

日本ナシの花芽形成に関する生理学的研究

I. “新水”及び“豊水”ナシの花芽形成 と内生生長調節物質の変化

伴野 潔*・林 真二*・田辺賢二*

昭和56年8月1日受付

Physiological Studies on the Flower Bud Formation of Japanese Pear (*Pyrus serotina*)

I. Flower Bud Formation and Changes in Endogenous Growth Regulators of 'Shinsui' and 'Hôsui' pears.

Kiyoshi BANNO, Shinji HAYASHI and Kenji TANABE

In order to clarify the mechanism of flower bud formation of Japanese pear (*Pyrus serotina*), the floral initiation process on extension shoots and endogenous growth regulators in each portion of the shoot of Japanese pear cvs 'Shinsui' and 'Hôsui', was investigated. 'Shinsui' forms few fruit buds, while 'Hôsui' forms many fruit buds in axillary and terminal portions on extension shoots.

The shoot in 'Hôsui' was stopped growing at the beginning of July and in 'Shinsui' at the beginning of August. The first visible signs of flower bud differentiation of axillary buds in 'Hôsui' were observed on 20 July and many axillary buds developed fruit buds. The first visible signs in 'Shinsui' were observed on 30 September, many of these buds stopped floral development, then remained vegetative.

The concentration of GA₄₊₇-like substances in axillary buds of 'Shinsui' was higher than in 'Hôsui' from June to July.

On the other hand the concentration of cytokinin-like substances in axillary buds of 'Hôsui' was higher throughout the growing season.

The relationship between flower bud formation and endogenous growth regulators is discussed.

緒 言

果実の収穫を目的とする果樹栽培においては、いかに花芽形成を確保するかが重要な問題である。

一般に日本ナシの花芽分化期は、短果枝では6月中・下旬、長果枝では新梢の伸長が停止して約1ヶ月後であるとされている^{3,9)}。日本ナシにおいて花芽は、ふつう新梢の生長が停止した後、引き続きその頂部に形成され、

* 鳥取大学農学部農学科園芸学研究室

* Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tottori University

時には葉腋部にも形成される(腋花芽)ことがあり、その程度は品種によってもかなり差異がみられる。近年、日本ナシ品種の多様化により、従来の長十郎や二十世紀に代わって新水・幸水・豊水といったいわゆる三水の栽培面積が急速に増えてきている。新水及び幸水は頂芽優勢が強く、花芽が着きにくい品種として知られ、栽培上問題となっている。逆に豊水は頂芽優勢が弱く、非常に花芽の着きやすい品種である。

一方、ナシやリンゴを含め多くの木本性植物においても、花芽分化には内生生長調節が関与しているとされている²⁾。

そこで本実験では、花芽の着きにくい新水と花芽の着きやすい豊水を用いて、新梢上での花芽形成の品種間差異をみるとともに、新梢の各部位における内生生長調節物質の動きを比較することによって、日本ナシにおける花芽形成の機構について若干検討した。

実験材料及び方法

鳥取県八頭郡都家町いなば新水園に栽植してある8年生の新水及び豊水ナシを実験樹として用いた。1980年5月20日から8月下旬まで10日おきに、その後は1か月おきに10月下旬まで、経時的に新水及び豊水の新梢を採取

した。

採取した新梢について、新梢長、節数を測定し、新梢の基部から先端に至る各節位の腋芽のりん片数及び花芽の分化程度を解剖顕微鏡下で観察した。なお、花芽の分化程度は、堀内ら³⁾の方法にしたがって、11段階に分類した。

植物ホルモンの分析にあたっては、採取した新梢を葉、茎、芽の3つの部分に分けて、第1図及び第2図に示す方法にしたがって、抽出・分離を行い、酢酸エチル可溶性酸性分画及び水溶性塩基性分画を得た(第1図、第2図)。

酢酸エチル可溶性酸性分画については、Powellら⁴⁾の方法にしたがって、ジアゾメタンでメチル化後、日立製063型ガスクロマトグラフ(検出器: FID)を用いて、IAA, GA₃, GA₄₊₇及びABAを定性・定量した(第3図)。なお、ガスクロマトグラフィーの測定条件は次のとおりである。カラム: ガラスカラム φ 3mm×1.5m, 3% S E-30 chromosorb W, Carrier gas: N₂ 0.6Kg/cm², Air: 1.2 Kg/cm², Column temp.: 170°C~260°C, Injection temp.: 230°C, Detector temp.: 260°C (第3図)

