

キウイフルーツ (*Actinidia chinensis* Planch.) の有核果及びホルモンで誘起した無核果の生育

趙, 梁軍
九州大学農学部附属農場

白石, 眞一
九州大学農学部附属農場

若菜, 章
九州大学農学部附属農場

<https://doi.org/10.15017/23364>

出版情報 : 九州大学農学部学芸雑誌. 46 (1/2), pp. 39-49, 1991-10. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :



キウイフルーツ (*Actinidia chinensis* Planch.) の有核果及び ホルモンで誘起した無核果の生育

趙 梁 軍・白石 眞 一・若 菜 章

九州大学農学部附属農場

(1991年7月29日 受理)

Growth and Development of Seeded and Hormone-induced Seedless Fruits in Chinese Gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.)

LIANG-JUN ZHAO, SHIN-ICHI SHIRAISHI and AKIRA WAKANA

University Farm, Faculty of Agriculture
Kyushu University, Harumachi, Kasuya-Gun 811-23

緒 言

キウイフルーツの果実は30から40の心皮からなり、各室には10から30の微小な種子を含んでいる (Ryugo, 1988). 果実の正常な生育には多数の正常な種子の発達が必要であり、商品価値の高い果実を生産するためには、1果当り1000粒程度の種子が必要であると言われている (Hopping and Jerram, 1979; Hopping, 1981). 正常に発達している種子の数が40から50粒以下では果実の生育初期に落果することが多くなり、無受粉では全く着果しない。しかし、無受粉においても、開花期に植物ホルモンで処理することによって、キウイフルーツの単為結果が誘起され、また、ホルモンの種類によって効果が異なることが報告されている。NAA と GA および BA 処理によって誘起された果実は、発育中の落果が激しく、果実の肥大も劣っていた (志村ら, 1981). 一方、サイトカイニン活性を持つKT-30で誘起された無核果の肥大は受粉果よりも良好であった (Iwahori *et al.*, 1988). しかし、ホルモンによるキウイフルーツの無核果の誘起機構及び無核果の生育過程などについての詳細な報告は見あたらない。

そこで本研究では、キウイフルーツの結果や果実生育生理をさらに明らかにするために、開花時に植物ホルモン処理を行ってキウイフルーツの単為結果を誘起し、有核果と無核果の生育過程、生育に伴う内生オーキシンの活性変化及び組織学的な差異を比較検討した。また、誘起した無核果の特性と品質を評価した。

材料及び方法

1. 供試材料

九州大学農学部附属農場果樹園に植栽されている11年生‘モンティ’4株と受粉樹として‘トムリ’1株を1990年に供試した。供試樹から発育中庸な結果枝に着生した開花直前の中心花を選び、袋掛けを行って無受粉とした。開花日にこれらの一部に人工受粉、KT-30処理及びGA₃処理を行い、無受粉区、受粉区、KT-30処理区、GA₃処理区の4区を設けた。KT-30処理及びGA₃処理はそれぞれ展着剤を加えた40ppmの水溶液及び500ppmの水溶液を開花当日の花に散布して行い、散布後再び袋掛けをした。

2. 生育調査

開花後3週目に各処理区の着果率を調査した。その後の生長を解析するために、経時的に各処理区から発育良好な果実を各々20個選び、果実の縦径、長径、短径を24週後の収穫期まで測定した。また、樹上調査した果実と同程度の大きさの果実を各処理区から各々20個から30個経時的にサンプリングし、縦径、長径、短径及び果実重を測定し、果実を円柱と見なして算出した体積と果実重の直線回帰式を求めた。樹上での調査果実の果実重はこの回帰式を用いて算出した。さらに、経時的に採取した各処理区の果実6個から12個を凍結乾燥し、果実の乾物率を計算した。果実の絶対生長率 (AGR) は $(W_2 - W_1) / (T_2 - T_1)$ によって求めた。W₂, W₁は開花後T₂, T₁週目の果実重である。

3. 内生ホルモンの検定

経時的に採取した幼果を凍結乾燥した後、果肉と種子を分別して、粉末とした。この乾燥粉末 2 g を 200ml の 80% メタノールで抽出して、酢酸エチルで分画した。得られた酸性画分をペーパークロマトグラフィー（東洋ろ紙 No. 51B；展開溶媒：イソプロパノール 10：アンモニア 1：純水 1）で展開し、アベナ子葉鞘伸長テスト法で、オーキシシン活性を検定した。

で達した果実はわずかであった。果重で見た果実の生長曲線は有核果、無核果とも 2 重 S 字型を示し、それらの絶対生長曲線は二つのピークを示した。また、この二つのピークはいずれの処理区においても同一調査日に認められたことから、果実の生長周期が受粉やホルモン処理の有無にかかわらず、一定していることが明らかとなった。

第 2 図に乾物率の経時変化を示す。果実の乾物率

Table 1. Effects of pollination and hormonal treatments on fruit set in 'Monty'.

Treatment	No. of flowers treated	No. of fruits set (%) ²
Pollination	400	392 (98.0)
Unpollination	50	0 (0.0)
KT-30 40 ppm	400	382 (95.5)
GA ₃ 500 ppm	400	359 (89.8)

² Three weeks after treatment

4. 組織学的観察

果実の細胞層の数と細胞の大きさの測定は 20 μ m の凍結切片を作成後、顕微鏡下で行った。なお、キウイフルーツ果実にはいろいろな大きさの細胞が観察されたため、約 150 個の細胞の最長径をマイクロメーターで測定して、平均した値を細胞の大きさとした。果梗の組織学的調査と心皮の背束と腹束の発達の観察は 2 μ m の厚さのアクリトロン包埋切片（北條・石塚, 1985）を作成し、トルイジンブルー 0 で染色して行った。

5. 果実の特性調査

果実の大きさ、果形と奇形果の発生率を調査した。また種子と果毛の大きさ、色、硬さを実体顕微鏡で調査した。これらの結果を基にして、果実の品質を評価した。

結 果

1. 着果率

受粉及びホルモン処理の結果を第 1 表に示す。開花後 3 週目において受粉区は 98.0% 着果し、無受粉区はすべて落果した。しかし、無受粉花を植物ホルモンで処理した場合、KT-30 処理区においては 95.5%、GA₃ 処理区においては 89.8% の着果率を認めた。

