

ウンシュウミカン果実の果皮の粗さに関する組織学的研究

久保達也・平塚 伸

三重大学生物資源学部 514 三重県津市上浜町 1515

Histological Study on Rind Roughness of Satsuma Mandarin Fruit

Tatsuya Kubo and Shin Hiratsuka

Faculty of Bioresources, Mie University, Tsu, Mie 514-8507

Summary

The rind roughness of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc. cv. Okitsu Wase) fruit from low and high crop load trees was investigated histologically; the former bears rough rind, whereas the latter has smooth rind.

Rind roughness seemed to be associated mainly with oil gland development. At the mature stage, the rough fruit contained various sizes of primary and secondary oil glands, whereas smooth fruit contained relatively uniform sizes. The vigorous development of oil glands from Aug. to Dec. was a main cause of rind roughness at harvest. In particular, convex protrusions formed just above the oil glands, which were frequently detected on mature fruit surface, appeared to be the result of marked development of secondary oil glands. Convex protrusions, independent of oil glands, were also frequently observed in immature fruit.

Rind tissue consists the flavedo, a single layer of pigmented epidermal cells, several layers of hypodermal cells, and the albedo, a relatively thick, white parenchymatous tissue below the hypodermis. In a rough fruit, the hypodermal and parenchyma cells were smaller and the alignment of the hypodermal cells was more irregular than the smooth fruit. Cell division of hypodermal tissue ceased about Aug.10 in smooth fruit, but it continued until Sept.10 in a rough rind.

Thus, rind roughness of satsuma mandarin fruit seems to be induced by vigorous and/or abnormal development of both oil glands and hypodermal tissues.

Key Words: *Citrus unshiu*, fruit development, oil gland, rind roughness.

緒 言

著者らは、これまでにウンシュウミカン果実の外観的品質を左右する果皮の粗さについて調査し、果皮の粗さが着果負担や着果角度の違いによって左右され、強摘果樹の果実や上向き果など、果実肥大や果皮の発育のおう盛な果実では凹凸が激しくなることを報告した(久保ら, 1996; 久保・平塚, 1998)。また一般に、果皮の粗さは幼果で粗く、果実の発育に伴って滑らかになるが、果実発育初期のジベレリン処理によって粗い果皮の果実が誘発されることを明らかにした(久保・平塚, 1996)。これらの結果は、果皮の粗さには果皮の発育と内生植物生長調節物質が関与していることを示すものであるが、どのように凹凸が形成されるのかについては不明なままである。

果皮の粗さと収穫果の果汁の糖濃度との間には強い相関があり、粗い果実では糖濃度が低くなる(久保ら, 1996)。このように果皮の粗さは外観的品質を左右するば

かりでなく、その果実の果汁成分含量とも関連があるように考えられる。従って、果皮の凹凸形成のメカニズムを明らかにすることは、高品質果実生産を目的とした樹体管理を検討する際に重要な指針を与えるであろう。

本実験では、粗い果皮の果実を着生しやすい強摘果樹と滑らかな果皮の果実を着生しやすい無摘果樹の果実を用いて、組織学的観点から凹凸の形成過程を調査した。

材料および方法

1. 実験材料

三重大学生物資源学部附属農場に栽植されている生育の均一な21年生‘興津早生’6樹を供試した。1992年7月3日に強摘果区(葉果比50枚以上、以後、弱着果負担区とする)3樹と無摘果区(葉果比10枚以下、以後、強着果負担区とする)3樹を設けた。7月14日から12月9日までの間、約2週間おきに各処理区6果ずつ採取した。

2. 果皮組織の光学顕微鏡観察

各処理区で平均的な大きさの果実を組織観察用のサンプルとした。果実赤道部から約20×5mm(厚さ5mm)

の果皮片を赤道面に対して水平方向にカミソリで切り出し、FAA(ホルマリン:酢酸:70%エタノール=1:1:18 v/v)固定を行った。サンプルはブタノールシリーズで脱水後パラフィン包埋を行い、ミクロトームで厚さ15 μ mの切片を作成した。キシレン・エタノールシリーズで切片を脱パラフィンし、エタノールを水に置換した後、ヘマトキシリン(Hansen's hematoxylin)で染色した。プレパレートは光学顕微鏡で観察した。

3. 油胞および果皮組織細胞断面積の測定

油胞の大きさは、その形を楕円と仮定し、長軸および短軸の長さを光学顕微鏡下で測定して面積を求めた。測定は、各採取日の果実の果皮切片中に存在する連続した10~15個の油胞について行った。

果皮の細胞の大きさは、光学顕微鏡下で撮影した果皮切片の写真をMacintosh computerにイメージスキャナー(EPSON GT-5000)で取り込み、30~60細胞の断面積を画像解析ソフト(NIH image)で測定し、その平均値で示した。なお、各組織当たり3枚以上の切片を供試した。

