低温とポリエチレン袋密封包装によるニラの鮮度保持¹

石井 勝・大久保増太郎

千葉県農業試験場 280-02 千葉市大膳野町 808

The Keeping Quality of Chinese Chive (*Allium tuberosum* Rottler)
by Low Temperature and Seal-packaging with
Polyethylene Bag

Katsu ISHII and Masutaro OKUBO
Chiba-ken Agricultural Experiment Station,
Daizenno-machi, Chiba 280-02

Summary

Chinese chive is in demand as a seasoning vegetable all the year round. But, the deteriorations such as yellowing, rotting and wilting are very rapid at high temperatures. Thus, the shelf life is only one or two days in summer season, which is becoming a serious problem. Prevention of the deterioration by precooling combined with the seal-packaging with polyethylene bag was studied in this experiment. Precooling combined with the seal-packaging was very effective in preventing yellowing, rotting and wilting as well as in reducing respiration and losses of some components such as chlorophyll, reduced ascorbic acid and carotene. The seal-packaging alone was fairly effective in preventing the deterioration, but at high temperatures, it caused the metabolic abnormality resulting in visible injuries and abnormal odors. In such cases, making a few pin-holes in polyethylene bag prevented the abnormality, and prolonged the shelf life in some extent.

Based on these results, a recommendable shipping system was established and applied practically. It may be summarized as follows.

1. Chinese chives are prepared and bundled with a rubber band by about 110 g.
2. Ten bundles are seal-packaged in a polyethylene bag (size: about 30×45 cm, film thickness: about 0.025 mm, with or without a few pin-holes).
3. Four seal-packaged bags are vertically packed in a corrugated box (size: about 26×30×36 cm, with side vents), and precooled to about 5°C by room cooling method within a day.
4. The precooled produce is shipped generally by trucks with insulated box or sheets.

In this system, strict adherence to optimums in precooling and transit can be relaxed a little because of modified atmosphere effects by the seal-packaging.

緒 言

ニラは年間を通じて需要があり、周年出荷が要望される野菜の一つである。しかし、高温時期（特に5～10月）には栽培は容易であるが、黄化や腐敗の発生が早く出荷面で問題がある。

著者らは、1973年に県内某農協の依頼を受け、夏期のニラの出荷技術に関して予備実験を行い、その結果などに基づきポリエチレン袋（以下 PE 袋と略記）密封包装に予冷を組合わせた出荷法を確立する方向で、ニラの外観の品質、内容成分などに及ぼす PE 袋包装及び貯蔵温度の影響を検討するとともに、実用化へ向けての検討も行ってきた。そして、1975年にはデータ集積途上ではあったが、実用化の見通しが立ったことから、PE 袋密封包装-予冷出荷システムを普及に移した。現在では、高

¹ 1984年1月28日 受理

青果物の予冷出荷に関する研究 第2報

本報告の一部は1975年園芸学会秋季大会において発表した。

温時期に出荷されるニラの大部分がこのシステムによって出荷されるまでに至っているが、本報告はこれらの検討で得られた結果をとりまとめたものである。

なお、実験開始当時、既に高知県ではニラを PE 袋詰め後、窒素ガスを封入して予冷出荷するシステムを採用し、高温時期でも遠隔地までの輸送を行っていた(5,7)。しかし、高温時期にこのシステムで高知県から京浜市場へ出荷されたニラについては、市場関係者から黄化の点では問題はないが、異臭が著しく、葉先きに障害がでることがあるとの指摘があり、また産地でこのシステムを採用するには、窒素ガスと特別な窒素ガス封入用装置が必要であるなど実用上の問題もあり、効果的で安価に実施できる出荷法の開発が望まれていた。一方、神奈川県農業総合研究所では、外観の観察の言及にとどまっているが、PE 袋密封包装がニラの黄化や腐敗防止に効果があることを明らかにしていた(4)。

材料及び方法

材料のニラは、いずれの場合も「グリーンベルト」を用い、収穫後枯死葉などを取り除き、約 110g の束として供試した。

1. 外観的品質

1974 年 6 月 20 日収穫の当場産のニラを、厚さ約 0.028 mm (公称厚さ 0.03 mm)、大きさ約 25×35 cm の無孔及び有孔 (直径約 7 mm の丸孔を片面 4 個ずつ計 8 個付けた) の PE 袋に 3 束ずつ詰め、袋の口をヒートシールして 0°C、10°C、20°C、35°C 及び室温下に置き、適宜取り出して外観を観察した。その際の評価は下記の基準に従って点数化して表示した。

黄化・腐敗の程度

- 4 : 黄化 (腐敗) が認められない。
- 3 : 黄化 (腐敗) が少し認められる。
- 2 : 黄化 (腐敗) がかなり認められる。
- 1 : 黄化 (腐敗) が著しい。