2. 果実の生育

第 1 図に果実の生長曲線を示す。有核果に比べ、KT-30 で誘起した無核果はすぐれた肥大を示し、落果は殆んど見られなかったが、GA₃ で誘起した無核果の肥大は著しく劣り、特に 8 週目以後激しく落果し、成熟ま

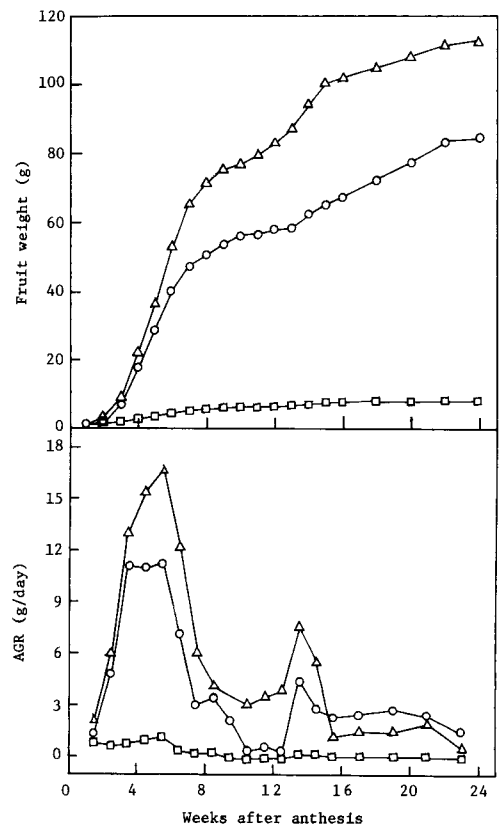


Fig. 1. Growth curves of seeded and hormone-induced parthenocarpic 'Monty' fruits. ○, Pollinated; △, KT-30-treated; □, GA₃-treated.

は開花直後は低く、4週目から5週目までさらに低下した後、5週目から12週目にかけて急激に上昇し、その後収穫まで緩やかに上昇した。無核果と有核果の乾

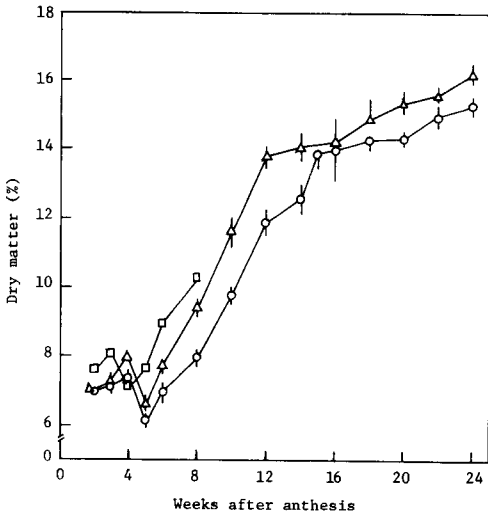


Fig. 2. Changes of percentage dry matter in seeded and hormone-induced parthenocarpic 'Monty' fruits. ○, Pollinated; △, KT-30-treated; □, GA₃-treated.

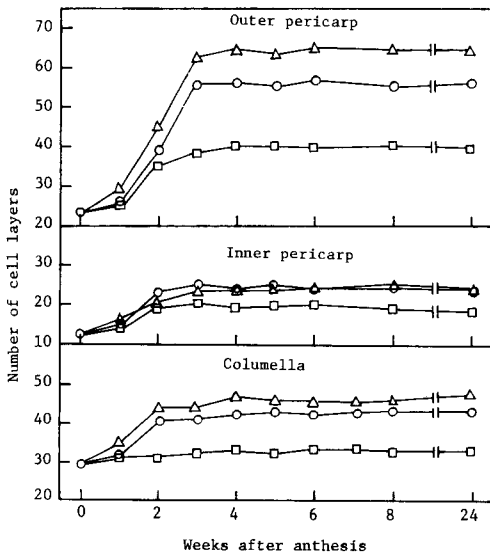


Fig. 3. Increase in the number of cell layers counted on the medium cross sections of seeded and hormone-induced parthenocarpic 'Monty' fruits. ○, Pollinated; △, KT-30-treated; □, GA₃-treated.

物率の変化を比較した場合、いずれの調査日においても無核果が有核果よりもやや高い値を示した。

第3図に果実の各部位における細胞層の経時的な増加を示す。細胞層の増加は果実の部位によって違いが見られ、外果皮 (outer pericarp) においては開花後3週目まで、内果皮 (inner pericarp) と果心部 (columella) においては2週目までに急激な増加が見られた。その後内果皮においては開花後3週目まで、外果皮と果心部においては4週目まで緩やかに増加した後、増加は見られなくなった。以上のことから、果実の部位によって多少の違いは見られるが、果実の細胞分裂はほぼ4週目までに完了することが明らかになった。次に、各処理区における細胞層の増加速度を比較して見ると明瞭な差が認められた。受粉区の有核果における細胞層の増加速度に比べて、KT-30処理区の無核果におけるその増加速度は外果皮において特に速く、果心においても明らかに速かったが、内果皮においてはほとんど差が認められなかった。一方、GA₃処理区の無核果における細胞層の増加速度は受粉区の有核果に比べて、外果皮と果心部で著しく遅く、内果皮でもかなり遅かった。以上のことから、受粉区の有核果と比べて、KT-30処理区の無核果における細胞分裂は外果皮と果心部

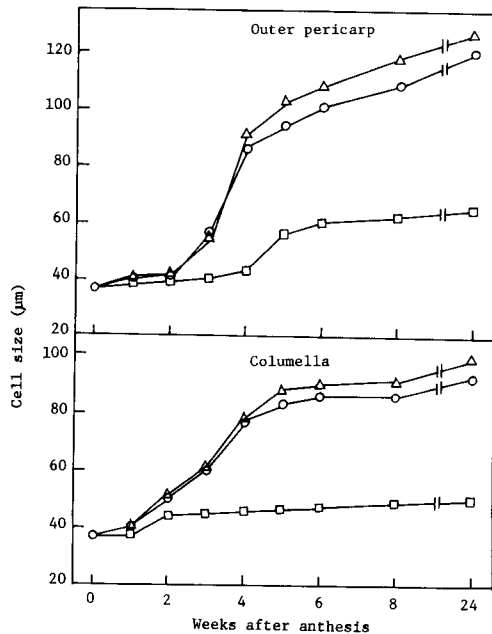


Fig. 4. Increase in cell size in seeded and hormone-induced parthenocarpic 'Monty' fruits. ○, Pollinated; △, KT-30-treated; □, GA₃-treated.

