振動による数種果実の呼吸強度の変化

中村怜之輔・今永 孝²・伊東卓爾³・稲葉昭次

岡山大学農学部 700 岡山市津島中

Changes in Respiration Rate of Several Fruits during and after Vibration

Reinosuke NAKAMURA, Takashi IMANAGA, Takuji ITO
and Akitsugu INABA

College of Agriculture, Okayama University, Tsushima, Okayama 700

Summary

As a result of previous studies on tomato fruit, further examinations were carried out on the physiological response of fruits to limited levels of vibration. In this report, eggplant, apple, Japanese pear, satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.), natsumikan (*C. natsudaidai* Hayata) and grape fruits were used. The effect of vibration at 1 G, 2 G and 3 G for 1 hour or 5 hours on the respiration rate was determined during and after vibration.

In general, the respiration rate increased rapidly from the beginning of vibration, and continued to increase during vibration. The rate also continued to increase for a period after vibration. The elevated respiration rate fell once, then showed a small rise, and returned gradually to the initial level.

When the vibration time was short, the increase in rate of respiration was proportional to the intensity of vibration. However, for the longer vibration time, the increase in the rate of respiration was lower at 3 G than that at 1 G. This observation seemed to suggest that some physiological disorder may have occurred in fruit exposed to the more intensive vibration exceeding the limited level of vibration for every fruit.

The respiration rate of eggplant and apple fruits seemed to be more sensitive to vibration than that of the others. The respiration rate of grape fruit harvested at earlier maturity was more sensitive to vibration than that of fruit harvested at later maturity.

In addition, changes in internal gas concentrations during vibration were determined in Japanese pear and tomato fruits vibrated at 1 G and 3 G for 5 hours. High levels of carbon dioxide and low levels of oxygen were detected in both fruits, and high levels of ethylene were detected in tomato fruit.

緒 言

これまで、トマト果実について振動中、振動直後及び振動後追熟中の呼吸強度の変化について調査し、トマト果実は振動に敏感に反応して振動開始後直ちに呼吸上昇がみられ、その影響は追熟中を通じて継続することを報

告した(7, 8)。その後、トマト以外の青果物についても振動と呼吸強度の関係を調査したところ、トマトと同様に振動によって呼吸上昇が認められた。

さらに、これまでは振動による呼吸上昇を排出炭酸ガス量から追跡してきたが、今回は果実内部空気組成の変化についても調査した。本報では、ナス、リンゴ、ナシ、ウンシュウミカン、ナツミカン、ブドウについて報告する。

¹ 1985年6月20日 受理
振動が果実の呼吸生理に及ぼす影響。Ⅲ。
The Effect of Vibration on the Respiration of Fruit. Ⅲ.

² 現在 K. K. フヲハタ興産

³ 現在 近畿大学附属農場

I. 振動中及びその後の排出炭酸ガス量の変化

材料及び方法

材料 1974～1979 年にかけて、原則として収穫直後のものを供試するように配慮したが、一部は市販品を用いた。

ナス：岡山大学附属農場産‘千両’（露地栽培）を通常の出荷熟度で収穫した。

リンゴ：市販の青森県産‘スターキング・デリシャス’を供試した。

ナシ：鳥取県産‘二十世紀’を通常の出荷熟度で選果場から直接購入した。

ウンシュウミカン：市販の広島県産のものを供試した。

ナツミカン：岡山大学附属農場産のものを通常の出荷熟度で収穫した。

ブドウ：岡山大学附属農場産‘マスカット・オブ・アレキサンドリア’（加温栽培）を用い、可食期前期（糖度約16度）と可食期後期（糖度約18度、前期より1週間後）の果実を同一樹から収穫した。

いずれも、種類ごとに一連の調査を完了するのに一週間以上を要したため、直接採取したナス、ナシ、ナツミカンについては2回に分けて収穫したが、その場合同一圃場からのものが得られるように配慮した。市販品を使用したリンゴとウンシュウミカンについては、同一選果場のものを一度に購入して二つに区分し、一つの区分は冷蔵しておいて2回目の調査に用いた。

