

結実の制御

－摘果剤等を活用したリンゴの結実管理－

秋田県農林水産技術センター 果樹試験場 リンゴ部 森田 泉

1. はじめに

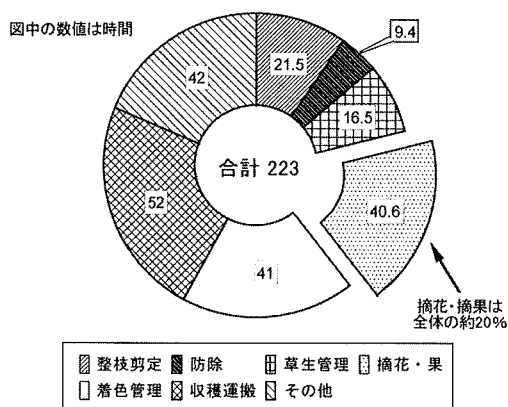
リンゴ樹は永年性作物であり、一端、園地に栽植されると概ね20年以上はその場所で栽培されることになる。このため、気象や栽培管理の不具合が翌年の収量、品質へ影響することもあり、単年で帰結する作物に比べ、連鎖を意識した管理体制が必要とされる。中でも開花～結実～着果管理の一連の作業は、当年の果実品質はもとより、次年の花芽分化にも綿密に関わり、最も重要な作業のひとつである。

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行われたため、このことが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時間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、手作業を補う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～



図－1 リンゴ栽培 10a 当たり作業時間の内訳 (秋田県)

50万個と推定される。しかし、消費者ニーズを満たし、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3%以下となり、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ことが重要となる。

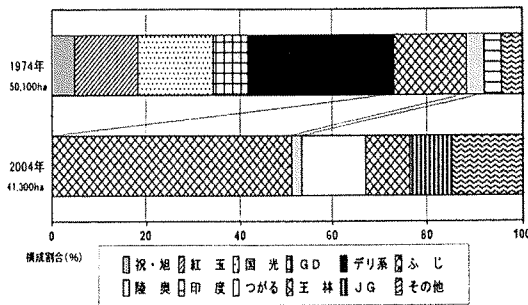


図-2 リンゴ品種別結実面積の変遷(農林統計)

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である。しかし、品種が‘ふじ’に偏重している現状では(図-2)、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。これは安定した収益を得るために個々の生産者の選択が‘ふじ’に偏った結果といえる。一方、‘ふじ’は摘果剤(NAC剤)の効果が低いことから、手作業に頼らざるを得ず、労働力不足等から適正な管理が行えず隔年結果や小玉化が顕在化してきた。また、結実管理は「早く、強く」実施することが重要で、開花の段階から作業を進めていく必要がある。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なかなか困難である。

この問題を解決するには、品種構成の見直しは勿論のこと、植調剤の有効利用による省力栽培の取り組みを図る必要がある。現在、リンゴの結実管理に利用可能な薬剤として、摘花剤2剤、摘果剤3剤があり、早期にこれらの剤の活用を促すことが重要である。

3. 薬剤による結実管理技術開発の推移

1) 摘花剤

リンゴの結実管理を花の段階で薬剤を用いて制御する試みは古くから行われ、最初の報告は1933年のAuchterらにさかのぼる。1940年に

はMagnessらがDONC剤などの試験から摘花の効果を明らかにした。その後、日本でも1951年に後澤が石灰硫黄合剤の摘花効果を報告した。また、DN剤については川村ら(1963)が報告し、その他、機械油乳剤などによる試験が始まった。このうち、DN剤などは薬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、試験開始後、半世紀後も経過してからであった。

1987年に山崎らはレシチンが受精阻害を起こすことを明らかにし、実用性についての検討が行われたが登録には至らなかった。

NAAは、摘果効果を主体に試験が行われ一定の効果をj得て海外では使用されているが、1971年に登録が失効し、その後は研究の対象外となった。しかし、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、ジクロルプロップ、MCPBエチル、NSK-905を挙げている。この中から安全性、効果、および薬害等を考慮してエチクロゼート、ジクロルプロップ、MCPBエチルの3剤について検討を行い、1998年に曹らはこれに含まれるMCPBエチルの摘花効果の可能性を明らかにした。しかし、効果の安定性や薬害(epinasty)から登録には至らなかった(写真-1)。

