

リンゴで開発中の摘花剤について 高品質果実の安定生産を目指して

秋田県果樹試験場 栽培部栽培担当 森田 泉

1. はじめに

リンゴ樹は永年性作物であり、一端、園地に栽植されると概ね20年以上はその場所で栽培されることになる。このため、気象や栽培管理の不具合が翌年の収量、品質へ影響することもあり、単年度で帰結する作物に比べ、連鎖を意識した管理体制が必要とされる。中でも開花～結実～着果管理の一連の作業は、当年度の果実品質はもとより、次年度の花芽分化にも綿密に関わり、最も重要な作業のひとつである。

リンゴの管理作業は台木、樹形、樹齢などによって異なるが、秋田県におけるわい性台木樹の主な作業内容と時間割合を図-1に示した。この中で、着果管理に関わる時間は約40時間で、全体の1/5を占めており、収穫作業と合わせて、そのほとんどが手作業で経営規模を決定する重要な要因となっている。

近年、リンゴ価格の低迷が続き、生産者はコスト削減による経営改善を余儀なくされている。しかし、コストの一部である労働報酬の低下には限界があり、これ以上の削減は厳しい状況にある。このため、手作業に変わる安定した着果管理技術が強く望まれている。

2. 結実管理技術の意義

リンゴ成木園の10a当たりの開花数は15～50万個と推定される。しかし、消費者ニーズを満

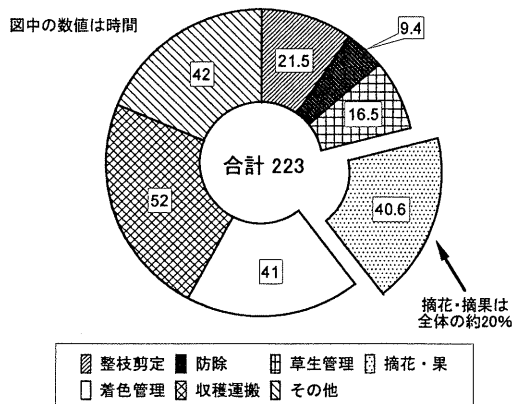


図-1 リンゴ栽培10a当たり作業時間の内訳(秋田県)

たし、果実の再生産を考慮すると大幅な結実数の削減が必要となる。

仮に10a当たり収量を4tとすると、収穫時の着果数は11,000～13,000個で、開花した花の数%にすぎず、そのほとんどは調整されることになる。

実際に開花した全てが結実しないものの、多くは摘果することが必要で、その作業には膨大なエネルギーを使うことになる(図-1)。

また、永年性作物の特徴として、来年の花芽形成が初夏から始まる。このため、着果数の調整が遅くなると花芽形成が抑制されるので、開花から一定の期間で結実数を減ずるという制約も生じてくる。

このようなことから、満開から約1か月間で収穫時の110～120%程度に着果数を調整することが必須作業となっている。しかし、品種が

「ふじ」に偏重している現状では、この目標を達成できない園地が目立つようになっている。これは「ふじ」が生理落果も少なく、摘果剤（NAC剤）の効果もシャープでないことが原因のひとつになっている。その結果、隔年結果や小玉化が顕在化してきた。この問題を解決するには、品種構成は勿論だが、結実管理を「早く、強く」実施するために開花の段階から作業を進めていくことが必須となっている。

しかし、リンゴの開花期間は約10日と短く、手作業で全て行うことは困難であり、効果的な代替方法が必要とされ、薬剤による結実管理の試みが進められている。

3. 薬剤による結実管理技術（摘花）開発の推移

リンゴの結実管理を薬剤で制御する試みは古くから行われ、1930年にアメリカでDONC剤などの試験から始まった。その後、1951年に日本でも石灰硫黄合剤、DN剤、機械油乳剤などによる試験が始まった。このうち、DN剤などは葉害のため姿を消したが、石灰硫黄合剤は効果が認められ現在も使用されている。しかし、摘花剤としての正式な登録は1998年であり、試験が始まってから半世紀後である。

