

新梢成長の制御

— 生育調節剤による節間伸長の抑制 —

独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構 果樹研究所
果実鮮度保持研究チーム 中村ゆり

果樹の栽培では、整枝・剪定、受粉、摘果、袋掛け、収穫等に多大な労力が必要とされる。特に立木仕立てで栽培される喬木性の樹種では、脚立を必要とする作業が多く、労働負荷が大きい。このため、高所作業を少なくして安全かつ作業効率の良い省力的な果樹栽培を行うために、新梢の成長を抑制しコンパクトな樹形を維持する樹体のわい化技術が求められている。また、果樹は永年性の作物であり、連年安定して生産を続けるためには生殖成長（果実の生産・花芽の形成）と栄養成長（新梢伸長等）のバランスを取りながら樹体管理をすることが重要である。樹勢が強く徒長枝が多発すると、新梢と果実との間で養分競合やホルモンバランスの乱れが生じ、果実の肥大が阻害されたり、生理落果が増大して収量が低下するなど、当年の果実生産に影響を及ぼす。さらには、新梢の伸長停止が遅れて花芽形成が不良となり、翌年の果実生産にも影響を及ぼす。特に若木の間は、伸長成長が旺盛で花芽形成が起りにくく、生産性が上がらないことが経営上大きな問題である。このため、果実の肥大を促し果実品質や収量を確保し、花芽形成を促進するために、新梢の成長を制御する技術が必要とされている。

これまで、植物の成長抑制効果を持つ様々な生育調節剤が開発され、果樹類においても新梢伸長抑制剤としての利用が検討されている（山崎、

1989）。最も多く利用されているのはジベレリン生合成阻害剤であり、顕著な新梢の節間伸長抑制効果が認められている。その他にエチレン、高濃度のオーキシシン、オーキシシン作用阻害剤等にも新梢伸長抑制効果が認められている。以下、新梢伸長抑制効果のある生育調節剤について、その作用性とわが国における果樹での取り組みを中心に紹介する。

1) ジベレリン生合成阻害剤

ジベレリンは植物に対して顕著な成長促進作用を持つ植物ホルモンである。特に縦軸方向への成長を促進するため、植物にジベレリンを与え続けると茎部の節間が著しく伸長する。ニホンナシの熟期促進・果実肥大促進に使用されているジベレリン塗布剤（商品名：ジベレリンペースト）の使用目的に、ニホンナシの予備枝形成のための短果枝新梢伸長促進が近々追加される予定であるが、これはジベレリンの節間伸長促進効果を利用したものである（藤井ら、2006）。反対に、ジベレリン生合成阻害剤を処理すると、内性ジベレリンの生合成量が低下し、植物体内の活性型ジベレリンの濃度が低下するため、茎部の節間伸長が抑制される。この成長抑制効果は、ジベレリンの作用を阻害するものではなく、外生的にジベレリンを投与すると回復する。果樹の新梢にジベレリン生合成阻害剤を処理する

品名：フラスター）等のジベレリン生合成阻害剤は、この生合成段階に関与する酵素を阻害することによってジベレリンの生合成を阻害する。クロルメコート剤は、ムギ類の倒伏防止剤として世界中で最も多く使用されている植物生育調節剤の一つで、我が国においてもコムギの茎稈伸長抑制剤として農薬登録されている。果樹類では、リンゴ・セイヨウナシ・ブドウ等において古くから利用が検討され、我が国では特にブドウでの新梢伸長抑制と花震い防止効果について試験が行われたが、実用化には至らなかった（Isoda, 1989；内藤・石原, 1971；Naitoら, 1974；新美, 1978；Niimi, 1979.；岡本ら, 1977；関家ら, 1978；手塚ら, 1978；Sugiuraら, 1976；Tezukaら, 1980；宇都宮ら, 1978）。メピコートクロリド剤も、ブドウの新梢伸長抑制と花震い防止効果が認められ（Kangら, 1995；増子ら, 1999；佐藤ら, 1996；田口ら, 1997）、現在ブドウの新梢伸長抑制剤として農薬登録されている。

