

パクロブトラゾールの散布時期がポンカンの樹体発育と果実品質に及ぼす影響

マター メベロ・富永 茂人

(園芸生産学講座)

平成9年8月10日 受理

Influence of Application Time of Paclobutrazol on Growth Retardation in Ponkan (*Citrus reticulata* Blanco cv. Yoshida)

Mebelo MATAA and Shigeto TOMINAGA

(Laboratory of Horticultural Science)

緒 言

果樹における生産量の多少は着花量と結実率によって左右される¹⁾。一方、着花量と結実率は結果母枝や幼果への光合成産物の供給量の多少によって大きく影響されている^{6, 15)}。ために、着花量を多くし、結実率を高くするためには、これらの器官への光合成産物の供給と蓄積量をできるだけ増加させることが肝要である。しかし、ポンカンなど数種類の果樹では栄養生長が花や幼果の発育期まで続き、枝梢が過繁茂する結果、花や幼果の落下が促進されることが知られている^{4, 2)}。このような栄養生長と花または幼果の生長との間の養分競合による落果(花)は、幼果のシンクとしての力が発育中の新梢に比べて弱いことによる¹⁴⁾。従って、結実や果実の発育を増加させるためには栄養生長量を減少させ、光合成産物の果実への分配量を増やすことが効果的と考えられる。この点について、筆者らは高しょう系ポンカン(品種、吉田ポンカン)では、新梢生長と幼果との間で養分競合が大きく、その結果、発育初期の果実への炭水化物の蓄積量が少なく、結実率が低くなり、結実した果実でも発育が劣ることを示した⁷⁾。

パクロブトラゾール (Paclobutrazol = (2RS, 3RS)-1 (4-chlorophenyl)-4, -4-dimethyl-2-(1,2,4-triazol-1-yl)pentan-3-ol) はジベレリンの生合成阻害剤であり、果樹に対して散布または土壌処理することによって栄養生長を抑制し、果実への糖や澱粉の蓄積を増加させ、結実率を向上させること、また、その生長抑制効果は散布時の新梢長によって異なることが知られている^{3, 9, 13)}。

本研究では、ポンカンの新梢発育時にパクロブトラゾールを散布した場合に新梢長などの栄養生長に及ぼす効果について、特に散布時期との関係について明らかにしようとした。さらに、パクロブトラゾールの散布が葉の光合成や炭水化物の蓄積パターン、結実や果実の発育に及ぼす影響についても検討した。

材 料 と 方 法

鹿児島大学学内圃場の23年生のカラタチ (*Poncirus trifoliata* Raf.) 台ポンカン (*Citrus reticulata* Blanco cv. Yoshida) 5樹を供試した。散布時期を新梢長により3時期に分け、処理区は0.5cm散布区、1.0~2.0cm散布区、2.0cm以上散布区および無散布区の4区とした。各樹から垂主枝程度の枝を4本選び、各処理区を乱塊法で無作為に割り付けた。パクロブトラゾールの散布濃度は840ppmとし、各処理区の新梢長がおおよそ処理の長さになった時に散布した。それぞれの処理区の散布日は1994年4月5日、13日、および19日であった。

試験の開始日には、各樹の各処理枝から光合成速度測定用に前年の春葉を3枚選び、ラベルを付け、それらの葉について処理後4、8および12週間目に光合成速度と蒸散速度を測定した。光合成および蒸散速度は携帯用光合成・蒸散測定装置(小糸工業、KIP-8510)を用いて、晴天日の10:00から14:00の間に行った。各測定葉の光合成速度は5回繰り返し測定し、それらの測定値のうち後半3回の測定値を平均して各葉の光合成速度とした。また、散布後4および12週間目に、新梢長、葉数、節間長を、処理後12週間目に葉中の炭水化物組成、葉の汁液中

