日向夏ミカン果実の發育後期における 砂じょう乾燥症に関する研究

中 島 芳 和

(高知大学農学部)

Studies on Dry Juice Sacs of Hyūganatsu (*Citrus tamurana* Hort. ex Tanaka) in Late Stages of Fruit Development

Yoshikazu NAKAJIMA

Faculty of Agriculture, Kōchi University, Nankoku, Kōchi

Summary

This experiment was undertaken to clarify the mechanism of dry juice sac development histologically and physiologically with Hyūganatsu (*Citrus tamurana* Hort. ex Tanaka).

1. Dry juice sacs began to appear near the central axis and then spread along the side membranes of the segment. It was found that the epidermal cells of affected vesicles were twisted and dried out, showing comparatively high permeability of membranes to water.

2. It was shown by the test of injecting a given volume of pigment solution into the center of the segment of mature fruit on the tree that the pigment solution moving around seeds from the injected site was translocated into axial bundles through seed bundles in segments with healthy vesicles, while in segments with severe dry juice sacs, it did not move into axial bundles but remained at the injected site.

3. Respiration and ethylene production of vesicles developing fruit rapidly increased from mid May to mid June, although they had markedly been suppressed until early May. They rapidly increased again during the early developmental stage of dry juice sacs, being followed by a decline with the advance of the disorder. Comparing with peel tissue of healthy fruit, respiration rate per unit of fresh weight was higher in that of disordered one. It appeared that more ethylene was produced in vesicles along the side membranes than in those of the other portions of the segments in mature fruit. The diffusion rate of ethylene was markedly increased in segments with healthy vesicles by incising the connecting wall of side membranes along the axial bundle of mature fruit.

4. During the development of dry juice sacs specific gravity of fruit and total soluble solids, total sugars and citric acid contents of fruit with dry juice sacs became much lower than for healthy fruits. In particular, fruit showing the reduction of citric acid content to about 1 percent of the juice was apt to produce dry juice sacs.

緒 言

日向夏ミカンの果実が成熟する時期は 5~6 月ごろであるが、その時期の果実には砂じょう乾燥症や回青症、果こう部果皮の亀裂症、あるいはじょうのう奇型症などが発生して、果実の品質を著しく低下させる場合が多い。その砂じょう乾燥症（以下乾燥症と呼ぶ）には、砂

じょうが基部または先端の部分から崩壊する型と、中軸に近い部分からじょうのう側膜に沿って乾燥する型が見られるが、本実験では後者の乾燥症を対象として、その発生に伴う果実形質の変化について組織学的および生理学的調査を行ない、さらに乾燥症の発生機構について検討した。

1974 年 2 月 20 日 受理

材料および方法

二つの農家の成木園を供試し、比較的樹勢が強く、しかも結実量が豊富な樹をそれぞれ数本選んで、1971年から1973年にわたって年ごとに成熟果実を採取した。その採取果実について乾燥症の発生状態を肉眼的に観察するとともに、砂じょう組織の検鏡を行ない、さらに乾燥症の発生と関連して果実の品質、無機成分含量、呼吸強度およびエチレン発生量をそれぞれ測定した。また砂じょうが脱水状態となる過程を検討するために、樹上に着生している6月上旬の成熟果実を供試し、0.1%のアマランスと0.08%のフロキシンの混合溶液(25) 1 mlを赤道部の果皮を通してじょうの中央部に注射し、直ちに傷口をコロジオンで封じ、15日後に果実を採取してその色素液の移動状態を調べた。一方、同時期の果実の砂じょうに、その基部から前記の色素液を注入して、砂じょう表皮細胞の透水性を調べた。すなわち、色素液を注入した砂じょうは、傷口をコロジオンで封じた後、約10分間蒸留水につけて砂じょう表面に付着した色素液を洗浄し、その後処理した5個の砂じょうを25 mlの蒸留水に入れかえて2時間放置し、浸出した色素液の濃度を538 m μ の波長で比色定量した。