NAAについては1951年から10年間ほど試験され、葉害と効果の問題、更に1971年に登録が失効したことから研究の対象外となったが、

2004年から作用性の試験が再開された。

1992年から合成オーキシン剤の効果確認が行われ、これに含まれるMCPBエチルの摘花効果が認められ、1996年から幅広く試験が展開されている。

カルシウム剤は1998年から幅広く試験が始まり、そのひとつであるギ酸カルシウム剤が2004年に「エコルーキー」として登録された。その他カルシウム剤として2003年から、リン酸カルシウムにレシチンを添加した剤についても試験が始まり、継続検討中である。

有機酸については1996年からジャスモン酸の検討を始めたが、開花時期を予測して事前に散布することと効果が明確でないことから1999年をもって中止された。1998年からはイタコン酸の試験が開始され、現在、試験継続中である。

4. 摘花剤の作用性と特徴

リンゴの結実は花粉が柱頭に付着し、花粉管を伸長させ、珠孔から胚珠に入り込み、花粉管の先端が破れ、雄核が卵核と合体して受精が成立する。

薬剤による摘花はこの一連の流れのどこかを断ち切ることで受精を成立させないことである。その方法として次の三つが挙げられる（表-1）

①柱頭・花柱の損傷

花粉の受け皿である柱頭に障害を発生させて

表-1 摘花剤の種類と作用性

作用性	石灰硫黄合剤	DN剤	機械乳剤	ギ酸カルシウム	MCPBエチル	イタコン酸	カルシウム+レシチン
柱頭・花柱の損傷	○	○	○	○		○	○
花粉発芽抑制	○			○			○?
花粉管伸長抑制							
未受精の胚珠への影響						○? ²	
作用性発現の主因	害 ^Y	害	害	害	ホ	害	害
摘花剤の登録	◎ ^X	X	-	◎	◇	◇	△

Z 1例のみの報告

Y 害；葉害 ホ；ホルモンのかく乱

X ◎；登録あり ○；申請中 ◇；申請予定 △；試験中 ×；失効 -；登録なし

受精を阻害する。ほとんどの薬剤がこの作用性である。

②花粉発芽及び花粉管伸長の抑制

柱頭に付着した花粉の発芽や花粉管の伸長を阻害する。石灰硫黄合剤やギ酸カルシウム剤はこの作用性を持っている。

③胚珠機能低下

雄核と卵核の結合の場である胚珠の機能を低下させ受精を阻害する。MCPBエチルがこの作用性を持っていることが報告されている。

その他に新たな作用性として、カルシウムイオンが受精に関連していることが示唆されており、その作用性が明らかにされることで、新たな使用方法が導き出される可能性もある。

5. 現在検討されている摘花剤の特徴

①MCPBエチル

横田らは、1992年から合成オーキシシン類について摘花、摘果効果をターゲットにスクリーニングを行い。摘花効果を認める剤としてエチクロゼート、NAA、ジクロロプロップ、MCPBエチル、NSK-905を挙げている。この中から安全性、効果、薬害等を考慮してエチクロゼート、ジクロロプロップ、MCPBエチルの3剤について検討を行い。特に、MCPBエチルについて摘花剤としての可能性を示唆している。

このような経過から、1996年からMCPBエチルの摘花効果について、(財)日本植物調節研究協会の委託を受け2大学、7～9場所において検討を重ねられた。

この剤の作用性について、曹らは柱頭や花粉管の伸長に影響することなく、未受精の幼い胚珠に何らかの障害を与え、受精を不可能にするためとしている。また、その影響は受粉8時間後までで、受粉24時間後ではほとんど影響がな



写真-1 散布後に現れたepinasty症状

いとしている。この結果は、委託試験開始年(1996年)の成績と符合する点もあるが、それ以降の成績では人工受粉4～5日後の処理において過剰な摘花効果を認める報告もあり、曹らの結果だけでは説明できない点もある。

散布後にみられるepinasty(上偏生長)は、この剤の特徴で、散布2～3時間後から2週間程度継続する(写真-1)。症状は多様で、軽微なものから激しく現れるものもあり、品種によっては生長点が枯死するものもある。また、樹勢の弱い樹や根部に障害のある樹では、症状