表皮および下皮組織の厚さは、顕微鏡下で撮影した写真の少なくとも10箇所を測定し、その平均値で示した。

結果および考察

1. 果皮の凹凸と油胞との関係

果皮の粗さを光学顕微鏡下で観察すると、前報(久保ら, 1996)で報告したように、幼果では油胞の間に凸を生

じ、成熟果では油胞の真上が凸となった(第1図、矢印)。幼果では強着果負担区、弱着果負担区ともに果皮表面は粗いが、両区とも果実の発育に伴って徐々に滑らかとなった。しかしながら、成熟果では明らかに弱着果負担区の果皮は粗く、それらの粗さは油胞の上の部分が凸状になったものが原因の一つと推察され、果実の発育に伴う果皮凹凸の形態変化と油胞の発達とが密接に関係していると考えられた。そこで、両区の油胞を経時的に観察し、果皮の形態変化との関係を詳細に検討した。

まず油胞の位置について検討すると、表皮付近に存在するものより深い位置に存在するものとが認められた(第2図-C)。深い位置に存在する油胞ではその真上に当たる部分が大きく窪んだものが多く認められ(第2図-D)、それは未熟果で頻繁に観察された。深い位置に存在する油胞の形成時期は早く、開花期には既に発達しているのが観察された。一方、表皮付近の油胞は開花期にはまだ発達しておらず、小さな初生構造が認められる程度であった(第2図-A, B)。油胞には開花期から既にかなり発達した初生油胞と果実発育の後期まで形成、発育する次生油胞が存在するとされており(松本, 1973)、本実験で表皮付近とそれより深い位置で観察された油胞は、それぞれ次生油胞と初生油胞に対応するものと思われた。

開花期の果実を赤道面で切断すると、切断面上に初生油胞が約20~30個観察された。初生油胞は開花期からすでに子房壁中に形成されている油胞と定義されており(松

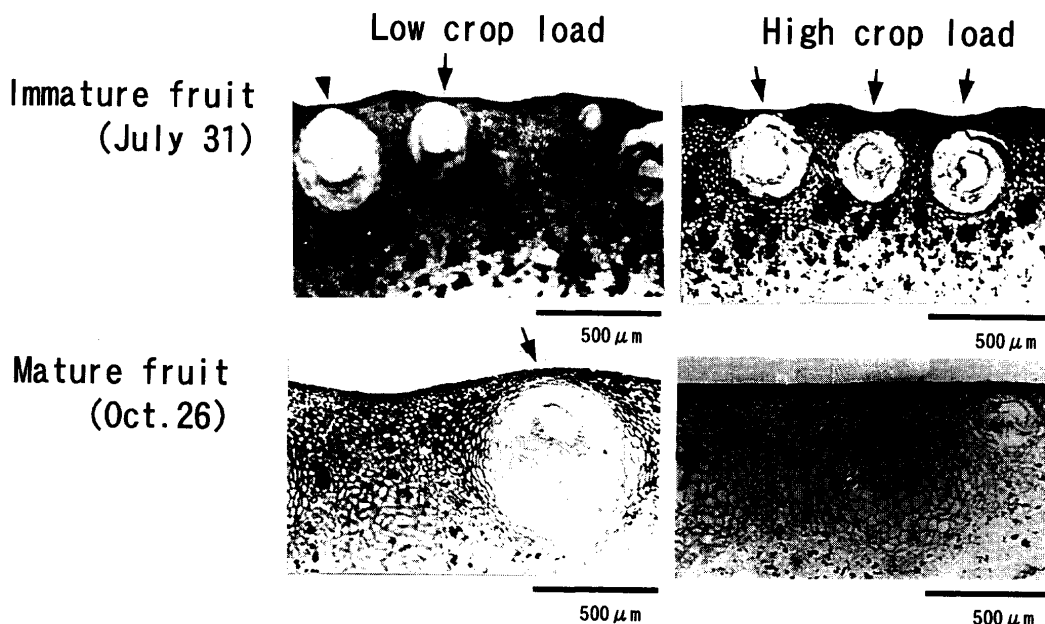


Fig.1. Transverse sections of rinds sampled from fruit of high and low crop load in satsuma mandarin trees. Note the relationships between locations of rind convexities (arrows) and oil glands; convexities between oil glands on an immature fruit, and that just above an oil gland on a mature fruit.

Low crop load, immature fruit; "roughness value" = 6.7,
 Low crop load, mature fruit; "roughness value" = 5.6,
 High crop load, immature fruit; "roughness value" = 7.4,
 High crop load, mature fruit; "roughness value" = 2.8.
 Larger values indicate rougher surface.