試料果実実験室に搬入後一夜机上において温度の均一化をはかり、大きさや熟度をできるだけそろえた後、ナス、リンゴ、ナシ、ウンシュウミカン及びナツミカンでは3個を、ブドウでは10粒を1組とした。多数の組を作ってあらかじめ数回呼吸強度を測定した後、できるだけ同様の生理的条件のものを3組選んで1回（1処理区）の振動処理を行った。1組の重量は、ナスでは約200 g、リンゴとナシでは約800 g、ウンシュウミカンでは約300 g、ナツミカンでは約500 g、ブドウでは約100 gであった。

振動によって傷害を受けているか否かを確かめるため、振動終了後にTTC反応によって外傷の有無を、また切断して内部状態を肉眼的に調査したが、いずれも異常は認められなかった。

振動処理 従来と同様に(7,8)、水平式往復振動機を用い、振幅を80 mmに固定して振動数を変えることによって所定の振動強度を得た。処理区は、ブドウ以外のものは振動強度で1 G区と3 G区、振動時間で1時間区と5時間区を設けて組み合わせた。この場合、第1回

目の収穫果又は購入直後のものを1時間振動区にあて、その後1週間後の第2回目の収穫果又は冷蔵しておいた区分を5時間振動区にあてた。ブドウについては、各熟度ごとに1 G区、2 G区及び3 G区を設け、振動時間は5時間区のみとした。振動数は1 G区では145 cpm、2 G区では200 cpm、3 G区では240 cpmであった。

対照区として、第1回目及び第2回目それぞれについて測定期間の前半と後半に無振動区を設けた。

呼吸強度の測定 ブドウ以外の果実については通気式比色法(6)で、ブドウについてはヘッド・スペース法でガスクロマトグラフによって常法どおりに排出炭酸ガスを測定した。

振動中の呼吸強度を経時的に測定するために、ブドウ以外の果実では振動機の上にアクリル樹脂製の呼吸室を3個固定し、その内部に果実を傷がつかないように十分に注意してパネで固定した。ブドウでは、発泡スチロール板に穴をあけて果粒をはめ込んで固定し、それをプラスチック容器内に固定して密封した後振動機に取り付けた。いずれも、振動終了後は振動機の呼吸室から果実を取りはずしてガラス製呼吸室に移し、その後24時間後まで測定を継続した。

通気式の場合、呼吸室内の通気量は100 ml/minを基準としたが、ナスについては200 ml/minとした。測定時の温度はいずれもその時の室温であるが、測定期間中はできるだけ一定に保つように努めた。実際の温度はナスでは約25°C、リンゴでは約15°C、ナシでは約20°C、ウンシュウミカンでは約20°C、ナツミカンでは約23°C、ブドウでは約28°Cで、変化は±1°Cの範囲であった。

結 果

処理区によって振動処理前の呼吸強度にやや差があるため、処理前の呼吸強度を100として、振動中及びその後24時間の呼吸強度の変化を比数で示すと以下のとおりである。全調査を通じて、同一処理区内3組の果実の呼吸強度の変化は、傾向としてはほぼ類似の様相であった。しかし、増減の程度や時間的推移は必ずしも一致せず、特に後者については時には数時間の遅速がみられた。したがって、同一時間ごとの平均値をとることは不適当と判断し、全体の傾向として平均的な変化様相を示す1組の結果を示した。まれには、ほとんど変化が認められない場合や、他のものとまったく異なった様相を示す場合もみられた。この原因については不明であり、また少数例であるため除外して考えた。対照区については、傾向としてはほぼ類似の推移を示したが、平均値をとらずに代表的なものを示した。

Fig. 1. Changes in respiration rate of eggplant fruit during and after vibration.

