温州ミカンの選果荷造過程における損傷要因と 損傷防止に関する研究(第3報)

落下衝撃の許容限界と軟質ウレタンの緩衝効果

山下重良・和田年裕・北野欣信・八田茂嘉・宇田 拡

(和歌山県果樹園芸試験場)

Factors Causing Mechanical Injuries of Satsuma Mandarin Fruit in the Line Processes of Packinghouse and Preventive Measures III. The Permissible Impact Force and Buffering Effects of the Soft Urethane Mat by Dropping Fruit

Shigeyoshi YAMASHITA, Toshihiro WADA, Yoshinobu KITANO,
Shigeyoshi HATTA, and Hiromu UDA

Wakayama Fruit Experiment Station, Kibi, Wakayama 643

Summary

In order to devise effective measures for preventing satsuma mandarin fruits from mechanical injury, allowable external forces exerted upon the fruit were determined under different dropping conditions, judging from the incidence of juice sac breakage produced at every step of the fruit-packing line and in other handling processes.

1. Impact forces larger than 10 kg that were involved in fruit collisions with the floor and walls of the packing equipment markedly caused the breakage of juice sacs in M-sized satsuma mandarin fruits.

2. When test fruits were dropped on a hard board from initial positions higher than 40 cm, breakdown of juice sacs occurred by only one dropping. Similar injuries of juice sacs were produced by three-repeated droppings from a height of 30 cm. However, droppings of more than ten times were necessary when dropped from heights less than 20 cm. The impulsive force that was produced in the fruit dropped from a height of 30 cm was about 10 kg.

When test fruits were dropped on layers of other satsuma mandarin fruits, the incidence of juice sac breakage in the dropped fruit was rather slight as compared to that of fruits included in the layers. The extent and frequency of the occurrence of juice sac breakage were sharply increased when initial positions of dropping became higher than 30 cm. This fact indicates that the maximum allowable dropping height of M-sized satsuma mandarin fruits for preventing mechanical injury is about 30 cm.

3. Buffering effects of soft urethane mats, which are expected to reduce the impact force and consequently alleviate the incidence of juice sac breakage, were investigated. Soft urethane mats thick enough to reduce impact forces below the allowable external force (10 kg) could thoroughly prevent dropped fruits from breakdown of juice sacs. With initial heights less than 70 cm, soft urethane mats 20 to 30 mm thick were most effective for reducing the impact forces produced upon impact. Urethane mats thicker than 50 mm, however, exerted larger impact forces on dropped fruits than mats with 20 to 30 mm thickness, resulting in severer breakdown of juice sacs.

緒 言

著者らは、第1報(18)において、外力によるミカン果実の損傷について検討した結果、果実組織のうちでも、砂じょうが最も鋭敏に影響を受けることを明らかにし、その破壊程度を数量的に調査する手法を見出した。

果肉部である砂じょうの破壊は、岩元ら(6)も指摘しているように、その品質変化の直接原因となることも自明である。

選果工程や果実の取扱い過程において生ずる砂じょうの破壊は、果実の落下や外圧によることから、選果機工程や果実の取扱い改善が必要である。しかしながら、大量の果実を能率よく処理するためには、落下衝撃や圧縮を皆無にすることもまた至難である。

そこで、果肉の砂じょう破壊を指標として、落下衝撃や落下高、落下回数などの許容範囲を明らかにし、それにもとづいて果実の取扱いや選果工程の改良をすすめていくことが重要と考えられる。

中馬ら(1)は、ミカン果実の裂果を指標として、その落下高や損傷エネルギーについて報告している。しかしながら、果肉組織に対する外力の許容限界についてはこれまでに明確な知見が得られていない。

本報告は、砂じょう破壊を指標として、果実の落下の許容範囲について検討したものである。また、落下衝撃による砂じょう破壊を防止するため、緩衝材の応用についても検討し、損傷防止に関して、2～3の知見を得ることができたので取りまとめて報告する。

