

# 二十世紀ユズ肌果の呼吸量と葉の Water balanceとの関係

川 俣 恵 利

Relationship between Respiration Rate of the Disordered Fruit and Water Balance  
in leaves on Nijisseiki Pear (*Pyrus serotina* var. *culta* REHDER)

Shigetoshi KAWAMATA

## Summary

Seasonal changes in the respiration rate of fruits and leaves were investigated from early development to harvesting time in Nijisseiki pear trees bearing normal fruits or fruits affected with 'Yuzuhada' disorder (physiological disorder). Further, the transpiration rate and water saturation deficit (W.S.D.) of leaves were measured, and their relation to the disorder discussed. The following observations were made:

- 1) The disordered fruit increased  $O_2$  uptake and  $CO_2$  evolution at the bearing of the rainy season, and continued until the end of August. As a result of it, the respiratory quotient (RQ) was higher throughout the season in affected fruits than normal ones. It was proven that the respiration rate of disordered fruit was remarkably accelerated as the disease progressed.
- 2) The respiration of leaves of affected trees markedly increased from the end of June, and it showed a similar tendency as compared with fruits.
- 3) The respiration rate and W.S.D. of leaves of affected trees were markedly higher in almost all seasons as compared with that of normal trees. A high positive correlation was observed between transpiration rate and W.S.D..
- 4) As a result of storage at room temperature for 30 days or at  $5^{\circ}C$  for 45 days at various stages of the disorder, the decay of affected fruits tended to increase as disease progressed. The decayed fruit began at fruit apex which presented symptoms of the physiological disorder.
- 5) With regards to the stored fruits at  $5^{\circ}C$  for 45 days, total sugar and reducing sugar contents were lower than those at harvesting time. Therefore, it seems that the abnormal respirations are related to the changes of sugar contents in those fruits.

## 緒 言

これまで、二十世紀のユズ肌果は果実中のP含量がやや多く、Ca含量が低下しており、それ等に関連して糖構成の異常、とりわけ果糖の低下、デンプン粒の遺存が著しいことを明らかにしてきた(13, 16)。こうした糖構成の異常は、糖分が呼吸燃焼の基質として利用されていることや(23)、糖とCaとが呼吸作用に関与しているという報告(3, 4, 6)があることから果実中の呼吸代謝に何等かの影響を及ぼしていることが考えられる。さらに、ユズ肌果は水分含量が低下しており(10)、また

果皮の着色も著しく促進されていることが認められている(16)。そこで、ユズ肌果の発育初期から成熟期にかけて果実および葉の呼吸作用について調査し、あわせて葉のWater balanceについても調べ、それ等の関係について検討した。

## 材料および方法

分析に供した材料は当場果樹園に植栽されている27年生(1973)二十世紀から採取した。その際、毎年80%以上のユズ肌果発生が認められたものをユズ肌果発生樹とし、対照樹として隣接したユズ肌果発生の認められない

健全樹を選んで経時に果実および葉の呼吸量を測定した（第1、3図）。なお、施肥管理はN20、P10、K14kg/10a（元肥8割、礼肥2割）で行なった。

**呼吸量の測定** 果実の呼吸量の測定はワールブルグ検圧計を用いて、好気条件下、30°C、120 rpm/minで行なった（26）。健全樹とユズ肌果発生樹から2果ずつとり、2連制で各果ごとに測定し、その平均値で表わした。試料は果実の赤道部からコルクボーラーで果肉1gをとり、1mm以下のスライスをミクロトームで作製し、それを細断してゲッフェスに入れ、O<sub>2</sub>吸収量とCO<sub>2</sub>放出量を同時に測定した。

葉の測定には1区5枚ずつとり、それぞれ葉身のタテ半分を1mmの厚さに細断し、その0.5gをゲッフェスに入れて果肉と同様に行なった。

**果実のCO<sub>2</sub>測定** 果実のCO<sub>2</sub>測定は収穫期（9月12日）に供試果実を障害発現程度別に分け、日立一堀場製の炭酸ガス測定装置を用いて測定した。供試果実は280±5gのものを各区5果ずつ黒布で遮へいたデシケータ中に入れ、4時間連続通気法（5ℓ/hr）により行なった。

