

果樹における開花結実調節研究の推進方向

独立行政法人 農業技術研究機構 果樹研究所 生理機能部長 福元將志

1. はじめに

わが国果樹農業は、後継者の不足や高齢化・婦女子化といった足腰の弱体化が進行すると同時に、農産物の輸入自由化に伴う海外産農産物との競争激化に直面するなど、極めて厳しい状況に立たされている。このような状況を技術面から打破する方策として、高品質果実を安定生産できる低コスト・省力化技術の開発が強く求められている。

果樹栽培においては、とりわけ、開花・結実管理の善し悪しが果実品質を大きく左右し、これらの管理作業の労働時間短縮及び省力・軽労化がネックとなっていることから、高品質を維持しながら、開花・結実管理を低コスト・省力化できる技術開発への生産現場の要望は極めて強い。

そこで本稿では、わが国果樹農業が抱える問題に言及しながら、果樹研究所等のわが国の研究機関で実施している開花結実調節に関する研究を紹介するとともに、今後の進むべき研究推進方向

について考えてみたい。

2. わが国果樹農業の現況

我が国の果樹生産の国内自給率は果実加工品等も含めると、平成10年度には49%にまで低下している。しかしながら、わが国果樹農業は生食用果実の生産を主体としており、政令で指定される主要果樹の生食用果実のみの国内自給率をみると、平成7年度で91%を占め、依然高い水準で推移している。

今後、農産物貿易の国際化が進行する中で、果樹農業が自立していくためには、外国に対して我が国の生食用果実の優位性を確保する必要がある。ところで、最近十年間の国産及び輸入果実の価格及び販売数量の推移をみると（表－1）、輸入果実の価格は国産に比べてほぼ二分の一となっている。引き続き、品質の向上を図り、外国産果実との品質格差をいかに保持する

表－1 国産及び輸入果実の販売数量及び価格の推移

	平成2年度	平成7年度	平成11年度
	価 格 (数 量)		
国産果実	315円(3,777,200トン)	342円(3,402,555トン)	322円(3,033,721トン)
輸入果実	181円(1,130,940トン)	131円(1,340,596トン)	171円(1,018,379トン)

表－2 一世帯当たりの果実の購入金額及び数量

	みかん	りんご	なし	もも	ぶどう	果実全体
	数 量 (購入金額)					
平成2年度	7.8kg(2370円)	5.2kg(2041円)	2.0kg(941円)	0.6kg(426円)	1.1kg(996円)	33.8kg(14,346円)
平成11年度	5.9kg(1908円)	4.2kg(1711円)	2.0kg(968円)	0.7kg(479円)	1.1kg(890円)	30.9kg(13,335円)

かが重要な鍵となっている。

反面、極度に単価の高い果実の消費にはおのずから限度があり、これだけで産業的な優位性を確保することは困難である。実際、ここ十年間の一世帯当たりの果実の購入数量・金額の推移をみても漸減しており(表-2)、わが国の果物消費量の将来の動向はそんなに明るいとは言えないのが現状である。今後、低価格で品質の優れた輸入果実との競争が増すことは避けられないことから、高品質果実であっても消費者に「値頃感」をもって購買意欲を誘う価格設定が重要となる。

3. 結実管理作業の省力化への取り組み

果樹農業は、受粉、摘花・摘果、袋かけ・除袋、収穫、整枝・せん定などの労働集約性が高く機械化が困難な多くの栽培管理作業の積み重ねの上に成り立っており、これらの作業の労働コストが生産コストに占める割合が極めて高くなっている。とりわけ、受粉・摘果などの結実管理に要する労働時間の割合は極めて高くなっており(表-3)、高品質を維持しながらも、「値頃感」のある果実を消費者に提供するためには、結実管理作業の省力・軽労化技術の開発を進めて、低コスト化を図る必要がある。

このような情勢の中、結実管理作業の飛躍的な省力化を図る上では、安定した効果の高い摘花・摘果剤の開発が極めて重要になる。しかし、摘花・摘果剤利用研究を効率的に推進するため

