ぼす影響を表1に示す。品目、包装資材および貯蔵日数の3要因について、三元配置分散分析（一部は二元配置分散分析）を行ったところ、各3要因の主効果は、すべての調査項目において有意性が確認された。また、 F 値は、呼吸量における品目の主効果において最も高い値を示した。交互作用についても、品目をA、包装資材をB、貯蔵日数をCとすると、重量減少率の $A \times B \times C$ 、水分率の $A \times B$, $A \times C$ および $A \times B \times C$ 、外観評価—アスパラガスの $B \times C$ の組合せを除き、すべての調査項目と要因の組合せにおいて有意性が確認された。

3. 呼吸量

「のらぼう菜」およびアスパラガスの呼吸量を図3に示す。両品目とも、収穫日に最も高い呼吸量を示し、「のらぼう菜」の呼吸量は、収穫日に685.9 $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ を示し、アスパラガス（168.2 $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ ）に比べて4倍程度多かった。貯蔵1~7日の呼吸量は、「のらぼう菜」が278.8~386.1 $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ 、アスパラガスが60.9~90.9 $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ で推移し、「のらぼう菜」はアスパラガスに比べて、いずれの貯蔵日数においても3~5倍高い呼吸量を示した。

4. 重量減少率、水分率および糖度

異なる包装資材が「のらぼう菜」およびアスパラガスの重量減少率、水分率および糖度に及ぼす影響を表2に示す。重量減少率について、「のらぼう菜」の重量は、有孔PEが貯蔵2日、慣行PPが貯蔵3日および無包装が貯蔵1日から有意に減少したが、微細孔MAはいずれの貯蔵日数においても収穫日と同等であった。微細孔MAおよび有孔PEの重量減少率は、貯蔵1, 3, 5および7日において無包装に比べて有意に低かった。また、微細孔MAの重量減少率は貯蔵3, 5および7日、有孔PEは貯蔵5および7日において慣行PPに比べて有意に低

