

特集

産直のための鮮度管理技術

“予冷”で届ける お客さまへの心配り



お客様の口に入った時の品質が、あなたの農産物の本当の品質である。そのお客様が、あなたの農産物をまた食べようと思うかどうかは、その時に決められるのだから…。

農産物では、収穫時の新鮮さやみずみずしさがそのままお客様に届けられるということはない。程度の差こそあれ、収穫時のものより鮮度の落ちた品物がお客様の手に届いていることになる。特に夏季などでは、丹精込めて育て収穫した野菜がお客様の手元に届くころには、しおれていたり、黄ばんだり、傷んでいたりすることもある。そこで重要となるのは、品質低下の程度をどれだけで済ますことができるかということである。

鮮度保持は流通に関わる人たちだけの仕事ではない。野菜の呼吸量が最も多いのは収穫直後であり、その時の生産者による鮮度処理がお客様に届くときの鮮度を大きく左右する。鮮度保持の方法は、野菜の種類や時期によって異なるだけではなく、あなたのお客様がどこにいて、どういう人たちなのかによっても変わってくる。出荷量や出荷時期から逆算して播種量や播種時期、栽培の段取りが決められるように、お客様を見ながら鮮度保持の方法も検討されなければならない。

今回の特集では様々な野菜の鮮度保持に大きな差を生む、収穫直後の予冷を中心テーマとして、特に産直に適した野菜の予冷法の検討や、果菜・茎葉菜の鮮度管理方法、多品目を低コストで予冷する方法、鮮度保持に役立つ商品情報などを掲載する。

予冷のための基礎知識

高温期に野菜をおいしくお客様に届けるには予冷処理がかかせない。予冷とは、ただ冷やせばよいというものではなく、野菜の種類・性状によって適した予冷の仕方がある。

千葉県農業総合研究センター
生産工学研究室長 宮崎丈史

暑い季節になってきました。これらが収穫後の取り扱いで野菜の品質に差がつく時期です。「自分のところから出したときにはあんなに青々としていたのに、市場や消費者の手元に届いたときには黄ばんだり甘みがなくなっってしまった」などということが後を絶ちません。せっかく丹精込めて作った野菜（商品）を、収穫後のまづい取り扱いで台無しにしてしまうことのないようにしたいものです。そこで、あらためて野菜の品質保持と予冷について考えてみましょう。

野菜は発熱体

気温の高い時期の野菜は、それ自体が蓄熱体というばかりではなく、一つの発熱体でもあるのです。というのも、野菜として利用する部分は植物体から切り離されても呼吸をしています。ご存じのように、呼吸はエネルギーを蓄えている糖などの物質から自分の生命維持に必要なエネルギーを取り出す代謝作用にリンクしているものです。この代謝作用により、糖は二酸化炭素と水に分解され、同時に熱を放出します。この呼吸熱と呼ばれるエネルギーがどこにも発散できないと野菜の品温を上昇させる大きな要因になります。呼吸熱には品温を40℃以上にも上げてしまうものなのです。

野菜の呼吸量

収穫してからの品質変化の目安となるのが呼吸量です。呼吸量は体内の代謝変化の大きさを表しているもので、呼吸量の多いものほど品質変化は急激です。そこで、野菜が植物のどの部位を利用したものであるか、またどの程度の成熟段階（熟度）にあるものかを知っておくと便利です。というのも、これらが呼吸量や水分蒸散の多少に大きく関わっているからです。たとえば、アスパラガスやタケノコは若い芽、幼茎の部分であり、ブロッコリーやナバナは花蕾です。また、スイートコーンやエダマメは未熟な種子であり、ホウレンソウは伸び盛りの葉です。こうした芽、葉、未熟種子といった部分の野菜は一般的に呼吸量が多いものです。これに対して、根菜類（ニンジン、ダイコンなど）やイモ類（サツマイモ、サトイモなど）のように地中で生育する根や茎を利用する野菜は呼吸量が低く、また、キュウリなどの果菜類はこの中間に属しています。表1に代表的な野菜の呼吸量（二酸化炭素排出量）を示しました。

このように、野菜の呼吸量はほとんど品目別に違いがありますが、一方で呼吸量は温度にも依存していて、おおよそ品温が10℃上がるごとに2〜3倍

になります。つまり30℃と10℃の品温では10倍も呼吸量が違うことになり、発熱量も大きな差があります。このため品温が高いと、代謝が盛んになって発熱量が増える、その熱が内にこもって品温をさらに上げる、といった具合に品温はどんどん上昇してしまいます。この悪循環の元を断ち切るのが予冷を中心とした低温処理です。低温処理は品質保持手段のなかで最も顕著で安定した効果を示し、呼吸量の高い野菜ほど効果的だと言えます。

予冷とは何か

予冷とは出荷前に行う低温処理のことです。予冷には二つの効果があります。一つ目は収穫時の高い品温を素早く下げて代謝をゆるやかにし、成分の消耗や老化にブレーキをかけること、二つ目は出荷後の流通中の品温上昇を抑制して品質の悪化を防ぐことです。予冷によって品温をどこまで下げるかと品質保持に効果的なのでしょうか。どの冷却方式でも目標到達品温は5℃程度とすべきですが、25℃や30℃の品温のものならばとりあえず10℃近辺にまで早く下げたいものです。

予冷にはどんな方式があるか

予冷方法は冷風冷却、真空冷却、冷水冷却に大別されます。各冷却方式は

表1 主な野菜の20℃における呼吸量

呼吸量 (CO ₂ , mg/kg/hr)	品目
200以上	アスパラガス スイートコーン ブロッコリー シュンギク ホウレンソウ
100~200	エダマメ オクラ サヤエンドウ
50~100	イチゴ カボチャ キュウリ ナス ゴボウ
50以下	キャベツ ハクサイ トマト ピーマン ニンジン タマネギ ジャガイモ サツマイモ サトイモ

