

常緑果樹における 着花・結実の制御技術

静岡大学農学部 岩 垣 功

花が開いて結実し、幼果が安定した肥大を始めるまでの過程は、果樹園芸の基本的部分であり、古くから果樹園芸学の最大関心事の一つであった。花芽の分化・発達、開花・結実、生理落果、摘果などの各分野は、それぞれに形態的、生理的、生態的な研究の対象として、多くの成績が積み上げられてきた。近年の研究成果として、果樹の生育を植物ホルモンの動態で説明し、また外から与える生理活性物質によって調節しようとしたものが数多く報告されている。ここでは、常緑果樹をカンキツで代表させて、その着花・結実の調節に重点をおいた紹介を試みたい。

1. 着花の調節

(1) 花を減らす

ジベレリン処理により、一般的に木本性被子植物の花成が阻害される。Monselise と Halevy¹⁾ は、カンキツにおいてジベレリン (GA_3) 処理が花数を減少させることを最初に報告している。その後、その他のカンキツ類やウンシュウミカン²⁾でも、冬季のジベレリン散布により花数が減少することが明らかにされた。

ウンシュウミカンでは、発育枝には翌春着花するが、結果枝には着花しない傾向がある。隔年結果現象の有力な原因の一つとなっていることから、発育枝と結果枝の差はさまざまな角度

から比較研究されている。高木ら³⁾は、ウンシュウミカンの発育枝および結果枝のGA様物質は11月に高く、結果枝では発育枝より明らかに高いこと、また、結果枝の茎中のGA様物質は早期の摘果によって低くなることをイネ苗浸漬法による分析で示した。着果の有無によってGA様物質の活性に変化が生じ、これが花芽形成に関与すると考察している。

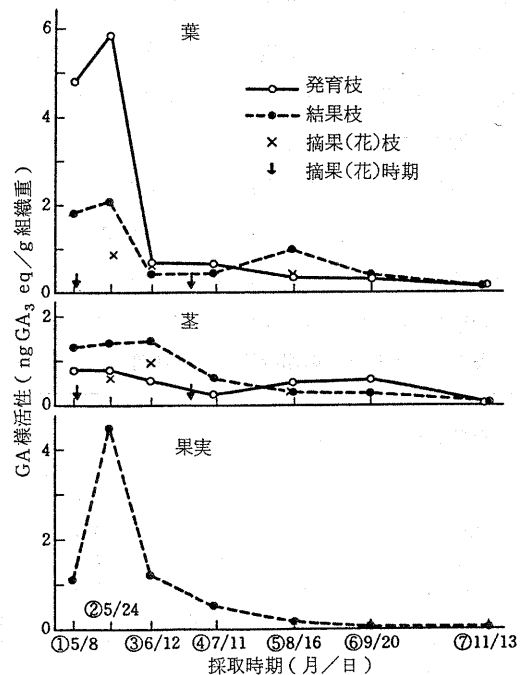


図1. ウンシュウミカン結果枝および発育枝の葉、茎および果実のGA様活性 (①区の果実は花を、⑤、⑥、⑦区の果実は果皮を用いた)⁴⁾

後藤ら⁴⁾は、ウンシュウミカンの結果枝及び
發育枝について、葉、莖及び果実の發育過程に
おけるGA活性をイネ苗点滴法により調査した。
結果枝、發育枝とも、7月以降の莖葉のGA様
活性は低く、高木らが報告しているような11月
における著しい増加は認められなかった(図1)。

カンキツの花芽形成と内生ジベレリンとの関
係については、関連を肯定する文献がある反面
否定する文献も少なくない。これらの関係につ
いては、ジベレリン分析法の吟味も含めて、さ
らに調査研究の必要があると考えられる。

Goldschmidt⁵⁾は、表年と裏年に發育枝
の葉、莖、芽のABA含量を比較し、表年に著
しく高かったことを報告している。奥田ら⁶⁾は、
果実の影響を受けている發育枝(着果負担あり)
と受けていない發育枝(着果負担なし)のABA
含量を調査して、果実の影響を受けている發
育枝で高かったことを報告している。いずれの
場合も、發育枝中の高いABA含量が翌年の着
花を抑制する結果となっていた。

