

加温ハウス栽培早生ウンシュウの花芽分化と夏枝母枝中のタンパク質、アミノ酸、糖およびサイトカイニン様物質の関連

井上久雄・加美 豊*・藤原文孝

Relationship between Flower Bud Differentiation and Protein, Amino Acids, Sugar, Cytokinin-Like Substances in the Summer Shoots of Wase Satsuma Mandarin grown under Heated Greenhouse Conditions

Hisao Inoue, Yutaka Kami* and Fumitaka Fujiwara

Summary

The mechanism of flower-bud differentiation in Satsuma mandarin (*Citrus unshu* Marc. var. praecos Tanaka) as related to changes in protein, amino acids, sugar and cytokinin-like substances in the summer shoots of 'Miyagawa-Wase' trees grown under heated greenhouse conditions was investigated. We compared the amounts of these substances in tree with many flowers to those of tree with a few flowers.

1) To determine when flower-bud differentiation occurred, excised summer shoots were defoliated, treated with 200ppm BA, and then kept at 28°C for 10 days with their bases in water. Shoots were treated from early-November to late-November at intervals of approximately 10 days. Before this period, flower-bud formation had not taken place in the excised shoots, whereas by late-November flower-bud formation had occurred in the excised shoots from the tree that had produced many flowers. The number of flower buds on the excised shoots was also increased. Conversely, in the shoots excised from tree that only sprouted a few flowers after the greenhouse heating, flower-bud formation had not begun even by late-November.

2) The protein content of leaves decreased from late-October to mid-November, a tendency that was more noticeable on those tree that only sprouted a few flowers than in those that sprouted many flowers after the greenhouse heating. The total amino acid content of leaves was higher in many-flowered tree than in those with a few flowers. The total amino acid content of leaves increased from late-October to mid-November, and then decreased until early-December. Conversely, the contents in the shoot bark increased from late-October to early-December on both tree types.

3) The total sugar content of leaves was higher on the many-flowered tree: the content decreased from late-October to late-November, and then increased in early-December. The total sugar content in the shoot bark increased from late-October to mid-November, that rate of increase being higher on many-flowered tree than those with a few flowers.

4) In the leaves and shoot bark of tree producing only a few flowers, t-zeatin and t-zeatinriboside were not

*現 愛媛県立果樹試験場（南予分場）

detected from late-October to mid-November. In early-December they were only present in small quantities. Conversely, in many-flowered tree, both elements accumulated in considerable quantities from mid-November to December. In the leaves of tree producing only a few flowers, the isopentenyladenosine content was low during the autumn. Conversely, in many-flowered tree the content remarkably increased from late-October to early-December.

5) From these results, we propose that flower-bud initiation takes place in mid-November, 90 ~ 100 days after summer pruning in Satsuma mandarin trees pruned around August 11 and kept under heated greenhouse conditions from December 10. Flower-bud initiation is influenced by protein, total sugar, cytokinin contents. These contents accumulate during the autumn and increase in the summer shoots.

Key Words : citrus unshu, heated greenhouse, flower bud differentiation, protein, amino acids, sugar, t-zeatin, t-zeatinriboside, isopentenyladenosine

緒 言

ウンシュウミカンの加温ハウス栽培においては、着花の多少は収量・品質に影響を及ぼし、収益を直接左右する重要な問題である。加温前に結果母枝に着生する花の多少を予測する方法として、切り枝水挿し法が開発され¹⁶⁾、着花診断に利用されている。この方法は、花蕾を直接みるためある程度信頼性の高いものであるが、着花の確認には10日程度を要する。このため着花を確認してから加温を開始するまでのタイムラグが生じる。

一般に、早生ウンシュウの早期加温ハウス栽培作型においては、着花を確保できる加温開始の目安は夏せん定後約120日とされており、切り枝水挿し法で花蕾を確認しながら加温の開始を決めている。ところが生産現場においては、切り枝水挿し法により花蕾の発生を確認して加温を始めたにもかかわらず、予想外に着花が少なかったり、逆に著しく着花が多い事例が観察される。加温開始前の気温も着花数に影響を及ぼすことが知られており²⁷⁾、切り枝水挿し法による着花診断は絶対的なものではなく、より迅速で簡易な診断手法の開発が望まれている。

ウンシュウミカンの腋芽では、秋季の気温低下ともなって一時的に発芽しにくくなる休眠

様の現象が認められ、この時期から生理的な花芽の分化が進行するとされている^{9,10,15)}。また、ある程度の低温¹⁰⁾、10~15の地温³⁰⁾、土壌乾燥による水ストレスなどが花芽の分化を促進する²²⁾。

ところで、加温開始直後に合成サイトカイニンの一種6-N-ベンジルアミノプリン(BA)を散布することにより発芽と開花が促進されることが明らかにされ、早期加温型のハウス栽培においては不可欠な技術として定着している。

カンキツの花芽の分化には、樹体内の糖類・デンプンなどの炭水化物栄養、アミノ酸やタンパク質などのチッソ栄養が影響すると考えられている^{16,23)}。一方、ジベレリン、IAAなどの植物ホルモンが花芽分化の誘導に密接に関わっており、内生植物ホルモンの影響の方が大きいとする説もある²⁾。カンキツの花芽分化と内生の植物ホルモンレベルの関係については、ジベレリンやオーキシンを中心に多くの報告がある^{17,19,25,26)}。しかし、細胞分裂の活性をもつ内生サイトカイニンと花芽分化との関連について調べた報告は極めて少ない。