それぞれ長所と短所を持っており、冷却方式の適・不適は冷却する対象物の形態や出荷容器への詰め方などにも左右されます。

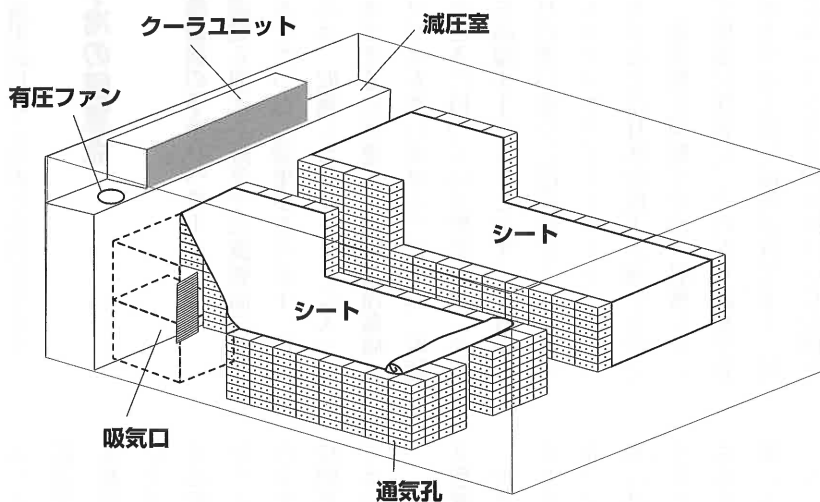
①冷風冷却

冷風を冷却対象物(野菜)に接触させて熱交換する方式であり、強制通風と差圧通風とに大別されます。強制通風は予冷库内の冷気を循環させて冷却対象物との熱交換を速くする工夫がされているものですが、それでも熱交換が表面に限られるので冷却に時間が多くかかります。一方、差圧通風は冷却対象物の両側面に圧差を作り、この圧差で内部に冷気を引き込んで冷却を速めるものです。したがって冷却に要する時間だけを見ますと、強制通風では12~18時間がかかるところを差圧通風は4~6時間で終了します。このため、

できるだけ速く品温を下げる野菜、あるいは品温が下がりにくい形態の野菜には差圧通風方式がおすすです。大規模予冷库での代表的な差圧通風方式を図1に示しました。図で見るように、差圧通風には大がかりな装置が必要で、その分費用も一般の予冷库より余分にかかります。また、出荷品を予冷库に放り込めばそれで一件落着きというわけにはいかず、段ボール箱は冷風が通るように孔をあけ、そして積み付けられなければなりません。このように少し面倒ですので、農協などの大きな施設では設備はあるが十分使いこなせていないというのが現状です。

さて、予冷库と冷蔵庫はどう違うのでしょうか。予冷库は、早く冷却するための工夫が施されていることと、野菜が出す熱や庫内に侵入してくる熱を取り去る能力、つまり冷凍能力が大き

図1 大規模予冷库での差圧通風冷却法



いという点に特徴があります。この点以外に予冷库と冷蔵庫の違いはありません。ですから、外からでは両者の差はわかりません。導入する冷風予冷库の規模や能力は処理量に応じて、ということになります。1日に10~20コナテナ程度の野菜を入れるのであれば冷蔵庫として売られているもの(1坪だと約1馬力の冷凍機がついている)を利用して差し支えありません。しかし、簡易差圧装置を使って野菜を一度

にたくさん冷やしたり1日に何回も予冷するのであれば、冷蔵庫の2倍程度高い冷凍能力を持つ冷凍機を導入した方がよいでしょう。もちろん冷凍機は冷凍能力が高くなるほど値段も高くなります。

なお、冷風冷却では予冷库の設定温度に注意して下さい。低く設定すればそれだけ速く冷えるのですが、ユニットクーラーの吹き出し冷気は庫内温より2~3℃低くなっています。したがって、あまり庫内温を下げすぎると冷気の吹き出し口付近の野菜は凍る心配もあります。このため、庫内温は3℃程度にコントロールすることがよいと思います。

②真空冷却

真空冷却は、水が減圧(真空)環境下では常温で蒸発し、その際蒸発潜熱として野菜から熱を奪うことを応用した冷却法です。すなわち、真空冷却法とは野菜の水分を飛ばして冷やすもの、ということができます。ですから、水分の飛びにくい果菜類などには不向きです。また、品温の高い葉菜類では予冷が終わったときに少し萎れることさ

えあります。

真空冷却の利点はなんといっても予冷処理時間の速さにあります。品温の少々高いものでも5℃まで下げるのに要する処理時間は、開始から終了までわずか40分程度です。ですから、大量のものをどんどん予冷処理して出荷するには効果的な方法です。しかし、装置の値段は共同出荷施設規模のものですと一基数千万円、家庭用冷蔵庫の大きさのものでも数百万円と高価です。また、先に述べたような原理からして不得意な品目があることも玉にキズとあったところです。

③冷水・氷冷却

水は熱伝達が空気に比べて速やかなために、冷水は短時間での冷却に効果的です。したがって、冷水がたやすく利用できる場合やコンテナ（水濡れを気にしなくて良い）出荷ができる場合には採用を考慮してよい方式です。予冷に使う冷水の温度としてはもちろん5℃以下が望ましいのですが、10〜15℃の冷たい地下水や伏流水が利用できるのであれば、これを調製前にシャワー水や洗浄水として使っても予冷効果が期待できます。このほかに、発泡スチロール容器やポリエチレン袋を段ボール箱の内装に使用し、野菜の上にクラッシュした氷、あるいはフレーク

