

ジベレリンによる‘サガマンダリン’の結実促進

中島貞彦¹⁾・夏秋道俊・末次信行・岩切 徹²⁾

キーワード：カンキツ，ジベレリン A₃，結実促進，内生ジベレリン活性

Effect of Gibberellin A₃ Treatment the Fruiting of ‘Sagamandarin’ Tangerin.

Sadahiko NAKASHIMA, Michitoshi NATSUAKI,
Nobuyuki SUETSUGU and Tetsu IWAKIRI

ABSTRACT

We analyzed the effect of gibberellin to bearing in ‘Sagamandarin’. Spraying 50 ppm solution in full bloom stage was great to bearing. The activity of endogenous gibberellin in young fruits after sprayed 50 ppm solution was higher than it no sprayed young fruits, and it was kept in ending time of physiological fruit drop. The reason why young fruits got high bearing rate was thought it had high activity of endogenous gibberellin in the stage of physiological fruit drop by sprayed gibberellin solution.

key word : citrus, gibberellin A₃, promotion of bearing, activity of endogenous gibberellin

緒 言

1984年に品種登録された‘サガマンダリン’は1976年に佐賀県果樹試験場において極早生ウンシュウ仮称‘小西早生’にタンゼリン・タンゼロ‘フェアチャイルド’の花粉を交配して得られた実生個体であり，果皮の紅色が濃く，糖度が高いことを特徴とする¹⁾。

本品種はウンシュウミカンに比べて着花性が優れ，着花過多となりやすい。一方で新梢の発生数も多く，同一芽から複数の新梢が発生しやすいために生理落果が多く，また新梢の弱小化を招きやすい。通常，カンキツでは新生器官である花器と新梢の間で養分競合を生じ，生理落果を助長することはよく知られている²⁾。このため，新生器官の発育・充実期の栄養状態の改善を図ることが‘サガマンダリン’における結実安定の基本と考えられる。

一方，結実が不安定な要因として植物ホルモンの関与も推察される。植物ホルモンの一種であるジベレリンがカンキツ類の生理落果を抑制することが明らかにされており，特に‘ネーブル・オレンジ’においては，満開期にジベレリンを散布して結実促進を図ることが既に普及技術となっている^{2,3)}。

そこで，植物ホルモンの一種であるジベレリン A₃ (以下 GA₃ と記述) を用いて‘サガマンダリン’の結実促進を図るため，処理時期や処理濃度の検討を行うとともに，果実における内生 GA 様物質の活性変化についてもあわせて検討した結果，‘サガマンダリン’の結実安定に関して一定の成果が得られたのでここに報告する。

1) 現在 佐賀県東松浦農業改良普及センター

2) 現在 佐賀県上場営農センター

材料および方法

試験 1. GA_3 による結実促進

佐賀県果樹試験場に植栽されたカラタチ台14年生十萬温州を中間台とした高接ぎ8年目の‘サガマンダリン’2樹を供試し、各樹より旧葉がおおよそ100枚程度の側枝を選び、処理を行った。

GA_3 処理は1991年の開花前(5月7日)と満開期(5月19日)および満開2週間後(6月3日)の各時期に行い、 GA_3 (ジベレリン液剤:協和発酵KK製)の50, 100, 400ppmの溶液を果実(花)を中心に葉液が十分に付着し、かつ果実面からやや滴り落ちる程度にハンドスプレーで散布した。

調査は花蕾が出そろった開花直前の5月7日に花蕾の種類と数を、さらに散布処理が終了した6月3日から生理落果が完全に終了した7月31日まで、10日毎に着果数を調査した。収穫は1991年11月29日に行い、各区10果について品質調査を行った。

試験 2. GA_3 の処理濃度および処理回数と結実促進

佐賀県果樹試験場に植栽されたカラタチ台10年生の‘サガマンダリン’9樹を供試し、旧葉がおおよそ100枚程度の側枝を選び処理した。

試験区の構成は第3表のとおりで、 GA_3 の濃度を10, 25, 50ppmとし、1992年の満開期(5月11日)、満開1週間後(5月17日)および満開2週間後(5月25日)に処理した。処理方法は試験1に準じて果実(花)を中心に電池式噴霧器(パナスプレー)を用いて散布した。