本報告では、加温ハウス栽培ウンシュウミカンの花芽分化に働く内生物質の役割を明らかにすることおよび着花を診断する指標の手がかりを得ることを目的に、着花の多い樹と著しく着花の少ない樹について、花芽分化期における夏

枝母枝中のタンパク質、アミノ酸、糖およびサイトカイニンの変動を調査した。

材料及び方法

場内の加温ハウス内に植栽された11年生宮川早生を供試した。1996年8月9日に収穫した後、8月11日にせん定を行い、夏枝を発生させ、12月10日に加温を開始した。

1 切り枝水挿し調査による夏枝の花芽分化および開花時の着花数

11月上旬から11月下旬にかけて夏枝8～10本を採取し、全葉を摘除した後、先端3芽をBA200ppm水溶液に2～3秒浸漬した。その後これらの枝を温度28℃、照度3000lxの水を張った発泡スチロール容器内に挿し、10日後に発芽数および着花数を調査した。また、開花時に樹冠外周部の100母枝について着花数を調査した。

2 樹皮および葉内のタンパク質、アミノ酸および糖含量

植栽された樹のなかで、着花の多い樹と非常に少ない樹各1樹について夏せん定後76日目に当たる10月28日、同98日目の11月19日および加温直前の12月5日(同114日)に夏枝母枝15本を採取し、直ちに液体窒素で凍結し、-80℃で保存した。凍結試料の夏枝母枝を葉と樹皮に分け、20倍量の0.1Mリン酸クエン酸緩衝液(pH7.5、0.4M NaCl、0.1% Triton X-100)を加え、ポリトロンで磨砕・抽出した^{20,21)}。冷却遠心分離後、Bradfordの色素結合法により上澄み液のタンパク質含量を測定した¹⁾。上澄み液を除タンパク後、アミノ酸と糖を定量した。

アミノ酸は、自動アミノ酸分析装置(日立L-8500)により分析した。分析条件は、カラム：日立#2650Lおよび#2619F、移動相：pH2.2クエン酸リチウム緩衝液、流速：0.35ml・min⁻¹、カラム温度：58℃、反応液：ニンヒドリン、反応液流速：0.3ml・min⁻¹、検出器：紫外可視検出器

(570nm、440nm)で行った。

糖は、高速液体クロマトグラフ(日立L-7000)で分析した。分析条件は、カラム：Ashahi Pak NH₂P-50、移動相：0.5%リン酸含有90%アセトニトリルおよび0.5%リン酸含有75%アセトニトリル、流速：1ml・min⁻¹、反応液：リン酸酢酸フェニルヒドラジン(110:90:3)、反応液流速：0.4ml・min⁻¹、カラム温度：40℃、検出器：蛍光検出器(日立L-7450、Ex:330nm、Em:470nm)で行った⁵⁾。なお定量は、純品溶液のピーク面積を用いて作成した標準曲線との比較によって行った。

3 葉内のt-ゼアチン、t-ゼアチンリボシド、イソペンテニルアデノシン含量

凍結した葉に80%アセトンを加えて磨砕・抽出し、定法により酢酸エチル、ジクロロメタン、n-ブタノールで溶媒分配を行い、n-ブタノール画分を得た。その後、高速液体クロマトグラフ(シマズLC-6A)により分離・精製し、t-ゼアチン、t-ゼアチンリボシド、イソペンテニルアデノシン画分を得た。分析条件は、カラム：Senshu Pak PEGASIL-ODS、移動相：0.1%酢酸含有アセトニトリル、流速：1ml・min⁻¹、カラム温度：40℃とした。得られた画分は、t-ゼアチンリボシドに対するモノクローナル抗体およびイソペンテニルアデノシンに対するモノクローナル抗体を用いたELISA法によって定量した¹³⁾。

試験結果

1 切り枝水挿し調査による夏枝の花芽分化および開花時の着花数

夏枝母枝の切り枝水挿し調査結果を表1に示した。花芽の分化は、11月上旬においては着花少、多樹ともに認められなかった。しかし、11月下旬になると着花多樹では10母枝のうち2個体で認められ、その後さらに増加したが着花少樹では着蕾が認められなかった。

開花時における着花数を表2に示した。着花多樹では十分な着花数であったが、少樹では花数が明らかに少なかった。

2 樹皮および葉内のタンパク質、アミノ酸および糖含量

夏枝母枝の葉内のタンパク質含量の変化を図1に示した。10月下旬においては着花少樹と多樹の間に差はみられなかったが、その後11月中旬にかけて着花多樹に比べ着花少樹で急減した。

葉内の全アミノ酸含量の変化を図2に示した。全アミノ酸含量は着花少樹に比べて多樹で多く、ともに10月下旬から11月中旬にかけて急増し、その後12月上旬にかけて低下した。一方、樹皮内の全アミノ酸含量は増加し、11月中旬から12月上旬にかけてさらに増加した。葉および樹皮内の全アミノ酸の70~80%はプロリンで、全アミノ酸と同様な変化を示した(図3)。

