ギ酸カルシウムによるニホンナシの摘花:濃度の影響と花柱による薬剤の吸収

平塚 伸^{1*}・丹羽一江¹・河合義隆¹・前島 勤²・川村啓太郎³

¹三重大学生物資源学部 〒514-8507 三重県津市上浜町

²長野県果樹試験場 〒382-0072 長野県須坂市小河原

³晃栄化学工業 〒460-0003 名古屋市中区

Flower Thinning by Calcium Formate in Japanese Pears: Concentration Effects and its Uptake into Styles

Shin Hiratsuka^{1*}, Kazue Niwa¹, Yoshitaka Kawai¹, Tsutomu Maejima² and Keitaro Kawamura³

¹Faculty of Bioresources, Mie University, Tsu, Mie 514-8507

²Nagano Fruit Research Center, Suzaka, Nagano 382-0072

³Koei Kagaku Kogyo K.K., Nagoya, Aichi 460-0003

Summary

Spraying Ca-formate to opening flowers before fertilization thinned blossoms of the Japanese pear 'Kosui'; the thinning effect was greater with increased concentration of the chemical. All flowers abscised by the administration of 10% Ca-formate. Treatments, higher than 5%, caused injuries to sprouting shoots and petals. However, solutions lower than 3% did not show any inhibitory action on shoot growth. The treatments of flower buds by the solutions higher than 3% also thinned flowers to some degree. Flowers of self-compatible 'Osa-Nijisseiki' were similarly abscised by the Ca-formate. About $1.6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ of the Ca-formate was incorporated into the style 2 days after spraying 1% solution, leaving a residue of $1.1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ after 8 days. Since Ca-formate, higher than 0.05%, exhibits strong inhibition on pollen germination and pollen-tube growth in vitro, it may be the mechanism by which the chemical induces flower thinning. At harvest, fruit size, sugar content, and composition in the juice are unaffected by less than 3% Ca-formate. Thus, we recommend that a Ca-formate solution from 1 to 3% be used as flower thinner on Japanese pear blossoms.

Key Words: calcium formate, concentration effect, flower thinner, Japanese pear, uptake.

緒 言

果樹類の摘果(花)は、果実品質を向上させるための最も重要な作業の一つである。また、着果過多は翌年の花芽形成を著しく抑制するため、着果量の調節は健全な樹体維持のためにも極めて重要な技術である(福田, 1989)。現在、この作業はほとんど人手によって行われているが、労力不足や栽培者の高齢化に伴って十分な摘果管理が難しくなり、栽培面積拡大の障害の一つとなっている。

ニホンナシの着果数を制限するためには、従来、開花初期に行われる摘蕾・摘花と満開後7~10日頃行われる予備摘果、満開後30日頃に行われる仕上げ摘果などがあるが、摘果(花)が早いほど残した果実の肥大が明らかに優

れる(大友, 1997)。これは、開花から幼果の発育に至る過程が前年度に貯えられた樹体内の貯蔵養分によってまかなわれ、また、幼果の果肉細胞分裂は満開後30日程度で停止する(平田, 1983)ことが原因と考えられる。これらのことは、摘蕾・摘花を十分に行い、また、その後の摘果は果実の形質を見極め次第なるべく早く行うことが、果実の品質向上および健全な樹体維持に有利であることを示している。

以上の観点から、有効な摘果(花)剤開発が望まれており、これまで幾つかの薬剤について検討されてきたが(三木ら, 1981; 山崎ら, 1987)、現在ニホンナシの摘果(花)剤として利用されているものはない(禿, 1995)。近年我々は、カルシウムの葉面散布剤として用いられているギ酸カルシウムにニホンナシに対する摘花作用があることを確認し、そのメカニズムは柱頭への花粉の付着や花柱内の花粉管伸長抑制による受精阻害であることを明らかにするとともに、この薬剤がニホンナシの摘花剤と

2002年7月12日 受付。2002年10月31日 受理。

本報告の一部は、園芸学会平成13年度春季大会において発表した。

* Corresponding author.

