

## キャベツセル成型苗の Active MA 包装貯蔵

山下市二<sup>1</sup>・壇 和弘<sup>1</sup>・下村真理子<sup>2</sup><sup>1</sup> 農林水産省野菜・茶業試験場 514-2392 三重県安芸郡安濃町<sup>2</sup> 宮崎県総合農業試験場 880-0212 宮崎県宮崎郡佐土原町

## Active Modified Atmosphere Packaging Storage of Cabbage Plug Seedlings

Ichiji Yamashita<sup>1</sup>, Kazuhiro Dan<sup>1</sup> and Mariko Shimomura<sup>2</sup><sup>1</sup> National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea, Ano-cho, Age-gun, Mie 514-2392<sup>2</sup> Miyazaki Agricultural Experiment Station, Sadohara-machi, Miyazaki-gun, Miyazaki 880-0212

## Summary

When cabbage plug seedlings were stored under a modified atmosphere packaging (MAP) at 15°C in the dark for 2 weeks, a passive MAP did not create an environment to inhibit stem elongation of seedling in the 0.1mm thick polyethylene (PE) film pouch. An active MAP by adjusting N<sub>2</sub> rich air with 2% O<sub>2</sub> did not successfully retard elongation either. In the active MAP where the internal atmosphere was replaced with N<sub>2</sub> enriched air (2.5% O<sub>2</sub>) with elevated CO<sub>2</sub>, the elongation was delayed as CO<sub>2</sub> concentration increased. When 16% CO<sub>2</sub> was introduced to the 0.08mm thick nylon/PE film pouch, the inhibit of stem elongation was most successful. Analysis of plant weight, total number of leaves, green color intensity, ascorbic acid content in the leaf blade and head weight of harvested cabbage revealed that the elevated CO<sub>2</sub> active MAP is a favorable storage condition for cabbage plug seedlings. The elevated CO<sub>2</sub> active MAP, however, caused CO<sub>2</sub> injury when CO<sub>2</sub> concentration exceeded 24%.

**Key Words:** active MAP, cabbage, modified atmosphere packaging, plug seedling, storage.

## 緒言

キャベツ産地では、定植作業の機械化が進められており、セル成型苗の需要が高まっている。苗の需要は時期的な偏りが大きいと、生産の合理化および安定供給のためには、セル成型苗の貯蔵が不可欠とされている(富士原ら, 1996)。

貯蔵庫内雰囲気ガスを O<sub>2</sub> は空気の約 1/10, CO<sub>2</sub> は 100 倍程度に制御して青果物を貯蔵すると、呼吸をはじめとした代謝活性が抑制され、長期貯蔵が可能になる。この方法は、CA (Controlled Atmosphere) 貯蔵と呼ばれ、リンゴやニンニクの貯蔵に利用されている。CA 貯蔵がニンニクの萌芽を抑制することは、低 O<sub>2</sub>、高 CO<sub>2</sub> 雰囲気によるセル成型苗貯蔵中の徒長抑制の可能性を示唆している。一方、収穫した青果物をプラスチックフィルム袋で密封包装すると、呼吸作用により袋内 O<sub>2</sub> 濃度は低下し、CO<sub>2</sub> が蓄積して、CA 貯蔵類似の雰囲気ガス組成を作出することができる。この方法は、MA 包装あるいは

MAP (Modified Atmosphere Packaging) と呼ばれ、簡便・安価な鮮度保持技術として、収穫野菜の流通現場で広く利用されている (Church・Parsons, 1995; 山下, 1998)。

今回、包装資材としてポリエチレン (PE) 袋を用いて、空気雰囲気下で密封包装する Passive MA 包装と、PE 袋あるいはナイロンと PE の積層フィルム (NY/PE) 袋を用いて、袋内を予め混合ガスで置換してから密封する Active MA 包装法 (Zagory・Kader, 1988) でキャベツセル成型苗の貯蔵試験を行い、苗の徒長防止と苗質の保持に適した雰囲気条件を見出したので報告する。

## 材料および方法

## 1. 材料

## キャベツセル成型苗

住化式コート種子 (サカタのタネ甘藍 (L) '金系 201 号' 住友化学工業製) を 128 穴セルトレイに播種し、培養土にヤンマー野菜養土を用いて、慣行法で育苗した。

実験 1: Passive MA 包装および低 O<sub>2</sub> Active MA 包装

1996 年 3 月 8 日に 4 トレイに播種し、4 月 18 日まで育

苗した。そのうちの1トレイは、4月18日に野菜・茶業試験場圃場に定植した(対照区)。同日に残り3トレイの苗質を後述する方法で評価した後、5月2日まで貯蔵した(貯蔵区)。5月2日に貯蔵後の苗質評価を行ってから定植した。対照区の収穫日は6月26日である。貯蔵区は7月10日に収穫予定であったが、7~9日に大雨が続いたため、収穫は7月15日になった。