**蒸散量測定** 供試した材料は50cm以上に伸長し、本葉が5枚以上着いた徒長枝を用いた。条件を一定にするため各区とも完全に展葉したほぼ同じ大きさの葉を残し、未展葉部位は切除して、切口をビニロウで塗布した。それ等をあらかじめ既知の水量を入れた500mL容の三角フラスコに枝の基部をさし、綿せんをして午前9時から午後4時まで7時間屋外で蒸散させた。1区3連制で行ない、実験終了後葉面積を測定し、同一葉面積当蒸散量に換算して葉1枚/7hrで表示した。

**水分不足度** 葉の水分不足度については、Ackley(1,2)、鈴木ら（20）の方法で行なった。すなわち、葉を午前9時に採取し、生体重を直ちに測定し、デシケータ中で葉柄を水中にさした。24時間吸水させた後、完全膨脹時の重量（飽和葉重）を測定し、105°C定温器中で乾燥させ、恒量になった後秤量して乾燥重とした。供試葉は徒長枝の中位の葉20枚とした。なお、算出式は次のように行なった。

$$\text{水分不足度} (\%) = \frac{\text{飽和葉重} - \text{採葉時重}(生体重)}{\text{飽和葉重} - \text{乾燥重}} \times 100$$

**腐敗果調査** 収穫時の9月14日に収穫した果実を第1表のごとく重症果（果底部 $\frac{1}{3}$ 以上の症状果）、（軽症果 $\frac{1}{3}$ 以下の症状果）、健全果および健全樹・健全果に区分し、室温貯蔵では各区150果、5°C冷蔵では各区120果ずつ貯蔵した。室温貯蔵は30日後（10月13日）、5°C冷蔵は45日後（10月29日）にそれぞれ腐敗量を調査した。

**糖の分析** 糖の分析は収穫時の果実と5°C 45日間冷蔵した果実を用いて、全糖はアンソロン法、還元糖はソモギーネルソン法、ブドウ糖は次亜ヨード酸微量法、果糖は還元糖—ブドウ糖、ショ糖は（全糖—還元糖）×0.95でそれぞれ行なった。

## 実験結果

### 1. 果実および葉の呼吸量

果実の発育初期から成熟期までの呼吸量の変化について第1図に示した。5月中旬から6月下旬まではO<sub>2</sub>吸収量およびCO<sub>2</sub>放出量とも低下したが、梅雨に入つて再び増加した。この期間中のO<sub>2</sub>吸収量およびCO<sub>2</sub>放出量は健全果よりもユズ肌果の方が多くなり、その差が認められるようになった。その後、健全果は梅雨明けとともにO<sub>2</sub>吸収量、CO<sub>2</sub>放出量とも低下したのに対し、ユズ肌果は8月中旬まで増加しており、その後は低下したが、この間のO<sub>2</sub>吸収量、CO<sub>2</sub>放出量とも顕著な差が認められた。呼吸商（RQ）は果実発育初期には低い値であったが、梅雨期になるにしたがって健全果もユズ肌果も増加し、ユズ肌果が多少高い傾向を示したが両区

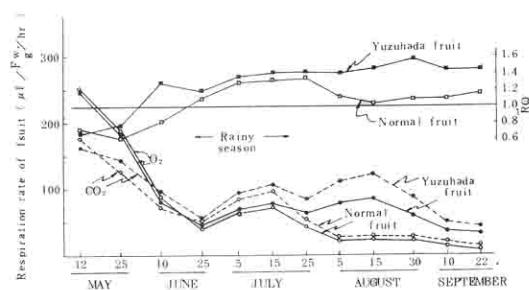


Fig.1. Seasonal changes in the respiration rate of yuzuhada and normal fruits of Nijisseiki pears.