して利用できる可能性を示した(平塚ら, 2002). 本実験では, 効果的な処理濃度と新梢成長への影響, および, 花柱に吸収されるギ酸カルシウム量の推定を行い, ニホンナシの摘花に対するギ酸カルシウムの効果的な利用法を考察した.

材料および方法

1. 植物材料

三重大学生物資源学部附属農場栽植の30年生(2000年)および31年生(2001年)のニホンナシ‘幸水’を, それぞれ3樹ずつ供試した. また, 受粉用の花粉は‘長十郎’とし, 受粉数日前に開花直前の花からやくを採集し, シリカゲルを含んだ密閉箱中で開やく・乾燥して用いた.

自家和合性品種に対する摘花効果を確認するために, 同学部実験圃場の21年生(2000年)‘おさ二十世紀’を用いた. 受粉は自家受粉とし, 受粉数日前に開花直前の花からやくを採集し, 上記と同様に花粉を調製した.

2. ギ酸カルシウムの処理濃度が結実に及ぼす影響

実験は, ‘幸水’を用いて2000年に行った. 1花そうを開花1日前の蕾3花に調整し, 花卉・雄ずいを除去して雌ずいを露出させ, 0.01% Tween-20を展着剤として含む1, 3, 5および10%のギ酸カルシウム水溶液を雌ずいに噴霧した. 処理は, ハンドスプレーヤーを用いて液が滴り落ちる程度まで行い, 花柱が十分乾燥したことを確認後, 受粉して袋掛けを行った. その後2および3週間目の着果率を調査した. なお, 各処理区は3樹からの亜主枝を無作為に2~3本選び, 開花前日の蕾をもつ花そうを選別して構成した. それぞれの処理区は, 12花そう(36花)とした.

3. 自家和合性品種に対する摘花効果の確認

2000年に, 自家和合性の‘おさ二十世紀’の花を上記のように1花そう3花に調整して除雄し, 0.01% Tween-20を展着剤として含む1%のギ酸カルシウム水溶液を雌ずいに噴霧した. 花柱が乾燥後, 自家受粉して袋掛けを行い, 受粉後2および3週間目の着果率を調査した. なお, 処理は12花そう(36花)とし, 同一樹上に0.01% Tween-20のみを含む対照区を12花そう設けた.

4. 異なる発育段階の蕾へのギ酸カルシウム処理が摘花に及ぼす影響

2000年に, ‘幸水’の開花前4, 2および0日の蕾を1花そうあたり3花に調整し, 0.01%の Tween-20を含む3, 5および10%のギ酸カルシウム溶液を上記と同様にスプレーした. なお, この実験では除雄は行わなかった. それぞれの区は12花そう(36花)とし, それぞれの蕾の開花日に‘長十郎’の花粉を受粉した. 着果率の調査は, 受粉後2および3週間目に行った.

5. ギ酸カルシウム処理が新梢成長に及ぼす影響

ギ酸カルシウム処理が, 花芽および葉芽から発生する

新梢の成長に及ぼす影響を調査した. 2000年の開花期に, 太さが良く揃い, 着生位置の似かよった結果母枝を15本選別し, それぞれの母枝上で斜め上に着生した2芽を選んだ. 母枝上の花はすべて除去し, 選んだ幼芽に0(対照), 1および3%のギ酸カルシウムを散布し, 2週間毎に新梢長を測定した. なお, 各処理区には10芽を用いた.

2001年の開花期に前年と同様, 良く揃った結果母枝を10本選別して斜め上に着生した葉芽を1つ選んだ. 前年の実験結果から, 1と3%溶液間で余り差が認められなかったため, 0(対照)と3%溶液をハンドスプレーヤーで噴霧した. その後, 2週間毎に新梢長を測定した. なお, 前年と同様に母枝上の花はすべて除去し, 処理と対照区にそれぞれ5芽を用いた.

6. 花柱によるギ酸カルシウム吸収量の推定

2001年に開花した‘幸水’の花に, 0.01%の Tween-20を含む1%ギ酸カルシウムを散布し, 散布後1, 2, 3, 6および8日目に花を採取した. 採取した花は水道水および蒸留水で良く洗い, 水を拭き取った後に花柱を採集, 秤量し, 測定まで液体窒素中で保存した.