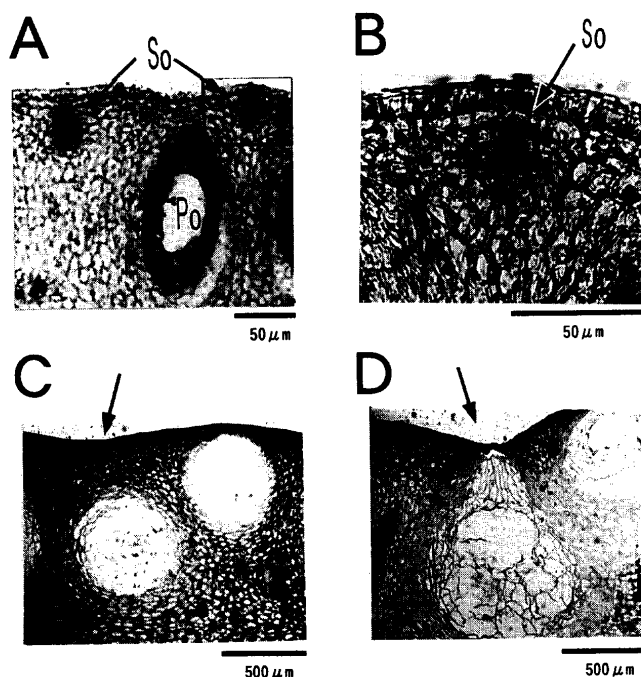


Fig.2. Development of oil gland in the rind of satsuma mandarin fruit. A, Oil glands at anthesis (May 19); B, Magnification of boxed region in A. C, Oil glands existed near and distant from the rind surface (Sept. 10); D, Spindle shaped oil gland (Sept. 10). Arrow indicates the depression just above the primary oil gland. Po=primary oil gland, So=secondary oil gland.

本, 1973), 果実の発育に伴って増加する油胞はすべて次生油胞である。すなわち, 初生油胞の数は変化せず, 初生油胞の密度は果実の発育とともに低下する。6月後半の幼果では果実の円周も短く, 直径2 cmの果実の初生油胞は切断面上で約2.5 mmに1つという計算になり, 粗さへの初生油胞の寄与は大きい。一方9月以降の果実発育後期には, 直径6 cmの果実では切断面上で約7.5 mmに1つという計算になり, 果皮の粗さへの初生油胞の寄与は小さくなる。また果実発育後期に凸となった構造は, 油胞の存在位置から判断して次生油胞の発達によるものと考えられた。

油胞の大きさを経時的に調査すると, 油胞は果実の発育に伴って発達したが, 強着果負担区では10月上旬にはほぼ一定となるのに対して, 弱着果負担区では10月下旬まで肥大が続いた(第3図)。油胞の大きさのばらつきは幼果, 成熟果の双方で認められたが, “最大の油胞の大きさ/最小の油胞の大きさ”の値を比較すると, 強着果負担区での7月31日および12月9日の値はそれぞれ6.23, 3.41であったのに対し, 弱着果負担区ではそれぞれ4.77, 12.72であった。すなわち, 強着果負担区では果実の発育に伴って油胞の大きさのばらつきが低下するのに対して, 弱着果負担区では逆にばらつきが大きくなった。また弱着果負担区では極めて小さな油胞も多く認められ, 果実発育後期になっても次生油胞の形成・発達が行われてい

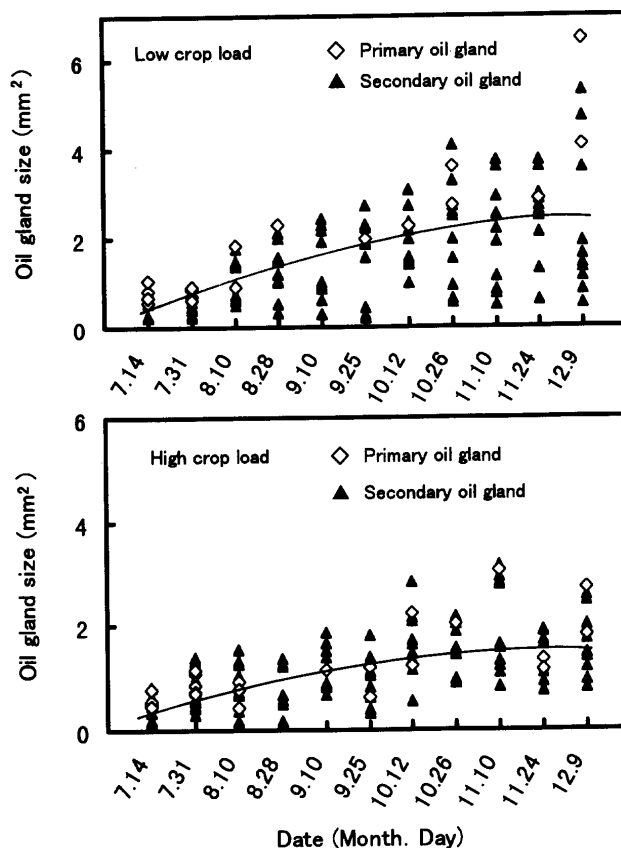


Fig.3. Seasonal development of oil glands on the rind of satsuma mandarin fruit. The curve represents the line of best fit calculated by Excel computer software. Each dot indicates the scatter degree of samples.