#### 実験 2: 低 O<sub>2</sub>・高 CO<sub>2</sub> Active MA 包装

実験 1において、対照区と貯蔵区の播種日を同じにすると、定植、収穫に2週間のズレが生じて気象条件等に差異がでる。また、実験 1では、上記のように収穫予定日に収穫ができず、生育日数にも差が生じる問題があった。そこで、実験 2, 3においては、対照区の播種日を遅らせた。即ち、貯蔵区は、1996年8月16日播種し、9月10日まで育苗した。9月10日に苗質評価を行った後、9月25日まで貯蔵し、再び苗質評価を行ってから定植した。一方、対照区は8月30日播種、9月25日まで育苗後、貯蔵区と同時に定植して収穫量の調査に用いた。収穫日は全試験区、1997年3月10日である。

#### 実験 3: 高 CO<sub>2</sub> Active MA 包装

貯蔵区は、1997年1月20日播種、2月27日まで育苗した。貯蔵前に苗質評価を行い、3月13日まで貯蔵し、出庫時に再び苗質評価を行ってから定植した。一方、対照区は2月3日播種、3月13日まで育苗後、定植して収穫量の調査に用いた。収穫日は全試験区、1997年6月26日である。

#### 包装資材

実験 1, 2に用いた PE袋は、大きさ 76×95 cm, 厚さ 0.1 mmである。実験 1, 2では貯蔵中に袋内 CO<sub>2</sub> 濃度が低下したため、実験 3ではガス透過率の低い厚さ 0.08 mm の NY/PE を用いた。大きさは PE と同じである。用いたフィルムのガス透過性は明らかではないが、1気圧 20℃における厚さ 0.05 mm PE の O<sub>2</sub> 透過性は、3,000 cc/m<sup>2</sup>/24hr 程度であるから、0.1 mm PE のそれは概ね 1,500 cc/m<sup>2</sup>/24hr と推測される。他方、1気圧 25℃における厚さ 0.075 mm の NY/PE の O<sub>2</sub> 透過性は、38 cc/m<sup>2</sup>/24hr であり、NY/PE は PE に比較してかなりガス透過性は低いといえる。

#### 2. 貯蔵方法

MA 包装による苗徒長抑制効果を明らかにするため、徒長し易い貯蔵条件(暗所、15℃)とし、貯蔵前に十分に灌水した。貯蔵中、袋内は結露していたので、湿度は概ね 100% と考えられる。実験 1~3 の MA 包装条件は以下のとおりである。

#### 実験 1: Passive MA 包装および低 O<sub>2</sub> Active MA 包装

空気下貯蔵区: 1トレイを空気雰囲気下で貯蔵。

Passive MA 包装貯蔵区: 1トレイを PE袋に入れ、空気雰囲気下で密封クリップで密封包装。

低 O<sub>2</sub> Active MA 包装貯蔵区: PE袋に1トレイを入れ、中空糸膜 N<sub>2</sub> 発生装置 (Yamashita, 1994) を用いて窒素富化空気 (O<sub>2</sub> 濃度 2.2%) を袋内に供給して、密封クリップで密封包装。

#### 実験 2: 低 O<sub>2</sub>・高 CO<sub>2</sub> Active MA 包装

PE袋にセル成型苗を1トレイ入れ、袋内に上記の N<sub>2</sub> 発生機で O<sub>2</sub> 濃度 2.5% の窒素富化空気を供給して密封した。次に、CO<sub>2</sub> を袋内濃度が 2.5%, 8%, 13% になるようにシリンジ (内容積 1.3 l) を用いて袋内に注入し、注入口をビニルテープで封じた。

#### 実験 3: 高 CO<sub>2</sub> Active MA 包装

NY/PE袋にセル成型苗を1トレイ入れ、CO<sub>2</sub> を袋内濃度が約 4%, 10%, 16%, 24% になるように直接ボンベから供給して密封した。ガス濃度をガスクロマトグラフィー (GC) で測定し、シリンジ (内容積 1.3 l) を用いて不足分を追加、調整した。また、実験 1, 2とは袋の材質が異なるので、空気雰囲気下で密封する Passive MA 包装貯蔵区も設定した。

#### 3. 雰囲気ガス、苗質評価および収穫量

##### 袋内の雰囲気ガス濃度

並列分流方式の GC で分析し、計算プログラム (山下ら, 1989) で濃度を求めた。

##### 苗質評価

実験 1では、貯蔵前後に草丈、葉数、葉色、葉身のアスコルビン酸含量を測定した。試料は、セルトレイ中心部からランダムに10株を地際から採取して測定した。葉色は、全葉を葉緑素計 (ミノルタ SPAD-502) で測定した (山下ら, 1996) が、処理区間差は第1葉に顕著にみられたので、ここでは第1葉の測定値を示した。アスコルビン酸含量は、セルトレイ中心部からランダムに採取した試料の展開葉を用い、その葉身 10 g を終濃度 5% メタリン酸抽出して MERCK RQflex で測定した。なお、苗が徒長すると地上部新鮮重量が増加するとの報告 (佐藤ら, 1997a) があるので、実験 2 と 3 においては、地上部重量の測定を追加した。