ジベレリン生合成の第2段階は、*ent*-カウレンから19位の炭素の3段階の酸化、7位炭素の水酸化、B環の縮合によりジベレリン骨格を持つGA₁₂-アルデヒド生合成までの段階で、小胞体に存在するチトクロムP-450系の1原子酸素添加酵素により触媒される。パクロブトラゾール剤（商品名：ボンザイ、バウンティ）、ウニコナゾールP剤（商品名：スミセブン等）、イナベンフィド剤（商品名：セリタード）などのトリアゾール系の植物わい化剤と呼ばれるジベレリン生合成阻害剤は、*ent*-カウレンから*ent*-カウレン酸までの3段階の酸化反応を触媒するカウレン酸化酵素の活性を阻害することにより、ジベレリンの生合成を阻害する。イナベンフィド剤はイネ科植物への作用が強いため、イネの節間

短縮による倒伏軽減剤として登録されている。パクロブトラゾール剤ならびにウニコナゾール剤は多くの単子葉、双子葉の草本、木本植物に対してわい化作用が認められることから（上野, 1989；泉ら, 1989）、イネの節間短縮による倒伏軽減の他、イチゴ、キャベツ等の育苗期の徒長防止、キク、ポインセチア等の花き類や観賞用花木類の伸長抑制による草姿制御、シバの伸長抑制等に幅広く利用されている。これらは植物の茎葉および根から吸収され、生育の盛んな部位に移行して作用することから、茎葉散布処理と土壌灌注処理のどちらでも効果が認められる。果樹類においても、パクロブトラゾール剤について多くの検討が行われ、カンキツ、リンゴ、ニホンナシ、モモ、オウトウ、ウメ、カキ、クリ等において、土壌処理・茎葉散布の両方で顕著な新梢伸長抑制効果や節間長の短縮効果が認められている（Aronら, 1985；Bausher・Yelenosky, 1986；文室・村田, 1990；Greenbergら, 1993；広瀬, 1989；今村・工藤, 1990；稲富ら, 2001；井上ら, 1989；岩垣, 1991；河瀬ら, 1985ab, 1986；北園・磯部, 1999；久米ら, 1992；真子ら, 1994；村井, 1992；野間ら, 1988, 1989；尾形ら, 1987, 1991；小原ら, 1988；小原・野間, 1985, 1986, 1987, 1988；小野, 1989；Quinlan, 1980；佐久間, 1988；佐藤・白田, 1990；佐藤ら, 1991；佐藤, 1995；新谷ら, 1986；高橋ら, 1992, 1995；高原, 1987；塚原・東城, 1986；塚原, 1989）。しかし、土壌処理については、効力の持続性が長く処理後数年間影響が残ることから、実用化されなかった。現在、パクロブトラゾール剤は、オウトウ、ウンシュウミカン、モモ、ヤマモモの茎葉散布による新梢伸長抑制剤として登録されている。ウニコナゾール剤についても、カ

ンキツ、モモ、ウメ、カキ等で検討が行われたが（広瀬，1989；岩垣，1991；河瀬ら，1985ab，1986；小野，1989；高原，1987），実用化には至らなかった。

ジベレリン生合成の第3段階は， GA_{12} -アルデヒド以降のジベレリン生合成段階で，細胞質に存在する2-オキソグルタル酸を共基質とする2原子酸素添加酵素により触媒される。高等植物においては，早期13位水酸化経路と早期非水酸化経路の2つの経路によって活性型ジベレリンが生合成され，さらに不活性型GAへと代謝される。植物によってどちらの経路が主要であるかは異なっており，ウンシュウミカンでは早期13位水酸化経路が，ナシでは早期非水酸化経路が主要経路であり，それぞれ GA_1 ， GA_4 が主な活性型ジベレリンであることが明らかになっている。この生合成過程の2原子酸素添加酵素を阻害するのがシクロヘキサジオン系わい化剤で，プロヘキサジオンカルシウム塩剤（商品名：ビピフル，カルタイム等），トリネキサバックエチル剤（プリモWSB等）等がある（中山，1990）。また，1960年代に開発され，広く利用されたダミノジッド（SADH，アミノザイド，商品名：ピーナイン）も化学構造上同じ生合成段階を阻害するとされる。ダミノジッドについては，リンゴ・オウトウのわい化剤としての効果が確認され，実用化された（Batjerら，1964；Filipovich・Rowe，1977；原田ら，1968；川村ら，1967；Luckwill，1968；三上ら，1967；鈴木・丹野，1969；塚原，1989）。ニホンナシについても徒長枝防止や花芽形成促進を目的に試験が行われたが（林・脇坂，1967；佐藤ら，1968），実用化には至らなかった。ブドウでは新梢伸長抑制ならびに花振るい防止を目的に多くの試験がなされ，実用化された（三好，1969；三好ら，1969；