0.1~0.2 gの花柱を磁製皿にとり, 550℃の電気炉で10時間灰化し, 10 N塩酸を加えて溶解後, 20 mlに定容してカルシウム分析の試料とした.

カルシウムの定量は, 原子吸光分光光度計(島津, AA-6200)を用いて行った. なお, 分析試料溶液中には1,000 ppmのストロンチウムを加え, 処理区と対照区の吸光度の差から花柱内に吸収されたカルシウム量を算出し, その量からギ酸カルシウム量を推定した.

7. ギ酸カルシウム処理が成熟果の糖含量, 糖組成および酸含量に及ぼす影響

ギ酸カルシウム処理区において, 受粉後3週間目の落果率を調査後1果そうを1果に調整し, 成熟期における果汁の糖含量・糖組成および酸含量を調査した. 酸含量はNaOHを用いた中和滴定によって測定し, リンゴ酸当量として示した. 糖含量は屈折糖度計を用い, 糖組成は高速液体クロマトグラフィーによって以下の条件で測定した.

ポンプ: TRI ROTAR V (日本分光 K. K.)

カラム: Shodex SUGAR SC1011 (昭和電工 K. K.)

移動相: 脱イオン水

カラム温度: 70℃

検出器: RI Detector L-7490 (日立 K. K.)

各糖の定量は, チャート上の純品のピーク面積との比較により行った.

結果および考察

受粉直前に1~10%のギ酸カルシウム溶液を散布すると, 3週間後の着果率は80.6~0%となり, 濃度が高い程強い摘花作用を示した(第1図). なお, 10%溶液での着

果率は2週間後に0%となり、極めて強い摘花効果が確認されたが、この濃度の処理では花そう自体が枯れ込むなどの強い葉害が観察された。また、5%溶液でも幼葉の先端が褐変するなどの葉害が認められたことから、ニホンナシに対するギ酸カルシウム処理は3%以下で行うべきと判断された。

リンゴに摘花剤としてギ酸カルシウムを処理した近年の研究結果報告(石川ら, 2000; 孟ら, 2000)を見ると、リンゴではニホンナシより摘花効率が高いように考えられる。すなわち、ニホンナシにおいて除雄を行わない花に0.5~1%のギ酸カルシウムを散布した時の摘花率は10%強であった(前島ら, 未発表)のに対し、リンゴでは30%程度が摘花されている。また、1%溶液ではニホンナシの柱頭にほとんど形態変化は認められなかったが(平塚ら, 未発表)、リンゴでは褐変などの葉害が生じるようである。この原因については、以下のような推察ができる。まず、両者の花そうの構造の差である。リンゴの花そうは5~6花から成り、中心花の回りに側花が一定間隔をもって着生しているが、ナシの場合は1番花から7~8番花が縦方向に着生しており、それぞれの花同士はかなり密着するという構造をとる。これらの構造の違いは、花柱への薬剤の付着に差をもたらすはずである。次に考えられるのが、ナシとリンゴの開花期における気象条件の差である。両果樹の開花期はそれぞれ東海地方で4月中旬、東北地方で5月中旬であり、2000年の4月と5月の両地域における最高気温、最低気温、降水量、湿度および晴天日の比率は以下のようにになっている(2001年版気象年鑑、気象庁統計室)。

名古屋:19.4℃, 9.0℃, 150 mm, 59%, 66.7%

仙台:20.1℃, 12.9℃, 90.5 mm, 76%, 45.2%

秋田:20.6℃, 12.2℃, 89.5 mm, 72%, 35.5%

すなわち、リンゴの開花期の気象は、最低気温と湿度が高く、降水量と晴天日が少ないという特徴がある。気温

Fig. 1. Concentration effect of Ca-formate containing 0.01% Tween-20 on flower thinning of Japanese pear 'Kosui'.