カルシウム剤は1995年からギ酸カルシウム剤を中心に試験が始まり、1998年に石川、2000年に孟ら、2002年に荒川らが効果について報告し、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試験が始まり、継続検討中である。



写真-1 散布後に現れた epinasty 症状

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しなければならないことと、効果が明確でないことから登録には至らなかった。1998年からはイタコン酸の試験が開始され、明らかな摘花効果を認めたが花そう葉の葉縁が褐変する葉害があり、登録には至っていない。

2) 摘花剤

結実した果実を薬剤を用いて調整する方法は偶然の産物であった。

初めは、Burkholderら(1941)が早期落果防止を目的に行ったNAA処理が逆に生理落果や結実抑制を示したことに始まった。日本では1951年から10年間ほど試験され、葉害(epinastyとピグミー果の発生)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。

欧米では、NAA、NAAm、NPAなどのオーキシン作用のあるホルモン剤が摘果剤として使用されている。

もう一つは、カーバリル(NAC剤)である。この剤は、殺虫剤として使用している中で‘レッドデリシャス’等に生理落果を引き起こした。これを契機にBatjerら(1960)の研究によって摘果剤としての道が切り開かれた。日本でも川村ら(1966)は効果が高いことを報告し、千葉ら(1979)は、NAC剤の摘果効果と果実のエチレン発生の関連性を明らかにした。

その後、栽培品種の変遷が進み(図-2)これに対応して鈴木ら(1973)、鈴木ら(1988)、福田(1991)、さらに今井ら(1995)によって多くの品種での効果が明らかにされた。

4. 摘花剤と摘果剤の作用性と特徴

1) 摘花剤

リンゴの結実花粉が柱頭に付着し、花粉管を伸長させ、それが珠孔から胚珠に入り込み、その後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ことで成し得る。

薬剤による摘花はこの一連の流れのどこかを断ち切り、受精を成立させないことである。その方法として次の四つが挙げられる(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					○?z		
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 x; 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。

④ホルモンバランスのかく乱

樹体内のオーキシン、ジベレリン、サイトカイニン、アブジジン酸、エチレンなどは相互に関連しながら、開花～結実以降に果実の生育を促しているが、外界からの付与により、ホルモンバランスがかく乱され、結実に至らず落花する。NAAやジャスモン酸などがこの作用を持っていると言われている。

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なると、さらに新たな使用方法が導き出される可能性もある。

2) 摘果剤

結実した果実を着果調節することは、早期落果 (June drop) にみられる生理落果の現象を利用して、選択的な落果を再現することに近いと考えられる。

早期落果は離層の形成と発達によって発生し、この離層の形成は環境要因 (光不足、水ストレス、高温など) によって促される。早期落果は、この離層が環境要因の何らかの刺激によって形成され、その離層をはさんだ茎側 (枝葉) と果実側の間のオーキシン濃度の勾配によって説明されている。すなわち、オーキシン濃度が果実<茎の場合は離層形成が促進され落果するが、逆

の場合は抑制され落果しない。

このような仕組みを考慮して摘果剤の作用性をみると次のようになる。

①NAA

NAAの効果として、Luckwill(1953)は種子数の減少 (否定的な報告もあり Dennis,1970), Crowe (1965), Ebertら (1982) は種子で生産されるオーキシンの果柄部へ移行抑制, Schneider (1975) は果肉内へのスクロースの移行低下を認めている。これらのことからNAAは果実内でのホルモン生成及び移行を抑制し、その結果として果実内への同化養分移行が抑制され養分不足から落果が促されるとしている。

また、果実部、枝葉部の部位別散布によって落果の効果は異なり、枝葉部に散布した方が落果効果は高まった (内藤ら,1973, Schneider,1978)。

これらNAAに関する研究結果と早期落果のシステムが多く の点で符合することから散布等で付与された合成オーキシンが果実と茎の間のオーキシン濃度の勾配を助長し、摘果効果として現れていると考えられる。