るものと思われた。一方, 収穫期の切片中の明らかに初生油胞と思われる油胞の大きさを比較すると, 強着果負担区では次生油胞と同程度であったが, 弱着果負担区ではより大きなものが多かった。12月9日の弱着果負担区における初生油胞の値は, サンプル誤差の可能性もあるが, 弱着果負担区の初生油胞は9月25日から11月24日の間に約2~3 mm²に肥大するのに対して, 強着果負担区での肥大は9月25日から12月9日の間に約1.5~2 mm²であった。このように, 弱着果負担区では明らかに初生油胞の発達もおお盛である。しかし上述したように, 初生油胞は果皮表面から深い位置に存在し, また果実発育後期の粗さは油胞の真上の部分が凸になった構造のものが主であることから, 初生油胞の発達よりも次生油胞の形成および発達のほうが収穫期の果皮表面の粗さにより強く影響を与えていると考えられる。

以上の結果をまとめると, 7月下旬頃までの弱着果負担区と強着果負担区果実で粗さの差が認められないのは(久保ら, 1996), この時期の粗さの主要因が開花期から存在する初生油胞に由来しているためであると考えられる。また果実発育後期に認められる粗さの差は, 次生油胞の形成と発達の違いによるものと推察される。すなわち, 強着果負担区では果実の発育に伴って油胞も発達するが, 10月頃には油胞の大きさがほぼ一定になり, 果皮表面が

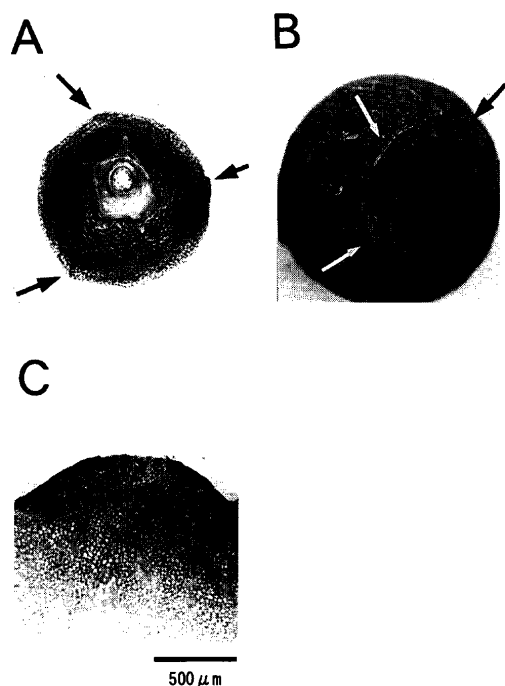


Fig.4. The striped protrusions (arrows) on an immature fruit surface (A,B), and its longitudinal section (C). Note no oil glands below the protrusion. Fruit collected on June 30.

滑らかになる。これに対して、弱着果負担区では初生油胞の発達と次生油胞の形成および発達が収穫期までおう盛であるために、発育後期になっても油胞の大きさにばらつきが大きく、さらに次生油胞の発達に伴って油胞上

部組織が凸となり、成熟期になっても粗い状態が維持されるものと考えられた。

2. 油胞と関係しない凹凸

9月頃までの幼果では、第4図-Aに示すように果皮が著しく縞状になった果実が認められ、また第4図-Bに示すような帯状の突出部がしばしば認められる。この縞状突起は幼果でしばしば認められ、突起の下部に油胞の存在は認められなかった。そこで、その発生原因について検討した。

この油胞と関係しない突出の原因は不明であるが、果皮表面付近の組織が激しく分裂してできたものである(第4図-C)。細胞分裂や細胞肥大には内生の植物生長調節物質が関与していると考えられ、一般に果実の生長と発育に強く関連するとされるジベレリン(高木ら, 1989; 後藤・岩垣, 1990), サイトカイニン(Saidhaら, 1985), アブシジン酸(Takahashiら, 1975), インドール酢酸(Takahashiら, 1975)などの植物生長調節物質の生理活性は幼果期に高いとされている。また, Guardiolaら(1993)は果実発育初期のジベレリンあるいはベンジルアデニン処理によって果実肥大が促進され、果皮組織における一定面積当たりの細胞数が増加することから、この果実肥大の促進は果皮組織での細胞分裂の促進によるものであるとしている。