が高く降水量が少なければ、薬剤はより強く作用するであろう。また、湿度が高くて日射量が少なければ、溶媒の蒸発や光による薬剤の分解が遅延されるかも知れない。一方、リンゴの場合は0.5%以下の溶液散布でも花柱や花弁に葉害を引き起こすようであり、リンゴはナシに比べてギ酸カルシウムに対する感受性が高い樹種である可能性もある。

近年、'秋栄'のような'おさ二十世紀'を交配親とした自家和合性のニホンナシが育成されつつあり、今後これらの品種が普及すれば摘果(花)は今以上に労力がかかり、また、果実品質の向上や健全な樹体維持のためにますます重要な技術となると考えられる。従って、次の実験で、自家和合性品種にもギ酸カルシウムが同様な摘花効果を示すかどうかを調査した。'幸水'の場合と同様に、受粉直前にギ酸カルシウム処理を行い、その後自家受粉して結実率を調査した。2週間後の着果率は71.8%、3週間後には61.5%となり、自家和合性品種にも'幸水'と同程度の効果のあることが確認された(第2図)。今後、当薬剤の実用化に向けて、さらに現地での応用試験を行う必要がある。

次に、散布時期を分散させる可能性を探るために、高濃度溶液を蕾に散布して摘花効果を検討した(第3図)。開花した花に比べて蕾散布の効果は明らかに劣ったが、開花4日前、2日前および開花直前それぞれの蕾に対し、3%以上の薬剤によって10%程度の摘花効果が認められた。しかし、効果のある濃度や蕾の発育ステージについては特定することができなかった。

薬剤を散布する際に常に問題となるのが、樹体や果実品質に及ぼす影響である。ギ酸カルシウムは花柱に直接処理するのが最も効果的であるが、花柱のみに散布するのは難しく、大量に散布する場合はスピードスプレーヤーなどを使う可能性がある。その場合、花そうや葉芽から生じた幼芽に必ず付着する。そこで本実験では、果樹園

Fig. 2. Effect of 1% Ca-formate containing 0.01% Tween-20 on flower thinning of self-compatible Japanese pear 'Osa-Nijisseiki'.

Fig. 3. Effect of Ca-formate containing 0.01% Tween-20 on flower thinning of Japanese pear 'Kosui'. A: Flower bud 4 days before anthesis. B: Flower bud 2 days before anthesis. C: Flower bud at anthesis.

Fig. 4. Effect of Ca-formate containing 0.01% Tween-20 on shoot growth generated from a mixed bud (A) or leaf bud (B). Vertical bars indicate SE.

で実際に利用されるギ酸カルシウム濃度は3%以下と考え、1%および3%溶液の散布が葉芽および花芽から発生する新梢の成長に及ぼす影響を調査した。花芽から発生した新梢は処理後8~10週間まで伸長し、12 cm前後で伸長を停止した(第4図A)。各処理間で伸長程度を比較すると、1%処理が最も長く、次いで3%、対照区の順となった。但し、個体間のばらつきが大きかったため、全てが誤差範囲内の値となった。一方、葉芽から発生した新梢は処理後12週間目まで伸長し、およそ40 cm前後で伸長停止したが、3%処理区の新梢長は対照区とほとんど変わらなかった(第4図B)。以上の結果より、3%以下のギ酸カルシウム散布はニホンナシの新梢成長を抑制しないと結論された。ただし、これは単年度の実験結果であり、今後、連年散布の影響を確認しておく必要がある。

開花した花に散布したギ酸カルシウムがどの程度花柱に吸収され、また、花柱から他の組織へ移行するのかを、花柱内のカルシウムを定量することによって推定した。ニホンナシ花柱内に初めから存在するカルシウム量はおよそ $0.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ であり、花柱の齢の進行に伴って若干増加する傾向が見られた(第5図A)。1%のギ酸カルシウム散布1日後のカルシウム量はおよそ $0.75 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$

Fig. 5. Changes in Ca and Ca-formate contents in the style after spraying flowers with 1% Ca-formate containing 0.01% Tween-20. A: Calcium content in the style with or without treatment. B: Amount of calcium incorporated into the style. The amount was calculated by subtracting the Ca²⁺ content of control from that of treated one. C: Estimated amount of Ca-formate incorporated into the style. The amount was calculated based on Ca²⁺ amount incorporated.