の差は少なかった。その後、梅雨明けとともに健全果は低下したのに対し、ユズ肌果は梅雨期の状態のまま収穫期まで続き著しい差が認められた。

つぎに、収穫期におけるユズ肌果の障害発現程度別のCO<sub>2</sub>放出量について測定した結果を第2図に示した。健全樹・健全果は6.4mgのCO<sub>2</sub>放出量であったが、ユズ肌果発生樹の健全果でも10.3mgあり、明らかな差が認められた。さらに、軽症果は17.2mg、重症果は18.9mgあり、ユズ肌の症状が重くなるにしたがって増加した。

ユズ肌果発生樹と健全樹の葉の呼吸量については第3図に示した。5月下旬から7月上旬までのO<sub>2</sub>吸収量は健全樹よりもユズ肌果発生樹の葉の方がやや多かったが、7月下旬以降は健全樹の葉の方が多くなった。一方、CO<sub>2</sub>

放出量は梅雨入りとともに健全樹の葉が低下したのに対し、ユズ肌果発生樹の葉は緩慢に低下し、著しい差が認められた。しかし、8月上旬以降は健全樹の葉もCO<sub>2</sub>放出量が増加したため、ユズ肌果発生樹との差はほとんど

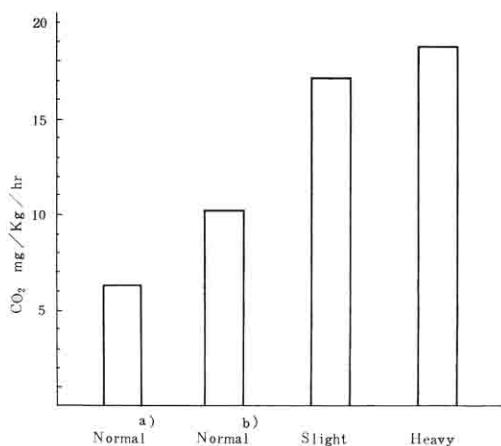


Fig. 2. Comparison of carbon dioxide production between yuzuhada and normal fruits of Nijisseiki pears.

- a) Collected from trees bearing normal fruit only.
- b) Collected from trees bearing affected fruits.

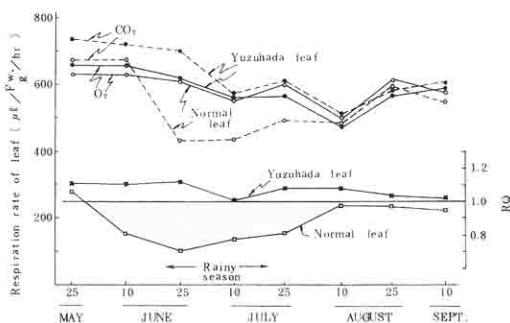


Fig. 3. Seasonal changes in the respiration rate of leaf of yuzuhada and normal trees of Nijisseiki pears.

認められなくなった。したがって、RQも6月上旬から7月下旬まで健全樹の葉が著しく低下したために、ユズ肌果発生樹の葉との間で顕著な差となって表わたった。8月以降はユズ肌果発生樹の葉が多少高い値で続いた。

## 2. 葉の蒸散量および水分不足度

5月下旬から8月中旬までの葉の蒸散量については第4図に示した。蒸散量は天候によって影響されるが、晴

天の日には5月、6月、8月になるにしたがって増加しており、健全樹よりユズ肌果発生樹の葉の方が終始多く蒸散していた。また、6月下旬の降雨日の日の測定でも蒸散量は全体的に低下していたが、それでもユズ肌果発生樹の葉の方が多かった。

