‘宮内イヨカン’の着花が開花期の窒素と 光合成産物の転流に及ぼす影響¹

高木信雄・清水真寿美²・荻野尚裕³

前田幸男・赤松 聡・大和田厚

愛媛県果樹試験場 761-01 松山市下伊台町

Influence of Flowering Intensity on the Vegetative Growth and
Translocation of ¹⁵N and ¹³C-Photosynthates during
Anthesis in Miyauchi iyo (*Citrus iyo hort.* Tanaka)

Nobuo TAKAGI, Masumi SHIMIZU, Naohiro OGINO,
Yukio MAEDA, Satoshi AKAMATSU and Atsushi OWADA
*Ehime Prefectural Fruit Tree Experiment Station,
Shimoidai, Matsuyama 791-01*

Summary

In this experiment ¹⁵N and ¹³C were used as tracer elements. With an increase of flowering load, percentage fruit setting and the number of shoots of spring flush decreased. The percentage fruit setting was particularly lowered by an increase of leafless inflorescences.

In trees where the ratio of leaf to flower number was less than 10, the total amount of nitrogen contained in the dropped flowers was more than 10% of the nitrogen in all the fruit harvested in autumn.

The percentage fruit setting of leafy inflorescences was higher and the ovary growth during 4 to 5 days of preflowering stage was greater than that of leafless inflorescences. It was also confirmed that the nitrogen which had been applied on April 20, was absorbed and translocated to new shoots as well as to flowers at anthesis. Thus it seems that the nitrogen promoted photosynthesis and increased the fruit setting. On the other hand, nitrogen which had been applied on May 8, had almost no effect on fruit setting but contributed to the development new shoots after anthesis. Most of the nitrogen which was applied on September 1, was steadily absorbed until mid November. ¹⁵N content in the leaves remained almost constant until the following February. Throughout the period from March to May, ¹⁵N content of shoots, leaves and fibrous root decreased, while that of the new leaves and flower organs increased. ¹⁵N which was applied on April 20 as well as on September 1 was uniformly distributed to plant parts such as flower organs and new shoots. Dropped flower organs contained a considerable amount of the ¹⁵N. This shows that much of the nitrogen in the flower organs was lost through flower dropping.

Although a lot of ¹³C-photosynthates was translocated to leafy inflorescences, the total amount of ¹³C in the dropped flowers was greater. Among the plant parts, ¹³C content was highest in the new leaves through anthesis. ¹³C content in the old leaves decreased rapidly while that of flower organs increased.

¹ 1986年2月12日 受理

² 現在 温泉青果農業協同組合

³ 多木化学株式会社

本報告の要旨は園芸学会昭和58年度及び60年度秋季大会で発表した。本研究の一部は農林水産省総合助成試験費補助金によって行われた。

緒 言

宮内イヨカンは、昭和50年ころよりウンシュウミカンの生産過剰に対する高接ぎ更新の主力品種として、全国的に栽培面積が急増した。しかし、結実期に達した後の更新樹の樹冠の拡大は遅く、その生産性はウンシュウミカンに比べて著しく低い(17)。

豊産性の本種の生育は、着花と結実は良好であるが、枝梢の生長が不良で樹勢が弱い。着花結実と枝梢の生長の相互関係については多くの報告(20, 22, 24)があるが、従来の研究は、ウンシュウミカンの着花結実性の向上に関するものが多い。また、花や新梢の形成に対して、貯蔵炭水化物や窒素の重要性が明らかにされているが(1, 2)、宮内イヨカンのように生殖生長が栄養生長を制限する場合の着花の栄養生理的意義は不明な部分が多い。

一方、カンキツの枝葉による窒素吸収は初夏から夏期に多く(6)、また、生育に対しても春肥や夏肥施用の窒素は、秋肥施用のそれよりも効果が高い(14, 25)。しかし、カンキツの開花期ころに施用される“花肥”は落花を助長するとされており、従来はほとんど施用されていなかった。

そこで、宮内イヨカンの着花過多が生育に及ぼす影響、並びに開花期の ^{15}N 標識窒素と ^{13}C 標識光合成産物の花や新梢への転流の様相を明らかにすることによって、本種の着花過多に対する施肥窒素の意義を検討した。

材料及び方法

1. 生育特性と花による窒素の消費

愛媛県果樹試験場東野圃場において、 $1.8\text{m} \times 1.8\text{m}$ に栽植された9年生カラタチ台宮内イヨカン20樹を供試した。1982年5月12日に花数、同年8月7日に結果数、新梢及び葉数を調査し、葉果比80を基準に摘果した。各時期に1樹から花を50個、摘果果実を10個採取し窒素含量を分析した。窒素含量と乾物重からそれらに含まれる窒素量を樹別に求めた。