にはこれらの剤を開発する民間会社、普及現場に近い公立試験研究機関等と緊密な連携を図って行く必要がある。そこで、果樹試験場(現、果樹研究所)では、平成11年度から、果樹試験研究推進会議に「開花結実管理小部会」を設置するとともに、果樹の摘花・摘果剤を対象として、日本植物調節剤研究協会の協力を得ながら、平成11年にはリングについて第1回開花結実調節研究会を、平成12年度にはカンキツを対象として第2回目を開催して開花結実の省力・軽労化に重点的に取り組んできたところである。

4. 開花結実調節研究の現状と今後の推進方向

さて、果樹等の永年作物においては、いかなる外的条件を与えても花成誘導できない状態、いわゆる「幼若相(ジュベニリティ)」が存在し、通常、開花・結実に至るまで長い年月を要することが知られており、育種年限の短縮や品種更新の際の障害となっている。このため、果樹の開花・結実を人為的にコントロールして低コスト・省力化を図るには、「幼若性」の支配要因や発現生理機構の解明などの基礎研究から、摘花・摘果剤の開発などに至る幅広い研究の推進が求められている。

以下に、果樹研究所等が取り組んでいる開花結実の調節に関する研究の概要と今後の研究推進の方向について述べてみたい。

1) 摘花・摘果剤などの植物調節剤の利用

カンキツでは、摘果剤としてエチクロゼート、

表-3 主要果樹の生産に要する労働時間(平成10年度)

	10a当たりの労働時間(hr)						
	合 計	整枝・せん定	中耕・除草	受粉・摘果	薬剤散布	収穫調整	その他
みかん	205.40	18.14	17.78	35.02	18.24	60.06	56.66
りんご	227.15	29.13	5.94	55.60	5.32	43.08	88.08
も も	313.87	33.31	13.43	88.60	9.16	69.69	99.68
日本なし	301.16	68.99	13.33	77.74	11.67	45.67	83.76
ぶどう	467.89	90.41	22.26	108.83	14.03	82.26	150.10

ジクロロプロップなどが既に登録されており、摘果作業の省力化に一定の効果を上げている。また、ウンシュウミカンの全摘果効果を目的として、エチクロゼートとエテホンの組み合わせるによる方法が開発され、後述する枝別全摘果や隔年交互結実栽培への導入が期待されている。リンゴでは、摘花剤の石灰硫黄合剤や摘果剤のNAC、カーバメートなどが登録されている。しかし、開花結実調節研究会においても指摘されているように、エチクロゼートが20℃以下の低温時では安定した効果が得られないこと、NACでは品種間でその効果が異なることなど、より安定で効果が高く、ヒトに対して、また、樹体に対して安全な摘花・摘果剤の開発が求められている。

このような背景から、いくつかの新しい薬剤を対象に植物調節剤としての試験が実施されている。現在、リンゴの摘花剤としてギ酸カルシウム、AKD-857などに期待が集まっており、また、カンキツの摘果剤としては α -ナフタレン酢酸(NAA)の再登録の問題が浮上している。その他、モモなどについても摘花剤として効果が期待される薬剤が報告されている。ところが、これらの薬剤が摘花・摘果剤として農薬登録され、普及に移されるためには、慢性毒性試験等の法的基準をクリアする必要がある。このため、薬剤を開発した民間会社は莫大な初期投資を求められることになり、比較的市場規模の小さな果樹においては薬剤開発の阻害要因となっている。今後、この問題を如何にクリアすべきかについて関係各機関で検討を進める必要がある。

2) 自家和合性や自家摘果性品種の育成

リンゴ、ナシなどの果樹では、自身の花粉で

は結実しない自家不和合性という性質があるため、人工受粉や訪花昆虫を利用した受粉作業が必須となっている。自身の花粉で結実が可能な自家和合性を備えた品種があれば受粉作業が不要となり、大幅な省力化が期待できる。受精が不要な単為結果性を備えた品種も同様な効果が期待できる。また、一定程度の果実が自然に落果するために、摘果作業が容易な自家摘果性品種の育成も重要である。