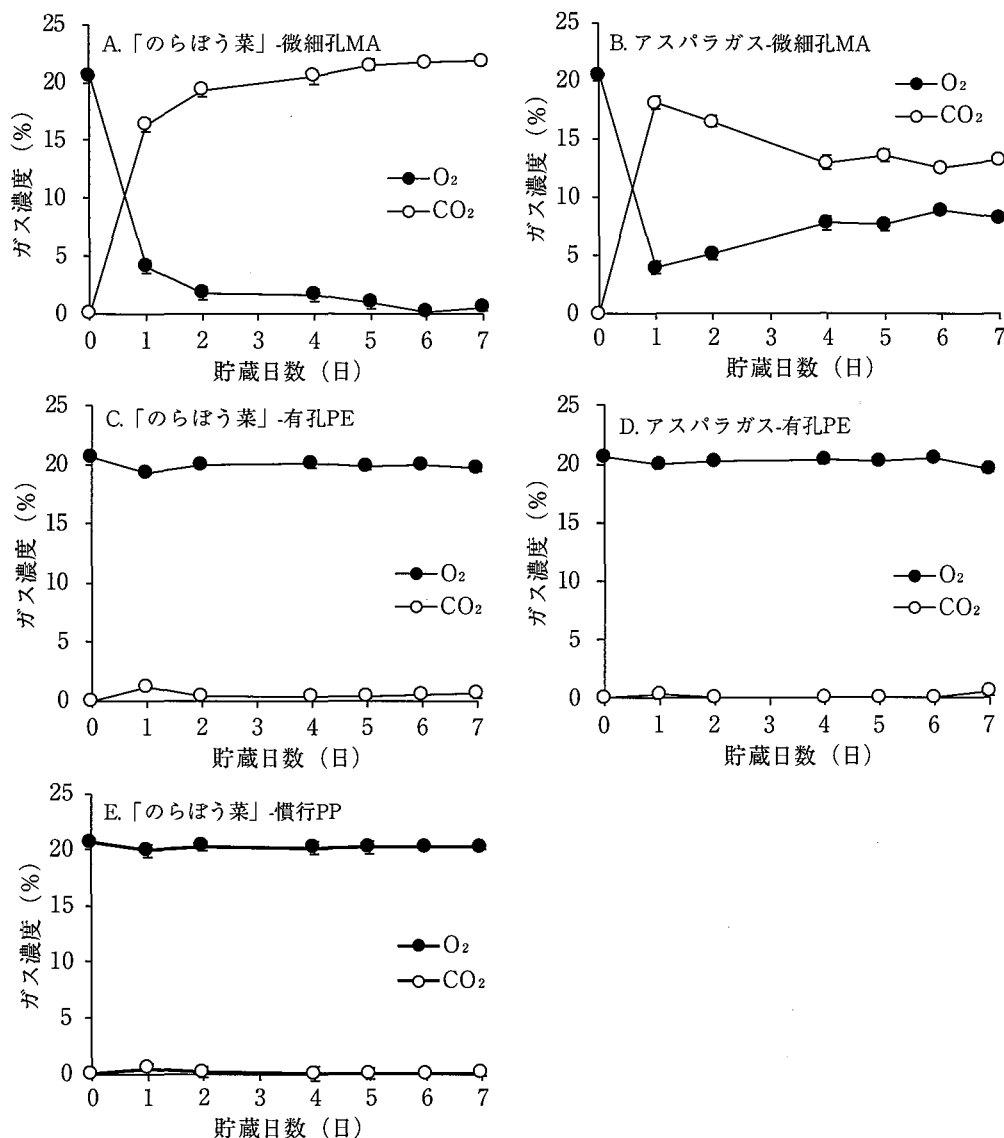


図2 微細孔MA、有孔PEおよび慣行PPにおける「のらぼう菜」とアスパラガスの包装資材内のガス濃度

縦棒は標準誤差を示す (n=3)。

貯蔵3日はデータなし。

かった。アスパラガスの重量は、いずれの処理区においても貯蔵1日から有意に減少した。微細孔MAおよび有孔PEは、いずれの貯蔵日数においても、無包装に比べて有意に低かった。また、微細孔MAは、貯蔵3および7日において有孔PEに比べて有意に低かった。

水分率について、いずれの品目および処理区においても、貯蔵1日において水分率が上昇する傾向であった。「のらぼう菜」は、無包装が貯蔵5および7日において水分率が有意に低下したが、ほかの処理区では、いずれの貯蔵日数においても水分率は収穫日と同等であった。慣行PPは、貯蔵7日、無包装は、貯蔵5および7日において、微細孔MAおよび有孔PEに比べて有意に低かった。一方、アスパラガスは、有孔PEと無包装が貯蔵7日に有意に低下したが、微細孔MAでは、いずれの貯蔵日数においても水分率は収穫日と同等であった。無包装は、貯蔵3～7日に微細孔MAおよび有孔PEに比べ

て有意に低かった。

糖度について、「のらぼう菜」は、慣行PPが貯蔵7日、無包装が貯蔵2～7日に糖度が有意に増加したが、ほかの処理区では、いずれの貯蔵日数においても糖度が収穫日と同等であった。アスパラガスは、有孔PEと無包装が貯蔵7日において糖度が有意に減少したが、微細孔MAはいずれの貯蔵日数においても糖度が収穫日と同等であった。無包装は、貯蔵3日において微細孔MAおよび有孔PEに比べて、貯蔵5日において微細孔MAに比べて、貯蔵7日において有孔PEに比べて糖度が有意に高かった。

5. 外観評価および色差分析

異なる包装資材が「のらぼう菜」およびアスパラガスの外観評価および色相角度に及ぼす影響を表3に示す。外観評価について、「のらぼう菜」の外観は、微細孔MAと有孔PEが貯蔵3日、慣行PPが貯蔵2日および無包装

表1 品目、包装資材および貯蔵日数の違いが各調査項目に及ぼす影響*

調査項目	品目 (A)	包装資材 (B)	貯蔵日数 (C)	A×B [†]	A×C	B×C	A×B×C
重量減少率 (%)	31.9 **	174.0 **	59.0 **	14.5 **	3.8 **	8.7 **	1.0
糖度 (°Brix)	51.8 **	24.5 **	4.9 **	20.8 **	9.3 **	2.9 **	5.8 **
水分率 (%)	830.9 **	30.2 **	5.2 **	2.6	0.4	7.3 **	1.8
L*	9.7 **	21.1 **	53.5 **	12.4 **	27.2 **	7.1 **	5.7 **
a*	97.8 **	49.3 **	66.6 **	16.9 **	16.5 **	10.2 **	4.8 **
b*	150.2 **	51.6 **	103.7 **	42.2 **	49.4 **	10.9 **	6.7 **
色相角度 (h°)	166.2 **	203.8 **	284.3 **	126.7 **	127.2 **	28.3 **	12.6 **
外観評価-「のらぼう菜」(点) [‡]	—	29.2 **	64.0 **	—	—	2.3 **	—
外観評価-アスパラガス (点) [‡]	—	16.3 **	81.5 **	—	—	1.2	—
呼吸量 (mgCO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹) [‡]	2,020.5 **	—	202.2 **	—	93.1 **	—	—