において活発であり、 GA_3 処理区の無核果における細胞分裂はいずれの部位においても不活発であることが明らかとなった。

第4図に各処理区の果実の外果皮と果心部における細胞の大きさの経時的变化を示す。受粉区の有核果の外果皮細胞は開花後2週目まで肥大がほとんど進まず、2週目から5週目にかけてかなり急速に肥大し、その後緩やかに肥大した。一方、果心の細胞は、開花から5週目までやや急速に肥大を続けたがその後の肥大はかなり緩やかであった。受粉区の有核果に比べ、KT-30処理区の無核果の細胞の肥大速度は5週目前後に速

くなり、その結果としてKT-30処理果の細胞が大きくなった。 GA_3 処理区の無核果の細胞の肥大速度は外果皮では開花後4から5週目にかけて、果心では1週目から2週目にかけてやや急速に肥大したが、生育期間を通してかなり遅く、その結果として、著しく小さな細胞となった。

第5図に心皮の腹束の発達を示す。心皮に隣接して、果心側と果皮側に1本の腹束 (ventral bundle) と背束 (dorsal bundle) が認められた (第5-A図)。開花時にはこれらの維管束の導管は小さく、導管数も少なかった。受粉区の有核果では果実の生育にともなって腹束

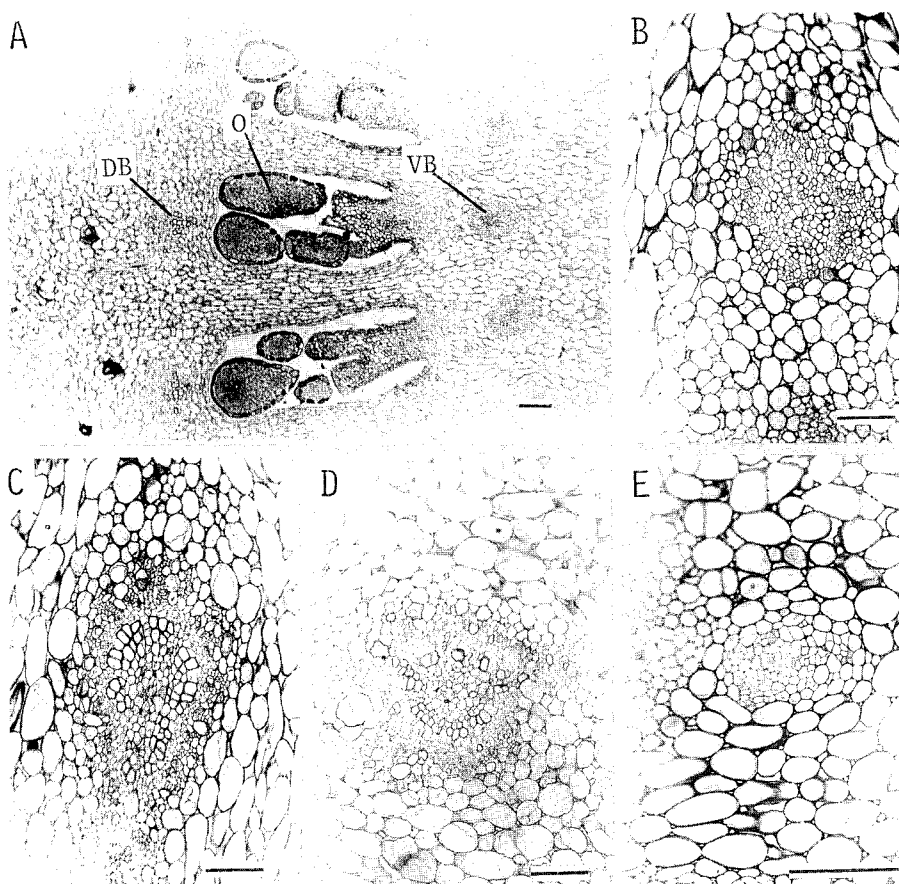


Fig. 5. Difference of ventral bundle development between seeded, KT-30-induced parthenocarpic, and GA_3 -induced parthenocarpic fruits in 'Monty'. A, an ovary at anthesis; B, a ventral bundle of seeded fruit 4 weeks after anthesis; C, a ventral bundle of seeded fruit 8 weeks after anthesis; D, a ventral bundle of KT-30-induced parthenocarpic fruit 8 weeks after anthesis; E, a ventral bundle of GA_3 -induced parthenocarpic fruit 8 weeks after anthesis. Abbreviations: DB, dorsal bundle; VB, ventral bundle; O, ovule. The scale bars indicate 100 μ m.

の発達が認められ、導管数の増加が顕著であった(第5-B, C図). 開花後8週目における各処理区の果実の腹束を比較して見ると、有核果の腹束の発達が最も顕著であり、KT-30処理区の無核果では中程度の発達が見られ、GA₃処理区の無核果における腹束の発達はほとんど認められなかった(第5-C, D, E図). 一方、背束の発達はKT-30処理区の無核果、受粉区の有核果とも認められたが、GA₃処理果ではほとんど認められなかった.