1. 砂じょう破壊を指標とした落下衝撃の許容限界

果実の落下衝撃、落下高及び落下回数と果肉の砂じょう破壊の関係を調査し、落下の許容範囲を明らかにしようとした。

実験材料及び方法

実験(1) 衝撃荷重と砂じょう破壊の関係

温州ミカンの代表的な系統の一つである林温州のM級果実を用い、1976年12月に実験を行なった。

圧縮型ロードセル(共和 LC20KA 型)に15cm×15cmで4mm厚の鉄板を固定し、この上に果実を落下させ、瞬間最大衝撃値(以下衝撃値と記す。)を測定した。

落下は70cmまで、10cmごとに各5果ずつ行ない、動ひずみ計(共和 DPM-IN 型)及び電磁オンロ(共和 RPS-11 型)を用いて衝撃値を測定し、果実重100g当たりに換算した。

落下処理した果実は第1報(18)で示した要領によりじょうのう内果汁溢出量を測定し、衝撃値との関係を検討した。

実験(2) 落下高、落下回数と砂じょう破壊

当場内カンキツ園から、林温州の果実を注意深く採取し、形状のそろったM級果実を選んで直ちに実験を行なった。

10mm厚の硬質塩化ビニールプレート上に、落下高、落下回数別に各5果ずつ用いて落下処理し、じょうのう内果汁溢出量を調査した。なお、果実の落下方向は果梗部を上または下にして交互にくり返し落下させた。

果汁溢出量の測定は第1報(18)の方法によった。

また別に、100g前後の果実を5果ずつ用い、硬質塩化ビニールプレート上での落下衝撃を、落下高別に実験(1)で示した方法により測定した。この場合、ロードセルの受感部受皿上に硬質塩化ビニールプレート(15cm×15cm、厚さ10mm)を固定し、その上に果実を落下させた。

実験(3) 果実上への落下衝撃による砂じょう破壊

当場カンキツ園から、1975年12月に収穫し、約1か月間貯蔵した林温州のM級果実を用い、翌年1月14日から20日にかけて実験を行なった。

落下処理は、落下高8水準(0～70cm)、落下回数5水準(1～5回)とし、果頂部を上にして床上に置いた果実の上に、他の果実を、果軸を垂直にして落下、衝突させた。

床に置いた果実(静置果実)と落下させた果実(落下果実)別に5果ずつじょうのう内果汁溢出量を調査した。

実験結果

落下衝撃と砂じょう破壊の関係

任意の高さから果実を落下させた場合の衝撃値と砂じょう破壊程度との関係を第1図は示した。これによると両

Fig.1. Relation between drop impact and break of juice sac of a satsuma mandarin fruit. The extent of break of juice sac is expressed as the weight of free flowing juice from juice sac out into a segment.

* Significant at 1% level.

Fig.2. Effect of dropping height and dropping times on the break of juice sac.
H : Dropping height (cm).

Fig.3. Impact force of a fruit when dropped on P.V.C. plate.

者の間に $y=0.016x^{3.16}+29.97$ の有意なべき乗回帰式が得られた。ここで y はじょうのう内果汁溢量 (mg/10g), x は衝撃値で、定数 29.97 は無処理果のじょうのう内果汁溢量である。この場合、衝撃値が 10 kg 程度以下では、じょうのう内果汁溢量はほとんど増加しなかったが、それ以上の衝撃では顕著に増加した。

落下高、落下回数と砂じょう破壊

硬質塩化ビニールプレートを下床とした場合の落下

高、落下回数と砂じょうの破壊の関係を第2図に示した。

落下 20cm 以下では、落下回数が 15 回に及んでも、その影響は軽微であったのに反し、落下 40cm 以上では 1 回の落下で砂じょう破壊がみられ、落下回数の増加、落下高の増大とともに砂じょう破壊が増大した。なお、落下高 30cm では 3 回までは影響が少なく、5 回以上で砂じょう破壊が急増した。

硬質塩化ビニールプレート上に M 級果実を落下させた場合の衝撃値は第3図に示したように、落下高 30cm で 10 kg 前後であった。

果実上への落下衝突による砂じょう破壊

ミカン果実に他のミカンを落下衝突させた場合の砂じょう破壊を第4図に示した。

落下果実の砂じょう破壊は、硬い材質上に落下させた場合に比べ、格段に少なく、落下高、落下回数の差は明りようでなかった。これは、静置した下側の果実によって衝撃が緩和されたためであろうと考えられた。しかし、打撲され