ただし、黄化の項ではガス障害などによる、黄化以外の変色も含めて評価した。

総合評価

- 4 : 収穫当初とほぼ同程度の鮮度を保っている。
- 3 : わずかに鮮度が低下したが、まだ市場性がある。
- 2 : かなり鮮度が低下し、市場性がない。
- 1 : 鮮度低下が著しく、食用にならない。

なお、各温度区の温度変動域は 0°C ; -1.5~3°C、10°C ; 8~11.5°C、20°C ; 17~20.5°C、35°C ; 34~35°C、室温 ; 16.5~29.5°C であった。

2. 呼吸量及び PE 袋内ガス濃度

1974 年 4 月 14 日収穫の県内農家のビニールトンネル栽培品を用い、実測厚さ 0.022~0.028 mm (公称厚さ 0.03 mm)、大きさ約 30×45 cm の PE 袋に 10 束ずつ詰めてヒートシールした無孔 PE 袋包装区、及び同様の袋に直径約 6 mm の丸孔を片面 10 個ずつ計 20 個あけ、5 束ずつ詰めてヒートシールした有孔 PE 袋包装区を設定した。袋詰めしたニラは 0°C、10°C、及び 30°C 下に貯蔵し、0°C と 10°C に貯蔵したものの一部は 1 日後に 30°C に移し貯蔵を続け、毎日呼吸量及び袋内の CO₂ と O₂ 濃度を測定した。呼吸量の測定は同年 9 月 9 日収穫の露地栽培品についても行い、この時には有孔 PE 袋包装区に代えて無包装区を設定した。なお、各室の温度変動域は 0°C ; 0~2°C、10°C ; 9~11°C、30°C ; 27~33°C であった。

呼吸量は同じ温度室内で、それぞれの袋を密閉容器に入れ、静置法により、一定時間内に放出された CO₂ を 1 N KOH 溶液に吸収させて求めた。

袋内の CO₂ 及び O₂ 濃度はガスクロマトグラフィー (TCD 法) によって測定した。その際、標準ガスは大気とし、CO₂ 0.03%、O₂ 21% のピーク時の高さを基準として算出したが、O₂ と不活性ガスのリテンションタイムが重なるため、アルカリ性ピロガロール吸着後のピーク時の高さを差引いて O₂ 濃度を算出した。

3. クロロフィル、還元型ビタミン C 及びカロチン含量

クロロフィル含量は前記の呼吸量と袋内ガス濃度測定に用いたと同じ材料を用いて測定した。還元型ビタミン C 及びカロチン含量は、1983 年 4 月 25 日収穫の、県内農家のビニールトンネル栽培品を用いて、前項 2 で述べたと同様に袋詰めし、2°C、10°C、20°C 及び 30°C 下に貯蔵し、経時的に測定した。ただし、この時は有孔 PE 袋包装区も 1 袋当たり 10 束詰めた。なお、各室の温度変動域は 2°C ; 1~3°C、10°C ; 9~11°C、20°C ; 19~21°C、30°C ; 27~33°C であった。

クロロフィル含量は、ニラの中央部 5~7 cm を 5 mm 前後に細断し、10g ずつ秤取し小袋包装後、急速凍結し -20°C 下に保管しておき、適宜取り出してアセトン抽出し、次いでエチルエーテルに転層後 662 nm と 644 nm の吸光度を測定し、全クロロフィル含量として算出した (2)。

還元型ビタミン C 含量は、ニラ全体を 5 mm 前後に細断し、その 10g を試料にインドフェノール法で測定した。

カロチン含量は、ニラ全体を 5 mm 前後に細断し、ク

クロフィル含量測定の場合と同様に -20°C 下に保管しておき、適宜取り出してアセトン抽出後エバポレーターで濃縮乾固し、 MgO ：ハイフろスーパースセル（1：1）の混合カラム上に少量のヘキサンで溶解して吸着させ、アセトン：ヘキサン（1：20）混合液で展開し、次いでカロチン分画を採取後再度濃縮乾固し、石油エーテルに溶解して 450 nm の吸光度を測定し、 β カロチン含量として算出した。

4. 葉位による成分含量の差異

1983年4月25日に収穫した県内農家でのビニールトンネル栽培品と同年6月20日に収穫した露地栽培品を用い、伸長不完全な葉も含めて4枚の葉の出た個体について葉位別に全糖、クロフィル及びカロチン含量を分析した。

全糖含量は、80% アルコール可溶性の糖を高速液体クロマトグラフィーで測定した。

クロフィル含量は前項3で述べたのとは異なり、80% アセトンで抽出し、663 nm と 645 nm の吸光度を測定し、全クロフィル含量として算出した(2)。

カロチン含量は、前項3で述べたと同様な方法で測定した。

5. 異臭発生、外観的品質及び袋内 CO_2 、 O_2 濃度に及ぼす針穴の影響

2. で述べたのと同規格で、直径約 1 mm の針による突き穴を 0, 2, 4, 8, 16, 32 及び64個付けた PE 袋に、1975年6月9日に収穫した当場産のニラをそれぞれ10束ずつ詰めて口をヒートシールして、約 25°C の温度下に貯蔵し、異臭発生の程度及び外観的品質を調査した。さらに、2. で述べたと同様な方法で袋内の CO_2 及び O_2 濃度を測定した。