2. 花肥と初秋施用 ^{15}N の花及び新梢への転流

$30\text{cm} \times 45\text{cm} \times \text{深さ } 30\text{cm}$ のポットに栽植されたカラタチ台5年生樹を各区3樹ずつ供試した。花肥は1982年4月20日と5月8日に $7.07\text{ }^{15}\text{Natom}\% \text{ excess}$ 硫酸を 20g ずつ施用し、施用後 30mm のかん水を行った。また、 $10.2\text{ }^{15}\text{Natom}\% \text{ excess}$ 尿素の 0.5% 液を5月8日に葉面散布した。その際、散布液の花への付着を防止するため、散布直前に1樹当たり30個の有葉花とその新梢をビニル袋で覆い、袋かけ区とした。なお、開花初めは5月8日で、花は5月12日に、新葉と幼果は6月15日に

採取した。また、供試樹にはその年の春肥は施用しなかった。

次に、前述の9年生樹を2樹供試し、1982年9月1日に、 $7.08\text{ }^{15}\text{Natom}\% \text{ excess}$ 硫酸を窒素で 100g ずつを 10l の水に溶解し均一に施用した。施用後、1樹は草生栽培し、1樹は除草剤で裸地化した。その後同年11月中旬と翌年3月上旬に窒素で 50g ずつを ^{14}N 硫酸で施用した。第7図に示す時期に、花、新梢、葉、果実と土壌及び細根を適宜採取し、窒素と ^{15}N の分析に供した。土壌は検土杖で採取し、細根は樹冠下から採取した。

^{15}N は発光法によって、加藤らの方法(10)で測定した。

3. 開花期の ^{13}C 標識光合成産物の転流

愛媛県果樹試験場伊台圃場に栽植されたカラタチ台4年生樹を供試し、開花初めの1985年5月9日(晴天)に、第1図のとおり $^{13}\text{CO}_2$ を同化させた。 $^{13}\text{CO}_2$ は $91\text{ atom}\% \text{ Ba}^{13}\text{CO}_3$ 7.5g ずつを 50% 乳酸で、午前7時と9時に発生させて午後1時まで同化させた。処理直後と翌朝7時に花蕾と新梢を、また処理5日後に樹体を解体し試料を採取した。試料は採取後直ちに 100°C で乾燥し、重量測定後振動ミルで微粉末とした。 ^{13}C は農林水産省四国農業試験場において、日本分光社製 $^{13}\text{CO}_2$ アナライザーで測定した(15, 27)。

施用 ^{15}N と ^{13}C の転流は久保田ら(13)の方法に準じて、各部位の施用 N と C の占める割合 $=^{15}\text{N}$ あるいは ^{13}C 寄与率(各部位の $\text{atom}\% \text{ excess}/\text{施用 } \text{atom}\% \text{ excess}$)と移行量 $=\text{寄与率} \times \text{各部位の乾物重}$ で比較した。なお、 $\text{atom}\% \text{ excess}$ は、 $\text{atom}\%$ から自然界に存在する濃度、すなわち ^{15}N は 0.365% 、 ^{13}C は 1% を減じた数

Fig. 1. Methods for $^{13}\text{CO}_2$ feeding to a Miyachi tree under orchard conditions.

値である。

結 果

1. 生育特性と花による窒素の消費

調査樹の中で、着花過多樹と着花少樹の3樹ずつについて、新梢の発生数と結実率を第2, 3図に対比した。着花過多樹では、直花が着花少樹の15倍以上も着花したが、両樹とも直花はほとんど結実しなかった。着花過多樹の新梢数は著しく少なかったが、両樹とも着果枝と無着果枝の中で、後者の割合が90%以上で著しく多かった。しかも、無着果枝の中で、5 cm未満の弱小枝の比率が高く、特に着花過多樹では約85%を占めた。次に、母枝の先端から各節位ごとに、新梢と着果枝の発生数とその長さを第4図に示した。母枝当たりの平均新梢発生数は、着花過多樹で約2本、着花少樹で約1.4本であった。両樹とも第1節位からの新梢の発生が多く、また、有葉果の着生もこの節位で多かった。しかし、2節目以下からも全体の60%以上の新梢と着果枝が発生した。なお、新梢の長さは発生する節位によってほとんど差がなかった。

全調査樹について、着花数と新梢発生数及び葉花比(着葉数/着花数)と結実率の関係を第5, 6図に示し

Fig. 2. The influence of the inflorescences on flower types, fruit-setting and spring flushes in 8-year-old Miyauchi iyo trees. (A: Shoots, B: Leafy inflorescences, C: Leafless inflorescences)

た。着花数と新梢発生数の間には、有意な負の相関関係が認められ、花が5個増えると新梢が約1本減少する関係にあった。さらに、着花数が増加すると葉花比が低下することになるが、その値が10以下になると結実率も著しく低下した。

第1表と第7図に、花器中の窒素含量と落花中の窒素量を摘果果実及び収穫果実中のそれらと比較している。花器中の窒素含量は平均3.59%で、子房よりも花弁中で高く、がく中の含量はやや低かった。また、有葉花よりも直花の方がやや高い傾向を示した。開花した花の平均

Fig. 3. The relationship between flowering intensity and types of shoot in 8-year-old Miyauchi iyo trees. Shoots were classified into 3 types; bearing shoots (A), non-bearing above 5 cm (B) and below 5 cm (C).

