

カンキツの花芽形成要因と植調剤による花芽調節技術

果樹試験場カンキツ部 高 原 利 雄

1. はじめに

カンキツ類は隔年結果性が強い方で、特にオレンジやナツミカンなどに比べると温州ミカンやウイルキングなどのマンダリン類は隔年結果性が強い。最近、温州ミカンの隔年結果性が大きな問題となっている。当年の着果量は翌年の着花量に大きく影響し、着果量が多いほど翌年の着花数は少なくなり、着果量が少ないほど翌年の着花量が多くなる。つまり、豊作年には着花数が多く着果量も多いため、翌年は着花数および着果量ともに少ない不作年になる。このようにカンキツの隔年結果は、着果過多などによる樹体内要因、あるいは気象条件などの影響により着花数が増減することにより引き起こされる。隔年結果を防ぐには基本管理を徹底することであるが、この着花数を制御できれば隔年結果を防げる可能性が大きい。カンキツの花芽分化を調節するための植物生育調節剤の利用研究は多く行われており、花芽分化を抑制し着花を減少する薬剤、逆に花芽分化を促進する薬剤が実用化している。また、これらの剤の作用機構についても研究が行われている。

そこで、温州ミカンを中心としたカンキツの花芽分化の要因および植物生育調節剤による花芽形成制御法について述べる。

2. カンキツの花芽分化時期

温州ミカンの花芽は、主に冬期に形成され、形態的花芽分化は研究者や調査地により多少異なるが、岩崎ら(1959)によると10月から3月中旬まで長い期間にわたっている。しかし、12月以前の花芽分化は非常に少なく、1月から多くなり3月上中旬が最盛期である。形態的な花芽分化の以前に生理的に花芽を形成する条件があり、この期間を生理的花芽分化期としている。

生理的花芽分化期の葉中内生ジベレリン(GA)含量は、9月下旬にかけて高まったのち、1月下旬まで減少する。内生植物ホルモンからはカンキツの生理的花芽分化時期は明らかにできていないが、摘葉や環状剥皮などの処理を行って翌年の着花数を調査する方法で判断されている。温州ミカンにおける環状剥皮や摘葉処理試験の結果から、温州ミカンの生理的花芽分化期は9月から冬期にかけて長期にわたっているが、10月から11月中旬にそのピークがあるとされている。また、冬期のジベレリン連続散布試験によると11月中下旬頃が花芽分化の転換期である。つまり、生理的花芽分化のピーク、あるいは転換期である11月中下旬頃までの樹体内条件が翌春の着花には重要といえよう。

3. 花芽分化の内的要因

1) 花芽分化と樹体栄養

カンキツの花芽分化は、着果量、収穫の早晚、

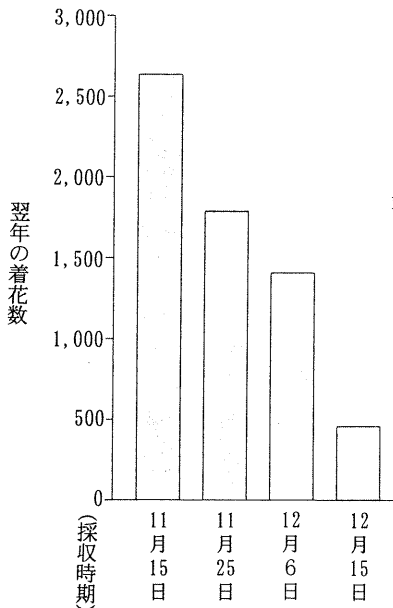


図-1 温州ミカンの採收時期の早晩と翌年の着花
(愛媛県試み予分場)

土壌乾燥、環状剥皮、摘葉、施肥量などによって著しく影響される。乾燥や環状剥皮処理などを行い、樹体や枝の炭水化物含量を高めると着花数が確実に増加するため、花芽分化には炭水化物の蓄積が極めて重要であるといえる。このようにカンキツの花芽分化には一定以上の炭水化物の蓄積が必要であるが、環状剥皮して炭水化物含量の多くなった枝にGAを散布すると、着花数が著しく少なくなることが認められているため、カンキツの花芽分化を促す樹体内の生理的条件は、炭水化物の蓄積のみでは説明できない部分がある。