*三元配置分散分析を行った。数値はF値を示し、*は $P<0.05$ 、**は $P<0.01$ を示す。

[†]交互作用を示す。

[‡]外観評価は、点数評価基準が「のらぼう菜」とアスパラガスで異なることから、各品目において、包装資材と貯蔵日数の二元配置分散分析を行った。

[‡]呼吸量は、包装資材間の比較を行っていないことから、無処理における品目と貯蔵日数の二元配置分散分析を行った。

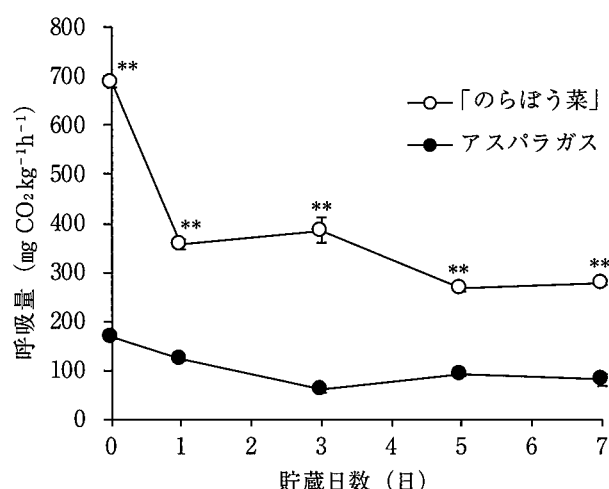


図3 「のらぼう菜」およびアスパラガスの呼吸量（無包装，25℃）

縦棒は標準誤差を示す (n=3)。

t検定により、**は品目間に1%水準で有意差があることを示す。

貯蔵2，4および6日はデータなし。

が貯蔵1日から有意に劣化した。無包装の外観評価は、すべての貯蔵日数において、ほかの処理区に比べて同等か有意に低かった。また、微細孔MAおよび有孔PEは、貯蔵1日において、慣行PPおよび無包装に比べて評価が有意に高く、微細孔MAは、貯蔵3～7日において、ほかの処理区に比べて評価が有意に高かった。アスパラガスの外観は、微細孔MAが貯蔵3日から有意に劣化した。有孔PEは、いずれの貯蔵日数においても、無包装と差が確認されなかった。微細孔MAは、貯蔵2日において、有孔PEおよび無包装に比べて評価が有意に高く、貯蔵3日においては、有孔PEに比べて評価が有意に高かった。

た。

色相角度について、「のらぼう菜」の色相角度は、微細孔MAが貯蔵7日から有意に低下し、有孔PE、慣行PPおよび無包装は貯蔵3日から有意に低下した。微細孔MAは、貯蔵3～7日において、ほかの処理区に比べて有意に高い値を示し、有孔PEは、貯蔵3日において慣行PPおよび無包装に比べて、貯蔵5および7日において無包装に比べて有意に高かった。慣行PPは、貯蔵7日において無包装に比べて有意に高かった。アスパラガスの色相角度は、有孔PEが貯蔵6日から、無包装が貯蔵7日に有意に低下したが、微細孔MAはいずれの貯蔵日数においても有意に低下しなかった。微細孔MAは、貯蔵6および7日において無包装に比べて、貯蔵7日において有孔PEに比べて有意に高かった。

6. 相関関係

「のらぼう菜」およびアスパラガスの各調査項目間における相関関係を表4に示す。「のらぼう菜」は、アスパラガスに比べて多くの調査項目間に有意な相関関係が確認された。「のらぼう菜」の呼吸量は、重量減少率との間に相関関係が確認され、重量減少率においてはすべての調査項目との間に、水分率においては重量減少率、糖度、a*および色相角度との間に、糖度においては重量減少率、水分率、外観評価、a*、b*および色相角度との間に、外観評価においては呼吸量および水分率を除くすべての調査項目との間に有意な相関関係が確認された。色相角度は、呼吸量を除くすべての調査項目との間に有意な相関関係が確認された。アスパラガスの重量減少率は、水分率および外観評価との間に有意な負の相関関係が確認され、糖度および色相角度との間に有意な正の相関関係が確認された。

表2 異なる包装資材が「のらぼう菜」およびアスパラガスの重量減少率、水分率および糖度に及ぼす影響

調査項目	貯蔵日数 (日)	「のらぼう菜」				アスパラガス		
		微細孔MA	有孔PE	慣行PP	無包装	微細孔MA	有孔PE	無包装
重量減少率 (%) ^z	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1	1.1 b ^y	2.5 b	2.3 b	12.2 a ^{**x}	0.4 b ^{**}	1.0 b ^{**}	4.9 a ^{**}
	2	2.0 b	8.6 ab ^{**}	4.6 b	19.8 a ^{**}	— ^w	—	7.9 ^{**}
	3	1.8 c	4.7 b [*]	8.0 b ^{**}	27.6 a ^{**}	0.6 c ^{**}	1.6 b ^{**}	11.9 a ^{**}
	4	—	—	—	35.8 ^{**}	—	—	16.1 ^{**}
	5	2.9 c	7.7 c ^{**}	17.8 b ^{**}	46.9 a ^{**}	1.2 b ^{**}	—	19.6 a ^{**}
	6	—	—	—	54.4 ^{**}	—	—	23.4 ^{**}
	7	2.5 c	10.2 c ^{**}	32.4 b ^{**}	59.1 a ^{**}	1.8 c ^{**}	3.4 b ^{**}	27.5 a ^{**}
水分率 (%) ^z	0	89.4	89.4	89.4	89.4	93.3	93.3	93.3
	1	90.5 a	89.6 a	90.5 a	90.0 a	93.9 a	94.1 a	93.6 a
	2	90.7 a	90.5 a	89.6 a	89.6 a	—	—	—
	3	90.4 a	89.3 a	90.4 a	89.7 a	94.2 a	94.2 a	93.2 b
	5	91.1 a	91.0 a	89.3 ab	86.7 b [*]	94.2 a	—	92.7 b
	7	91.5 a	90.5 a	87.6 b	85.9 b ^{**}	93.8 a	94.5 a [*]	91.5 b ^{**}
糖度 (°Brix)	0	6.2	6.2	6.2	6.2	5.7	5.7	5.7
	1	4.5 b	5.0 a	5.2 b	6.5 a	5.4 a	5.3 a	5.7 a
	2	5.1 c	6.9 b	6.8 b	7.6 a [*]	5.4	—	—
	3	5.6 b	6.4 a	6.7 a	7.8 a [*]	5.3 b	4.8 b	6.1 a
	5	5.7 b	6.2 b	6.4 b	10.3 a ^{**}	4.8 b	—	6.5 a
	7	5.0 c	5.8 c	8.4 b ^{**}	11.4 a ^{**}	5.7 a	3.7 b ^{**}	3.9 a ^{**}