内藤・石原，1971；中田ら，1968；柴，1989；Tezukaら，1980）。しかし，アメリカにおいて発癌性の問題が大きく報道されたため，平成元年に食用作物への適用が禁止され，現在は使用できない。プロヘキサジオンカルシウム塩剤については，イネの節間短縮による倒伏軽減の他，イチゴ，キャベツの徒長防止目的でも用いられている。果樹においては，米国でリンゴの新梢伸長抑制剤として利用されている。我が国においても，ニホンナシ，ウンシュウミカン，カキ，モモ（岩垣，1991；松村ら，1992）などで新梢伸長抑制効果が認められているが，実用化はされていない。

2) エチレン誘導剤

エチレンは成熟を促進するホルモンとして知られているが，植物の伸長抑制も引き起こす。エチレンには，細胞を横軸方向に肥大させる作用があり，新梢に散布すると，頂芽の成長が停止して頂芽の離脱等が生じる摘心効果により，新梢伸長を抑制する。しかし，エチレンは成熟・老化を引き起こすホルモンであるため，葉の光合成に対しては阻害的な影響が認められ，葉が黄化したり，離層形成を促進して葉や果実の脱落を助長する場合もある。エチレンは気体であるため，農業用には植物に吸収されてエチレンを発生するエテホン剤（商品名：エスレル）が使用されており，ムギ類やトウモロコシでは，伸長抑制による倒伏軽減剤として農業登録がなされている。果樹類では，リンゴ，ブドウ，オウトウ，ウメ等において，新梢成長を抑制する効果があることが確認されている（Byersら，1976；紀平，1979；紀平・瀬野，1980ab；柴，1989）。しかし，オウトウでは新梢表皮に亀裂が生じることやウメでは生理落果を助長することから実用化には至っていない。現在，エテホン剤は，ブ

ドウ（巨峰）の花振るい防止の目的で登録されているが、これは新梢伸長の抑制をはかり、果実への養分の分配を高めることによる効果である。

3) オーキシシン剤

オーキシシンは、茎頂分裂組織のような細胞分裂・成長の盛んな組織に多く分布する植物ホルモンで、茎の伸長成長や維管束の分化を促進し、頂芽優勢を維持する役割を持つ。植物の器官によって最適濃度が異なっており、茎の伸長成長に最適な濃度は根の伸長成長を阻害する。また、植物の種類によっても最適濃度は異なり、双子葉植物の生長を阻害する濃度では単子葉植物の生長は阻害されないことを利用して、水田用の除草剤として利用されている。最適濃度域より高濃度のオーキシシンが植物の成長を阻害するのは、高濃度のオーキシシンによりエチレン生成が誘導され、発生したエチレンにより植物の伸長成長が抑制されるためである（禿・平井, 1982）。天然オーキシシンであるIAAは不安定で容易に分解されてしまうため、農業用には分解しにくい合成オーキシシンである2,4-D, NAA等が用いられる。果樹では、エチクロゼート（商品名：フィガロン）について、カンキツの新梢伸長抑制剤ならびに夏秋枝の発芽抑制剤としての利用が検討され（広瀬, 1989; 禿・平井, 1982; 北園ら, 2000, 2001; 白石ら, 1986; 杉原・池野, 2005）、実用化された。また、かつてカンキツにおいて摘果剤として利用されていたNAAも夏秋梢発芽・伸長を抑制する効果を示すことから（比嘉, 1975; 杉原, 2006）、現在再登録に向けた実用化試験が行われている。