花蕾数の調査は各処理枝より結果母枝2本を選び、開花前の5月7日に行った。以後5月28日より15日毎に生理落果がほぼ終了した7月7日まで着果数を調査した。

試験 3. 生理落果期における内生 GA 様物質の活性変化

佐賀県果樹試験場植栽のカラタチ台14年生十萬温州を中間台とした高接ぎ9年目の‘サガマンダリン’および対照として20年生‘興津早生’各1樹を供試した。

‘サガマンダリン’では、1樹内に GA_3 処理区と無処理区を設け、開花盛期の1992年5月11日に GA_3 50ppmを試験2に準じて花器に散布した。なお、‘興津早生’は無処理とした。分析用果実の採取は落弁期(5月19日)、第一次生理落果盛期(6月17日)および第二次生理落果終期(7月3日)に行い、直ちに $-65^{\circ}C$ で凍結保存し、 GA の精製、分析に供した。

GA の精製・定量分析は第1図に示す後藤らの方法⁶⁾で行った。すなわち、果実のメタノール抽出物を溶媒抽出し、酸性酢酸エチル画分をBONDSIL DEAカラムで精製後、シリカゲル分配クロマトグラフィーにより分画した。 GA 活性はウニコナゾール-P処理の短銀坊主を用いたイネ苗点滴法⁹⁾により GA_3 様活性として測定した。着果調査は枝先50cm法により、各処理区とも側枝4本を選び、開花前(5月11日)および生理落果終期(7月3日)に行った。

結 果

試験 1. GA_3 による結実促進

GA_3 散布の着果率はいずれの散布時期においても無処理に比べ高かった。しかし、 GA_3 の濃度による着果率の差は判然とせず、50ppmの濃度でも十分な結実促進効果が得られた。また、着果率の推移をみると散布直後における結実促進効果は極めて高かったが、その後の着果率は低下した。一方、散布時期による着果率をみると、満開2週間後の散布が満開期、あるいはそれ以前の処理より高かった(第2図)。また、花のタイプ

果実 (10g)

4倍量のメタノール (BHT を含む) を加え, ポリトロンで均一化

ろ液

ろ過後, メタノール除去, 水層に0.1MK₂HPO₄ (pH8.0) を加え遠心分離後上澄みを KOH でpH8.0に調整

PVP カラム (2 g, 1.8×4cm)

0.1MK₂HPO₄ (pH8.0) で溶出し, 55ml とする

EA 分画

HCl で pH2.5に調整後, 酢酸エチル(EA)で2回分配

0.2MK₂HPO₄ で2回分配

水層

HCl で pH2.5に調整し, EA で2回分配

EA 層 (酸性 EA 画分)

Na₂SO₄ を加え一晩放置後, 留去しセライト0.5g に吸着

BONDECIL カラム

BONDECIL DEA (40μm, Analytichem. International) をカラムに詰め, 0.5% AcOH -MeOH16ml で溶出, セライト吸着

シリカゲル分配クロマトグラフィー (4 g, 1.8×10cm)

0.5M ギ酸飽和の EA : ヘキサン (0 : 100~100 : 0) で順次溶出
溶媒留去後, 20μl の50%アセトンに溶解

生物検定 (GA 活性パターン)

シリカゲル分配クロマトグラフィー (2.3g, 1.8×2cm)