○—○ 1G, ●---● 3G, ×.....× Cont.

Fig. 2. Changes in respiration rate of apple fruit during and after vibration.

○—○ 1G, ●---● 3G, ×.....× Cont.

ナス (第1図)

1G 1時間振動区は、振動開始後直ちに呼吸強度が増加し始め、振動終了後もなお増加し続けて4時間後に最大値に達した。その後一度急減したが再び増加した後、12時間後から減少し始めて20時間後にはほぼ振動前の値に戻った。一方、3G 1時間区では、振動中及び振動後を通じて変動は小さく、時間の経過とともにむしろ無振動区より低くなる傾向がみられた。5時間振動区では、1G区及び3G区のいずれも呼吸強度の変化は小さく、また無振動区とほとんど差がみられなかった。

なお、振動前の排出炭酸ガス量は100~150 mg/kg·hであった。

リンゴ (第2図)

1時間振動区では、1G区及び3G区のいずれも振動開始後急速に呼吸強度の増加がみられ、振動終了時では3G区の方が呼吸強度が高くなった。振動終了後も急速な呼吸上昇はなお継続し、1G区では10時間後には振動前の呼吸強度の6倍にも達した後一度急減したが、再び増加する傾向がみられた。3G区では振動終了後2~3時間は増加したのち高レベルが保たれ、その後一時低

下して再び増加する傾向がみられたが、全体的には1G区より増加の程度は小さかった。

5時間振動区でも、1G区及び3G区とも振動開始直後から呼吸強度の増加がみられ、振動終了後もしばらくは増加し続けた。その後、3G区では一度減少した後再び増加した。1G区では全体に3G区より増加の程度は小さく、約2倍付近で24時間後まで増減が繰り返された。

なお、振動前の排出炭酸ガス量は5~10 mg/kg·hであった。

ナシ (第3図)

1時間振動区では、3G区では振動開始とともに急激に呼吸強度が増加したが、30分を過ぎると減少を始めた。減少は振動終了2時間後まで続いたが、なお高レベルが保たれ、その後も高レベルで増減が繰り返された。1G区では、振動中にやや減少する傾向がみられたが、振動終了後には元の値に戻り、その後はほぼ一定値が保たれた。

一方、5時間振動区では1G区で振動中及び振動終了後を通じて呼吸強度の急激な増加が続き、終了4時間後に最大値を示した後漸減し、その後は増減が繰り返され

Fig. 3. Changes in respiration rate of Japanese pear fruit during and after vibration.
○—○ 1 G, ●---● 3 G, ×.....× Cont.

Fig. 4. Changes in respiration rate of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) fruit during and after vibration.
○—○ 1 G, ●---● 3 G, ×.....× Cont.

Fig. 5. Changes in respiration rate of natsumikan (*Citrus natsudaidai* Hayata) fruit during and after vibration.
○—○ 1 G, ●---● 3 G, ×.....× Cont.

た。3 G 区では、振動開始後しばらくは増加したが、その後はほとんど変化がみられなかった。

なお、振動前の排出炭酸ガス量は 4~7 mg/kg·h であった。

ウンシュウミカン (第 4 図)

1 時間振動区では、1 G 区ではほとんど変化がみられず、無振動区とはほぼ同様の値を示した。3 G 区では振動

中呼吸強度の増加がみられ、振動終了後もなお増加し続けて、2 時間後に最大値に達した後漸減した。5 時間振動区では 1 G 区で振動中及び振動終了後を通じて増加が継続し、終了 5 時間後に最大値に達した後急減した。3 G 区では振動中及び振動終了後ともに呼吸強度の変動は小さく、無振動区と大差はみられなかった。

なお、振動前の排出炭酸ガス量は 15~20 mg/kg·h で

あった。

ナツミカン (第5図)

1時間振動区では、1G区及び3G区とも呼吸強度は振動中にやや減少したが、振動終了後には復元した。その後はゆるやかな減少傾向であったが、3G区では10時間後、1G区では20時間後になってから急激で大きい増減がみられた。