一方生理活性物質の利用場面に関しては、カ
ンキツに対して冬季にジベレリンを散布して着
花数を減少させる方法が、結果の安定性に多少
の問題はあるものの、すでに実用化の段階に達

している。カンキツの中でも極早生温州や、伊
予柑が早生化した宮内伊予柑では、一般に着花
数が多すぎて新葉は逆に少ないことが問題にな
る。それらのカンキツでは樹勢が低下した場合
に、着花過多、そしてさらなる樹勢低下の悪循
環に陥る可能性があり、ジベレリンの利用方法
の開発研究が続けられてきた。

散布濃度：カンキツ類の着花数を減
少させるジベレリン濃度については、効果と
経済性の観点から、10～100ppmの範囲内で
数多くの試験が行われた。極早生温州と宮内
伊予柑いずれの場合も、着花数減少目的のた
めには実用的には25～50ppmが好適濃度と
認められた(表1)。15ppm以下では散布時
期や樹体の栄養条件などによっては効果が低
下し、結果のバラツキが大きくなる傾向があ
った。

散布時期：極早生温州に対する散
布時期試験は、果実収穫後の9月下旬から
3月上旬までかなり長い期間の試験例があ
り、効果が認められた期間も10日から1月
と比較的長かった。その年の気象条件や、
樹の栄養条態、品種、系統によって結果が
一致しなかった。

表1. ジベレリンの濃度及び散布時期の違いが‘市文早生’の着花に及ぼす影響⁷⁾

散布月日	GA濃度	落葉率	新梢数	新葉数	着花数			結果数
					有葉花	直花	合計	
月・日	ppm	%	本	枚	個	個	個	個
10. 21	25	8.6	20.4	155.0	7.7	0	7.7	1.0
11. 21	25	10.4	14.3	119.0	12.7	21.3	34.0	7.0
12. 21	25	10.9	7.9	63.7	22.3	23.0	45.3	9.0
10. 21	50	4.9	14.6	124.7	11.3	2.0	13.3	9.0
11. 21	50	4.2	16.4	132.7	12.7	7.3	20.0	7.3
12. 21	50	3.6	9.6	75.7	17.3	24.7	42.0	16.0
10. 21	100	6.5	17.2	135.7	2.3	0	2.3	0.3
11. 21	100	11.3	21.2	167.3	2.3	1.3	3.7	3.0
12. 21	100	4.5	12.7	96.0	11.7	3.3	15.0	8.0
無処理		12.1	6.5	48.7	39.0	38.7	77.7	13.0

ジベレリン処理によって着花数が減少する反面発育枝発生本数は増加する。しかし、花序と発育枝を含めたすべての新梢発生本数は減少する。オレンジでは花芽に GA_3 を処理することによって葉芽に変換したことも報告されている。着花数を減少させる散布的期には幅があるようであるが、ジベレリンは花芽分化期以前の芽に強く影響するという試験結果²⁾もあり、11月～1月の範囲内で、時期を失わないようになるべく早く散布すべきと考えられる。

宮内伊予柑の場合は、果実が収穫されるのが12月中・下旬である。収穫前のジベレリン散布は、果実の着色遅延や葉害発生の可能性が高くなるので、散布は収穫後の12月下旬から1月の期間内になる。12月下旬の効果が高いとする報告が多い(表2)。現在ジベレリンの花芽抑制による樹勢の維持について、宮内伊予柑のみに

農薬登録がある(散布濃度: 25～50 ppm, 散布時期: 12月下旬～1月下旬)。

樹勢との関係: カンキツ類は、樹勢が弱くなるにしたがって着花数が増加する傾向がある。ジベレリン散布によって着花数を減らし、発育枝数、新葉数を増加させる努力も、樹勢が強い場合に効果をあげやすい(表3)。また、前年に着果数が多く、あるいは収穫時期が遅かった場合には着花数が少なくなり、逆に着果数が少なかった場合にはジベレリンによる着花数減少並びに発育枝発生増加の効果も発現しにくい。