②NAC剤

NAC剤は、直接果実に散布しなければ効果は低い (Williamsら,1964, 川村ら,1966)。また、樹体での移行が少なく、果実内の維管束に僅かに集積が認められるだけである (Williamsら,1964)。

また、NAC剤は果肉内のオーキシンのレベル低下 (橘ら,1966) やジベレリンの低下もみられ (横田ら,1972), これらのことから果肉内のホルモン減少に伴い、果実の養分吸引力が低下し肥大を抑制することが考えられる。特に、果実の大きさが異なる中心果と側果の間に強い養分競合を引き起こし、側果を選択的に落ち易くする働きがみられる。

表－2 リンゴに使用できる摘花・摘果剤

農薬の種類	薬剤の名称	対象作物	使用目的
ギ酸カルシウム水溶液	エコルキー	りんご	摘花
石灰硫黄合剤	石灰硫黄合剤	りんご	摘花
NAC水和剤	デナボン水和剤50	りんご(国光(成木)), (紅玉(成木)) (旭(成木)), (祝(成木))	摘果
マラソン・NAC水和剤	ミクロデナボン水和剤85 リンナックル水和剤	りんご(使用を控える品種有り) りんご(ふじ(成木))	摘果

この他にDDVPに代表される有機リン系殺虫剤にも摘果効果があることが確認されている。

③エチレン

エテホン(エチレン発生剤)は極めて高い落果効果があることは認められているが(千葉ら, 1980), 効果不安定や果実の肥大抑制などから実用化には至っていない。

以上のことから摘果剤は果実と茎間のホルモンバランスのかく乱によってその効果を促すと考えられる。

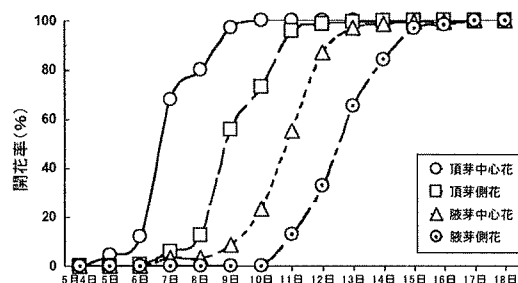
5. 摘花・果剤の使用法

リンゴの着果管理に使用できる植物生育調節剤は表－2に示した。摘花剤は2剤, 摘果剤は3剤の計5剤である。ここでは, 摘花剤2剤と摘果剤1剤についてそれぞれの特徴を生かした使用法について記す。

1) 摘花剤

平成18年度の農林統計によれば, 品種の偏重が進み‘ふじ’が51%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。



図－3 ‘ふじ’の開花速度(秋田県試 1997)

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勧めるべきである。

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。いずれの薬剤も柱頭の物理的損傷と花粉の発芽抑制が主な作用である。このため, 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－3)。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。

①石灰硫黄合剤

作用性は表－1に示すように柱頭の機能低下である。しかし, 散布によって柱頭機能が完全に失われるものではなく, 2日後には回復する(図－4)。

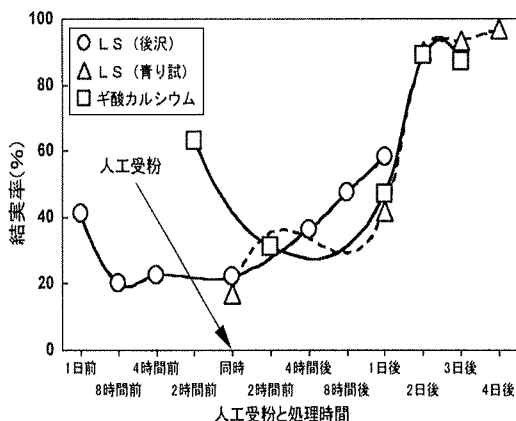


図-4 摘花剤散布時間と結実率
(後沢, 青り試, 秋田果試)