我々も果実発育初期のジベレリン処理によって粗い果皮の果実が誘発されること(久保・平塚, 1996), 幼果の一部分にジベレリン処理すると処理面のみが粗くなるこ

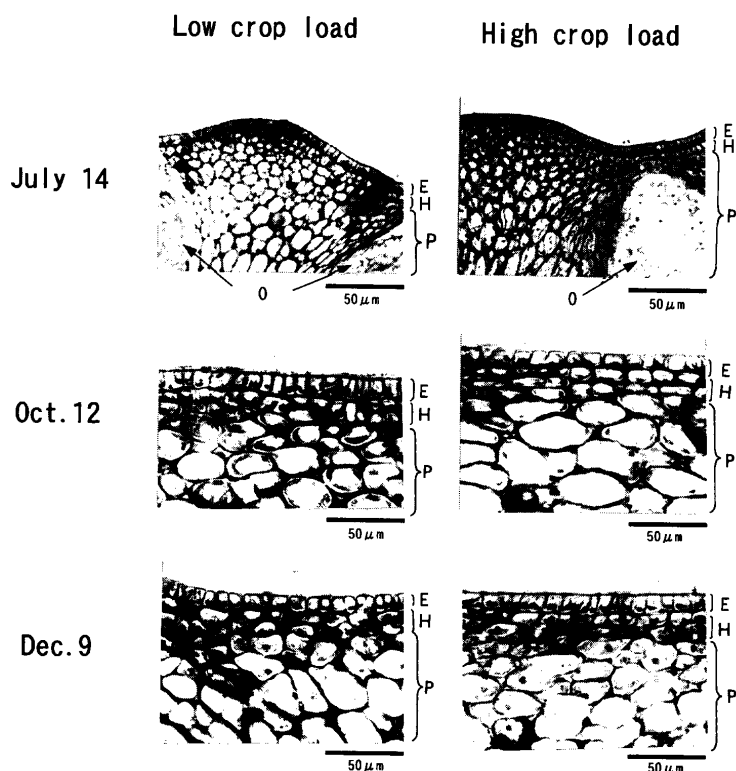


Fig.5. Comparison of rind development between fruit from high and low crop load trees. E=epidermis, H=hypodermis, P=parenchyma tissue, O=oil gland. Note the irregular cell alignment of hypodermal tissue in low crop load tree fruit on Oct.12 and Dec.9.

Table 1. Effect of crop load of trees on fruit growth and cell enlargement in rind tissues of satsuma mandarin.

	Treatment	Tissues	Sampling date				
			July. 14	Aug. 10	Sept. 10	Oct. 12	Dec. 9
Fruit fresh weight (g)	Low crop load		8.92 ± 0.52	24.61 ± 1.36	53.41 ± 3.28	103.84 ± 4.80	146.57 ± 0.45 ^z
	High crop load		6.39 ± 0.31	17.87 ± 0.83	44.07 ± 2.45	58.00 ± 2.52	74.20 ± 3.36
Cell Size (μm ²)	Low crop load	epidermis	42.83 ± 1.19	41.08 ± 0.42	60.25 ± 0.28	94.73 ± 1.38	77.47 ± 0.92 ^y
		hypodermis	59.57 ± 1.24	68.07 ± 0.79	75.58 ± 0.56	129.74 ± 1.79	127.39 ± 2.01
		parenchyma	238.95 ± 2.57	284.15 ± 1.97	425.59 ± 3.67	619.20 ± 6.40	604.09 ± 8.64
	High crop load	epidermis	37.46 ± 0.37	41.12 ± 0.46	58.88 ± 0.35	89.15 ± 1.53	90.34 ± 1.27
		hypodermis	50.82 ± 0.63	58.36 ± 0.57	95.12 ± 1.12	125.15 ± 1.54	255.55 ± 4.21
		parenchyma	235.82 ± 2.77	233.77 ± 1.84	615.46 ± 8.82	987.26 ± 17.17	967.98 ± 12.08

^z mean ± SE.^y mean ± SE.

とを認めている(未発表)。以上のように、特に内生植物生長調節物質の生理活性の高い幼果では、組織内での局所的なホルモン濃度の変化が油胞の形成・発達とは無関係に果皮の部分的な粗さを引き起こすことが示唆された。ただし、この粗さは成熟果ではあまり認められない。これは、通常の栽培ではこれらの果実は摘果されることおよび果実肥大による表面積の拡大とともに全体的に平坦になり目立たなくなるためと考えられる。