第6図に各処理区の果実の果梗横断切片の顕微鏡写真を示す. 開花時の果梗の二次木部の発達は顕著ではなかった(第6-A図)が、受粉区の有核果においては果実生育にともなって二次木部の発達が進み(第6-

B, C図), 開花後8週目には二次木部と皮層の面積が著しく増大した(第6-C図). 8週目における各処理区の果梗の二次木部の発達程度を比較してみると、KT-30処理区で最も発達しており(第6-D図), GA₃処理区ではほとんど発達していなかった(第6-E図). またKT-30処理区の果梗においては髓の発達が顕著であった(第6-D図).

3. 内生オーキシン様物質の活性変化

受粉区の種子を取り除いた有核果と種子から抽出した酸性画分において、*Rf*0.3-0.5と*Rf*0.7-0.9の画分にオーキシン活性が認められた.*Rf*0.3-0.5のオーキシン活性を示すオーキシン様物質をA I, *Rf*0.7-0.9のオーキシン活性を示すオーキシン様物質をA IIと

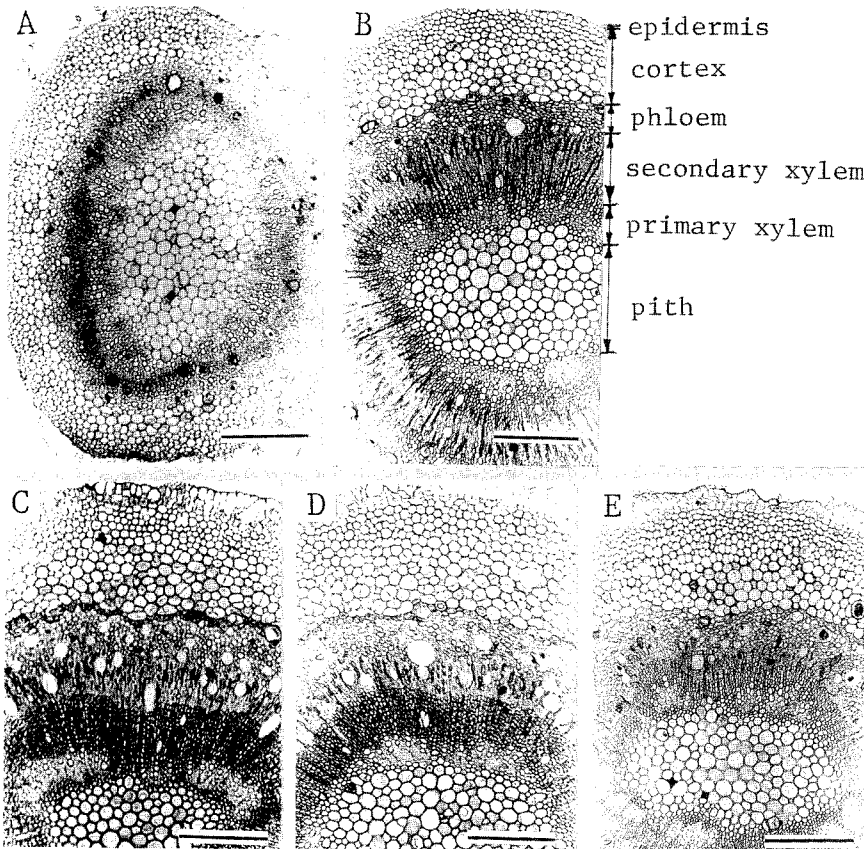


Fig. 6. Medium cross-sections of the pedicel of young fruits showing difference of xylem development between seeded, KT-30-induced parthenocarpic, and GA₃-induced parthenocarpic 'Monty' fruits. A, a pedicel of flower; B, a pedicel of seeded fruit 4 weeks after anthesis; C, a pedicel of seeded fruit 8 weeks after anthesis; D, a pedicel of KT-30-induced parthenocarpic fruit 8 weeks after anthesis; E, a pedicel of GA₃-induced parthenocarpic fruit 8 weeks after anthesis.

The scale bars indicate 400 μ m.

した(趙ら, 1991a)。この2種類のオーキシンの果肉と種子における経時的な活性変化を第7図に示す。これらの果肉における活性は開花後2週目においては高かったが、その後急速に低くなり、4週目以後では緩やかに低下した。種子におけるこれらの活性は調査期間を通して、果肉より高く、4週目までかなり高い活性を示したが、その後は果肉と同様な変化パターンを示した。ホルモン処理によって誘起した無核果からも同様に2つの画分にオーキシン活性が検出された。KT-30処理区の無核果における2種類のオーキシン活性は開花後5週目までは受粉区の種子を取り除いた有核果におけるそれらの活性とほぼ同じ変化を示して低下した。その後AI活性は6週目にはやや高まり、8週目にやや低下した。一方AII活性は受粉区の種子を取り除いた果実のAII活性と比較して緩やかに低下した。このために開花後6週目から8週目においては、2種類のオーキシン活性は受粉区の種子を取り除いた果実よりもKT-30処理区の無核果において明らかに高くなった。GA₃処理区の無核果のオーキシン活性は調査期間を通してかなり低く、4週目以後の活性は認められなかった。

4. 果実の特性

果実の形態調査結果を第2表に示す。受粉区の有核果に比べ、KT-30処理区の無核果重は大きかったが、GA₃処理区の無核果重はかなり小さかった。KT-30処理区の無核果の果形指数は受粉区の有核果より小さか

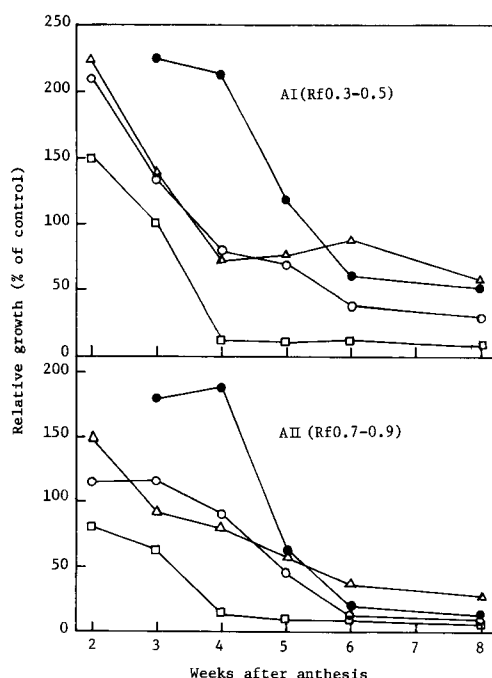


Fig. 7. Changes of two auxin activities of acidic ethyl acetate fraction from seeds, seeded fruits without seeds and hormone-induced parthenocarpic fruits in 'Monty'. ●, seeds from pollinated fruits; ○, pollinated fruits from which the seeds were removed; △, KT-30-induced parthenocarpic fruits; □, GA₃-induced parthenocarpic fruits.