葉の全糖含量の変化を図4に示した。全糖含量は着花多樹で多く、10月下旬から11月下旬まで減少し、その後12月上旬にかけてやや増加した。樹皮の全糖含量は、着花少樹に比べて多樹で10月下旬から11月中旬にかけて増加し、量も多かった。

葉内の主要な構成糖はスクロースで、全糖と

ほぼ同様の推移を示した(図5)。樹皮内のスクロース含量については区間に明らかな差はみられなかった。また、グルコースおよびフルクトース含量は樹皮で多く、着花少樹に比べ多樹で多い傾向であった(図6、7)。ガラクトース含量については樹皮内では着花多樹で多く、葉内では逆に少なかった(図8)。マルトース含量については葉内では着花少樹で多く、樹皮内では着花少樹で11月中旬に急増し、着花多樹でより多くなった(図9)。

3 葉内のt-ゼアチン、t-ゼアチンリボシド、イソペンテニルアデノシン含量

葉内のt-ゼアチンとその前駆体のt-ゼアチンリボシド含量の変化を図10に示した。着花少樹では10月下旬から11月中旬にかけて活性型サイトカイニンのt-ゼアチンとその前駆体のt-ゼアチンリボシドが検出されず、12月上旬になってわずかに認められた。一方、着花多樹においては花芽が未分化の10月下旬には検出されなかったが、11月中旬にt-ゼアチンおよびt-ゼアチンリボシド含量が顕著に増加し、12月まで高く推移した。また、イソペンテニルアデノシン含量は、着花少樹が終始低く推移したのに対し、着花多樹では10月下旬から11月中旬、さらに12月上旬にかけて急激に増加した(図11)。

表1 切り枝水挿し法による着蕾数

試験区	調査月日		
	11/5(84)	11/20(99)	11/30(109)
着花多樹	0/8	2/10	8/10
着花少樹	0/8	0/10	0/10

注) 11/5は8母枝、11/20および11/30は10母枝を調査
()内は夏せん定後日数

表2 開花時の着花数

試験区	不着花枝率 (%)	総花数	花数/母枝	先端3芽の 着花節率(%)
着花多樹	4.0	301	3.01	89.3
着花少樹	35.0	108	1.08	34.0