Fig. 4. Numbers of non bearing and bearing shoot per node and shoot length in relation to flowering intensity.

Fig. 5. The relationship between the number of flowers and the shoot growth in 8-year-old Miyauchi iyo trees.

Fig. 6. The relationship between the ratio of leaves to flowers and fruit setting in 8-year-old Miyauchi iyo trees.

乾物重は 67 mg で花弁やがくの割合が高く、子房の乾物重は 10 mg 以下であった。1 花中の平均窒素含量は 2.4 mg であった。供試樹の平均着花数は約1,000個で葉

Table 1. Losses of dry matter and nitrogen through the flower abscission, fruit thinning and harvest in 8-year-old Miyauchi iyo trees. Data represent the averages of 20 trees.

Organs	Dry matter (mg)		No. of organs/tree	No. of leaves/flower or fruit	No. of abscised organs/tree	Content of N (%)				N (mg) in abscised organ	N (g) in abscised organs	
	Ovary	Whole flower				Ovary	Petal	Calyx	Organ		/tree	/10a*
Flower (s)		67.0	994	10.3	858				3.59	2.4	2.14	430
leafy	7.16					3.31	3.83	3.07				
leafless	6.87					3.62	3.80	3.30				
Fruit												
thinned		7,000	136	39.0	67				1.63	113.9	7.60	1,520
harvested		32,000	69	76.5	69				0.98	313.6	1.76	4,350

* In the case of 200 trees planted in 10 a.

Fig. 7. Relationships between the number of flowers (left) or fruitlets thinned (right) and their total amount of nitrogen per trees. Data from 20 trees of 8-year-old Miyauchi iyo trees.

Table 2. Effect of nitrogen application before and at anthesis on fruit setting in 5-year-old Miyauchi iyo trees.

Treatments	No. of leaves/tree	No. of flowers/tree	No. of fruit set/tree		Fruit setting (%)	Dry weight (g)/fruitlet a month after anthesis
			Leafy	Leafless		
¹⁵ N Urea foliar spray	400	189	22	21	22.8	0.41
(¹⁵ NH ₄) ₂ SO ₄ soil application						
March 20	341	147	15	21	24.5	0.59
May 8	329	163	9	7	9.8	0.38
Control	418	174	9	8	9.8	0.16

花比が約10であったが、全ての花卉と大部分の花が落下して、それらの中に含まれる窒素量は1樹当たりで2.14 gであった。供試樹間の着花の多少によって、花中の窒素含量にはほとんど差がなかった。したがって、落花によって失われる窒素量は着花数に比例して増加した。着花数が1,000個の場合には2.16 gの窒素に相当し、5,000個着花した場合には10.8 gにも達した。

供試樹の摘果前の平均葉果比は39で、約50%の果実が摘果された。その乾物重は約7gで、窒素含量は平均1.6%であり、摘果果実中の窒素量は0.11 gであった。摘果果実中の窒素含量も樹間差が少なく、1樹当たりの窒素量は摘果数に比例して増加し、その窒素量は平均7.6 gであった。花と8月上旬の摘果果実中の窒素量を比較すると、花の窒素量は後者の1/40以下であったが、着花過多樹の花数は結果過多樹の摘果数よりも40倍以上多かった。したがって、着花過多樹の落花による窒素消費量

と結果過多樹の摘果による消費量はほぼ同程度であった。また、採収果実重量は1樹当たり約15 kgで、その中の総窒素量は約22 gであった。葉花比が10で摘果前の葉果比が40の場合、収穫果中の窒素に比べて落花中に含まれる総窒素量は約10%、また、8月上旬に摘果した果実では約35%であった。

2. 花肥と初秋施用¹⁵Nの花及び新梢への転流

4月20日の硫安施用と5月8日の尿素の散布によって、第2表に示すとおり、結実率が明らかに高まった。一方、5月8日の硫安施用区の結実率は対照区と差がなく、また、落果が助長されて結実不足になるという傾向は認められなかった。

花肥施用の各区の花蕾重と子房重を第8図に示した。開花前4～5日の蕾では花卉やぐの割合が大きく、子房の割合は、有葉花及び直花のいずれも蕾重量の約5%

Fig. 8. Effect of nitrogen application on the weight of flower and ovary in relation to the number of flowers and the type of inflorescences.

Table 3. Distribution of ^{15}N applied before and at anthesis in reproductive and vegetative organs at full bloom and a month after anthesis. Content of ^{15}N expressed as % of ^{15}N applied.