Table 2. Comparison of various characteristics of seeded and hormone-induced parthenocarpic 'Monty' fruits.

Item	Treatment		
	Pollination	KT-30 (40ppm)	GA ₃ (500ppm)
Fruit			
Max. diameter (cm)	43.5	50.8	24.9
Length (cm)	68.8	68.4	26.4
Length/Diameter	1.58	1.35	1.06
Weight (g)	87.2	113.1	8.1
Longitudinal rib (%)	2.5	24.5	0.0
Calyx end protruded (%)	0.0	100.0	0.0
Seed			
Length (mm)	2.4	0.9	0.4
Max. width (mm)	1.6	0.6	0.2
Color	Black brown	Red brown	Red yellow
Hardness	Very hard	Hard	Soft
Fruit hair			
Max. width (mm)	0.2	0.6	0.2
Length (mm)	2.8	3.1	2.6
Hardness	Soft	Hard	Soft

った。GA₃処理区の無核果の果形指数はさらに小さく、1.06であり、ほぼ球形に近い形状を示した。KT-30処理区の無核果には奇形果が多く見られ、筋果が24%、萼窪部の突起果が100%出現した。ホルモン処理区の無核果においては完全種子は全く形成されなかったが、無受精胚珠の外種皮はある程度発達し、薄く着色した。その発達程度はホルモン処理区によって異なり、KT-30処理区の無受精胚珠がGA₃処理区の無受精胚珠より発達した。KT-30処理区の無核果には果毛の異常が見られ、長さ、太さ、硬さとも受粉区の果毛を上回った。特に果毛の基部の直径は有核果の3倍にも達した。

考 察

1. 果実の生育

受粉及び無受粉処理の結果から、キウイフルーツ“モンティ”には単為結果性がまったくないことが明らかとなった。同様な結果は他のキウイフルーツ品種でも報告されている(志村ら, 1981; Iwahori *et al.*, 1988; 小原ら, 1991)。リンゴ、ナシ、ブドウなどにおいて、果実の大きさや形は形成された種子数によることはよく知られているが、キウイフルーツにおいても果実重と種子数との間に正の相関があることが報告されている(Hoping, 1976b; Lai *et al.*, 1989)。果実の正常な発達、すなわち種皮や中果皮等へのリグニンの集積、可溶性成分の蓄積、果実細胞の肥大などには十分な光合成産物の転流、養分の提供、ホルモンが不可欠である(Ryugo, 1988)ことから、キウイフルーツに見られるこの現象は受精後の幼種子の胚乳において合成されたホルモンに負うものだと考えられる。

受精後の若い種子における高いオーキシシン活性は開花後3・4週目に認められ、AI, AIIとも種子を取り除いた有核果のオーキシシン活性と比べて著しく高かった。加藤ら(1991)もキウイフルーツの幼果において果肉より種子におけるオーキシシン活性が高いことを報告している。また、著者ら(1991a)は最初の高いオーキシシン活性の見られる開花直後から8週目の幼果において内果皮におけるオーキシシン活性が外果皮における活性よりかなり高いことを報告している。以上の結果は受精後まもなく幼種子において急速発達する胚乳において合成されたオーキシシンが内外果皮へと拡散し、キウイフルーツの着果と初期生育に重要な役割を果たしていることを支持する。

ブドウ、ナシ、オレンジなどの高い単為結果性を有する品種の子房や幼果は比較的高い内生ホルモンレベルを有し、単為結果性の低い品種では内生ホルモン含

量が低いことが知られており、この高いホルモンレベルが無核果の正常な発達を促進すると考えられている(Gustafson, 1939; Nitsch, 1970)。一方、花粉抽出物を子房に与えた場合、子房が肥大するあるいは単為結果することが証明されており、IAAを代表とする花粉ホルモンが受粉後の子房の生長を促進することが明らかにされた(安田, 1934; Gustafson, 1937)。その後外生的に与えたいろいろな種類のホルモンが多くの種類の果実を無核化することが可能であることが示され、特にジベレリンの効果が高いことが報告されている(Schwabe and Mills, 1981)。しかしこの場合、作物によって無核果を誘起できるホルモンの種類、濃度やその程度には差が見られ、無核果の形成機構は単純ではないことが示唆される。

本研究においてKT-30とGA₃のいずれもキウイフルーツの単為結果を誘起したが、KT-30処理区では受粉区の有核果よりも大きな無核果となったのに対し、GA₃処理区では最終果重が8gの著しく小さな無核果となるか、または生育途中で落果した。KT-30処理区の無核果においては、有核果に比べて開花後4週目までに見られる細胞分裂が活発であり、開花後の細胞分裂作用を持つサイトカイニンの活性(Okuse and Ryugo, 1981; 松井ら, 1988; 趙ら, 1991a)をさらに高めたと考えられる。一方、GA₃処理区の無核果においては細胞分裂が不活発であり、サイトカイニン活性が低いレベルに留まったものと考えられる。KT-30処理区の無核果の細胞は有核果の細胞と同様に肥大したが、開花後4から5週目において肥大速度が有核果の細胞よりも速くなり、最終的にはより大きな細胞となった。一方、KT-30処理区の無核果におけるAI活性は開花後5週目から8週目にかけて受粉区の種子を取り除いた有核果よりも高まった。この結果から、KT-30処理が開花後5週目前後の無核果におけるオーキシシン活性を高め、外果皮と果心の細胞肥大をさらに促進したと考えられる。他方、GA₃処理区の無核果は開花後2週目と3週目に有核果と比べてかなり低いレベルのオーキシシン活性を示した後、4週目からは活性を示さなかった。このことはGA₃処理区の無核果の細胞は果心において開花後2週目、外果皮においては5週目にやや肥大が進んだものの、全体的に著しく肥大速度が遅いこととよく対応する。