6. PE 袋密封包装-予冷出荷システムにおける品温変化

現地に普及した段階の1975年6月24日から26日にかけて、実際の流通条件下で、予冷開始から市場で競売にかけられる直前までの品温を調査した。ニラは24日の午前中に収穫し、2. で述べた無孔 PE 袋包装区と同様な包装形態とし、縦箱（従来より現地で夏期出荷用に使用されていた段ボール箱で、大きさは約 $26 \times 30 \times 36 \text{ cm}$ で、各側面に約 $2 \times 9 \text{ cm}$ のすかし穴が八文字に入り、さらに2側面上部に約 $2 \times 7 \text{ cm}$ の手かけ穴が付き、ふたをした場合に上面に約 $4 \times 8 \text{ cm}$ の穴があくような形状となっている。内部は十字字状に仕切り板が入り4室に仕切られている）に4袋ずつ縦詰めした。予冷は建坪約 50 m^2 で冷却能力の十分にある強制通風冷却式の予冷庫に約 1,800箱収容し、設定庫内温約 3°C で一昼夜かけて行った。予冷庫内の積付けは、予冷庫の奥から手前に向かって5段積みの列として、列間には10cm程度のすき間をとった。出庫後は、厚さ約 10 mm のポリウレタンを断熱材とした保冷シート使用車で横浜中央卸売市場へ出荷した。市場では、常温下に約 400 箱を5段密積みして一山とした。測温は同一農家産の4箱を供試して行った。予冷庫内では3段目と最上段の箱の袋中央部のニラに針状の温度計感温部を接して測温し、市場では側面から2～3列内部に入った列の3段目と最上段の箱で、同様にして測温した。

結果及び考察

1. 外観的品質

第1表に外観的品質の評価結果を示した。 35°C 有孔 PE 袋包装区では、貯蔵1日後（表示していない）にすでに下位葉に黄化と腐敗が発生し、2日後にはそれらが

第1表 外観的品質（黄化、腐敗、総合）に対する貯蔵温度と PE 袋包装の影響

設 定 区		調 査 項 目 及 び 収 穫 後 経 過 日 数											
		黄 化 ²				腐 敗 ²				総 合 ²			
		2	3	4	6	2	3	4	6	2	3	4	6
0 $^{\circ}\text{C}$	無孔 PE 袋包装	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.8
	有孔 PE 袋包装	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3.8
10 $^{\circ}\text{C}$	無孔 PE 袋包装	4	4	4	3.8	4	4	4	4	4	4	4	3.5
	有孔 PE 袋包装	4	4	3.9	3.5	4	4	3.9	2.7	4	4	3.8	2.7
20 $^{\circ}\text{C}$	無孔 PE 袋包装	4	4	4	3.5 ^y	4	4	3.9	2.8	4	4	3.9	2.8
	有孔 PE 袋包装	4	3.7	2.7	2.5	4	3.7	2.7	2	4	3.7	2.7	2
35 $^{\circ}\text{C}$	無孔 PE 袋包装	3.5 ^y	2.8 ^y	1 ^y	—	3.5	2.7	1	—	3	2.2	1	—
	有孔 PE 袋包装	2	1	—	—	1.5	1	—	—	1.5	1	—	—
室温	無孔 PE 袋包装	4	4	4	3	4	4	4	2.5	4	4	3.9	2.5
	有孔 PE 袋包装	4	3.2	2	1	4	3.2	2	1	4	3.2	2	1

² 評点については本文参照。

^y ガス障害などによる、黄化以外の変色も含めて評価した。

全体に広がった。一方、35℃ 無孔 PE 袋包装区では、2日後になりわずかではあるが、主として葉の先端部にガス障害様の症状（脱水したような状態となり、凹みが見られる。以下、ガス障害として扱う）が認められ、3日後にはこれが広がり、一部は腐敗した。室温と20℃では、貯蔵3日後に有孔 PE 袋包装区で黄化や腐敗がわずかに発生し、無孔 PE 袋包装区では1日遅れて4日後に腐敗が認められるようになった。これらに比べて、10℃や0℃の低温では、外観的品質が比較的良好に保持され、10℃有孔 PE 袋包装区で4日後に黄化や腐敗がわずかに発生したもの、他の10℃無孔 PE 袋包装区、0℃無孔及び有孔 PE 袋包装区では、貯蔵6日後まで問題となるような黄化や腐敗は認められなかった。ただし、このころには葉のつやはやなくなったように感じられた。

今回の実験結果から、ニラの日持ち期間（市場性保持期間）を推定すると、有孔 PE 袋包装区では35℃で1～1.5日、20℃で3～3.5日、10℃で4～5日、0℃で11～12日程度、無孔 PE 袋包装区では35℃で2～2.5日、20℃で4～5日、10℃で8～9日、0℃で約2週間程度と考えられ、低温及び PE 袋密封包装がニラの外観的品質の低下防止に効果があることが認められた。