3. 凹凸を形成する組織の構造

凹凸を形成している組織を詳細に観察すると、外側からクチクラ層、1層の表皮組織、2~3層の下皮組織およびその下の柔組織からなっていた(第5図)。

それぞれの組織の発達を経時的に見ると、両処理区とも表皮組織と柔組織の細胞は8月から10月にかけて急激に肥大し、その後一定の大きさになった(第1表)。両区を比較すると、柔組織細胞は7月には両区でほぼ同程度であったが、9月以降の組織では明らかに弱着果負担区の方が小さかった。また、下皮組織細胞は、弱着果負担区果実では8月から10月にかけて急激に肥大して、その後一定の大きさになったのに対し、強着果負担区ではその後も肥大し続けた。

倉岡ら(1975)によると、内部アルベド組織(本報での柔組織の最も内側の部分と思われる)は6月上旬、外部アルベド組織(本報での柔組織の中央部と思われる)は6月下旬、フラベド組織(本報での表皮、下皮およびその下の一部柔組織が含まれるものと思われる)では7月上旬が細胞分裂停止期であるとしている。一方、井上・宮本(1970)は、果皮外層の細胞は9月中旬まで分裂と肥大を繰り返していると報告している。また、倉岡・菊池(1961)は成熟果の表皮および下皮組織には微小な細胞が多く、かなり遅い時期まで分裂を続ける細胞があるとしている。このように、果皮の細胞分裂停止期についての明確な結論は得られていない。本実験において、果実の横径の変化に対する一定面積当たりの下皮組織細胞数をプロットしたところ、弱着果負担区では横径が約50mm、強着果負担区

では約30mmの位置に変曲点が認められ、それぞれ9月10日と8月10日に相当した(第6図)。このことは、下皮組織での細胞分裂は少なくとも弱着果負担区では9月、強着果負担区では8月まで続いていることを示している。ウンシュウミカン果実では一般に6月中旬頃が細胞分裂停止期とされているが、少なくとも果皮の外層組織ではかなり遅くまで細胞分裂が行われていることは、本実験結果からも明らかである。

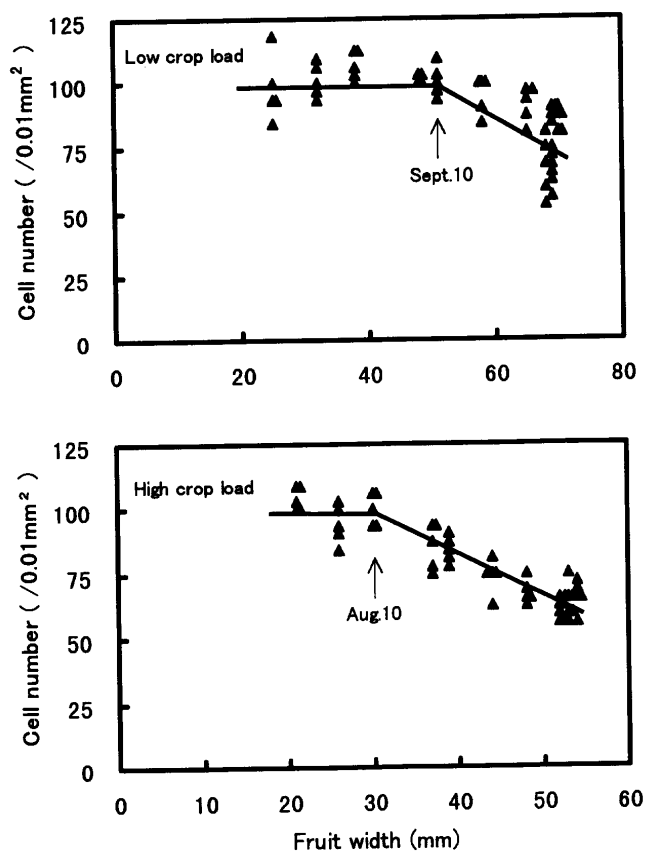


Fig. 6. Relationship between fruit diameter and cell number in hypodermal tissue of satsuma mandarin. Cell division ceases on Aug.10 and on Sept.10 in fruits from high and low crop load trees, respectively.

Table 2. Changes in epidermis and hypodermis thickness during fruit growth of satsuma mandarin.

Treatment	Tissues	Sampling date				
		July. 14	Aug. 10	Sept. 10	Oct. 12	Dec. 9
Low crop load	epidermis	16.83 ± 0.40	13.48 ± 0.39	16.55 ± 0.35	17.83 ± 0.33	14.28 ± 0.38 ^z
	hypodermis	21.38 ± 0.81	25.20 ± 0.47	23.35 ± 0.95	24.88 ± 1.40	23.43 ± 1.24
High crop load	epidermis	14.03 ± 0.53	12.85 ± 0.39	13.33 ± 0.45	14.12 ± 0.56	14.25 ± 0.38
	hypodermis	19.42 ± 1.20	22.18 ± 0.88	22.25 ± 0.95	23.43 ± 1.05	24.80 ± 1.24

^z mean ± SE. Each value is expressed as μ m.