シリカゲルにセライトを載せ, 0.5M ギ酸飽和 EA : ヘキサン (15 : 85) 次いで EA : ヘキサン (50 : 50) で溶出

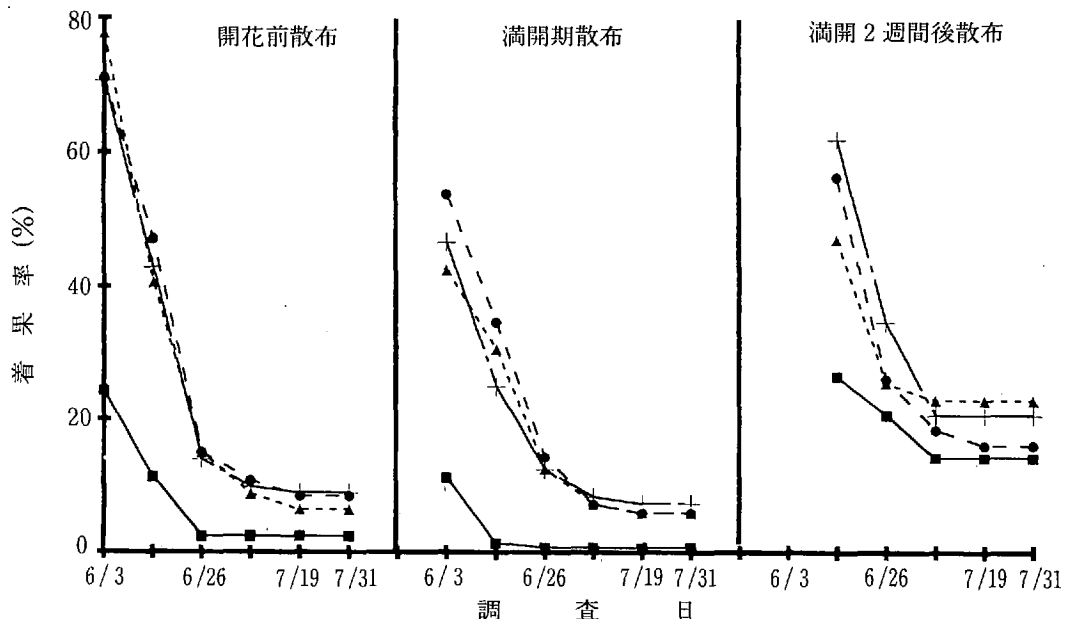
BONDECIL カラム

ABA, IAA 画分

EA : ヘキサン (50 : 50) を留去後, BONDECIL カラム溶出, 50%アセトンに溶解

生物検定 (GA 一括画分)

第1図 生物検定のためのGAの抽出および精製方法



第2図 GA₃散布によるサガマンダリンの着果率の推移

■ 無処理 + GA50ppm ● GA100ppm ▲ GA400ppm

の違いによる着果率は満開期散布で単生有葉花の着果率が高くなる傾向が認められた(第1表)。

収穫時における果実の大きさは処理濃度が低い50ppmにおいては無処理と同程度であったが、処理濃度が高い100ppmや400ppmではやや小さくなった。一方、果形指数はいずれの濃度でもGA₃処理により腰高果となった(第2表)。酸含量はGA₃散布区が無処理区より低くなったが、この場合、GA₃の散布時期が遅れるほど収穫時の酸含量は高くなった。一方、糖含量および果皮色(色差計a値)についてはGA₃散布の影響は認められなかった(第2表)。

第1表 GA₃散布における処理時期と処理濃度の違いが着果に及ぼす影響

処 理 区	着 果 数	着 果 率	着果のタイプ別着果割合			
			直 果	単生有葉果	総状有葉果	
開 花 前	無処理	7果	2.4%	14.3%	0.0%	85.7%
	GA50ppm	21	8.9	52.4	33.3	14.3
	GA100ppm	19	8.4	42.1	52.6	5.3
	GA400ppm	16	6.4	37.5	62.5	0.0
満 開 期	無処理	2	0.7	50.0	50.0	0.0
	GA50ppm	25	7.4	20.0	80.0	0.0
	GA100ppm	19	5.9	36.8	63.2	0.0
	GA400ppm	22	5.9	27.3	72.7	0.0
開 花 2 週 後	無処理	29	14.3	31.0	62.1	6.9
	GA50ppm	44	20.7	36.4	31.8	31.8
	GA100ppm	38	16.2	36.8	55.3	7.9
	GA400ppm	35	22.9	51.4	37.1	11.4