井上・加美・藤原：加温ハウス栽培早生ウンシュウの花芽分化と夏枝母枝中のタンパク質、アミノ酸、糖およびサイトカイニン様物質の関連

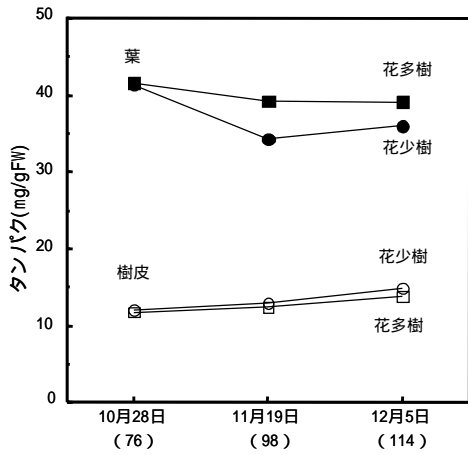


図1 葉、樹皮中のタンパク含量の変化 ()内は夏せん定後日数

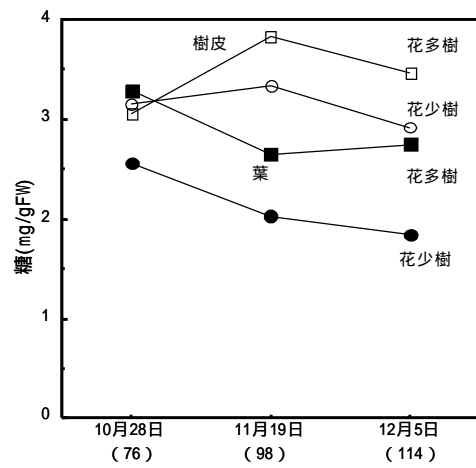


図4 葉、樹皮中の全糖含量の変化 ()内は夏せん定後日数

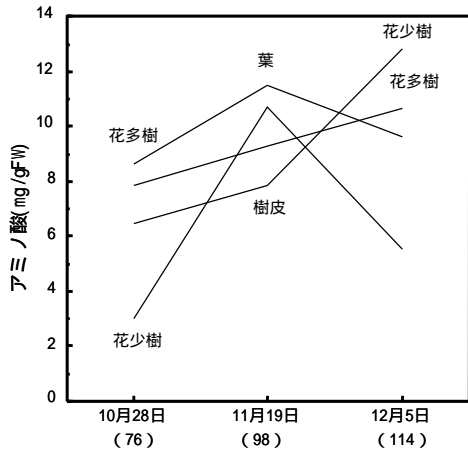


図2 葉、樹皮中のアミノ酸含量の変化 ()内は夏せん定後日数

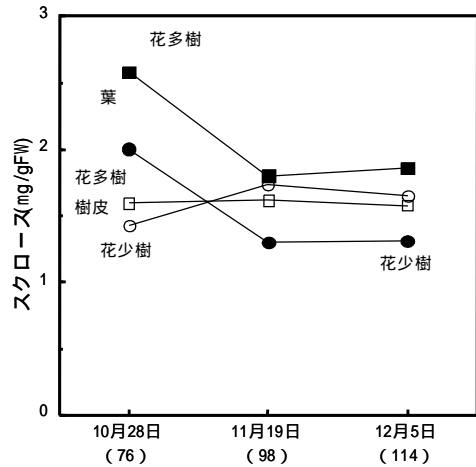


図5 葉、樹皮中のスクロース含量の変化 ()内は夏せん定後日数

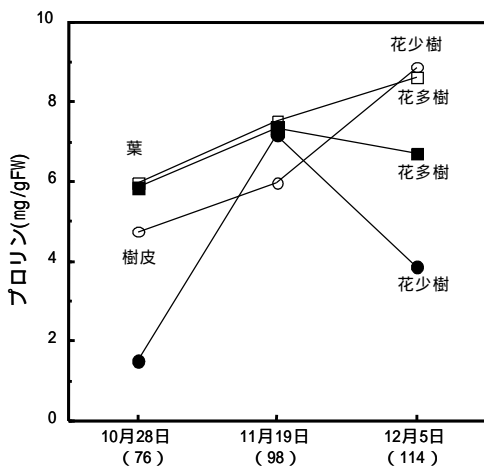


図3 葉、樹皮中のプロリン含量の変化 ()内は夏せん定後日数

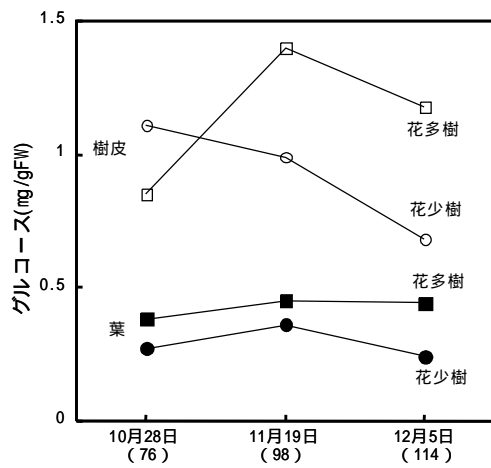


図6 葉、樹皮中のグルコース含量の変化 ()内は夏せん定後日数

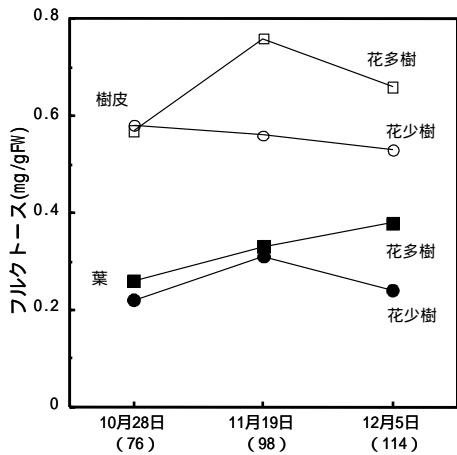


図7 葉、樹皮中のフルクトース含量の変化 ()内は夏せん定後日数

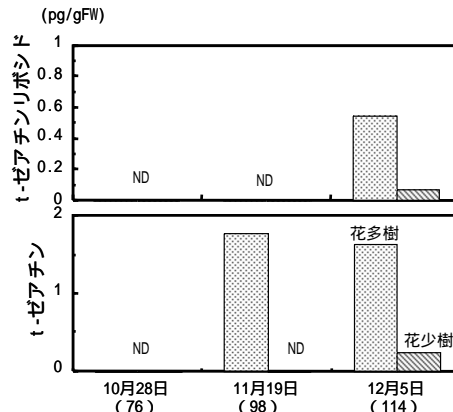


図10 葉中t-ゼアチン、t-ゼアチンリボシド含量の変化 ()内は夏せん定後日数

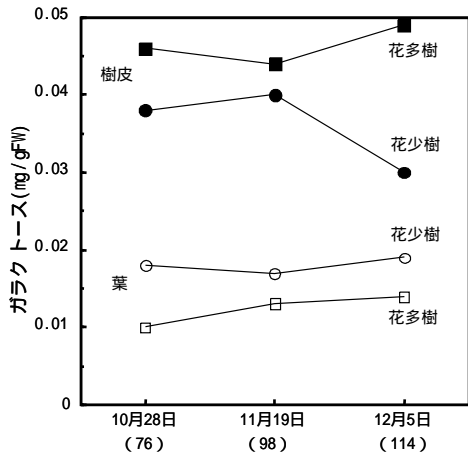


図8 葉、樹皮中のガラクトース含量の変化 ()内は夏せん定後日数

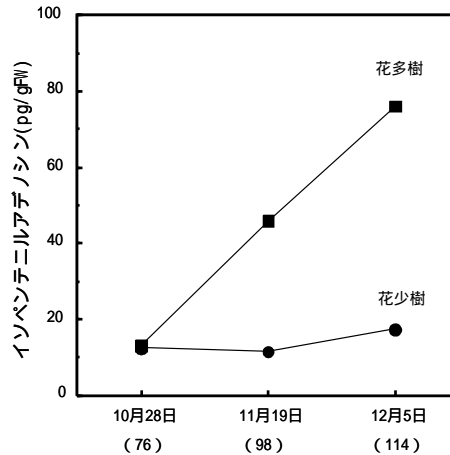


図11 葉中イソペンテニルアデノシン含量の変化 ()内は夏せん定後日数

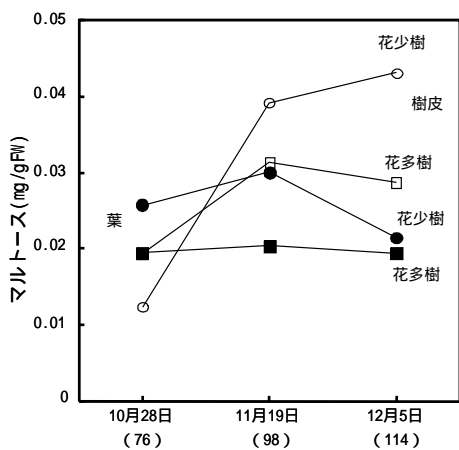


図9 葉、樹皮中のマルトース含量の変化 ()内は夏せん定後日数

考 察

1968年に、当场において電熱を用いた早生ウンシュウの加温ハウス栽培試験が開始された。これを端緒とし、1970年には香川県において本格的な営利栽培が始まり、その後急速に栽培面積が拡大した²⁸⁾。ハウス栽培の加温開始時期は、当初2月より始まったが、1月、12月、11月、10月と早期化し、現在では4月から9月まで加温ハウスで栽培されたウンシュウミカンが市場に供給されるようになった。このように長期にわたって生産出荷されるようになった背景には、極早生品種系統の登場、夏せん定による結果母枝の確保技術の確立およびB A散布による発芽の促進が貢献してきた。しかしながら、夏枝母枝を利用した早期加温ハウス栽培では、加温開始のタイミングを推し量るには依然として深い経験と勘が要求される。このため迅速簡易に着花診断する技術の開発が要望されており、本実験では着花の多い樹と著しく少ない樹について花芽分化期の内生物質の変化を調査するとともに着花診断の指標となりうるものがないか検討を加えた。