2) 花芽分化と植物ホルモン

カンキツの花芽分化には樹体内栄養だけでなく、植物ホルモンの関与が明らかにされており、秋冬期にGAを散布すると翌春の着花数が減少し、新梢数が増加する。早期に収穫する極早生温州や極端な乾燥ストレスが付与された温州ミカンを除き、一般的に当年着果した果梗枝に

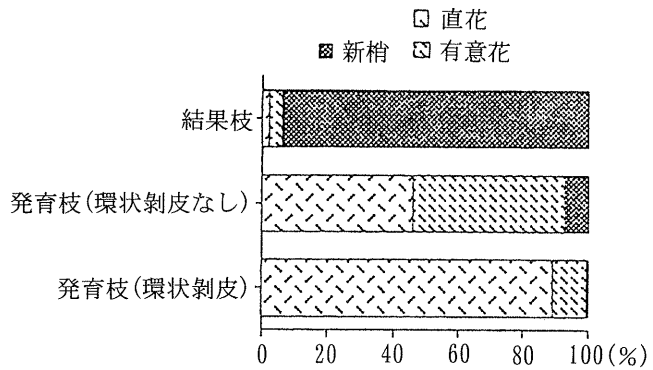


図-2 枝の種類と翌春の花芽形成との関係
(児下ら, 1996)

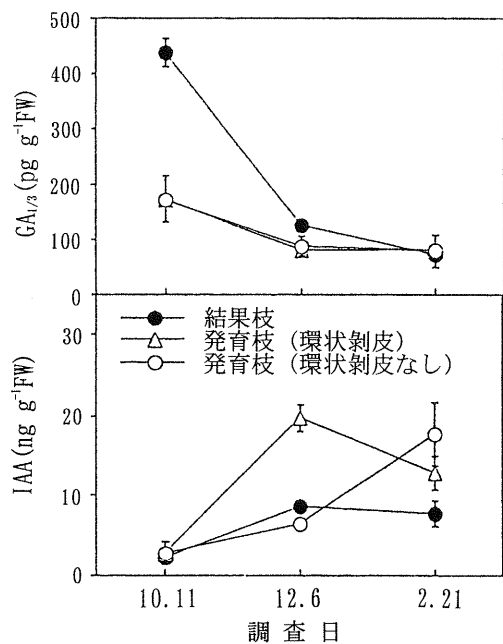


図-3 結果枝および发育枝の葉中GA_{1/3}, IAA含量の変化
(児下ら, 1996)

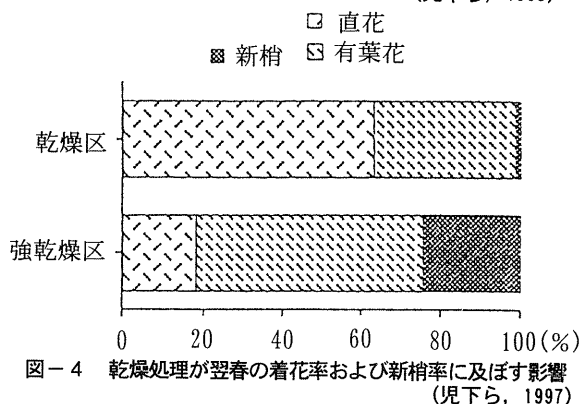


図-4 乾燥処理が翌春の着花率および新梢率に及ぼす影響
(児下ら, 1997)

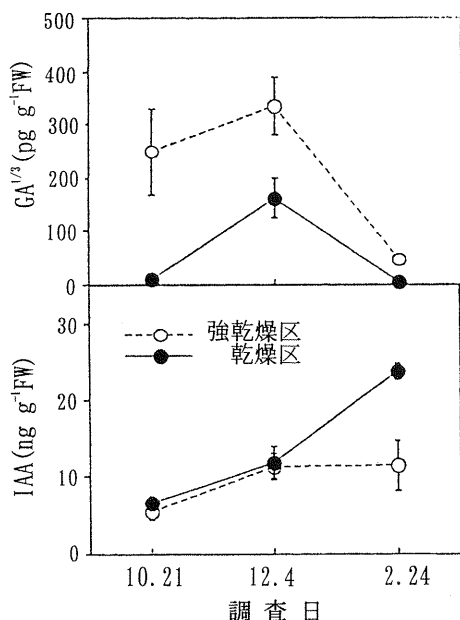


図-5 乾燥処理が葉中GA_{1/3}およびIAA含量に及ぼす影響 (児下ら, 1997)