状の水をのせて輸送中に冷却するトップアイシングを行っているところもあります。

予冷方式と適品目

予冷には、野菜の形状や特性にあった適切な冷却方式が採用されなければなりません。冷風冷却は汎用性が高くすべての品目に適用可能です。真空冷却は葉菜類で広く利用されるだけでなく、根菜類でも使われています。根菜類はこれまで真空冷却の適品目とは見なされていませんでしたが、表面に付着する洗浄水を飛ばす効果も考慮して取り入れているところがあります。表2には品目別の推奨冷却方式を示しました。利用する資材、輸送方式、使用可能農薬などの違いがありますので、アメリカなどとは冷水冷却や真空冷却

の適用品目がこの表とは異なります。

予冷の留意点

①調製前の予冷がベター

調製を要する野菜では調製前に冷却するのたいへん効果があります。具体的には、収穫したらコンテナに入ったままできるだけ速く予冷庫（冷蔵庫タイプでもかまいません）に入れ、収穫したときに持っている野菜の熱、すなわち品温を下げることで、6月から9月の暑い盛りに出荷のピークを迎えるエダマメやスイートコーン、生ラッカセイなどは甘味の低下が速いものです。葉菜類も同様ですが、収穫したらすぐ低温に保管し、それから調製や箱詰めをすると良い品質が保てます。図2にはシュンギクのビタミンCの例を

示しました。早く、しかもできるだけ低温で処理をすればするほど栄養成分も損なわれないということが分かっていただけだと思います。また、イチゴでは低温に保管してからパック詰めを行うと果肉が締まり、傷みが少なくなります。なお、調製後にも出荷までの時間帯で予冷をすると品質保持にとってはベストです。

②包装すると冷えにくくなる

野菜はプラスチックフィルムの小袋などに包装して出荷されることが多くなっています。フィルム包装して出荷箱に詰め、これをブロック積みしたりすると、まるまる1日予冷庫においてもなかなか温度は下がりません。予冷庫に入れたのに葉が少し黄ばんでしまった、などという笑えない例もまま見受けられます。フィルム包装は、環境湿度を高めて野菜からの水分蒸散を抑制するので外観を保持する効果が高い反面、図3に示したように冷えにくくなります（密封包装をしてしまいますと真空冷却方式では全く冷えません）。ですから、包装をしたならば差圧通風などの手段を用いて確実に速く冷やすよう心掛ける必要があります。

③コンテナ出荷の有利・不利

最近ではコンテナに野菜を詰めてその

表2 品目別の推奨冷却方式吸量

品目	冷却方式の種類		
	冷風	真空	冷水・氷
アスパラガス	◎	○	○
イチゴ	◎	○	○
エダマメ	◎	○	○
カブ	◎	○	○
カリフラワー	◎	○	○
キュウリ	◎	○	○
キャベツ	◎	◎	○
サトイモ	◎	○	○
サヤインゲン	◎	○	○
サヤエンドウ	◎	◎	○
シュンギク	◎	◎	○
スイートコーン	◎	◎	○
セルリー	◎	◎	○
ダイコン	◎	◎	○
チンゲンサイ	◎	◎	○
トマト	◎	○	○
ナス	◎	○	○
ニラ	◎	○	○
ニンジン	◎	○	○
ネギ	◎	○	○
ハクサイ	◎	◎	○
ピーマン	◎	◎	○
ブロッコリー	◎	○	○
ホウレンソウ	◎	◎	○
レタス	◎	◎	○

◎：最適、○：適

図2 シュンギク葉のビタミンC含量に及ぼす予冷開始時間と温度の影響

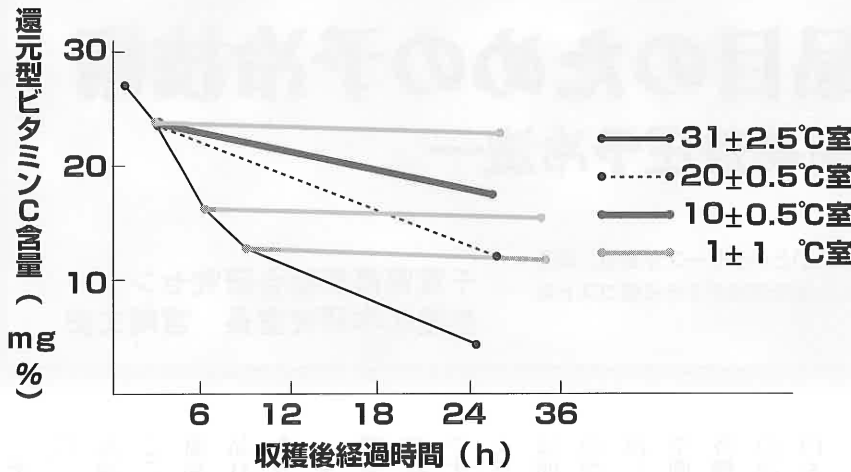


図3 ポリ袋包装されたニラの予冷中及び出庫後の品温変化 (石井、1979)