た静置果実は、落下高 30cm 以上では落下回数の増加にともなって砂じょう破壊が直線的に増大した。したがって、落下果実そのものよりも下敷きとなって打撲される果実の被害は著しく、この点から落下の許容高は 30cm と考えられた。

以上の結果から、温州ミカン果実の代表的な M 級果実の場合、落下衝撃の許容限界は衝撃値で 10 kg、落下高で 30cm と考えられた。

2. 落下床の材質並びに軟質ウレタンの緩衝効果

落下衝撃による果実の損傷は、落下床の材質によって支配されると考えられるので、落下床の材質と果実の落下衝撃、並びに砂じょう破壊について検討するとともに、軟質ウレタンの緩衝効果について調査し、選果荷造工程などにおける適切な応用法を明らかにしようとした。

実験材料及び方法

実験 (1) 落下床の材質と砂じょう破壊

1976 年 12 月 14 日に当场カンキツ園から収穫した林温州のうちから M 級の果実を選び、落下高 30cm で、落下床の材質別に衝撃値並びにじょうのう内果汁溢量を調査した。

衝撃値の測定は、1-実験 (1) で示した衝撃測定装置により、ロードセルの受感部受皿に任意の材質を固定し、その上に果実を 1 個ずつ落下させ 5 反復で測定した。この場合、果実の落下姿勢は果軸を垂直にして落下

Fig. 4. Effect of dropping fruit on breaking of juice sac of other fruit in respective layer.

させた。

一方、厚さ 4 mm、50 cm 四方の鉄板に任意の材質を接着材で貼り付け、その上に果実を 5 果ずつ用いて、50 cm の高さから各 30 回落下処理し、じょうのう内果汁溢出量を調査した。

落下床の材質は、桧板（厚さ 20 mm）、硬質塩化ビニールプレート（厚さ 10 mm）、ミカン用段ボール箱紙（厚さ 8 mm）、ポリエステル系軟質ウレタン S.C（厚さ 5 mm、20 mm 及び 50 mm）の 6 種について行なった。

実験（2）軟質ウレタンの厚さとミカン果実の落下衝撃

ポリエステル系軟質ウレタン S.C（以下軟質ウレタンと略す）を厚さ 5 mm、10 mm、20 mm、30 mm、及び 50 mm に裁断し、実験（1）で行なったと同様、ロードセルの受皿に貼り付け、その上に 100 g 前後の M 級林

温州の果実を各高さからそれぞれ 10 回ずつ落下させ、その衝撃値を測定した。なお、果実の落下姿勢は、実験（1）と同様にした。

実験（3）軟質ウレタンによる砂じょう破壊防止効果

硬質塩化ビニールプレート（1 m×2 m、厚さ 10 mm）を床の上に置き、その上に実験（2）で用いた各厚さの軟質ウレタン（50 cm×50 cm）を敷いて、30 cm の高さから M 級の林温州果実を落下処理し、じょうのう内果汁溢出量を測定した。

落下回数は、0、1、5、7、10、15、及び 20 回の 8 水準とし、各 5 果ずつ供試した。

実験（4）砂じょう破壊からみた危険域の落下高、落下回数下での軟質ウレタンの効果

前項の実験（2）の結果に基づいて、危険域と考えられる落下高、落下回数を選び、また、衝撃値を 10 kg 以下に抑え得るような厚さの軟質ウレタンを選定して実験を行なった。