Treatments	Flower organ						Spring flushes	Fruitlets		Spring flushes	Old leaves	Abscised flowers
	Ovary		Petal		Calyx			Leafy	Leafless			
	Leafy	Leafless	Leafy	Leafless	Leafy	Leafless						
Total N (%)	May 12						June 15					
¹⁵ N Urea foliar spray I	2.81	2.50	3.30	3.19	2.61	2.05	3.08	2.69	2.96	2.74	2.18	3.39
II*	2.58	2.55	3.15	3.20	2.41	2.28	—	—	—	—	—	—
(¹⁵ NH ₄) ₂ SO ₄ soil application												
March 20	2.41	2.66	3.18	3.15	2.51	1.95	3.07	3.41	3.18	3.13	2.62	3.00
May 8	2.78	2.52	2.59	2.72	2.07	2.11	2.57	3.68	3.10	3.33	2.97	2.60
Control	2.72	2.49	2.95	2.51	2.24	2.04	2.71	2.44	2.32	2.59	2.05	2.62
¹⁵ N content (%)												
¹⁵ N Urea foliar spray I	13.0	12.2	12.7	11.3	12.1	11.8	16.0	14.0	13.4	16.7	16.3	18.2
II*	10.9	11.6	9.1	10.0	9.5	9.5	6.1	—	—	—	—	—
(¹⁵ NH ₄) ₂ SO ₄ soil application												
March 20	11.9	11.8	15.2	13.4	11.8	12.7	11.6	32.5	32.4	18.6	17.9	20.0
May 8	3.9	3.1	3.3	2.7	3.6	3.1	3.0	39.7	40.0	26.1	21.9	8.5

* Flowers was covered with vinyl bags to protect from the foliar spray.

であった。蕾及び子房の重量は、有葉花よりもむしろ直花でやや重かった。開花時の花の重量は有葉花と直花の間ではほとんど差がなかったが、この間に有葉花の子房が急速に肥大し、子房の重量割合は有葉花で16.7%、直花では10.1%で、両者の子房発育には著しい差異が認められた。直花の重量と子房の重量に対しては、着花数の多少の影響がほとんど認められなかったのに、有葉花の子房重に対しては着花の影響が認められ、着花数が増加すると子房重がやや小さくなる傾向が認められた。4月20日の硫安区及び尿素散布区の有葉花子房重は、5月8日の硫安区及び対照区に比べてかなり重かった。しかし、直花の重量と子房重には各区にほとんど差がなかった。

花器中の窒素と ^{15}N 寄与率を第3表に示した。4月20日の硫安施用区と尿素散布区の花弁やがく中の窒素含量が高く、5月8日の硫安区の含量は対照区と差がなかった。4月20日硫安施用区と尿素散布区の花器中の ^{15}N 寄与率は、5月8日硫安施用区よりも顕著に高かった。4月20日硫安施用区の各器官の ^{15}N 寄与率は花弁でやや高い傾向にあったが、花と新梢及び有葉花と直花の間に顕著な差はなかった。また、尿素散布区では花よりも新梢中でかなり高かったが、散布時に有葉花とその新梢をビニル袋で覆って直接 ^{15}N を花へ付着させなかった場合、その枝葉の部分に比較して、花により多くの ^{15}N が移行していた。満開4週間後の果実や新葉中の ^{15}N 寄与率は、硫安施用区では満開期よりもかなり増加したが、特に5月8日硫安施用区では、4月20日施用区よりも寄与率で約7%も高い値を示した。尿素散布区では硫

安施用区よりもかなり低く、開花時の濃度とほとんど変わらなかった。落花あるいは落下した幼果中にも開花時

Fig. 9. Seasonal changes of the ^{15}N content in the soil and in fibrous roots, and leaves of Miyauchi iyo trees. Nitrogen fifteen was applied as $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ in the soil on September 1, 1983.

Table 4. The effect of ¹⁵N application in early Autumn on the levels ¹⁵N in the old and new organs of 8-year-old Miyauchi iyo trees in next Spring. (¹⁵NH₄)₂SO₄ was applied on September 1. Content of ¹⁵N expressed as % of ¹⁵N applied.

Soil managemunts	Old organs						New organs				
	Leaves	Shoots		Leaves	Shoots		Inflorescences				Spring flushes
		1-year-old	2-year-old		1-year-old	2-year-old	Leafy	Leafless	Ovary	Abscised	
	March			May							
Soil culture	21.5	19.0	19.4	18.1	10.7	11.6	23.2	22.5	22.5	21.3	22.9
Bare ground	22.9	22.9	17.2	17.5	13.3	16.3	27.7	26.2	25.1	25.4	23.2