一方、花粉が柱頭に付着して受精が完了するまでは48時間(平均気温14~16℃)あれば良いとされている。また、リングの花は開花後4日ほど受精能力があるので、十分な摘花効果を得るには数回の散布が必要となる。

また、残すべき花まで摘花されては困るので、散布の時期を的確に判断する必要がある。

リングの開花は図-3に示すように頂芽の中心花が咲き始め、その2日後に側花、その2日後に腋芽の中心花、さらにその2日後に最後の側花が開花する。開花期間中に大きな天候の変化がない限り、このように一定の規則性を持って開花する。

摘花剤の散布は、この規則性を利用して行い、残すべき花、すなわち頂芽の中心花以外の花に対してのみ、この剤の作用が高まるよう、ピン

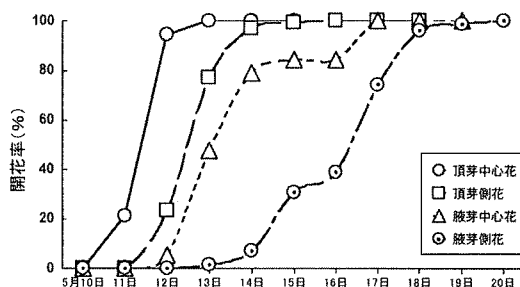


図-5 'ふじ'の開花速度(秋田果試2000)

ポイントとなる時期を狙うことになる。

残すべき花の受精が完了し、薬剤の影響がなくなった時と調整される花の受精阻害が起こる時間を考慮すると散布適期は表-3に示すようになる。

しかし、開花期間中の気温が高くなると図-5のように頂芽中心花と側花、腋芽中心花の開花が近接するため、薬剤の散布タイミングが計り難くなる。このような場合は、薬剤に対する過度の期待を持たず、遅れ花への効果に狙いを定めることになる。

②ギ酸カルシウム剤

作用性は石灰硫黄合剤と同様であるが阻害する力が石灰硫黄合剤よりややマイルドであることが特徴である。このため散布時期は表-3に示すように石灰硫黄合剤より1日早く散布することになる。

効果はやや劣るが、臭いや散布機材の腐食がほとんどないなど操作性に優れている。また、本剤はミツバチなどの訪花昆虫にもほとんど影響

表-3 摘花剤の散布適期(開花期間平年値によるモデル)

開花 ステージ	開花始		中心花満開			満開		落花		
日数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
石灰硫黄合剤			■ ^z	■		① ^y		②		
ギ酸カルシウム			■	■	①		②			

Z ■; 人工受粉

Y ①; 1回目の散布 ②; 2回目の散布

はない。なお、‘ジョナゴールド’、‘ゴールデン・デリシャス’では花卉や柱頭の褐変が著しく現れることがあるものの果実への影響はみられない。

いずれの剤も柱頭の機能障害が摘花効果を生むことから、薬剤が確実に柱頭に付着することが効果発現の鍵となるので、散布の基本は手散布とする。スピードスプレーヤーを使用する際は、風の弱い日に送風ファンを回さず散布する。

2) 摘果剤

摘果剤としての登録は表-2に示すように3剤があるが、最も広く使用されているNAC剤について「ミクロデナポン85水和剤」を主体に使用方法を記す。

作用性については既に示したが、効果の発現を左右する要因は表-4にまとめたとおりである。リング栽培者が変えることのできない要因(気象など)は別にして、樹勢、結実(受精)、散布量などは積極的に効果の発現しやすい条件を作っていくことが重要である。

一方、散布時期は県によって微妙に異なっているが(表-5)、受精からの果実肥大速度や気象の変化を長年調査した上での指標であるので、各々の地域にあった指標を参考にすることが大切である。しかし、次の点については各地域共通の留意点である。

◎品種によって感受性が異なるので、混植園での散布時期には注意する。

表-5 ミクロデナポンの散布基準(品種‘ふじ’)

県名	散布時期	散布時の果実の大きさ ²
青森県	落果10日頃	10mm位の時
岩手県	満開2週間後	8~10mmが目安
秋田県	満開2週間後	7mmが30%以上
長野県	満開2~3週間後	10mm前後