は、翌春の着花は認められない。この果梗枝のGA含量は無着果枝（発育枝）に比べ高いことが明らかにされている。これは、果実からのGA供給によると考えられているが、リングでは有核果の着果量が多いと翌春の着花数が少なく、無核性品種では着果量が多くても花芽分化には影響しないとされている。温州ミカンで無着果枝に比べ果梗枝のGA含量が多いのは、果実からの供給も否定できないものの、栄養成分などの関係が大きいように思われる。すなわち、夏秋期に強い乾燥処理で秋期に落葉し翌春に着花数が少なかった樹の葉中GA含量は、適度の乾燥処理で落葉しなかった樹に比べ明らかに多いことが認められている。つまり、果実が着果していなくても早期に落葉などがあるとGA含量は多くなるようである。一方、秋冬期にGA生合成阻害剤であるトリアゾール系化合物のパクロブトラゾール (PBZ)、ウニコナゾール (UCZ)などを葉面散布すると着花数が増加することも明らかに

されている。

これらのことから、GAがカンキツの花芽分化を抑制することは明らかである。

着花抑制を目的として秋冬期に散布されるGAはGA₃であるが、カンキツには含まれていない。児下ら (1996, 1997) の試験で着花が少なかった果梗枝と落葉した樹の10月、12月における葉中のGAはGA₁であり、尾形 (1997) の着花が増加したPBZ処理や早期採収樹で差が認められたのはGA₂₀であったことから、カンキツの着花抑制にはGA₁、またはGA₂₀が関与しているものと考えられる。

‘川野なつだいだい’では、無着果枝に比べ着果枝の樹皮の可溶性蛋白質は明らかに少ないが、アミノ酸含量には差がない。また、無着果枝にGA₃を散布処理すると樹皮の可溶性蛋白質含量が急減し、アミノ酸含量も減少する。一方、レモン、ライム、四季橘などは着果量が少なく5月の開花時期だけでなく夏秋期にも着花する。また、‘不知火’は乾燥、低温などに関係なく、無着果樹や着果量が少ない樹で夏秋梢にしばしば着花が認められる。

これらのことから、カンキツの花芽分化はGAに影響されるが、塩可溶性蛋白質などが花芽分化に直接影響している可能性が高いようであり、今後の研究の進展に期待したい。

なお、カンキツにおいて冬期のGA散布で着花数が増加することもある。カンキツの実生には、播種後2年目に着花する幼樹開花現象がしばしばみられる。この幼樹開花特性を有する実生へGAを3月上旬に散布処理すると着花数が増加する。この現象はGAで花芽分化が促進されたというより、すでに花芽分化していたものがGA散布でアポーション（流産）防止された結果、着花数が増加したものと考えられる。

サイトカイニンとカンキツの花芽分化の関係は、温州ミカンのハウス栽培でサイトカイニン活性剤であるBAを発芽前に散布すると着花数が増加し実用化しているが、PBZなどで着花促進効果の高い時期にBAを散布処理しても着花数は増加しない。したがって、カンキツでは花芽分化にサイトカイニンの関与は不明である。

オーキシンは、温州ミカンで翌年着花が多い枝や樹で2月にIAA含量が増加する例はあるものの、冬期にエチクロゼートを散布しても着花数にはほとんど影響なかった。一方、冬期の2, 4-D散布がカンキツの着花数を減少させたという報告もあることから、オーキシンの花芽分化への関与は明らかでなく、あったとしても極めて小さいものと考えられる。

ABA (アブシジン酸) を葉面散布しても着花には影響のない例が多い。奥田 (1996) は天然型のABAをペースト状にして芽に直接与え、9月処理と2月処理で着花数が減少することを認めている。このことは、ABAは花芽分化に明らかに関与しており、しかも花芽分化を抑制的に作用する可能性を示している。