一方、サイカイニン⁵⁾は、第2図に示す方法によって得た水溶性塩基性分画を用い、ダイズカルス(品種 Acme)によって検定した。

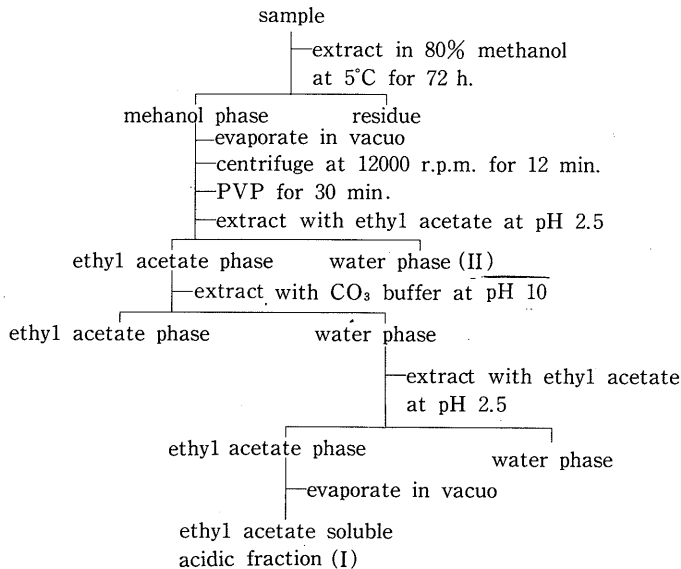


Fig.1 Flow diagram showing procedures for extraction and separation of auxin, gibberellin, ABA, and cytokinin.

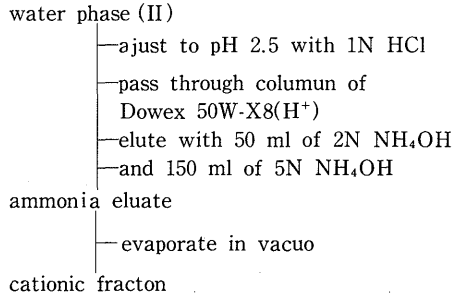


Fig.2 Flow diagram showing procedure for separation of cytokinin.

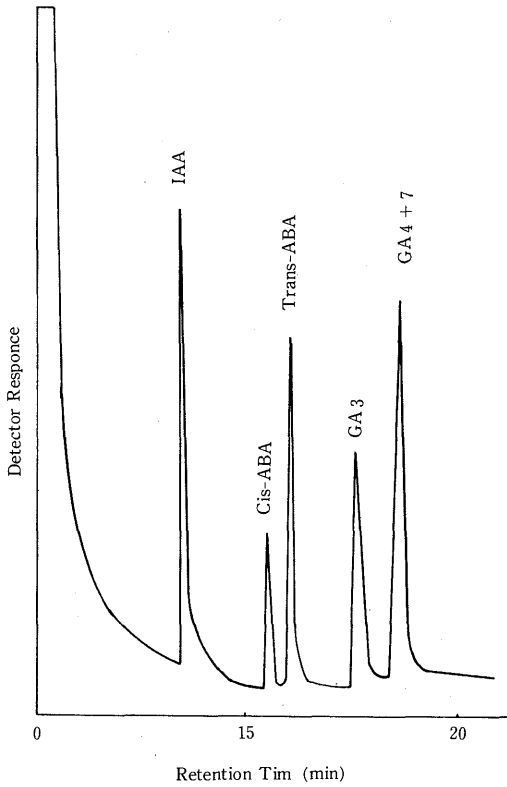


Fig. 3 Gas chromatogram of a mixture of methyl ester of IAA, Cis-ABA, Trans-ABA, GA₃ and GA₄₊₇.