ウンシュウミカンにおける花芽の分化時期については、岩崎¹⁵⁾は生理的な分化時期を11月中旬前後とし、井上¹⁰⁾も11月中下旬としている。本実験における切り枝水挿し法による花芽の分化は、夏せん定後84日の11月上旬においては着花少、多樹ともに認められなかった。そして、夏せん定後99日の11月下旬においては、着花少樹では未だ着蕾がなかったが、着花多樹では10母枝のうち2個体で認められた。このことから着花多樹においては11月中旬頃が生理的花芽分化期に相当すると推定された。‘上野早生’を用いて7月上旬に収穫し直ちにせん定した場合²⁶⁾、10月13日では着花が認められず11月4日になると着蕾が認められ、11月上旬が生理的花芽分化期に当たると推定している。これは本実験の報告よりも一旬早い。この違いについては、本実験の供試樹が宮川早生であるのに対し彼らのそれは極早生系統の‘上野早生’であること、夏

せん定の時期が約1カ月早いこと、さらに夏秋季の天候など栽培条件の違いに起因するものと考えられる。

切り枝の水挿し法では着蕾がまったく認められなかった着花少樹においても、加温後の開花時には着花が認められた。このことから、着花少樹における花芽の分化は、加温開始直前の12月上旬から直後の中旬にかけて急速に進んだものと推察された。この点については井上の報告にあるように、生理的花芽分化がある程度進行していれば形態分化にいたる前に加温を始めても生育適温に設定された温度によって急速に分化発達し、着花をみるという見解を支持するように思われる。

松井ら¹⁸⁾は、ウンシュウミカンの葉および樹皮内のタンパク質含量が秋から冬にかけて増加することを報告している。また、村井ら²⁰⁾は‘川野ナツダイダイ’を用いた試験で、可溶性タンパク質含量が生理的な花芽分化の指標になり得ることを示唆した。さらに村井ら²¹⁾は別の試験において、着果枝と無着果枝内の葉および樹皮内の塩可溶性タンパク質ならびにアルカリ可溶性タンパク質含量と着花との関連を調査し、塩可溶性タンパク質含量が前者で大きく、葉内の高分子領域のタンパク質のバンドが太く、濃かったと報告している。本実験においては、葉内の全タンパク質含量は10月下旬には着花少樹と多樹の間に差はみられなかったが、その後11月中旬にかけて着花多樹に比べて着花少樹は減少した。試験区間で量的に差がみられたことから、加温ハウス栽培においても葉内の全タンパク質含量が花芽分化の指標となり得ることが示唆された。とくに、全タンパク質含量の測定は比較的簡便であることから着花予測に利用できるのではないかと考えられ、今後さらに検討を加えたい。

松井ら¹⁸⁾はまた、ウンシュウミカンの葉および樹皮内のアミノ酸含量は秋から冬にかけての変化は少なく、3月以降急増することを報告している。しかし、村井ら²⁰⁾による‘川野ナツダイダイ’を用いた試験および松井ら²⁰⁾のウンシ

ユウミカンを用いた試験では、アミノ酸含量の変化に大きな差はみられていない。一方、Yamashitaら²⁹⁾は、7月に夏せん定を行ったハウス栽培の‘日南1号’を用いて9月にプロリン水溶液を灌注処理したところ、土壌表層細根の生育が良好となり、新梢の花芽分化が優れることを報告している。本実験における葉内の全アミノ酸含量は着花少樹に比べて多樹で多く、ともに10月下旬から11月中旬にかけて急増し、その後12月上旬にかけて低下した。一方、樹皮の全アミノ酸含量は増加し、11月中旬から12月上旬にかけてさらに増加した。これらのことから葉から樹皮組織へアミノ酸が移行していることが推察され、タンパク質合成にアミノ酸の代謝が関与していることが考えられる。