2. 呼吸量及び包装袋内ガス濃度

第2表は呼吸量（放出 CO₂ 量）の測定結果を示した

第2表 呼吸量^aに対する貯蔵温度と PE 袋包装の影響

設 定 区			収 穫 後 経 過 日 数			
			1	2	3	4
4月14日からの試験	1℃	無孔 PE 袋包装	7.6	9.6	13.5	7.3
		有孔 PE 袋包装	15.8	15.8	15.8	16.5
	10℃	無孔 PE 袋包装	15.2	20.5	15.2	14.2
		有孔 PE 袋包装	21.1	19.8	20.5	16.5
	30℃	無孔 PE 袋包装	64.0	56.8	63.7 ^y	— ^x
		有孔 PE 袋包装	95.7	165.7 ^y	225.7 ^x	— ^x
	1→30℃	無孔 PE 袋包装	—	81.7	68.0 ^y	77.2 ^x
		有孔 PE 袋包装	—	133.3	196.0 ^y	— ^x
	1℃	無孔 PE 袋包装	6.1	7.0	4.0	4.6
		無 包 装	8.3	13.6	7.9	—
9月9日からの試験	10℃	無孔 PE 袋包装	19.5	19.0	18.2	16.5
		無 包 装	31.4	46.9	42.9	—
	30℃	無孔 PE 袋包装	70.8	57.3	102.3 ^y	— ^x
		無 包 装	185.5 ^y	232.7 ^x	— ^x	— ^x
	1→30℃	無孔 PE 袋包装	—	92.1	78.5	99.0
		無 包 装	—	237.6 ^y	— ^x	— ^x
	10→30℃	無孔 PE 袋包装	—	69.3	71.9	89.8
		無 包 装	—	234.3 ^y	— ^x	— ^x

^a 放出 CO₂ 量, mg/kg・h.

^y 腐敗や黄化が少しみられる。

^x 腐敗や黄化が著しい。

ものであるが、あわせて測定時のニラの黄化・腐敗の程度も示した。4月と9月の実験とも呼吸量は温度が低いほど少なく、無孔 PE 袋包装区は対照区である有孔 PE 袋包装区や無包装区に比べかなり低い値を示した。対照区では、黄化や腐敗が発生すると呼吸量が急増することを示したが、この増加は腐敗に関与する微生物による可能性も考えられる。無孔 PE 袋包装区でも腐敗の始まりとともに呼吸量の増加がみられる場合もあったが、両者の関係は対照区ほど顕著ではなかった。1℃あるいは10℃に1日貯蔵した後に30℃に移した区では、ほとんどの場合、移行1日後の呼吸量が30℃継続1日後あるいは2日後の呼吸量に比べてやや多かったが、その後の呼吸量は30℃継続区と大差なかった。変温した区では、2回の実験で程度に差はあったが、低温に置かれた期間があるため、30℃継続区に比べて黄化や腐敗の発生が遅れた。

本実験において対照区の呼吸量が、0℃を除いて、4月より9月の実験において高い値を示したが、これは収穫期の違いというよりも有孔 PE 袋包装と無包装の違いとみた方が妥当と思われる。

第3表は無孔 PE 袋包装区の袋内 CO₂ 及び O₂ 濃度の変化を示したものである。CO₂ 濃度は袋の口をシールした直後から急上昇し、1日以内に平衡状態に達し、以後はほぼ一定の濃度で推移するが、その濃度は温度が高い

第3表 PE 袋密封包装袋内 CO₂ 及び O₂ 濃度^zの変化

貯蔵温度	ガスの種類	収穫後経過日数				
		約6(時間) ^y	1	2	3	4
1°C	CO ₂	2.2	4.1	5.0	5.4	5.7
	O ₂	17.2	13.6	10.4	8.7	7.6
10°C	CO ₂	2.9	6.8	7.4	6.5	6.0
	O ₂	15.5	7.7	2.2	0.5	0.2
30°C	CO ₂	4.7	8.8	7.9	8.7 ^x	13.5 ^w
	O ₂	12.3	0.1	0.1	0.0 ^x	0.0 ^w
1→30°C	CO ₂	—	—	13.0	9.9 ^x	12.5 ^w
	O ₂	—	—	0.0	0.1 ^x	0.0 ^w

^z %^y 各温度処理開始2時間後。^x 腐敗が少しみられる。^w 腐敗が著しい。第4表 クロロフィル含量^z に対する貯蔵温度と PE 袋包装の影響

設 定 区		収穫後経過日数			
		0	1	2	3
1°C	無孔 PE 袋包装	90.7	86.3	78.3	81.3
	有孔 PE 袋包装	90.7	85.2	81.1	80.3
10°C	無孔 PE 袋包装	90.7	—	83.5	78.6
	有孔 PE 袋包装	90.7	—	76.0	75.1
30°C	無孔 PE 袋包装	90.7	—	89.6	83.8 ^y
	有孔 PE 袋包装	90.7	—	69.6 ^y	54.2 ^x
1→30°C	無孔 PE 袋包装	90.7	86.3	81.2	83.5 ^y
	有孔 PE 袋包装	90.7	85.2	70.2	61.6 ^y