第2表 GA₃散布における処理時期と処理濃度の違いが果実品質に及ぼす影響

処 理 区	横径 (mm)	縦径 (mm)	果 形 指 数	一果重 (g)	果 実 比 重	果 肉 歩 合 (%)	糖 含 量 (Brix)	酸 含 量 (%)	糖 / 酸 比	果皮色 (色差計a値)	
開 花 前	無処理	66.1	47.0	140.8	105.9	0.896	79.7	13.8	1.27	11.2	26.9
	GA50ppm	66.4	50.1	132.6	110.6	0.913	80.4	14.2	1.21	11.9	28.6
	GA100ppm	65.2	48.7	134.2	102.7	0.915	80.4	13.6	1.21	11.7	28.6
	GA400ppm	64.3	48.7	132.2	100.5	0.908	80.5	13.9	1.17	12.0	27.7
満 開 期	無処理	64.2	44.3	144.8	95.3	0.910	81.8	13.5	1.36	10.3	26.8
	GA50ppm	64.2	45.4	141.6	96.2	0.917	80.9	14.3	1.20	11.1	27.0
	GA100ppm	63.0	44.9	140.6	92.9	0.911	80.3	14.1	1.24	11.6	27.5
	GA400ppm	60.2	42.9	140.8	79.9	0.910	79.3	14.1	1.21	12.0	27.6
開 花 2 週 後	無処理	64.6	45.4	142.5	99.8	0.908	80.1	13.9	1.39	10.4	28.4
	GA50ppm	64.7	46.2	140.7	101.9	0.919	79.3	13.9	1.34	10.8	28.1
	GA100ppm	64.4	45.8	140.7	97.7	0.912	79.1	13.8	1.35	10.6	28.0
	GA400ppm	62.1	45.9	135.7	92.1	0.906	77.5	13.6	1.30	10.9	28.4

試験2. GA₃の処理濃度および処理回数と結実促進

GA₃の低濃度散布が着果率に及ぼす影響をみると、いずれの処理においても無処理より高く、低濃度散布による結実促進効果が認められた。濃度では50ppm 散布の効果が高く、25ppm や10ppm 散布では着果率がやや劣る傾向が認められ、10ppm の3回散布や25ppm の2回散布を行っても、着果率は50ppm の1回散布には及ばなかった(第3表)。

花のタイプ別の着果率についてみると、GA₃散布区は無散布区に比べていずれのタイプにおいても良好で、特に単生の有葉花率が上がる傾向が認められた(第3表、第3図)。なお、複数回散布による結実促進効果は10ppm、20ppm とともにそれぞれ3回および2回散布区で高かった(第3表)。

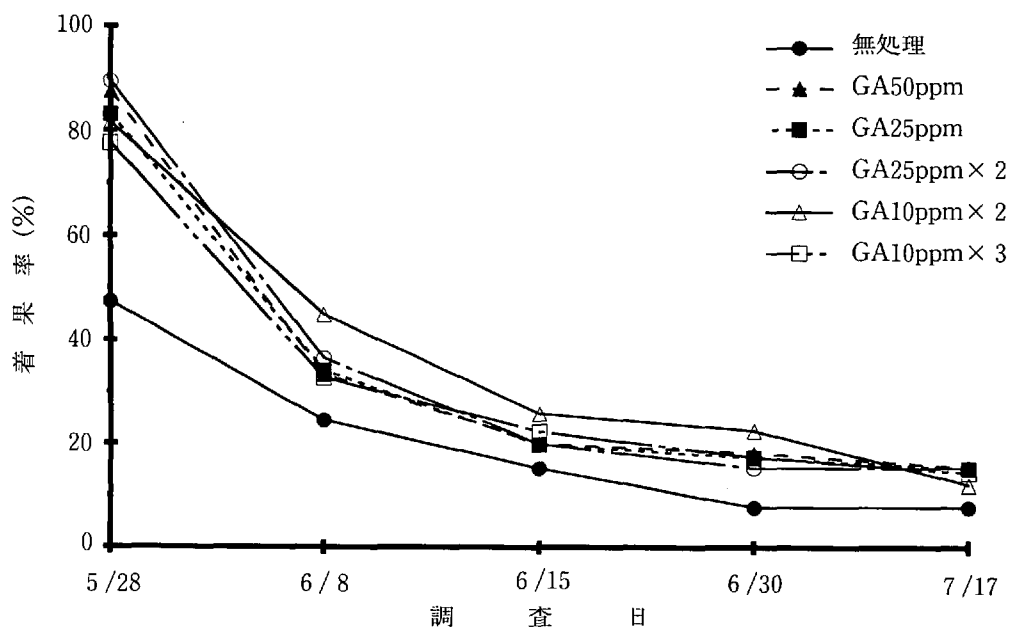
第3表 GA₃の低濃度処理と処理回数が着果率へ及ぼす影響

処理区	濃度	回数	散布日			着果率(%) ^{a)}			
			1回目	2回目	3回目	直果	有葉果(単) ^{b)}	有葉果(総) ^{c)}	総果
無処理	—	—	—	—	—	2.7	7.7	7.3	4.1
GA50ppm×1	50ppm	1	満開期	—	—	7.8	15.4	35.2	10.0
GA25ppm×1	25ppm	1	満開期	—	—	4.3	15.1	12.5	7.9
GA25ppm×2	25ppm	2	満開期	満開2週間後	—	6.4	18.1	33.3	8.5
GA10ppm×2	10ppm	2	満開期	満開2週間後	—	3.2	12.0	3.8	6.7
GA10ppm×3	10ppm	3	満開期	満開1週間後	満開2週間後	4.4	14.3	0	6.7