と同程度の窒素、並びにそれ以上の ¹⁵N が含まれていた。

一方、前年の初秋季に施用した ¹⁵N の土壌、細根及び葉中の ¹⁵N 濃度の時期変化を第9図に示した。9月1日に施用した ¹⁵N は、11月中旬には25~30 cm の土層まで移行したが、その層の ¹⁵N 濃度はその後徐々に低下し、5月のその濃度は著しく低かった。葉中の ¹⁵N 濃度は施用後直ちに上昇し、11月中旬に最高に達し、2月まではその濃度が持続したが、その後3月から5月にかけて低下した。細根中の ¹⁵N 濃度も葉と同程度で、12月から3月にかけてやや上昇し、その後5月になると急激に低下した。3月のせん定時と5月の開花期の葉や枝梢の ¹⁵N 寄与率は、第4表に示した。3月の葉中の ¹⁵N 寄与率は枝のそれよりも高かったが、枝の種類については結果母枝になる春枝で最も高かった。5月の開花期の新生器官の中では、花中の ¹⁵N 寄与率が新梢よりもやや高かったが、花の種類及び落花と着生花の間の差異は小さかった。一方、旧葉では3月に比べて約10~15%、1年生枝では約40%減少し、花や新梢の寄与率に比べて20~30%低かった。新葉中の ¹⁵N 濃度は5月以後低下した。しかし、9月になってもまだ冬期の濃度の80%が維持されていた。

3. 開花期の ¹³C 標識光合成産物の転流

¹³CO₂ 同化処理後の各器官の ¹³C 寄与率と移行量の変化を第5,6表に示した。蕾中の ¹³C 寄与率は、処理直後

には有葉花の方が直花よりも顕著に高かった。翌朝になると、有葉花及び直花の開花間近の大きい蕾の ¹³C 寄与率は著しく増加したが、小さい直花の蕾はあまり増加しなかった。処理5日後には、有葉花の ¹³C 寄与率が直花よりも約50%高く、有葉花の花器構成部分の中では、子房の方が花弁やガクよりも ¹³C 寄与率が高かった。さらに、1花当たりの ¹³C 吸収量は子房の大きさによって顕著な差が認められ、有葉花の子房の吸収量は直花のそれよりもかなり多く、また、落下した花への移行量は著しく少なかった。しかし、花の構成部分別の ¹³C 吸収量は、子房よりも花弁やがくの方が多く、花の吸収量の中で子房の割合は有葉花で20%、また、直花では約10%であった。落下した花弁や蕾の ¹³C 寄与率は、着生している有葉花の60%以下であったが、1樹全体での総移行量は大きかった。

第7表に樹体各部位の ¹³C の吸収量と分布割合の変化を示した。施用炭素(983 mg)の樹体の総吸収率は、処理直後では85.8%であったが、翌朝には73.8%に、さらに5日後には50%まで低下した。花蕾による吸収は、処理直後には少なかったが、翌朝には16%に達し、さらに5日後になってもその量が維持されており、花蕾は光合成産物転流の sink として最も大きいことが認められた。新葉の ¹³C 寄与率はいずれの時期も全器官中とりわけ高く、処理直後の吸収率は43.6%にも達した。一方、旧葉の ¹³C 寄与率は新葉の1/5以下であったが、旧葉全

Table 5. Translocation of ¹³C metabolites in inflorescences and leaves during anthesis in 4-year-old Miyauchi iyo trees under orchard conditions. Samples were collected at 6 hrs and 24 hrs after ¹³CO₂ feeding.

Organs	No. of organs /tree	Dry weight (mg)		C (%)	¹³ C content (%)		¹³ C(μg)/organ		¹³ C(mg)/tree	
		/organ	/tree		6hrs	24hrs	6hrs	24hrs	6hrs	24hrs
Flower buds										
Leafy (large)	103	31.6	3,245	43.4	1.22	2.06	168	366	17.3	40.1
(small)	317	11.7	3,717	41.1	1.19	1.95	57	94	18.1	29.6
Leafless (large)	229	50.5	11,559	39.1	0.46	2.01	91	365	20.8	83.8
(small)	190	6.5	1,241	39.1	0.45	0.72	29	19	2.2	3.4
New leaves			23,366	39.3	4.67	4.00			428.9	367.1
Old leaves			41,047	45.0	0.79	0.42			325.5	173.6

Table 6. Translocation of ^{13}C metabolites in Miyauchi iyo trees 5 days after $^{13}\text{CO}_2$ feeding.

Organs		No. of organs /tree	Dry weight (mg)		C (%)	¹³ C content (%)	¹³ C/organ (μg)	¹³ C/tree (mg)
			/organ	/tree				
Inflorescences								
Leafy	(ovary)	46	8.3	380	40.9	1.66	56	2.58
	(petal)	46	22.2	1,020	36.7	1.54	126	5.78
	(calyx)	46	27.3	1,255	40.9	1.44	161	7.39
Leafless	(ovary)	43	4.0	173	40.2	1.05	17	0.73
	(petal)	43	17.9	768	40.9	1.13	82	3.55
	(calyx)	43	21.9	941	40.9	0.85	76	3.28
Abscised	(ovary)	33	2.3	76	43.5	0.80	8	0.27
	(petal)	—	—	3,958	29.7	0.92		10.79
	(calyx)	—	—	879	40.9	0.61		2.18
Flower buds								
Leafy	(large)	147	38.1	5,606	43.4	1.54	255	37.42
	(small)	227	31.8	7,216	41.1	1.66	216	49.08
Leafless	(large)	119	49.2	5,852	39.1	1.15	220	26.21
	(small)	99	13.2	1,311	39.1	1.11	58	5.73
Abscised	(large)	34	35.8	1,273	36.3	0.38	49	1.68
	(small)	91	16.7	1,523	36.3	0.63	38	3.47
New leaves				23,366	39.3	2.61		239.40
Old leaves (spring)				61,760	45.0	0.12		32.22
(summer)				11,510	45.0	0.22		11.55

Table 7. Changes in the distribution pattern of ^{13}C in Miyauchi iyo trees with an advancement of time after feeding.