現在、リンゴ、ウメなどで自家和合性品種の探索を進めるとともに、リンゴでは自家和合性の(S)遺伝子型の基準品種を定めることにより主要品種のS遺伝子型を決定した。また、リンゴの自家不和合性を早期に検定して和合性品種の早期選抜を図るため、S遺伝子を簡易的に検出できる遺伝子診断法の確立を検討している。さらには、ナシの花蕾にガンマ線を照射して変異した自家和合性遺伝子の選抜を行っている。

今後は、自家不和合性、自家摘果性等の生殖・生理機構の解明を図るとともに、それに基づく打破技術等を開発して育種に応用していく必要がある。

3) 作期拡大による労働分散

果樹の栽培管理作業は、受粉、摘花・摘果、袋かけ・除袋、収穫等が一時期に集中するため、雇用労働が生産コストを引き上げるとともに、規模拡大の阻害要因の一つになっている。即ち、種々の作型を組み合わせることによって作期拡大を図れば労働分散と生産コストの低下が可能になる。加温による作期の前進のためには休眠覚醒の前進化が、作期の後退のためには熟期の後退が必要である。このため、休眠誘導や休眠覚醒についての生理・生態機構の解明を図るとともに、果実の生育・成熟に関わる生理機構の

解明と制御技術の開発を行っている。

さらには、施設栽培等の各作型の合理的栽培法を確立するため、果樹の気象反応を実験的に明らかにし、それに基づく休眠覚醒、果実肥大、熟期、品質、収量等の予測モデルの開発を行っている。

4) 幼若性の打破等による開花・結実の制御

果樹は、幼若性の問題から開花・結実に至るまで長年月を要するため、結果樹齢に達するまでの初期投資が必要となる。新規植栽から早い段階で農家経営を安定させるためには、幼若相から成熟相に至る相転換の生理機構の解明に基づく幼若性打破技術の開発や、大苗育苗等革新的栽培技術の開発による早期成園化が必要となる。

果樹研究所では、カンキツの幼樹開花特性を利用して世代促進を図るとともに、リングでは花芽形成遺伝子のクローニングを行うなど、花芽分裂組織を決定する遺伝子の解析を行って幼若期間の制御を目指している。

一方、各種の植物ホルモンが果樹の花芽形成に密接に関係しているとの報告は多くあるが、1～2種類の植物ホルモンのみに焦点をあてたものや、極微量で存在する植物ホルモンの定量法としては必ずしも十分な精度とは言えないものもあった。そこで、果樹研究所では、ガスクロマトグラフィー質量分析計やエライザ法等の最新の植物ホルモン分析法を駆使し、植物ホルモン間の相互作用を視野に入れながら、花芽形成と植物ホルモンとの関係解明に取り組んできた。

この結果、ウンシュウミカンについては、着花を抑制もしくは促進する処理を行い、花芽形成期間における葉の内生植物ホルモンの動態を調査して、翌春の着花が少ない枝では秋期のジベレリン-13の含量が高く、着花率が高い枝ではオーキシン含量が一時期高まることを明らかにしている。また、カンキツの着花を抑制するにはジベレリンが最も効果的であることや、マシン油乳剤の混用がその効果を高めることを明らかにした。さらに、着花促進には夏秋期のエチクロゼート三回散布が効果的であり、それに