a) 1992年7月7日調査

b) (単) 単生有葉果

c) (総) 総状有葉果



第3図 GA₃の低濃度散布による単生有葉果の着果率の推移

試験3. 生理落果期における内生GA様物質の活性変化

供試した‘サガマンダリン’の着花数は‘興津早生’と比較して明らかに多く、調査枝の平均で3~4倍であった。GA₃ 50ppm の開花盛期散布による着果促進効果については、試験1や試験2の結果と同様に認められ、直花、有葉花の別なく着果率が向上した(第4表)。

‘サガマンダリン’ と ‘興津早生’ の一次生理落果初期の6月3日における酢酸エチル (EA) 画分の内生 GA 活性をみると、いずれも5~10%に活性が認められ、15%の画分が抑制されて、再び20%~45%画分が高くなった。その後、二次生理落果終期の7月3日には‘興津早生’の35~40%画分の活性が高くなった。しかし、両品種の活性パターンには著しい差異は認められなかった。一方、‘サガマンダリン’のGA₃ 50ppm区では、散布後の活性が高まり、特に45%画分前後には無散布区の1.5倍もの活性が認められた。この画分はペーパークロマトグラフィーによるGA₃の溶出位置に相当した。1ヵ月後には、20~25%と35~40%の画分の活性が高くなり、45%画分の活性は低くなるが、なお多くの活性が残存していた(第4図)。

