ネイハキンカンの着花に及ぼす土壤乾燥処理の影響

岩崎 直人¹・早崎 宏靖・田中 慎一郎

宮崎大学農学部

¹ 現在：明治大学農学部

Effect of Water Stress on Flowering of 'Meiwa' Kumquat Trees

Naoto IWASAKI,¹ Kousei HAYASAKI and Shinichiro TANAKA

Faculty of Agriculture, Miyazaki University, Miyazaki 889-2192, Japan

¹ Present address: School of Agriculture, Meiji University, Kawasaki 214-8571, Japan

Effect of water stress on flowering of 'Meiwa' kumquat trees (*Fortunella crassifolia* Swingle) was examined to establish a cultivation system for the first-flush flowers. Water stress was established by withholding water until the soil water content reached 45% for moderate water stress treatment, and 35% for severe water stress treatment. Although three sequential flowerings were observed on the control trees, only one flowering was observed on the water-stressed trees. In the control plot, flowering of the first-flush flowers began on 28 June, and about 10 flowers opened per day. Flowering of the second-flush flowers began on 6 July and the number of flowers opened per day reached 300. In moderate water stress treatment, flowering began on 25 June, and lasted until late July without interruption. Therefore, it was difficult to distinguish between the first- to third-flush flowers. In severe water stress treatment, flowering of the first-flush flowers began on 28 June and the number of flowers opened per day reached more than 200. Water stress did not affect fruit growth or quality of fruit. These results indicate that the number of first-flush flowers increases under water stress after termination of new shoot growth and that the required duration of water stress is about 2 weeks.

(Received January 20, 2000)

2000 年 1 月 20 日受付

緒 言

キンカン (*Fortunella crassifolia* Swingle) は四季咲性を有し、春から秋にかけて通常 1 年に数回の開花期が知られているが、果実の生産には 6 月下旬から 7 月にかけて開花する夏花が利用されている。また、夏花の開花習性には特徴があり約 10 日間の間隔で 3~4 回の開花が見られ、それぞれ 1~4 番花と呼ばれている。成熟時期は 1 番花に着果した果実で早く、2 番花や 3 番花に着果した果実では遅くなる。したがって成熟期の異なる果実が混在するため、収穫作業も繁雑になる。また、果実は 1 番花に着果した場合に大果で品質優良となるが、1 番花の着花数は概して少なく、年による変

動も大きいことから、1 番花のみを利用した果実生産では安定した収量を確保することが困難である。

Fujikawa et al. (1997) は加温ハウス栽培のネイハキンカンにおいて、新梢伸長完了後から 1 番花の開花までの夜温が高いほど、1 番花の着花数および結果率が高いことを報告している。また Iwahori and Tominaga (1986) は、ネイハキンカンにおいて新梢の萌芽直後にパクロブトラゾールを葉面散布することにより、1 番花の着花数が増加することを報告していることから、気温や植物生長調節物質がキンカンの 1 番花数に影響するものと考えられる。

カンキツ属では多くの種・品種において温度や水ストレス等の環境要因が着花に影響を与えることが知られており、特に水ストレス (Inoue, 1989; Nakajima et

al., 1993) に遭遇することにより着花数が増加することが知られている。さらに四季咲性を有するレモン (*Citrus limon* Burm. f.) では、古くから水ストレスによって開花誘導が可能であることが知られており、現在でも出荷時期の調節に利用されている (Spiegel-Roy and Goldschmidt, 1996)。

キンカンはカンキツ属とは異なる属に分類されるが、カンキツ属に近縁で、さらにレモンと同様に四季咲性を有することから、著者らは水ストレスが着花に影響を与えるのではないかと考えた。これまでにキンカンにおいては水ストレスが着花に及ぼす影響について検討された例はない。そこで本研究では、土壤乾燥処理が露地栽培のネイハキンカンの着花、特に1番花数に及ぼす影響について調査・検討した。

材料および方法

1996年4月に2年生ネイハキンカンを経径30 cmのビニルポットに植え、無加温ビニルハウス内で生育させた後1997年3月中旬にハウス外に移し、露地において実験を行った。

