

温度変動下での数種野菜類の呼吸強度の変化^{a)}

伊東卓爾^{b)}・中村怜之輔・稲葉昭次

(園芸利用学研究室)

Received October 30, 1984

Changes of Respiration Rate in Several Kinds of Vegetables under Fluctuating Temperatures

Takuji ITO, Reinosuke NAKAMURA and Akitsugu INABA

(Laboratory of Postharvest Horticulture)

The respiration rate of spinach, asparagus, edible podded pea, strawberry and shii-take was determined during one cycle of fluctuating temperature, in which temperatures were fluctuated at 3 different speeds between 1°C and 11°C.

The respiration rate of all samples increased slowly in the first half of elevating temperature period, and then quickly in the later half. Except for strawberry, the increase of respiration rate was very slight until the internal temperature of samples rose to about 5°C, when the change of internal temperature was fast. Even after the internal temperature reached the maximum, the increase of respiration rate continued in asparagus. A similar trend was observed in spinach, edible podded pea and shii-take when the change of internal temperature was fast.

At falling temperature, the respiration rate decreased linearly except for spinach.

緒 言

青果物の貯蔵・輸送時には、温度を一定に保つことが原則である。しかし、実際には、安定した低温の維持は困難であり、青果物はある程度の温度変動にさらされる。この時、外部温度の変化に伴い、青果物の内部温度も変化するが、先に筆者らは、青果物内部各部位の変温速度あるいは青果物中央部の温度が庫内温度と等しくなるのに要する時間は、青果物の種類により異なることを認めた¹⁾。

呼吸強度は、青果物の生理活性の有効な指標としてよく用いられている。呼吸強度は保持温度が高いほど大きく²⁾、呼吸の温度係数 Q_{10} 値は低温域で大きくなること³⁾ から、低温貯蔵中に温度変動が繰り返されると、青果物の呼吸活性はかなり複雑な影響を被ることが予想される。呼吸強度は一定した温度で測定されるのが普通であり、青果物内部の温度が変化しつつある時の呼吸強度の変化様相についてはほとんど知られていない。従って、生理的にみた低温管理の基礎資料として、温度変動中の呼吸強度の変化様相を把握することが必要である。

そこで、種々の温度変動下での呼吸強度を長時間連続して測定し、変化様相や呼吸機作などを調査しなければならないが、ここでは、青果物の内部温度を上昇及び下降各1回ずつ変動させた場合の品温変化と呼吸強度変化の関係について報告する。

a) 低温貯蔵中の温度変動幅と変動周期が青果物の鮮度保持におよぼす影響 (第6報)

b) 現在、近畿大学附属農場

材 料 と 方 法

材 料

岡山県産のホウレンソウ、イチゴ及びシイタケ、長野県産のアスパラガス及びエンドウ（サヤ用種）を用いた。いずれも1982年6月から7月にかけて、岡山市内の青果市場から入手した。

呼吸強度の測定法

呼吸強度の測定は通気式比色法³⁾を用い、二酸化炭素排出量をもって呼吸強度とした。測定は、変温開始直後から品温が設定温度に達した後数時間後まで行った。通気量は、毎分100 mlとした。

この場合呼吸室については、恒温室内温度と呼吸室内温度との間で温度差ができるだけ生じないようにするため、比熱が小さく、しかも密封可能な容器が必要となる。さらに、呼吸室内の温度変化に対応した品温の変化を正確に把握しなければならない。これらを考慮に入れて、次のような装置を作製した。供試材料の大きさに応じて、容積約1.2 lあるいは約2.5 lの金属製容器（ダブルキャップ）を呼吸室として使用した。同容積の容器2個に各試料を同重量ずつ入れ、一つを品温測定用、他の一つを呼吸強度測定用として、この順に直列に連結した。試料重量は、ホウレンソウ、アスパラガス、エンドウ（サヤ用種）及びシイタケでは100 g、イチゴでは250 gとした。空気中及び品温測定用の試料に由来する二酸化炭素を除去するため、2個の容器の間にソーダライムを500 g入れた試薬ビンを接続し、あらかじめ呼吸室に流入する空気中に二酸化炭素が含まれていないことを、ガスクロマトグラフ（島津製作所製、GC-3 BT型）を用いて確認した。以上のものを1組として恒温室に入れた。

変 温 処 理

品温の変化速度を変えるために、上記1組の容器をそれぞれ厚さ1.8 cmの発泡スチロール板で覆ったもの（遅）、覆わないもの（中庸）、1組の容器をそれぞれ上限あるいは下限の温度の水中に入れたもの（速）の3区を設けた。いずれも温度差が10°Cとなるように、原則として1°Cと11°Cの間を上昇、下降各1回ずつ手動で変温させた。実際品温測定をした所、この方法で3段階の変温速度を得ることができた。試料の種類ごとの変温速度は、Fig. 1に示したとおりである。