ジベレリンにより樹勢を維持しようとする場合の矛盾点ではあるが、樹勢を強化する栽培管理を十分に行った上で、ジベレリンの補助的效果を期待するという考え方が必要である。

マシン油との混用: マシン油乳剤は、ミカ

ンハダニなどカンキツの越冬害虫を防除するために使われている。カンキツ類ではマシン油の散布によって、着花数が減少することが知られている。マシン油は葉肉組織に浸透し、葉の光合成を抑制

表2. 宮内伊予柑の着花、新梢数に及ぼすジベレリンの影響⁸⁾

処理時期	濃度	新葉数	新梢数	着花数	有葉花数	葉花比
年.月.日	ppm	枚	本	花	花	
1985.12.24	25	127	15.4	16.5	10.8	11.9
"	50	130	20.7	6.2	4.9	29.4
1986.1.24	25	102	9.5	18.0	11.3	9.3
"	50	125	15.8	21.3	10.7	8.9
無処	理	138	13.8	49.8	24.3	4.4
有	意	性	—	*	**	**

表3. 宮内伊予柑の樹勢の強弱とジベレリンの着花抑制との関係⁹⁾

樹勢	処	理	直花	有葉花	花合計	新梢数	新梢長	新葉数	落葉率
			個	個	個	本	cm	枚	%
強	処	理	2.8	14.5	17.3	41.8	8.4	167.7	10.5
	無	処	28.4	19.6	48.0	26.2	7.4	104.9	9.4
中	処	理	7.8	70.6	78.4	40.8	8.5	163.2	11.3
	無	処	57.7	31.7	89.4	32.5	7.3	130.1	10.3
弱	処	理	182.4	35.3	217.7	35.3	6.8	141.0	22.8
	無	処	176.0	28.8	204.8	32.7	6.3	130.8	13.0

ジベレリンの濃度は25ppmでマシン油95%乳剤の40倍を混用し、12月27日に散布。

表 4. ‘市文早生’の着花に及ぼすジベレリンとマシン油乳剤混用の影響⁷⁾

処 理			落葉率 ^z	新梢数	新葉数	新葉率	着 花 数			葉花比 ^y
GA 濃度	マシン油 濃度	(種類)					有 葉 花	直 花	合 計	
脚	倍	%	%	本	枚	%	個	個	個	
12月18日										
25	—		14.7	45.7	90.3	45.1	34.0ab	84.3ab	118.3ab	2.2bc
25 +	50	(95)	24.8	48.7	109.3	51.0	24.0b	18.7bc	42.7b	7.2ab
25 +	100	(95)	9.1	55.0	148.3	56.1	11.3b	25.7bc	37.0b	17.5a
25 +	100	(97)	31.9	32.0	96.7	51.0	7.7b	35.0b	42.7b	9.8ab
25 +	150	(97)	26.0	29.3	107.3	44.5	32.7ab	6.7c	39.3b	7.4ab
無	処 理		27.0	28.0	78.7	39.7	60.3a	123.7a	184.0a	1.1c
有 意 性			NS	NS	NS	NS	*	**	**	*

^z 落葉率は旧葉の落葉を示す。^y 葉花比は全葉数(新葉+旧葉)の花に対する比を示す。

表中のa～cはダンカンの多重検定5%水準で同一文字間には有意差がないことを示す。

するが、着花数を減少させる直接的理由は明らかにされていない。

マシン油とジベレリンを混用散布するとジベレリンによる着花の減少が促進される(表4)。極早生温州の場合は、気温の高い時期や逆に低すぎる時期にはマシン油の薬害に注意しなければならないことを考えると、12月中旬～1月上旬ころの散布が効果が高く安全であろう。宮内伊予柑に対する混用散布時期は、収穫後の12月下旬ころが適期になる。

極早生温州、宮内伊予柑いずれの場合もジベレリン25ppmとマシン油95%乳剤50倍あるいは100倍、97%乳剤の場合は100倍との混用が安全で効果的と考えられる。