Organs	Amount of ^{13}C (mg)			^{13}C % of total amount of ^{13}C applied			% of ^{13}C in whole tree		
	6hrs	24hrs	5days	6hrs	24hrs	5days	6hrs	24hrs	5days
New leaves	482.9	307.2	239.4	43.6	37.3	24.4	50.8	50.6	48.5
Old leaves	325.5	173.6	43.8	33.1	17.7	4.5	38.6	23.9	8.9
Inflorescences	54.8	156.9	100.1	5.9	16.0	16.3	6.5	21.6	32.8
Other organs	31.2	27.9	49.8	3.2	2.8	5.1	3.7	3.8	10.1
Total	844.0	725.5	493.1	85.8	73.8	50.3	100.0	100.0	100.0

体による吸収量は処理直後では33.1%で、その後急速に低下した。なお、他の器官への移行量は著しく少なかった。各時期の ^{13}C の分布割合で比較すると、新葉への分布割合はいずれの時期でも約50%でほとんど変化しなかったが、旧葉の分布割合は急速に減少し、その減少と花蕾の増加割合がほぼ一致していた。

考 察

結実期に達した後に生育が不良になるのは、宮内イヨカンだけでなく、最近栽培面積が増加している早生系品種（極早生ウンシュウなど）にも共通した性質である。これらの品種では、良好な着花性が生産性向上に必ずしも結び付かない場合が多く(4)、むしろ、それは樹冠の拡大を不良にするなど、生産性阻害の樹体内要因とみなすことができる。

宮内イヨカンとウンシュウミカンの結果習性(22, 24)を比較すると、宮内イヨカンでは着花の程度が多だけでなく、直花の不結実性に基づく弱小枝を主体とした無着果枝の比率が顕著に高いことが特徴である。カンキツでは一般に着果負担が枝梢や細根中の貯蔵でんぷんの蓄積を減少させる(21, 24)だけでなく、果実がジベレリン様物質を生成するために(23, 26)、それが果実着生位置周辺枝の翌年の着花を抑制すると考えられている。宮内イヨカンの場合には、弱小枝に着花過多が繰り返される傾向にあるが、弱小枝に着生するのはほとんどが直花で結実しない。したがって、これらの枝では果実からのジベレリンの影響をうけることが少ないので、毎年直花の着花過多を繰り返すものと推測される。さらに、本種の枝葉はわい化し、また頂芽優性が弱いために、樹冠は小

Table 8. The effect of ^{15}N urea foliar sprays in the middle of June on the chlorophyll, total nitrogen and ^{15}N content in the leaves.

Treatments	Chlorophyll (mg/FW)			Total N (%)	^{15}N atom % excess	Content of ^{15}N applied (%)
	a	b	a+b			
^{15}N urea I	1.076	0.369	1.446	2.70	0.323	3.08
II*	1.147	0.386	1.535	2.70	0.399	3.80
Untreated	1.051	0.346	1.398	2.72	—	—

* ^{15}N urea was sprayed with sugar ester as wetting agent. Samples were collected 5 days after spraying.

さく叢生型を示す。これらの特性を植物ホルモンの面からみると、枝葉のわい化はジベレリン不足を、また頂芽優性が弱いことはサイトカイニンが多いことを示唆している (12, 16)。

宮内イヨカンの花と新梢の間には、花が5個増えると新梢が1本減るという関係が認められ、着花数が1個増加すると葉数はほぼ1枚の割合で減少することになる。このことは、葉果比に応じて結実させるその年の収穫果数だけでなく、翌年の結果母枝数までが5月の着花量 (着花負担) の多少によって決まることを意味する。また、宮内イヨカン果実は8月中旬以後急速に肥大し、着果負担が増大するが、春梢や新葉は6月上旬にほぼ生長を停止するので (19)、枝葉のわい化はその時すでに確定している。すなわち、生育に対しては、秋の着果負担に先行して着花負担が5月に生じていることを示唆するものである。

Guardiola ら (5) は、16年生のワシントンネーブルの着花過多樹には100,000個以上の花が着生し、その落花に伴う窒素損失量は171gに達すると報告している。宮内イヨカンの成木でも1樹当たり10,000個以上着生することも多く、その場合、10a当たり200本植えて施肥窒素の利用効率を50%と仮定して、落花による窒素損失量を試算すると8.7kg/10aの施肥窒素に相当する。この量は、結果過多樹の8月上旬の摘果中の窒素量にほぼ匹敵し、樹体栄養的にも無視し得ない量である。しかも、その時期が春梢の生育期に当たるので、花による窒素の消費が樹勢に及ぼす影響は極めて大きいと判断される。