1998年5月に樹勢のそろった12樹を選定し、土壤水分含量を約45%程度に設定した軽度土壤乾燥区、同じく35%程度に設定した強度土壤乾燥区および無処理の対照区を設定した。当年の春に前年枝の先端から萌芽した新梢の長さを、5月2日から3日ごとに1樹あたり5本について測定し、新梢の伸長が停止した時期に土壤乾燥処理を開始した。各区4樹としたが、強度土壤乾燥区では処理期間中に1樹の新梢の枯死が見られたことから、これを調査対象樹から除き3樹とした。軽度土壤乾燥区では5月26日から6月26日まで、強度土壤乾燥区では5月26日から6月13日まで乾燥処理を行った。なお乾燥処理期間中は降雨の影響を避けるため、供試樹を屋根掛けハウス内に移した。

処理期間中は比熱式土壤水分計 (YZ-132, 矢崎計器(株)) を用いて午前10時に土壤水分含量を測定し、設

定値に達した時に少量 (0.3 L) の灌水を行った。本実験に用いた土壤の24時間後最大容水量は乾土重量比で67.3%で、土壤乾燥処理を行った場合、土壤水分含量が35~40%で葉が萎れ始めた。対照区では十分に灌水を行ったが、土壤水分含量は70%前後で推移した。軽度土壤乾燥区および強度土壤乾燥区では、処理期間中の土壤水分含量は、それぞれ45.2%および37.5%であった (Table 1)。

各処理区において6月上旬から7月31日まで、新梢における1日あたりの開花数を調査した。また強度土壤乾燥区および軽度土壤乾燥区においては1番花に、対照区においては2番花に結実した果実を1樹あたり5果を選定し、7月10日から12月19日まで2週間ごとに横径、縦径をノギスを用いて測定した。果実は12月19日にすべて収穫し、1樹あたり5個の平均的な果実について品質を調査した。

結 果

各供試樹は4月中旬に萌芽を開始し、5月下旬までには新梢伸長が停止した。伸長停止時の新梢長は6.6~8.9 cm 前後、また1樹あたりの新梢数は60~90本であったが、両者ともに処理区間における差はなかった (Table 2)。

各処理区における1日あたりの開花数の推移につい

Table 1 Soil water content and duration of stress treatment.

Treatment	Soil water content (%)	Duration of stress treatment
Control	71.4 ^z	
Moderate water stress ^y	45.2	26 May-26 June
Severe water stress ^x	37.5	26 May-13 June

^z Data were obtained from 26 May to 26 June.

^y Approximately 45% of soil water content.

^x Approximately 35% of soil water content.

Table 2 The number and length of new shoot, and the number of flowers in 'Meiwa' kumquat as affected by water stress.

	Number of new shoots	Length of new shoot	First flowers per new shoot	Total flowers per new shoot
Control	82.3a ^z	6.6a	0.2b	13.9a
Moderate water stress	65.8a	8.9a	7.6a	12.1a
Severe water stress	91.7a	7.9a	4.1a	5.0b

^z Within columns, values with different letters are significantly different by *t*-test at *p*=0.05.

Fig. 1 Effects of water stress on number of flowers opened per day in 'Meiwa' kumquat.

Fig. 2 Changes in transversal diameter of 'Meiwa' kumquat fruits under different water stress.

Table 3 Effects of water stress on number of flowers in 'Meiwa' kumquat.

	Number of 1st-flush flowers ^z	Number of 2nd-flush flowers ^y	Number of 3rd-flush flowers ^x	Total number of flowers
Control	17.0b ^w	1 111.3a	8.8b	1 137.0a
Moderate water stress	463.3a	274.0b	32.5a	769.8ab
Severe water stress	335.0a	60.3c	21.0ab	416.3b

^z Flowers opened from early June to 5 July.

^y Flowers opened from 6 July to 18 July.

^x Flowers opened from 19 July to 31 July.

^w Within columns, values with different letters are significantly different by *t*-test at *p*=0.05.