すなわち、実験（1）と同じ方法で、緩衝用の軟質ウレタンを貼布したロードセルの受皿上に果実を落下させ、その緩衝効果と、砂じょう破壊防止効果を確かめた。

供試果実は場内産林温州で、浮皮果や果皮の厚いものを除き、100 g±5 g のよくそろったものを選び、各 5 果ずつ用いた。

実験結果

落下床の材質と衝撃値並びに砂じょう破壊

第 1 表は、落下床の材質別に落下高 50 cm における衝撃値と 30 回落下させた場合の砂じょう破壊程度を調査した結果である。

衝撃値、並びにじょうのう内果汁溢出量は、桧板、硬質塩化ビニールプレート、段ボール箱紙、並びに軟質ウレタンの 5 mm 厚ではいずれも大であったが、軟質ウレタンの 20 mm 厚、及び 50 mm 厚でははるかに軽減された。

軟質ウレタンの厚さと果実の落下衝撃

第 5 図は軟質ウレタン床の厚さ別に、ミカン果実の落下衝撃の変化を示したものである。すなわち、軟質ウレタンの厚さが 20 mm～30 mm までは、厚さを増すともなって衝撃値が軽減されたが、50 mm になるとかえって衝撃値が増大することが認められ、実験の範囲では、落下高が大きくなるほど、その傾向が著しかった。

軟質ウレタンによる砂じょう破壊の防止効果

第 6 図、第 2 表は、落下床に各種厚さの軟質ウレタンを用い、30 cm の高さから果実を落下させた場合の、砂

Table 1. Comparison of the effectiveness of buffer floors for protecting the impact injury of fruit.

Kinds of buffer floor	Impact force	Weight of free-flowing juice from juice sac out in segment*
Cypress board (20 mm)	14.7 (kg)	2.18 (g/segment)
P. V. C plate (10 mm)	14.6	2.12
Corrugated cardboard (8 mm)	14.0	2.20
Soft urethane mat S. C (5 mm)	11.9	0.36
Soft urethane mat S. C (20 mm)	7.1	0.26
Soft urethane mat S. C (50 mm)	6.6	0.28
Check	0	0.14
LSD { 5 % 1 %	1.6 2.2	1.07 1.47

* Dropping height 50cm, 30 times.

Fig. 5. Effect of soft urethane mat on lessening the impact by dropping fruit.

じょう破壊を調査した結果である。すなわち、前実験の緩衝効果と同様、砂じょう破壊も有意に軽減されたが、落下回数の増加にともなって、じょうのう内果汁溢出量が増加し、砂じょう破壊が進行することが認められた。

軟質ウレタンの厚さ別に、落下処理果のじょうのう内果汁溢出量をみると、20～30mm厚さで最も少なく、50mm厚さでは、20～30mm厚さよりむしろ多かった。これは実験（3）の測定結果とよく一致した。これより、選果工程などに用いられる緩衝材の軟質ウレタンは、20

Fig. 6. Effect of thickness of soft urethane mat on breaking of juice sac by the dropping fruit. Dropping height : 30cm. U=thickness of urethane mat (mm).

Table 2. Effect of significance test in breaking of juice sac.

Factor	F	P	L. S. D
Main effect {Thickness of urethane mat	22.97	0.1% > P	13.1
{Number of repetition of drop	25.89	0.1% > P	15.1
Interaction {Thickness-dropping times	5.27	0.1% > P	15.1

Fig.7. Lessening effect of the impact and prevention of juice sac breaking by dropping of fruit to the urethane mat from dangerous height.

～30mmの厚さが適当であると考えられた。

危険域の落下高、落下回数下での軟質ウレタンの効果前項、実験(2)の結果からみて、砂じょう破壊を生じると考えられる危険な落下高、落下回数のもとで、実験(2)により、衝撃値を10 kg以下に軽減し得ると考えられる厚さの軟質ウレタンを選択し、砂じょう破壊の防止効果を検討した結果、第7図を得た。すなわち、落下時の衝撃値はいずれも10 kg以下に軽減できることが確認され、それぞれ対照区(ウレタン0)に比べ、じょうのう内果汁溢出量が明らかに減少し、砂じょう破壊を確実に防止することができた。