の糖組成および結実率を調査した。果実の発育は処理後4, 8週間目および収穫時に果実の横径を測定して調査した。葉中の炭水化物のうち、糖含量の測定は元村¹⁰⁾の方法によった。澱粉含量は過塩素酸で抽出した後、糖含量として測定し、ブドウ糖含量で表わした。葉の汁液中の糖組成については高速液体クロマトグラフで測定した⁸⁾。葉の面積は Murthy ら¹¹⁾の方法によって測定した。

結 果

1. 新梢発育

パクロブトラゾールの散布時の新梢長が短い程新梢伸長の抑制効果が大きかった。すなわち、処理4週間後には0.5cm散布区では無散布区よりも新梢長が25%も短かった。散布時の新梢長が長い2.0cm以上散布区の新梢長は無散布区と有意な差がなかった。また、0.5cm散布区では、節間長が有意に短かった (Table 1)。新梢の発育がほぼ停止した12週間後には、パクロブトラゾールの散布時期の違いによる新梢伸長抑制効果は更に大きくなり、0.5cm散布区では無散布区に比べて約50%も短かった。新梢当たり

の葉数は、0.5cm散布区で無散布区よりも有意に少なくなった。

パクロブトラゾール処理により葉面積も減少したが、その程度は新梢伸長の減少程度に比べて小さかった。処理後4週間には、全ての処理区で葉面積は無処理区に比べて有意に小さかったが、12週間後には無処理区との間に有意な差はなくなった (Table 2)。

2. 光合成速度

パクロブトラゾールの散布が葉の光合成速度と呼吸速度に及ぼす影響については Table 2に示した。処理間の光合成速度と呼吸速度に有意な差が認められたのは処理後4週間までであり、パクロブトラゾールの処理により葉面積が小さくなった0.5cm散布区、1.0~2.0cm散布区および2.0cm以上散布区の光合成速度は無処理区に比べて低く、特に0.5cm散布区では有意に低かった。しかし、処理8週間後には光合成速度は処理間に差がなくなった (Table 2)。呼吸速度は、処理4週間後に2.0cm以上散布区で無処理区および0.5cm散布区よりも有意に低かったが、処理後8週間以降は処理間に差がなくなった。

Table 1. Effect of paclobutrazol applied at different growth stages on shoot development

Treatment* ¹ (Shoot length)	4 weeks after treatment			12 weeks after treatment		
	Shoot length	Leaves/ shoot	Internode length	Shoot length	Leaves/ shoot	Internode length
About 0.5cm	3.08a* ²	3.53a	0.87a	3.46a	3.47a	1.00a
1 to 2cm	3.80ab	3.64a	1.04b	5.27b	4.51c	1.17a
Over 2cm	3.71ab	3.37a	1.10b	5.32b	3.73ab	1.43b
Control	4.10b	3.62a	1.14b	6.75c	4.29bc	1.56b

*¹Length of the spring shoot (cm) when paclobutrazol was sprayed.

*²Mean separation by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at $p < 0.05$.

Table 2. Effect of paclobutrazol applied at different shoot growth stages on leaf expansion and photosynthetic rates

Treatment* ¹ (Shoot length)	Photosynthetic rate* ²			Transpiration rate* ³			Leaf area (cm ²)	
	4WA* ⁴	8WA	12WA	4WA	8WA	12WA	4WA	12WA
About 0.5cm	0.26a* ⁵	2.66a	3.17a	0.40a	1.49a	1.34a	15.92a	19.75a
1 to 2cm	0.68ab	3.05a	4.08a	0.49ab	2.62a	1.74a	15.72a	19.55a
Over 2cm	0.42ab	3.02a	2.83a	0.59b	1.65a	1.31a	17.00ab	20.30a
Control	1.23b	2.46a	3.22a	0.40a	1.79a	1.69a	20.19c	21.68a

*¹As in Table 1.

*²Photosynthesis rate measured in mmol CO₂/m².s.

*³Transpiration rate measured in mmol H₂O/m².s.

*⁴Weeks after paclobutrazol spray treatment.

*⁵Mean separation by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at $p < 0.05$.