開花期に認められる光合成産物の転流について、門屋 (9) は旧葉がその主要な source であり、また新梢と花蕾が sink として競合関係にあることを報告している。本試験においても、旧葉と花蕾の間に source と sink の関係が認められた。また、開花初期に施用した ^{13}C 標識光合成産物は、結実の良好な有葉花に多く移行したが、樹全体でみた総分配量は直花の方が多いことからみて、着花過多樹では直花が開花期における光合成産物の分配をめぐる競合を助長し、また落花に伴う炭素の損失も大きいと推察される。さらに、花の構成部分別の生長

割合を比較すると、蕾では有葉花と直花のいずれも花弁やがくが子房よりも先に肥大し、そのために、貯蔵炭水化物あるいはこの時期の光合成産物を先取りしている様相が示唆された。一方、子房は開花直前より急速に肥大し (3, 7)、その肥大量と開花初期の光合成産物の吸収量によって、結実のよしあしが左右された。結実に対して、旧葉及び有葉花の伴葉は子房への光合成産物の供給器官として寄与していると考えられた。花弁の結実に対する役割は不明であるが、花弁と子房の間にも栄養上の競合関係が存在することは明らかである。

次に、施肥窒素の転流について検討したところ、開花3週間前の施用 ^{15}N は、花と新梢及び有葉花と直花にはほぼ均一に移行し、その分布様式には光合成産物のような局在性は認められなかった。また、落ちた花と着生花の間にも ^{15}N 濃度には差のないことから、この時期の落花は窒素不足によるものではなく、光合成産物の多少によって結実が支配されているものと考えられた。すなわち、開花3週間前の施肥及び開花初期の葉面施用窒素の結実促進効果は、光合成を介した間接的なものと推測された。

中原 (18) や加藤 (11) は、収穫前に施用する礼肥としての窒素の動きについて報告している。本試験の結果からも、花や新梢の形成に対する貯蔵窒素の役割が重要であることはよく理解される。しかし、貯蔵窒素や炭水化物が豊富にあることが着花を一層助長することになり (8, 21, 24)、そうすると、それらの貯蔵養分の多くが落花によって失われることになる。豊産性種の宮内イヨカンでは、豊富な貯蔵窒素が必ずしも春梢の生育を促進することにならないと推測される。開花期の新葉は、全窒素含量が高いにもかかわらず葉色がうすい。一方、花肥や5～6月の葉面施用の窒素は、新葉の緑化を促進する (第8表)。したがって、前年に吸収された貯蔵窒素と、当年吸収された窒素の動きは異なっているものと考えられる。新葉にとって、開花期は光合成産物に対して sink から source への転換期であり (9)、また、窒素の利用方式が貯蔵窒素から当年施用した窒素の利用に転換する時期でもある。すなわち、施肥窒素が花へ多く移行す

るかによってその転流パターンが大きく異なり、施肥窒素が特に着花結実（生殖生長）に貢献するか、あるいは新葉の充実（栄養生長）に貢献するかが決定される。宮内イヨカンの着花過多対策として樹勢強化のためには、開花期ころに花肥として、速効性肥料を窒素で5~6 kg/10 a 程度施用するのが適切と考えられ、この場合、落果の助長は問題になくしてよいと判断された。

本種栽培農家では、肥料は一般に春肥、夏肥、初秋肥及び秋肥の年4回に分施されている。各時期の施肥窒素が生育と収量に及ぼす影響を8年間試験した結果(25)、春肥及び夏肥重点施用区は、初秋肥重点施用区よりも枝葉の生長が優れ、収量もそれに比例して多かった。これらのことから、ウンシュウミカンでは収穫前に施す秋肥の効果がとかく重視されているが、宮内イヨカンではむしろ、春肥と夏肥及びその間の花肥が重視されねばならないと考えられる。

摘 要

宮内イヨカンの着花過多樹における、開花期の窒素と光合成産物の転流を ^{15}N と ^{13}C を用いて検討した。

(1) 宮内イヨカンの着花数、特に結実し難い直花の増加は、新梢の発生数を減少させ、また、樹全体の結実率を低下させた。落花による窒素の損失量は着花数に比例して増加し、葉花比が10以下の着花過多樹では採収果実の10%以上に達した。

(2) 結実率の高い有葉花では、開花前4~5日の間の子房の肥大量が直花の子房よりも大きかった。開花約3週間前の4月20日の施用窒素は、満開時までに新梢や花へ移行し、子房の生長を促進し結実率を高めた。一方、開花初期の5月8日の施用窒素は、結実に対する効果は認められなかったが、開花終了後新梢へより多く移行した。9月1日に施用した窒素の多くは11月中旬までに吸収され、葉中の ^{15}N 含量は翌年の2月まで変化しなかった。その後3月から5月の間に、枝葉や細根中の ^{15}N 含量は低下したのに対して、新生器官の新葉や花中の ^{15}N 含量が高まった。4月20日及び9月1日に施用した ^{15}N は、開花期の花と新梢及び着生花と落花中にほとんど均一に転流した。したがって、花中の ^{15}N の大部分は落花によって損失した。