4. 植調剤による花芽分化の調剤

1) 花芽分化の抑制

植物生育調節剤でカンキツの花芽分化を抑制できることを明らかにしたのは、Monselise and Halevy (1964) がシャムーティオレンジにGA 200ppmを11月～1月に3～6回散布して、翌春の着花数が減少することを見いだしたのが始まりである。その後、バレンシアオレンジ、ネーブルオレンジ、クレメンティンマンダリン、温州ミカン、伊予柑などで確認されている。オーストラリアではバレンシアオレンジに5～6月 (我が国の11～12月) GA25～50ppmの2回散布

表-1 植物ホルモンとGA・マシン油乳剤の重複散布が‘木村早生’の着花に及ぼす影響 (高原ら, 1998)

処理	着 花 数			新梢数
	直 花	有葉花	合 計	
	個	個	個	本
Br + GA・M	1.2c	1.8b	3.0c	97.0a
Fg + GA・M	7.3c	22.3c	29.5c	77.3b
BA + GA・M	1.5c	9.0cd	10.5c	92.5ab
ABA + GA・M	4.0c	8.8cd	12.8c	93.5a
Br	20.8bc	47.5a	68.3b	39.5c
Fg	38.5b	43.0a	81.5b	28.8cd
BA	30.5b	55.0a	85.5b	25.8cd
ABA	27.8b	43.3a	71.0b	42.5c
GA・M	0.0c	2.5b	2.5c	99.0c
無処理	75.8a	39.0ab	114.8a	12.3b
有意性	**	**	**	**

注) ①Br: プラシノライド0.01ppm, Fg: エチクロゼート5ppm, BA: ベンジルアミノブリン100ppm, ABA: アブシジン酸100ppm, GA: ジベレリン50ppm, M: 97%マシン油乳剤100倍
②3年生‘木村早生’にBr, Fg, BA, ABAは10月2日, 10月26日, 11月15日の3回, GAとMは12月21日に1回散布し, 翌年5月9日に調査した。

が実用化している。我が国では伊予柑および温州ミカンに対して、GA25～50ppmの12月下旬～1月下旬、立ち木、枝別の1回散布が実用化している。

温州ミカンの着花の減少を目的としたGAの散布時期については、11月中・下旬、1月上旬、1月下旬～2月上旬、3月上旬～4月上旬などの諸説がある。極早生温州では、9月下旬～12月下旬散布で着花減少効果があり、散布時期よりも高濃度ほど効果が高かった。‘宮内伊予柑’では収穫直後の散布が明らかに効果が高かった。このように、試験場所、年次、品種などにより効果的なGA散布時期が異なっている。

オーストラリアで実用化しているバレンシアオレンジのGA散布時期は、我が国における花芽分化の転換期とされている11月中下旬とほぼ一致する。しかし、極早生温州や早生温州を除くと、この時期は収穫前である。温州ミカンや伊

予柑などでは、収穫前にGAを散布すると未着色果では緑色が残る、着色果では褐斑などの葉害が発生する。また、ほとんどのカンキツで散布時期が早いと糖度の上昇が抑えられ減酸が劣る。

したがって、‘宮内伊予柑’で明らかにされているように3月以降に収穫されるカンキツを除き、収穫直後のGA散布が最も効果が高いものと考えられる。

カンキツの花芽分化抑制のため散布されるGAは、高濃度ほど、散布水量が多いほど効果が高いが、GAは高価なため利用し難い面がある。一方、マシン油乳剤の冬期散布は、カンキツの着花数を減少させることが知られていた。このマシン油乳剤とGAを混合して散布すると、GA単用に比べ明らかに着花数が減少する。マシン油乳剤は浸透性があり、展着効果も高い。マシン油乳剤を散布すると光合成が2週間程度抑制され、3週間程度呼吸が高まることから、GAとマシン油乳剤を混用散布することにより、GAの浸透性が高まり着花抑制効果が助長されるものと考えられる。マシン油乳剤は、97%剤の100倍程度が落葉もほとんどなく効果が高い。

植物ホルモン剤などによるカンキツの着花抑制効果は、GA以外ではABAで報告されているものの、秋冬期の散布ではほとんど効果がない。また、ブラシノリド、BA、エチクロゼートなどの秋冬期散布もほとんど効果がなかった。

以上のことから、現在、カンキツの花芽分化を抑制する目的で利用できる植物生育調節剤は、GAの効果が最も高い。GAの着花抑制作用は、マシン油乳剤の混用で更に効果が高くなる。硝安又は尿素をGAなど植物生育調節剤と混用散布すると、効果が高まるようなので検討する必要がある。