##### 収穫量

各試験区 30株ずつを手手で定植し、慣行法で栽培した後、人手で収穫して収穫株数、収穫株の平均重量、総収穫量を示した。

##### 有意差検定

貯蔵前の苗質に対する各貯蔵区の貯蔵後の苗質および非貯蔵苗 (対照区) の収穫株重量に対する各貯蔵区の収穫株重量の有意差を、T 表を用いて検定した。

## 結果および考察

### 1. Passive MA 包装貯蔵

一般的な野菜や果実の MA 包装では、呼吸作用による袋内 O<sub>2</sub> の低減を短時間で実現するため、できるだけ小さな袋を用い、青果物を入れた後は、袋を押さえて空気を

追い出して密封する。しかし、花き(山下ら, 1993, 1999)やセル成型苗のように、茎や葉の折れ曲がりや損傷が商品性に大きく影響する場合には、内容物重量に対する袋容積を大きくとる必要がある。

空気下でPE袋の容積に余裕をもってキャベツセル成型苗をトレイごと密封包装し、専ら呼吸作用で雰囲気中の低O<sub>2</sub>・高CO<sub>2</sub>化を図るPassive MA包装貯蔵区の袋内O<sub>2</sub>濃度は15%までしか低下せず、CO<sub>2</sub>の蓄積も4.2%に止まった(第1図)。雰囲気制御による貯蔵が広く行われているリンゴではO<sub>2</sub>もCO<sub>2</sub>も共に2%、ニンニクではO<sub>2</sub>2~4%、CO<sub>2</sub>5~8%である(山下, 1991)。O<sub>2</sub>濃度が15%も残存している雰囲気では、呼吸抑制効果も得られず、CO<sub>2</sub>が4%程度あっても鮮度保持効果はほとんど期待できない(壇ら, 1994, 1995a, 1995b)。

本実験においても、Passive MA包装貯蔵区では、草丈が貯蔵前の134 mmから181 mmに伸長し、葉数も増加した。一方、緑色度は、34.8から1.1まで低下して、葉が黄化した。また、収穫野菜の品質評価に多用されるアスコルビン酸含量を測定したところ、貯蔵前の146 mg/100 gから91 mg/100 gに低下していた。これらの測定結果は、苗質の著しい低下を示しており、Passive MA包装貯蔵は、徒長が著しく、試験区の中で最も苗質が劣った空気下貯蔵と実質的に差がなかった(第1表)。

このような苗質の低下は、定植後の生育にも強く影響し、生育の遅れが顕著で、収穫キャベツの平均重量は、対照区が1,068 gであったのに対し、Passive MA包装貯蔵区では470 gに過ぎず、空気下貯蔵区の526 gよりも劣った。また、このような苗質の低下は総収穫量にも反映さ

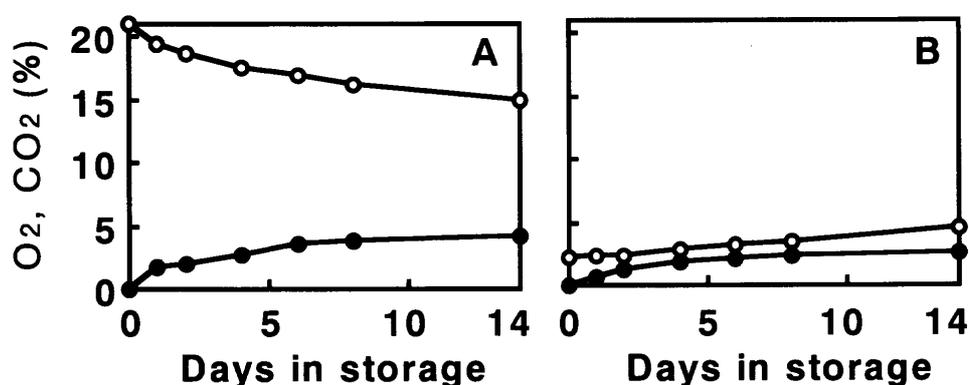


Fig. 1. Changes in O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration in the passive MAP (A)<sup>z</sup> and 2.2% O<sub>2</sub> active MAP<sup>r</sup> during the storage of cabbage plug seedlings at 15°C.

<sup>z</sup> 0.1mm thick PE film pouch was used for the MAP storage.

○—O<sub>2</sub>    ●—CO<sub>2</sub>

Table 1. Effect of passive MAP and low O<sub>2</sub> active MAP storage on the characteristics of cabbage plug seedlings and yield.