分析方法

果実比重は第1図のポリ容器を使用し、果実による排水重量を果実の体積として算出した。果実硬度はユニバーサルハードネスメーターを赤道部の果皮にあてて測定し、果皮の着色度は赤道部の果皮を1 cm²の大きさに打ち抜き、その円板5個を85%アセトンで抽出してその抽出液を470 m μ の波長で比色した。果汁の中で可溶性固形物含量は屈折計指数で表示し、全糖および還元糖はソモギー法で定量した。またクエン酸含量はアルカリ滴定値にクエン酸に相当する値を乗じて表示し、浸透圧

Fig. 1. A vessel for measuring the specific gravity of fruit.

は氷点降下法で測定した。無機成分の中で窒素はマイクロケルダール法、リンはモリブデンブルー法、カリはフレームホトメーター法、カルシウムおよびマグネシウムは原子吸光法でそれぞれ定量した。砂じょうおよび果皮の呼吸強度はワールブルグ検圧計を使用して測定し、それらの1~2g程度をゲフェースに入れ、30°Cの恒温槽で振とうした。また果実全体の呼吸強度はガスクロマトグラフィーを応用して測定した。すなわち、果実を第1図のポリ容器に入れて密栓し、20°Cの恒温器の中に36時間おいた後、ゴム栓の中のシリコン樹脂を通して、容器の空気を3 ml取り分析装置に注入した。その分析の条件は検出器にTCD、カラムの充填剤にボラパックQを用い、オープン温度を60°Cの定温として、毎分、キャリアーガス窒素を30 ml、空気を600 ml送った。酸素と二酸化炭素の同定および定量はそれぞれ標準ガスの保持時間とピークの高さに基づいて行ない、果実を入れない対照区とのピークの差を求めて呼吸量を算出した。な

Fig. 2. Visible symptoms of dry juice sac at progressive stage of development.

Left: Slight symptom at an early stage of development.

Right: Severe symptom at a late stage of development.

Fig. 3. Occurrence of dry juice sac in the segment on the shady side of fruit.

Fig. 4. Occurrence of dry juice sac around the stylar and stem ends.

Fig. 5. Healthy and dry juice sacs.
Left: Healthy juice sacs.
Right: Severely affected dry juice sacs.

お、標準ガスによるピークの一目盛は酸素で 0.012 ml, 二酸化炭素で 0.05 ml となった。エチレンの測定も同様にガスクロマトグラフィーを応用し、砂じょうとじょうのうはそれぞれ 50 ml 容の三角フラスコに入れ、また果実そのものは第1図の容器に入れて密栓し、25°C の恒温器の中に 24~36 時間おいた後、容器の空気を 3 ml 取って分析装置に注入した。その分析の条件は検出器に FID を用い、シングルカラムにしたほかは、呼吸量の測定の場合と全く同一である。なお、エチレンの同定はその標準ガスの保持時間と過塩素酸水銀溶液を添加して行なった。

Fig. 6. Epidermal tissues of a dry juice sac.

実験結果

乾燥症の発生に伴う砂じょうの細胞組織学的変化 症状は初めにじょうのう側膜に接する砂じょうの先端の部分に発生し、その後次第に砂じょう全体に広がった(第2図)。症状が激しくなると、じょうのう側膜と砂じょうとの間や、砂じょうと砂じょうとの間に空間ができた。症状は同一果実のすべてのじょうのうに発生する場合が多かったが、なかには症状の程度がじょうのうによって一様でなく、一部のじょうのうに片寄って発生する場合もあった(第3図)。この一部に片寄って発生した果実は、果皮の厚さと着色度が不均一で、比較的果皮が厚く、しかも淡黄色を示す部分のじょうのうに多く発生し、逆に果皮が薄く、ダイダイ色の濃い陽光側のじょうのうには発生が少なかった。乾燥症はじょうのうの中の果こう部や、果頂部で赤道部よりも早く発生した(第4図)。砂じょうが乾燥症を示す初期の段階では黄色色素が消失して全体に白色となり、さらに症状が進むと、砂じょうは乾燥してしわがより、脱水状態となった(第5図)。乾燥症砂じょうの表面は第6図のとおりで、表皮細胞がよじれて重なり合っている部分が多かった。その中の重なっていない部分の表皮細胞について、その幅を健全砂じょうと比較するとほとんど大差はなく、いずれも約 10 μ 程度であった。さらに砂じょうの横断面は健全砂じょうでは円形に近いが、乾燥症砂じょうでは内部柔組織がつぶれて扁平となり容積が小さくなっていた(第7図)。