全画分における内生 GA 活性をみると、‘サガマンダリン’ と ‘興津早生’ の内生 GA 活性の差は認めら

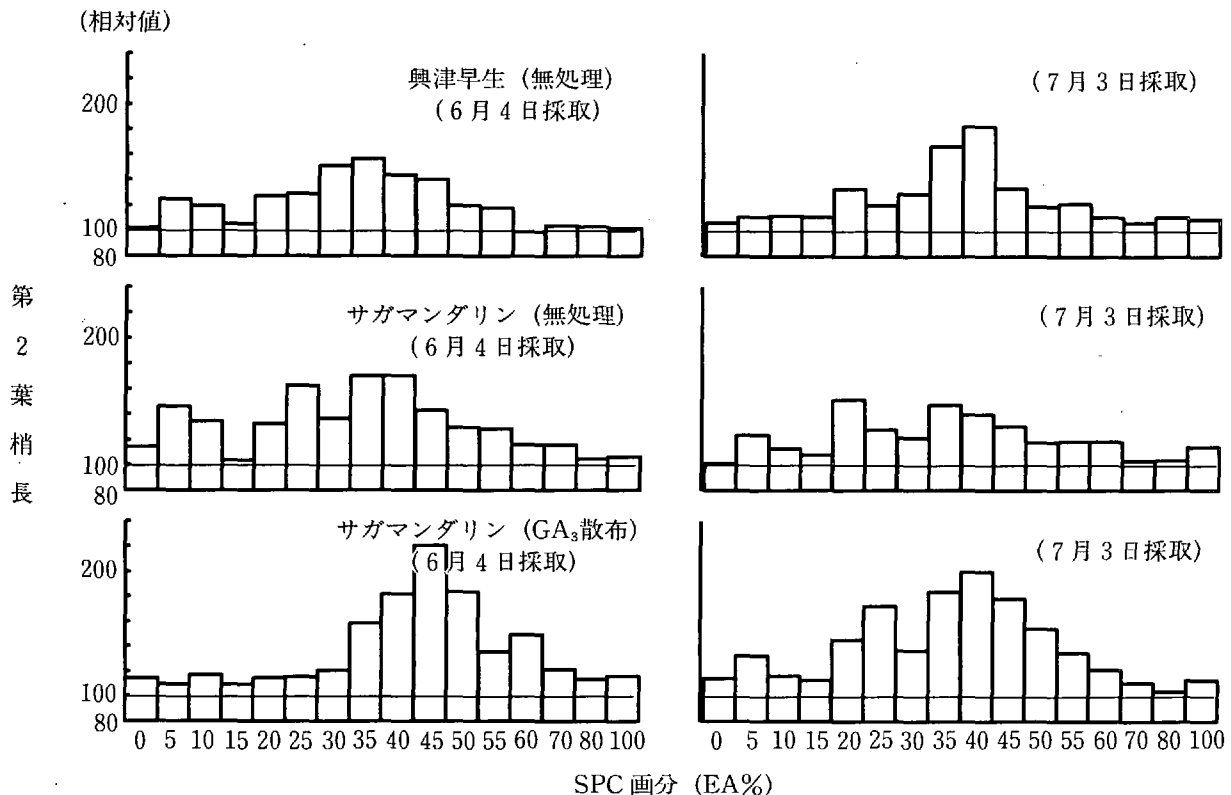
第4表 GA₃散布がサガマンダリンおよび興津早生の着果率に及ぼす影響

品 種	GA 処理	開花前の花・新梢数 ^{a)}				着 果 率 ^{c)}		
		新 梢	直 花	有葉花 ^{b)}	総着花	直 果	有葉果	総着果
興津早生	無	26.0本	90.9個	30.8個	121.6個	26.7%	58.1%	34.6%
サガマンダリン	無	11.3	331.5	145.5	477.0	2.7	9.5	3.4
				(37.5)				
サガマンダリン	50ppm	8.6	259.8	102.4	362.2	10.6	17.7	13.4
				(23.7)				

a) 1樹4側枝の平均

b) () は総状有葉花数

c) 7月6日調査

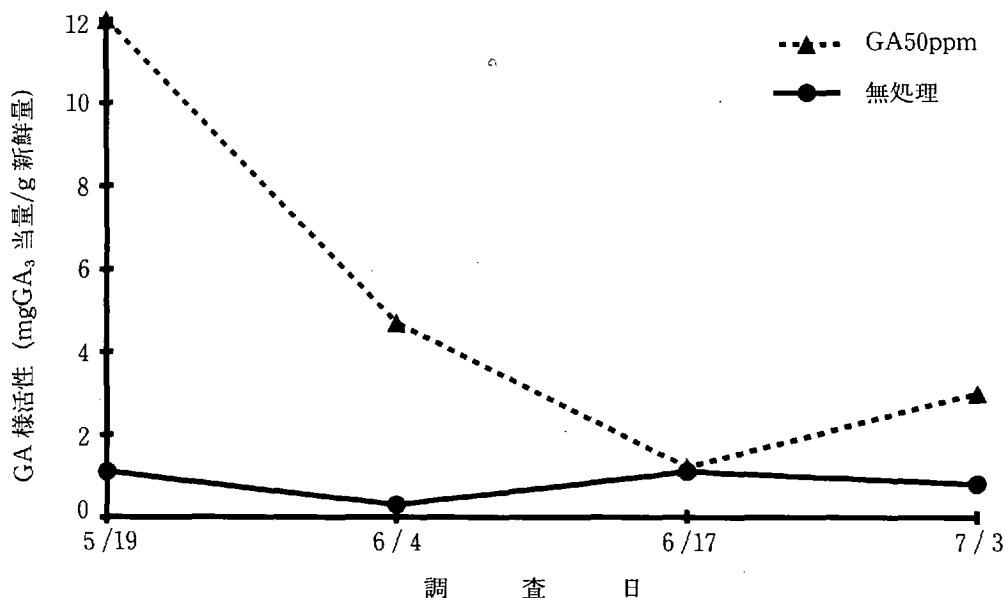


第4図 サガマンダリン(GA₃散布, 無処理)および興津早生(無処理)果実の内生 GA 活性パターン

第5表 サガマンダリンおよび興津早生果実の内生GA活性

品 種	GA 処理	6月4日採取		7月3日採取	
		果実重	GA 活性 ^{a)}	果実重	GA 活性
興津早生	無	0.45g	0.39	5.80g	0.63
サガマンダリン	無	0.15	0.82	2.05	0.31
サガマンダリン	50ppm	0.08	1.80	2.12	1.72