つぎに、葉の水分不足度については第5図に示したところである。5月下旬から6月下旬までの水分不足度は

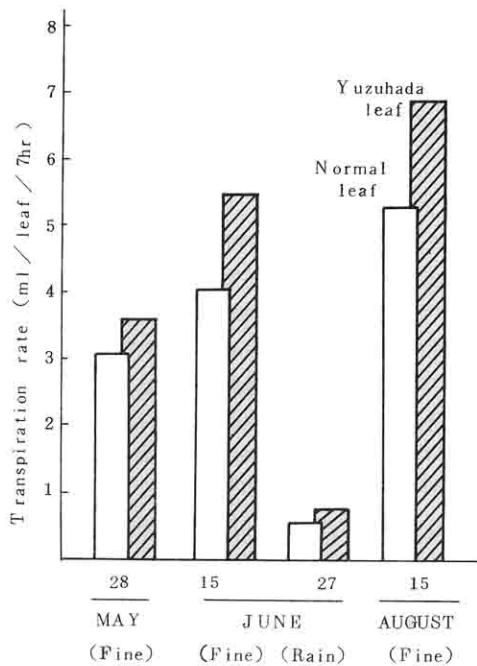


Fig. 4. Seasonal changes in the transpiration rate of leaves of yuzuhada and normal trees of Nijisseiki pears.

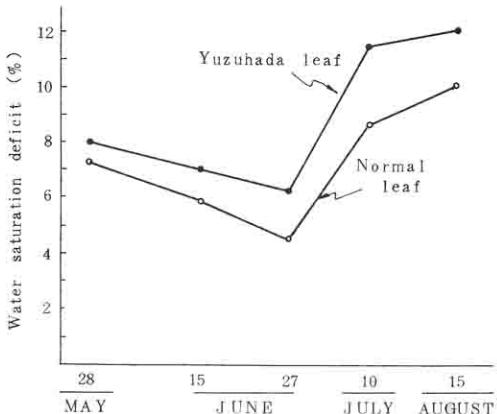


Fig. 5. Seasonal changes in the water saturation deficit of leaves of yuzuhada and normal trees of Nijisseiki pears.

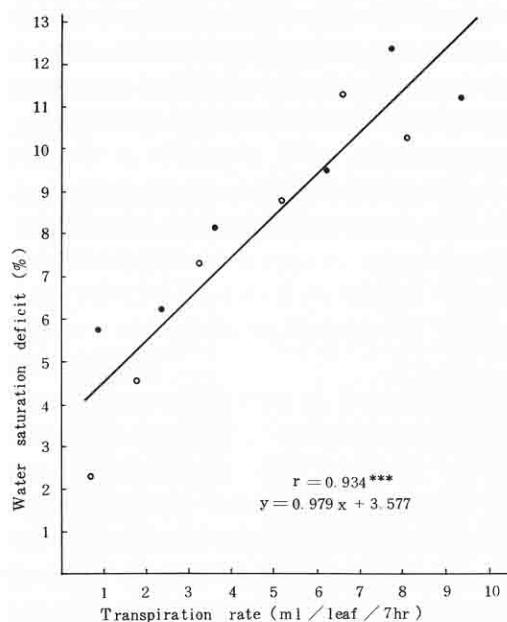


Fig.6. Correlation coefficient between water saturation deficit and transpiration rate of leaves of yuzuhada and normal trees of Nijisseiki pears.

Note; o—Leaves collected from trees bearing normal fruit only.  
•—Leaves collected from trees bearing yuzuhada fruits.

健全樹もユズ肌果発生樹も徐々に低下し、7月以降は著しく増加した。健全樹とユズ肌果発生樹の葉の比較では、ユズ肌果発生樹の葉の方が終始水分不足の状態であった。

そこで、蒸散量と水分不足度との関係について調べた

ものが第6図である。葉の蒸散量が多くなるにしたがって水分不足度も増加しており、それ等の間には $r=0.934^{***}$ の正の有意相関が認められた。

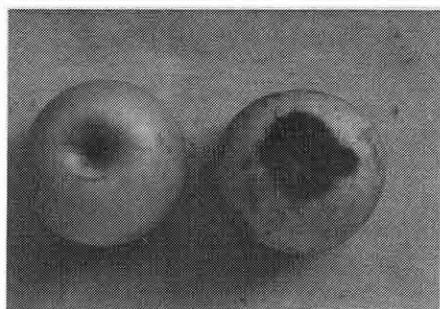


Fig.7. A comparison of fruit decay after 45 days in storage at 5°C of Nijisseiki pear fruits.