4) オーキシシン作用阻害剤

オーキシシンによる頂芽優勢は、頂芽の分裂組織で生産されたオーキシシンが極性移動し、側芽

のサイトカイニン合成を抑制して側芽の成長を抑えることによると考えられている。マレイン酸ヒドラジド剤（MH, 商品名：エルノー）、トリヨード安息香酸（TIBA）等のオーキシシン作用阻害剤は、オーキシシンの極性移行を阻害することによって頂芽のオーキシシン濃度を高め、その結果誘導されるエチレン発生によって、伸長抑制効果を示すものとされている。果樹においては、カンキツ・ニホンナシ・モモ・ブドウ等でマレイン酸ヒドラジド剤の新梢抑制効果が検討された（広瀬, 1989; 岩垣, 1991; 河瀬ら, 1983, 1985a; 小野, 1989）。しかし、ニホンナシやモモでは効果が十分でなかったり、徒長枝での効果が弱い例等もあり、実用化されなかった。一方、カンキツの夏秋梢の発芽抑制や伸長抑制、ブドウ、キウイフルーツの摘心効果による新梢伸長や二次伸長抑制に対しては安定した効果が認められ（小原ら, 1990, 1991; 桜井ら, 1991）、実用化された。しかし、薬剤劣化にともない毒性のある遊離ヒドラジンが増加することから、平成14年に食用作物への使用が禁止され、現在は使用できない。TIBAについても検討が行われたが、しだれ枝になること等から実用化はされていない（Baldini ら, 1973）。

5) その他

近年、新たな植物ホルモンであるブラシノステロイドの研究が進展している（浅見ら, 2001）。ブラシノステロイドは植物で初めて発見されたステロイドホルモンであり、植物に対して成長促進作用を示し、特に節間伸長を促進する。同様に節間伸長を促進するジベレリンとは相加的に作用するが、ジベレリン生合成が阻害された突然変異植物にブラシノステロイドを投与しても回復しないことから、独立に作用していると考えられている。このブラシノステロ

イドの阻害物質として発見されたのがブラシナゾールであり (Asami ら, 2000 ; Min ら, 1999), シロイヌナズナ等の実験植物で顕著な節間伸長抑制が認められている。しかし, まだ研究段階にあり, 農業的な利用は今後の課題である。また, 最近ジベレリンの受容体が明らかにされたが (Ueguchi-Tanaka ら, 2005), このような研究がさらに進展することによって, 新たな伸長抑制剤等の開発に繋がることが期待される。

我が国において果樹の新梢伸長抑制剤として登録のある生育調節剤 (2007年9月現在) につ

いて, 樹種毎に表-1に取りまとめた。現在, 使用可能な生育調節剤はパクロブトラゾール剤, メピコートクロリド剤, エチクロゼート剤, エテホン剤の4種類と少なく, 対象樹種も極めて限られている。近年, 果樹の生産現場では担い手の急激な高齢化が進み, 管理作業の省力化・軽労化が喫緊の課題となっている。また, 今後の果樹産業の発展のためには, 省力化・軽労化を進めて規模拡大を図ることが不可欠である。このため, 整枝・せん定や新梢管理の省力化・軽労化をはかる有力な手段として, 生育調節剤を用いた新梢伸長制御技術に対する生産者の期待は大きい。一方, 地球温暖化によって50年後には

表-1 果樹の新梢伸長抑制のための植物生育調節剤の登録状況. 2007.9 現在

樹種名	農薬の種類(成分濃度)	農薬の名称	使用目的	使用時期	使用回数	希釈倍数	使用液量	使用方法
温州みかん	パクロブトラゾール水和剤 (21.5%)	バウンティフロアブル	新梢伸長抑制	新梢発芽前(1月下旬)～新梢発芽5mm以下(春期)	1回	250～500倍	200～300L/10a	茎葉散布
	エチクロゼート乳剤 (20.0%)	フィガロン乳剤	夏秋梢伸長抑制	新梢萌芽期 但し, 収穫130日前まで 新梢萌芽期 但し, 収穫14日前まで	1～2回 (1000倍希釈散布は1回以内)	1000倍～2000倍 2000倍	葉先からしたたりはじめる程度(250～500L/10a)	立木全面散布
きんかん かんきつ(温州みかん, きんかんを除く)	エチクロゼート乳剤 (20.0%)	フィガロン乳剤	夏秋梢伸長抑制	新梢萌芽期 但し, 収穫60日前まで	1～2回	1000～2000倍	葉先からしたたりはじめる程度(250～500L/10a)	立木全面散布
もも	パクロブトラゾール水和剤 (21.5%)	バウンティフロアブル	新梢伸長抑制	満開後3～12週間(但し収穫14日前まで)	4回以内	1000～2000倍	200～300L/10a	茎葉散布
おうとう	パクロブトラゾール水和剤 (21.5%)	バウンティフロアブル	新梢伸長抑制	満開後3～6週間(但し収穫14日前まで)	2回以内	1000～2000倍	200～300L/10a	茎葉散布
				収穫後(8月下旬まで)		1000倍		
ぶどう (2倍体欧州系品種)	メピコートクロリド液剤 (44.0%)	フラスター液剤	着粒増加(有核)新梢伸長抑制	新梢展開葉7～11枚時(開花始期まで)	1回	1000～2000倍	100～150L/10a	散布
ぶどう [デラウエア以外の2倍体米国系品種・3倍体品種・巨峰(施設栽培)・巨峰以外の巨峰系4倍体品種]						500～800倍		
ぶどう [巨峰(露地栽培)]						1000倍	300L/10a	
ぶどう [デラウエア(施設栽培・露地栽培)]	メピコートクロリド液剤 (44.0%)	フラスター液剤	新梢伸長抑制	新梢展開葉7～11枚時(開花始期まで)	1回	800～1000倍	100～150L/10a	散布
ぶどう [デラウエア(露地栽培)]						1500～2000倍	200～250L/10a	
ぶどう [巨峰(露地栽培)]	エテホン液剤 (10.0%)	エスレル10	花ぶるい防止	新本葉6～7枚展葉時	1回	6000倍	100L/10a	立木全面散布
やまもも	パクロブトラゾール水和剤 (21.5%)	バウンティフロアブル	新梢伸長抑制	新梢伸長開始期又は剪定後新梢伸長開始期(但し収穫の前まで)	1回	500倍	200～300L/10a	茎葉散布