3. 葉中炭水化物組成

処理後12週間目の葉中炭水化物組成は処理間に有意な差がなかった。しかし、0.5cm散布区では葉の乾物率と葉中の総糖含量および澱粉含量が無散布区に比べてわずかに高かった (Table 3)。

4. 果実の発育と品質

新梢発育時のパクロブトラゾールの散布処理が果実の発育に及ぼす影響については Table 4 に、収穫時の果実品質に及ぼす影響については Table 5 に示

した。

パクロブトラゾールの処理は結実率と果実の発育にはほとんど影響しなかった (Table 4)。

収穫時の果実品質のうち、果汁の可溶性固形物 (Brix)、滴定酸含量、ス上がり、果実重はパクロブトラゾールの散布によってほとんど影響されなかった (Table 5)。しかし、処理間に有意差はないものの、果皮の着色はパクロブトラゾール散布区が無散布区に比べて遅れた。特に、色差計示度の 'a' 値でその傾向が大きく、2.0cm以上散布区では無散布区

Table 3. Effect of paclobutrazol applied at different growth stages on leaf carbohydrate accumulation patterns determined 12 weeks after treatment

Treatment* ¹ (Shoot length)	Reducing sugars* ²	Sucrose* ²	Total sugars* ²	Starch* ²	Fructose (%)	Glucose (%)	Sucrose (%)	Dry matter (%)
About 0.5cm	29.42a* ³	16.04a	45.46a	36.34a	1.05a	1.04a	0.98a	38.22a
1 to 2cm	30.19a	11.49a	41.68a	34.63a	1.06a	1.14a	1.03a	36.12a
Over 2cm	35.89a	10.31a	46.20a	35.66a	0.93a	1.04a	1.20a	37.64a
Control	30.07a	12.96a	43.03a	33.07a	1.01a	1.09a	1.20a	36.73a

*¹ As in Table 1.

*² Expressed as mg/g of leaf dry matter.

*³ Mean separation by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at p<0.05.

Except where indicated otherwise data are expressed as % (w/v) of leaf sap.

Table 4. Effect of paclobutrazol applied at different shoot growth stages on fruit growth

Treatment* ¹ (Shoot length)	Fruit diameter (mm)			Fruit retention (%)
	4 weeks	8 weeks	Full maturity	
About 0.5cm	8.65a* ²	29.90a	79.92a	26.99a
1 to 2cm	9.20a	30.12a	72.00a	24.54a
Over 2cm	8.27a	28.86a	68.95a	35.59a
Control	8.57a	30.29a	70.05a	25.43a

*¹ As in Table 1.

*² Mean separation by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at p<0.05.

Table 5. Effect of paclobutrazol applied at different shoot growth stages on fruit quality

Treatment* ¹ (Shoot length)	Fruit weight (g)	Exocarp (%)	Granulation Index* ²	Brix	Acidity (%)	Color index* ³	Color difference meter reading		
							L	a	b
About 0.5cm	176.05a* ⁴	27.10a	0.50a	11.62a	0.92a	6.00a	50.6a	15.8a	33.5a
1 to 2cm	171.60a	24.59a	0.50a	10.94a	0.82a	5.50a	49.9a	13.3a	33.8a
Over 2cm	148.33a	25.64a	0.10a	11.28a	0.96a	6.00a	51.2a	12.4a	34.0a
Control	150.00a	24.21a	0.22a	10.76a	0.90a	6.25a	53.0a	17.2a	36.2b

*¹ As in Table 1.

*² Ranked from 0 (absent) to 3 (severe).

*³ Ranked from 0 (green) to 10 (full color).

*⁴ Mean separation by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at p<0.05.