有核果の幼果におけるAI, AIIレベルは開花時には低い。AIは開花後2週目に、AIIは開花後4週目に急速に高まり、その後急速に減少すること、一方、ジベレリンのレベルは開花後1週目には高いが、その

後低くなり、4週目から5週目にかけて急速に高まり、その後急速に低くなることが報告されている(趙ら, 1991a)。著者ら(1991a)は開花後2週目のA I 活性は着果と細胞の分裂・肥大を促進し、開花後1週目のジベレリン活性は単独で、あるいは内生オーキシンの生合成を促進して結果的に着果に関連し、その後のA I, A II, GA I 活性は細胞肥大促進と深い関係があることを示唆している。本研究において高い着果率を示したGA₃処理は、著者らの指摘した受粉果に見られる開花後1週目の高いジベレリン活性の役割をさらに明らかにしたものと言える。すなわち、開花時に外生的に与えられたGA₃が子房内に吸収されて、着果を促進するとともに、子房におけるオーキシン生合成を低いレベルながら促進したことが、比較的高い着果率に結びついたと考えられる。しかし、本実験におけるGA₃処理の結果はいわゆる花粉ホルモンの類似作用はあるものの、受精種子によって活性化されるホルモン代謝と同等の代謝変化を導くことができないことが無核果の落果と小果形成に至った原因であることを示唆している。

一方、KT-30処理区の無核果においては、無処理の有核果に比べて、高いオーキシンの活性、旺盛な細胞分裂と細胞肥大を示したことから、KT-30には花粉ホルモン類似の着果促進作用に加え、受精種子によって促進される果実肥大促進作用と同様な作用があるものと考えられる。

この様なKT-30の果実の生育に関する作用は果実内維管束と果梗においても顕著であった。腹束は特に受精種子と樹体間の同化産物、養分、ホルモンなどの通導組織として重要と見なされる(Schmid, 1978)が、受精種子の存在しないKT-30処理区の無核果においても、腹束にはかなりの数の導管、篩管及び従細胞が分化し、開花後の発達がほとんど見られないGA₃処理区の無核果の腹束と好対照をなした。導管の分化はジベレリンや特にオーキシンの移行と密接な関係があり、維管束の発達は無機成分、同化産物、水分などの活発な移動・転流を反映している。有核果と比べて、KT-30処理区の無核果の内果皮はほぼ同程度、果心はかなり生長することから、この無核果における腹束の発達は、果心や内果皮と樹体との間の諸成分の活発な移動を示しているものと考えられる。他方、有核果の腹束がKT-30処理区の無核果の腹束より発達しているのは受精種子の存在によるものであり、GA₃処理区の無核果の腹束の発達がほとんど進まないことは、果心と内果皮の代謝が不活発なことによっていると考えられ

る。

果実と樹体とを結ぶ連絡組織である果梗部においても、各処理区の果実の生育に対応した通導組織の発達が見られたことは、KT-30処理区の無核果の果梗において、有核果の果梗と同等、あるいはそれ以上にホルモンや同化産物などの諸物質の移動が活発であり、一方、GA₃処理区の無核果の果梗においては、それらの移動が不活発であることを示している。KT-30処理区の無核果の果梗において髓の発達が特に顕著であった。果心と髓は生長点の同一組織に由来することから、この髓の発達はKT-30が果心の細胞分裂と肥大を促進する機構と同様な機構により、促進されたことが示唆される。また、髓の発達は果梗においてばかりではなく、KT-30処理を施した新梢においても観察される(未発表)ことから、KT-30による果心や髓の細胞分裂や細胞肥大の促進は樹全体における共通した特色として捉えることができる。

以上のことを総合して考えると、KT-30処理によるキウイフルーツの無核果の形成機構は有核果において受粉や受精種子の発達の過程で起こるホルモンなどの諸代謝が同等、あるいはさらに活性化されて進行し、著しい細胞数の増加や細胞の肥大、通導組織の分化・充実、乾物の活発な蓄積などを経て、有核果よりも大きな無核果となると要約される。しかし、果心と外果皮の細胞分裂が特異的に活発になること、オーキシン活性が有核果と比べて高く維持されることなどの詳細な機構については不明な点が残されている。また、オーキシン(NAA)およびサイトカイニン(BA)処理を行った場合(志村ら, 1981)、あるいはGA₃処理を行った場合には無核果の正常な肥大が起こらず、KT-30のみが特異的に肥大促進作用を持つことについても、さらに基礎的な研究が必要であろう。

キウイフルーツの生長曲線は2重S字型であることが報告されており(Hopping, 1976a; 趙ら, 1991a), 本研究においても確認された。ただし、絶対生長で見た場合、開花後20週目前後に有核果及びKT-30処理区の無核果でPratt and Reid (1974)が提唱している3重S字型生長曲線における第三のピークらしきものが出現した(第1図)が、著者らの行った1987年と1988年の調査(趙ら, 1991a)ではまったく出現しなかったこと、およびこの測定値に統計的な有意差がないことから、この第3のピークがキウイフルーツにある本質的なものとは認められない。この様な果実の生長曲線の微小な年次変動に加え、生長周期に年次変動が起こることが、本研究において明らかとなった。1988年に

おける果実重の絶対生長率で見た生長曲線では、第1のピークは開花後3週目に、第2のピークは17週目にあった(趙ら, 1991a)が、今回の調査では第1のピークは開花後4週目から5週目に、第2のピークは14週目に見られ、第1迅速生長期、一時生長停滞期および成熟期前の第2迅速生長期のいずれの期間もかなり変動している。本研究において処理区間の生長周期の差がまったく認められなかったこと、また、同一年度では果実の大小によって、生長周期にまったく差がみとめられないこと(趙ら, 1991b)から、このような生長周期の年次変動はFergusson (1984)によって指摘されたように、環境条件の違いによるものと言える。