Table 2. Effect of Ca-formate treatment on sugar composition in the juice of Japanese pear 'Kosui' at harvest. Fruit number was adjusted to one per cluster 3 weeks after treatment. Values in the table represent mean $\pm$ SE (%).

Sugars	Ca-formate concentration (%) treated			
	0	1	3	5
Sucrose	4.09 $\pm$ 0.91	4.00 $\pm$ 0.87	2.87 $\pm$ 0.67	3.00 $\pm$ 1.33
Glucose	1.25 $\pm$ 0.34	1.47 $\pm$ 0.27	1.47 $\pm$ 0.27	2.00 $\pm$ 0.93
Fructose	2.95 $\pm$ 0.68	3.00 $\pm$ 0.67	3.47 $\pm$ 0.80	3.00 $\pm$ 1.27
Sorbitol	2.95 $\pm$ 0.68	2.87 $\pm$ 0.67	2.67 $\pm$ 0.60	2.13 $\pm$ 0.93

となり、その後やや増加して8日後には再び $0.75 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 程度となった。処理区のカルシウム量から対照区のカルシウム量を引いた値を、処理によって花柱に吸収されたカルシウム量とし(第5図B)、その値からギ酸カルシウム量を計算した(第5図C)。花柱内のギ酸カルシウム濃度は処理後2日目まで上昇し、その後徐々に減少した。これは、処理後2日目まではギ酸カルシウムが吸収され、その後吸収されたギ酸カルシウムが他の組織に移行することが原因と考えられた。受精可能な花のステージを開花後4日までとすると、この間に花柱内に存在するギ酸カルシウム濃度はおよそ $1.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ となる。我々の以前の実験結果から(平塚ら, 2002), 0.1%以上のギ酸カルシウムは *in vitro* でニホンナシの花粉発芽に対してほぼ100%の抑制作用を示すことが示されている。しかし、100%の摘花効果を示すのは10%のギ酸カルシウムを処理した時のみである(第1図)。従って、1%溶液を花柱に散布しても、実際に花粉管が通過する誘導組織内の細胞間隙に $1.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ のギ酸カルシウムは存在しないと推定される。ニホンナシの誘導組織は数十細胞層から成る皮層組織で囲まれており、吸収されたギ酸カルシウムの多くはこの皮層組織に留まっている可能性が高い。また、本実験ではサンプリングした花柱を良く洗ったが、洗浄しきれないギ酸カルシウムが表皮に付着していた可能性も否定できない。一方、処理しても落果しなかった果実中には十分な数の完全種子が入っており、果実肥大・品質も正常であった。このような事実を考えると、処理後の誘導組織内の細胞間隙には、摘花率から判断して30~40%の花粉管伸長を抑制する濃度(平塚ら, 2002), すなわち $0.3 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ 程度のギ酸カルシウムが到達しているものと推察された。なお、もし花柱内でギ酸カルシウムがギ酸とカルシウムイオンに分解されるとすれば、誘導組織細胞間隙にはより低濃度のギ酸カルシウムが存在すれば十分である。なぜなら、ギ酸は0.05%でほぼ完全にニホンナシの花粉発芽を抑制するからである(平塚ら, 2002)。

処理後3週間目に落果率を調査し、その後1果そうあたり1果に摘果して成熟期に果汁の酸含量および糖含量・糖組成を調査した。糖および酸含量は、ギ酸カルシウム処

Table 1. Effect of Ca-formate treatment on organic acid and sugar content in the juice of Japanese pear 'Kosui' at harvest. Fruit number was adjusted to one per cluster 3 weeks after treatment. Values in the table represent mean $\pm$ SE.