実験結果

1. 新水及び豊水ナシの新梢の生育と花芽形成

新水及び豊水ナシの新梢生長の経時的変化は第4図に

示すとおりである。新水、豊水ともに5月中旬から6月下旬にかけて、新梢の伸長及び節数の増加が著しいが、豊水では7月下旬から展葉が停止し、新梢の伸長も止まったのに対し、新水では、豊水よりも20日程遅れて、7月下旬に新梢伸長が停止した(第4図)。

新梢の伸長が停止すると、すぐに頂芽においてりん片の形成が始まった(第5図)。形態的に花芽分化の徴候が

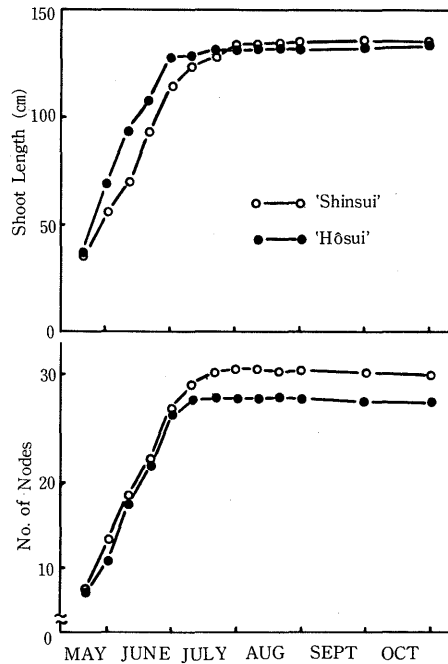


Fig. 4 Seasonal changes of shoot growth in length and number of nodes of 'Shinsui' and 'Hōsui' pears.

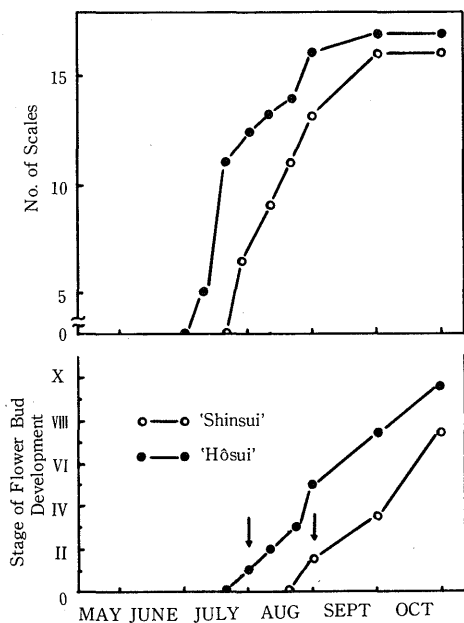


Fig. 5 Seasonal changes of number of scales and stage of flower bud development of the terminal bud of 'Shinsui' and 'Hôsui' pears. Arrows indicate the initiation of flower bud.

Flower bud development of the pears into 11 stages as follows. 0 : Flower bud undifferentiate stage, I - II : Flower bud differentiate stage, III : Floral organ primordia stage, IV-VI : Lateral flower formation stage, VII : Terminal flower formation stage, VIII : Sepal formation stage, IX : Petal and stamen primordia stage, X : Carpel primordia stage.

認められるのは、豊水で8月上旬、新水では9月上旬であり、ともに新梢の伸長が停止して約1か月後であった。また、分化の徴候が認められる時期は、いずれもりん片が12~13枚形成された時期であった。豊水に比べ新水の花芽の発達には1か月程遅れて同じような速度で発達したが、10月下旬には、豊水では雌ずいが形成され花器のほとんどの部分が完成したのに対し、新水ではがく片の原基までしか発達していないものが多くみられた(第5図)。