よりも有意に低かった。

考 察

パクロブトラゾールを新梢発育時に散布すると、新梢の伸長が有意に抑制された。その抑制効果は処理後4週間目に最大であり、処理後4週間目には、栄養生長だけでなくパクロブトラゾールを散布した春葉の光合成速度が低く、春葉の面積も小さくなった (Table 2)。パクロブトラゾールの散布による新梢伸長抑制効果は新梢長が短い早期の散布で大きく、新梢長が長くなった後期の散布では小さかった。

パクロブトラゾールなどのトリアゾール (Triazole) 系化合物の処理による栄養生長抑制の作用機作は植物体内のジベレリンの生合成阻害作用にある³⁾。つまり、ジベレリンはイソプロピル合成経路の中でメバロン酸 (mevalonic acid) から生成されるが、トリアゾール系化合物はその合成経路のキー物質であるカウリン (kaurene) の酸化を阻害すると言われている⁵⁾。本試験で、パクロブトラゾールを新梢長が0.5cmの時に散布すると伸長抑制効果が大きく、2.0cm以上の時期に散布すると伸長抑制効果が小さかったのは、ジベレリン生合成の活性は新梢の発芽初期に高く、新梢が大きくなった時期には生合成活性が低くなっていたためと考えられる。

本試験では、パクロブトラゾールを発育中の新梢に散布すると、新梢伸長を抑制するだけでなく、葉面積も小さくしたが、新梢の節間の伸長抑制の程度に比較して、葉面積の減少程度は小さかった。この点に関して、Quinlan と Richardson¹²⁾ は植物体の色々な器官にパクロブトラゾールを処理し、パクロブトラゾールを若い新梢 (茎) に処理するとその伸長を強く抑制するばかりでなく、葉のみに処理しても、僅かではあるが、葉の生長を抑制することを見いだしている。これは、彼らが報告しているように新梢 (茎) と葉の輸送系が異なることに加えて、活発に展葉している最中の葉においてはジベレリン生合成の活性が高く、そのためにパクロブトラゾールの抑制効果が低くなったのかもしれない。

パクロブトラゾールの散布はポンカンの結実率や果実発育にはほとんど影響しなかった。これは、Table 3に示すように、パクロブトラゾールの散布が葉の炭水化物組成にも影響しなかったためであろう。また、本試験ではパクロブトラゾールの散布によって発育中の葉の光合成速度は低下する傾向にあ

り、かつ葉面積も幾分減少したが、これは Table 2に示すように、光合成の低下と葉面積の減少が起こるのが処理後4週間以内という短い期間であったためであり、そのことにより結実率や果実肥大が処理により大きな影響を受けなかったのかもしれない。

パクロブトラゾールを土壌処理すると、散布処理に比べて新梢伸長抑制効果などは長期間続き、光合成速度も低下することが一般的に認められる。本試験の場合、散布処理であり、処理によって炭水化物含量に影響がなかったため、果実の発育も処理により影響を受けなかったのであろう。このように、植物の種・品種、樹勢、処理時期や処理方法によって効果に差が認められるものの、パクロブトラゾール処理による栄養生長の抑制効果は明らかであるが、結実率や果実の肥大に対する影響については、本試験同様、必ずしも一定の傾向は認められない³⁾。

摘 要

ポンカンの新梢の長さを約0.5cm, 1.0~2.0cm, 2.0cm以上の3ステージに分けて、ジベレリンの生合成阻害剤であるパクロブトラゾールを散布し、新梢と葉の生長、光合成速度、葉の炭水化物組成並びに果実品質に及ぼす影響について明らかにしようとした。新梢の長さが約0.5cmの時期の散布では新梢の生長が減少し、葉面積も減少した。パクロブトラゾールの散布によって、早期の光合成が抑制されたが、後には回復した。パクロブトラゾールの処理はポンカンの結実率、葉の炭水化物組成、果実品質には影響しなかった。