2) 花芽分化の促進

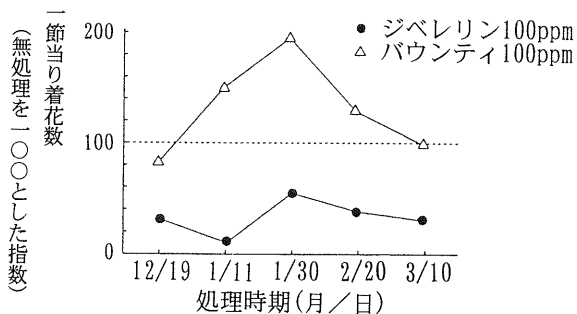


図-6 温州ミカン“杉山温州”に対するジベレリンおよびバウンティの処理時期と着花量 (尾形, 1997)

リンゴ、ナシなどでは、GA生合成阻害物質のクロルメコート (CCC)、ダミノジット (SADH) で着花数が増加する。カンキツでは、CCC、SADHともに着花数が増加した例と、全く効果がなかった例とがある。

同じGA生合成阻害剤でもトリアゾール系物質のPBZ、UCZ、シクロヘキサトリオン系化合物のプロヘキサジオン-Caは、カンキツでわい化効果があり、これらの秋冬期1000ppm散布処理により着花促進効果が認められ、PBZの冬期1回散布が温州ミカンで実用化している。尾形 (1997)によると、温州ミカンの着花促進には、1月散布の効果が高く、PBZは100~1000ppm、UCZは100ppm、プロヘキサジオン-Caは300~

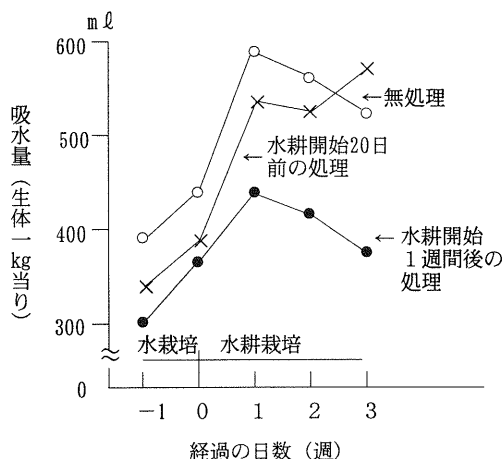


図-7 エチクロゼート処理が樹の吸水量に及ぼす影響 (真子ら, 1984)

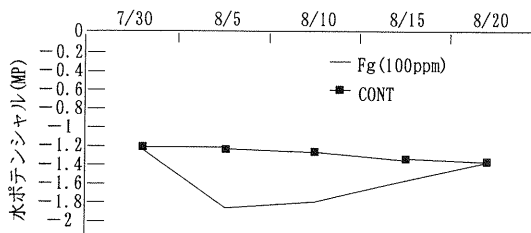


図-8 Fg(エチクロゼート)散布による‘木村早生’の葉の水ポテンシャル(ΨMin)の推移
(高原ら, 1998)

表-2 高接ぎ2年目‘中野3号’ポンカン実生に対する植物生理活性物質の着花促進効果
(高原ら, 1998)

処 理	100葉当たりの着花数			100葉当たり 新梢数
	直花数	有葉花数	全花数	
	個	個	個	本
Fg ^z	20.2a	38.6b	58.8b	50.1b
PBZ ^y	13.2b	41.7ab	54.9b	48.2b
FB+PBZ	22.0a	50.8a	72.8a	38.2b
無処理	6.2c	19.6c	25.8c	78.5a
有意性	**	**	**	**

^z: Fg(エチクロゼート)200ppmを10月2日, 10月22日, 11月9日に散布

^y: PBZ (バクロブトラゾール)は1000ppmを12月17日, 1月27日に散布

1000ppmの濃度範囲で着花促進効果を認めている。

温州ミカンでは, 夏秋期が激しい干ばつ年の翌春は, 着花数が著しく多くなり全国的に豊作年になる。このように夏秋期に乾燥, あるいは地中を冷やして発根を抑え, 樹体へ水分ストレ