²散布時の頂芽中心果の大きさを示す

表-6 NAC剤による省力効果(分/1樹/1人)

年次	試験区分	粗摘果	仕上げ摘果	合計
1994	処理区	62(50)	24(69)	86(54)
	無処理区	125	35	160
1996	処理区	105(73)	35(146)	140(84)
	無処理区	143	24	167

ふじ/マルバ 25年生樹を使用した

()内は無処理を100とした指数

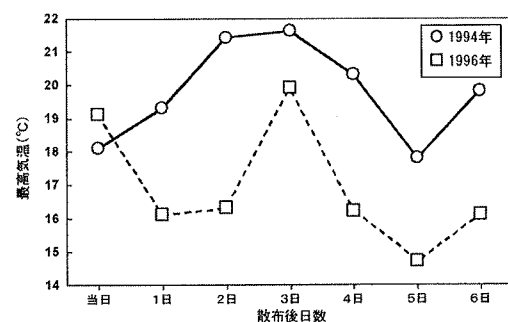


図-6 NAC剤散布後の最高気温の変化(秋田果試)

◎果実、枝葉が濡れるよう十分量(400~500 L/10a)散布する。

◎展着剤を加用する(種類の選択は指導機関に指導を仰ぐ)。

◎早朝~午前中に散布する(曇天日が良い)

◎散布日を含め3日間気温が高くなる日を選んで散布する(表-6, 図-6)。

◎散布後に降雨があっても再散布はしない。

表-4 NAC剤の摘果効果に影響する要因(果樹の生育調整より抜粋)

効果が現れやすい要因	効果が現れにくい要因
・樹勢が強い樹、若木 ・樹勢が極端に弱い樹 ・樹冠内部の光環境が悪い樹(密植) ・着果数が多い ・水分や窒素の不足 ・受精が不完全 ・ジューン・ドロップが発生しやすい ・高温多湿、最高気温が高い ・薬液の乾燥が緩やかで、薬剤が吸収されやすい ・散布前後に曇天が続き光合成量が不十分 ・展着剤加用	・適正な樹勢の成木で結実が安定している樹 ・樹冠内部の光環境が良好(適正密度) ・着果数が少ない ・養水分に不足がない ・受精が完全 ・ジューン・ドロップが発生しにくい ・乾燥し、最高気温が低い ・薬液の乾燥が早く、薬剤の吸収量が少ない ・散布前後が好天で光合成が十分 ・展着剤なし

マイクロデナポン85水和剤は登録拡大によって使用できる作物が「りんご」(一部落果しやすい品種には使用を差し控える)となったことから、今後、新品種での使用は予め小規模な試験を行ってから実際の使用に供する。

これまでの成果から「紅玉」,「ゴールデン・デリシャス」とその後代品種では摘果効果は高い。なお,「紅玉」とその後代品種では激しく落果することがあり,過剰な効果になることもある。一方,「千秋」,「アキタゴールド」は形成される種子が多く,「ふじ」よりも摘果効果は低い。

このようなことから効果の発現については,交配親の血筋を引くものと考えられ,鈴木ら(1973),鈴木ら(1988),福田(1991),今井ら(1995)と秋田果試の成果を基に図-9を作成した。

現在,新品種として栽培が拡大している品種は「つがる」,「千秋」を親とするものが多い。また,今後,登場するであろう品種についても,図-9に示すように交配親によって大まかな摘果効果については推察可能と考えられる。

6. 摘花・果剤の利用と省力効果

摘花剤の効果と作業の効率化を比較した試験の結果,石灰硫黄合剤と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-7)。摘果剤についても最大で約50%の短縮効果を得ることができた(表-6)。このように摘果作業が50%近くも削減されることは,単純に園地全体の作業時間を短縮また経費(労働費)節減するに止まらず,さらに果実品質向上と来年の花芽分化にも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,いずれの薬剤も安定的に50%の短縮

