

温州ミカンの生理落果に及ぼす fusicoccin の影響

平塚 伸・塩崎 修志¹・松島 二良²・河瀬 憲次*
三重大学生物資源学部, *大阪府立大学農学部

Effect of Fusicoccin on Physiological Fruit Drop in Satsuma Mandarin (*Citrus unshiu* MARC.)

Shin HIRATSUKA, Shuji SHIOZAKI¹, Jiro MATSUSHIMA² and Kenji KAWASE
Faculty of Bioresources, Mie University, *College of Agriculture, University of Osaka Prefecture

Abstract

Effects of fusicoccin (FC) applied to fruit on physiological fruit drop of satsuma mandarin as a function of change in endogenous ABA-like substance and ethylene content were investigated.

Cumulative fruit drops in FC-treated (10 ppm) fruit were 4% in contrast to 12% in the control at 5 days after treatment. Meanwhile, ABA (1,000 ppm) considerably accelerated fruit drop. The percent of fruit drops was reduced by two thirds by FC 7 hours after ABA treatment. FC would thus appear to function as antagonist of ABA.

FC clearly reduced ABA-like substance content but increased the amount of ethylene. FC may thus depress fruit drop by inhibiting ABA biosynthesis but not ethylene biosynthesis and/or its evolution.

Key words: ABA, *Citrus unshiu*, ethylene, fusicoccin, physiological fruit drop

緒 言

温州ミカンの生理落果は、一般に5月上旬の開花直前から6月下旬まで起こる“早期落果”に属し、激しい場合には95%もの果実が落果する。この落果の波相は普通二つのピークを示し、一つは5月中旬頃と他の一つは6月上中旬頃である。特に6月の落果はある程度肥大した果実が落ちるため、実際の収穫量や収量予想に直接影響し、安定栽培の障害となっている。

他方、高等植物に対するフシコクシン (FC) の作用には、園芸的に利用できると思われる多くの知見があり^{1,3,4,5,6,8)}、前報ではカンキツ葉に対して強い気孔開度の増加作用があることを報告した²⁾。本論文では、カンキツに対するその他の作用として、温州ミカンにおける6月の生理落果抑制効果についてここに報告する。

材料および方法

薬剤処理と落果率の調査

三重大学生物資源学部附属農場栽植の‘宮川早生’成木を用いて実験を行った。FC (90%粉末) と ABA (abscisic acid; mixed isomers) は Sigma 社から購入した。6月の生理落果中期である10日に比較的小さな果実

平成5年10月1日 受理
現住所；1: 大阪府立大学農学部, 2: 名古屋女子大学
Present address; 1: College of Agriculture, University of
Osaka Prefecture,
2: Nagoya Women's College

(0.57~0.66 g) 表面に供試液を筆で塗布した。

FC (10 ppm), ABA (1,000 ppm), FC + ABA (10 ppm FC 処理 7 時間後に 1,000 ppm ABA 処理) および ABA + FC (1,000 ppm ABA 処理 7 時間後に 10 ppm FC 処理) の各処理を行った。全ての供試液には展着剤として 0.1% の Tween-20 を加え、対照果実には同じ割合の展着剤を加えた蒸留水を処理した。なお、FC は少量のエタノールに溶解後蒸留水で希釈し、ABA は少量の 0.1 N NaOH で溶解後 HCl で pH 7.0 に調整して蒸留水で表記の溶液を得た。処理果の果梗にビニールテープで印を付け、処理後 5 日目まで毎日落果率を調査した。