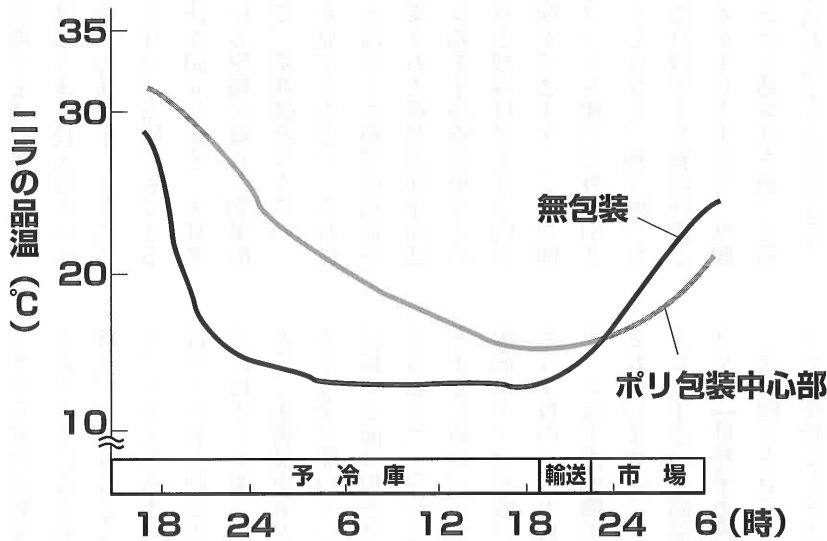
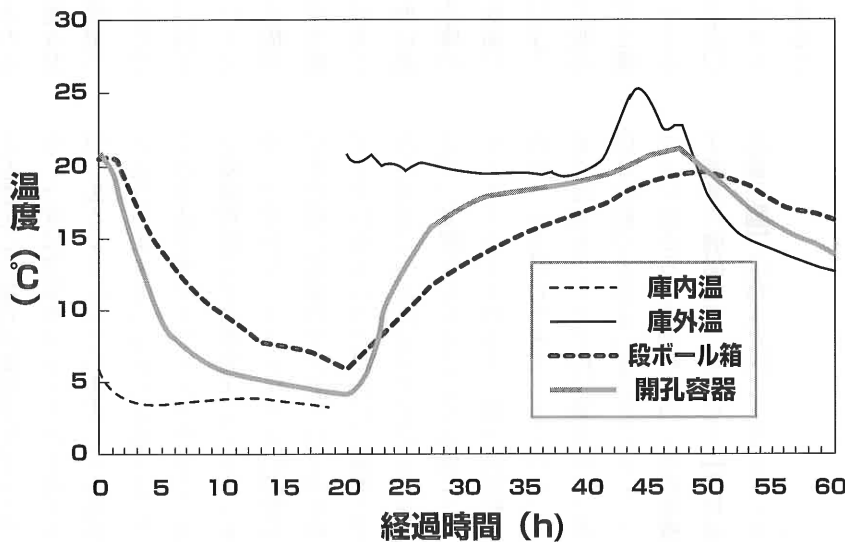


図4 段ボール箱及びプラスチック開孔容器に詰められたキャベツの予冷中及び出庫後の品温変化



まま出荷することも多くなってきました。プラスチックのコンテナは、繰り返し使える、荷崩れしないことなどに加えて、数多く孔があいていますので、そのまま予冷すれば速く冷えて品質保持にもプラスとなる可能性があります。しかし、速く冷えるということも飛びやすいと言ったことでもありません。ですから予冷出荷にコンテナを利用する場合には、周りをしっかり囲つ

たウイング車や保冷車で運ぶ、コンテナ側面の孔数を減らす、コンテナの上に新聞紙を載せる、といった工夫をしてマイナス面をカバーする必要があります。 **コールドチェーンで完璧** 予冷の品質保持効果は品温が低い期間(時間)分だけ、と心得ておいて下さい。品温をいったん下げたからといって、その後の品質変化のスイッチが

オフになるわけではありません。ですから、予冷したあと外に置いたり、輸送トラックへの積み込みのために出庫して何時間も放置しておいては効果も小さくなってしまいます。理想は、予冷出荷してから販売店、消費者の戸口まで、すべての経路、ポイントで品温が上がらないようにコントロールすること、すなわちコールドチェーンの完成です。目標は量販店のバックヤードや最終利用者まで10°Cで到着すること

です。そのためにはできるだけ保冷車や冷凍車での輸送を心掛けて下さい。また、出荷すればすべて終わりという態度ではなく、その後の荷の扱われ方にも注意を向け、まずいところがあれば市場関係者や輸送業者などに改善するよう働きかけて下さい。 気温の高いときこそ野菜の品質変化は大きくなります。収穫後は最善の取り扱いをして、大切に育てた野菜に高い評価を勝ち取りたいものです。

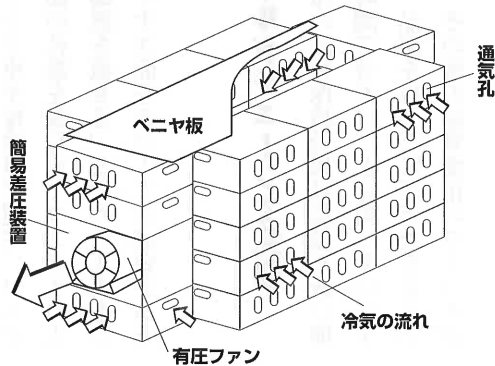
小ロット多品目のための予冷技術

—簡易差圧予冷法—

産直などでは、小ロットで多品目の野菜を予冷したいというケースがある。簡易差圧予冷法は、野菜に合わせて処理時間を設定した差圧予冷ができる低コストな予冷法である。

千葉県農業総合研究センター
生産工学研究室長 宮崎丈史

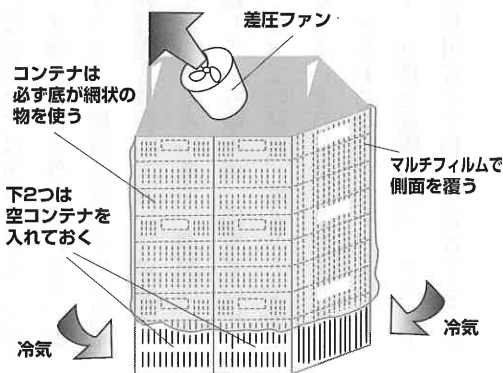
図1 通気孔を有する段ボール箱出荷のための簡易な差圧通風冷却方式



予冷の基礎の項でも述べましたように、差圧予冷法はうまく使えばたいへん冷却能率の良い方法です。そこで、ここでは1〜2坪の予冷库でもできる簡易差圧予冷法を紹介いたします。少量多品目出荷している現場に適した効果的な方法ですので、是非試みて下さい。