^z mg %^y 腐敗や黄化が少しみられる。^x 腐敗や黄化が著しい。

ほど高い値を示した。そして、高温区では腐敗が全体に広がるに再上昇した。これをさきの呼吸量の測定結果と考え合わせると、有孔 PE 袋包装や無包装では黄化や腐敗が始まると呼吸量が增大するのに対し、無孔 PE 袋包装では腐敗し始めた時点というよりも、それが全体に広がるに増大するようであった。一方、袋内の O₂ 濃度は CO₂ 濃度とは逆に、袋の口をシールした直後から急減し、30°C では1日以内にほぼ 0% の状態となり、その後はその状態が続いた。10°C、0°C では 30°C に比べて減少速度は遅く、調査を行った4日後まで減少し続けた。

3. クロロフィル、還元型ビタミン C 及びカロチン含量

第4表にはクロロフィル含量の貯蔵中の変化を示した。その含量は、有孔 PE 袋包装区では貯蔵期間が長くなるにつれ減少し、その減少程度は温度が高いほど顕著であった。これに対し、無孔 PE 袋包装区では日がたつにつれ減少するものの、その速度は有孔 PE 袋包装区に

第5表 還元型ビタミン C 含量^z に対する貯蔵温度と PE 袋包装の影響

設 定 区		収穫後経過日数			
		0	1	2	3
2°C	無孔 PE 袋包装	27.6	26.8	24.2	25.4
	有孔 PE 袋包装	27.6	27.3	26.1	25.5
10°C	無孔 PE 袋包装	27.6	25.9	25.4	25.2
	有孔 PE 袋包装	27.6	27.5	27.1	27.1
20°C	無孔 PE 袋包装	27.6	25.8	25.5	24.9
	有孔 PE 袋包装	27.6	27.1	23.6	18.0
30°C	無孔 PE 袋包装	27.6	22.8	12.2	5.8
	有孔 PE 袋包装	27.6	22.6	13.0	—

^z mg %第6表 カロチン含量^z に対する貯蔵温度と PE 袋包装の影響

設 定 区		収穫後経過日数			
		0	1	2	3
2°C	無孔 PE 袋包装	2.86	2.74	2.70	2.70
	有孔 PE 袋包装	2.86	2.73	2.74	2.72
10°C	無孔 PE 袋包装	2.86	2.64	2.68	2.56
	有孔 PE 袋包装	2.86	2.50	2.44	2.12
20°C	無孔 PE 袋包装	2.86	2.52	2.54	2.58
	有孔 PE 袋包装	2.86	2.38	2.12	1.84
30°C	無孔 PE 袋包装	2.86	2.52	2.54	2.44
	有孔 PE 袋包装	2.86	2.44	1.94	—

^z mg %

比べて著しく遅く、かつ温度による差がほとんどなかった。この結果、収穫後のニラの緑色保持に対して低温と PE 袋密封包装が効果的であることが示された。

第5表には還元型ビタミン C 含量の貯蔵中の変化を示した。その含量は 2°C 及び 10°C では、無孔・有孔 PE 袋包装区とも調査した3日間でわずかに減少した程度であった。高温下では減少速度が速く、黄化、腐敗、ガス障害症状の発生と並行して急減する傾向が見られ、30°C では2日後には両包装区とも試験開始時の半分以下の含量となった。20°C では無孔 PE 袋包装区の減少量は少なかったが、有孔 PE 袋包装区では黄化がみられ始めた2日以後で減少量が多くなった。

第6表にはカロチン含量の貯蔵中の変化を示した。その含量は有孔 PE 袋包装区では日がたつにつれ減少し、その程度は高温ほど著しかった。これに対し、無孔 PE 袋包装区では、高温下でも減少量が少なかった。これらの結果はクロロフィル含量の貯蔵中の変化とよく似ていて、カロチン含量の減少抑制に対しても低温と PE 袋密封包装の効果が高いことが示された。

4. 葉位による成分含量の差異

第7表には黄化や腐敗やガス障害が最外葉から始まる

第7表 葉位別のクロロフィル、全糖及びカロチン含量

葉 位 ^z	クロロフィル (mg %)	全 糖 (%)	カロチン (mg %)
1	69.2	0.84	3.26
2	75.8	1.25	3.34
3	64.7	2.29	2.74
4	63.7	2.10	2.40