a) 単位=ngGA₃当量/g 新鮮重



第5図 サガマンダリン(GA₃散布, 無処理)果実の内生GA活性

れなかった。しかし、‘サガマンダリン’に対してGA₃50ppmを散布すると、6月4日および7月3日の内生GA活性は無処理より明らかに高かった(第5表)。

前述の内生GA活性が高かった20~50%を一括分画して、‘サガマンダリン’の生理落果期間におけるGA活性の推移をみると、無処理の果実は6月4日でやや低かったが、調査期間中はほぼ一定であった。しかし、GA₃を散布した果実は、散布直後の5月19日には無処理の果実の約12倍と高い活性を示した。その後、活性は低下したが、散布後14日経過した6月4日でも無処理に比べて約5倍と高かった。なお、6月17日以降の活性は無処理に近づく傾向が認められた(第5図)。

考 察

カンキツ類の花や幼果では開花期から落果期にかけて、オーキシシン、サイトカイニン、ABA等の植物ホルモン活性が高くなる傾向が認められている。さらに、ジベレリンもこの時期に活性のピークがみられる^{5,6)}。これら植物ホルモンの活性増大がカンキツ類の開花、結実に大きく関与していることは多くの研究から認められているところであり、西浦ら¹²⁾は‘ネーブル・オレンジ’の幼果期にGA₃の500ppm溶液を果実に散布することにより、高い結実促進効果を得ることを報告している。本試験においても、‘サガマンダリン’に対してGA₃溶液を開花期から生理落果期に散布することにより結実促進効果が認められた。しかし、GA₃の処理濃度については、50, 100, 400ppmの範囲では結実率に大きな差異は認められないことから‘サガマンダリン’の結実促進処理においては、‘ネーブル・オレンジ’の場合ほどの高濃度散布は必要でないことが

明らかとなった。また、処理時期については果実品質が劣る総状花序の着果が増加するため、酸含量が高くなりやすい満開2週間後散布よりも、品質的に優れている単生有葉果の着果が増加する満開期散布の方がより有効であると思われた。

実用技術としての普及を考えた場合は経済性が問題となるため、50ppm以下の低濃度散布（10ppmの2～3回散布および25ppmの1～2回散布）を行った結果、いずれの散布区においても結実促進効果は認められたが、50ppmの1回散布の効果には及ばなかった。このようにGA₃の散布濃度が低下するにつれて結実促進効果が劣る傾向は、山本¹³⁾による‘ヒュウガナツ’における試験においても認められており、本試験においても同様の結果が得られた。最終的な結実状況からみると、‘サガマンダリン’の結実促進に対する実用的な処理濃度および回数としては、50ppmの1回散布が有効であると判断される。

西浦¹²⁾らは着色前のウンシュウミカンに対するGA₃散布は、収穫期の着色を遅延させる傾向を認めている。しかし、本試験の場合にはGA₃散布が果皮色（色差計a値）に及ぼす影響は認められなかった。これは、本試験のようにGA₃の散布時期が開花期から生理落果期にかけての果実生育の初期であれば、成熟時の内生GA活性が低くなり収穫時の果実品質には影響ないものと考えられた。なお、本試験においては収穫時の酸含量に差異が認められ、GA₃散布の酸含量が無処理に対して低くなっている。これは、無処理の場合に比べ、GA₃散布によって開花時期の早い花の結実が多かったためと推察される。中牟田¹⁴⁾によれば、‘サガマンダリン’はウンシュウミカンに比べて開花期間が長く、遅れ花が多いとしている。また、野方¹⁵⁾は開花時期が遅い果実ほど収穫時の酸含量が高くなる傾向を認めている。

カンキツ類の結実不安定要因として、岩垣⁴⁾はウンシュウミカンの生長停止果が生長果より明らかに内生GA活性が低いことを認めている。また、水谷⁷⁾や高木¹⁰⁾は有葉果が直果に比べて内生GA活性が高く、着果率も高いことを示している。更に、高木¹¹⁾は果実の第一次生理落果盛期に内生GA活性が最も高くなることを認めている。本試験の結果でもGA₃散布により‘サガマンダリン’の第一次生理落果期の内生GA活性が明らかに高まっており、実際の着果率も向上した。このことから、GA₃の散布により内生GA活性を高めることが結実促進に有効に作用していると考えられた。