^z逆正弦変換後、統計処理を行った。

^yTukeyの多重比較検定を各品目および貯蔵日数で行い、包装資材間の比較を行った。異符号間に5%水準で有意差あり（重量減少率：n = 3 ~ 4, 水分率：n = 3, 糖度：n = 3）。

^xDunnettの多重比較検定を各品目で行い、収穫日（0日）を対照群とした貯蔵日数間の比較を行った。^{*}は5%, ^{**}は1%水準で収穫日と各貯蔵日数の間に有意差があることを示す。

^w調査せず。

考 察

本研究の結果、微細孔MA内のガス濃度は、「のらぼう菜」のCO₂が19.3~21.8%と既報²⁶⁾に比べて高い値を推移した（図2）。その結果から高CO₂によるガス障害の可能性が示唆されるが、東尾ら²⁷⁾は「のらぼう菜」と同じアブラナ属のブロッコリーをCO₂80%下で1日置いてもガス障害はみられなかったと報告している。しかし、ハウレンソウやシュンギクのようにCO₂濃度が高くなると、アスコルビン酸がほとんどなくなってしまう葉茎菜があることから²⁸⁾、「のらぼう菜」もアスコルビン酸が減少している可能性があるため、今後微細孔MA中のアスコルビン酸含量については、別途検討する必要がある。呼吸量は、「のらぼう菜」がアスパラガスに比べて顕著に多く（表1、図3）、「のらぼう菜」は品質劣化の発生が早い（表2、表3）ことが示唆された。RENQUISTら¹⁶⁾は、アスパラガスの呼吸量は20℃で173.0mgCO₂kg⁻¹h⁻¹（3.93μmolCO₂g⁻¹h⁻¹）と報告しており、本研究の25℃の結果（168.2mgCO₂kg⁻¹h⁻¹）と類似していた。一方、政岡ら²⁹⁾によると、「のらぼう菜」に形態が類似してい

る「ナバナ」の呼吸量は、2次側枝において、20℃の貯蔵1日で400~450mgCO₂kg⁻¹h⁻¹程度と報告しており、本研究の25℃の「のらぼう菜」の結果（356.9mgCO₂kg⁻¹h⁻¹）と類似していた。また、石井³⁰⁾も「ナバナ」は収穫直後の呼吸量が著しく高い品目の一つで、品質が傷みやすいと報告していることから、一般的に「のらぼう菜」を含む「ナバナ」類の品質劣化は早いものと考えられる。

本研究の全調査項目に対する分散分析の結果、交互作用の有意性から、「のらぼう菜」とアスパラガスは、重量減少率、糖度、色度、明度および呼吸量の収穫後の変化が品目間で異なるものと考えられた（表1）。重量減少率は、おもに蒸散作用による水分の損失が要因であると考えられ^{31), 32)}、委縮による外観品質への影響など、青果物の品質劣化と密接に関わっている^{24), 33)}。本研究においても、重量減少率はいずれの品目も外観評価との間に相関がみられた（表4）。「のらぼう菜」の慣行PPにおける重量減少率は、貯蔵期間中を通じて、無包装に比べて有意に低い値で推移し（表2）、実際に生産から流通現場で用いられている慣行PPの袋詰め形態には、重量