5時間振動区では、1G区では振動開始とともに呼吸強度の急激な増加がみられ、3時間後には6倍にも達した後急減し、振動終了後に再び急増して9倍にも達した。その後一度急減したが、20時間後には再び急増する傾向がみられた。3G区では振動中やや増加したのち減少を始め、振動終了後には小さな増減が繰り返された。

ナツミカンは、全体的にみて呼吸上昇が時間的に遅いこと、上昇の程度が大きいことなど、他の果実に比べて振動による呼吸強度の変化様相がかなり異なるようであった。なお、振動前の排出炭酸ガス量は3~5 mg/kg・hであった。

ブドウ

第6図は可食期前期、第7図は可食期後期の果実について振動による呼吸強度の変化を示したものである。

可食期前期の果実では、1G区で振動開始とともに呼吸強度の増加がみられ、振動終了時には2倍になった。その後一度減少したが再び増加し、やがて漸減する傾向

Fig. 7. Changes in respiration rate of grape fruit harvested at later maturity during and after vibration.

○—○ 1G, △---△ 2G, ●---● 3G, ×.....× Cont.

がみられた。2G区でも振動開始後急増したが、増加の程度は1G区より大きかった。しかし、開始後4時間後に最大値を示した後は振動中に既に減少を始め、振動終了後も減少し続けた。

一方、3G区では振動開始直後には急増する様子が見られたが、その後増加の程度がゆるやかになり、やがて減少し始めて、振動終了後も減少し続けた。

Fig. 6. Changes in respiration rate of grape fruit harvested at earlier maturity during and after vibration.

○—○ 1G, △---△ 2G, ●---● 3G, ×.....× Cont.

可食期後期の果実では、1 G 区は振動中及びその後の呼吸強度の変動はほとんどみられなかったが、2 G 区では振動中ゆるやかに増加した後、振動終了後は漸減した。3 G 区では、振動中及び振動終了後を通じてむしろ減少する傾向がみられ、無振動区より低くなった。全体的に、可食期前期の果実より振動の影響が小さいように見受けられた。

なお、振動前の排出炭酸ガス量は 20~30 mg/kg·h であった。

II. ナシとトマト果実の振動中の内部空気組成の変化

材料及び方法

ナシは1976年9月に鳥取県産‘二十世紀’を、トマトは1976年11月に岡山県産‘強力五光’ (Turning stage) を、いずれも生産者から直接購入して供試した。一夜実験室の机上においた後、大きさや熟度を十分にそろえて、従来と同様の方法で振動処理を行った。

振動強度は1 G と 3 G とし、振動時間を5時間とした。振動開始後1, 2, 3 及び5時間後にそれぞれ果実を振動機から取りはずして、1 個ずつ別々に果実内部空気を吸引採取し、ガスクロマトグラフで常法どおりに炭酸ガス、酸素及びエチレン濃度を測定した。

果実内部空気の採取方法は Beyer ら(2)の方法に準拠し、果実1 個を硫酸酸性の脱気した飽和食塩水に浸漬し、一定条件の減圧下で1 個当たり約 5 ml の内部空気を水中捕集した。

供試個体数は1 測定区ごとに9 個とした。測定期間中の温度は約 20°C に保つように努めた。

結 果

振動による果実内部空気の炭酸ガス、酸素及びエチレン濃度の変化を、ナシについては第8 図に、トマトについては第9 図にそれぞれ示した。この場合、無振動区の値は振動処理の前後に5 個体ずつ測定し、その平均値で示したものである。全体的に個体差がかなり大きく、特に振動処理を行うとその差は更に大きくなるように見受けられたが、傾向として振動処理との関係をみると以下のとおりである。

