

花き類におけるジベレリンの役割解明と生育・開花調節技術の開発

久松 完 (農業・食品産業技術総合研究機構 花き研究所)

tamotsu@affrc.go.jp

花き類の植物ホルモンによる生育・開花制御に関する研究に取り組み、数種花き類におけるジベレリン (GA) の生合成ならびにその生育・開花における役割を明らかにした。特にストックについて、GA 生合成阻害剤であるプロヘキサジオンカルシウムによる開花促進現象を見出し、その機構の解明に基づく開花促進技術を開発した。これらの知見はストックの新しい作型を生み出し、花き類の周年安定生産の発展に貢献した。

はじめに

花き園芸分野では、生産・流通現場から品目毎の周年安定生産、需要期出荷、他品目との作付け体系への対応等を目指した生育・開花調節技術の開発が強く求められている。その技術開発の基礎となる生育・開花調節機構の解明は極めて重要な研究課題である。そのため、植物の伸長生長ならびに生活環を制御する働きを有することが知られている植物ホルモンの一つ、GAに着目し、生理機構の解明に基づく生育・開花調節技術の開発に取り組んだ。

内生GAの同定ならびにGA構造と伸長・花成における活性相関

我が国の主要花き品目であるストックならびにトルコギキョウを対象に、ガスクロマトグラフィー/質量分析 (GC/MS) 法により内生GAを同定し、ストックでは、早期13位水酸化経路および13位非水酸化経路の2経路 (図1) が、トルコギキョウでは、早期13位水酸化経路が主に機能していることを明らかにした。その過程で新規GA “GA₁₁₂” を発見した。さらに、これらの茎伸長ならびに花成とGAの構造と活性の相関について検討し、ストックでは、伸長生長、花成誘導ともに活性型GAが重要な役割を担っており、その主な活性型GAは、GA₄型構造 (3β-OH, 13-H型C₁₉-GA) を有するものであることを明らかにした。また、トルコギキョウでは、主な活性型GAは、GA₁型構造 (3β-OH, 13-OH型C₁₉-GA) を有するものであり、活性型GAは主に伸長生長の調節に寄与しており、開花機構においては、花成誘導への影響は小さく、花芽分化後の発達過程において重要な役割を担っていることを明らかにした。

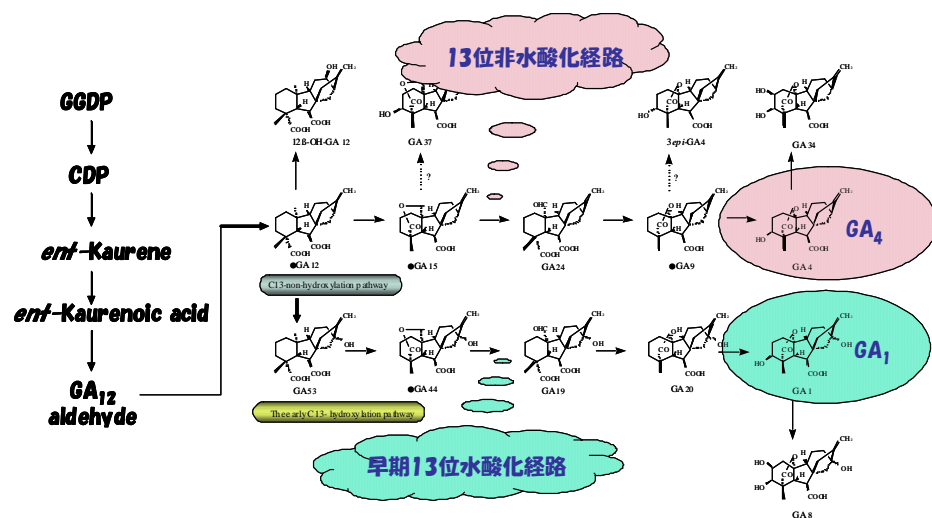


図1. ジベレリン生合成経路

GA生合成調節による生育調節

GA生合成の初期ならびに後期段階を阻害する数種GA生合成阻害剤を供試し、GA生合成調節による花き類の生育調節の可能性を調査した。その結果、GA生合成および代謝機能の調節が生育制御において重要な役割を担っていることが明らかとなった。特に、ストックにおいて、GA生合成の後期段階を阻害するシクロヘキサジオン系GA生合成阻害剤の影響は大変興味深いものであった。このタイプのGA生合成阻害剤を高濃度で処理すると活性型GAの生合成が阻害され、わい化作用を示すのに対し、低濃度で処理すると活性型GAが集積し、伸長・開花が促進されることを見いだした。ストックの生産においては、これまで早晚性の異なる品種を用いた出荷期調整のみが行われ、積極的な開花調節の試みはほとんどなかった。そこで、これらの一連の知見に基づき、シクロヘキサジオン系GA生合成阻害剤、プロヘキサジオンカルシウムを活用したストックの新しい開花促進技術を開発した（図2）。本技術は生産現場に普及するとともに、GAの基礎的研究をもとに開花促進技術の開発にまで発展させた研究として評価されている。