表3 異なる包装資材が「のらぼう菜」およびアスパラガスの外観評価および色相角度に及ぼす影響

調査項目	貯蔵日数 (日)	「のらぼう菜」				アスパラガス		
		微細孔MA	有孔PE	慣行PP	無包装	微細孔MA	有孔PE	無包装
外観評価 (点) ^a	0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	1	4.0 a ^y	4.0 a	3.7 b	3.3 b ^{**}	4.0 a	3.7 a [*]	3.3 a ^{**}
	2	4.0 a	4.0 a	3.0 ab ^{**}	2.7 b ^{**}	4.0 a	2.7 b ^{**}	2.7 b ^{**}
	3	3.0 a ^{**}	2.8 b ^{**}	2.3 b ^{**}	2.3 b ^{**}	3.3 a ^{**}	2.0 b ^{**}	2.3 ab ^{**}
	4	3.3 a [*]	1.7 b ^{**}	1.7 b ^{**}	1.0 b ^{**}	2.3 a ^{**}	1.7 a ^{**}	1.7 a ^{**}
	5	3.3 a [*]	1.0 b ^{**}	1.0 b ^{**}	1.0 b ^{**}	2.0 a ^{**}	1.7 a ^{**}	1.3 a ^{**}
	6	3.0 a ^{**}	1.0 b ^{**}	1.0 b ^{**}	1.0 b ^{**}	1.7 a ^{**}	1.3 a ^{**}	1.0 a ^{**}
	7	2.7 a ^{**}	1.0 b ^{**}	1.0 b ^{**}	1.0 b ^{**}	1.3 a ^{**}	1.0 a ^{**}	1.0 a ^{**}
色相角度 (h°)	0	127.9	127.9	127.9	127.9	109.9	109.9	109.9
	1	129.5 a	128.5 a	128.7 a	128.0 a	111.1 a	112.8 a	111.3 a
	2	129.7 a	127.6 ab	124.7 b	126.5 ab	112.1 a	114.4 a	112.9 a
	3	127.6 a	121.6 b [*]	115.6 c ^{**}	110.8 c ^{**}	113.6 a	113.2 a	112.0 a
	4	— ^w	—	—	99.3 ^{**}	113.6 a	112.9 a	113.5 a
	5	125.6 a	101.0 b ^{**}	98.9 bc ^{**}	92.1 c ^{**}	112.8 a	107.0 a	108.3 a
	6	—	—	—	85.7 ^{**}	114.0 a	100.2 ab ^{**}	104.2 b
	7	121.9 a [*]	88.7 b ^{**}	88.4 b ^{**}	81.7 c ^{**}	115.3 a	98.5 b ^{**}	102.9 b [*]

「のらぼう菜」は、「5」：切り口がみずみずしく、葉部や茎が締まっている状態、収穫直後、「4」：切り口が乾いており、葉が萎れ始めた状態、「3」：切り口が萎縮しており、茎および葉柄にしわが発生し始めた状態、「2」：葉が萎れており、茎および葉柄にしわが発生している状態、「1」：葉が激しく萎れ、変色し始めており、茎および葉柄にしわが激しく発生している状態として評価を行った。アスパラガスは、北海道立総合研究機構（HRO）花・野菜センターの鮮度保持に関する試験方法・項目²⁵⁾を参考に評価を行った。

^yTukeyの多重比較検定を各品目および貯蔵日数で行い、包装資材間の比較を行った。異符号間に5%水準で有意差あり（外観評価：n=3~4，色相角度：n=7~9）。

^aDunnnettの多重比較検定を各品目で行い、収穫日（0日）を対照群とした貯蔵日数間の比較を行った。^{*}は5%，^{**}は1%水準で収穫日と各貯蔵日数の間に有意差があることを示す。

^w調査せず。

表4 「のらぼう菜」およびアスパラガスの各調査項目間（X，Y）における相関関係

品目	X	Y											
		呼吸量 ^a		重量減少率		水分率		糖度		外観評価		L [*]	
		r	n	r	n	r	n	r	n	r	n	r	n
「のらぼう菜」	重量減少率	0.979 ^{**}	4	—									
	水分率	0.641	4	-0.822 ^{**}	24	—							
	糖度	-0.507	4	0.935 ^{**}	24	-0.869 ^{**}	24	—					
	外観評価	-0.872	4	-0.730 ^{**}	26	0.345	24	-0.539 ^{**}	24	—			
	L [*]	0.477	4	0.543 ^{**}	26	-0.298	24	0.370	24	-0.879 ^{**}	26	—	
	a [*]	-0.583	4	0.826 ^{**}	26	-0.702 ^{**}	24	0.693 ^{**}	24	-0.697 ^{**}	26	0.721 ^{**}	26
	b [*]	-0.077	4	0.658 ^{**}	26	-0.396	24	0.503 [*]	24	-0.909 ^{**}	26	0.975 ^{**}	26
	色相角度	0.550	4	-0.828 ^{**}	26	0.595 ^{**}	24	-0.684 ^{**}	24	0.886 ^{**}	26	-0.887 ^{**}	26
アスパラガス	重量減少率	0.348	4	—									
	水分率	0.177	4	-0.832 ^{**}	14	—							
	糖度	0.102	4	-0.221	13	0.174	13	—					
	外観評価	-0.809	4	-0.652 [*]	17	0.109	14	0.411	15	—			
	L [*]	0.102	4	-0.019	17	0.244	14	-0.308	15	-0.337	24	—	
	a [*]	-0.216	4	0.416	17	-0.416	14	-0.406	15	-0.227	24	-0.326	24
	b [*]	0.055	4	0.041	17	0.370	14	-0.499	15	-0.432	24	0.673 ^{**}	24
	色相角度	0.280	4	-0.442	17	0.309	14	0.601 [*]	15	0.332	24	0.033	24

^a呼吸量とほかの調査項目間における相関係数のみ、無包装のデータのみを用いて計算し、ほかの調査項目ではいずれも1日当たりの変化量を算出して、その算出値と呼吸量のデータ（貯蔵7日を除く）を用いて相関係数を求めた。