カンキツでは、樹体の炭水化物レベルの高低が着花に大きく影響することが報告されている^{3,23)}。本実験において、葉内の全糖含量は着花多樹で大きく、10月下旬から11月下旬まで減少し、その後12月上旬にかけてやや増加した。樹皮内の全糖含量は着花少樹に比べて多樹では11月中旬にかけて増加し、量も多かった。また、葉内の主要な構成糖はスクロースで、全糖とほぼ同様の推移を示した。樹皮内のスクロース含量に明らかな差はみられなかった。また、グルコースおよびフルクトース含量は樹皮で大きく、着花少樹に比べ多樹で大きい傾向であった。

最近、極早期加温ハウス栽培において夏季に地中冷却処理を行うと夏枝母枝中のマルトース含量が著しく増加すること、その時のマルトース含量と加温後の着花程度との間に正の相関があると報告されている²⁷⁾。露地栽培普通ウンシュウの樹体内炭水化物の季節変化を調査した筆者ら⁸⁾の報告では、発芽から開花期にかけて結果母枝内のマルトース含量が顕著に増加しており、マルトースが花器の発達に関わっていることが示唆された。しかし、本実験における花芽分化期の葉、樹皮内のマルトース含量は小さく、着花との関連については明らかでなかった。

ところで矢羽田ら²⁶⁾は、糖含量の増加に先立って葉内のα-アミラーゼ活性の増大を報告し

ている。Itoら¹⁴⁾のニホンナシを用いた花芽形成期における遮光と芽内の糖代謝酵素活性との関連を調査した結果では、異性化酵素の活性が増大し、これは芽のシンク力を向上させ糖を集積させる役割があるのであろうと推察している。本実験においても着花多樹では生理的花芽分化期頃の全糖含量が多い傾向がみられることから、糖代謝酵素の活性が高まっていることが考えられる。

カンキツの花芽の分化とジベレリンの関わりについての知見は多く、外生および内生ジベレリンは花芽の分化を抑制するとされている^{2,4,17,19,25)}。高木ら²⁵⁾はウンシュウミカンを用いて、着花枝のジベレリン活性が無着果枝より高く、それが翌年の着花を抑制していると報告している。矢羽田ら²⁶⁾はウンシュウミカンを用いた加温ハウス栽培の花芽分化期における夏枝母枝の芽および葉柄内のジベレリン活性を調査し、芽内のジベレリン活性が10月から11月にかけて低下することを報告した。またKoshitaら¹⁷⁾は、花芽分化期にウンシュウミカンを用いて結果枝、発育枝および環状剥皮した発育枝葉の内生IAA、ABAならびにGA含量の変化を調査した実験において、結果枝葉におけるGA含量の低下、環状剥皮した発育枝葉のIAAおよびABA含量の顕著な増加ならびに直花数の増加を報告している。本実験においてはサイトカイニン以外の植物ホルモンについては調査していないが、花芽分化との関連についてGA、IAA、ABAの量的変化を検討する必要がある。

本実験における葉内のサイトカイニン様物質については、着花少樹では活性型サイトカイニンのt-ゼアチンとその前駆体のt-ゼアチンリボシドが検出されず、12月上旬になってわずかに認められた。一方、着花多樹においては花芽が未分化であった10月下旬には検出されなかったが、11月中旬にはt-ゼアチンおよびt-ゼアチンリボシド含量が急激に増加し、12月まで高く推移した。さらに、イソペンテニルアデノシン含量は、着花少樹が終始低く推移したのに対し、着花多樹では10月下旬から11月中旬、さらに12

月上旬にかけて急激に増加した。

カンキツの花芽分化過程における内生サイトカイニン様物質についての報告は少ない。Hendryら^{6,7)}はオレンジにおいて、春季の発芽期頃の葉内に極性の高いサイトカイニン活性が高くなり、これが腋芽の活性を高めていることを明らかにするとともに、休眠打破と芽内のサイトカイニン活性の関与を示唆した。朱ら²⁴⁾のウンシュウミカンを用いた腋芽の発芽と生長に対する温度処理と根、枝、葉のサイトカイニン活性の関連を調査した結果では、高温処理により葉内のサイトカイニン活性が増加すること、10月下旬の高温処理は根内のサイトカイニン活性を低下させ、12月下旬の高温処理は逆にサイトカイニン活性を増加させること、同時に地上部の発芽や生長を早く開始させ、地上部と地下部のサイトカイニン活性およびそのバランスが加温ハウス栽培ウンシュウミカンの腋芽の発芽生長に関わっていることを推察した。