図2. プロヘキサジオンカルシウム処理による活性型GA量の調節を介したストックの開花調節

また、トルコギキョウの生産においては、安定生産を阻害するロゼット化やプラスチック等の現象に悩まされている。これらの問題に対する対策技術確立の基礎となる生理的要因の解明をすすめ、低温遭遇によるロゼット打破においてはGA生合成の促進が必要であり、その活性型GAであるGA₁の増大が茎伸長を誘導することを明らかにした。花き類ではロゼット形成が周年安定生産の阻害要因となる場合が多く、一連の知見は、今後、花き生産現場で広く利用可能な技術開発に繋がる可能性がある。

光質に依存したGA生合成調節機構の解明

植物にとって光は、光合成を行うために不可欠なエネルギー源であると共に、植物の発芽から開花に至る生長の過程において重要な情報源でもある。情報としての光は、赤色光 (R) 領域 (660 nm前後) と遠赤色光 (FR) 領域 (730 nm前後) に吸収極大をもつフィトクロム (PHY)、青色光領域を主に吸収するクリプトクロムとフォトトロピン等の光受容体によって感受され、情報伝達系を通じて光形態形成、光生理反応を支配している。R/FR光受容体、PHYを介した光による伸長調節では、FR光照射により伸長が促進される。この反応には、PHY分子種のうち、光安定型のPHY-Bタイプが関与しており、FR光照射により、PHY-Bが不活性型に変換し、GA20-酸化酵素遺伝子の発現抑制が解除され、活性型GAの生合成が促進されることをモデル植物、シロイヌナズナを用いて明らかにした（図3）。従来、この反応にはPHY-Bを介したGA応答性の変化も寄与していることが知られており、PHYを介した光による伸長調節がGA生合成ならびに応答性の両面から制

御されていることが明らかとなった。本知見は、施設園芸の現場で広く利用可能な技術開発に繋がるものであり、実際、本知見を活用し、キクをはじめとした数種花き類について、明期終了時の短時間FR光照射（EOD-FR）処理により、伸長調節が可能であることを示した。今後、これらの情報を活用した施設園芸の新たな展開が期待されている。