他方、処理区間に生長周期の差が認められなかったことは、キウイフルーツのステージIIにおける緩慢生長が、2重S字型生長曲線を示すブドウや、核果類などにおいて指摘されている種子(内果皮)と果肉との養分競合(Bollard, 1970)を主要因とするものではないことを示している。

有核果と無核果との生長曲線の差異がないことは、ブドウ(Coombe, 1960)、オウトウ(Rebeiz and Crane, 1962)、モモ(Crane *et al.*, 1961; Kiyokawa and Nakagawa, 1972)、ブルーベリー(Mainland and Eck, 1967)、ムルベリー(Griggs and Iwakiri, 1973)、ギューシンリ(Saavedra, 1979)などの2重S字型生長を示す果樹においても認められている。本研究およびこれらの結果は、Winkler and Williams (1935)が示唆しているように、果実の生長周期はむしろ品種の遺伝的特性(ホルモンなどの諸代謝の遺伝的支配)として促えたほうが良いように思われる。

2. ホルモンで誘起した無核果の特性

受粉区の有核果と比較して、KT-30処理区の果実は、無核で大果となる点で優良な品質特性を持つと言える。しかし、外観的には果面に筋状のしわが出現すること、萼窪が異常に突出すること、果毛が太くて硬くなることなどの異常を呈する点では、不良な品質特性を持つと言える。また、著者ら(1991b)は開花後20日目にKT-30で処理をした有核果では無処理の有核果と比較して成分などには大差がないことを示しているが、急速な果実の肥大生長のため、カルシウム欠乏を起こすことを報告している。本研究においてKT-30で誘起した無核果においても同様にカルシウム欠乏を起こしている可能性が高く、収穫後の生理障害などについて研究する必要がある。以上のように、KT-30処理によって誘起した無核果の品質にはいくつかの問題点があり、実用化のためには、これらの問題点を少な

くするためのさらに詳細な検討が要求される。

摘 要

キウイフルーツ(*Actinidia chinensis* Planch. cv Monty)の果実の生長と发育のメカニズムを明らかにするために、有核果とホルモンで誘起した無核果を供試して生理学的並びに組織学的な調査を行い、以下の結果を得た。

1. キウイフルーツ‘モンティ’は無受粉では単為結果しなかったが、開花日のKT-30(40ppm)とGA₃(500ppm)処理によって単為結果した。KT-30で誘起した無核果は、有核果よりも細胞分裂と細胞肥大が活発で大きく肥大し、GA₃で誘起した無核果は細胞分裂や細胞肥大が劣り、小果となるかまたは開花後8週目以後に落果した。

2. 有核果と無核果はいずれも2重S字型生長曲線を示し、生長周期も同じであった。このことは果肉と種子の間の栄養分競合がステージIIにおける果実の緩慢生長の主要因ではないこと、生長周期が種子やホルモン処理の有無に関係なく一定していることを示している。しかし、果実の生長周期には年次変動が認められたことから、環境条件によって変化することが明らかになった。

3. 開花後3-4週目の若い種子は非常に高いオーキシシン活性を示した。KT-30で誘起した無核果は、種子を取り除いた有核果と同様なオーキシシン活性の変化を示したが、開花後5週目から8週目にかけてより高いオーキシシン活性を示した。GA₃で誘起した無核果は非常に低いオーキシシン活性を示した。これらの結果から、KT-30処理は効果においてオーキシシン合成を促進して、細胞分裂や細胞肥大を促進していることが示唆される。

4. 腹束は有核果で最も発達し、KT-30で誘起した無核果においてもかなり発達したが、GA₃で誘起した無核果ではほとんど発達していなかった。これらのことは、腹束の発達が特に種子の発達に関係していることを示唆するが、KT-30で誘起した無核果においてはホルモンなどの代謝産物の活発な移動と関係していると考えられる。果梗の維管束は有核果と比較して、KT-30で誘起した無核果においてやや発達しており、GA₃で誘起した無核果ではあまり発達していなかった。