品温の測定

品温測定用容器内のほぼ中央部に位置する試料の中心部に、銅-コンスタンタン熱電対の一端をそう入し、呼吸強度測定期間を通じて品温を測定した。ただし、ホウレンソウについては葉柄部の品温を測定した。各呼吸強度測定時点の中心部の品温を、呼吸室内全体及び試料全体の品温として代表させた。また、呼吸強度の測定開始5分後の品温を、呼吸強度測定時点の品温とみなした。

結 果 と 考 察

品温変化速度は、変温の前半で速く、後半でやや遅くなることをすでに報告したが¹⁾、本報の品温変化速度も既報と同様の傾向であった。

品温変化と呼吸強度との関係は、Fig. 1に示したとおりである。品温の変化速度が速い場合、昇温時の呼吸強度の変化は品温上昇にかならずしも対応せず、ホウレンソウ、アスパラ

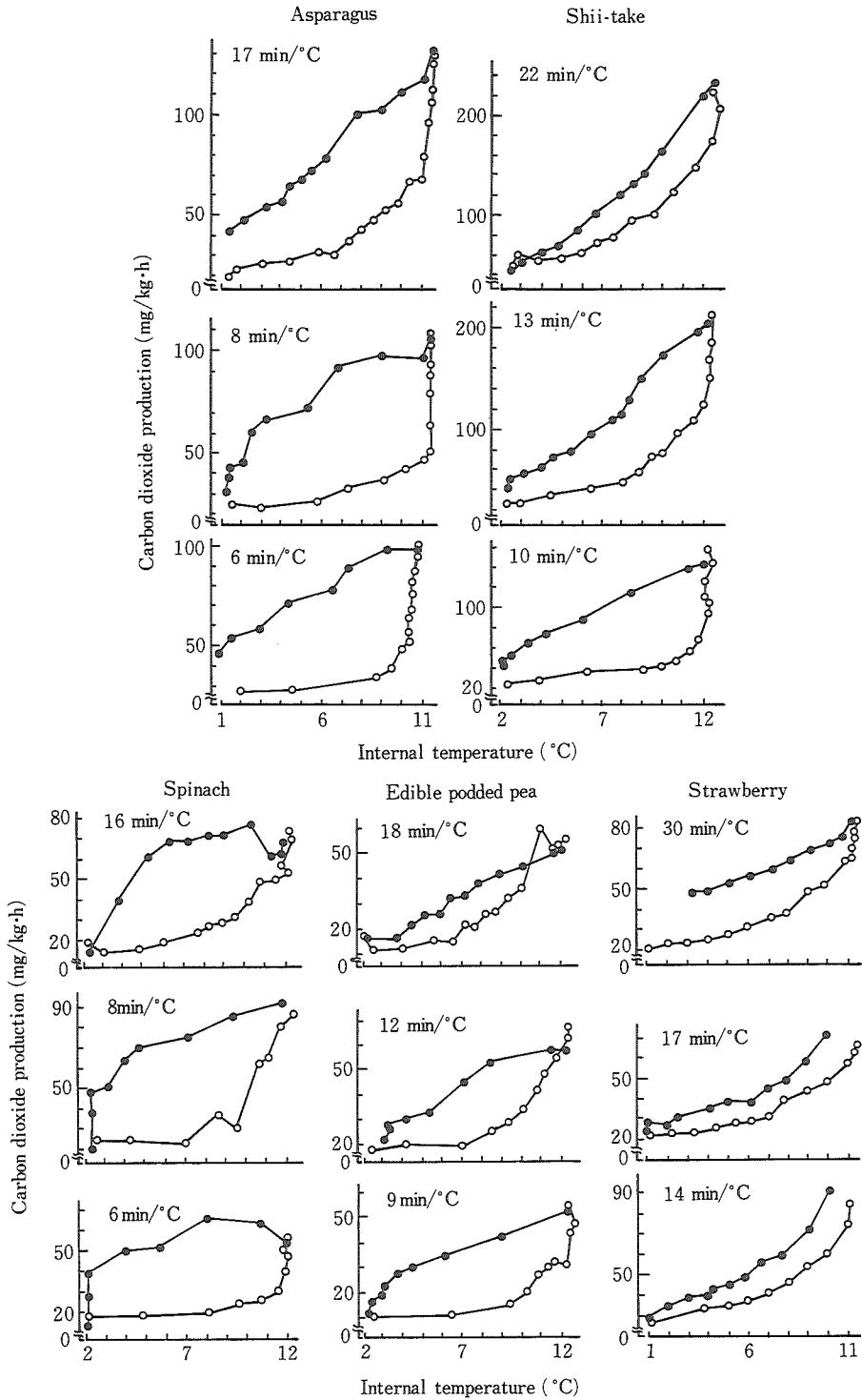


Fig. 1. Relation of internal temperature and respiration rate in spinach, asparagus, edible podded pea, strawberry and shii-take during fluctuating temperature. Figures in the graph indicate the average changing rate of internal temperature of samples.