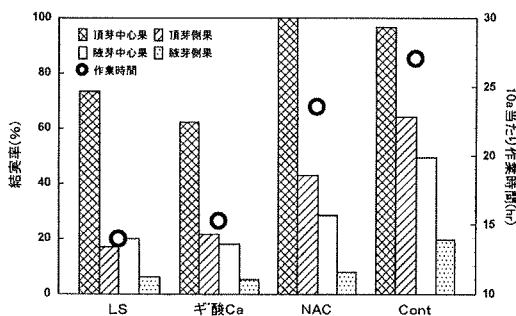


図-7 摘花剤の効果と摘果作業時間
(秋田果試 2004)

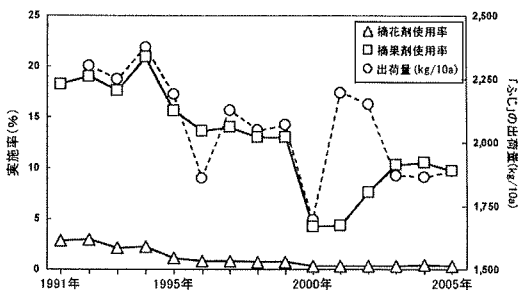


図-8 摘花・果剤の実施率と出荷量の関係
(青森県りんご果樹課)

効果を得ることはできない。多くの試験結果をみると20~30%という数値が平均的なところである。

安定的な効果としての20~30%の削減を「大」と見るか「少」と見るかは経営規模にもよるが,規模が大きくなるほどその効果は貴重である。

その効果を1haの摘果時間に換算すると10%ではそれほど大きくないが,20~30%ではその違いは歴然となってくる。摘果作業を満開後約1か月で終了させるという時間の制約のなかで,1ha規模では1.5人が毎日作業を行って,その制約をようやく達成できる。しかし,30%の効果があるとする約20日後には完了し,時間の制約からも無理なく逃れることができる。このようなことから使用時期(開花期~幼果期)を考慮すると求める効果は30%程度で十分と考えられる。

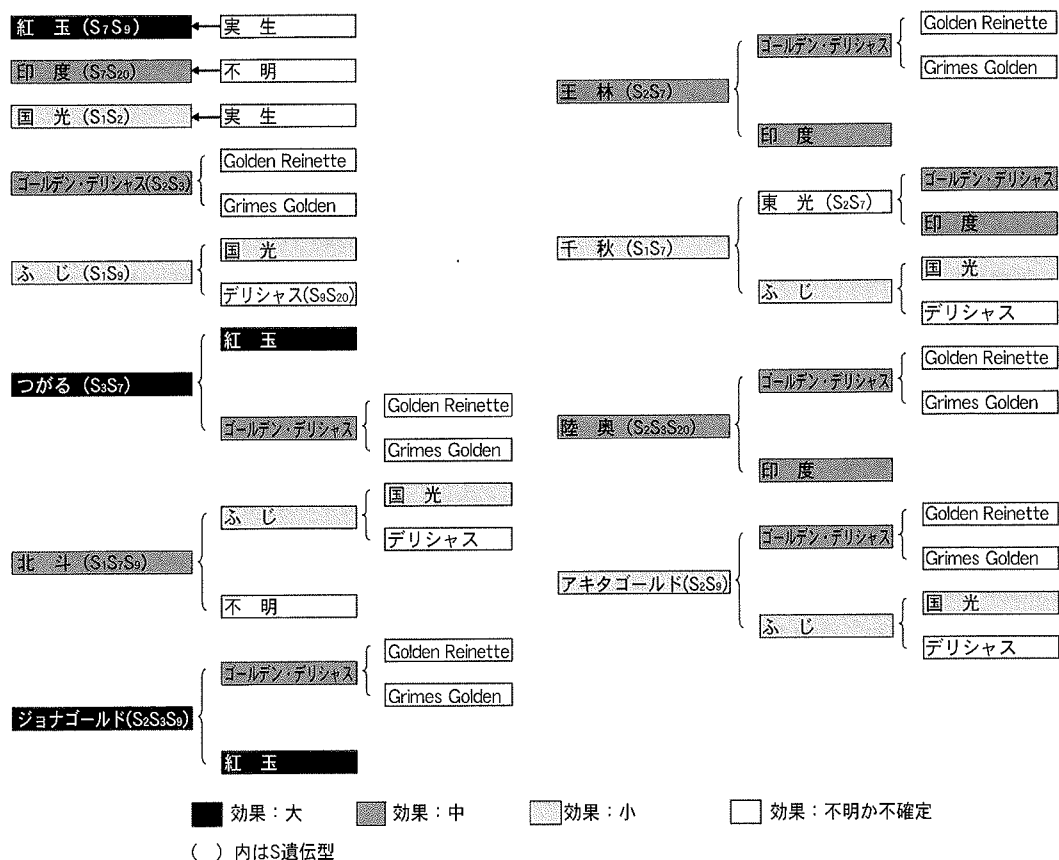
摘花・摘果剤の試験研究は半世紀以上となり多くの成果を得てはいる。しかし、実際の利用率は低く、特に、摘花剤は結実を確認することなく使用するため、そのリスクを考えると二の足を踏むことも多々あると思われる(図-8)。また、摘果剤については青森県の例のように、その年の結実状況によって利用率が左右されていることは否めない(図-8)。