考 察

落下衝撃による砂じょう破壊を左右する因子

温州ミカンの果実は、落下衝撃により果実組織に損傷をきたすが、なかでも果肉の砂じょうが最もその影響を鋭敏に受けること、また、砂じょう破壊は果実の大きさや、果皮の形質、果実の予措乾燥などによって異なり、2L, 3Lなどの大果に比べ、L～S級の果実で生じやすく、果皮が薄いものや浮皮果が弱いこと、さらに予措乾燥によって硬度の低下した果実は砂じょう破壊をおこしやすいことを第1報(18)、第2報(19)で明らかにした。

西浦ら(12, 13)は温州ミカンの果実の大きさを多くの品種について調べた結果、M級を中心にS～L級に属するものが全体の70%以上を占めていたことを報告している。そこで、今回の一連の実験には、その代表的な大きさであるM級果実を対象とし、しかも果皮の厚いものなど、標準的でないものは供試果実から除外した。

衝撃強度と砂じょう破壊

果実の落下による衝撃値と果肉の砂じょう破壊について検討したところ、100 gの果実で、衝撃値が10 kg以

上になると明らかに砂じょう破壊が起り、また落下床に緩衝材を用いて衝撃値を10 kg以下に抑えれば砂じょう破壊もまた確実に防止できたことから砂じょう破壊を生じない落下衝撃の許容限界は10 kg程度であると考えられる。

また、果実が硬い材質上に落下した場合は、落下高30 cmで衝撃値がほぼ10 kgとなり、この場合、1回の落下では砂じょう破壊が生じないが、5回以上、反復落下させると砂じょう破壊が生じ、落下回数を増すにしたがってそれが増大する。これは、落下衝撃により果実がくり返し圧縮されるため、(アルベドのはがれや果皮の緊張がゆるむほか、油胞の破壊など)果皮組織が物理的に疲労、損傷をきたした。岩元ら(6)、山下(17)らが報告しているように果実が軟化する。そのため、落下衝撃の影響が果肉内部まで強く及ぶからであろうと考えられ、予措乾燥によって硬度の低下した果実が、落下衝撃や圧縮によって砂じょう破壊を起こしやすくなるとした前報(19)の結果とも一致する。

果実相互の衝突による砂じょう破壊

果実の取扱い過程や、選果荷造の工程内において、ある果実が別の果実上に落下して損傷を与えることがしばしば見受けられる。この場合、落下させた果実の砂じょう破壊は比較的軽い。これは、下側に静置した果実が、緩衝作用をすることによるものと考えられたが、落下の下敷きとなって、直接打撲される果実は、落下高30 cmを越えると砂じょう破壊を起こすので、果実上といえども30 cmを越える落下は危険であると考えられる。

以上のことから、砂じょう破壊を防ぐため、果実の落下高は30 cmが許容し得る限度と考えられ、その回数も3回を越さないように、選果荷造工程の設計や既存施設の改良を進めていく必要がある。また、果実の収穫や密器の入替えなど、果実の取扱いにも留意する必要がある。

果実の損傷に関する他者の研究との対照

外力による果実の損傷度、もしくは損傷エネルギーなどを定量的に調査した報告は、リンゴについて Nelson(11)の静圧荷重と傷害体積について、Mohsenin(10)の果実の降伏点からみた大型運搬容器(bin)の深さの安全性について、タマネギについての Isenberg(4)の許容落下高に關しての成績がみられ、我が国の温州ミカンについては、中馬ら(2)はバラ積みコンテナによる輸送試験において、140 gのミカンは落下高170 cmで破壊がはじまることから、深さ1 mのコンテナにミカンを充填するとき、その上端から70 cm以内で放出する必要があるとしながらも、実用的にはこの6～7割、つまり

102～119cm 程度を許容落下高とすべきであり、輸送直後に消費、または加工されない場合は、落下高をさらに下げねばならないとしている。

岩元ら（5）は、温州ミカンは 100cm の高さから落下させた場合でも果実に破壊を生じず、落下衝撃に対しては数 10 kg の荷重に耐えるとしている。しかしながら、果実が破壊しなくても果肉の砂じょう破壊が生じることを指摘している。