成熟果で表皮、下皮およびフラベド組織の細胞の大きさを比較すると、中果で最も大きく、大果および小果では小さいとされており(井上・杜, 1971), その原因として、大果では細胞分裂がおう盛で細胞数が多く、小果では細胞分裂および肥大の両面が劣るためであると考えられている。本実験でも、成熟期に果径の大きい弱着果負担区果実の表皮、下皮および柔組織細胞は明らかに小さく、一方、果径の小さい強着果負担区では大きな細胞が確認された(第1表)。これを我々が詳しく調査した下皮組織のデータを用いて考察すると、強着果負担区では細胞分裂が早く終了し、その後の肥大期間が長いために細胞が大きくなるのに対して、弱着果負担区では分裂の停止が1ヶ月程遅れるため、その後の肥大期間が十分ではなく、その結果、下皮組織細胞が小さくなるものと思われた。また、小果では細胞分裂は劣るものの、大果より細胞肥大がおう盛であるものと考えられた。

幼果において、油胞の真上の部分が凹となった組織のうち、次生油胞が原因と思われる組織について観察すると、油胞の真上の組織は油胞の存在しない部分より薄くなっているものの、表皮・下皮の厚さは同程度であった。また、薄くなった部分の柔組織細胞は平均して5~6層認められた(第7図-A)。次生油胞の上部が凸となった成熟果でも、油胞の上の表皮・下皮は他の部分と同様の厚さであったが、柔組織は極めて薄く、ほとんど認められない場合もあった(第7図-B)。このように、次生油胞が原因で生じた凹凸部の柔組織は、油胞の発達に伴って油胞の存在しない側面に押し出されるものの、下皮組織は影響を受けないものと考えられる。一方、初生油胞によって凹になった部分の柔組織層は、果実発育期間を通して厚い場合と(第2図-C)、ほとんど薄くて認められない場合があった(第2図-D)。

表皮および下皮組織層の厚さは、弱・強着果負担区とも8月から12月にかけてほぼ一定であった(第2表)ことから、両組織の細胞は、果実発育後期には果皮表面に対して主に平行方向に肥大すると推察される。10月以降における下皮組織の構造を詳細に観察すると、強着果負担区の下皮組織細胞は、表皮に対してその長軸をほぼ平行にして均一に配列して大きく肥大しているのに対し、弱着果負担区の細胞は、表皮に対して様々な角度で配列し

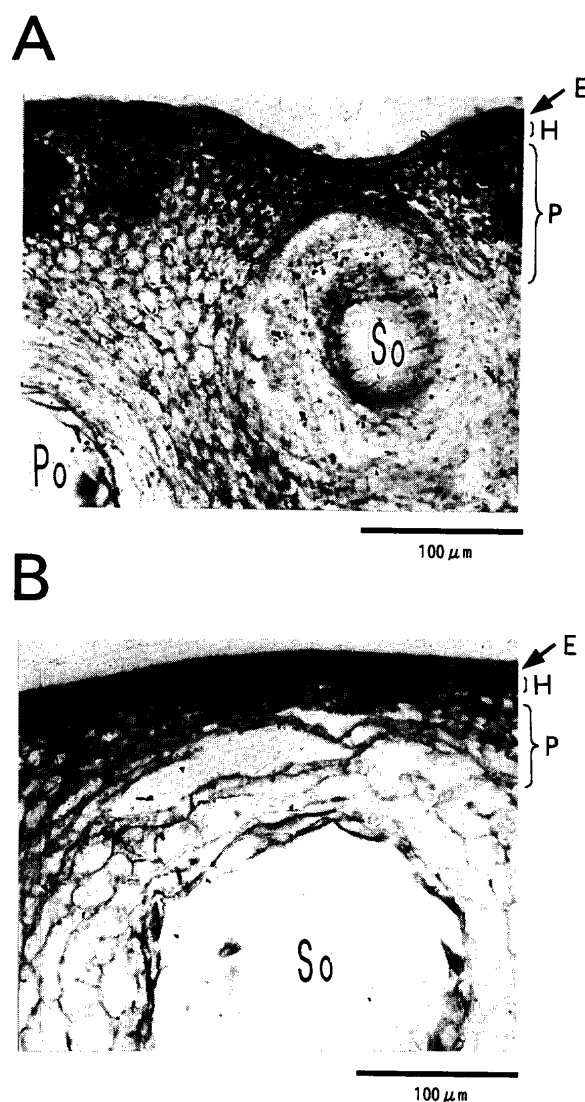


Fig. 7. Concavity (A) and convexity (B) above the secondary oil gland in an immature (A, July 14) and mature (B, Nov. 24) fruit.

E=epidermis, H=hypodermis, P=parenchyma tissue, Po=primary oil gland, So=secondary oil gland.