Left ; Collected from trees bearing normal fruit only.  
Right ; Yuzuhada fruit.

### 3. ユズ肌果の腐敗現象

ユズ肌果は梅雨明け以降、呼吸作用が著しく高まっていることが明らかになったので、目持の悪いことが予想された。そこで、室温ならびに5°C冷蔵をした際に、どれだけ腐敗果が認められるかについて調べた結果を第1表に示した。室温30日貯蔵で健全樹・健全果は3.3%の腐敗果が認められたのに対し、ユズ肌果発生樹の健全果は12.7%，軽症果が47.3%，重症果は64.7%それぞれ腐敗した。また5°C45日間冷蔵でもユズ肌果のみが腐敗し、障害の発現程度が重くなるにしたがって増加していくた。

さらに、5°C45日間冷蔵した果実の腐敗状況について

Table 1. Comparison of numbers of fruit decay during the storage of Nijisseiki pear fruits showing various stages of yuzuhada disorder in 1973.

Stage of disorder	After 30 days in storage at room temperature			After 45 days in storage at 5°C temperature		
	No. of storage	No. of decay	% of decay	No. of storage	No. of decay	% of decay
Heavy	150	97	64.7	120	68	56.7
Slight	150	71	47.3	120	41	34.2
Normal <sup>a)</sup>	150	19	12.7	120	12	10.0
Normal <sup>b)</sup>	150	5	3.3	120	0	0

a) Collected from trees bearing affected fruits.

b) Collected from trees bearing normal fruits only.

Table 2. Comparison of sugar contents between fruit at harvest and those after 45 days of storage showing various stages of yuzuhada disorder in 1973 (% of FW).

Stage of disorder	Harvesting time					After 45 days in storage				
	Total sugar	Reducing sugar	Glucose	Fructose	Sucrose	Total sugar	Reducing sugar	Glucose	Fructose	Sucrose
Heavy	10.30	7.52	3.38	4.14	2.64	9.38	6.03	3.74	2.29	3.18
Slight	11.01	8.12	3.22	4.90	2.75	10.18	6.73	3.80	2.93	3.28
Normal <sup>a)</sup>	11.65	8.78	3.13	5.65	2.73	10.70	7.10	3.82	3.28	3.42
Normal <sup>b)</sup>	12.67	9.06	2.76	6.30	3.43	11.71	7.54	3.84	3.70	3.96

a) Collected from trees bearing affected fruits.

b) Collected from trees bearing normal fruits only.

は第7図に示した。腐敗果の大部分は果底部から始まり、ユズ肌果の症状が最初に認められる部分と一致していた。

#### 4. 貯蔵果の糖含量の変化

ユズ肌果の収穫時と5°C45日間冷蔵した果実の糖含量については第2表に示した。収穫時の糖含量はこれまで明らかにしてきた結果(13, 16)と同じく、ユズ肌果は健全果に比べて果糖、ショ糖が少なく、ブドウ糖がやや多い傾向であった。5°C45日間冷蔵した果実は健全果ないしユズ肌果ともに果糖含量が著しく減少しており、ショ糖、ブドウ糖がやや増加したもの全体的に全糖、還元糖は低下していた。