以上のようにこれまでの報告では、いずれも裂果を指標としたものであって果実の内部組織、特に砂じょう破壊を指標としたものではない。

収穫後の温州ミカンの取扱い、ことに貯蔵用果実については経験的に、落下や転がしをさけ、極力ていねいに扱わねばならないとしたものが多い（7, 9, 15 など）。

本実験で得られたミカンの落下高の許容限界は、現実の選果機工程やその取扱いの実態からみるとかなりきびしいものといえる。

温州ミカンの取扱いに関して、こうした実験の根拠に基づいた数値的指標はこれまでに明確にされていないが、米国では、Vines（16）らによると、選果工程におけるオレンジについては 12 インチ（約 30cm）以上の高さからの落下は果実の呼吸を促進し、その後の品質劣化を招くとし、12インチ以上の落下はさけるべきであるとしており、著者らの砂じょう破壊からみた許容落下高と偶然にも一致する。

また、Fluck ら（3）もオレンジの衝突損傷を調査し、落下高 25cm を除き、50cm, 100cm の落下は 1 回よりも数回の落下により大きな損傷がみられ、損傷を与えた個体では、内部構造の破壊を生じ、断面での自由果汁の存在が認められたとしており、温州ミカンに比べ、比較的果皮の強いオレンジにおいても、落下高 50 cm で砂じょう破壊の生じることを示唆している。

温州ミカンの落下処理による食味の変化を調べた北野ら（8）によると、30cm の高さから 5 回落下させた果実でも明らかに呼吸が増大し、食味を損ねたとしている。

こうしたことから著者らの示したミカン果実の許容落下高の限界は、その品質保持の観点からみて妥当なものであると考えられる。

果実保護のための緩衝材の応用

選果荷造工程における果実の落下衝撃を緩和するためには緩衝材の有効な活用が必要である。

落下衝撃や振動衝撃を緩和するための緩衝材としては紙綿、木毛、各種プラスチックフォームが用いられているが、本実験で用いた軟質ポリウレタンもその代表的な

ものの一つである。

果実類に対する緩衝材の応用に関しての報告は比較的少ないが、Obrien（14）は大型輸送容器（bin）でのモモの輸送中における振動による損傷防止効果を、1 インチの厚さのポリウレタンを用いて検討したところ、損害果率をほぼ 1/4 に軽減したことを報告している。

本実験でもみてきたように、ミカン果実の落下衝撃に対する軟質ポリウレタンマットの緩衝効果と、それにもなう砂じょう破壊防止効果は顕著である。

緩衝材は、落下高や衝撃の強さに応じて、適当な材質と、その厚さを選択することが重要である。即ち、本実験で用いたポリエステル系の S.C では 70cm 以下の落下高の場合、20～30mm 程度の厚さが最適であって、50 mm では緩衝効果、砂じょう破壊防止効果とも、むしろ低下する。この理由については今後、さらに検討を重ねたいと考えている。

しかしながら、選果機工程における落下衝撃の緩和には、落下高や落下回数の低減を主に改良策として構ずるべきで、緩衝材の効果を過大視することなく、あくまでこれを補助的手段として活用すべきものと考えられる。

摘 要

温州ミカン果実の砂じょう破壊を指標として、落下衝撃の許容限界を検討し、果実の取扱い過程や選果荷造工程における損傷防止に関して調査研究を行なった。

1) 温州ミカンの M 級果実について、落下時の瞬間最大衝撃値（以下衝撃値と略す）と砂じょう破壊について検討した。

衝撃値が 10 kg 以上に達すると明らかに砂じょうの破壊がみられた。

2) 落下高、落下回数と砂じょう破壊の関係について調査した。

固い材質上に果実を落下させた場合、砂じょうの破壊は、落下高 40cm のとき、1 回で起こったが、落下高 30 cm では 3 回まで、落下高 20cm の場合は 10 回までは起こらなかった。