(2) 花を増やす

オーキシンはパイナップルの花芽の誘導を行うが、他の大部分の植物に対しては効果がないかむしろ抑制的である。果樹においても、オーキシンは花芽の形成に阻害的であり、アンチオーキシンのTIBA(2,3,5-Triiodobenzoic acid)は花芽形成を促進することが知られている。

ジベレリンが着芽数を減少させることから、CCC(Cycocel)やSADH(Succinic acid)などの矮化剤が着花を増やす可能性が試験された。落葉果樹類ではこれら矮化剤の着花数増加の効果が確かめられているが、カンキツ類に対する多数の試験の結果は一致していない。

近年は、トリアゾール系のパクロブトラゾールとウニコナゾール、そして有機酸エステル系のプロヘキサジオンカルシウムなどの着花促進効果に関する試験が数多く行われている。これらの薬剤は、ジベレリン生合成阻害剤であり、合成阻害の作用点も明らかにされている。

河瀬ら¹⁰⁾は、パクロブトラゾール及びウニコナゾールのウンシュウミカン大津四号に対する10, 11, 12月の3回処理で、翌春の着花数の増加と発育枝発生本数の減少をみている。Sugiyamaら¹¹⁾は、青島温州に対するウニコナゾールの処理時期をみた試験で、1月下旬>12月上旬>2月下旬の順で花数が多くなったことを報告している。ジベレリン合成阻害剤が着花に及ぼす影響の試験では、着花数増加の効果を認

めなかった例も少なくないが、より確実な試験結果の蓄積が必要と考えられる。

研究の目的は若干異なるが、育種目的の幼樹開花の研究では、パクロブトラゾールによる着花促進効果が認められた。果樹試験場口之津支場¹²⁾では、今村温州の2年生実生からの接ぎ穂を高接ぎして、2年目の枝にパクロブトラゾールを処理した。9、10月の2回、1,000 ppmの散布で、無散布樹では着花がなかったのに対して、節当たり0.57個の着花を認めた。

実用的にカンキツの着花数を増加させるという意味では、ハウス栽培のウンシュウミカンに対するベンジルアミノプリン（BA剤）の使用方法が確立している。合成サイトカイニンであるBA剤については、腋芽の休眠打破、側芽の発生促進などの効果が知られている。サイトカイニンによる側芽の伸長作用は、頂芽を切り取りオーキシンの影響を弱くした場合により顕著

に発揮される。この場合サイトカイニンはオーキシシンと拮抗的に働いているとみなされる。

サイトカイニンの生理作用として、花芽の形成促進効果も否定されているわけではないが、カンキツの場合は側芽の発生促進により、すでに分化している花芽を発芽させ、結果的に花数増加になると考えられている。BA剤による開花の促進を図2に示した。300 ppmのBA剤散布により、開花始めが約5日、満開が10日近く早まって、開花期間も短くなった。

ウンシュウミカンに対する使用基準を表5にまとめた。ウンシュウミカンに対する使用法開発経過と使用上の注意点については岩垣ら¹⁴⁾を参照されたい。

2. 結実率をあげる

果樹類では、受粉、受精、種子の形成が結実及びその後の果実の成長に重要な役割を果たしている。これらの経過を通じて合成される植物ホルモンの働きにより、果実が他の器官から養分を引き寄せるシンクの機能を果たすと説明されている。受粉しなくても単為結実するマース・ユグレープフルーツやウンシュウミカンでは、幼果内のホルモン含量が高いことが単為結実の理由と考えられている。