ナシでは振動によって炭酸ガス濃度の上昇、酸素濃度の低下がみられ、その程度は1 G 区より3 G 区で大きかった。エチレン濃度は0.5 ppm 以下であり、変動の程度も小さくて、振動処理との関係は明確ではなかった。

トマトでも同様に振動によって炭酸ガス濃度の上昇と酸素濃度の低下がみられ、その程度は全体的には3 G 区で大きかったが、炭酸ガス濃度は5 時間後には1 G 区でも高濃度になった。エチレン濃度も振動によって増加し、特に3 G 区でその程度は大きくなる傾向がみられた。

考 察

ナス、リンゴ、ナシ、ウンシュウミカン、ナツミカン、ブドウに振動刺激を与えると、排出炭酸ガス量からみて直ちに呼吸上昇が起こることが認められた。全体的にみて、振動中は上昇し続け、終了後もなおしばらくは呼吸上昇が続くこと、その後低下するが再び上昇が起こり、増減を繰り返しながら長時間かけて復元して行くことが認められた。このような変化様相は全体的傾向としては

Fig. 8. Changes in internal gas concentrations of Japanese pear fruit during vibration. Vertical bars indicate $\pm$ SD.

○—○ 1 G, ●—● 3 G, Cont.

Fig. 9. Changes in internal gas concentrations of tomato fruit during vibration. Vertical bars indicate $\pm$ SD.

○—○ 1G, ●---● 3G, Cont.

共通の現象であるが、増減の程度や時間的推移は果実の種類によってかなり異なった。さらに、同一種類でも産地、時期、熟度、収穫後日数などが異なると、全体的様相は類似であるが反応の遅速並びに強弱が認められた。このようなことは、既にこれまでの調査から予想されたことであり、今回の調査に際しても供試材料の採取はできるだけ均一になるように注意した。しかし、同一処理区でも反応に遅速並びに強弱がみられることがあり、特に変化様相の時間的推移については、時には数時間の遅速がみられることがあった。

果実に対する振動の影響は、純粋に加速度の影響というよりも、往復運動の際に支持パネによって生じる圧迫の影響が加味されての複合的な影響と考えられる。したがって、振動台に取り付ける時の支持条件のわずかな差や、果実そのものの外部・内部形態の個体差によって、同一条件で振動しても果実に加わる圧迫は微妙に異なってくることは、ある程度は避けることはできないことであろう。それに加えて、果実側の条件として熟度やしおれ程度のわずかな差によって、反応がやや異なってくることも推察できる。本調査ではすべての処理区を同時に始めることができなかったため、供試材料については十分注意を払ったが、それでも採取日が異なることによって、振動に対する反応の遅速がかなり認められた。1時間振動区と5時間振動区で、変化様相が時には一致しないこともみられたが、恐らく以上のような要因が関与しているものと思われる。

ナツミカンについては、呼吸上昇が時間的に遅れる傾向がみられること、上昇の程度が大きいことなどの点

で、他の果実と異なった変化様相が認められた。この理由については特に検討は行っていないが、アルベド層の介在によって外果皮や果肉に加わる振動の影響が複雑に変化すること、アルベド層そのものもあるいは傷害が生じていることなども考えられ、このようなことが複合的に関与しているのではないかと推察される。

振動による呼吸上昇は振動強度との関係でみると、1時間振動区と5時間振動区の対比から短時間であれば振動強度が大きい場合に呼吸上昇も大きくなるが、長時間になると強振動ではかえって呼吸上昇が抑制されることが認められた。この現象は、ブドウの場合の3G振動区では、振動開始直後には呼吸上昇は急激に起こるがやがて上昇が停止し、その後かえって低下して行くこと、2G振動区でも時間は遅れるが同じ傾向がみられることで、典型的に示される。