○—○ : at elevating temperature, ●—● : at falling temperature

ガス、エンドウ（サヤ用種）及びシイタケでは、品温が約5°C上昇するまで品温上昇に追従しにくい傾向が認められた。しかし、品温がさらに高くなると、これらの呼吸強度は急激に増加した。イチゴでは、呼吸強度の変化はおおむね品温上昇に対応していた。

品温の変化速度が遅くなると、調査した全青果物で、昇温時の呼吸強度は全体的には品温の上昇に追従して増加するが、昇温前半ではゆるやかに、後半になると速やかになる傾向が認められた。これらのことから、1~2°C程度の低温下では、小さな温度変化が生じてても、短時間であれば青果物の呼吸活性は比較的影響を受けにくいことが推察される。

アスパラガスでは、品温の変化速度にかかわらず、品温が設定した上限温度に達した後も呼吸強度の増加が続いた。同様の傾向が、品温変化が速い場合のハウレンソウ、エンドウ（サヤ用種）及びシイタケなどでみられた。森ら⁴⁾は、数種野菜類の急激な温度変化に伴う呼吸強度の変化を調査し、昇温時の呼吸強度変化に一時的過上昇現象を認め、さらに昇温幅が大きいほどまた処理温度が高いほど、過上昇が著しいことを認めた。しかし、過上昇時の品温が設定温度に達していたか否かについては、品温測定がなされていないため不明である。

このような呼吸強度の過上昇現象は、青果物に振動刺激を加えた場合にもみられ、トマト果実に振動を加えると直ちに呼吸強度が増加し始め、振動停止後も数時間にわたって呼吸強度が増加し続ける⁶⁾。ところが、振動刺激が強くなると逆に呼吸強度が抑制されることから、青果物の刺激に対する反応には、ある限界点が存在することが示唆されている。温度変動時には青果物の表面と中心部の間に温度傾斜が必ず生じるため、温度変動による影響は温度傾斜による影響とも受け取られる。変動幅が大きいかつ変温速度が速いほど温度傾斜が強くなり、それによる刺激量が大きくなると考えられるが、今後、温度傾斜による刺激量と青果物の呼吸生理の関係についてさらに検討する必要があると思われる。

降温時の呼吸強度は、測定した全青果物でいずれも同温度では昇温時の呼吸強度に比べて高くなる傾向を示した。品温変化との関係をみると、品温の降下に伴って呼吸強度が直線的に減少し、昇温時とは様相が異なった。予冷処理の主な効果は、収穫時の青果物の熱量を減少させ、その後の低温維持を容易にすることとされているが、降温開始後の呼吸強度のすみやかな減少は、生理的にも予冷の効果を裏付けるものである。一方、ハウレンソウでは、品温がある程度降下しても呼吸強度の減少はあまりみられず、品温が下限温度に達した後も減少が続くことから、品温を予冷終了の指標にすると、呼吸熱による温度上昇の可能性がうかがわれ、ハウレンソウの予冷にあたっては十分注意する必要がある。

本実験に用いた青果物の温度変動許容度は、ハウレンソウ、アスパラガス、イチゴ及びシイタケでは小さく、エンドウ（サヤ用種）では比較的大きい²⁾が、1サイクルだけの温度変動では、両グループの呼吸強度変化様相に差はみられなかった。今後、長期間にわたる温度変動中の呼吸強度を測定し、温度変動許容度と呼吸活性の関係について調査を進めるとともに、前述した呼吸強度の過上昇現象の機作についても合わせて調査する必要がある。

摘 要

ハウレンソウ、アスパラガス、エンドウ（サヤ用種）、イチゴ及びシイタケを用い、1°Cと11°Cの間を3段階の品温変化速度で、上昇及び下降各1回ずつ変動させ、その間の呼吸強度の変化を測定した。

昇温時の呼吸強度は、昇温前半ではゆるやかに、後半になって速やかに上昇する傾向が認められ、とくに品温の変化速度が早い場合、イチゴを除き品温が5°C前後上昇するまでの呼吸強度の増加は小さかった。アスパラガスでは、品温が上限温度に達した後も呼吸強度の増加が続き、同様の傾向が品温変化が速い場合のハウレンソウ、エンドウ（サヤ用種）及びシ

イタケでもみられた。

降温時の呼吸強度は、ホウレンソウを除きすべてほぼ直線的に減少した。

謝 辞

本実験の遂行にあたり専攻生陶山幸弘君の協力を得た。記して感謝の意を表します。

文 献

- 1) 伊東卓爾・中村怜之輔・稲葉昭次：コールドチェーン研究 4 (3), 102-108 (1978)
- 2) 伊東卓爾・中村怜之輔：園学雑. 投稿中
- 3) 松本熊市・長坂啓助・中村怜之輔：園芸学研究集録 8, 74-79 (1957)
- 4) 森 健・門間 充・三輪 操：園学要旨. 58秋, 438-439 (1983)
- 5) 森 健・村岡信雄・伊坂 孝：園学要旨. 48秋, 388-389 (1973)
- 6) 中村怜之輔・伊東卓爾：園学雑. 45 (3), 313-319 (1976)
- 7) PLATENIUS, H: Plant Physiol. 17, 179-197 (1942)