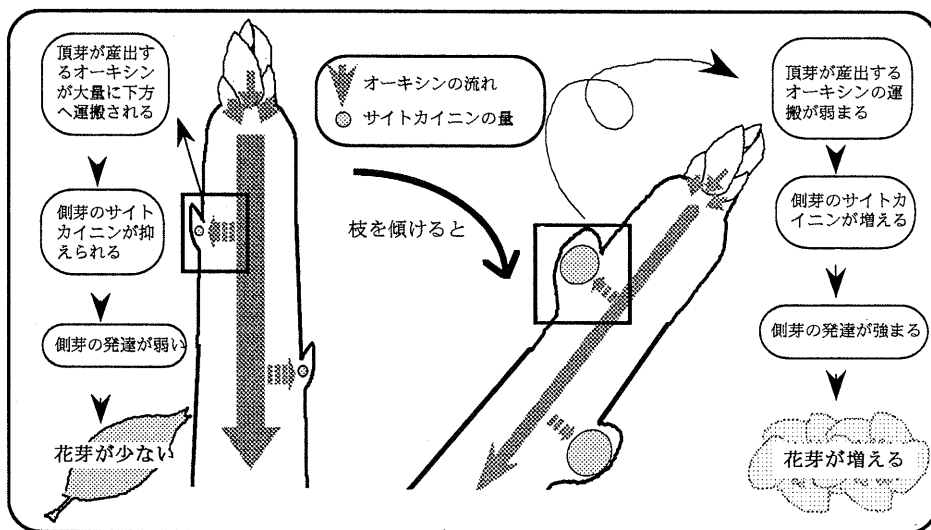


図-1 誘引処理によるニホンナシ側芽の花芽着生律増加機構(模式図)。(伊東 2001)

初冬～冬期にウニコナゾールもしくはパクロブトラゾールを2～3回重複散布するとより効果が高まることが明らかになっている。

ニホンナシについては、サイトカイニン、アブシジン酸、ジベレリン、オーキシンそれぞれの花芽形成における役割が一部明らかにされつつある。また、同じ植物ホルモンでもその散布時期によって花芽形成を抑制したり促進したりと、その効果は異なることを明らかにした。ニホンナシ新梢の誘引による花芽形成の促進と植物ホルモンの動態との関係を示した模式図を図-1に示す。現在、花芽形成と炭水化物等の糖代謝との関係解明を図っているところであり、今後、植物ホルモンを開花調節剤として用いる等による開花制御技術の開発を目指している。

5) 育種年限の短縮

上述したように、果樹では幼若性の問題があるため、従来から接ぎ木等により開花促進を行う等、育種年限の短縮に努めてきている。にもかかわらず、果実形質等の評価には長い年月を要し、このことが、交配の繰り返しによる有用遺伝子の集積をも困難にしている。今後、さらに育種年限を短縮するためには、優良系統の早期選抜や有用遺伝子集積の効率化が重要であり、そのため、ゲノム解析や遺伝子の発現解析等、DNA情報に基づいた新たなアプローチを行っているところである。

また、リンゴについて品種育成の加速化が求められていることから、生育期間の長い亜熱帯地域で実生の生育促進を図り、世代促進効果を検討している。

6) わい性台木や枝垂れ性、カラムナー品種等の開発による結実管理作業の省力化

果樹の低樹高化は、脚立を用いた高所作業の軽減等が可能となり、結実管理作業が容易となる。即ち、低樹高化は栽培管理面からの開花・結実の制御を目指すものであり、果樹研究所では重点的に研究を実施している。最近の成果には、リンゴのJM系わい性台木の開発があるが、カンキツにおけるヒリュウ台利用によるわい化技術や、リンゴのカラムナータイプ品種の育成と栽培技術の開発、モモの枝垂れ性品種の育成、カキ台木のわい性系統の選抜等、様々な樹種を対象に取り組んでいる。

また、これと並行してわい化の生理機構や、わい性化に伴う樹体の同化産物の転流・分配特性等について、分子生物学的手法も駆使しながら解明を図っている。カンキツではわい性化の指標を解明し、台木の早期選抜への利用が可能になっている。また、形態形成遺伝子OSH1を人為的に導入することによってキウイフルーツのわい化に成功し、これを素材としてわい化機構を遺伝子、植物ホルモンレベルで解明しつつある。