平均気温が2度上昇すると予測され、新梢の過繁茂、生理落果の増大、果実品質の低下、花芽形成の不良等様々な影響が生じることが懸念されている。生育調節剤を用いた新梢伸長制御技術は、高温環境下での樹体管理の切り札となりうることから、より使いやすく効果的な生育調節剤や処理技術の利用・開発が求められている。

引用文献

- Aron, Y., S. P. Monselise, R. Goren, J. Costo. 1985. HortScience. 20(1):96-98
- Asami, T., Y. K. Min, N. Nagata, K. Yamagishi, S. Takatsuto, S. Fujioka, N. Murofushi, I. Yamaguchi, S. Yoshida. 2000. Plant Physiol. 123:93-100
- 浅見忠男・関亦克彦・吉田茂男. 2001. 植調. 35 (10):18-26
- Baldini, E., S. Sansavini, A. Zocca. 1973. J. Hort. Sci. 48:327-337
- Batjer, L. P., M. W. Williams, G. C. Martin. 1964. Amer. Soc. Hort. Sci. 85:11-16
- Bausher, M. G., G. Yelenosky. 1986. HortScience. 21(1):141-143
- Byers, R. E. 1976. HortScience. 11(5):506-507
- Filipovich, D. C., R. N. Rowe. 1977. J. Hort. Sci. 52:367-370
- 藤井雄一郎・小泉和明・佐藤龍太郎・小野俊朗. 2006. 園学雑. 75 別 2:461
- 文室政彦・村田隆一. 1990. 園学雑. 59 別 1:122-123
- Greenberg, J., E. E. Goldschmidt, R. Goren. 1993. Acta Hort. 329:58-61
- 原田良平. 1968. 農及園. 43:1111-1116
- 原田良平・桑原功・後藤九太郎・山家弘士. 1968. 東北農業研究. 10:200-202
- 林真二・脇坂幸雄. 1967. 農及園. 42(8):99-100
- 比嘉照夫. 1975. 園学要旨. 昭和 50 秋. 118
- 広瀬和栄, 小野祐幸, 高原利雄. 1982. 植化調 研究記. 22-23
- 広瀬和栄. 1989. 山崎利彦, 福田博之, 広瀬和栄, 野間豊編. 果樹の生育調節. p185-217. 博友社
- 今村友彦・工藤二郎. 東北農業研究. 1990. 43: 197-198
- 稲富和弘・松瀬政司・福田浩幸. 2001. 平成 12 年度九州沖縄農業研究研究成果情報. 231-232
- 井上宏・出口哲也・ルディブルワント・生駒吉識. 1989. 園学雑. 58 別 1:18-19
- Isoda, R. 1989. Vitis. 28(3):145-152
- 岩垣功. 1991. 植調. 25(3):10-18
- 泉和夫・岩井智子・大塩裕陸. 1989. 植物の化学調節. 24(2):142-146
- 禿泰雄・平井康市. 1982. 植物の化学調節. 17 (1):65-70
- Kang., C.-K., D.-W. Yun, J.-D. Ryu, J.-O. Lee, Y.-S. Park. 1995. J. Korean Soc. Hort. Sci. 36(3): 354-360
- 川村英五郎・久保田貞三・福田博之・山根弘康. 1967. 果実日本. 22(3):67-68
- 河瀬憲次・岩垣功・鈴木邦彦. 1983. 園学東海支部昭和 58 研究発表要旨. 540
- 河瀬憲次・鈴木邦彦・岩垣功・安竹一浩. 1985a 植化調研究記 52-53
- 河瀬憲次・鈴木邦彦・岩垣功. 1985b. 園学要旨. 昭和 60 春. 26-27
- 河瀬憲次・鈴木邦彦・森田泰行・渡辺浩子・広瀬和栄. 1986. 園学要旨. 昭和 61 春. 18-19
- 紀平昌義. 1979. 園学要旨. 昭和 54 秋. 114-115
- 紀平昌義・瀬野義弘. 1980a. 園学要旨. 昭和 55 秋. 34-35