Storage condition <sup>z</sup>	Plant height <sup>y</sup> (mm)	Total number of leaves <sup>y</sup>	Relative content of chlorophyll <sup>y,x</sup>	Ascorbic acid content <sup>w</sup> (mg · 100gFW <sup>-1</sup> )	Yield <sup>v</sup>		
					Number of plant	Average head weight (g)	Total yield (g)
Control <sup>u</sup>					30	1,068	32,000
Before storage	134	3.4	34.8	146			
After storage							
Under air <sup>t</sup>	193*** <sup>q</sup>	4.5***	0.9***	87	29	526***	15,300
Passive MAP <sup>s</sup>	181***	3.8**	1.1***	91	30	470***	14,100
Low O <sub>2</sub> active MAP <sup>r</sup>	202***	4.2***	16.7***	107	30	749***	22,500

<sup>z</sup> Cabbage plug seedlings were stored at 15°C in the dark under different atmosphere.

<sup>y</sup> n=10

<sup>x</sup> Color of the eldest leaf was measured by Minolta chlorophyll meter, SPAD-502.

<sup>w</sup> Ascorbic acid was extracted from 10g of leaf blade and measured by MERCK RQflex.

<sup>v</sup> 30 plants of cabbage plug seedling were transplanted.

<sup>u</sup> Cabbage plug seedlings were transplanted without storage.

<sup>t</sup> Cabbage plug seedlings were stored under air.

<sup>s,r</sup> Cabbage plug seedlings were packed in 0.1mm thick polyethylene film pouch; <sup>s</sup> under air or <sup>r</sup> 2.2% O<sub>2</sub> atmosphere.

<sup>q</sup> \*\* and \*\*\* show significant difference at P=0.01 or 0.001, respectively.

れた。

Passive MA 包装では、キャベツセル成型苗の貯蔵は困難であることが、有意差検定の結果 (第 1 表) から明らかであった。

## 2. 低 O<sub>2</sub> Active MA 包装貯蔵

PE 袋内 O<sub>2</sub> 濃度を 2.2% に低下させてから密封した低 O<sub>2</sub> Active MA 包装貯蔵区の 2 週間貯蔵後の雰囲気ガス組成は、O<sub>2</sub> 4.6%, CO<sub>2</sub> 2.6% になった (第 1 図)。O<sub>2</sub> 濃度が上昇したのは、呼吸作用による袋内 O<sub>2</sub> の消費よりも、フィルム外からの O<sub>2</sub> 透過量が勝ったためと考えられる。この現象を防止するためには O<sub>2</sub> 透過性の低いフィルムを用いるか、さらに厚い PE を用いる必要がある。しかし、適当なガス透過性を有し、実験に用いる大きさの市販フィルムは入手困難であり、また、0.1 mm より厚手の PE も入手することは難しい。第 1 図で、低 O<sub>2</sub> Active MA 包装貯蔵区における CO<sub>2</sub> の蓄積が Passive MA 包装貯蔵区の CO<sub>2</sub> 蓄積よりも少ないのは、貯蔵開始時点で O<sub>2</sub> 濃度を下げたことによる呼吸抑制効果が表れたためと考えられる。

低 O<sub>2</sub> Active MA 包装貯蔵区の葉色は 16.7 で、Passive MA 包装貯蔵区の 1.1 よりもかなり改善され、アスコルビン酸の損失も少なかった。これは、収穫野菜の呼吸抑制や緑色の保持、アスコルビン酸の損失防止に低 O<sub>2</sub> 雰囲気効果が示すことから想像できたが、草丈は貯蔵前の 134 mm から 202 mm まで伸長し、試験区中では最も徒長した。また、葉数の増加も抑制されなかった (第 1 表)。

低 O<sub>2</sub> Active MA 包装貯蔵区は、空気下貯蔵区や Passive MA 包装貯蔵区に比べると定植後の生育は良かったが、対照区よりは明らかに劣り、平均重量は 749 g に止まった (第 1 表)。