表-2 MCPBエチル散布の頂芽中心花の結実率(1996年)

	リンゴ	支那	青森	岩手	秋田	山形	福島	長野
1000倍	1区	13.6	13.6	37.5	15.3			91.1
	2区	50.4	12.0	77.5	8.4	47.1	32.0	77.8
	3区	65.6	10.0	62.5	15.7	46.3		96.7
2000倍	1区	52.0	66.0	80.1	64.0		70.7	86.7
	2区	84.8	72.0	90.0	35.6	82.7	80.1	100
	3区	86.7	44.0	92.5	25.0	89.2	52.3	91.1
対照無処理		84.4	61.3	92.5	96.7	89.7	71.0	93.3

表-3 MCPBエチル散布の頂芽側花の結実率(1996年)

	リンゴ	支那	青森	岩手	秋田	山形	福島	長野
1000倍	1区	6.8	4.5	8.9	18.6			64.7
	2区	13.2	0.5	34.5	11.1	18.2	15.2	44.8
	3区	19.2	3.1	20.0	6.8	20.0		51.4
2000倍	1区	19.1	16.0	20.1	36.1		30.5	67.4
	2区	25.9	8.6	36.1	13.9	52.9	37.6	73.8
	3区	14.8	15.0	40.6	7.8	42.2	27.6	64.3
対象無処理		26.1	13.3	35.3	63.0	49.4	42.5	65.3

が長期に渡ることもある。通常の樹勢であれば2週間程度で回復し、翌年への影響は確認されていない。

試験初年度(1996年)の濃度は1000倍と2000倍、処理時期として唯一「開花前」の設定があった。その結果は、表-2, 3に示した。開花前の1000倍処理は結実率が悪く、過剰な摘花効果となった。2000倍区ではそれほど大きな影響を受けなかった。1996年の開花前処理では、北東北の場所ほど結実率が低くなる傾向にあった。中心花の結実率から判断して、開花前の処理には問題があると考えられ、翌年からは試験されなかった。これらの試験結果を総合すると実用濃度は1500~2000倍の間にあると考えられた。処理時期については、濃度によって効果の発現が異なり判然としなかった。

このように気象や地域によって効果が安定しないことから確実な効果を得るために腋芽花を主体にした試験を中心に進めている。

②イタコン酸

イタコン酸は麹菌 (*Aspergillus terreus*) による澱粉又は粗糖発酵培養液より、分離して得られたもので、食品添加物にも認可されている安全性の高いカルボン酸で、ラテックス、水溶性塗料、印刷インキなどの用途で使われている。

イタコン酸は石灰硫黄合剤とほぼ同様の作用性を有し、柱頭に物理的損傷を与えることで結

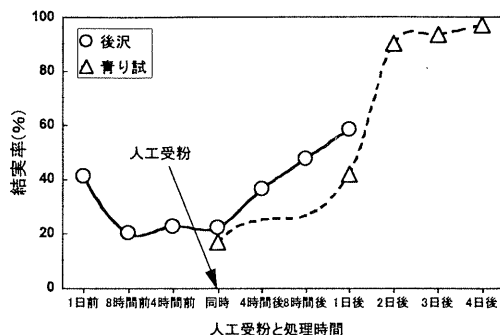


図-2 石灰硫黄剤散布時間と結実率(後沢と青り試から作成)

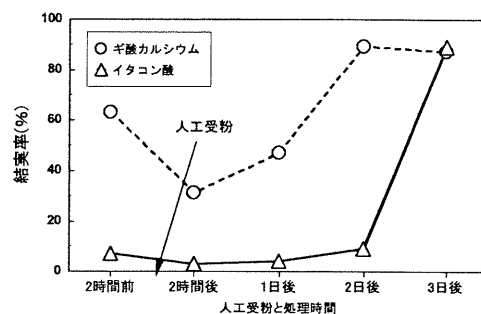


図-3 イタコン酸とギ酸Caの散布時間と結実率(秋果試1999)

実阻害から摘花効果を得ている(図-2, 3)。その効果は表-4に示すように同等からやや劣る程度で安定している。しかし、高濃度で葉縁部が褐色となる葉害があり、効果とのバランスが今後の課題である。