#### 考 察

多くの果実は受精直後から幼果期にかけて呼吸が著しく高まり、果実発育とともに低下することが知られている(12, 18, 23)。本実験のユズ肌果は5月上旬から6月下旬まで呼吸量は低下したが梅雨入りとともに健全果よりも著しく高まり、その状態が8月下旬まで続いた。こうした傾向は田辺ら(21)が5月中旬から7月上旬まではあるが、ユズ肌果の呼吸量が異常に高まっていたとする報告と一致していた。さらに、本実験の葉の呼吸量も梅雨期をはさんで異常に高まっていたことは果実発育の著しい時期と関連してユズ肌果発生に代謝上何等かの変化を起こしていると考えられる。先に明らかにしたように(16)、ユズ肌果中のCa含量ないし果糖含量が低下し、デンプンが遺存する時期は、この呼吸作用の変化する時期とも一致しており、また、この時期は外見的にもユズ肌果症状が判別できる時もある。さらに、8月中、下旬の呼吸量の高まりや、障害の発現程度が重くなるにしたがってCO<sub>2</sub>放出量が増加していたことはユズ肌果が健全果よりも10日から1週間早く着色することと深い関係があるようと思われた。

Caと呼吸作用について、Faustら(6, 7), Bramlageら(4)はリンゴ果肉で、Tingwaら(22)はアボカド果肉でそれぞれ密接に関係していることを報告している。とりわけ、Bangerthら(3)はリンゴ紅玉を用いて、ブドウ糖ないしソルビトール液に果肉を浸漬した結果、CO<sub>2</sub>放出量が増加したとし、それ等にCaを添加したものはCO<sub>2</sub>放出量が抑制されたという報告をしている。このように、糖ないしCaが呼吸作用に密接に関与していることが明らかになりつつあるが、本実験のユズ肌果は呼吸作用が異常に高まっていたことと、先に報告(16, 17)したCa含量および果糖の低下とデンプンの遺存とが密接に関連していると考え合せるならば、ユズ肌果発生の原因究明への何等かの糸口を示唆しているように思われた。しかし、糖ないしCaが呼吸と直接的に関与しているものか、あるいは、酵素的作用によるものかは今後の検討を待たなければならない課題であろう。

樹体内的Water balanceについては多くの報告(1, 2, 10, 11, 19)があり、なかでも鈴木ら(20)はミカンの葉を用いて検討した結果、樹体内的Water balanceを示す指標として水分不足度(W.S.D.)が有効であることを明らかにした。W.S.D.すなわち葉状態の水分含量と完全膨脹時の水分含量を比較した数値は、吸水と蒸散のbalanceを示す数値であるとしている。本実験の結果でも蒸散量とW.S.D.との間に密接な関係が認められ、ユズ肌果発生樹の葉が健全樹のそれよりも終始蒸散量が多く、W.S.D.も高かったことは樹体内で何等かの代謝異常が起っているためと考えられる。こうしたユズ肌果発生樹の葉が常に高いW.S.D.を示すことについては、林ら(10), 塩原ら(19)も同様に確認しており、林(9, 11)はその理由として葉の浸透圧が高まったためとしている。とくに、夕方から夜間にかけてW.

S.D.の低下度合がユズ肌果発生樹は遅いとしており、葉も果実も浸透圧の差が大なる時間が長いことを述べている。このようにW.S.D.の低下度合が遅いのは蒸散量が多いことと関連してユズ肌果発生樹は一方では根の吸水力が弱まっていることも考えられるが、他方では先に考察したように果実および葉の呼吸代謝が異常に高まっていることも考えられる。事実、梅雨明け後の乾燥期に充分灌水しても果実内水分含量が一向に上昇しないことや、ユズ肌果発生率が低下しないのはそうしたことが関連しているためのように思われた。

これまでユズ肌果は健全果よりも呼吸量および蒸散量が異常に高まっていることを考察してきたが、苦名(23)によれば果実の呼吸が活発であるほど成熟から老衰への速度が大きくなる一換言すれば、長期保管に堪えなくなるということになる。本実験でも室温ならびに5°C冷蔵した際に、ユズ肌果は腐敗果が多く認められ、障害の発現程度が著しくなるにしたがって増加していたことは、こうした推測を裏づける結果を示していくことになる。また、ユズ肌果は腐敗果の増加と関連して糖構成の異常が認められたことは、先の Bangerth ら(3)の結果や、Drake ら(5)がリンゴで Internal breakdown や腐敗現象と関連づけて報告していることとも共通する面があるようと思われた。