乾燥症の発生に伴う果実の生理学的変化 1971 年の5月下旬に採取した果実の品質は第1表のとおりである。すなわち、乾燥症果は健全果に比べると果実の比重が低く、果汁の可溶性固形物、全糖およびクエン酸が少なかった。また果汁の浸透圧と砂じょうの水分含量も低い傾向にあった。乾燥症果の果皮は淡黄色を帯び、健

Fig. 7. Cross-sections of dry juice sacs.

Left : Healthy juice sac. Right : Severely affected dry juice sac.

Table 1. Comparison of quality factors between healthy and disordered fruits.

	Disordered fruit	Healthy fruit
Fruit weight	198.2 g	200.4 g
Specific gravity of fruit*	0.73	0.79
Peel thickness	5.9 mm	5.9 mm
Peel hardness +	3.1 kg	3.2 kg
Peel color* ++	0.038	0.045
Juice content of vesicle*	90.4 %	94.1 %
Content of juice compositions		
Total soluble solids	11.0 %	11.4 %
Total sugars*	6.77%	7.28%
Citric acid*	0.81%	1.07%
Osmotic pressure of juice	14.0 atm	14.7 atm

+ Readings of universal hardness meter.

++ Absorbance of peel extract at 470 mu.

* Significant at 5% level.

Table 2. Contents of soluble constituents in the juice of affected fruit at various stages of development.

	Total soluble solids	Total sugars	Reducing sugars	Citric acid
Healthy vesicles	10.6%	8.64%	4.32%	1.18%
Affected vesicles				
Slight*	9.4	7.22	2.15	0.64
Severe**	8.5	6.97	2.00	0.48

* at an early stage of dry juice sac development.

** at a late stage of dry juice sac development.

Table 3. Contents of soluble constituents in the juice at various portions of segment.

Position	Total soluble solids	Total sugars	Reducing sugars	Citric acid
Along the side membranes	%	%	%	%
Stem end	9.6	7.75	3.83	1.04
Equatorial portion	9.8	7.65	4.69	1.02
Stylar end	9.6	7.65	3.26	1.00
At the center of segment				
Equatorial portion	10.0	7.75	4.51	1.13

全果ではダイダイ色の濃い果皮が多かった。乾燥症の発生は極大または極小の果実には比較的少なく、やや小さめから中庸の大きさの果実に多く見られ、さらに果汁のクエン酸含量が1%を下回る場合に多くなった(第8図)。1972年の6月上旬に採取した果実について、乾燥症の程度と果汁の成分含量との関係を調べると、第2表のとおり症状が激しくなるにつれて可溶性固形物、全糖、還元糖およびクエン酸が減少した。なかでも還元糖とクエン酸の減少率が高かった。一方、同時期の健全果について、じょうのうの各部位に占める砂じょうの位置と、その砂じょうの果汁成分含量との関係を調べると、第3表のとおり、じょうのう側膜に接する砂じょうは、じょうのう中央部の砂じょうに比べて果汁の可溶性固形物、還元糖およびクエン酸が少ない傾向にあった。さらに6月下旬の果実について、果皮および砂じょうの無機成分含量を測定した結果は第9図のとおりで、乾燥症果の砂じょうは、健全果に比べてカリ、リンおよびマグネシウム含量が高い反面、窒素は逆に低い傾向にあった。また果皮のカリ、窒素およびリン含量も乾燥症果の方で高かったが、カルシウム含量はほとんど変らなかった。

Fig. 8. Relation between fruit weight and citric acid content of juice.