まず、図1を見てください。これは通気孔を持った段ボール箱での出荷を前提にして考案された簡易差圧予冷法です。段ボール箱を予冷库の中でこのようにびったりと積み付けますと内には囲まれた空間ができます。この空間の空気を差圧ファンを使って外に引き出します。そうしますと、箱で囲った空間が減圧となり段ボール箱の内側と外側とは圧力差が生じますので、外側の冷気が箱にあけた通気孔を通して箱内をどんどん流れるようになります。

図2 プラスチックコンテナを利用した出荷のための簡易な差圧通風冷却方法



ですから箱内の野菜が速く冷やされると言うことになるわけです。必要な装置は、ポータブルファン（軸流型）、ファンを入れる木箱（コンパネなどで段ボール箱と同じ大きさに作る、図1では段ボール箱二つ分の大きさにしてある、木箱は空気を出す方の面は板がなく完全に開いているが、内側の空間に接する面は板をファンの分だけ丸くくり抜く）、それと積み荷の上面に蓋をするためのベニヤ板一枚（予冷库の床面にスノコが敷いてあれば、底面にもう一枚のベニヤ板、これだけです。ファンは大西電機工業(株)などから販売されていますので、処理量に応じて購入して下さい（商品名ウインママ100V用【資料請求番号02】は約6万円）。次に図2を見て下さい。今度はコンテナで葉物などを小袋詰め出荷するこ



とを想定した場合の簡易差圧予冷法です。今度は空気をコンテナの上部から引っ張るようにしています。この場合にはコンテナ4つ分という量ですが、この方法ですとハウレンソウなどでは2時間程度で予冷が完了してしまいます。ですから、4コンテナ分の調製ができた時には前のコンテナの予冷が終了していると言った具合に、調製と予冷をうまくつなげることもできます。装置としてはここでは塩ビフィルムをスカートのように付けた屋根型のファン支持台を考案しましたが、うまく冷気をコンテナ内に通せればこれ以外の形でもかまいません。そして、ファンはさらに小型のもの（大西電機工業(株)の商品名ワーカビー【資料請求番号03】は約4万円）で大丈夫です。

野菜生産者のための鮮度管理技術

—果菜編—

果菜類の鮮度保持のポイントは呼吸と蒸散をどうコントロールするかにある。イチゴ、キュウリ、ナスの例を挙げながら、産直で行える果菜類の鮮度管理について解説する。

愛知県農業総合試験場 経営環境部
流通利用研究室 伊藤 茂

果菜類とは、果実を食用にする野菜のことで、トマト、ナス、ピーマンなどのナス科とメロン、スイカ、キュウリなどのウリ科に属する野菜が多い。この他、

バラ科のイチゴなども含まれる。しかし、消費者は食材として、メロンやイチゴのようにデザートに用いる果実的野菜とキュウリやナスなどの野菜に分ける場合が多い。消費者の果菜類に対するニーズも、自ずとこの分け方によって変わる。果実的野菜は、おいしさや甘さが重要であり、キュウリやナスなどは、新鮮さが重要となる。

一般に、市場出荷を前提とした場合、イチゴやトマトは八分着色で収穫し、流通中に追熟させ、消費者の手に届く頃、最高の食味となるように品質管理することが必要となる。一方、キュウリやナスは、収穫した時の鮮度・品質をいかに保持して消費者に届けるかが重要となる。

ところが、産直を主体にした経営では、果実的野菜でも完熟期に収穫し、販売することが多い。この場合は、収穫時にすでに食味は最高になっており、キュウリやナスと同様、その時点の鮮度品質を維持させることが重要となる。

つまり、果菜類の鮮度保持は、収穫時期や出荷販売形態の違いによって、その方法も変わること考えなければならぬ。

果菜類の収穫後の生理

果菜類の鮮度を低下させる生理的要因は、呼吸と蒸散である。

呼吸作用によって、貯蔵養分が消耗するため、食味の劣化、栄養価の損失が生じる。呼吸量は温度に左右され、低温で低く抑えることができることから、予冷は最も重要な鮮度保持技術と言える。

また、蒸散は果菜の表皮をしおれさせ、商品価値を低下させる。蒸散量は、温度と風の影響を受けやすく、低温で蒸散が抑えられる果菜にトマト、カボチャがあり、低温になっても蒸散が激しい果菜は、キュウリ、ナスがある。これらの違いは、果菜の表皮であるクチクラ層の厚さによって決まる。トマトに比べ、キュウリやナスは表皮が薄いため、低温になっても蒸散が激しい。

今回は、イチゴ、キュウリ、ナスを事例に生産者ができる鮮度保持を考えてみる。

①イチゴ

柔らかい果皮を持つイチゴは、品温が低下するほど果実の硬度が増す。果実硬度が増すことによって、パック詰め時に、果面を傷つけることが少なくなり、流通・陳列中の品質低下を抑えることができる。イチゴ生産者の多くは1〜2坪程度の予冷庫を保有している。パック詰めする前に3〜5℃程度に予冷を行うことは多くの生産者に普及しており、生産者でできる予冷、鮮度保持技術の代表的な事例となっている。