筆者らは先に(7,8)、トマトについて振動強度と呼吸上昇との関係を検討し、トマト果実は振動刺激に対して生理的に一定の許容域を持つことを提案した。そして、振動刺激がこの許容域内にあれば、刺激が強いほどその反応としての呼吸上昇も大きくなるが、刺激が許容域を超えると代謝異常が起り、呼吸上昇が抑制されるのではないかと推察した。本報告に示したトマト以外の果実の場合も、すべてこの考え方を支持するものであり、振動刺激に対する一定の生理的許容域という考え方は、果実共通の問題であると考えてよさそうである。

振動刺激に対する生理的反応の感受性は、呼吸上昇の様相からみて果実の種類によって異なるように思われる。本報で示した中では、ナスとリンゴはナン、ウンシ

ユウミカン、ナツミカン、ブドウに比べてより敏感であるといえる。前報(8)で示したトマトも後者に属すると考えられる。感受性は熟度によっても異なり、ブドウでは可食期前期の果実で後期の果実より呼吸上昇の程度が大きくなった。このことは、前報(8)のトマトの場合とよく一致する。他の果実については熟度別の検討はしていないが、恐らく共通の性質ではないかと推察される。

果実内部空気組成の変化をみると、振動によって炭酸ガス濃度の上昇と酸素濃度の低下が起こり、この点からも振動によって呼吸上昇が起こることが示された。トマトでは、同時にエチレン濃度の上昇も認められた。一般に、各種ストレスが植物組織のエチレン生合成系を活性化させることはよく知られているところである(1, 4, 10, 12, 14)。振動も果実にとっては一種のストレスと思われるので、内生エチレン・レベルが高くなることは十分考えられることであろう。その結果呼吸上昇が起こり、自然成熟に伴う内部空気組成の変化と同様の低酸素・高炭酸ガス状態(5, 11)が引き起こされる一つの原因になっていることも考えられる。しかし、振動による呼吸上昇は反応が非常に速いこと、増減が繰り返されることなどの特徴があり、また、今回のトマトの場合元々エチレン濃度はかなり高かったことも考え合わせると、エチレンとの因果関係については更に検討を要する。いずれにしても、果実内炭酸ガス濃度は換気が悪くなる程高くなること(13)、内部エチレン濃度とエチレン発生量とは平行的關係にあること(3)が指摘されており、果実が箱詰状態で振動を受けることは成熟促進、品質低下の方向に作用することが推察される。

全体の調査を通じていえることは、同一条件で振動してもそれによって生じる圧迫は微妙に異なってくること、果実側の条件の差によっても反応が異なることなどが重なり合って、果実に対する振動の影響はかなり複雑であり、反応の個体差もかなり大きく現れてくるようである。このことをふまえた上で、全体的傾向としてみた場合、振動によって生理的に敏感に反応すること、振動が一定以上に強くなると生理的に異常な状態になることは、果実共通の問題として十分うかがうことができる。実際の流通過程においても、箱詰状態で振動を受けた場合、果実は複雑な二次運動を起こすことが知られており、そのため実際に果実が受ける圧迫や衝撃の様相も単純ではないことが推察される。しかし、多かれ少なかれ人為的な振動処理と類似の生理的反応を起こすこと、さらに、たとえ短時間の振動刺激であってもその影響は長時間にわたって継続することは十分推察できる。生理的に異常が誘起される振動強度は、これまでのト

マトについての報告や今回の結果を総合して考えると、3 G 付近にあると推察される。一方、実際の流通過程で生じる振動強度は、2~3 G 程度が発生することもあり得ることであり(9)、たとえ継続時間が短かいとしても極力避けるべきであろう。さらに、たとえ1 G 程度の振動であっても、生理的に影響することは十分考えられるので、振動はできるだけ軽減することが望ましい。

摘 要

前報のトマトに引続いて、ナス、リンゴ、ナシ、ウンシュウミカン、ナツミカン、ブドウについて、1 G、2 G 及び3 G で1時間又は5時間の振動処理を行い、振動中及びその後の呼吸強度の変化を調査した。