③リン酸カルシウム+レシチン

リン酸カルシウムは自然界の動植物のあらゆる細胞組織、器管等の中にあってその生命体維持にかかわり、鉄鋼・石油化学・医薬品・食品

などの各分野に使用されているが、近年、新たにアバタイト型のリン酸カルシウムの研究が進み生体工学、ニューセラミックスなど、多くのバイオテクノロジー産業に応用が開かれている。

一方、レシチン是大豆や卵黄に多く含まれ、体内では細胞膜や脳、神経組織や

表-4 イタコン酸による頂芽の結実率(秋田果試2000)

区 分	人工授粉区				自然授粉区			
	中心花	側 果	種子数		中心花	側 果	種子数	
IA200倍2回 ^z	99.7%	33.3%	9.0個		68.3%	36.8%	8.6個	
IA300倍2回	99.6	29.4	9.0		78.3	44.0	8.5	
IA400倍2回	100	29.1	9.3		76.7	48.9	8.4	
LS100倍2回 ^y	100	20.6	9.5		83.3	30.4	8.1	
対象無処理	100	42.6	10.7		75.0	63.4	10.2	

^z IAはイタコン酸

^y LSは石灰硫黄合剤

筋肉の回りを覆う物質を形成している大切な成分といわれている。いずれの成分も食品添加物として認可され安全性が高い。

作用性については、リン酸カルシウムも他のカルシウム資材と同様とみられるが、現在、検証中である。レシチンについては、山崎らがニホンナシの摘花効果を認め、カキ、モモなどへの応用も試みている。この中で、作用性について、花粉の発芽抑制や花粉管の伸長阻害などが示唆されている。

この剤は、2003年から2か年しか検討されておらず、作用性を含め摘花効果についても十分に調査検討はされていない。

剤の作用性を検討するため2004年に「ふじ」を供試して、人工受粉の前後に薬剤を散布して結実率をみたところ、人工受粉後の散布で結実阻害が強く現れことが分かった（図-4）。この効果は石灰硫黄合剤ほど長くはないが、種子の形成数なども含め（データ未掲載）確実に結実阻害を起こしていると言える。なお、レシチンの濃度（図中の α は15%、 β は23%）と結実阻害の関係については明らかにすることはできなかった。

④NAA

NAAは合成オーキシンの一種であり、50年ほど前の試験で摘花効果は認められていた。そ

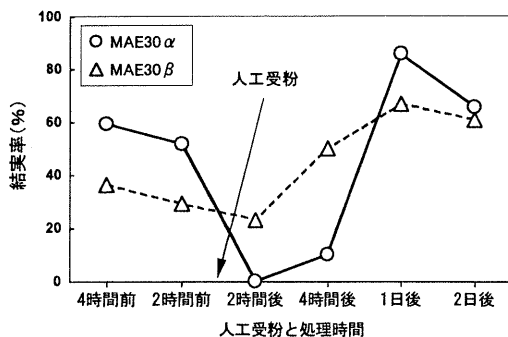


図-4 MAE30の散布時間と結実率の変化(秋田果試2004)

の作用性はMCPBエチルに類似すると考えられている。このため散布時期によっては過剰な効果もあり、今後、散布時期や濃度について十分に検討する必要がある。

6. 摘花剤の利用方法と今後の可能性

平成15年度の農林統計情報によれば、品種の偏重が進み「ふじ」が55%を占めるようになった。また、作業効率や薬剤の散布などを考慮し、単植園化も進んでいる。このような状況では開花期間中に天候が崩れると、結実不良、変形果が問題となり摘花剤が使用される場面がなくなってしまう。

残すべき花の受精が確実に行われることが摘花剤使用の第一歩になることから、人工受粉や訪花昆虫の積極的な導入は勿論であるが、「ふじ」の偏重を改めることも大切である。

このようなことから、摘花剤を安全・確実に使用するにはリンゴ園の環境を整えることも重要である。品種構成の改善は長期的な方法となることから、まずは積極的な人工受粉を徹底して勤めるべきである。