イチゴは、着色が進み熟せば熟すほど糖度が高くなり、高品質となることから、産直では特に完熟果の収穫、販売に期待したい。しかし、完熟すれば果皮表面がより柔らかくなり、パック詰め時に果面を傷つけ、オセ果などの障害が生じやすくなる。このため、出荷調整前にしっかりと果実内部まで予冷することが必要となる。外気温の比較的高くなる時期の収穫では最低2〜3時間の予冷が必要であり、収穫したらただちに予冷庫に入れた。冷蔵庫での位置や出荷箱内の位置によって冷却速度が異なることから(表1)、果実の品温を常に確認しながらパック詰めする。

きれいにパック詰めすることは、商品の見栄えやイメージが良くなるが、生産者に多大な労力を強いることになる。このため、一部産地ではバラ詰め出荷を導入し始めた。バラ詰

は多くの生産者に普及しており、生産者でできる予冷、鮮度保持技術の代表的な事例となっている。

きれいにパック詰めすることは、商品の見栄えやイメージが良くなるが、生産者に多大な労力を強いることになる。このため、一部産地ではバラ詰め出荷を導入し始めた。バラ詰

箱の位置	予冷開始	1時間後	2時間後	3時間後
上段	21.3	8.9	3.6	2.7
中段	22.0	12.7	6.9	4.0
下段	21.4	14.1	10.0	6.9

表1 予冷庫内での収穫箱の位置と果実品温の変化(℃)

め出荷は、生産者の労力軽減だけでなく、果実に手を触れる機会が少なくなることから果面を傷めず、鮮度保持にも有効である。特に、産直では消費者と接点が多く、理解が得やすいためバラ詰め出荷への移行が容易と考えられる。しかし、バラ詰め出荷は、果実間の空間が大きいいため、果実のスレが生じやすく振動に弱い欠点もある。作業場と直売場との輸送には注意が必要であり、この場合も、果実をしつかり予冷することが必要である。

イチゴは、温度に関係なく激しく蒸散する。しおれやつやの消失が果実の品質に大きく左右するため、陳列中はフィルムなどによるしおれ防止が必要となる。

② キュウリ

キュウリは、発育途中の未熟果を収穫するため、呼吸や蒸散が旺盛である。その上、果肉組織が軟弱であるため、出荷時や保管中の障害も多く、収穫後の鮮度劣化も著しい。

イチゴは収穫後に低温処理することによって鮮度が保持される。しかし、キュウリは低温に遭遇すると生理障害を起こしやすい。キュウリを5℃以下の低温にさらすと、ピッキングと呼ばれる表皮に小さな陥没が生じる。また、10℃程度の温度に数日保管後、室温に移されると果実内部、特に種子の周りが褐色に変色する生理障害を生じる(図1)。果実内部だけが褐変するため、外観から判断でき

図1 キュウリの保管温度と内部褐変(各温度で4日間保管後)

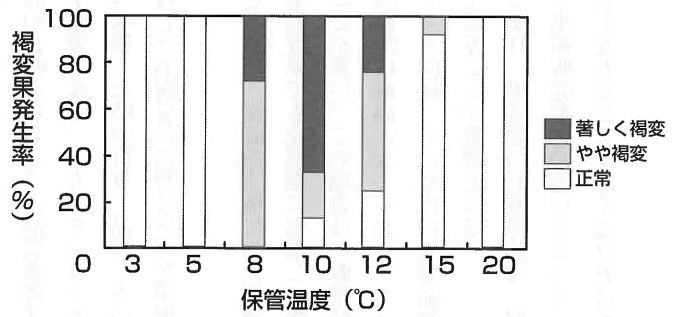


表2 ナスの減量率に及ぼす送風の影響

貯蔵日数	10℃		室温・無送風
	送風区	無送風区	
2	6.7%	2.2%	4.2%
4	12.1	3.5	10.7
6	17.7	4.9	17.0
8	21.7	6.0	21.2

ず販売され、消費者からのクレームとなる。長期間10℃で保管することは避けたい。

キュウリに消費者が求めるニーズは、みずみずしさと歯ざわりの良さであるが、蒸散の激しいキュウリでは、みずみずしさを維持することは極めて難しい。キュウリのイボを除去するとその痕跡から激しく蒸散する。品温を下げてても蒸散量が多いタイプの果菜であり、蒸散を抑えるには、フィルムで包装するのが効果的である。

果面の傷は蒸散を促すだけでなく、呼吸を増大させる。呼吸により貯蔵養分が消耗され、品質が極端に低下する。

③ ナス

ナスもキュウリと同様に、鮮度保持が困難な作物である。ナスの良し悪しは、その果面の光沢(つや)に左右される。鮮度の指標とされる光沢は、蒸散の影響を受けやすい。また、5℃以下で、ピッキングや果皮が褐変するヤケ果、種子の褐色化など低温による障害も

多い。

ナスの蒸散は、温度に影響されず、風の影響を大きく受ける(表2)。陳列する場所に風が当たる場合は注意が必要である。ナスの外見的特徴は、大きなヘタが付いていることであるが、このヘタからの蒸散量が大きい。ナスの胴部だけをフィルム包装した実験では、無包装のものと同様に減量率は変わらないが、ヘタ部までフィルムで覆うと、蒸散が抑えられ、しおれを防止することができる。