有意差検定の結果からも、低 O<sub>2</sub> 雰囲気には、徒長抑制

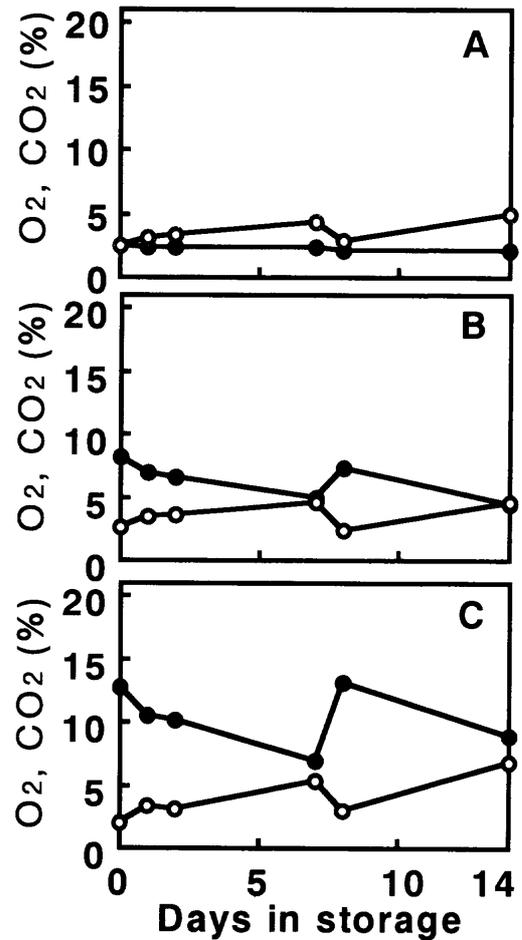


Fig. 2. Changes in O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration in the 2.5% O<sub>2</sub> with elevated CO<sub>2</sub><sup>z</sup> active MAP<sup>y</sup> during the storage of cabbage plug seedlings at 15 °C.

<sup>z</sup> A,B,C: Active MAP under 2.5% O<sub>2</sub> atmosphere with 2.5 (A), 8 (B) and 13 (C) % CO<sub>2</sub>, respectively.

<sup>y</sup> 0.1mm thick PE film pouch was used for the MAP storage.

○—○ O<sub>2</sub>    ●—● CO<sub>2</sub>

Table 2. Effect of low O<sub>2</sub> with elevated CO<sub>2</sub> active MAP storage on the characteristics of cabbage plug seedlings and yield.

Storage condition <sup>z</sup>	Plant height <sup>y</sup> (mm)	Plant weight <sup>y</sup> (g FW)	Total number of leaves <sup>y</sup>	Relative content of chlorophyll <sup>y,x</sup>	Ascorbic acid content <sup>w</sup> (mg · 100gFW <sup>-1</sup> )	Yield <sup>v</sup>		
						Number of plant	Average head weight (g)	Total yield (g)
Control <sup>u</sup>						30	701	21,000
Before storage	101	0.76	3.1	30.8	180			
After storage								
Active MAP-A <sup>l</sup>	152*** <sup>q</sup>	1.10***	3.4***	17.4***	119	23	866*	19,900
Active MAP-B <sup>s</sup>	130***	0.93**	3.2 <sup>NS</sup>	19.4***	121	30	711 <sup>NS</sup>	21,300
Active MAP-C <sup>r</sup>	111***	0.94***	3.1 <sup>NS</sup>	23.3***	136	29	801 <sup>NS</sup>	23,200

<sup>z,y,x,w,v,u</sup> Same as Table 1.

<sup>l,s,r</sup> Cabbage plug seedlings were packed with 0.1mm thick polyethylene film pouch; <sup>l</sup> under 2.5% O<sub>2</sub> with 2.5% CO<sub>2</sub>, <sup>s</sup> 2.5% O<sub>2</sub> with 8% CO<sub>2</sub> or <sup>r</sup> 2.5% O<sub>2</sub> with 13% CO<sub>2</sub> atmosphere, respectively.

<sup>q,NS</sup> \*, \*\* and \*\*\* show nonsignificant or significant differences at P=0.05, 0.01 or 0.001, respectively.

効果はなく、貯蔵効果がないことが分かった。

### 3. 低 O<sub>2</sub>・高 CO<sub>2</sub> 併用 Active MA 包装貯蔵

低 O<sub>2</sub> 雰囲気だけでは苗の徒長を抑制することができなかったため、高 CO<sub>2</sub> 雰囲気を併用する Active MA 包装貯蔵を試みた。

ニンニクの貯蔵雰囲気条件を参考にして、PE 袋内を O<sub>2</sub> 2.5% とし、CO<sub>2</sub> 2.5, 8, 13% の 3 試験区を設定した。いずれの試験区においても貯蔵 1 週間で O<sub>2</sub> 濃度は 2% 程度上昇し、逆に CO<sub>2</sub> 濃度 8, 13% 貯蔵区の CO<sub>2</sub> 濃度は 4~6% 低下したので、その時点で再調整した (第 2 図)。

第 2 表に示したように、貯蔵前の草丈は 101 mm で、O<sub>2</sub> 濃度 2.5% で、CO<sub>2</sub> 濃度が 2.5, 8, 13% 貯蔵区の貯蔵後の草丈は、それぞれ 152, 130, 111 mm であった。CO<sub>2</sub> 濃度が高いほど徒長が抑制される傾向がみられた。また、地上部生鮮重量の増加抑制についても同様の傾向が認められた。佐藤ら (1997a, 1997b) は、空気下、5~15°C でキャベツとハクサイのセル成型苗を貯蔵し、ハクサイでは貯蔵温度が高いほど草丈の伸長が顕著で、地上部生鮮重も増加したが、乾物重量は逆に減少することを明らかにしている。キャベツの場合も、ハクサイほどではないが同様の傾向がみられている。これは、徒長苗の軟弱性を端的に説明しているものと考えられる。従って、本研究