て Fig. 1 に示した。対照区における 1 番花の開花は 6 月 28 日から始まったが、1 日あたりの開花数はわずかに 10 個程度であった。2 番花の開花は 7 月 6 日から始まり 1 日あたりの開花数は 300 個を超え、1 番花に比べてかなり多い値であった。強度土壌乾燥区では 6 月 28 日から 1 番花の開花が始まり、1 日あたりの開花数は 200 個を超えたが、2~3 番花の 1 日あたりの開花数は 10 個前後で 7 月下旬まで続いた。軽度土壌乾燥区では 6 月 25 日から開花が始まったが、その後 7 月下旬まで途切れることなく開花が続き、1~3 番花の区別ができなかった。したがって、開花調査を開始した 6 月上旬から 7 月 5 日までに開花した花を 1 番花、7 月 6 日から 7 月 18 日までに開花した花を 2 番花、7 月 19 日から 7 月 31 日までに開花した花を 3 番花とした。

対照区における 1 番花数は 1 樹あたりわずかに 17.0 個であったが、軽度土壌乾燥区では 463.3 個、強度土壌乾燥区では 335.0 個で、土壌乾燥処理によって増加した。しかしながら、開花総数は対照区で 1 137.0 個、軽

度土壌乾燥区で 769.8 個、強度土壌乾燥区では 416.3 個で、土壌乾燥処理によって減少した (Table 3)。

新梢 1 本あたりの 1 番花数は、対照区で 0.2 個であったが、強度土壌乾燥区では 4.1、軽度土壌乾燥区では 7.6 個であった。また、新梢 1 本あたりの総開花数は対照区および軽度土壌乾燥区では 12~13 個であったのに対し、強度土壌乾燥区では 5.0 個と減少した (Table 2)。

果実の肥大は対照区で劣ったが、肥大のパターンには差はなかった (Fig. 2)。収穫時の果実重は対照区で約 10 g と最も小さかったが、軽度土壌乾燥区および強度土壌乾燥区では 14~15 g で、対照区に比べて大きくなった。また、収穫時の可溶性固形物含量は対照区に比べて軽度土壌乾燥区および強度土壌乾燥区においてわずかに低い値を示したが、有意な差ではなかった (Table 4)。

Table 4 Effects of water stress on fruit quality in 'Meiwa' kumquat.

	Fruit weight (g)	Fruit diameter (mm)		Rind color			Soluble solids content (%)
		Transverse	Longitudinal	<i>L</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	
Control	10.4±0.56 ^z	26.2±0.51	25.4±0.51	66.0±0.32	17.6±0.80	63.4±0.41	16.6±0.44
Moderate water stress	15.3±0.57	29.5±0.38	30.3±0.52	65.5±0.38	15.1±1.08	61.1±0.45	16.3±0.28
Severe water stress	14.1±0.90	28.6±0.59	30.3±0.55	64.7±0.66	22.4±0.76	62.6±0.53	16.1±0.55

^z Mean±SE.

考 察

キンカンには春に伸長した新梢の葉腋に着花することから、新梢の萌芽から着蕾までの環境条件が着花に影響を及ぼすと考えられる。Abbott (1935) はフロリダにおけるナガミキンカンの花芽は当年の春枝に分化し、その時期は5月20日であったと報告している。また、Matsubara and Toyama (1941) は宮崎におけるナガミキンカンの花芽分化開始時期は6月下旬頃で、その後急速に花蕾は発達して7月下旬に1番花が開花すると報告している。したがって、本実験においては土壤乾燥処理期間中に花芽が分化し、花蕾が発達したと考えられた。

強度土壤乾燥区では3週間弱の乾燥処理期間であったが、処理終了後10日頃から多数の1番花が開花し、2~3番花はわずかであった。また1番花の開花時期は対照区と差はなかったが、1番花数は対照区に比べて有意に増加した。一方、軽度土壤乾燥区では約1カ月の処理期間であったが、処理終了時にはすでに1番花の開花が観察され、その後7月中旬まで開花が続き1~3番花の区別がつかなかった。Nakajima et al. (1993) は「土佐」ブンタン (*Citrus grandis* Osbeck) を供試して、9月から12月まで異なる期間の水ストレスを与えて翌年の着花を観察したところ、水ストレスの期間が長くなるほど着花数が増加することを明らかにした。本実験によりキンカンにおいても土壤乾燥処理が着花状況に影響を及ぼすことが明らかになった。特に強度の土壤乾燥処理を行った場合には、ほとんどの花が1番花に相当し、2~3番花は極端に少なくなったことから、キンカンにおいては土壤乾燥処理によって1~3番花数が大きく影響を受けることが明らかになった。Suzuki et al. (1969) は、土壤乾燥処理はウンシュウミカン (*Citrus unshiu* Marc.) の開花時期には影響を及ぼすことはないことを報告している。キンカンはカンキツ属のウンシュウミカンや「土佐」ブンタンとは花芽