^z 4枚の葉の出ている個体を供試し、外側から番号を付けた。

第8表 PE袋包装した場合の異臭発生と外観的品質の変化に対する針穴数の影響

調査項目及び収穫後経過日数									
針穴数 ^z	異 臭 ^y			黄 化 ^x			腐 敗 ^x		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	卅	卅	卅	4	4	3.8	4	4	3.8
2	±	+	+	4	4	3.5	4	4	3.5
4	±	±	±	4	3.5	3	4	3.3	3
8	—	—	—	4	3.5	2.5	4	3.3	2.5
16	—	—	—	4	2.5	2	4	2.5	2
32	—	—	—	4	2	0.5	4	2	0.5
64	—	—	—	4	1.5	0.5	4	1.5	0
無包装	—	—	—	3	1.5	0.5	3.8	2	0

^z 径約1mmの針によるつき穴。

^y 異臭が著しい卅〜感じられないー

^x 黄化・腐敗が認められない4〜著しい0。

ことに関連して、葉位別のクロロフィル、全糖及びカロチン含量を測定した結果を示した。クロロフィル含量は、外から2番目の葉で最も高く、それより内側の葉では最外葉より低かった。カロチン含量もほぼ同じ傾向であった。一方、糖含量と黄化などが最初に始まる最外葉で最も低く、内側の葉はどくなる傾向があり、糖含量と黄化などの発生との関連性を知ることには興味を持たれる。

3. 異臭発生、外観的品質及び袋内CO₂、O₂濃度に及ぼす針穴の影響

第8表には袋に付けた針穴の数と異臭及び外観的品質との関係を25℃下で調べた結果について示した。異臭の発生は針穴を付けなかった場合に最も著しく、針穴数の増加とともに少なくなり、針穴4個以上ではまったく認められなかった。これに対し、黄化や腐敗は針穴数が増すほど、また日がたつほど著しくなる傾向を示した。

第9表にはその時の袋内のCO₂及びO₂濃度を調べた結果を示したが、当然のことながら針穴数が多くなるほどCO₂濃度が低下し、O₂濃度が上昇した。この場合、異臭の発生しない針穴4個以上では、CO₂濃度の低下に比べてO₂濃度の増加が著しく、異臭はO₂濃度が約2%以下の場合に発生するよう思われた。

また、針穴を付けた場合、4個までは大差がなかった

第9表 PE袋包装内のCO₂及びO₂濃度^zに対する針穴数の影響

針穴数 ^y	ガスの種類	収穫後経過日数		
		1	2	3
0	CO ₂	14.6	10.8	8.3
	O ₂	0.0	0.0	0.0
2	CO ₂	11.6	7.6	6.6
	O ₂	0.5	1.2	1.1
4	CO ₂	9.7	7.7	7.6
	O ₂	1.3	2.9	4.2
8	CO ₂	8.9	8.3	8.5
	O ₂	5.1	6.4	6.9
16	CO ₂	8.8	8.3	9.8
	O ₂	6.8	8.0	5.5
32	CO ₂	8.0	7.5	9.3
	O ₂	9.5	10.2	8.4
64	CO ₂	6.5	6.4	8.6
	O ₂	12.3	13.2	10.4

^z %

^y 第8表に同じ。

が、それ以上では針穴数が多くなるにつれて袋内面に付着する小水滴の量が多くなり、針穴数64個区では付着した小水滴が融合して袋内面を伝わって流れる様相を示し、外観を著しく損ねた。この水滴の発生原因については明らかではないが、呼吸に関連して発生した水が凝縮したものと推察された。

6. PE袋密封包装-予冷出荷システムにおける品温変化

第1図に1975年6月下旬に行った予冷開始直後から市場での競売直前までの品温追跡の結果を示した。測温は方法の項で述べたように予冷库内、市場でも5段積みにした3段目と最上段の箱に入った品について行ったが、予冷時の品温低下は列間にすき間をとった積付けで冷氣接触面に大差がない状態での予冷であったので、段位による差はほとんどなく、初期品温約25℃であったものが出庫時（予冷開始約23時間後）にはほぼ4〜5℃に冷却され、品温半減時間はほぼ6時間であった。これに対し、市場で常温下に積まれた場合の品温上昇は、高温の外気と直接接触する面のある最上段の箱とそうでない3段目の箱とでは差があり、最上段の箱ではかなり速かった。

なお、ここには示さなかったが、この外にも何度か品温調査を行っている。盛夏期の調査では、予冷库入庫時品温が30〜34℃、出庫時品温が5〜7℃、競売直前の品温が積付け内部で10〜15℃、積付け最外部で22℃前後である場合が一般的であった。普通に考えた場合、もう少し冷却速度を速め、出庫後の品温上昇を抑える必要が

第1図 PE袋密封包装-予冷出荷システムにおける品温変化
○-○ 3段目, △-△最上段, ×-× (参考) 庫内温または外気温

あると考えられるが、PE袋密封包装の効果がかなり高いことを考えれば、競売当日夕方までに消費される場合には盛夏期でもこのままで特に問題はないと考えられた。しかし、それ以上の鮮度保持期間を期待するには、出庫後の保冷処理が必要と考えられた。