● : Healthy fruit. ▲ : Affected fruit.

Fig. 9. Contents of inorganic constituents in the peel and vesicles of healthy and affected fruits.
A: Healthy fruit. B: Affected fruit.

乾燥症砂じょうは脱水状態となることから、砂じょうの水分の移動について検討した。6月上旬に色素液を処理した果実には、15日後に17%の落果が見られたが、同様な処理を果実の第一次肥大後期に行なうと、3日後には全部落果した。じょうのうのはぼ中央に注入した色素液は健全果の場合には種子の付着部に移行し、種子維管束を通過して中軸維管束に移った後、果頂部および果こう部の果皮の方に移行した。一方、乾燥症の激しい果実では、じょうのうの中央部に注入した色素液はじょうのう一面に広がったが、中軸維管束には移行しなかった（第10図、注、白黒写真ではピンク色が不鮮明）。

なお、両果実とも砂じょう外の水分は背面維管束の方には逆流しなかった。砂じょう表皮細胞の透水性を調べた結果、健全砂じょうの場合の吸光度が0.005であるのに対して、乾燥症砂じょうでは0.025となり、色素液の

Fig. 11. Seasonal changes in respiration rate and ethylene production of vesicles during fruit development.

Fig. 12. Respiration rate and ethylene production of dry juice sacs at various stages of development.
A: Healthy vesicles.
B: Dry juice sac in early stage.
C: Severely affected dry juice sac in late stage.

透過度が健全果の砂じょうよりも乾燥症砂じょうで高かった。

Fig. 10. Translocation of pigment solution injected in the center of fruit segment on the tree after 15 days.

Left: Healthy fruit. A small area around seed and axial bundles and albedo tissues around the stem and stylar ends were colored pink.
Right: Fruit with severely affected dry juice sacs. The central part of segment in which pigment solution was injected was colored pink.

3月上旬から6月中旬にかけて、時期別に採取した果実について、砂じょうの呼吸強度を調べた。その結果は第11図のとおりで、3月上旬から5月上旬まで徐々に減少したが、5月中旬から6月中旬にかけて急激に増加した。なお、5月中旬以後の果実には乾燥症が多く発生したが、できるだけ症状の見られない砂じょうを選んで供試した。乾燥症の程度と砂じょうの呼吸強度との関係は第12図のとおりで、酸素の吸収量と二酸化炭素の発生量は症状の発生初期にかなり増加し、症状の程度が激しくなると逆に減少した。その増減の度合は、酸素の吸収量よりも二酸化炭素の呼出量で大きく、呼吸商は健全砂じょうの2.3に対して、軽い症状の砂じょうで2.8、激しい症状で1.6となった。

一方、果皮の呼吸強度は健全果に比べて乾燥症果が高い傾向にあったが、両果皮とも酸素の吸収量と二酸化炭素の呼出量との間にはほとんど差異がなかった（第13図）。乾燥症発生の有無を果実の比重と果皮の着色度から推定して、健全果としてダイダイ色の濃い、比重0.82の果実と、乾燥症果として果皮が淡黄色で、比重が0.69の果実を選び、果実全体の呼吸量を測定した。なお、測定後果実を開いて症状の有無を確認したが、前者には症状の発生はなく、後者は激しい乾燥症を示していた。測定結果は第13図のとおりで、乾燥症果の酸素吸収量は健全果に比べてかなり多かったが、二酸化炭素の呼出量は逆にやや少ない傾向にあった。3月上旬から6月中旬にかけて時期別に採取した果実について、じょうのう側膜に沿った砂じょうのエチレン発生量を測定した。その発生量は第11図および第14図のとおり、3月上旬から

5月上旬まではごくわずかであったが、5月中旬から6月中旬にかけて急激に増加した。なお、クロマトグラムのピークの中で、初めの三つは空気中の不純物と考えられる。乾燥症の程度と砂じょうのエチレン発生量との関係は第12図のとおりで、その発生量は乾燥症の発生初期に多くなり、症状が激しくなると逆に減少する傾向にあった。6月上旬の果実から健全果を選び、そのじょうのうの各部位における砂じょうのエチレン発生量を調べた結果、じょうのう側膜部が中央部よりも多く、また果

Fig. 13. Respiration rate of healthy and affected fruits. Whole fruit was incubated at 20°C, and peel tissue at 30°C.
A: Healthy fruit. B: Affected fruit.