Itoら¹²⁾は、ニホンナシ‘幸水’を用いて6月下旬に新梢を誘引して斜めに傾けると、腋芽の花芽数を増加させ、花芽分化期における芽内のIAA含量の低下とt-ゼアチン含量の増加を報告している。Itoら¹³⁾はまた、ニホンナシに対して新梢の腋花芽を増加させるC・MHの散布は、芽内のサイトカイニン含量を増加させることを明らかにし、オーキシン活性の低下にともなう頂部優勢の解除と腋芽内のサイトカイニン含量の増大が花芽形成を促進すると推察している。また矢羽田ら²⁶⁾は、加温ハウス栽培早生ウンシュウにおける花芽分化期の芽内のIAA含量は、10月下旬から11月にかけて急激に低下することを報告した。本実験においては、IAA含量の調査は行っていないが、花芽分化期における着花多樹の葉内サイトカイニン含量の急激な上昇からみて、おそらく葉など腋芽周辺の器官内のオーキシン活性の低下をとめないながらサイトカイニンの活性が高まり、花芽の分化誘導あるいは発芽・発蕾を促しているものと推察される。

外生的なサイトカイニン様物質の影響について村井ら²¹⁾は、GA₃250ppm散布では塩可溶性タ

ンパク質およびアミノ酸含量に変化を及ぼしたが、BA300ppmの散布はタンパク質およびアミノ酸含量に変化を及ぼさなかったと報告している。一方、7月に夏せん定を行ったハウス栽培の‘日南1号’に外生的にベンジルアデニン水溶液を灌注処理したYamashitaら²⁹⁾は、土壤表層細根の生育が促進され、新梢の花芽分化が優れることを報告している。処理樹では新梢の炭水化物含有率が高く、C/N率が高くなり、逆に細根では低いと述べている。また、井上ら¹¹⁾はBA200ppmの葉面散布処理が発芽を早め、発芽率を著しく高めて花蕾数や新梢発生数を増加させた。

本実験の調査樹は、加温まで露地状態で栽培しながら調査を行ったものであるが、10月から12月にかけて気温が低下するなかで着花多樹の葉内サイトカイニン含量が顕著に増加している。このサイトカイニン活性の増加は休眠打破による発芽促進のみでなく、花芽の分化と形態形成にも関わっていると考えられる。

これらのことより、加温ハウス栽培早生ウンシュウについては、花芽分化期の夏枝母枝内に一定レベル以上の糖やタンパク質が蓄積された状態において、夏せん定後90・100日(11月中旬)のサイトカイニン含量の急激な増加が花芽の分化と形態形成、発蕾に密接に関与していると推察された。今後、花芽分化期におけるサイトカイニン、GA、IAA、ABA等の植物ホルモンならびに糖代謝酵素活性の動態についてさらに検討を加える必要がある。

摘 要

加温ハウス栽培の‘宮川早生’を供試して、花芽の分化が進行しているウンシュウミカンの夏枝内のタンパク、アミノ酸、糖およびサイトカイニン様物質の変化を、葉、樹皮などの部位別に調査した。

1)切り枝水挿し法による花芽の分化は、11月上旬においては着花少、多樹ともに認められなかったが、11月下旬になると着花多樹では認めら

れ、その後さらに増加した。しかし、着花少樹では着蕾が認められなかった。

2)葉内の全タンパク含量は10月下旬においては着花少樹と多樹の間に差はみられなかったが、その後11月中旬にかけて着花多樹に比べ着花少樹で急減した。全アミノ酸含量は着花少樹に比べて多樹で大きく、ともに10月下旬から11月中旬にかけて急増し、その後12月上旬にかけて低下した。一方、樹皮内の全アミノ酸含量は増加し、11月中旬から12月上旬にかけてさらに増加した。

3)全糖含量は着花多樹で多く、10月下旬から11月下旬まで減少し、その後12月上旬にかけてやや増加した。樹皮の全糖含量は、10月下旬から11月中旬にかけて着花少樹に比べ多樹で増加し、量も多かった。

4)着花少樹では10月下旬から11月中旬にかけ活性型サイトカイニンのt-ゼアチンとその前駆体のt-ゼアチンリポシドが検出されず、12月上旬になってわずかに認められた。一方、着花多樹においては花芽が未分化の10月下旬には検出されなかったが、11月中旬にt-ゼアチンおよびt-ゼアチンリポシド含量が顕著に増加し、12月まで高く推移した。また、イソペンテニルアデニン含量は、着花少樹が終始低く推移したのに対し、着花多樹では10月下旬から11月中旬、さらに12月上旬にかけて急激に増加した。

5)以上より、8月11日に夏せん定を行ったハウス栽培早生ウンシュウでは、せん定後90・100日の11月中旬が生理的花芽の分化期に当たると推定され、葉内に多く蓄積されたタンパク質、全糖およびサイトカイニン含量の顕著な増加が花芽の分化・発達および発蕾に関与していると推察された。