^{*}は5%，^{**}は1%水準で有意であることを示す。

減少を抑制する効果があるものと考えられた。しかし、有孔PEの重量減少率は、貯蔵5日から慣行PPに比べて有意に低くなり(表2)、慣行PPに比べて重量減少の抑制による高い鮮度保持効果を示した。それらの要因として、包材の開封の有無により、「のらぼう菜」における水分の蒸散量が大きく異なっていたことが考えられる。さらに、微細孔MAでは、「のらぼう菜」の有意な重量減少が発生せず、最も高い鮮度保持効果を示した(表2)。そのため、微細孔MAの利用は、「のらぼう菜」における鮮度保持に有効であると考えられる。一方、アスパラガスの重量減少率は、「のらぼう菜」に比べて低く、無包装(表2)は先行研究^{16), 34)}と類似しており、先行研究^{16), 34)}と同様な品質劣化の程度を示したと考えられる。また、包装資材を用いることによりアスパラガスの重量減少の抑制効果が確認されたことも、既報¹⁴⁾と同様であった。

水分率は、収穫物の品質を示し^{24), 35)}、糖度の変化と関連付けて報告されている³⁵⁾。水分率は、「のらぼう菜」、アスパラガスともに、すべての包装資材において、貯蔵1日が収穫日に比べて高くなる傾向であった(表2)。その理由として、水分率の上昇傾向は、収穫日の呼吸量が最も高かったことにより(図3)、呼吸基質と考えられる糖などが分解され、水分の産生が進み⁷⁾、水分の割合が増加したためと考える。また、微細孔MAおよび有孔PEにおいて貯蔵期間中に水分率の有意な低下は確認されなかったが、両品目の無包装では、いずれも水分率が貯蔵7日の時点で有意に低下していた。そのため、無包装では、呼吸による水分以外の糖などの減少に比べて、蒸散作用による水分の減少の方が速かったものと考えられる。

糖度は、アスパラガスの有孔PEと無包装において、貯蔵期間中に有意に減少した。その理由として、アスパラガスの若茎は貯蔵中においても伸長するが³⁴⁾、糖が若茎内の貯蔵養分として伸長作用に使われたため³⁶⁾、糖度が減少したものとする。しかし、「のらぼう菜」では糖度の有意な減少が確認されず、無包装では貯蔵2~7日に有意に増加した(表2)。「のらぼう菜」の無包装では葉部に黄化がみられたが(表3)、同じ葉茎菜のホウレンソウでは、貯蔵初期の黄化の発生前の呼吸においては、糖やデンプンのような貯蔵成分を利用しており、黄化の発生後の呼吸においては、糖のほかにクロロプラスト膜やタンパク質などの細胞構造を作っている高分子成分を分解して、呼吸基質として利用していると報告されている³⁷⁾。そのため、本研究においても、色相角度の低下とともに、おもな呼吸基質が糖以外の成分へと移行した可能性がある。さらに、前述と同様、無包装では水分の減少速度が速いと考えられ、「のらぼう菜」の糖度は水分率と負の相関もみられたことから(表4)、糖度は水分率の低下とともに内容成分が濃縮され、上昇したものとする。

外観評価は、著者らが本研究のために作成した「のらぼう菜」の外観評価基準と、アスパラガスの一般的な外観評価基準²⁵⁾を用いて行った。「のらぼう菜」の有孔PEと慣行PPは、Dunnettの多重比較検定により、無包装に比べて1~2日長く収穫日と同等の外観を維持すると考えられたため、有孔PEと慣行PPの袋詰め包装は、外観に対する品質保持効果があるものと考えられた(表3)。一方、アスパラガスは、穂先に開きが発生したため(達観調査)、有孔PEと慣行PPにおいて外観評価が貯蔵1日から有意に低くなった(表3)。また、アスパラガスでは有孔PEと無包装との間に有意差がみられず、有孔PEにおける外観の品質維持効果は確認できなかった。微細孔MAを両品目で比べると、「のらぼう菜」では、貯蔵3~7日において有孔PEおよび慣行PPに比べて有意に高い外観評価を示した(表3)。しかし、アスパラガスでは、貯蔵2および3日に有孔PEに比べて有意に高い外観評価を示し(表3)、先行研究¹⁴⁾と同様、微細孔MAの外観品質の維持効果が確認されたが、貯蔵4~7日では有孔PEおよび無包装との間に有意差がみられなかった。そのため、「のらぼう菜」における微細孔MAの利用は、アスパラガスに比べて収穫後の外観品質の維持に大きな効果を示し、生産から流通現場において有効であると考えられた。

緑色系の葉茎菜において、色相角度は値が低下するほど収穫物の黄化が発生している傾向を示す²⁶⁾。微細孔MA以外の処理区において、「のらぼう菜」では、いずれも貯蔵3日から色相角度が有意に低下したが、アスパラガスでは、貯蔵6または7日から色相角度が有意に低くなったため(表3)、「のらぼう菜」はアスパラガスに比べて早期に黄化の症状が発生しやすいものと考えられた。また、無包装との有意差で判断すると、「のらぼう菜」の慣行PPでは、貯蔵7日以外は黄化の発生程度の抑制効果が確認されなかったが、「のらぼう菜」の有孔PEでは、貯蔵3~7日において黄化の発生程度の抑制効果が確認された(表3)。さらに、両品目の微細孔MAにおいて、「のらぼう菜」の貯蔵7日を除き、色相角度の貯蔵期間中の有意な低下が確認されなかったことから(表3)、収穫日の新鮮な緑色がほぼ維持されたものとする。CEFOLAら²⁶⁾は、「のらぼう菜」と形態が類似した「Broccoli raab」(*Brassica rapa* L.)において、CA貯蔵を行うことにより、色相角度が無包装に比べて高い値が維持されることを報告し、鈴木ら¹¹⁾は、「ナバナ」において、クロロフィル含量は微細孔のMAが有孔のPPに比べて高く維持されたと報告している。アスパラガスにおいても、先行研究¹⁴⁾と同様の結果であったが、「のらぼう菜」の早期における黄化の発生を抑止するという点では、微細孔MAの効果は「のらぼう菜」がアスパラガスに比べて高いものと考えられた。