Fig. 14. Gas chromatograms of ethylene and some other volatile matters.

Fig. 15. Ethylene production of vesicles at various portions of the segment.
A: Stem end, B: Equatorial portion.
C: Stylar end along the side membranes.
D: Equatorial portion at the center of segment.

Fig. 16. Effect of incising the connecting wall of the side membranes on ethylene diffusion through the segment.

Fig. 17. Ethylene production of healthy and affected fruits incubated at temperatures from 10° to 20°C.

こう部や赤道部の側膜部が果頂部の側膜部よりも多かった (第15図)。

一方、じょうのう全体のエチレン発生量は第16図のとおり、中軸に沿った側膜と側膜の接合部を切開することで著しく多くなった。供試したじょうのうは組織を痛めずに三角フラスコに入れるため、できるだけ小さい健全果の中から選び、また側膜の切開にあたっては砂じょうを傷つけないようにした。果実全体からのエチレン発生量は第17図のとおり、乾燥症果が健全果よりも多く、また、処理温度を高くすることで両果実とも増加したが、その増加率は乾燥症果が健全果を上回った。なお、乾燥症果と健全果の区別は呼吸量の測定の場合と同様にして行なった。

考 察

カンキツに発生するすりの種類は砂じょうの状態によって粒化症と乾燥症に大別される(14)が、日向夏ミカンのすりはその中の乾燥症にあたる。この乾燥症には砂じょうがその基部または先端の部分から崩壊する型と、砂じょうの先端すなわち中軸に近い部分から、じ

ょうのう側膜に沿って発生する型が見られるが、前者の場合は寒害などの環境要因によって発生したものと考えられる。後者の乾燥症は成熟時期に発生し、砂じょうが肥大することなく、初めに透明度を失って白色となった後、果汁が消失して砂じょうにしわがより乾燥状態となる。乾燥症の発生初期には、じょうのう側膜に沿った比較的大きい砂じょうが白色を帯びることから、一見、粒化症とまぎらわしい。一時は粒化症の発達過程で乾燥症が発生するものと考えられていたが、砂じょうの状態や発生しかたからみて、今日では粒化症とは異なった発生原因があるものと考えられている(3)。一般に粒化症が発生すると果汁の糖、有機酸およびカロチノイドが減少し、逆に無機成分が増加する(23)が、日向夏ミカンの乾燥症の場合もほぼ同様な傾向を示す。なかでも果汁のクエン酸含量は乾燥症の発生と密接な関係をもち、クエン酸含量が1%近くまで下ってくると発生の危険度が高い。さらに果実の比重が0.8を下回るようになると発生頻度が高くなる傾向にある。この乾燥症は果こう部や果頂部の砂じょうに早く現われ、また、じょうのう中央部よりも側膜に接する砂じょうに早く現われるが、これらの比較早く発生する部位の砂じょうでは、糖やクエン酸の減少率が高い。粒化症砂じょうの水分はゲル化しているため、果汁としてあまり有効でない(23)が、その水分含量は健全砂じょうよりも高いか、またはやや低い程度である(14, 23)。一方、日向夏ミカンの乾燥症砂じょうは、健全砂じょうに比べると水分含量が低い傾向にある。乾燥症が発生する時期になると、砂じょうの柔細胞に貯えられた果汁は、砂じょうの表皮組織から砂じょう外に流出し、じょうのうの中を種子の方に移行する。その後おもに種子維管束を通して中軸維管束に移り、続いて果頂部や果こう部の果皮に導かれるようである。一方、乾燥症が激しくなると、砂じょうと砂じょうの間やじょうのう側膜と砂じょうの間に空隙ができるようになる。その状態のじょうのうに人為的に送った色素液は、一方的に種子の方に移行することなく、また中軸維管束にも移行せずに、じょうのうの中にとどまった。