スを付与することにより翌春の着花数が増加する。エチクロゼートは, カンキツの摘果, 浮き皮軽減, 着色・熟期促進, 糖度向上, 発芽抑制, 発根抑制・促進効果などが認められている。温州ミカンへ6～8月に散布すると, 発根, 吸水・吸水が2～3週間抑制され, 熟期促進, 品質向上につながっているとされている。このことから, カンキツにエチクロゼートを散布すると樹体に水分ストレスが付与されることが予想された。

そこで, かんきつの花芽分化を促進させる目的で, 夏秋期にエチクロゼート100～200ppmを2～3回散布した結果, 散布後2～3週間日中の水ポテンシャルが無処理より低下し, 翌春の着花数が増加した。それに加え冬期にPBZ, UCZなどを2～3回重複散布したところ, エチクロゼートの単用, PBZ, UCZの単用処理に比べ, 着花数が更に増加した。すなわち, 夏秋期のエチクロゼート散布により樹体に水分ストレスが付与されて樹体内へ同化生産物の蓄積が増加し, 花芽分化が促進されたものと考えられる。それにPBZやUCZを重複散布したため, 相乗的に着花数が増加したものと推察される。

一方, カンキツの発芽後, 新梢長が5～10mm時にPBZまたはUCZを散布すると新梢長が短くわ

表-3 発芽期のバクロブトラゾール散布が“白川”の新梢長, 着花(果)後, 着果率に及ぼす影響
(北園ら, 1998)

処理区	新梢長 (比数)	節間長 (比数)	1 母枝当たり		着果率 (比数)
			着花数 (比数)	着果数 (比数)	
	cm	mm	個	個	%
250倍	9.3 (59.2)	1.25 (62.2)	5.33 (98.2)	0.89 (136.9)	16.62 (138.7)
500倍	9.7 (61.8)	1.44 (71.6)	5.85 (107.7)	1.19 (183.1)	20.34 (169.8)
1000倍	10.6 (67.5)	1.59 (79.1)	5.38 (99.1)	1.04 (160.0)	19.26 (160.8)
無処理	15.7 (100)	2.01 (100)	5.43 (100)	0.65 (100)	11.98 (100)

注) 処理日; 1998年4月7日

なる。この新梢のわい化と生理落果防止には、PBZが実用化しており、産地では高糖系温州などに利用されている。この時期の散布でわい化、生理落果軽減効果はあるものの、これが直に花芽分化へ関与しているとは考えにくい。温州ミカンでは、長く太い枝に比べ短く細い枝の方が冬期のGA含量が少なく、翌春の着花数は多いことから、PBZなどで新梢をわい化させることにより、翌春の着花数を増加させることができるようである。

5. おわりに

温州ミカンの隔年結果が著しく、それに伴い価格も同様に大きく変動していることから、隔年結果の防止が大きな課題となっている。カンキツの隔年結果は、年間を通じて基本管理を徹底すると共に、樹体や気象条件などに応じて総合的な対策を行う必要がある。ただし、カンキツの収量は着花数が大きく影響していることから、花芽分化の調節が重要であるといえる。カンキツの花芽分化は栄養的要因と植物ホルモンの要因があり、植物生育調節剤である程度は制御できるようになってきた。

したがって、これらの植物生育調節剤を有効に、効率的に利用していくためには、花芽分化制御のメカニズムをより詳細に解明しなければならないと同時に、樹体条件や気象条件に応じた効果的な利用法を開発していく必要があろう。