摘花剤の作用性から、残すべき花と摘まれる花の区別をどの様にするかが重要となる。登録済薬剤、検討中の薬剤のほとんどが柱頭の物理的損傷と花粉の発芽抑制などである。このため、

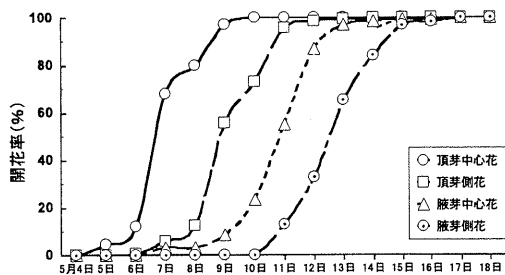


図-5 「ふじ」の開花速度(秋田果試1997)

リンゴの開花状況を確実におさえることが必要となる（図－5）。リンゴの開花は開花直前、開花期間中の気象に大きく左右される。このため散布のタイミングを計るには毎日の観察が欠かせない。最近の気象予報は1週間予報の精度も高く、時間単位で更新されているので常に注視して、リンゴの観察と合わせて自ら予測することも必要である。

昨年、登録されたギ酸カルシウムにおける散布効果は非常に安定していた。ただ、石灰硫黄合剤とはやや作用性が異り、同一時期の散布では十分な効果を得ることはできないことから、それぞれの薬剤の性質を熟知して利用することが望まれる。このため、登録後も現場での状況に応じた指導は必要と考えられる。

昨年、行ったギ酸カルシウムと石灰硫黄合剤の効果と作業の効率化を比較した試験の結果では、ギ酸カルシウムでも十分な作業時間の短縮効果を得ることができた（図－6）。摘果作業が50%近くも削減されることは、単純に園地全体の作業期間が短縮、経費（労働費）節減に止まらず、果実品質向上と来年の花芽分化に大きな影響を与える。永年性作物の弱点である隔年結果という「悪循環」を断ち切る意味でも重要である。

しかし、生産者が摘花剤に期待する効果は、千差万別である。この全てのニーズに応えるこ

とは困難であり、剤の特性や期待させる効果の程度も明らかにして、剤の多様性で対応することが必要とされる。このため、花器の損傷や花粉の発芽抑制の他に、内生ホルモンに働きかけ、摘花効果を得る薬剤の開発も視野に入れた検討が望まれる。

7. おわりに

今後、リンゴの消費減少、販売価格の低迷が大きく改善されることは望めない、収益率を上げるにはなお一層のコスト削減が必要になる。このためには、結実管理を薬剤で代替し「人手」というコストを削減することが有用であると考えられる。

現在、使用できる薬剤は2剤であるが、使用現場ニーズに選択の幅ができるよう「安全、確実」な摘花剤が登録され、早期に使用できることが望まれる。

参考資料

山崎利彦・福田博之・広瀬和栄・野間 豊

共編果樹の生育調節 131-139 1989 博友社

横田 清・塚原一幸 植物の化学調節 2001

横田 清・平井康一 園学雑誌58別2 1989 20-21

曹 秋芬・横田 清・村井政伸・青葉幸二

園学要旨平10東北支部 11-12 1998

山崎利彦・鈴木勝征・加藤作美 果樹試験場
報告A 1987 57-68

第1回開花結実調節研究会発表要旨 1999

農林水産省果樹試験場

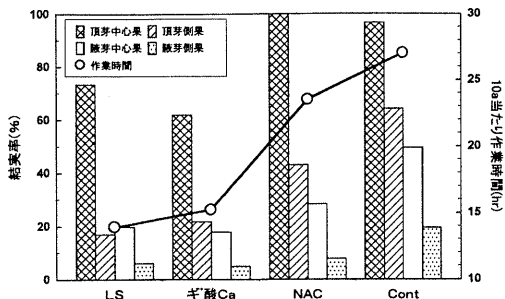
第2回開花結実調節研究会発表要旨 2000

農林水産省果樹試験場

リンゴ関係除草剤・生育調節剤試験成績集録

1996, 1997, 1997, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003,

2004 (財)日本植物調節研究協会



図－6 摘花剤の効果と摘果作業時間(秋田果試2004)