果汁が細胞外に流出するためには、原形質の半透性機能が失われることが考えられるが、その原因として果肉組織が過熟状態となり、それにつれて生成される有害物質の作用によるものではないかと考えられている(14)。成熟期のバレンシヤオレンジの果実は、熟度が進むにつれて果汁中のアルデヒド、エチルアルコール、エチルブチレート、D-リモネン、バレンセンなどの揮発性成分が多くなり(6)、また三宝柑の場合でも同様にアルコール類が増加し、不飽和脂肪酸類似の物質が生成されるよう

になる(14)。したがってこれらの物質の中の有毒成分が、砂じょう組織の透水性を高めるように作用するものと考えられる。一方、日向夏ミカンの乾燥症が発生する時期には、砂じょう組織のエチレン発生量と呼吸量が急激に増加する。内生エチレンは物質代謝の副産物とする意見も有力である(5, 24)が、成熟ホルモンとしての機能が強く評価されている(7, 17)ように、果皮の脱緑(11, 15, 24)やカロチノイドの蓄積(19, 27)を促進し、さらに果肉細胞の透過性を増加させる(21)。この内生エチレンは中軸の空隙から果こう基部を通して、比較的多く発散する(8)が、じょうの側膜のエチレン透過度はやや低いようで、その結果じょうの内部の砂じょう周辺はかなり高いエチレン濃度となるものと考えられる。このように砂じょうから発生するエチレンが、砂じょう表皮組織の透水性を増加させるのに大きな役割を演じているものと考えられる。カンキツ果実の呼吸強度は果実發育の初期の段階ではかなり高くなるが、その後發育が進むにつれて次第に減少し、成熟期には最も低くなる場合(2)が多い。呼吸強度を 20°C で、果実 1 kg あたり 1 時間の二酸化炭素発生量で表示すると、成熟期の大部分のカンキツ果実は、10 mg 前後から 20 mg 程度の強度である(1, 10, 12, 26)が、乾燥症が発生するころの日向夏ミカンの果実は、第13図のように 40 mg 弱(18~19 $\mu\text{l/g}$)のかなり高い呼吸強度を示した。これは砂じょうの呼吸強度が乾燥症の発生する時期に急激に高くなることによるものと考えられる。砂じょうの呼吸が乾燥症の発生前後に多くなる原因は、砂じょうから発生するエチレンがこの時期に急激に増加することと関係が深い。一般に呼吸のクライマクテリックライズが顕著な果実では、その増加に先立ってエチレンの発生量が増加する(7, 13)。カンキツ果実はクライマクテリックのないタイプに分類されている(5)ように、その成熟期にはそのほとんど呼吸の増加はなく(2, 5)、またエチレンの発生量もごくわずかである(7, 26)が、オレンジやグレープフルーツの幼果または未熟果では、それらが若いほど、収穫してから 10 日前後まで呼吸量とエチレン発生量が急速に増加して、一種のクライマクテリックを示す(1)。したがって成熟期のカンキツ果実はクライマクテリック後の段階にあるとする意見が強い(1)。このように成熟時期のカンキツ果実はクライマクテリックが顕著な果実に比べるとエチレンの発生量がかなり少なく、果実 1 kg あたり 1 時間の発生量は 0.02~0.06 μl 程度である(7, 9)。一方、これらの果実は外部から刺激が与えられるとエチレンの発生量と呼吸量が増加する。たとえば寒害(18, 26)や落果による衝撃、果面のワックス処理(26)、銅イオン