Takahashi ら¹⁵⁾はウンシュウミカンの幼果内のオーキシシン含量は、満開10日後ころに最も高く、その後急速に減少していく過程が生理落

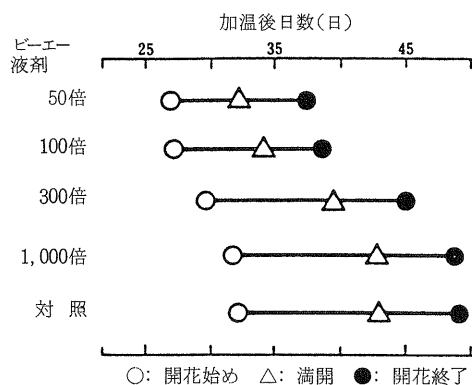


図2. 早生温州の開花に及ぼす加温開始後のBA剤処理の影響¹³⁾

表5. ウンシュウミカンに対するBA（ビーエー3%液剤）の使用基準

使用目的	希釈倍数	使用時期	使用方法	適用場所
新梢発生促進	100～200倍 (300～150 ppm)	萌芽直前～萌芽期 (加温ハウス栽培園では収穫後)	緑枝部へ散布	露地栽培・加温ハウス栽培園
着花促進	100～400倍 (300～75 ppm)	加温直後	散布	12月上旬加温開始のハウス栽培園

果の時期と重なることを見ている。ミカンの栽培では着花が少なかった場合あるいは生理落果が多すぎて必要な果実数を確保できない場合に、生理活性物質により結実率を高めることができれば好都合である。オーキシンが一般的に離層形成遅延効果を示すことは明らかであるが、オーキシン類によるカンキツの結実率向上は成功していない。オーキシン類を含めて多くの化学物質が試みられたが、これまでのところジベレリン以外には確かな成果をあげていない。

多くの果樹で、開花期にジベレリンを処理すると結実率を高めて果実の生長を促進する。カンキツ類でもジベレリンによって結実数が増加したとする多数の報告がある。一方ジベレリン合成阻害剤であるCCC、パクロブトラゾール、ウニコナゾールなどによりネーブルオレンジ、バレンシアオレンジ、ウンシュウミカンなどの生理落果が増加することも知られている。

生理落果期間中のウンシュウミカンについて、果実中のジベレリン含量をイネ苗点滴法で分析した筆者ら¹⁶⁾の成績によると、正常に生長している果実(生長果)と生長が遅くなり始めた果実(生長停止果)の比較では、生長停止果においてジベレリン含量が明らかに低下していた(表6)。着果に内生ジベレリンが関与しており、ジベレリンレベルが低いことが生理落果の

一因となることを示す結果と考えられる。

ジベレリンはワシントンネーブルの生理落果防止のために農薬登録がある。満開10~20日後に500 ppmを散布する方法であるが、散布濃度が高く費用がかかることもあって普及していない。最近、やはり着果が不安定なサガマンダリンに対する利用研究が進んでいる。

3. 生理落果の促進

カンキツではこれまで述べたように、着花数あるいは着果数が少なすぎるという現象もないではないが、一般的には多過ぎる着果を摘果によって減少させる必要が生じる。摘果には多大な労力を要するところから、植調剤に期待が寄せられる分野である。オーキシン系統の摘果剤がいくつか実用に供せられた。それらは生理落果を助長することを主な機能としている。

現在使われている摘果剤エチクロゼート(フィガロン)による落果の様子を図3に示した。ウンシュウミカンの生理落果は気温の影響を受ける。気温が30℃に高まるとエチクロゼートの散布の有無にかかわらず60%以上の果実が落果する。逆に気温が20℃以下に低下するとエチクロゼートを散布してもあまり落ちない。気温が25℃のときに、生理落果の多少は散布の有無により決定される。摘果剤が散布される6月中・下旬の日中気温(最高気温)は25℃をわずかに下回っていることが多い。例年は適度な摘果効果が認められるはずであるが、気温が20℃に近づいた場合の効果不足、30℃に近づいた場合の摘果過多が問題になることがある。オーキシン類を摘果剤に使う場合のある程度避けがたい問題点といえるかもしれない。

エチクロゼートが実用化される以前に摘果剤として使われていたナフタレン酢酸(NAA)

表6. 生理落果時期のウンシュウミカン幼果のジベレリン活性¹⁶⁾

		6月20日	6月24日	6月28日
		(ng GA ₃ eq/1g 果実)		
生長果	対 照	0.6	1.5	0.7
	エチクロ	0.9	0.8	0.4
停止果	対 照	—	0.1	—
	エチクロ	0.1	0.3	0.2