- 紀平昌義・瀬野義弘. 1980b. 農及園. 55:1397-1398
- 北園邦弥・磯部暁. 1999. 平成10年度九州沖縄農業研究成果情報. 225-226
- 北園邦弥・河憲次・磯部暁. 2000. 園学雑. 69別 2:277
- 北園邦弥・磯部暁・河憲次. 2001. 平成12年度九州沖縄農業研究成果情報. 241-242
- 久米靖穂・森田泉・鈴木栄司・近藤悟. 1992. 東北農業研究. 45:197-198
- Luckwill, L. C. 1968. J. Hort. Sci. 43:91-101
- 真子伸生・木村伸人・榊原正義. 1994. 愛知農総試研報. 26:267-273
- 増子俊明・古張敏一・佐藤守. 1999. 平成10年度研究成果情報(東北農業). 189-190
- 松村博行・小川靖史・新川猛. 1992. 園学雑. 61別 1:124-125 カキ
- 三上敏弘・斉藤貞明・工藤仁郎・玉田隆・渡辺政弘. 1967. 果実日本. 22(3):66-67
- Min, Y. K., T. Asami, S. Fujioka, N. Murofushi, I. Yamaguchi, S. Yoshida. 1999. Bioorg. Med. Chem. Let. 9:425-430
- 三好武満. 1969. 園学シンポ要旨, 昭和44秋. 17-24
- 三好武満・柴寿・平田克明. 1969. 農及園. 44(5):813-816
- 村井泰広. 1992. 静岡大学農学部研究報告. 42:19-23
- 内藤隆次・石原義正. 1971. 園学要旨. 昭和46秋. 16-17
- Naito, R. H. Ueda, T. Hayashi. 1974. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 43(2):109-114
- 中田隆人・青木秋広・船田貞夫. 1968. 栃木農試研報. 12:94-103
- 中山礎. 1990. 植物の化学調節. 25(1):99-107
- 新美善行. 1978. 園学要旨. 昭和53秋. 48-49
- Niimi, Z. 1979. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 48(1):153-161
- 野間豊・小原均・加藤勝・村田義宏・中村宏二. 1988. 園学要旨. 昭和63春. 146-147
- 野間豊・小原均・加藤勝・村田義宏・中村宏二. 1989. 千葉大園学報. 42:107-115
- 尾形亮輔・斉藤寿広・菊池秀樹. 1987. 園学要旨. 昭和62春. 178-179
- 尾形亮輔・小松喜代松・山田義男・上野博. 1991. 園学雑. 60別 1:154-155
- 小原均・西ヶ谷知礼・熊谷博人・野間豊・松井弘之・平田尚美・上野博. 1988. 園学要旨. 昭和63春. 108-109
- 小原均・野間豊. 1985. 園学要旨. 昭和60春. 102-103
- 小原均・野間豊. 1986. 園学要旨. 昭和61春. 56-57
- 小原均・野間豊. 1987. 千葉大園学報. 39:135-141
- 小原均・野間豊. 1988. 千葉大園学報. 41:1-6
- 小原繁・桜井一男・工藤英夫・藤根勝栄. 1990. 東北農業研究. 43:199-200
- 小原繁・桜井一男・藤根勝栄・工藤英夫. 1991. 平成2年度研究成果情報(東北農業). 245-246
- 岡本五郎・小西陽一・島村和夫. 1977. 岡山大学農学報. 50:21-26
- 小野祐幸. 1989. 山崎利彦, 福田博之, 広瀬和栄, 野間豊編. 果樹の生育調節. p222-241. 博友社
- Quinlan, J. D. 1980. Acta Hort. 114:144-151
- 佐久間文雄. 1988. 昭和62年度果樹課題別検討会資料. p106-111
- 桜井一男・小原繁・藤根勝栄. 1991. 東北農業研究. 44:197-198
- 佐藤喜美雄・白田和人. 1990. 東北農業研究.