において、低 O<sub>2</sub>・高 CO<sub>2</sub> 雰囲気では草丈の伸長と地上部重量の増加抑制傾向がみられたことは、雰囲気制御によるセル成型苗の貯蔵の可能性を示唆していると考えられる。

このほか、葉数、葉色、アスコルビン酸含量のすべての評価項目について、CO<sub>2</sub> 濃度が高い貯蔵区で苗質低下が改善された。しかし、最も CO<sub>2</sub> 濃度の高い試験区でも、貯蔵前と比べると、葉数を除いて P=0.001 で有意差があり、満足ではなかった。

後述する実験 3 (第 3 表) の貯蔵前の苗の地上部重量 1.62 g と実験 2 の重量 0.76 g を比較して分かるように、夏季に育成した苗は軟弱で生育に遅れが生じ、栽培後期は低温期に入り、収穫キャベツの重量は全体に小さくなった。対照区の収穫量と CO<sub>2</sub> 濃度の高い貯蔵区の収穫量に明瞭な差異がみられなかったのは、このためと推察された。

### 4. 高 CO<sub>2</sub> Active MA 包装貯蔵

実験 1 と 2 の結果から、低 O<sub>2</sub> 雰囲気はキャベツセル成型苗の徒長抑制や苗質の保持効果はなく、CO<sub>2</sub> 濃度が高い雰囲気では徒長抑制および苗質保持傾向がみられた。そこで、実験 3 では、高 CO<sub>2</sub> 雰囲気単独での効果を検討した。実験 2 において、0.1 mm の PE では貯蔵中に CO<sub>2</sub> 濃度がかかり低下した (第 2 図)。袋内外の CO<sub>2</sub> 濃度差が大

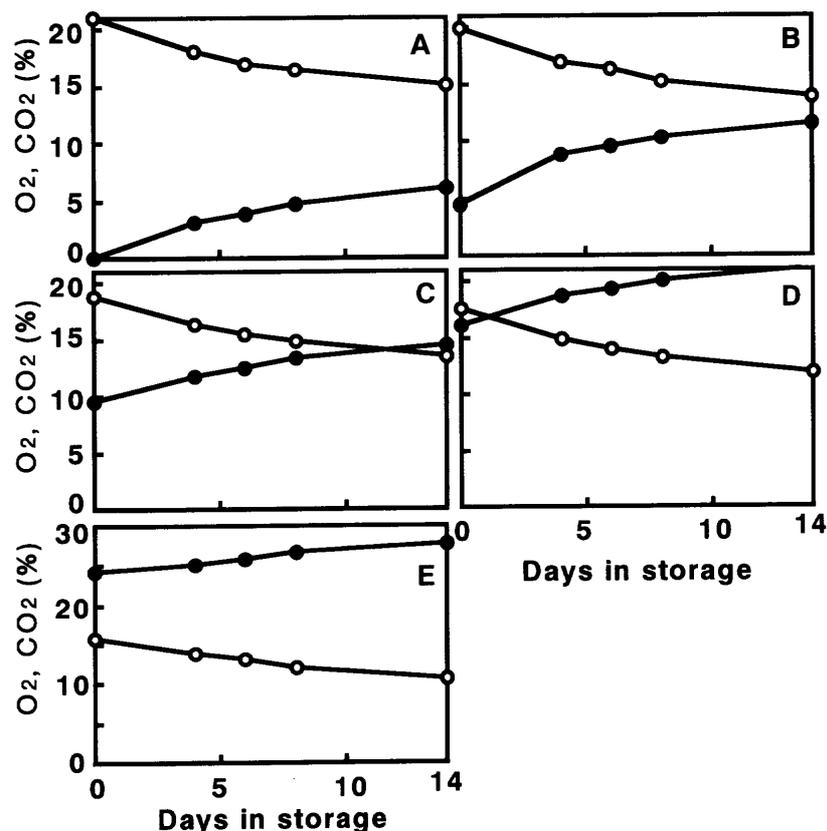


Fig. 3. Changes in O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration in the elevated CO<sub>2</sub> active MAP<sup>y</sup> during the storage of cabbage plug seedlings at 15°C.

<sup>z</sup> Passive MAP (A); B,C,D,E: Active MAP under elevated CO<sub>2</sub>; 4 (B), 10 (C), 16 (D) and 24 (E) % CO<sub>2</sub>, respectively.

<sup>y</sup> 0.08 mm thick NY/PE film pouch was used for the MAP storage.

—○— O<sub>2</sub>      —●— CO<sub>2</sub>

**Table 3.** Effect of elevated CO<sub>2</sub> active MAP storage on the characteristics of cabbage plug seedlings and yield.