伸長生長に及ぼす明期終了時(EOD)の赤色光(R)あるいは遠赤色光(FR)処理の効果

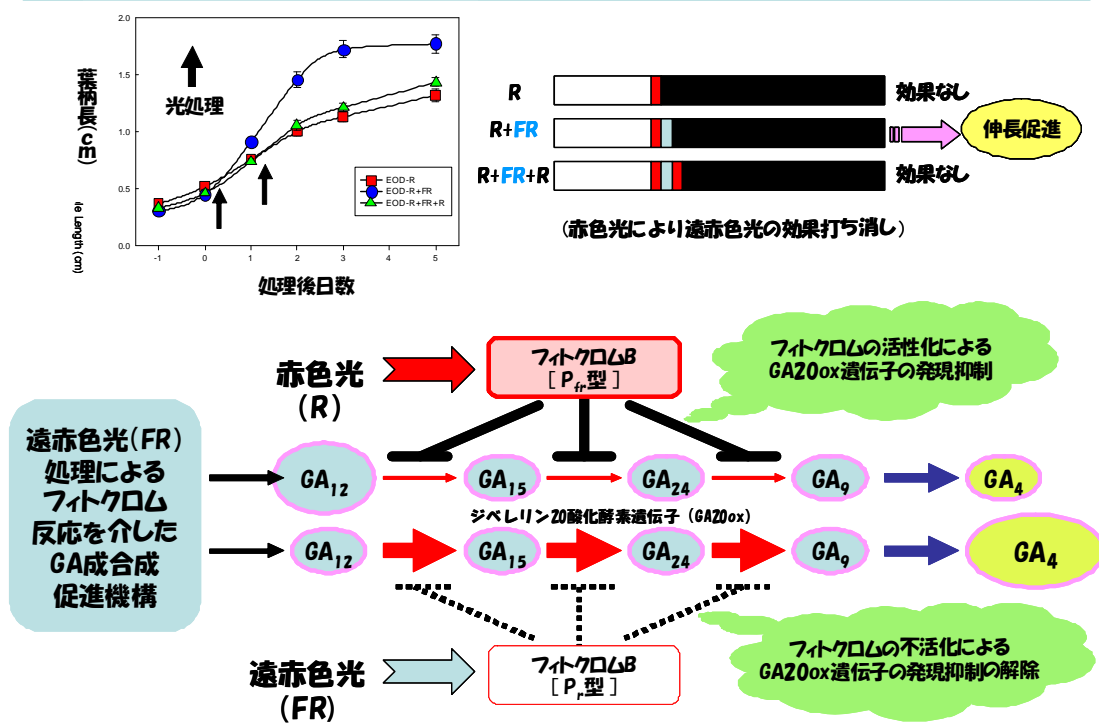


図3. 植物の伸長成長に及ぼす明期終了時の赤色 (R) 光あるいは遠赤色 (FR) 光処理の効果と PHY 反応性を介した GA 合成促進機構

おわりに

昨今、モデル植物における生理機構の理解が急速に深化しており、得られる知見は、農・園芸作物における複雑な生育調節機構の理解ならびに今後の応用技術開発の有力な情報源となる。しかしながら、実際生産されている農・園芸作物は植物学的に広範な種の集合体であり、それらの生育調節機構も多様であることも容易に想像できる。そこで、モデル植物から得られる膨大な基礎情報を、農・園芸作物の生産現場で活用可能な応用技術開発に繋げるためには、一種の翻訳作業のような基礎と応用を繋ぐ位置づけでの研究がますます重要になると考える。今後、このようなスタンスでの研究に取り組み、さらなる花き園芸の発展に貢献したいと考えている。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、終始懇切なるご指導、ご鞭撻と激励を賜った前花き研究所長・腰岡政二博士（現日本大学教授）に深く感謝申し上げます。また、オーストラリア CSIRO・King 博士、Evans 博士ならびに関係各位には、暖かいご指導ご助言をいただきました。貴重な関連化合物を恵り頂くとともにご指導賜ったオーストラリア国立大学・Mander 教授ならびにカルガリー大学・Pharis 教授、生産現場への

応用技術開発にご尽力いただいた鳥取県園芸試験場・鷹見敏彦氏、研究の遂行にあたりご協力賜った花き研究所・中山真義博士、大久保直美博士、西島隆明博士、仁木智哉氏、前田咲子氏ならびに日本大学・窪田 聡博士他共同研究者各位、暖かい励まし、ご支援を賜った元野菜・茶業試験場長・天野正之博士、花き研究所研究管理監・柴田道夫博士に感謝申し上げます。さらに、本受賞にあたり、ご推薦いただきました花き研究所長・久保友明博士に感謝申し上げます。最後に、研究生活の大きな支えとなってくれる家族に感謝いたします。

引用文献

- 1) T. Hisamatsu, R. W. King, C. A. Helliwell and M. Koshioka. (2005) The involvement of gibberellin 20-oxidase genes in phytochrome-regulated petiole elongation of *Arabidopsis*. *Plant Physiology*. 138 : 1106-1116.
- 2) T. Hisamatsu, M. Koshioka and L. N. Mander. (2004) Regulation of gibberellin biosynthesis and stem elongation by low temperature in *Eustoma grandiflorum*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 79 : 354-359.
- 3) T. Hisamatsu, N. Oyama-Okubo, K. Ichimura, S. Esaki, R. Oi and M. Koshioka (2002) Interactions of red and far-red light modification with temperature on shoot extension and flowering in stock (*Matthiola incana* (L.) R. Br.). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 77 : 1-8.
- 4) 久松 完・腰岡政二. (2001) ストックの生育, 開花調節におけるジベレリンの役割. *植物の生長調節*. 36 : 85-90.
- 5) T. Hisamatsu, M. Koshioka, S. Kubota, Y. Fujime, R. W. King and L. N. Mander. (2000) The role of gibberellin biosynthesis in the control of growth and flowering in *Matthiola incana*. *Physiologia Plantarum*. 109 : 97-105.
- 6) T. Hisamatsu and M. Koshioka. (2000) Cold treatments enhance responsiveness to gibberellin in stock (*Matthiola incana* (L.) R.Br.) . *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 75 : 672-678.
- 7) T. Hisamatsu, S. Kubota and M. Koshioka. (1999) Promotion of flowering in stock [*Matthiola incana* (L.) R.Br.] by prohexadione-calcium in plastic-film greenhouse conditions. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 68 : 540-545.
- 8) T. Hisamatsu, M. Koshioka, N. Oyama and L. N. Mander. (1999) The relationship between endogenous gibberellins and rosetting in *Eustoma grandiflorum*. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 68 : 527-533.
- 9) T. Hisamatsu, M. Koshioka, S. Kubota, T. Nishijima, H. Yamane, R. W. King and L. N. Mander. (1998) Isolation and identification of GA₁₁₂ (12β-hydroxy-GA₁₂) in *Matthiola incana*. *Phytochemistry*. 47 : 3-6.
- 10) T. Hisamatsu, M. Koshioka, S. Kubota and R. W. King. (1998) Effect of gibberellin A₄ and GA biosynthesis inhibitors on growth and flowering of stock [*Matthiola incana* (L.) R. Br.]. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 67 : 537-543.
- 11) T. Hisamatsu, M. Koshioka, T. Nishijima and L. N. Mander. (1998) Identification of endogenous gibberellins and their role in rosetted seedlings of *Eustoma grandiflorum*. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 67 : 866-871.

Studies on the role of gibberellin in the control of growth and development in ornamental crops
and development of regulation techniques for growth and flowering.

Tamotsu Hisamatsu (National Institute of Floricultural Science, NIFS)

tamotsu@affrc.go.jp