や鉄イオンの施用(4, 8)などがその刺激となるようである。また外部からエチレンを作用させても内生エチレンが増加する(20, 22)。これらの事実から、日向夏ミカンに乾燥症が発生する時期には、砂じょうに何らかの刺激が与えられるものと考えられる。その刺激は果汁成分の変質によって起こることが考えられるが、そのほかに果皮の物質代謝が盛んとなることに起因するものと考えられる。すなわち日向夏ミカンの果皮は果実の第二次肥大期となると、果肉組織が次第に老化するのに対して再び肥大を開始することから、果皮組織における拡散圧の増加などの生理的変化が、果肉組織にストレスを与えるものと考えられる。日向夏ミカンの果皮は 12 月から 1 月にかけて急速に脱緑した後、いったん淡黄色となるが、樹冠外側の果実は成熟時期に近づくにつれて次第にダイダイ色の色素が増加する一方、樹冠内側の果実は淡黄色または黄色を示しダイダイ色に着色しない場合が多い。また天なりや樹冠外側の日焼け果は、脱緑した後その障害部が次第に暗かっ色を示すようになる(16)。乾燥症は比較的早く成熟したダイダイ色の果実よりもむしろ受光量の少ない淡黄色をした果実に多く発生し、また天なりの日焼け果にはほとんど発生しない(16)。さらに淡黄色の果実はダイダイ色の果実に比べると果皮の呼吸強度が高い傾向にある。したがって日向夏ミカンの乾燥症が発生する原因には、果皮の物質代謝の活性が大きく関与するものと考えられるから、その活性を弱めるために果面の受光量を多くして、ダイダイ色の着色を促すことが乾燥症の発生をある程度抑制するのに役立つものと考えられる。

摘 要

日向夏ミカン果実の發育後期に発生する砂じょう乾燥症について組織学的および生理学的調査を行ない、その発生機構について検討した。

1. 砂じょう乾燥症は、初めにじょうのうちで果実の中軸に近い部分に発生した。その後じょうの側膜に沿って果皮の方向に進行し、やがてじょうの全体に広がった。乾燥症砂じょうの表皮組織は比較的透水性が高く、その表皮細胞はよじれて脱水状態を示した。

2. 砂じょう外に流出した果汁の行動を調べるために、樹上の成熟果を用い、そのじょうの中央部に色素液を注入したところ、健全果の色素液は種子が付着している部分に移行し、さらに種子維管束を通して中軸維管束に移った。一方、砂じょう乾燥症の激しい果実では色素液は中軸維管束に移行することなく、じょうの内にとどまった。

3. 砂じょうの呼吸およびエチレンは5月上旬までご

くわずかであったが、5月中旬から6月中旬にかけて急激に増加した。また乾燥症の発生初期には急激に多くなつたが、症状の程度が激しくなると逆に減少した。果皮の呼吸強度は健全果に比べて乾燥症果で高かった。さらに成熟果の砂じょうのエチレン発生量はじょうのう側膜部が中央部よりも多く、またじょうのうから発生するエチレンは、側膜と側膜の接合部を切開することによって著しく多くなった。

4. 乾燥症の発生にともなつて果実比重、果汁の可溶性固形物、全糖およびクエン酸含量が低くなつたが、特にクエン酸含量が1%前後に下ると乾燥症が発生しやすくなった。

謝 辞 本実験を行なうにあたり、種々の便宜をはかっていただいた吉村不二男教授、実験園を提供していただいた石元敬男、小野寺巖の諸氏、実験に御協力をいただいた高知大学農学部果樹園芸学研究室の専攻学生および研修生の諸氏に深く感謝の意を表する。