今後の課題

消費者は鮮度の良い商品を産直に求めている。市場出荷のための鮮度保持技術

は、大部分が完成されており、多くの生産地で大規模集出荷場が建設され、高度な技術を兼ね備えた予冷库や貯蔵庫などが整備されている。しかし、これらの設備は多大なコストがかかるうえ、少量多品目には適さない。そこで、市場出荷のための流通技術とは違う、産直のための鮮度保持技術の確立が必要となる。

今後の課題としては、フィルム包装とプリウエッティングの可能性があげられる。最近、農産物の過剰包装が問題になっている。しかし、蒸散を抑え、しおれを抑制するためには、フィルム包装は重要な方法である。ここにあげたイチゴ、キュウリ、ナスは、ともに蒸散が激しく、しおれると商品の価値が著しく低下することから、陳列中だけでもしおれ防止策を整えていただきたい。

また、プリウエッティングとは、水分の蒸散を軽減するため、あらかじめ水を散水、あるいは水に浸漬させる方法で、蒸散によるしおれをかなり抑えることができる。この方法は、遠距離の輸送や大量流通においては、散水した水が流通中に染み出てくるため、出荷段階で傷んだり、腐敗の原因になることから普及していない。しかし、大きな設備投資をしなくても導入できる方法として産直では、しおれやすいキュウリなどで適応できると思われる。

野菜生産者のための鮮度管理技術

—茎葉菜編—

茎葉菜の鮮度保持には高度な鮮度管理技術が求められる。ブロッコリー、アスパラガス、ホウレンソウ、レタス、チンゲンサイを例に挙げながら、予冷・保冷、包装方法を含め解説する。

静岡県農業試験場 生物工学部
副主任 大場聖司

野菜はおいしく食べられる クスリ、成分の損耗を防げ

4月から独立行政法人となった野菜茶業研究所の研究成果によると、老化予防機能として最近注目されている抗酸化活性の高い野菜は、高い順でアオジソ、モロヘイヤ、パセリ、コマツナ、シユンギク、ブロッコリーと、上位はすべて茎葉菜類が占めている。この抗酸化活性の主役は、ビタミンC（アスコルビン酸）やポリフェノール類などであるが、昨年末18年ぶりに改訂された五訂日本食品標準成分表では、四訂版と比べて野菜全般でビタミンC含有量が低くなっている。理由は明らかではないが、施設の普及による周年生産化で、多様な作型による栽培が行われるようになったこと、ここ数年で急増している輸入野菜を分析材料としていることなどが考えられる。

医食同源と言われる通り、野菜はおいしく食べるクスリであり、見た目の鮮度を保つだけでなく、保存条件によっては分解しやすい生体調節機能成分を損なわないためにも、鮮度保持技術というものが以前にもまして重要となってきた。後述する通り、茎葉菜類は特に品質劣化が激しいことから、品目ごとの特徴を把握したうえで鮮度保持技術を正しく活用し、国産野菜、地場野菜の持つ「鮮度」や「おいしさ」をより強調して差別化を図りたい。

茎葉菜類の特性とは

成熟してから収穫する穀類や果菜類と違い、栄養成長を続ける若い組織を収穫する茎葉菜類では、蒸散量や呼吸量が多いため、野菜の中でも高い鮮度保持技術が求められる。

☆茎葉菜類の蒸散特性(樽谷ら、1963)
野菜の場合3〜5%程度水分が減耗すると、光沢の減少やしおれとなって商品価値の低下をもたらす。植物の表面は気体を通しにくいクチクラ層によって覆われて乾燥を防いでいるが、葉菜類では収穫後も気孔が開閉を繰り返して、蒸散量も多い。また、茎葉菜類は果実などに比べて表面積が大きいため、それだけ蒸散が大きいことは容易に想像できる(表1)。

☆貯蔵温度による内容成分の変動
ホウレンソウを異なる温度で貯蔵した場

タイプ	蒸散特性	品目	貯蔵性
A型	温度が低くなるにつれて蒸散量が極度に低下するもの	ジャガイモ、サツマイモ、タマネギ、カボチャ、キャベツ、ニンジン	大
B型	温度が低くなるにつれて蒸散量も低下するもの	ダイコン、カリフラワー、トマト、エンドウ	中
C型	温度にかかわらず蒸散が激しく起こるもの	セルリー、アスパラガス、ナス、キュウリ、ホウレンソウ、マッシュルーム	小

表1 野菜の種類による蒸散特性(樽谷、1963)

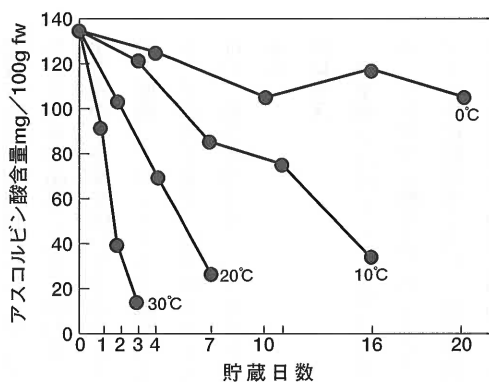


図1 ホウレンソウ(葉身)のアスコルビン酸含量に及ぼす貯蔵温度の影響(日坂ら、1991)

合、高温条件下では糖やビタミンC含量の低下が激しいが、低温になるに従って成分の低下は軽減されることから、鮮度保持の基本は予冷を含めた低温流通であることとを再認識したい(図1)。

☆「育ち」による内容成分や鮮度の違い
出荷直前の気象条件やほ場条件も品質に影響することが知られている。ホウレンソウや葉ネギ、レタスなどは収穫直前に降雨が続くと軟弱となり、流通過程において「折れ」や「擦れ」が発生しやすい。そのため土壌水分をコントロールできる施設や雨よけ栽培の場合には、出荷前の日数は乾燥気味に管理する。