- 43:195-196
- 佐藤喜美雄・白田和人・岡成美. 1991. 東北農業研究. 44:191-192
- 佐藤幸雄・南条教光・中沢肇. 1968. 鳥取果試研報. 6:62
- 佐藤考宣. 1995. 植調. 29(1):12-16
- 佐藤考宣・佐々木恵・高瀬紘一. 1996. 東北農業研究. 49:143-144
- 関家博典・大野始・鳥居鎮男・手塚修文. 1978. 園学要旨. 昭和 53 秋. 44-45
- 柴寿. 1989. 山崎利彦, 福田博之, 広瀬和栄, 野間豊編. 果樹の生育調節. p78-81. 博友社
- 新谷潤一・中川原郁也・久保隆. 1986. 東北農業研究. 39:225-226
- 白石雅也・野田秀樹・河瀬憲次・鈴木邦彦. 1986. 園学要旨. 昭和 61 春. 16-17
- 杉原巧祐. 2006. 平成 17 年度関東東北陸農業研究成果情報. 242-243
- 杉原巧祐・池野護. 2005. 平成 16 年度関東東北陸農業研究成果情報. 10-11
- Sugiura, A., N. Utsunomuya, T. Tomana. 1976. Vitis. 15:88-95
- 鈴木宏・丹野貞男. 1969. 農及園. 44:1538-1542
- 田口辰雄・小野早人・嵯峨清. 1997. 平成 8 年度研究成果情報 (東北農業). 137-138
- 高原利雄・岩垣功・小野祐幸. 1987. 植化調研究記. 56-57
- 高橋和博・矢野和男・今野勉・高瀬紘一. 1992. 平成 3 年度研究成果情報 (東北農業). 207-208
- 高橋和博・佐藤隆士・堀恵美・矢野和男・高瀬紘一・奥山仁六・佐藤昌宏. 1995. 山形園試研報. 11:17-33
- 手塚修文・関家博典・大野始・鳥居鎮男. 1978. 園学要旨. 昭和 53 秋. 46-47
- Tezuka, T., H. Sekiya, H. Ohno. 1980. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 49(1):8-14
- 塚原一幸・東城喜久. 1986. 園学要旨. 昭和 61 春. 54-55
- 塚原一幸. 1989. 山崎利彦, 福田博之, 広瀬和栄, 野間豊編. 果樹の生育調節. p69-77. 博友社
- Ueguchi-Tanaka M., Ashikari, M. Nakajima, H. Itoh, E. Katoh, M. Kobayashi, T. Chow, Y. Hsing, H. Kitano, I. Yamaguchi, M. Matsuoka. 2005. Nature. 437:693-698
- 上野博. 1989. 植物の化学調節. 24(2):127-141
- 宇都宮直樹・杉浦明・苦名孝. 1978. 園学雑. 47 (2):151-157
- 山崎利彦. 1989. 山崎利彦, 福田博之, 広瀬和栄, 野間豊編. 果樹の生育調節. p21-27. 博友社

参考文献

- 広瀬和栄. 1985. 植物の化学調節. 20(2):149-159
- 樫村芳記. 2006. 植調. 40(11):417-426
- 小柴共一・神谷勇治編. 2002. 新しい植物ホルモンの科学. 講談社
- 農林水産技術会議事務局編. 1999. 農林水産研究文献解題. No. 22. 果樹栽培の低コスト. 省力化技術. p37-48. 農林統計協会
- 千葉和彦. 1996. 植調. 30(7):287-23
- 米山伸吾・安東和彦・都築司幸編. 2004. 農薬便覧第 10 版. 植物生長調節剤. 農文協
- 全国農薬共同組合・全国農薬安全指導者協議会. 2006. 農薬安全適正使用ガイドブック 2007 年版. p576-594. 全国農薬共同組合