日本ナシで横溝(25)は水耕により Ca 欠除した果実はペーオキシダーゼ活性が高まり、その結果呼吸代謝が高まり、果実の腐敗が促進されたとしており、林ら(10)も乾燥処理の結果、同様に Black-end に似た症状が発現したとしている。西洋ナシでは、Woodbridge(24)や深井(8)らは石ナシ・しり腐れ症状果では Ca 含量が低下しており、それ等に関連して障害が発生しているのではないかと推測している。

以上のように、日本ナシ果実の生理障害であるユズ肌果は果肉中において著しく Ca 含量が低下し、それに関連して糖構成の異常が認められ、更に、呼吸代謝が異常に高まっており、その結果腐敗現象が著しかったという一連の関係が認められたことは今後の原因究明のカギになるものと思われる。現在、Ca 施用による対策試験を実施中であるが、Ca 施用はユズ肌果の発生率を低下させ、果実中の Ca 含量が増加するとともに、果糖、ショ糖が増加し、ブドウ糖、ソルビトール、デングン等が減少する傾向が認められた(14)。更に、それ等の果実は呼吸作用ないし腐敗果率の低下も認められており(15)、ユズ肌果発生防止の方向を示唆しているといえる。

## 摘要

ユズ肌果発生樹および健全樹の果実、葉を発育初期から収穫期まで経時に呼吸量を測定し、あわせて果実貯蔵後の腐敗量も調査した。また、葉の蒸散量および水分不足度についても調べ、それ等の関係について検討した。

1. ユズ肌果は梅雨入りとともに健全果より O<sub>2</sub> 吸收量ないし CO<sub>2</sub> 放出量とも増加し、その状態が 8 月下旬まで続いた。その結果、RQ も健全果より高い値を示し、障害の発現程度が著しくなるにしたがって呼吸代謝が異常に高まっていた。

2. ユズ肌果発生樹の葉は 6 月下旬から 7 月下旬にかけて呼吸代謝の異常が認められ、果実とほぼ同様な傾向を示した。

3. ユズ肌果発生樹の葉の蒸散量は健全樹の葉よりも終始多く、水分不足度も常に高い値を示した。また、蒸散量と水分不足度との間でも正の有意相関が認められた。

4. ユズ肌果を室温30日間ならびに 5°C 45 日間貯蔵した結果、腐敗量が多く認められ、障害の発現程度が著しくなるにしたがって増加した。また、それ等果実の腐敗部位はユズ肌果症状が最初に認められる果底部から始まった。

5. 5°C 45 日間冷蔵した果実の糖含量を分析した結果、全糖、還元糖、果糖は収穫時よりも減少しており、なかでも果糖の減少が著しく、また、ショ糖は多少増加する傾向が認められた。こうしたユズ肌果の糖構成の異常は呼吸代謝の異常、腐敗現象の促進等と密接に関連しているようと思われた。

**謝 辞** 本実験を遂行するにあたり、ご教示ならびにご校閲を賜った千葉大学名誉教授永沢勝雄博士ならびに多大なご指導を賜った筑波大学教授大垣智昭博士に厚くお礼を申し上げます。また、実験にご協力を賜った芦川孝三郎栽培部長を始め、土方智果樹主任研究員ならびに担当職員諸氏に感謝の意を表します。

1. Ackley, W. B. 1954. Seasonal and diurnal changes in the water contents and water deficits of Bartlett pear leaves. Plant Physiol. 29: 445-448.
2. ———. 1954. Water contents and water deficits of leaves Bartlett pear trees on the two rootstocks, *Pyrus communis* and *P. serotina*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 64: 181-185.