エチクロ区は6月20日(満開35日後)にエチクロゼート200 ppmを散布した。

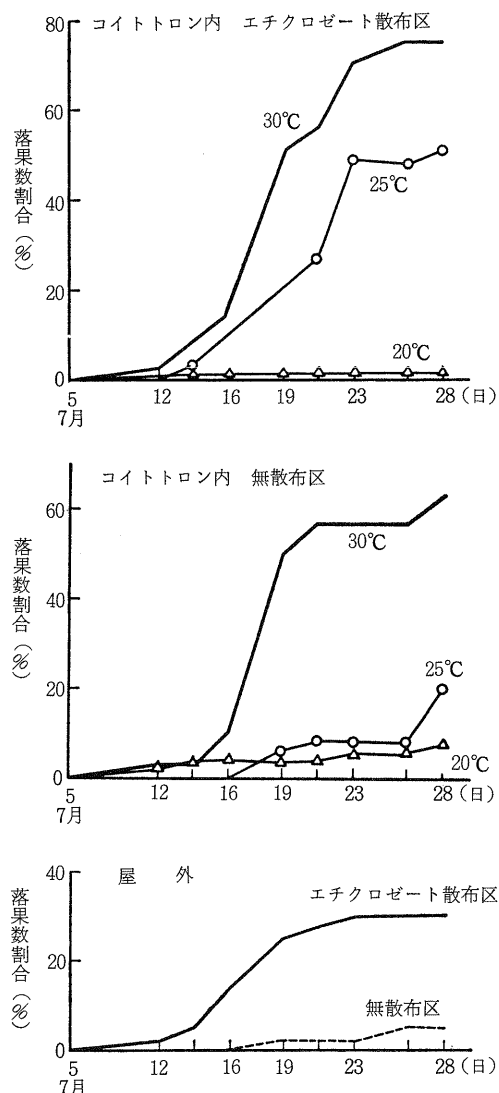


図3. エチクロゼート散布による落果と温度の関係¹⁷⁾

と同様に、エチクロゼートもオーキシン活性を示す。エチクロゼートの摘果効果は、散布後5～10日に顕著に現れるが、散布後に発生するエチレンが離層形成を促進して生理落果が増加することによる。NAAによるエチレン発生はエチクロゼートより早く、発生のピークは高い。エチクロゼートがNAAよりマイルドな摘果効果を示す理由と考えられている(図4)。

エチクロゼートは日本植物調節剤研究協会を

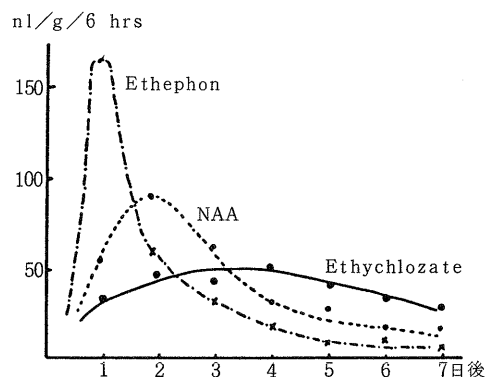


図4. ウンシュウミカン葉からのエチレン発生様相

エスレル(Ethephon)、NAA、フィガロン(Ethchlozate)の100ppm散布後のエチレン発生経時変化(30℃以下)¹⁸⁾

通じて実用化研究が進められ、1981年に農薬登録された。すでに15年近い実績がある。その使用法は最初の登録時と基本的には変わらないが、若干モデファイされてきた。その主な点の一つは、間引き摘果剤として使用する場合の散布時期が、当初の「満開35～50日後」から、「満開20～45日後で生理落果のある時期」に変更されている。生理落果とタイミングを合わせて摘果効果を確実にしようとした。

部分全摘果： ウンシュウミカンの摘果は、必要以上に結実した果実を落として、樹冠全体に均一に果実を残すことを原則として行われてきた。しかし最近では、枝別に全摘果を行って群状に結実させた方が、隔年結果の防止及び品質向上のために有利な場合があることが知られるようになった。「枝別全摘果による群状結実法」である。