6. 参考文献

- Chan and Cain, 1967. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 91 : 63-68.
- Deidda and Agabbio, 1977. Proc. Int. Soc. Citriculture. 2 : 688-692.
- 福島栄二・比嘉照夫. 1966. 園学要旨. 昭41秋 : 61-62.
- Guardiola et al., 1977. Proc. Int. Soc. Citriculture. 2 : 696-699.
- Guardiola et. al., 1982. Physiol. Plant. 55 : 136-139.
- 平井康市. 1992. 大阪府大学位論文 : 1-248.
- 広瀬和栄. 1968. 園試報. B8 : 1-11.
- 井上 宏. 1989a. 園学雑. 58 : 75-82.
- 井上 宏. 1989b. 園学雑. 58 : 581-585.
- 岩堀修一. 1983. 植物の化学調節. 18 : 26-37.
- Iwahori, 1978. Proc. Int. Soc. Citriculture. : 263-270.
- Iwahori and Oohata, 1981. Proc. Int. Soc. Citriculture. : 247-249.
- 岩崎藤助ら. 1959. 東海近畿農試研報. 園芸部. 5 : 36-50.
- 北園邦弥ら. 1998. 園学九州研究集録. 8 : 22-23.
- 児下佳子ら. 1996. 園学雑. (別2) : 206-207.
- 児下佳子ら. 1997. 園学雑. (別2) : 176-177.
- Luckwill, 1970. In Physiology of tree crops. p237-253. Lukwill and Cutting, (eds.). Academic Press, London.
- 根角博久. 1995. 果実日本. 50(3) : 78-79.
- 真子正史・広部 誠. 1984. 神奈川園試研報. 31 : 10-15.
- Monselise and Halevy, 1964. Proc. Amer. Soc. Hort. Soc. 84 : 141-146.
- Monselise and Goldschmidt, 1981. Proc. Int. Soc. Citriculture 1 : 239-242.
- Monselise et. al., 1966. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 89 : 195-198.
- Moss, 1971. Aust. J. Agric. Res. 22 : 625-629.
- Moss and Gallasch, 1977. Proc. Int. Soc. Citriculture, 2 : 704-708.
- Moss and Bevington, 1978. Proc. Int. Soc.

- Citriculture. 260.-263.
 村井泰広ら. 1989. 園学雑. 58 : 69-73.
 村井泰広ら. 1992. 園学雑. 60 : 833-837.
 尾形凡生. 1997. 大阪府大紀要. B. 49 : 67-109.
 奥田 均. 1996. 大阪府大学位論文 : 25-34.
 大垣友昭ら. 1966. 園学要旨. 昭41秋 : 59-60.
 大崎 守・佐宗久雄. 1942. 園学雑. 13 : 24-29.
 坂本 等ら. 1999. 園学九州研究集録. 7 : 3.
 高木敏彦ら. 1989. 園学雑. 58 : 569-573.
 高原利雄ら. 1998. 園学九州研究集録. 6 : 21-22.
 高原利雄ら. 1990. 果樹試報. 18 : 77-89.

新刊

— 中国雑草原色図鑑 —

A 4 判/424頁/掲載草種800種/カラー写真3100余点使用
 企画・編集/財日本植物調節剤研究協会・中華人民共和国農業部農業検定所
 発売/全国農村教育協会 本体価格 22,000円
 (日本図書館協会選定図書)

本図鑑は中国の水田・畑地・樹園地・非農耕地に発生する雑草800種を取り上げ、中国各省の試験研究機関の雑草研究者が4年の歳月をかけて撮影し、併せて、日本との共通種については、日本側でも撮影するとともに、数回にわたって中国の現地撮影を行って集めた写真を使用し、解説は中国側は中国雑草学会会長を編集総括者として、試験研究者、大学教授などが中国文を執筆し、日本文、英文は日本側が担当して編集した、日・中の共同制作による図鑑である。

800種の雑草の内、日本名のあるものが約6割で、4割は日本名の無い中国独特の雑草で、珍しい雑草が多く収録されている。これだけの種類を1冊の図鑑にしたのは、今までに例がない。

● ● 特色 ● ●

- ① 中国の耕地雑草の殆どが収録してあるので、日本の雑草及び除草剤研究者の待望の図鑑である。
- ② 1草種につき、幼植物・生育期・花期・果実・種と生育段階の写真を2～6点使用し、雑草を各時期で判別出来る。
- ③ 生育場所、生態及び形態を中国語、日本語、英語で解説してあるので、広範囲の国で利用できる。
- ④ 中国雑草名を音節で表記してあるので、中国の呼び名が分かる。また、和名のあるものは併せて和名を表記した。
- ⑤ 分布、「生活型」を全部に記載したので、生態的にも貴重な資料となる。
- ⑥ 薬用(適応症)、飼料、土壤保全性など利用面等を、用途として記載してあるので、漢方薬、雑草利用の面でも利用できる。
- ⑦ 珍しい雑草が掲載されているので、遺伝資源の研究にも役立つ。

申込み先……全国農村教育協会 東京都台東区台東1-26-6 〒110-0016
 電話 03-3833-1821 FAX 03-3833-1665