以上の結果、アスパラガスは野菜類のなかでも品質劣化が激しい品目とされているが³⁸⁾、「のらぼう菜」はア

スパラガス以上に品質劣化が激しい品目に分類されるものと考えられた。また、呼吸量は両品目とも収穫日が最も高く(図3)、LILLら³⁹⁾によると、アスパラガスの呼吸量は収穫から2時間後に最も高くなり、その後、24時間後にかけて急速に減少すると報告している。「のらぼう菜」は、アスパラガスと同様、収穫日に呼吸のピークを示したことから、収穫直後から24時間後までの呼吸量を低く抑制することが、「のらぼう菜」の品質劣化を抑える一つの方法として提案できる可能性がある。ところで、消費者が重視する品質劣化は外観によって主観的に評価されることが多い³⁹⁾。アスパラガスの外観評価は、重量減少率のみと相関があったのに対し、「のらぼう菜」の外観評価は、呼吸量および水分率を除くすべての調査項目と相関があったことから(表4)、「のらぼう菜」の外観品質には葉部の黄化や急速な重量減少が関係しているものと考えられた。そのため、これらを抑制する微細孔MAは、「のらぼう菜」の外観品質の維持に繋がることから、「のらぼう菜」の生産現場から流通現場への利用において効果が高いものと考えられる。今後は「のらぼう菜」の貯蔵期間中の最適なガス組成の検討とそれに合わせた厳密な出荷規格の統一が必要である。

文 献

- 1) 山川邦夫：アブラナ科各論(2) ツケナとカラシナ・タカナ，基礎からわかる！野菜の作型と品種生態(農文協，東京)，pp.40～43 (2016)
- 2) 農林水産省ホームページ，平成26年地域特産野菜生産状況，なばな(主として花を食すもの，主として葉茎を食すもの)(<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001155203>)
- 3) 柘植一希・樋口洋子・北條怜子・元木 悟：関東地方の伝統野菜「のらぼう菜」(*Brassica napus* L.)の品質について，日食保蔵誌，41，17～24 (2015)
- 4) 椿真由己：ノラボウナ，農業技術大系野菜編11 特産野菜・地方品種(農文協，東京)，pp.特産野菜480の4～9 (2009)
- 5) 清水まゆみ・田中龍平：かわさき菅で育んだのらぼう(からふる！，神奈川)，p.6 (2017)
- 6) 川崎市公式ホームページ，川崎市農業技術支援センターにおける知的財産ポリシーの制定と「のらぼう菜」に関する共同研究契約の締結について(<http://www.city.kawasaki.jp/170/cmsfiles/contents/0000067/67063/150507-2.pdf>)
- 7) 大久保増太郎：野菜の生理と鮮度，酒寄直樹編著：野菜の鮮度保持マニュアル(流通システム研究センター，東京)，pp.11～20 (1998)
- 8) 永井耕介・羽二瀬維子・小河拓也・中川勝也：包装法の改善による夏季収穫ハウレンソウの鮮度保持，日食保蔵誌，23，133～138 (1997)
- 9) 高附重矢子・石田 豊・垣濑和正・櫻井直樹・村田芳行・中野龍平・久保康隆：収穫後の近赤外光照射が数種葉菜類の蒸散，気孔開度および外観品質に及ぼす影響，園学研，15，197～205 (2016)
- 10) 波部一平・土井香織：MA包装貯蔵を主体としたブロッコリーの鮮度保持，長崎農林技セ研報，2，97～118 (2011)
- 11) 鈴木芳孝・宮崎清宏・石川 豊・今堀義洋・上田悦範：パーシャル包装によるナバナの鮮度保持，日食保蔵誌，32，23～27 (2006)
- 12) 石谷孝佑：包装資材の利用，農業技術大系野菜編12 共通技術・先端技術(農文協，東京)，pp.品質・鮮度243～247 (1989)
- 13) 長谷川美典：MA包装，農業技術大系果樹編8 共通技術(農文協，東京)，pp.貯蔵～加工24の3の2～9 (2001)
- 14) VILLANUEVA, M. J., TENORIO, M. D., SAGARDOY, M., REDONDO, A. and SACO, M. D.: Physical, chemical, histological and microbiological changes in fresh green asparagus (*Asparagus officinalis*, L.) stored in modified atmosphere packing, *Food Chem.*, **91**, 609～619 (2005)
- 15) 政岡由紀・宮崎清宏・松本久美：アスパラガスの鮮度保持に及ぼす収穫後管理の影響，高知農技セ研報，23，25～32 (2014)
- 16) RENQUIST, A. R., LILL, R. E., BORST, W. H., BYCROFT, B. L., CORRIGAN, V. K. and O'DONOGHUE, E. M.: Postharvest life of asparagus (*Asparagus officinalis*) under warm conditions can be extended by controlled atmosphere or water feeding, *New Zeal. J. Crop Hort.*, **33**, 269～276 (2005)
- 17) 元木 悟：Ⅷ 作型別管理と作業のポイント，1 露地栽培，アスパラガス作業便利帳(農文協，東京)，pp.130～132 (2003)
- 18) MOTOKI, S., MATSUNAGA, K., MAEDA, T. and KUTSUZAWA, T.: Selection of asparagus cultivars for cold areas of Japan, *Acta Hort.*, **776**, 357～365 (2008)
- 19) 元木 悟・北澤裕明・前田智雄・久徳康史：密植栽培がムラサキアスパラガス「パープルパッション」の収量および生育に及ぼす影響，園学研，10，81～86 (2011)
- 20) 農林水産省ホームページ，農林水産物・食品輸出の手引き，技術集2，技術例 青果鮮度保持フィルム(http://www.maff.go.jp/j/shokusan/export/torikumi_zirei/butsuryutebiki_28-3.2.pdf)
- 21) 阿部一博：数種軟弱野菜の予冷温度と時間ならびに貯蔵に伴う品質変化，日食保蔵誌，20，121～126 (1994)
- 22) 知野秀次・松本辰也・児島清秀：セイヨウナシ「越さやか」におけるフィルム包装および収穫後処理が果