隔年結果性が強い青島温州など高糖系温州や、着果過多による樹勢の低下が問題となる極早生温州などでとくに実施したい技術である。20年生程度のミカン樹の場合、葉数500枚ぐらいの側枝30本について、全摘果と群状結実を15本づ

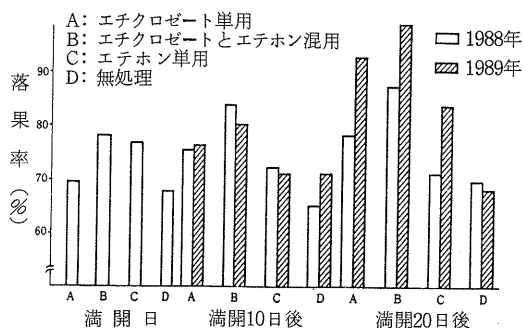


図5. ウンシュウミカンに対するエチクロゼート及びエテホン混用の処理時期別落果率¹⁹⁾

つ行ってほぼ樹冠全体をカバーする。群状結実の枝に30個結実させると、収量は1樹65kgは期待できる。群状結実のための枝別全摘果にエチクロゼートを使うことができる。エチクロゼートとエチレン発生剤であるエテホンを混用し、全摘果効果をより確実にする方法が開発された(図5)。エチクロゼートの濃度は1,000~2,000倍、エテホンの濃度は2,000~8,000倍でよい結果が得られる。散布時期は満開10~20日後がよい。落葉がやや増加するが、落ちるのは旧葉なので実害はないと考えられる。

カンキツの着花、結実の制御に関して、研究の現状を概観し、植調剤として実用化されている分野を整理した。植物ホルモンの研究の進展に期待するとともに、植調剤の利用場面の充実に努力を続けたいと考える。

引用文献

- 1) S. P. Monselise and A. H. Halevy, Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 84, 141 (1964).
- 2) 広瀬和栄, 園芸試験場報告B No. 8, 1 (1968).
- 3) 高木敏彦・鈴木鑄男, 静岡大学農学部研究報告, 35, 25 (1985).
- 4) 後藤明彦・岩垣 功, 平成元年度 果樹試験津年報 99 (1990).
- 5) E. E. Coldschmidt, Plant Growth Regulation, 2, 9 (1984).
- 6) 奥田 均・木原武士・岩垣 功・大森正樹, 園学雑 61 別 2, 80 (1992).
- 7) 高原利雄・広瀬和栄・岩垣 功・小野祐幸, 果樹試験場報告 No. 18, 77 (1990).
- 8) 平山秀文・重岡 開, 昭和60年度 常緑果樹除草剤・生育調節剤試験成績 360 (1986).
- 9) 橋本和光・宮田明義, 平成元年度 常緑果樹試験研究概要集 329 (1989).
- 10) 河瀬憲次・鈴木邦彦・石井健夫・田中真也, 昭和62年度 果樹試験津年報 81 (1988).
- 11) K. Sugiyama, Abstract Int. Horticultural Congress, 52 (1994).
- 12) 果樹試験場口之津支場, 平成5年度 果樹試験場研究成果 (1994).
- 13) 白石雅也ら, 園学雑 61 別 2, 533 (1986).
- 14) 岩垣 功・広瀬和栄, 植物の化学調節 25, 192 (1990).
- 15) N. Takahashi, I. Yamaguchi, T. Kono, M. Igoshi, K. Hirose and K. Suzuki, Plant Cell Physiol., 16, 1101 (1975).
- 16) 岩垣 功・木原武士・後藤明彦・平井康市・田母神一夫, 園学雑 58 別 1, 34 (1989).
- 17) 岩垣 功・広瀬和栄・鈴木邦彦, 農業および園芸 52, 1527 (1977).
- 18) 禿 泰雄・平井康市, 植物の化学調節 17, 65 (1982).
- 19) 木原武士・岩垣 功・奥田 均, 植物化学調節学会記録集 (1989).