引用文献

1. Bradford, M. M. (1976) A Rapid and Sensitive Method for Quantification of Protein dye binding. *Anal. Biochem.* 72:248-254
2. Garcia-Luis, A. (1994) 柑橘の着花の生理 (岩堀修一訳) *農業および園芸* 69: 689-695
3. Goldschmidt, E. E. and A. Golomb. (1982) The Carbohydrate Balance of Alternate-bearing Citrus Trees and the Significance of Reserves for Flowering and Fruiting. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 107:206-208
4. Guardiola, J.L., C. Monerri and M. Agusti. (1982) The inhibitory effect of gibberellic acid on flowering in Citrus. *Physiol. Plant.* 55:136-142
5. 浜野吉政・百目鬼秀子・鷹野重成・阿部修三 (1990) リン酸 フェニルヒドラジンを用いた HPLC による糖の分析 第7回液体クロマトグラフィ 春季討論会要旨集: 25
6. Hendry, N.S., Van Staden, J. and Allan P. (1982) Cytokinins in citrus. .Fluctuations in the leaves during seasonal and developmental changes. *Scientia Hort.*, 16:9-16
7. Hendry, N.S., Van Staden, J. and Allan P. (1982) Cytokinins in citrus. .Fluctuations during growth in juvenile and adult plants. *Scientia Hort.*, 17:247-256
8. 井上久雄・加美 豊・藤原文孝 (1999) 土壌の乾燥程度と着果量の異なるウンシュウミカン樹の炭水化物含量の季節的消長 *園学雑* 68別2: 102
9. 井上 宏 (1989) ウンシュウミカンの花芽の分化、発達の温度条件 *園学雑* 58:75-82
10. 井上 宏 (1990) ウンシュウミカンの芽の休眠と花芽分化の温度条件 *園学雑* 58:919-926
11. 井上 宏・生駒吉識 (1991) ウンシュウミカンの秋季の環状はく皮とBA散布が花芽分化、発達に及ぼす影響 *園学雑* 60:285-290
12. Ito, A. H. Yaegaki H. Hayama and H. Yoshioka (1999) Bending Shoots Stimulates Flowering and Influences Hormone Levels in

井上・加美・藤原：加温ハウス栽培早生ウンシュウの花芽分化と夏枝母枝中のタンパク質、
アミノ酸、糖およびサイトカイニン様物質の関連

- Lateral Buds of Japanese Pear HortScience. 34:1224-1228
13. Ito, A. H. H. Hayama Y. Kashimura and H. Yoshioka(2000) Effect of Maleic Hydrazide on Endogenous Cytokinin Contents in Lateral Buds, and its Possible Role in Flower Bud Formation on Japanese Pear Shoot. Scientia Hort. 1531:1-7
14. Ito, A. H. Hayama and Y. Kashimura(2003) Sugar Metabolism in Spur Bud during Flower Bud Formation: A Comparison between Exposed and Shaded Buds of Japanese Pear[Pyrus pyrifolia(Burms.)Nak.] 'Kosui' J. Japan Soc. Hort. Sci. 72:253-261
15. 岩崎藤助(1959) 柑橘の花芽の分化と発達に関する研究 東海近畿農試研究報告 園芸部第5号：1-76
16. 川野信寿(1987) ハウスミカンの生産安定と品質向上(1) 農業及び園芸 62:1393-1400
17. Koshita, Y. T. Takahara, T. Ogata and A. Goto (1999) Involvement of Endogenous Plant Hormones(IAA, ABA, Gas) in Leaves and Flower Bud Formation of Satsuma Mandarin(Citrus Unshu Marc.) Scientia Horticulture. 79:185-194
18. 松井弘之・足立浩代・湯田英二・中川昌一(1987) 果樹の葉及び枝梢中のタンパク質・アミノ酸含量の季節的消長 園学要旨 昭和62春：82-83
19. Monselise, S.P. and M. Hubermann.(1973) Comparison of Protein Fractions of Citrus Buds during Flower Formation or Inhibition by Gibberellin. Scientia Horticulture. 1:171-176
20. 村井泰広・湯田英二・松井弘之・中川昌一(1989) '川野なつだいだい'の花芽分化と葉及び樹皮中のタンパク質、アミノ酸含量との関連 園学雑58：69-73
21. 村井泰広・堀内昭作・松井弘之・黒岡 浩(1992) '川野なつだいだい'の花芽分化と着果、無着果枝の葉および樹皮中の可溶性タンパク質、ジベレリン様物質との関連 園学雑60：833-837
22. 西山富久・船上和喜・石田善一(1980) 早生温州のハウス加温栽培に関する研究(第4報)各種処理が発芽及び開花におよぼす影響について 園学要旨55春：12-13
23. 大垣智昭・藤田克治・伊東秀夫(1963) 温州ミカンの隔年結果に関する研究(第4報)体内成分の季節的变化について 園学雑32：157-167
24. 朱 向栄・井上 宏・水谷房雄・松本和夫(1989) 休眠期における温度処理がウンシュウミカンのサイトカイニン活性に及ぼす影響 愛媛大学農学部紀要33:151-156
25. 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及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
26. 矢羽田第二郎・大庭義材・桑原 実(1995) 施設栽培の早生ウンシュウミカンの夏枝の花芽分化に伴う炭水化物、-アミラーゼ活性、インドール酢酸およびジベレリン様物質の変化 園学雑64：527-533
27. 山尾正実(1998) 施設カンキツの早期化と休眠制御 園学雑別2：48-49
28. 山口勝市(1977) ミカンのハウス栽培技術の問題点 農業および園芸52：233-239
29. Yamashita, K. K. Kitazono and S. Iwasaki(1997) Flower Bud Differentiation of Satsuma Mandarin as Promoted by Soil-drenching Treatment with IAA, BA, or Paclobutrazol Solution J. Japan Soc. Hort. Sci. 66:67-76
30. 山田 寿・田中康治・杉浦 明(1990) ウンシュウミカンの水分状態と花芽分化に及ぼす低地温の影響 新潟大農研報42：7-12