- 実追熟に及ぼす影響, 園学研, 14, 291~296 (2015)
- 23) 伊藤和彦・樋元淳一・李 里特・都 利平: 各種フィルムを用いたグリーンアスパラガスの包装貯蔵, 日食低温保蔵誌, 18, 10~16 (1992)
- 24) 柘植一希・大中創太・今井峻平・元木 悟: スイートコーンの異なる貯蔵形態が収穫後の「しなび」の発生に及ぼす影響, 園学研, 16, 185~195 (2017)
- 25) 北海道立総合研究機構 (HRO) 花・野菜技術センターホームページ, 鮮度保持に関する試験方法・項目 (http://www.agri.hro.or.jp/hanayasai/04hana_yasai_info/02youryou/fresh/veg/yasai.pdf)
- 26) CEFOLA, M., AMODIO, M. L., CORNACCHIA, R., RINALDI, R., VANADIA, S. and COLELLI, G.: Effect of atmosphere composition on the quality of ready-to-use broccoli raab (*Brassica rapa* L.), *J. Sci. food Agr.*, 90, 789~797 (2009)
- 27) 東尾久雄・南出隆久・緒方邦安: 高濃度炭酸ガス短期間処理による青果物の品質保持効果, 日食工誌, 27, 192~198 (1980)
- 28) 南出隆久: 青果物の品質保持とストレス, 食品と低温, 11, 101~107 (1985)
- 29) 政岡由紀・宮崎清宏・斎藤格久・濱田朋江: スーパーチャール包装がナバナの品質保持に及ぼす影響, 高知農技セ研報, 25, 21~27 (2016)
- 30) 石井 勝: なばな, 酒寄直樹編: 野菜の鮮度保持マニュアル(流通システム研究センター, 東京), pp.131~133 (1998)
- 31) 細田 浩: 分析検査, 農業技術大系野菜編12 共通技術・先端技術 (農文協, 東京), pp. 品質・鮮度41~47 (1989)
- 32) 加藤千明・石山玲子・北村利夫・福島忠昭: 青果物の収穫後の蒸散作用に関する研究-第I報 数種のそ菜の蒸散量, 山形大紀要 (農学), 9, 235~248 (1983)
- 33) 大久保増太郎: 野菜の鮮度保持 (養賢堂, 東京), pp.1~38, 130~132 (1988)
- 34) 樋口洋子・柘植一希・北條怜子・元木 悟: 異なる輸送条件, 貯蔵条件および貯蔵姿勢におけるアスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) の若茎の外観, 糖度, 水分含量および破断応力の変動, 日食保蔵誌, 41, 155~163 (2015)
- 35) 飯野 師・澁澤 栄・岡山 毅・梅田大樹・小島陽一郎・小平正和: 長ネギの内部品質評価方法とその変動, 農業機械学会誌, 72, 333~338 (2010)
- 36) 中嶋直子: 6. 花穂・若茎をまっすぐの状態に保つ, 初谷 誠編: 新版農産物の輸送と貯蔵の実用マニュアル (流通システム研究センター, 東京), p.24 (2004)
- 37) 日坂弘行: ホウレンソウの貯蔵中における呼吸量, 糖含量の変化と外観の劣化との関係, 日食工誌, 36, 956~963 (1989)
- 38) 一丸禎樹・犬塚和男: アスパラガスの鮮度保持に関する研究, 長崎総農林試報, 32, 1~14 (2006)
- 39) LILL, R. E., KING, G. A. and O'DONOGHUE, E. M.: Physiological changes in asparagus spears immediately after harvest, *Sci. Hortic.*, 44, 191~199 (1990)
- (平成29年12月18日受付, 平成30年6月11日受理)