文 献

- 1) Aloni, B., Karni, L., Zaidman, Z. and Schffer, A. A.: Changes of carbohydrates in pepper (*Capsicum annum* L.) flowers in relation to their abscission under shading regimes. *Ann. Bot.*, 78, 163-168 (1996)
- 2) Aloni, B., Pashkar, T. and Karni, L.: Partitioning of (14)-C sucrose and acid invertase activity in reproductive organs of pepper plants in relation to their abscission under heat stress. *Ann. Bot.*, 67, 371-377 (1991)
- 3) Davies, T. D., Steffens, G. L. and Sankhla, N.: Triazole plant growth regulator. *Hort. Rev.*, 10, 63-104 (1988)
- 4) Ferree, D. C. and Palmer, J. W.: Effect of spur defoliation and ringing during return bloom on fruiting and mineral level and net photosynthesis of 'Golden Delicious' apple. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 107, 1182-1186 (1982)
- 5) Hedden, P. and Graebbe, J. E.: Inhibition of gibberellin biosynthesis by paclobutrazol in cell free homogenates of *Cucurbita maxima* endosperm and *Malus pumila* embryos. *J. Plant Growth Regul.*, 4, 111-122 (1985)
- 6) Kinet, J. M.: Environmental, chemical, and genetic

- control of flowering. *Hort. Rev.*, **15**, 279-334 (1993)
- 7) Mataa, M., Tominaga, S. and Kozaki, I.: Seasonal changes of carbohydrate constituents in ponkan (*Citrus reticulata* Blanco). *J. Japan. Soc. Hort. Sci.*, **65**, 513-523 (1996)
- 8) Mataa, M., Tominaga, S. and Kozaki, I.: Effect of application of exogenous growth regulators on accumulation of non-structural carbohydrates in ponkan (*Citrus reticulata* Blanco). *J. Japan Soc. Hort. Sci.*, **66**, 245-251 (1997)
- 9) Sankla, N., Davies, T. D., Jolley, V. D. and Uapadhyaya, A.: Effect of paclobutrazol on the development of iron chlorosis in soybeans. *J. Plant Nutr.*, **9**, 923-934 (1986)
- 10) 元村佳恵：植物有機成分分析実験. 東北大学農学部農学科編, 最新農学実験の基礎. p. 205-214. ソフトサイエンス社, 東京 (1990)
- 11) Murthy, K. N., Vijaya Kumar, K., Bhagavan, S., Chenchu Subbaiah, C. and Kumaran, P. M.: A rapid non destructive method of estimating leaf area in Cashew. In: Proceedings of the International Cashew Symposium, Kerala, India (1979). (eds.) Bhaskara, Roa, E. E. and Khan, H. H. Indian Society for Plantation Crops, ICAR, Kerala India. p. 46-48 (1984)
- 12) Quinlan, J. D. and Richardson, P. J.: Uptake and translocation of paclobutrazol and implication for orchard use. *Acta Hort.*, No. **179**, 443-451 (1986)
- 13) Rai, N. and Bist, L. D.: Effect of soil and foliar applied paclobutrazol on vegetative growth, flowering, fruit set and yield of oriental pear, *Pyrus pyrifolia* (Burm.) Nakai. *Scientia. Hort.*, **50**, 153-158 (1992)
- 14) Ruan, Y. L.: Fruit set, young fruit and leaf growth of *Citrus unshiu* in relation to assimilate supply. *Scientia. Hort.*, **53**, 99-107 (1993)
- 15) Walker, A. and Ho, J. C.: Carbon translocation in the tomato; Effects of fruit temperature on carbon metabolism and the rate of translocation. *Ann. Bot.*, **41**, 825-832 (1997)

Summary

Paclobutrazol, a gibberellic acid biosynthesis inhibitor was sprayed at 840ppm during three growth stages; firstly when the spring shoot length was about 0.5cm, secondly when it was between 1.0 and 2.0cm and thirdly when it was over 2.0cm, a non-sprayed treatment was used as a control.

Non-structural carbohydrates as well as vegetative and reproductive growth were monitored. Early application of growth retardant reduced shoot growth and leaf area by 50% and 12% respectively. Initially, the application of paclobutrazol inhibited photosynthesis, however, the plants recovered within the season.

Fruit quality, fruit retention and leaf non-structural carbohydrate content were not affected by paclobutrazol sprays.