7) カンキツの隔年交互結実技術による結実制御

「青島温州」や「大津四号」などの高糖系ウンシュウミカンは、隔年結果性が強いために、年次ごとの豊作・不作の差を生じて価格の変動が大きくなり、農家経営が不安定になるとともに、農家の生産意欲を低下させる要因ともなっている。また、これらの高糖系統は大果性であることから商品性を損ねることもしばしばある。そこで、隔年結果性を逆手に取った枝あるいは樹単位で交互に結実させる群状結実法が開発され、果実品質の向上が期待できることから普及している。しかし、この結実法では大幅な省力化は

表-4 ウンシュウミカンの収量、商品果率、販売額に及ぼす園地別交互結実の影響(倉知 2001)

処 理 年 次	収 量 (kg/10a)	商品果率(%)			販売額(概算) (千円/10a)
		1級	2級	3級	
交互結実園 平成9年	3 0 0 0	83.6	10.4	6.1	337(114)
慣行結実園	3 6 6 7	71.6	15.3	13.1	296(100)
交互結実園 平成10年	4 0 0 0	82.7	14.7	2.6	860(147)
慣行結実園	3 6 3 3	65.3	22.8	11.9	584(100)
交互結実園 平成11年	3 0 0 0	80.6	14.8	4.6	301(87)
慣行結実園	5 7 6 7	73.6	16.2	10.2	347(100)

注) 商品果率は山口大島柑橘試験場が調査、販売額の()内は慣行結実園を100とした指数を表す

難しいことから、園単位で隔年で交互に生産園と遊休園を設けて人為的に結実を制御する「園地別隔年交互結実技術」が考え出された。この技術は、遊休園の栽培管理を大幅に節減することによって、経営全体の省力・軽労働化を図り、生産園での群状結実による一定の生産量確保と果実品質の向上の両立を狙った技術体系である。

園地別の隔年交互結実栽培園では、慣行の結実園に比べて収量の減少は認められるが、群状結実による大幅な増収によって、遊休園を含めた総生産量を比較しても慣行結実園との差はさほど小さくなく、品質も良好であることが明らかにされている(表-4)。

結実を人為的に制御することによってカンキツの安定生産と省力・軽労働化を図ろうとする本技術体系は、傾斜地園等において大規模経営に堪え得る栽培管理技術として、また、中山間地帯における農地保全の上からも重要な技術として注目されている。現在、公立研究機関等と連携協力して、大果系ウンシュウミカンを中心に、「園地別隔年交互結実技術」確立の加速化を図っているところである。

また、「園地別隔年交互結実技術」では、園地の一部を全摘果する必要があるために、本技

術の確立・普及に伴い、これまでの間引き摘果を基本とする技術とは異なった観点から摘果剤を考える必要があり、既存の摘果剤等の見直しが必要になるであろう。

5. おわりに

今後5年間で農業技術研究機構が達成すべき業務内容は、「中期目標」として農林水産大臣が策定しており、この「中期目標」を達成するための計画、即ち、「中期計画」を農業技術研究機構は策定・公表している。この中で、果樹研究の3本柱の一つとして「省力・低コスト・安定生産技術の開発」を重点的に実施することとしており、この中核となる研究問題として開花・結実制御に関する研究が位置づけられる。

今後、開花・結実制御に関する革新的な技術開発を図るには、果樹特有の幼若相・成熟相の転換や、花芽分化機構等の開花・結実に関する生理・生態的な諸問題にとどまらず、カラムナータイプ、スーパータイプ、枝垂れ性、わい性等の形態形成機構に関する生理機能の解明が必要とされている。また、これらの基礎研究が開花するまでには長年月を要することもあり、公立研究機関や民間、大学等と積極的な連携を図りながら、画期的な摘花・摘果剤等の植物調節剤利用技術や発想の転換を迫るような革新的な栽培技術の開発、地道な品種育成等の現場に直結する技術開発の加速化を同時に図っていく必要がある。