茎葉菜類の鮮度保持法

鮮度低下の主原因である呼吸による発熱、成分の損耗、微生物による腐敗等は、いずれも低温環境下で抑制されることはい

うまでもない。そのため、収穫後できるだけ早く予冷し、その後も品温（芯温）を低く保つことが重要となるが、完全なコールドチェーンが難しい国内の流通事情では、機能性フィルムや鮮度保持材等を上手に利用することにより、鮮度の低下をある程度抑える事ができる。

個々の生産者が取り組み可能な鮮度保持法としては、一坪予冷庫を利用した予冷や、MAフィルムなどを利用した包装等がある。

☆1坪予冷庫を

もつと効率的に利用するには

鮮度保持効果を上げるには、収穫後できるだけ早く品温を下げる事が重要であるが、一般的に農家に普及している1〜2坪の空冷方式の予冷庫は、冷却の能力が専用の予冷庫の半分程度しかないため、急速な冷却は望めない。しかし、簡易な差圧通風冷却（14頁図2参照）を行うことにより、冷気を効果的に利用することができる。セッティングには時間を要するものの、比較的短時間での冷却が可能となる。

☆夏場こそ鮮度を保つ

機能性フィルムの利用を

MA包装 (MAP: Modified Atmosphere Packing) とは、野菜の特性である呼吸量を把握したうえで、20〜100 μmの微孔を設けたフィルムを用いて包装することで、包装内部を低酸素・高二氧化碳条件に保つことで呼吸量を抑えるものであり、簡易

CA貯蔵ともいえる。MA効果は8〜15℃程度の温度条件で最も顕著な効果を示すことから、0℃程度の低温を確保することが難しい夏場には、MAによる鮮度保持効果が期待できる。ただしこの場合、高温によるムレの発生には注意が必要である。

製品としてはイギリスのシドロー・パッキング社から技術導入した(株)住友ベークライトの「Pープラス」を始め、教社がMAフィルムを販売している（21頁参照）。ただ、フィルムは使用後ゴミとなるため、今後は土壌微生物により分解可能な生分解性フィルムを利用したMAフィルムの開発が期待される。

☆侮れない野菜の詰め方

ほ場では立った状態で生育していた葉菜類を収穫後ダンボール等に横にして詰めると、植物老化ホルモンであるエチレンの生成が多くなり、これが引き金となって鮮度低下が進むとともに、先端部が起きあがろうとするために体内の糖やアミノ酸などを消費してしまう。葉菜類は、できれば縦詰めすることを考えたい。

品目別鮮度保持法

☆ブロッコリー

ビタミンC、カロテンを多く含む栄養価の高い野菜として重宝されるが、呼吸量の激しい野菜であるため、予冷が遅れると蕾の黄化や、糖やビタミンCの低下を招きやすい。呼吸は、5〜10℃の範囲で保存すれ

ば20℃の時の約1/3に抑制される。また、エチレン発生量は5℃では20℃の約1/20に、10℃では約1/5に抑制される。また、同じ品種であっても作型や作期が違ったりと呼吸量およびエチレン発生量は異なり、5〜6月収穫のものが10〜12月収穫のものより高い傾向がある。

MAフィルムを用いて個別包装すれば、高鮮度保持期間が3日程度延長されるが、ムレを防ぐためにも保存温度は20℃以下が望ましい。また、雨天直後の収穫品は、腐敗防止のために包装前に水分を除去する必要がある。

☆アスパラガス

タンパク質と糖質が比較的多く、高血圧予防の特殊成分ルチン、アスパラギン、カロテン、ビタミンB₂の他、繊維も多く含むが、これから伸張しようという若い組織のため呼吸量が大きく、収穫後の鮮度低下が激しい。そのため予冷は必須で、市場流通におけるアスパラガスの予冷率は約66%（平成8年）と高い。また、箱への詰め方にも敏感な野菜であるため、縦に詰めて予冷・輸送する。

☆ホウレンソウ

鉄分をはじめとする無機成分、ビタミンA、B₁、B₂、C、K、特にクロロフィルとビタミンCが多いが、蒸散が極めて激しい品目なので、収穫後すぐに予冷することが大切である。高温期に出荷するためには、雨よけ栽培の導入など、栽培面での工夫が

必要である。収穫後はいかに早く予冷するかがその後の品質に大きく関わる。室内空冷方式の予冷庫を用いて予冷を行う場合には、収穫したコンテナを未調整のまま入庫し、その後1箱ずつ取り出しながら調整を行い、再び予冷するという方法が効果的である。

☆レタス

葉菜類では珍しいキク科であるレタスは、クロロゲン酸をはじめとするポリフェノールを比較的多く含む。結球性野菜の中では最も品質低下の激しい品目であることから、市場流通における予冷の実施率は70%を越えている（平成8年）。また、レタスは収穫前のほ場条件によりその後の鮮度が影響されることが知られている。多量の水、多量の水の栽培では葉肉や葉色が薄く、呼吸量も多いため品質低下が激しい。特に降雨後のレタスは遊離糖をはじめとする成分が低下しているため、貯蔵性が劣る。切り口の褐変程度も収穫前の天候に影響されることが明らかになっている。

☆チンゲンサイ

カロテン、ビタミンA、C、カルシウムを多く含む、最近の研究では美白効果もあるとされている。チンゲンサイも呼吸量が多いため、予冷の実施率は63%と高い（平成8年）。葉柄部分が肉厚のため冷えにくいので、前述した簡易な強制通風冷却法などを導入し、品温が下がるまで予冷することが必要である。