分化時期は異なり、当年の春に萌芽・伸長した新梢の葉腋に花芽を分化する。したがって本実験における土壤乾燥処理時期は、キンカンの花芽分化開始時期から花蕾の発達期間中に相当する。Inoue (1989) は、ウンシュウミカンにおいて土壤乾燥処理が腋芽中の花芽分化を促進する傾向にあることを報告していることから、本実験においても花芽分化が促進されたためにすべての花芽が1番花となった可能性が考えられる。

本実験では強度土壤乾燥区で1番花が集中的に開花し、その開花期間は約5日であったが、軽度土壤乾燥区では、処理後約1カ月にわたって途切れることなく開花が見られた。本実験では樹体の水ポテンシャルを測定していないため、樹体が受けた水ストレスの程度が不明であるが、土壤水分含量の低下に伴って樹体の受ける水ストレスが増加すると考えられる。したがってキンカンの着花は樹体の水ストレスの程度に影響されるものと考えられ、さらに水ストレスの程度が強くなるほど開花期間が短期間に集中する可能性が示唆された。今後、樹体の受ける水ストレスの程度と1番花数および開花期間との関係について、さらに検討する必要があると思われる。

本実験において、強度土壤乾燥区では新梢あたりの着花数が4個程度で対照区に比べて減少した。着花数の減少は着果数を減少させ、収量の低下をもたらす可能性がある。しかしながら、一般にキンカンの着果数は、10~15 cmの結果枝1本あたり2~3個であるが、大果生産を目的とした場合には1~2個を基準としている。本実験に供試した樹体の新梢長は6~9 cmであった。したがって、新梢あたりの着花数が4個程度であっても、十分な着果量を確保することは可能であると考えられるが、今後着果率および収量について検討する必要があると思われる。

一般にキンカンの果実肥大や果実品質は、1番花に着果した果実で優良となる。本実験では対照区における1番花数が少なく、果実の調査は2番花に着果した

果実で行った。したがって対照区における収穫時の果実重、横径および縦径は1番花に着果した果実で調査した軽度土壌乾燥および強度土壌乾燥区に比べて劣ったが、果実肥大のパターンは処理区間で差はみられなかったことから、土壌乾燥処理が果実の肥大ならびに品質に及ぼす影響はないと考えられる。

以上のことから、キンカンの1番花を利用した果実生産にとって、土壌乾燥処理は有効な方法であると結論される。

文 献

- Abbott, C. E. 1935. Blossom-bud differentiation in citrus trees. *Am. J. Bot.* **22**: 476-485.
- Fujikawa, K., Kono, A., Okurano, H., Matsushima, K., Shinohara, K., Tokito, T. 1997. Effects of temperature on flowering and fruit set of kumquat. (Japanese text with English abstract) *Bull. Kagoshima Fruit Tree Exp. Stn.* **1**: 21-25.
- Inoue, H. 1989. Effects of soil drough and temperature on flower bud differentiation of satsuma mandarin. (Japanese text with English abstract) *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* **58**: 581-585.
- Iwahori, S., Tominaga, S. 1986. Increase in first-flush flowering of 'Meiwa' kumquat, *Fortunella crassifolia* Swingle, trees by paclo-butrazol. *Sci. Hortic.* **28**: 347-353.
- Matsubara, S., Toyama, Y. 1941. Studies in the flower-bud differentiation in citrus. (Japanese text) *Stud. Citrogica* **10**: 61-75.
- Nakajima, Y., Susanto, S., Hasegawa, K. 1993. Influence of water stress in autumn on flower induction and fruiting in young pomelo trees (*Citrus grandis* (L.) Osbeck). *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* **62**: 15-20.
- Spiegel-Roy, P., Goldschmidt, E. E. 1996. *Biology of Citrus*. Cambridge Univ. Press, New York, pp 230.
- Suzuki, T., Kaneko, M., Tanaka, M. 1969. Effects of soil moisture supplied at various growth stages on the growth and fruiting of young citrus trees. (Japanese text with English abstract) *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* **38**: 287-294.