ABA とエチレンの定量

一般に落果に関与すると考えられている果実内の ABA 含量と果実からのエチレン発生量を測定した。ABA 処理区、FC 処理区および対照区の果実を経時的に採集し、内生 ABA 抽出用試料として供試した。抽出は常法によって酢酸エチル可溶性酸性分画を得、高速液体クロマトグラフィー (HPLC) により ABA 様物質を定量した。なお、抽出・精製過程には酸化防止剤として 0.1% BHT (butylated hydroxytoluene) を加えた。HPLC は精製を目的として一回目の分析 (カラム-Fine Sil C 18-5, 溶媒; アセトニトリル: 酢酸: H₂O=14:1:85) で ABA 標品と一致するピークを分取し、その分画をロータリーエバポレータで濃縮後 2 回目の分析に供試した。2 回目の分析 (カラム; Fine Sil C5, 溶媒; 塩化メチレン: メタノール: 酢酸: H₂O=98.4:1.4:0.1:0.1) で得られたピーク面積を標品の ABA 標準曲線と比較し、ABA 様物質として算出した。なお、抽出・定量は 2 反復行い、その平均値を示した。エチレン発生量は、無処理果実を採取して FC 処理 (10 ppm) し、密閉したフラスコ内 (23°C) でインキュベイト後、定期的にフラスコ内のガスをサッカを用いて Hg(ClO₄)₂ 液に補足し、冷暗所に保存後適宜 HCl で発生させたガスをガスクロマトグラフィー (検出器: FID, カラム: 2m SE30 ガラスカラム, キャリヤーガス: N₂, インジェクター温度: 70°C, カラム温度: 60°C) で分析した。なお分析は独立した実験系で 2 回行い、その平均値を示した。

結果および考察

Fig. 1 に各処理後の果実の累積落果率を示す。対照区

では 5 日後に 12% を示したが、FC 処理では 4% と 1/3 の落果率となり、FC による落果抑制効果が認められた。ABA 処理区では 5 日後に 27% と著しい落果が見られたが、ABA+FC 区では ABA 区の 1/3 程度に抑制された。さらに、FC 処理後に ABA 処理した区においても ABA 単独処理より落果は抑制され、5 日後の落果率は約半分であった。なおこれら果実の大部分は、温州ミカンの二次落果の特徴である果盤部の離層形成によって落果していた。これらの結果から、FC は前報で報告したカンキツ葉の気孔開閉のみならず²⁾、落果に対しても ABA との拮抗作用を示すことが明らかになった。

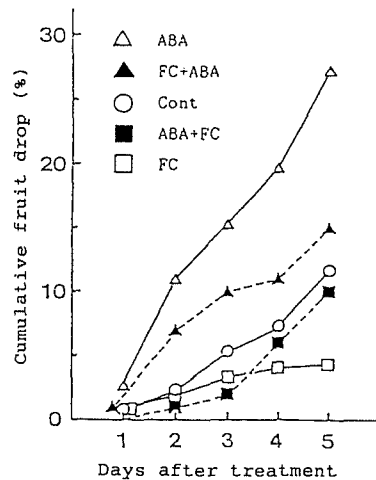


Fig. 1. Cumulative drop of citrus fruit following fusicoccin (FC) and abscisic acid (ABA) treatments. FC=10 ppm, ABA=1,000 ppm.

各処理区間での落果の波相を見ると、対照区では徐々に落果するのに対して ABA は処理直後および 5 日後の落果を促進した (Fig. 2)。また、FC+ABA 区は ABA 区、ABA+FC 区は対照区と似た波相を示し、FC 単独区では一貫して低い落果率であった。これらの結果は、ABA 処理による急激な離層形成作用を FC が一時的に緩和しているように見えた。

果実内 ABA 様物質含量の経時変化を見ると、FC 処理は明らかに内生 ABA レベルを低下させており、FC による落果抑制作用はこの内生 ABA 合成阻害によるものと考えられる (Fig. 3)。なお、ABA 処理果の内生 ABA レベルはその一部、少なくとも対照区との差し引

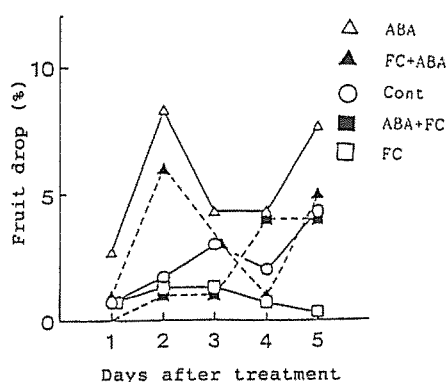


Fig. 2. Dropping patterns of citrus fruit following fusicoccin (FC) and abscisic acid (ABA) treatments. FC=10 ppm, ABA=1,000 ppm.