第6図は、新梢の中央部における腋芽のりん片の形成と花芽の発達を経時的にみたものである。新水と豊水の腋芽におけるりん片の形成は6月10日頃までは同じよう

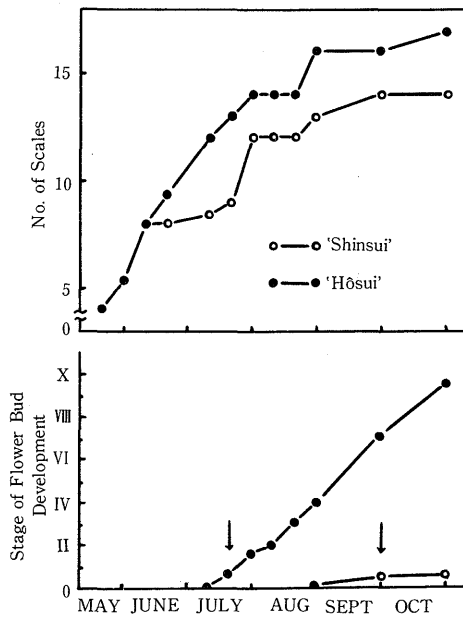


Fig. 6 Seasonal changes of number of scales and stage of flower bud development of the axillary buds in the middle part of the shoot of 'Shinsui' and 'Hôsui' pears.

Arrows indicate the initiation of flower bud.

に形成されたが、新水では6月20日頃からりん片の形成速度が遅くなり始め、その後は豊水と同じようなパターンでりん片が形成されたものの、10月下旬にはりん片が14枚しか形成されておらず、9月下旬に花芽分化の徴候もわずかに認められる程度で、それ以降花芽の発達は全く認められなかった。一方、豊水では、7月20日頃から花芽分化の徴候が認められ、その後順調に発達して、10月下旬には頂芽と同じく花器がほとんど完成した(第6図)。

花芽と葉芽を外部的に区別できるようになったのは9月下旬頃からであるが、外部的には花芽の形態をしていても、解剖して調べてみると葉芽(いわゆる中間芽)のものがあり、特に新水では多くみられた。花芽の発達の程度がIV(側花形成期)以上のものを花芽とみなし、10月下旬に頂芽並びに腋芽の花芽の割合をみたのが第1表である。新水では、頂芽のうち半分が花芽をもたない中間芽であり、腋花芽もほとんど形成されなかったのに対し、豊水では、頂芽はすべて花芽となり、腋花芽の形成

Table 1. Comparison of flower bud formation in terminal and axillary buds of 'Shinsui' and 'Hôsui' pears.

Cultivar	Percentage of flower bud (%)	
	Terminal bud	Axillary bud
'Shinsui'	50.0	0.8
'Hôsui'	100.0	27.4

Table 2. Comparison of flower bud formation in axillary buds of each portion of shoot of 'Shinsui' and 'Hôsui' pears.

Cultivar	Percentage of flower bud (%)		
	Basal	Middle	Upper
'Shinsui'	0	0	2.4
'Hôsui'	0	48.1	36.8

率も高かった。新梢の部位別による腋花芽の割合をみたのが第2表である。豊水の腋花芽は、新梢の基部では全く形成されなかったが、新梢の中央部から先端部にかけて多く形成された(第1表, 第2表)。

2. 新水及び豊水ナシの内生長調節物質の季節的变化

IAA様物質及びABA様物質については、新水及び豊水の間で一定の傾向が認められなかった。

GA₃様物質は、5月から7月にかけて新梢の各部位で高い傾向が認められたが、新水及び豊水の両者の間ではほとんど差異は認められず、GA₄₊₇様物質に比べ、全体的にその含量は極めて少なかった。

芽中におけるGA₄₊₇様物質の動きは第7図に示すとおりである。新水においては、特に6月上旬から7月下旬にかけて豊水に比べて著しく多く、茎及び葉中においても同じ傾向がみられた(第7図)。

第8図は芽中におけるサイトカイニン様物質の季節的变化をみたものである。豊水においては7月上旬からサイトカイニン活性が増大しはじめ、8月上旬にピークに達し、その後減少した。一方、新水では、豊水と同じような動きを示したが、豊水に比べ全体的にサイトカイニン活性は低い傾向にあった。また、葉や茎においても、芽中と同じ傾向がみられた(第8図)。