5. KT-30で誘起した無核果の品質に関して、形態的に異常が出るなどいくつかの問題点が見いだされた。

文 献

- Bollard, E. G. 1970 The physiology and nutrition of developing fruits. In "The biochemistry of fruits and their products", Vol. 1, ed. by A. C. Hulme, Academic Press, London, pp. 387-425
- Coombe, B. G. 1960 Relationship of growth and development to changes in sugars, auxins, and gibberellins in fruit of seeded and seedless varieties of *Vitis vinifera*. *Plant Physiol.*, **35**: 241-250
- Crane, J. C., C. A. Rebeiz and R. C. Campbell 1961 Gibberellin-induced parthenocarpy in the J. H. Hale peach and the probable cause of "Button" production. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **78**: 111-118
- Fergusson, A. R. 1984 Kiwifruit: A botanical review. *Hort. Rev.*, **6**: 1-64
- Griggs, W. H. and B. T. Iwakiri 1973 Development of seeded and parthenocarpic fruits in mulberry (*Morus rubra* L.). *J. Hort. Sci.*, **48**: 83-97
- Gustafson, F. G. 1937 Parthenocarpy induced by pollen extracts. *Amer. J. Bot.*, **24**: 102-107
- Gustafson, F. G. 1939 The cause of natural parthenocarpy. *Amer. J. Bot.*, **26**: 135-138
- Hopping, M. E. 1976a Structure and development of fruit and seeds in Chinese gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.). *N. Z. J. Bot.*, **14**: 63-68
- Hopping, M. E. 1976b Effect of exogenous auxins, gibberellins, and cytokinins on fruit development in Chinese gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch.). *N. Z. J. Bot.*, **14**: 69-75
- Hopping, M. E. 1981 Kiwifruit: Hand pollination to improve fruit size. *Orchardist N.Z.*, **54**: 258
- Hopping, M. E. and E. M. Jerram 1979 Pollination of kiwifruit (*Actinidia chinensis* Planch.): Stigma-style structure and pollen tube growth. *N. Z. J. Bot.*, **17**: 233-240
- Iwahori, S., S. Tominaga and T. Yamasaki 1988 Stimulation of fruit growth of kiwifruit, *Actinidia chinensis* Planch., by N-(2-chloro-4-pyridyl)-N'-phenylurea, a diphenylurea-derivative cytokinin. *Scientia Horticulturae*, **35**: 109-115
- 加藤 誠・小原 均・松井弘之・平田尚美 1991 キウイフルーツの発育に伴う種子及び果肉中の内生植物生長調節物質の消長. 園学雑. 60(別1), 42-43
- 北條良夫・石塚潤爾 1985 作物生理実験法. 農業技術協会, 東京, 349-510頁
- Kiyokawa, I. and S. Nakagawa 1972 Parthenocarpic fruit growth and development of the peach as influenced by gibberellin application. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **41**: 133-143
- Lai, R., D. J. Woolley and G. S. Lawes 1989 Retardation of fruit growth of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) by leaves: Interactions with vine performance and seed number. *Scientia Horticulturae*, **39**: 319-329
- Mainland, C. M. and P. Eck 1967 Induced parthenocarpic fruit development in Highbush blueberry. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **92**: 284-289
- 松井弘之・小原 均・平田尚美・饒 景萍 1988 キウイフルーツの発育生理に関する研究 (第2報) 果実の発育に伴う内生植物生長調節物質の消長. 園学要旨, 昭63秋: 204-205
- Nitsch, J. P. 1970 Hormonal factors in growth and development. In "The biochemistry of fruit and their products", Vol. 1, ed. by A. C. Hulme, Academic Press, London, pp. 427-472
- 小原 均・井沢純一・加藤 誠・松井弘之・平田尚美 1991 キウイフルーツ'ハイワード'果実の単為結果誘起について. 園学雑. 60(別1), 40-41
- Okuse, I. and K. Ryugo 1981 Compositional changes in the developing 'Hayward' kiwi fruit in California. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **106**: 73-76
- Pratt, H. K. and M. S. Reid 1974 Chinese gooseberry: seasonal patterns in fruit growth and maturation, ripening, respiration and the role of ethylene. *J. Sci. Fd. Agric.*, **25**: 747-757
- Rebeiz, C. A. and J. C. Crane 1962 Growth regulator-induced parthenocarpy in the Bing cherry. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **78**: 69-75
- Ryugo, K. 1988 Fruit culture: Its science and art. John Willy & Sons, New York.
- Saavedra, E. 1979 Set and growth of *Annona cherimola* Mill. fruit obtained by hand-pollination and chemical treatments. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **104**: 668-673
- Schmid, R. 1978 Reproductive anatomy of *Actinidia chinensis* (Actinidiaceae). *Bot. Jahrb. Syst.*, **100**: 149-195
- Schwabe, W. W. and J. J. Mills 1981 Hormones and parthenocarpic fruit set: A literature survey. *Horticultural Abstracts*, **51**: 661-698
- 志村 勲・澤登早苗・松本正雄・澤登晴雄 1981 2, 3の植物生長調節物質処理によるキウイフルーツの単為結果誘起について. 園学要旨, 昭56秋: 12-13
- Winkler, A. J. and W. O. Williams 1935 Effect of seed development on the growth of grapes. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **33**: 430-434
- 安田貞雄 1934 花粉の刺激による茄科植物の単為結果について. 農業および園芸 **9**: 647-656
- 趙 梁軍・白石眞一・若菜 章 1991a キウイフルーツ (*Actinidia chinensis* Planch.) における果実の生長周期と内生ホルモンの関係. 九大農学芸誌,

45: 171-181

趙 梁軍・白石眞一・花田勝美 1991b キウイフルー

ツ果実の発育と化学成分の変化におよぼす KT-30処理の影響. 九大農芸誌, 45: 183-191

Summary

To elucidate the mechanisms underlying fruit growth and development in Chinese gooseberry (*Actinidia chinensis* Planch. cv. Monty), physiological and histological studies of seeded and hormone-induced parthenocarpic fruits were carried out. The results obtained were as follows:

1. Although non-pollination led to flower drop, treatments of 40ppm KT-30 and 500 ppm GA_3 at anthesis induced parthenocarpic fruits. The KT-30-induced seedless fruits developed into larger fruits than the seeded ones because of the active cell division and enlargement of their cells. However, some of the GA_3 -induced seedless fruits abscised from 8 weeks after anthesis and the others developed into very small fruits because of the inactive cell division and small cell size.

2. Both seedless and seeded fruits followed double sigmoid growth curves and had the same growth cycles. This indicates that competition of nutrient absorption between seed and other parts of fruit is not the main factor of the intervening slow growth phase in stage II and that fruit growth cycle in 'Monty' is constant irrespective of the presence or absence of seeds or hormonal treatments. However, fruit growth cycle in 'Monty' was found to vary to some extent on account of the environmental conditions in the year, since fruit growth cycle varied year by year.

3. The young seeds collected from seeded fruits 3 and 4 weeks after anthesis showed very high auxin activities. Changes of auxin activities in KT-30-induced seedless fruits were the same as those in seeded fruits from which the seeds were removed. However, auxin activities in KT-30-induced seedless fruits were higher than those in the seeded fruits without seeds 6 and 8 weeks after anthesis. GA_3 -induced seedless fruits showed very low auxin activities. These results indicate that KT-30 treatment promotes auxin synthesis in young fruits and that the auxins produced promotes cell division and enlargement of cells in the fruits.

4. Development of ventral bundle was great in seeded fruits, moderate in KT-30-induced seedless fruits and very slight in GA_3 -induced seedless fruits. These results indicate that the development of ventral bundle is closely associated with seed development and that in the KT-30-induced fruits it is closely related to the transportation of metabolites such as plant hormones. Development of vascular bundle in pedicel was slightly greater in KT-30-induced seedless fruits than in seeded fruits, while in GA_3 -induced seedless fruits it was slight.

5. In regard to the quality of KT-30-induced seedless fruits, several problems such as morphological abnormality arose.