Ca-formate concentration (%) treated	Organic acid content (%) ²	Sugar content (°Brix)
0	0.07 $\pm$ 0.020	12.0 $\pm$ 2.7
1	0.07 $\pm$ 0.015	12.0 $\pm$ 2.5
3	0.08 $\pm$ 0.016	11.5 $\pm$ 2.3
5	0.08 $\pm$ 0.032	13.0 $\pm$ 5.3

² Organic acid content is expressed as malic acid equivalence.

理濃度の違いにかかわらず、それぞれ12%および0.07%前後であり、処理による差は認められなかった(第1表)。糖組成には、処理による若干の影響が認められた。処理濃度の上昇に伴ってスクロースとソルビトールが減少し、グルコースとフルクトースが幾分増加する傾向を示した(第2表)。ただし、我々が試食した限りでは、これらの差は食味に影響するものではなかった。なお、以前報告したように(平塚ら, 2002), 処理花の果実成長は全体的に劣る傾向があり、また、完全種子数の減少や奇形果の発生も認められたが、1果そう全てが発育不良となることはまれで、果そう内の良果を残すように仕上げ摘果を行えば対照区と同様な果実を収穫することができる。

以上の結果より、ギ酸カルシウムをニホンナシの摘花剤として用いる場合は、1~3%の範囲で散布すべきと考えられた。

摘 要

受精前の花に対するギ酸カルシウム散布により、ニホンナシ '幸水' は摘花され、この効果は濃度が高いほど著しかった。5%以上の溶液では新梢や花弁に薬害が生じたが、3%以下では新梢成長の抑制は見られなかった。また、3%以上の薬剤の蕾に対する処理により、10%前後の摘花率が得られた。一方、この薬剤は、自家和合性の 'おき二十世紀' にも同様な効果を示した。1%のギ酸カルシウム散布後2日目の花柱内には約 $1.6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$, 8

日目には $1.1 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ のギ酸カルシウムが存在すると推定された。0.05%以上のギ酸カルシウムは、*in vitro*で花粉発芽と花粉管伸長を強く抑制することから、花柱に吸収されたこの薬剤は花柱内の花粉管伸長を抑制し、その結果摘花作用を示すものと考えられた。成熟果の品質は、3%以下のギ酸カルシウム処理によって実質的に影響されなかったことから、ニホンナシの摘花剤としてこの薬剤を散布する場合は、1~3%の範囲で用いるべきと結論された。

引用文献

- 福田博之. 1989. 結実の制御. p. 35–54. 山崎利彦・福田博之・広瀬和栄・野間豊編著. 果樹の生育調節. 博友社. 東京.
- 平田尚美. 1983. 年間の生育過程. p. 27–32 (基礎編). 農業技術体系果樹編. 3. ナシ・西洋ナシ. 農文協. 東京.
- 平塚 伸・渡辺 学・河合義隆・前島 勤・川村啓太郎・加藤尉行. 2002. ニホンナシに対するギ酸カルシウムの摘花作用. 園学雑. 71: 62–67.
- 石川勝規・小野田和夫・小原 繁. 2000. リンゴにおける蟻酸カルシウムの摘花効果. 園学雑. 70 (別1)(園学東北支部要旨): 371.
- 禿 泰雄. 1995. 植物成長調整剤総覧. 植物の化学調節. 30: 197–216.
- 三木信夫・行永寿二郎・林 真二・田辺賢二. 1981. ナフトキノン誘導体, 2-benzimidoyl-3-hydroxy-1, 4-naphthoquinoneが二十世紀ナシの摘花に及ぼす影響. 園学雑. 50: 21–30.
- 孟 玉平・横田 清・村上政伸・田口芳彦. 2000. リンゴ‘ふじ’におけるCa化合物の摘花効果とその実用化の可能性. 園学雑. 70 (別1)(園学東北支部要旨): 372.
- 大友忠三. 1997. 摘果. p. 38–41(基本技術編). 農業技術体系果樹編. 3. ナシ・西洋ナシ. 農文協. 東京.
- 山崎利彦・鈴木勝征・加藤作美. 1987. 落葉果樹の摘花剤の開発に関する研究. (第1報)レシチンの摘花効果. 果樹試報. A14: 57–68.