総合考察

一般に、葉菜類は収穫後のしおれ、黄化、腐敗などの進行が速く、比較的短期間のうちに市場性を失うことが多い。これらを防ぐ方法の一つとして、MA効果(modified atmosphere effects)を期待したプラスチックフィルム包装を取入れることが試みられている。しかし、高炭酸ガスや低酸素によるガス障害の発生とMA効果の発現とが紙一重の関係にあるため、実用化はなかなか困難である。特に、高温で温度変化のある夏の常温流通条件下では至難の業である。

ニラの場合は、既にPE袋密封包装が外観的品質の保持に効果が高いことが報告されている(1, 4)。本実験においても無孔PE袋包装によって黄化や腐敗の発生が抑制されること、特に低温下ではよく抑制されることが確認された。さらに、還元型ビタミンC含量が黄化、腐敗または外見的なガス障害症状が発生しない限り、比較的よく保持されることが明らかとなり、黄化や腐敗などの発生が抑制される無孔PE袋包装が、有孔PE袋包装や無包装よりもビタミンC保持面で優れていると考えられた。また、カロチン含量に至っては、高温下においても無孔PE袋包装によって減少が著しく抑制されることが明らかとなった。このように、ニラのPE袋密封包装は外観的品質のみならず、栄養成分保持の点からも有孔PE袋包装や無包装に比べて優れており、低温を併用することによりその効果がより長期間保持されることが証

明された。

PE袋密封包装の問題点としては、異臭が発生することがあるが、本実験の結果からはこの異臭は袋内の低酸素濃度に基づくものと考えられ、袋に適度の針穴を付けることで防止できることがわかった。佐藤(6)は、条件は異なるが(15°C、横箱詰条件)、針穴30個以上の付いたフィルムで包装することで異臭の発生が防止でき、ニラの外観的品質も良好であったと述べている。しかし、本実験(25°C、縦箱詰条件)では、針穴数を増やすことで異臭の発生は防止できるものの、黄化や腐敗が著しくなり、さらには袋内面に多くの小水滴が付着して外観を著しく損ねた。実用条件下での品温調査の結果から、夏期高温時には15°Cの結果が通用しない例もあることを考え合わせると、針穴数は異臭が発生しない範囲でできる限り少ない方が望ましいと考えられた。また、異臭については、外見的にガス障害症状がみられ、異臭が特に著しくなったような場合を除けば、調理時にニラをきざんだ時に発生するニラ特有のにおいで打ち消され、そう問題ではないとの意見もあり、実用的にはむしろ密封包装による鮮度保持効果を重視する方が良いと思われた。

本実験では日持ちの点から低温とPE袋密封包装の組み合わせが望ましいことを明らかにしたが、実際には生産から消費段階までをつなぐ完全なコールドチェーンシステムは未確立で、産地から市場まで低温輸送された品が、市場で常温保管される例が多い。そのような場合を想定し、1°Cあるいは10°Cに1日貯蔵後30°Cに移す区を設定し、呼吸量の変化などと合わせ外観的品質を調査し、PE袋密封包装出荷での予冷の効果について考察した。PE袋密封包装品の変温区と30°C継続区との品質比較結果によると、4月の実験では両者に大差がなかった。

が、9月の実験では明らかに、低温に置かれる期間のあった変温区でガス障害に伴う腐敗の発生が遅れた。盛夏期の出荷では、PE袋密封包装単独では本試験の設定温である30℃を越える品温となることが多くあること、実際の予冷出荷システムでは荷が多いことから常温下に出された場合の品温上昇速度が、本実験の変温区に比べてゆるやかであることなどを考えると、予冷の効果は今回の実験結果より大きなものとなると推察され、PE袋密封包装に予冷を併用の方が実用的に安全であると考えられた。

また、本実験を行う中で、黄化、腐敗及びガス障害の発生が必ず最も古い葉から始まり、各々の葉では葉の先端部から始まることが観察された。ただし、腐敗については、これとは別に刈り取り部から発生するものもあった。黄化や腐敗が古い葉から始まることはニラばかりでなく、コカブ、ハウレンソウ、コマツナ、ダイコンなどでも同様に観察されているが、この理由の一つとして葉位による呼吸基質などの含量差が関連していることが推察される。本実験でも全糖含量に大きな差があり、黄化や腐敗やガス障害が早く始まる外葉(古い葉)ほど含量が低かった。青果物の収穫後の品質低下速度が、同一品目でも品種や栽培時期や収穫熟度などによって異なることは一般によく知られており、その要因は複雑と思われるが、野菜類の特定部位の糖含量と貯蔵性との間に相関があるとの報告もある(3, 8, 9)。各種葉菜類の日持ち性と特定部位(特定葉位)の糖含量などとの関連を知ることには興味を持たれ、今後の検討課題の一つと考えられる。