ており、細胞の大きさも様々であった(第5図)。下皮組織の細胞の配列が不規則な理由として、果皮での細胞分裂がおう盛であるにもかかわらず、果皮に対して平行方向の細胞肥大は緩慢であることが示唆される。一方、強着果負担区果実では、細胞分裂が比較的早期に終了して細胞肥大期間が長いこと、果皮に平行方向の肥大も十分

に行われて配列が均一になると考えられた。

本報告の結果は、果皮の粗さの一因として油胞の形成と発達および果皮組織の細胞分裂などが密接に関わっていることを示している。また、植物生長調節物質が果皮の粗さに関与している可能性が考えられることから、植物生長調節物質処理した果皮組織を調査するとともに、内生植物生長調節物質と果皮の粗さとの関係についても今後さらに検討する必要がある。

摘 要

ウンシュウミカン果実について、果皮の粗くなる強摘果樹の果実と滑らかな無摘果樹の果実を用い、果皮の粗さが生じる原因を組織学的に比較検討した。果皮の粗さは主に油胞の発達と関連していると推察され、果皮の粗い果実では、成熟期になっても様々な大きさの油胞が存在するのに対して、滑らかな果実では比較的均一であった。果実発育後期の油胞の発達が収穫期の粗さの違いを生じる主要因であり、特に、成熟果で頻繁に観察される油胞の真上が突き出た形の粗さは、次生油胞の発達によるものと思われた。なお、幼果では果皮表面にしばしば縞状の突出部が認められたが、それらは油胞の発達とは無関係であると考えられた。

凹凸を形成している組織は、外側からクチクラ層、1層の表皮組織、2~3層の下皮組織、その下の柔組織からなっており、弱着果負担区の粗い果皮の下皮細胞および柔組織細胞は強着果負担区の滑らかな果皮のものより小さく、また細胞の配列も不規則であった。滑らかな果皮組織では下皮細胞の細胞分裂は8月上旬に終了するのに対して、粗い果皮組織では9月上旬まで続いた。

以上の結果から、果皮の粗さには果皮組織の発達、特に油胞の発達と下皮組織細胞の分裂程度およびその配列が大きく関与していると推察された。

引用文献

後藤明彦・岩垣 功. 1990. ウンシュウミカンの結果枝および発育枝の葉、茎及び果実の発育過程における GA 様活性。果樹試興津年報. 99-100.

Guardiola, J. L., M. T. Barres, C. Albert and A. Garcia-Luis. 1993. Effects of exogenous growth regulators on fruit development in *Citrus unshiu*. Ann. Bot. 71: 169-176.

井上 宏・宮本省二. 1970. カンキツの果皮の発育に関する研究. (第1報) 温州ミカンの果皮面付傷とゆ傷組織の発達。園学要旨. 昭45秋: 78-79.

井上 宏・杜 和彦. 1971. カンキツの果皮の発育に関する研究. (第2報) 温州ミカンの成熟果の大きさと果皮の発達ならびに果皮の部位別肥大。園学要旨. 昭46秋: 66-67.

倉岡唯行・岩崎一男・辻 博美. 1975. 温州ミカンの浮皮に関する研究. (第2報) 果皮細胞の形態的变化ならびに果皮内セルラーゼ活性について。園学雑. 44: 7-14.

倉岡唯行・菊池卓郎. 1961. カンキツ果実の発育に関する組織学的研究. (第1報) 温州ミカンについて。園学雑. 30: 1-8.

久保達也・平塚 伸. 1996. ウンシュウミカン果実の発育と成熟に伴う果皮表面の形態的变化. (第3報) 果皮の粗さとジベレリンとの関係。園学雑. 65 (別1): 56-57.

久保達也・平塚 伸. 1998. ウンシュウミカン果実の着果角度が果皮表面形態、着色および果汁成分含量に及ぼす影響。園学雑. 67: 51-58.

久保達也・前川行幸・平塚 伸. 1996. ウンシュウミカン果実の果皮表面形態と果汁の糖濃度との関係。園学雑. 65: 447-453.

松本和夫. 1973. 柑橘園芸新書. p.188. 養賢堂. 東京.

Saidha, T., E. E. Goldschmidt and S. P. Monselise. 1985. Endogenous cytokinins from developing 'Shamouti' orange fruits derived from leafy and leafless inflorescences. Scientia Hort. 26: 35-41.

高木敏彦・富安章子・松島美登里・鈴木鉄男. 1989. ウンシュウミカンの果実および枝葉中のジベレリン様物質の経時的変化。園学雑. 58: 569-573.

Takahashi, N., I. Yamaguchi, T. Kono, M. Igoshi, K. Hirose and K. Suzuki. 1975. Characterization of plant growth substances in *Citrus unshiu* and their changes in fruit development. Plant Cell Physiol. 16: 1101-1111.