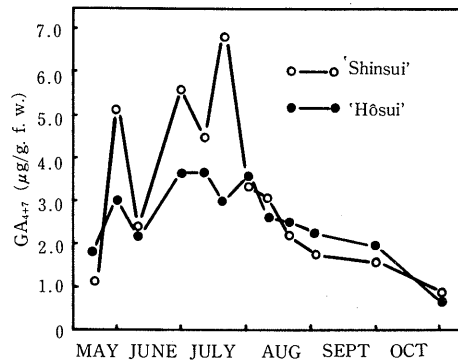
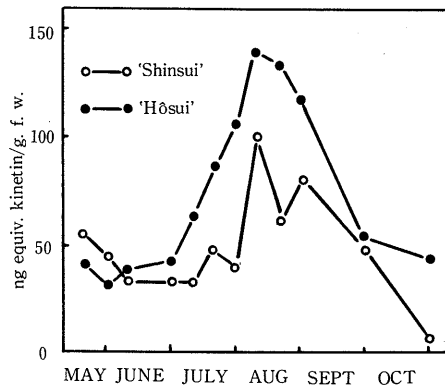
Fig. 7 Seasonal changes in concentration of GA₄₊₇-like substances in the axillary buds of 'Shinsui' and 'Hôsui' pears.

Fig. 8 Seasonal changes in concentration of cytokinin-like substances in the axillary buds of 'Shinsui' and 'Hôsui' pears.

考 察

果樹、特にリンゴやナシにおける花芽形成は新梢生長と密接な関係があることが知られている⁹⁾。リンゴやナシの花芽は、ふつう新梢の生長が停止した後、引き続いてその頂部に形成され、時には葉腋部に形成されることもあり、花芽が形成されるためには、まず新梢生長が停止する必要がある。したがって、誘引¹⁾、摘芯あるいは生長抑制物質の散布⁹⁾などの新梢生長が早期に停止するような処理によって花芽形成を著しく促進することができる。

一般に、豊水は頂芽優勢が弱く、新梢が途中で曲がりやすい特性をもつものに対し、新水は頂芽優勢が強く、新梢は直立し、遅伸びしやすい。これらの特性の違いが両品種における花芽形成の難易に関連しているものと考えられる。

ナシの花芽は、原則的に13~15枚のりん片、9枚の苞葉及び9~10個の小花から成っており、りん片と苞葉の葉腋部に小花の原基が形成される。花芽が分化する際には、りん片が13枚程度形成された後、生長点部の肥厚がみられ、この時期をふつう花芽分化初期と呼んでいる。その後、更にりん片と苞葉を分化しながら、その葉腋部に小花の原基が形成される。

一方、葉芽は、りん片が13枚程度形成されても、生長点部の肥厚がみられず、そのまま芽の生長が停止したり、その後数枚の葉原基を形成するだけで休眠に入る。

新水の腋芽においては、豊水のそれに比べりん片の形成速度が遅い。豊水では既に7月下旬に13枚のりん片が形成され、花芽としてのポテンシャルをもつようになるが、新水では2か月遅れて芽が休眠に入り始める9月下旬になってようやく13枚のりん片に達する。このことから、新水では、頂芽優勢が強いため新梢が遅くまで伸長するが、かえって腋芽の発達を抑えられ、芽が花芽としてのポテンシャルをもつ前に休眠期を迎えるために、葉芽になってしまうものと推察される。したがって、新水においても、新梢の伸長が停止した後、芽が休眠に入らず発達すれば花芽として分化・発達する可能性があるものと考えられる。

ナシやリンゴを含め多くの木本性植物の花芽分化には内生生長調節物質が関与していることが知られている²⁾。

そのうち、ジベレリンは花芽分化を抑制することが知られ、特に隔年結果は果実の種子中で生産されるジベレリンによって引き起こされるものと考えられている⁹⁾。本実験において、豊水に比べ新水の芽中ではGA₄₊₇様物質が多く、特に花芽分化前に著しく高い傾向がみられた。ナシにおいて生理的活性をもつジベレリンは、主にGA₄であることが報告されており⁷⁾、本実験においてもGA₃様物質はGA₄₊₇様物質に比べ極端に少なく、花芽形成に対してもGA₄₊₇が重要な役割を果たしているものと考えられる。したがって、新水において花芽の着生が悪いのは、花芽分化前に芽中のGA₄₊₇様物質が多いためと推察される。

一方、サイトカイニン様物質は新水よりも豊水において多い傾向がみられた。このことは、同じ台木に接木された新水と豊水の地下部を比較してみると、豊水では根

の発達がよく、特に細根量が多いことと関連しているものと考えられる。根はサイトカイニンの主要な合成部位であり⁹⁾、細根が多い程生産されるサイトカイニンも多いものと考えられる。ブドウにおいてサイトカイニンは花芽分化を促進すると報告されており^{1,10)}、ナシの花芽形成に対しても重要な役割を持つことが予想される。