今後より一層、利用率を高めるためには、薬剤の特性を理解することと、品種構成、積極的な人工受粉の実施による結実確保などの利用環境を整えることが必須である。

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あまり望めない。そこで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。さらに担い手の高齢化は歯止めがかからない状況にあり、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、摘花・摘果剤のより一層の活用が望まれる。

一方、現在、使用できる薬剤は5種類であるが、使用現場の「安全、確実」と消費者への「安心」を確実なものにするためにも薬剤の登録内容を遵守した使用が望まれる。



本稿は、植調 39 巻 2 号 (2005 年) に掲載された内容を基に修正・加筆したものである。

引用文献及び参考資料

- 荒川修・石川勝規・小原繁・小野田和夫・福田博之 園学研 1(4) 259-262 (2002)
- Batjer, L.P. and M.N. Westwood. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 75, 1-4 (1960)
- 千葉和彦・久保田貞三 果樹試報 C 6 55-64 (1979)
- 千葉和彦・久保田貞三・巢山太郎 果樹試報 C 7 49-62 (1980)
- Crowe, A.D. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86 23-24 (1965)
- Dennis, F.G. Jr., J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 125-128 (1970)
- Ebert, A. and F. Bangerth. Hort. Sci. 16 343-356 (1982)
- 福田博之 果樹試報 19 39-48 (1991)
- 平塚伸・渡辺学・河合義隆・前島勤・川村啓太郎・加藤尉行 園学雑 71(1) 62-67 (2002)
- 川村英五郎・久保田貞三・大畑徳輔・巢山太郎・井田馨・時本巽・横溝久・熊谷征文 果樹試報 C 1 25-45 (1963)
- 川村英五郎・久保田貞三・千葉和彦・福田博之・山根弘康・熊谷征文 果樹試報 C 4 19-40 (1966)
- Luckwill, L.C. J. Hort. Sci. 28 25-40 (1953)
- 内藤隆次・山村宏・三賀森智信 島根大農研報 7 1-8 (1973)
- Magness, J.R., and L.P. Batjer. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 37, 141-146 (1940)
- Schneider, G.W. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100 22-24 (1975)
- Schneider, G.W. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 455-458 (1978)
- 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)
- 鈴木哲・小野田和夫 東北農業研究 41 231-232 (1988)
- 鈴木宏・丹野貞夫・秋田果試報 5 41-69 (1973)
- 橘昌司・宮下揆一・園学要旨 昭 41 春 36-37 (1966)
- 後澤憲志 農業及園藝 26 巻 3 号 339-342 (1951)
- 横田清・平井康一 園学雑 58 別 2 20-21 (1989)
- 横田清・塚原一幸 植物の化学調節 (2001)
- 山崎利彦・鈴木勝征・加藤作美 果樹試験場報告 A 14 57-68 (1987)
- 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
- 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
- 平成 18 年度改訂版青森県りんご生産指導要項 28 (2006) 青森県