なお、データ集積途上でPE袋密封包装-予冷出荷システムを現地普及するに当たっては、高知県で採用されている窒素ガス封入-予冷出荷システムとの比較検討を実施し、外観的品質の保持効果の点では両者間で大差がないこと、包装機が普通のシール機でよいこと、封入用の窒素ガスが不必要であることなどの理由から、PE袋密封包装-予冷出荷システムの方が実的に優れていると判断した。また、出荷用段ボール箱について、従来高温時期以外に使用されていた横詰め用と“むれ”防止の目的で高温時期に使用されていた縦詰め用(横詰め用は内容重量に対しての容積が小さく輸送上有利)との比較も行い、品温が高い場合の腐敗発生、PE袋密封包装されたニラの箱詰めの難易性、予冷時の冷却速度などの点から縦詰め用段ボール箱の方が優れていると判断した。そしてこれらのことを総合的にみて、現地における高温時期のニラの出荷法は、午前中から収穫したニラを順次調製し、輪ゴムでめして約110gの束として、その10束

を厚さ約0.025mm(公称厚さ0.03mm)、大きさ約30×45cmのPE袋に詰め、袋の口をヒートシール機で密封し、その4袋ずつを大きさ約26×30×36cmの縦長の段ボール箱(実験方法の項6.参照)に縦詰めして夕方3～5時ごろまでに集荷し(以上の作業は各農家が行う)、庫内温約3℃の予冷库に収容し、翌夕7時ごろまで強制通風冷却(room cooling)し、その後保冷車で保冷シート装備車で保冷輸送するシステムとした。そして、このシステムを採用することによって、ニラの周年出荷が容易にできるようになった。

摘 要

周年出荷が要望される中で、高温時期に黄化や腐敗の発生が問題となるニラについて、PE(ポリエチレン)袋による密封包装を併用した予冷出荷による鮮度保持について検討し、以下のような結果を得た。

1. 黄化や腐敗の抑制に対して低温の効果が高いこと、また高温下でのこれらの抑制に対してPE袋密封包装の効果が高いことが明らかになった。

2. 呼吸の抑制及びクロロフィル、還元型ビタミンC、カロチンの各含量の減少抑制に対しても、同様に低温とPE袋密封包装の効果が高いことが明らかになった。ただし、還元型ビタミンCの減少抑制に対するPE袋密封包装の効果は、ガス障害(葉先きを中心に脱水したような凹みができ、異臭が発生し、やがて発酵した状態を呈すようになる)の発生のみられる条件下では認められなかった。

3. 高温下でのPE袋密封包装では、ガス障害がみられたが、この障害の発生は、PE袋に数個の針穴を付けることで防止できた。しかし、実際の流通(PE袋包装-予冷出荷)ではそれほど長時間高温にさらされることはないと考えられること、若干の異臭は実用上あまり問題でないこと、さらに針穴を付けることはPE袋包装による黄化や腐敗の抑制効果を減じることなどを考え合わせると、特に異臭が問題となる場合以外には、密封包装-予冷出荷システムが望ましいと考えられた。

4. 以上の検討結果や実用面の検討結果などに基づき、約110gの束としたニラ10束をPE袋(厚さ約0.025mm、大きさ約30×45cm)に密封包装後、4袋ずつ段ボール箱に縦詰めして強制通風冷却し、保冷輸送する出荷システムを確立した。この出荷システムは、PE袋密封包装によるMA効果(modified atmosphere effects)がかなり大きいため、冷却速度が若干遅くとも、また輸送中の品温上昇がある程度大きくとも鮮度保持効果が高く実用的であるため、多くのニラ産地で利用されるようになってきている。

謝辞 本研究を行うに当たり、東京青果株式会社、横浜丸中青果株式会社各位には、市場での各種調査などに特別の御配慮をいただいた。また、当场流通利用研究室新堀二千男室長には本稿を御校閲いただいた。記して謝意を表します。

引用文献

1. 江村 薫. 1976. 青果の常温流通における小口包装と品質の関係. ニラの出荷包装について. 包装技術. 14: 179~181.
2. GOODWIN, T. W. 1965. Chemistry and biochemistry of plant pigments. p. 461—532. Academic Press, London and New York.
3. 速水昭彦・矢野昌充. 1976. レタスの貯蔵性に及ぼす栽培環境の影響. 野菜試栽培部研究年報 (昭50). 3: 155—159.
4. 神奈川県農業総合研究所. 1973. 夏出しニラの鮮度保持試験. 流通技術試験成績書 (昭47). p. 7—11.
5. 中谷元哉. 1979. MF の実際 ガス置換と瞬間的真空予冷を. 定温流通. 8(3): 10—15.
6. 佐藤良二. 1980. 孔あきポリエチレンで野菜を鮮度保持. 食品定温流通. 9(2): 4—9.
7. 島崎準一郎. 1974. 輸送地高知県でのニラの導入と経営改善. 農耕と園芸. 29(8): 80.
8. 矢野昌充. 1983. 葉根菜類の収穫時期と流通適性. 園学シンポジウム要旨. 昭58秋. 156—164.
9. 矢野昌充・伊藤 洋・速水昭彦. 1977. 結球葉菜類の収穫期における栄養状態と貯蔵性との関連. 野菜試栽培部研究年報 (昭51). 4: 145—148.