Storage condition <sup>z</sup>	Plant height <sup>y</sup> (mm)	Plant weight <sup>y</sup> (g FW)	Total number of leaves <sup>y</sup>	Relative content of chlorophyll <sup>y,x</sup>	Ascorbic acid content <sup>w</sup> (mg · 100gFW <sup>-1</sup> )	Yield <sup>v</sup>		
						Harvested cabbage		Total yield (g)
						Number of plant	Average head weight (g)	
Control <sup>u</sup>						26	1,978	51,400
Before storage	105	1.62	3.1	37.9	133			
After storage								
Passive MAP <sup>t</sup>	142*** <sup>o</sup>	2.14***	3.4**	3.4***	83	27	1,359***	36,700
Active MAP-A <sup>s</sup>	133***	2.00***	3.2 <sup>NS</sup>	10.7***	86	26	1,814 <sup>NS</sup>	47,200
Active MAP-B <sup>r</sup>	123***	1.85*	3.1 <sup>NS</sup>	12.2***	83	26	1,895 <sup>NS</sup>	49,270
Active MAP-C <sup>q</sup>	108 <sup>NS</sup>	1.80*	3.2 <sup>NS</sup>	21.9***	99	28	1,890 <sup>NS</sup>	52,920
Active MAP-D <sup>p</sup>	101 <sup>NS</sup>	1.59**	3.2 <sup>NS</sup>	25.6***	92	0	0	0

<sup>z,y,x,w,v,u</sup> Same as Table 1.

<sup>t,s,r,q,p</sup> Cabbage plug seedlings were packed with 0.08mm thick nylon/polyethylene film pouch; <sup>t</sup> under air, <sup>s</sup> under 4%, <sup>r</sup> 10% <sup>q</sup> 16% or <sup>p</sup> 24% CO<sub>2</sub> atmosphere, respectively.

<sup>o,NS</sup> \*, \*\* and \*\*\* show nonsignificant or significant differences at P=0.05, 0.01 or 0.001, respectively.

きくなると、袋内 CO<sub>2</sub> の袋外への透過が一層顕著になると考えられたので、ここでは、ガスバリアー性の高い NY/PE袋を用いた。NY/PE袋にセル成型苗を入れて、空気下で密封する Passive MA貯蔵区と、液化炭酸ガスボンベから CO<sub>2</sub> 濃度が 4, 10, 16, 24% になるように CO<sub>2</sub> を袋内に供給した試験区を設定した。このとき、O<sub>2</sub> 濃度は、それぞれ、20, 19, 17.5, 16% になった。2週間の貯蔵中に、O<sub>2</sub> 濃度は 5% 程度低下し、CO<sub>2</sub> 濃度は 5% 程度上昇した (第 3 図)。

第 3 表に示したように、貯蔵中の苗の徒長抑制は、初期 CO<sub>2</sub> 濃度が高いほど顕著で、CO<sub>2</sub> 濃度 0, 4, 10, 16, 24% 貯蔵区の貯蔵後の草丈は、貯蔵前の草丈 105 mm に対し、それぞれ 142, 133, 123, 108, 101 mm であった。高 CO<sub>2</sub> 貯蔵区の草丈は、貯蔵前後で P=0.05 でも有意差がなく、徒長が完全に抑制された。CO<sub>2</sub> 24% 貯蔵区の貯蔵苗には葉身に縮れがみられ、むしろ貯蔵前より草丈が小さくなっていた。これは CO<sub>2</sub> 障害と考えている。

地上部重量の増加も CO<sub>2</sub> 濃度が高いほど抑制され、貯蔵前の 1.62 g に対し、2.14, 2.00, 1.85, 1.80, 1.59 g であった。CO<sub>2</sub> 10 および 16% 貯蔵区では、貯蔵前と有意差はなく、両区で地上部重量の増加抑制効果がみられた。一方、CO<sub>2</sub> 24% 貯蔵区は、逆に貯蔵前よりも貯蔵後の重量が減少しており、P=0.01 で有意差が認められた。これは、葉身の肉厚さが失われたため、これも極端な高 CO<sub>2</sub> 雰囲気による障害と考えられる。

SPAD-502 で測定した葉色についても、CO<sub>2</sub> 濃度が高いほど緑色が保持される傾向がみられたが、貯蔵前と比較すると P=0.001 で有意差があり、今後改善しなければならない課題である。同様に、葉身のアスコルビン酸含量も貯蔵前に比べるとかなり低下した。

収穫量をみると、Passive MA貯蔵区以外は、対照区に対して P=0.05 で有意差はなく、CO<sub>2</sub> 単独雰囲気はキャベツセル成型苗の貯蔵に有望であることが分かった。しかし、CO<sub>2</sub> 24% 以上といった極端な高 CO<sub>2</sub> 雰囲気貯蔵は、葉身の縮れ、部分的な脱色等の障害を生じ、出庫後枯死したので、CO<sub>2</sub> 濃度の上限について注意を要する。