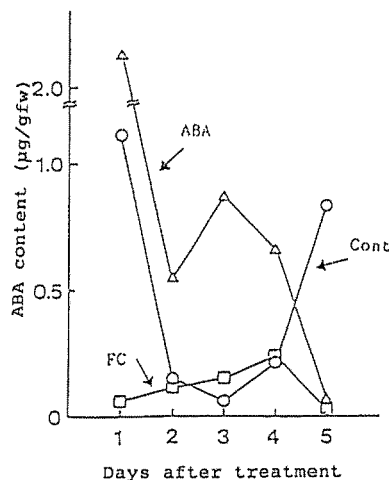


Fig. 3. Changes in the amounts of endogenous ABA-like substances in citrus fruit after fusicoccin (FC) or abscisic acid (ABA) treatment. FC = 10 ppm, ABA=1,000 ppm.

き分の約 $1\mu\text{g/gfw}$ は処理により果実に浸透した ABA と思われた。また、分析に供試した全ての果実の表面は十分に洗浄したため、少なくとも果皮に付着した ABA の混入はないと考えられた。ABA 処理果内の ABA 含量は徐々に減少し、5日後にはほとんど認められなくなった。ABA 処理果はこの時点で果皮中のクロロフィルが退色して生長もほとんど止まっていたことから、これらの果実は落果寸前で ABA 合成能力が失われていたためと思われる。また、対照区が1日目に高い ABA 含量を示し

たのは、展着剤を含んだ蒸留水を塗布したためのストレスから、ABA 合成が盛んになったためであろう。前報で報告した葉の蒸散も、展着剤入りの蒸留水処理により著しく抑制されたことから²⁾、この処理は植物体にストレスを与えるものと推察される。乾燥や低温などの様々なストレスにより、急速に植物体内で ABA が合成されるのは他の多くの植物でも良く知られている⁷⁾。

FC 処理による落果抑制にエチレン生成阻害が関与しているかどうかを調べるため、果実からのエチレン発生を経時的に測定した (Fig. 4)。なお、6月落果は遮光処理により助長される傾向が認められたため (データ省略)、エチレン発生に関しては明下と暗下に分けて調査した。処理後24時間目までは FC 区、対照区ともにほとんど同量のエチレンを発生し、明下ではほぼ $0.15\sim 0.2\text{ nl/gfw/h}$ で推移したが、暗下では徐々に増加し、初期の 0.15 nl から24時間後には 0.3 nl/gfw/h となった。24時間目以降については、明下・暗下ともに FC 処理によってむしろエチレン発生量が増加した。このことは、FC がエチレンの合成や発生を抑制しないことを示しており、FC の落果防止作用にはエチレンが関与しないことも同時に示唆している。24時間目以降のエチレン発生増加に関しては、FC の果実に対する害作用、特に果梗部の切り口付近の壊死が24時間目以降認められ、これが原因となっている可能性もある。またこのエチレン測定の実験は、切り取った果実を用いているので、樹上に着生している果実での反応とは異なっているかもしれない。さらに本実験は果梗・ヘタを含んだ果実のみを分析したものであり、樹体との相互作用についてさらに検討する必要がある。

しかしながら本実験の結果より、FC には温州ミカンに対して生理落果抑制作用があるのは明らかであり、これは内生 ABA 合成阻害によって生じる現象と考えられる。なお、前報では 25 ppm の FC で薬害が認められたため²⁾、本実験では 10 ppm で処理したが薬害はほとんど認められず、十分な落果抑制効果を得ることができた。