謝 辞：本研究の実施に当たり、農林水産省果樹試験場口之津支場の後藤明彦博士より分析等について多大なご指導とご協力を賜った。ここに記して深く感謝を表す。

摘 要

1. カンキツ品種‘サガマンダリン’を用いて、植物ホルモンの一種であるGA₃の散布による結実促進効果、ならびに内生GA活性の推移について検討した。
2. 開花前、満開期および満開2週間後にGA₃の50, 100, 400ppmの溶液を散布処理した結果、いずれも結実促進効果は認められたが、散布濃度による差は判然としなかった。
3. GA₃散布が収穫時の糖含量および果皮色へ及ぼす影響は認められなかったが、散布により酸含量は低く、果実はやや小さくなる傾向が認められた。
4. GA₃の10, 25ppmを満開期以後に複数回散布した結果、無散布区と比較して結実促進効果は認められたが、50ppm1回散布より劣った。
5. 開花盛期のGA₃散布により、生理落果期間中の内生GA活性は無散布区の果実より明らかに高まり、果実の内生GA活性の消長は、第1次生理落果期間中は無散布果実に比較して、十数倍から数倍も高く保たれ、その後は無散布の果実に近づく傾向が認められた。

引用文献

- 1) Garcia-Luis, A., F. Fornes, A. Sanz and J. L. Guardiola. 1988. The regulation of flowering and fruit set in citrus. *Israel J. Bot.* 37: 189-201.
- 2) 岩堀修一. 1983. 柑橘における生長調整物質の利用. *植物の化学調節* 18: 26-37.
- 3) Tunbull, C. G. N. 1989. Gibberelins and control of fruit retention and seedlessness in Valencia orange. *Act. Hort.* 239: 335-339.
- 4) 岩垣 功・木原武士・後藤明彦・平井康市・田母神一夫. 1989. ウンシュウミカンの生理落果と幼果中の内生調節物質の変化. *園芸学会雑誌* 58別冊1: 34-35.
- 5) 後藤明彦・山根久和・高橋信孝・広瀬和栄. 1989. ウンシュウミカン幼果のジベレリン (GA) の同定. *園芸学会 雑誌* 58別冊2: 120-121.
- 6) 後藤明彦・岩垣 功. 1992. ウンシュウミカン結果枝及び発育枝の葉, 茎及び果実の発育過程におけるジベレリン (GA) 様活性. *園芸学会雑誌* 61別冊1: 58-59.
- 7) 水谷房雄・桜谷満一・李 三玉・天野勝司・日野 昭・門屋一臣. 1990. 宮内イヨの直花 (果) と有葉花 (果) における数種の内生植物ホルモン, 無機成分及び炭水化物含量の違い. *園芸学会雑誌* 59別冊2: 46-47.
- 8) 室伏 旭・横田孝雄. 1979. 植物ホルモンの分析法(1). *化学と生物* 17: 51-60.
- 9) 西島隆明・桂 直樹・山路博子. 1990. 高感度のジベレリン生物検定法 '改良点滴法' について. *植物の化学調整* 25: 124-130.
- 10) 高木敏彦・鈴木鉄男. 1985. ウンシュウミカン開花時における新梢及び母枝中のジベレリン様物質の活性. *静岡大学農学部研究報告* 35: 25-28.
- 11) 高木敏彦・富安章子・松島美登里・鈴木鉄男. 1989. ウンシュウミカンの果実及び枝葉中のジベレリン様物質の経時的変化. *園芸学会雑誌* 58: 569-573.
- 12) 西浦昌男・伊庭慶昭. 1964. カンキツに対するジベレリンの影響. *園芸試験場報告 B* 3: 27-48.
- 13) 山本末之. 1979. ヒュウガナツの単為結果誘起および果実肥大に関する研究. *宮崎大学研究報告* 25.
- 14) 中牟田拓史・野方俊秀・大藪榮典・柴田 萬・松崎重雄. 1988. カンキツ新品種 "サガマングリン" の育成経過とその品種特性について. *佐賀県果樹試験場研究報告* 10: 1-8.
- 15) 野方俊秀・大藪榮典. 1991. サガマングリンの着果状態と果実品質. *九州農業研究* 53: 206.
- 16) 中島貞彦・夏秋道俊・後藤明彦. 1993. カンキツ 'サガマングリン' に対するジベレリン A₃ 散布が着果に及ぼす影響. *九州農業研究* 56: 227.