引用文献

1. AHARONI, Y. 1968. Respiration of oranges and grapefruits harvested at different stages of development. *Plant physiol.* 43: 99—102.
2. BAIN, J. M. 1958. Morphological, anatomical and physiological changes in the developing fruit of the Valencia orange, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. *Aust. J. Botany* 6: 1—24.
3. BARTHOLOMEW, E. T., and F. M. TURRELL. 1941. Granulation of Valencia oranges. *Univ. Calif. Agr. Exp. Stat. Bul.* 647: 63.
4. Ben-Yehoshua, S., and R. H. BIGGS. 1970. Effects of iron and copper ions in promotion of selective abscission and ethylene production by citrus fruit and the inactivation of indole-acetic acid. *Plant physiol.* 45: 604—607.
6. BRADDOCK, R. J., R. W. WOLFORD, R. A. DENNISON and E. M. AHMED. 1970. Irradiation-induced changes in the volatile constituents of 'Valencia' oranges. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 133—135.
7. BURG, S. P., and E. A. BURG. 1962. Role of ethylene in fruit ripening. *Plant physiol.* 37: 179—189.
8. CHARLES, R., BARMORE, and R. H. BIGGS. 1972. Ethylene diffusion through citrus leaf and fruit tissue. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 24—27.
9. HALL, W. C. 1951. Studies on the origin of ethylene from plant tissues. *Botan. Gaz.* 113: 55—56.
10. 井上 宏. 1967. ナツダイダイの果実発育に関する研究、とくに水腐病の発生機構を中心として。香川大学農学部紀要 23: 1—59.
11. 北川博敏・樽谷隆之. 1973. 温州ミカンの着色促進に関する研究 (第3報). 果実の状態と15時間密封法によるエチレン処理との関係. *園学雑.* 42: 75—80.
12. 倉岡唯行. 1962. 温州みかん果実の発育に関する組織学的研究 (特に浮皮発現機構について). *愛媛大学紀要 6部 (農学)* 8: 105—154.
13. LYONS, J. M., W. B. MCGLASSON, and H. K. PRATT. 1962. Ethylene production, respiration, and internal gas concentrations in cantaloupe fruits at various stages of maturity. *Plant physiol.* 37: 31—36.
14. 松本和夫. 1964. 晩生カンキツの Granulation に関する研究 (主として三宝カンの果肉の肥厚性す上がり現象について) *愛媛大学紀要 6部 (農学)* 10: 585—645.
15. MCCORNACK, A. A. 1971. Effect of ethylene-degreasing on decay of Florida citrus field. *Proc. Fla. State Hort. Sci.* 84: 270—272.
16. 中島芳和. 1973. 日向夏ミカンにおけるス上りの発生と果皮の着色度との関係. *園芸学会中四国支部研究発表要旨*, 13.
17. PORRITT, S. W. 1951. The role of ethylene in fruit storage. *Sci. Agric.* 31: 99—112.
18. YOUNG, R. 1972. Relation of ethylene and cellulase activity to abscission of freeze-injured citrus fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 133—135.
19. ———, and O. JAHN. 1972. Ethylene-induced carotenoid accumulation in citrus fruit rinds. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 97: 258—261.
20. ———, ———, ———. Preharvest sprays of 2-chloroethylphosphonic acid for coloring 'Robinson' tangerines. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 85: 33—37.
21. SACHER, J. A. 1966. Permeability characteristics and amino acid incorporation during senescence (ripening) of banana tissue. *Plant physiol.* 44: 701—708.
22. SINCLAIR, W. B. 1961. The orange. pp. 108—110. *Univ. Calif. Press, Los Angeles.*
23. ——— and V. A. JOLLIFFE. 1961. Chemical changes in the juice vesicles of granulated Valencia oranges. *J. Food Sci.* 26: 276—282.
24. 寺井弘文・上田悦範・緒方邦安. 1973. 果実追熟に対するエチレン効果の機作に関する研究 (第1報). *園学誌.* 42: 75—80.
25. 歳森 茂・代田高嶺. 1967. モモの先負け現象に関する研究. *香川大学教育学部研究報告 II* (151): 1—7.
26. VINES, H. M., W. GRIERSON, and G. J. EDWARDS. 1968. Respiration, internal atmosphere, and ethylene evolution of citrus fruit. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 92: 227—234.
27. WHEATON, T. A., and I. L. LEWART. 1973. Optimum temperature and ethylene concentration for postharvest development of carotenoid pigments in citrus. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*