要 約

温州ミカンの生理落果に及ぼすフシコクシン (FC) の影響を調査し、果実の内生 ABA 様物質とエチレンの変化から、FC による落果抑制の生理機作を考察した。

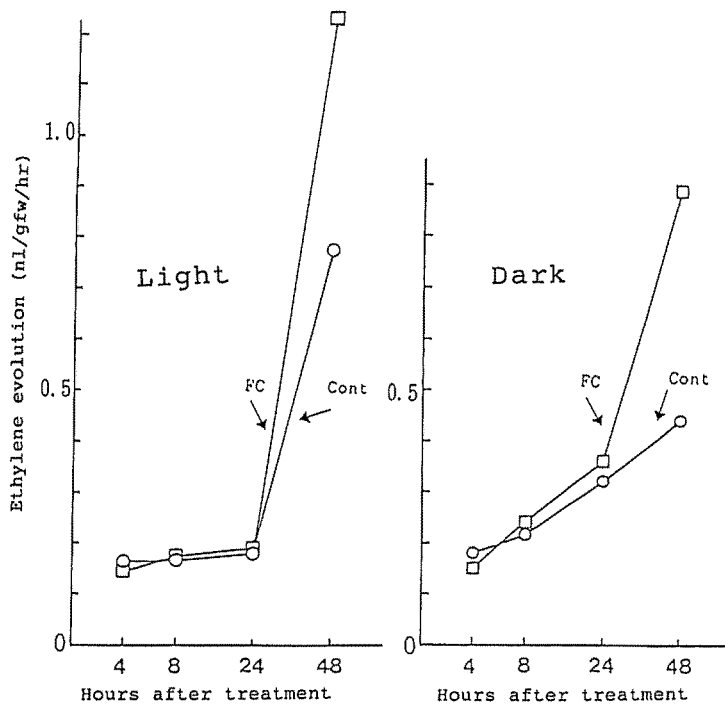


Fig. 4. Changes in ethylene evolution from the excised citrus fruit following fusicoccin (FC) treatment under light or dark condition. FC=10 ppm.

6月上旬にFC処理(10 ppm)した果実の5日後における累積落果率は対照区の1/3となり、FCによる生理落果抑制効果が認められた。一方、ABA(1,000 ppm)は著しい生理落果を引き起こしたが、ABA処理後にFCを処理することで落果は抑制され、FCとABAの拮抗作用が確認された。

FC処理果の内生ABA様物質含量は著しく減少したがエチレン放出量は減少せず、FCはABAの生合成阻害によって落果を抑制しているものと考えられる。

引用文献

- GALLI, M. G., SPARVOLI, E. and CAROI, M. Comparative effects of fusicoccin and gibberellic acid on the promotion of germination and DNA synthesis initiation in *Haplopappus gracilis*. *Plant Sci. Lett.* 5: 351-357 (1975).
- 平塚 伸・塩崎修志・松島二良・河瀬憲次。'川野ナツダイダイ'実生葉の気孔開度の制御に及ぼすfusicoccinの影響。三重大学生物資源紀要12: 1~6 (1994).
- LADO, P., RASI-CALDOGNO, F. and COLOMBO, R. Acidification of the medium associated with normal and fusicoccin-induced seed germination. *Physiol. Plant.* 34: 359-364 (1975).
- MARRÉ, E., LADO, P., RASI-CALDOGNO, F. and COLOMBO, R. Correlation between cell enlargement in pea internode segments and decrease in the pH of the medium of incubation. I. Effects of fusicoccin, natural and synthetic auxins and mannitol. *Plant Sci. Lett.* 1: 179-184 (1973).
- PILET, P. E. Fusicoccin and auxin effects on root growth. *Plant Sci. Lett.* 7: 81-84 (1976).
- SQUIRE, G.R. and MANSFIELD, T. A. Studies of the mechanism of action of fusicoccin, the fungal toxin that induces wilting, and its interaction with abscisic acid. *Planta* 105: 71-78 (1972).
- WALTON, D. C. Biochemistry and physiology of abscisic acid. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31: 453-489 (1980).
- YAMAGATA, Y. and MASUDA, Y. Comparative studies on auxin and fusicoccin actions on plant growth. *Plant Cell Physiol.* 16: 41-52 (1975).