Luckwill⁶⁾は、リンゴの花芽分化にはジベレリンとサイトカイニンのバランスが重要であるとし、新梢の生長が停止し、芽へのジベレリンの供給がなくなった場合、サイトカイニンがあるレベル以下になると芽は葉芽のまま休眠に入るが、サイトカイニンがあるレベル以上あれば芽は休眠せずに花芽を分化するのではないかと述べている。

以上の結果から、ナシの花芽分化にはジベレリンとサイトカイニンが重要な役割を果たすことが考えられるが、その作用機構については今後更に検討する必要があるものと思われる。

摘 要

日本ナシの花芽形成の機構を探る目的で、花芽の着きにくい品種‘新水’及び花芽の着きやすい品種‘豊水’を用いて、新梢上における花芽形成と新梢の各部位における内生生長調節物質の動きについて比較検討した。

1. 豊水では、7月上旬に新梢の生長が停止し、頂芽においてはその後急速にりん片が形成され、8月上旬に花芽の分化の徴候がみられ、10月下旬にはほとんどの花器が完成した。一方、新水では、豊水よりも20日遅れて7月下旬に新梢生長が停止し、頂芽においては9月上旬に花芽分化がみられたものの、10月下旬にはがく片の原基までしか発達しなかった。

2. 豊水では、腋花芽の分化は7月20日に観察され、新梢の中央部から先端部にかけて腋花芽が多く着生したのに対し、新水では、9月下旬に分化の徴候がみられたものの、それ以降は花芽の発達はみられず、腋花芽もほとんど着生しなかった。

3. 新水の芽中において6月上旬から7月下旬にかけてGA₄₊₇様物質の含量が高く、豊水の芽中では生育期間を通じて新水に比べサイトカイニン様物質の含量が高かった。

以上の結果から、日本ナシの花芽形成にはジベレリンとサイトカイニンが重要な役割を果たすことが考えられ、特に両者のバランスによって花芽形成が支配されているものと推察される。

文 献

- 1) 伴野潔・杉浦明・苫名孝：ブドウの花芽分化の調節に関する研究 I. 副梢上での花房分化およびその発達に及ぼす CCC と BA 散布の影響。鳥大農研報, **33** 1-7 (1981)
- 2) Jackson, D. I. and Sweet, G. B. : Flower initiation in temperate woody plants. *Horticultural abstracts*, **42** 9-24 (1972)
- 3) 川口正英：日本梨「長十郎」の各種形態枝梢の花芽分化期に就て。農及園, **8** 987 (1933)
- 4) 平田尚美・林真二・田辺賢二：日本ナシの花芽形成に関する生理学的研究, 新しゅう誘引による花芽形成増進と化学成分の変化。園学発表要旨, 秋季, 128 (1979)
- 5) 堀内昭作・中川昌一・高木清隆：日本ナシ'長十郎'の徒長枝における花芽形成について。園学発表要旨, 秋季, 18 (1973)
- 6) Luckwill, L. C. : In *Physiology of Tree Crops*. Luckwill, L. C. and Cutting, C. V. eds., Academic Press, London (1970) pp. 237-254
- 7) Nakagawa, S., Matsui, H., Juda, E., Murofushi, N., Takahashi, N., Akimori, N. and Hishida, S. : Biologically active gibberellins in immature seeds of *Pyrus serotina*. *Phytochemistry*, **18** 1695-1697 (1979)
- 8) Powell, L. E. : Preparation of indole extracts from plants for gas chromatography and spectrophotofluorometry. *Plant Physiol.*, **39** 836-842 (1964)
- 9) Skene, K. M. G. : In *The Development and Function of Roots*. Torrey, J. G. and Clarkson, D. T. eds., Academic Press, London, New York, San Francisco (1975) pp. 365-396
- 10) Srinivasan, C. and Mullins, M. G. : Control of flowering in the grapevine (*Vitis vinifera* L.) : formation of inflorescences *in vitro* by isolated tendrils. *Plant Physiol.*, **61** 127-130 (1978)