以上の結果、キャベツセル成型苗の貯蔵は、16~21% の高 CO<sub>2</sub> 単独 Active MA 包装によって可能であることが分かった。現在、気密性貯蔵庫で、ドライアイス CO<sub>2</sub> 源に用いたセル成型苗の炭酸ガス貯蔵を検討中である (山下・壇, 1998)。

## 摘 要

キャベツセル成型苗の MA 包装による貯蔵の可能性を検討した。特に徒長の防止効果を調べるため、暗所、15℃ で 2週間貯蔵した。厚さ 0.1 mm のポリエチレンフィルム (PE) を用いて、空気雰囲気中で密封包装し、呼吸作用によって低 O<sub>2</sub>・高 CO<sub>2</sub> 雰囲気の実現を図る Passive MA 包装では、苗の徒長を抑制し得るに十分な低 O<sub>2</sub>・高 CO<sub>2</sub> にはならなかった。また、袋内雰囲気を O<sub>2</sub> 2% の窒素富化空気で置換した低 O<sub>2</sub> Active MA 包装によっても、苗の徒長を抑制することはできなかった。袋内を O<sub>2</sub> 2.5% の窒素富化空気で置換した雰囲気中で高 CO<sub>2</sub> を併用する Active MA 包装によって、CO<sub>2</sub> 濃度が高いほど苗徒長抑制効果がみられた。また、厚さ 0.08 mm のナイロン/PE 積層フィルム袋を用い、袋内 CO<sub>2</sub> 濃度を 16% にした高 CO<sub>2</sub> 単独 Active MA 包装により、徒長が完全に抑制された。苗の地上部重量、葉数、葉身の緑色度とアスコルビン酸含量の分析の結果、苗質は高 CO<sub>2</sub> 単独 Active MA 包装貯蔵が最も優れており、定植後の生育と収穫量も良かった。し

かし, CO<sub>2</sub> 濃度が 24% を越えるような極端な高 CO<sub>2</sub> Active MA 包装貯蔵は, 炭酸ガス障害を引き起こし, 苗が枯死したので, 注意を要する.

### 引用文献

- Church, I. J. and A. L. Parsons. 1995. Modified atmosphere packaging technology: A review. *J. Sci. Food Agric.* 67: 143-152.
- 壇 和弘・東山昌秀・永田雅靖・山下市二. 1994. 低酸素環境下における青果物の呼吸測定のためのガス分離膜方式修整空気システム・CO<sub>2</sub> 発生量測定装置の開発. *日食低温誌.* 20: 143-146.
- 壇 和弘・永田雅靖・山下市二. 1995a. 数種野菜の呼吸におよぼす低酸素の影響. *日食低温誌.* 21: 3-8.
- 壇 和弘・永田雅靖・山下市二. 1995b. 数種野菜の呼吸におよぼす低酸素の影響 (II). *日食低温誌.* 21: 127-131.
- 富士原和宏・久保田知恵利・古在豊樹. 1996. セル成型苗の低温貯蔵における弱光照射の効果. *農業および園芸.* 71: 61-66.
- 佐藤文生・鹿沼隆宏・吉岡 宏・藤原隆広. 1997a. 根鉢水分と ABA 処理が貯蔵セル成型苗の苗質に及ぼす影響. *野菜・茶業試験場生理生態部研究年報.* 10: 16-17.
- 佐藤文生・吉岡 宏・藤原隆広. 1997b. 根鉢水分と ABA 処理

が貯蔵セル成型苗の苗質に及ぼす影響. *日本生物環境調節学会第 35 回集会講要:* 274-275.

- 山下市二. 1991. CA 貯蔵. p.196-200. *青果物予冷貯蔵施設協議会編. 園芸農産物の鮮度保持. 農林統計協会. 東京.*
- Yamashita, I. 1994. Development of CA storage facilities for vegetables. *JARQ.* 28: 189-194.
- 山下市二. 1998. 野菜の MA 包装における機能性フィルムの利用. *食科工.* 45: 711-718.
- 山下市二・壇 和弘. 1998. キャベツセル成型苗の炭酸ガス貯蔵. *園学雑.* 67 (別 2): 266.
- 山下市二・壇 和弘・池田 廣. 1999. スプレーギク切り花の Active MA 包装貯蔵. *園学雑.* 68: 622-627.
- 山下市二・壇 和弘・近藤康人・池田 廣. 1993. スプレーギクの MA 包装による品質保持. *園学雑.* 62 (別 2): 440-441.
- 山下市二・壇 和弘・永田雅靖. 1996. キャベツセル成型苗の修整空気発生装置を利用した Active MA 包装貯蔵. *園学雑.* 65 (別 2): 388-389.
- 山下市二・山口優一・伏見 力・青木章平. 1989. 修整空気発生装置と環境ガス組成計算プログラムの開発. *日食低温誌.* 15: 61-65.
- Zagory, D. and A. Kader. 1988. Modified atmosphere packaging of fresh produce. *Food Technol.* 42: 70-77