3. Bangerth, F., D.R. Dilley and D.H. Dewey. 1992. Effect of postharvest calcium treatments on internal breakdown and respiration of apple fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 97: 679-682.
4. Bramlage, W.J., M. Drake and J.H. Baker. 1974. Relationships of calcium content to respiration and postharvest condition of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 99: 376-378.
5. Drake, M., W.J. Bramlage and J.H. Baker. 1974. Correlations of calcium content of 'Baldwin' apples with leaf calcium, tree yield, and occurrences of physiological disorders and decay. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 99: 379-380.
6. Faust, M. and J.D. Klein. 1972. The effect of calcium on respiration of apples. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 94: 437-439.
7. ——— and ———. 1974. Levels and sites of metabolically active calcium in apple fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 99: 93-94.
8. 深井尚也. 1973. セイヨウナシの石ナシ・しり腐れの発生とその対策. 農及園. 48: 1303-1311.
9. 林 真二. 1955. 二十世紀梨の袖肌病に関する研究(第1報). 葉および果実の浸透圧と袖肌発生について. 園学雑. 24: 94-102.
10. ———・勝坂隼雄. 1956. 同上(第2報). 水分不足と袖肌発生について. 園学雑. 25: 116-124.
11. ———. 1961. 日本梨果実の発育に関する研究. 鳥取大学農学部園芸学研究室. 1-137.
12. ———・平田尚美. 1969. 日本ナシ果実の発育生理に関する研究(第1報). 果実の呼吸量, 化学成分および酵素活性の時期別変化. 昭和44年度園芸学会春季大会研究発表要旨. 14-15.
13. 川俣恵利・都田紘志. 1976. ナシ園における生理障害果の発生実態とその要因解析. 東京農試研究報告. 9: 15-13.
14. ———. 1977. 日本ナシの生理障害に関する研究(第9報). 石灰施用がユズ肌果発生に及ぼす影響. 昭和52年度園芸学会春季大会研究発表要旨. 46-47.
15. ———. 1977. 同上(第10報). 石灰施用と土壤の乾湿処理がユズ肌果発生に及ぼす影響. 昭和52年度園芸学会秋季大会研究発表要旨. 110-111.
16. ———. 1978. 日本ナシ果実の硬化障害に関する研究(第1報). 二十世紀果実のユズ肌発現程度と成分含量との関係. 園学雑. 46: 449-456.
17. Kawamata, S. 1978. Occurrence of 'Yuzuhada' a physiological disorder of Japanese Pear (*Pyrus serotina* Rehd. cv. 'Nijisseiki'), in relation to its nutrient content and respiration rates. *Scientia Horticulturae*. 8: 143-153.
18. 中川昌一・堀内昭作・平田尚美. 1967. ブドウ果実の呼吸量, 糖, 酸含量および揮発生成分の季節的变化. 昭和42年度園芸学会秋季大会研究発表要旨. 36-37.
19. 塩原孝一・渡辺信吾. 1965. 二十世紀ナシの硬化障害発生に関する研究(第1報). 新潟園試研究報告. 1: 1-32.
20. 鈴木鉄男・金子 衛・鳥鴻博高・八田洋章. 1968. 温州ミカンの水分均衡に関する研究(第1報). 葉の飽和水分不足度より見たWater balance の変化. 園学雑. 37: 37-44.
21. 田辺賢二・林 真二・平田尚美. 1975. 二十世紀ナシのユズ肌病に関する研究. 障害果発生と呼吸ならびにペルオキシダーゼ, PAL活性との関係. 昭和50年度園芸学会春季大会研究発表要旨. 80-81.
22. Tingwa, P.O. and R.E. Young. 1974. The effect of calcium on the ripening of Avocado (*Persea americana* Mill.) fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 99: 540-542.
23. 苦名 孝. 1971. 果実の生理. 養賢堂.
24. Woodbridge, C.G. 1971. Calcium level of pear tissues affected with cork and black end. *HortScience*, 6: 451-453.
25. 横溝 久. 1974. 果実の水, 砂耕法による無機栄養に関する研究Ⅲ. 水耕液中のCa欠陥がニホンナシ結実樹の生育に及ぼす影響. 果樹試報A. 1: 79-92.
26. 吉川春寿ら編. 1954. ワールブルグ検圧計. 化学の領域. 増刊15. 南江堂.