一般的傾向としては、振動開始後直ちに呼吸強度の上昇がみられ、振動中は増加し続け、振動終了後もなおしばらくは増加し続けた。その後一度低下するが再び上昇した後、徐々に復元した。

振動強度との関係についてみると、振動時間が短い場合には強振動で呼吸上昇が大きい、時間が長くなると3 G 振動区ではかえって呼吸上昇が抑制された。このことから、果実は振動刺激に対して生理的に一定の許容域を持ち、それ以上に強い振動刺激が加わると生理的異常が生じることが推察された。

振動に対する生理的反応の感受性は果実の種類によって異なり、ナスとリンゴでは感受性が高く、ナシ、ウンシュウミカン、ナツミカン、ブドウでは感受性が低いことが推察された。また、ブドウでは熟度の進んだ果実より若い果実で呼吸上昇の程度が大きくなった。

ナシとトマトで、振動による果実内部空気組成の変化を調査したところ、炭酸ガス濃度は高くなり、酸素濃度は低くなった。また、トマトではエチレン濃度の上昇も伴っていた。

謝辞 本研究の一部は、昭和54年度文部省科学研究費補助金(No. 348036)で行われたものである。記して感謝の意を表する。

引用文献

1. ABELES, F. B. 1973. Ethylene in plant biology. Academic press, New York.
2. BEYER, E. M., JR. and P. W. MORGAN. 1970. A method for determining the concentration of ethylene in the gas phase of vegetative plant tissues. *Plant Physiol.* 46 : 352—354.
3. BLANPIED, G. D. and L. G. SAMAAAN. 1982. Internal ethylene concentrations of 'McIntosh' apples after harvest. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107 : 91—93.
4. IMAZEKI, H., I. URITANI and M. A. STAHMANN. 1968. Production of ethylene by injured

- sweet potato root tissue. *Plant & Cell Physiol.* 9: 757—768.
5. LYONS, J. M., W. B. MCGLOSSON and H. K. PRATT. 1962. Ethylene production, respiration and internal gas concentration in Cantaloup fruits at various stages of maturity. *Plant Physiol.* 37: 31—36.
 6. 松本熊市・長坂啓助・中村怜之輔. 1957. 果実蔬菜の呼吸に関する研究. 第1報. 呼吸量測定装置に就いて. *園学研集.* 8: 74—79.
 7. 中村怜之輔・伊東卓爾. 1976. 振動が果実の呼吸生理に及ぼす影響. I. 振動中および振動直後のトマト果実の呼吸強度の変化. *園学雑.* 45: 313—319.
 8. 中村怜之輔・伊東卓爾・稲葉昭次. 1977. 振動が果実の呼吸生理に及ぼす影響. II. トマト果実の追熟に対する振動の影響. *園学雑.* 46: 349—360.
 9. 中村怜之輔・伊東卓爾・阪部正博. 1976. トラック輸送時の果実段ボール箱の振動強度. *岡山大農学報.* 47: 41—50.
 10. SALTVEIT, M. E., JR. and R. D. LOCY. 1982. Cultivar differences in ethylene production by wounded sweet potato roots. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107: 1114—1117.
 11. SFAKIOTAKIS, E. M. and D. R. DILLEY. 1973. Internal ethylene concentrations in apple fruits attached to or detached from the tree. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 98: 501—503.
 12. VINES, H. M., W. GRIERSON and G. J. EDWARDS. 1967. Respiration, internal atmosphere, and ethylene evolution of citrus fruit. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 92: 227—234.
 13. WAKS, J., E. CHALUTZ, M. SCHIFFMAN-NADEL and E. LOMENIEC. 1985. Relationship among ventilation of citrus storage room, internal fruit atmosphere, and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 110: 398—402.
 14. YANG, S. F. 1981. Biosynthesis of ethylene and its regulation. In FRIEND, J. and M. J. C. RHODES (ed.) *Recent advances in the biochemistry of fruit and vegetables.* Academic Press, London.