落下高 30cm での衝撃値はほぼ 10 kg であった。

また、他の果実上に落下させた果実の砂じょう破壊は比較的少ないが、打撲を受けた下側の果実の砂じょう破壊は大きく、落下高 30cm 以上になると有意に増大した。

ここで、M 級果実の落下高の許容限界は 30cm と考えられた。

3) ミカン果実の落下衝撃を軽減し、砂じょう破壊を防止するため、軟質ウレタン (S.C) の緩衝効果について実験した。

衝撃値を 10 kg 以下に緩和できる厚みの軟質ウレタンは、砂じょう破壊を確実に防止することができた。また、70 cm 以下の落下高では、20~30 mm 厚の軟質ウレタンは衝撃値を最も軽減でき、50 mm 厚では 20~30 mm 厚に比べ、衝撃値はむしろ増大し、落下果実の砂じょう破壊も増加した。

謝 辞 御多忙な職務の寸暇をさいて本稿の御校閲を下された九州大学農学部教授、中馬豊博士に対し厚く感謝の意を表します。また、本稿の取りまとめに当たり御協力いただいた当場主任研究員、森本純平氏に謝意を表します。

引用文献

1. 中馬 豊・岩元睦夫・志賀 徹. 1971. 温州ミカンの流通改善技術に関する研究 (第3報). 農機誌. 33 (3): 304—311.
2. ———・—————・—————. 1972. 温州ミカンの流通改善技術に関する研究 (第5報). 農機誌. 34 (1): 64—70.
3. FLUCK, R. C, and E. M. AHMED. 1974. Measurement by compresion test of impact damage to citrus fruit. Journal of Texture Studies 4: 494—500.
4. ISENBERG, F. M. 1955. The effect of height of fall on onion bruising. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 66: 331—334.
5. 岩元睦夫・志賀 徹・中馬 豊. 1976. 選果工程における落下衝撃とワックス処理の温州ミカン品質に及ぼす影響. 園学雑. 45 (2): 203—209.
6. ———・早川 昭・河野澄夫・真子正史. 1977. 選果工程中に受ける落下衝撃の温州ミカン品質に及ぼす影響. 農機誌. 38 (4): 539—544.
7. 岩崎藤助. 1966. カンキツ栽培法. 朝倉書店. pp. 430—436.
8. 北野欣信・山下重良・八田茂嘉・宇田 拡. 1977. 温州ミカンの選果荷造工程における品質管理に関する研究 (第4報). 園芸学会昭和52年春季発表要旨. 454—455.
9. 松本和夫. 1960. 柑橘. 朝倉書店. pp. 212—215.
10. MOHSENIN, N. N., H. GOEHLICH, and L. D. JUKEY. 1962. Mechanical behavior of apple fruit as related to bruising. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81: 67—77.
11. NELSON, C. W, and N. N. MOHSENIN. 1968. Maximum allowable static and dynamic load and effect of temperature for mechanical injury in apple. J. Agr. Eng. Res. 13 (4): 305—317.
12. 西浦昌男・伊庭慶昭・木原武士・吉田俊雄. 1970. 昭和44年度園芸試験場興津支場試験研究年報. pp. 23—24.
13. ———・—————・—————. 1970. 昭和44年度園芸試験場興津支場試験研究年報. pp. 12—13.
14. O'BRIEN, M., R. C. PEARL, E. P. Jr. VILAS and R. L. DREIBACH. 1969. The magnitude effect of in transit vibration damage of fruits and vegetable on processing quality and yield. Transaction of the ASAE. 12 (4): 452—455.
15. 高橋郁郎. 1958. 柑橘. 養賢堂. pp. 544—550.
16. VINES, H. M. et al. 1964. Better handling of Florida's fresh citrus fruit. Agricultural Experiment Station Bulletin. 681.
17. 山下重良・北野欣信・八田茂嘉・宇田 拡. 1975. 温州ミカンの選果荷造工程における品質管理に関する研究 (第3報). 園芸学会昭和51年春季発表要旨. 126—127.
18. ———・—————・—————. 和田年裕・宇田 拡. 1979. 温州ミカンの選果荷造過程における損傷要因と損傷防止に関する研究 (第1報). 園学雑. 48 (2): 231—241.
19. ———・和田年裕・北野欣信・八田茂嘉・宇田 拡. 1979. 温州ミカンの選果荷造過程における損傷要因と損傷防止に関する研究 (第2報). 園学雑. 48 (2): 242—247.