(3) ^{13}C 標識光合成産物は、結実の良好な有葉花の子房へ多く移行したが、1樹の総移行量は落花器官中の方が多かった。新葉中の ^{13}C 含量は全器官中で最も高く、しかも、その割合は開花期間中変化しなかった。旧葉中の ^{13}C 含量は急速に減少し、その減少量と花の含量の増加量はほぼ一致した。

以上のように、開花期の窒素と光合成産物の転流様式

にはかなりの差異が認められ、開花3週間前の施肥窒素による結実促進は、光合成を介した間接的効果によると推測された。また、宮内イヨカンの着花過多樹の開花後の新梢の生長促進に対しては、開花期ころの窒素の施用が適切であると判断された。

謝 辞 本試験の ^{15}N 及び ^{13}C の分析に際して、御指導を賜った農水省四国農業試験場土壌2科研究室の各位に謝意を表する。

引用文献

1. 赤尾勝一郎・久保田収治・林田至人. 1978. 温州ミカン樹の新生器官形成時における樹体内貯蔵窒素 特に秋肥窒素の利用について. 園学雑. 47: 31—38.
2. 赤尾勝一郎・塚原貞雄・久田秀彦・小野祐幸. 1981. 温州ミカンの花器および新しょうの発達におよぼすほう芽期光合成産物の役割. 園学雑. 50: 1—9.
3. CAMERON and D. APPELMEN. 1934. The distribution of total nitrogen in the orange tree. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 30: 341—348.
4. GOLDSCHMIDT, E. E. and S. P. MONSELISE. 1977. Physiological assumption toward the development of citrus fruiting model. Proc. Int. Soc. Citriculture 2: 668—672.
5. GUARDIOLA, J. L., F. GARCIA-MARI and M. AGUSTI. 1984. Competition and fruit set in the Washington navel orange. Physiol. Plant. 62: 297—302.
6. 広部 誠・大垣智昭. 1969. 温州ミカンの養分吸収に関する調査. 第2報. 成木樹の時期別養分吸収について. 神奈川園試研報. 17: 18—26.
7. 伊東秀夫. 1976. ワシントンネーブルの栽培生理. [I], [II]. 農及園. 51: 1111—1117, 1247—1251.
8. 岩崎藤助・大和田厚. 1960. カンキツの隔年結果防止に関する研究. 第2報. 晩秋の施肥が翌年の着花ならびに新梢の発生に及ぼす影響. 園学雑. 29: 101—106.
9. 門屋一臣. 1974. 温州ミカンの生長における光合成産物の分配利用に関する研究. 愛媛大農学部紀要. 18: 196—208.
10. 加藤忠司. 1974. アンモニウム塩、硝酸塩、アミド態窒素、アミノ酸および全窒素に含まれる重窒素の測定について. 四国農試報. 28: 151—157.
11. 加藤忠司. 1982. ミカンを中心とした果樹の生長と窒素の転流. 農及園. 57: 1473—1488.
12. 近藤民雄. 1985. 樹木における頂芽優性. 農及園. 60: 1351—1356.
13. 久保田収治・加藤忠司・赤尾勝一郎・文屋千代. 1976. 重窒素利用による、温州ミカンの窒素の吸収とその体内移行に関する研究. 第4報. 初夏肥窒素について. 四国農試報. 29: 55—66.
14. 久保田収治・福井春雄・本山栄一. 1974. 窒素の

- 重点施用期がミカン末結実樹の生育と体内組成に及ぼす影響. 四国農試報. 28 : 105—131.
15. 熊沢喜久雄・柳沢 啓. 1981. 植物試料中の ^{13}C 濃度の赤外線吸収法による定量. 土肥誌. 52 : 74—76.
 16. 増田芳雄・勝見充行・今関英雄. 1971. 植物ホルモン. p.124—141, 209—220. 朝倉書店. 東京.
 17. 日園連. 1985. 果樹統計. p.70—96. 東京.
 18. 中原美智男・岩切 徹・渋谷政夫・小山雄生・西垣 晋. 1985. アイトープ ^{15}N 利用によるウンシュウミカン成木樹のチッソ施肥法改善に関する研究. 佐賀果試特別報. 3 : 62—87.
 19. 新居直祐. 1978. 温州ミカン果実の初期生長に及ぼす葉齢と摘葉処理の影響. 園学雑. 47 : 172—180.
 20. 野間 豊・広瀬和栄. 1978. 果樹の栽培新技術委員会編. 果樹の栽培新技術. p.93—95. 博友社. 東京.
 21. 岡田正道. 1985. ウンシュウミカンにおける樹体養分と生産性との関係. 園学要旨. 昭60春 : 38—39.
 22. 大垣智昭・藤田克治・伊藤秀夫. 1963. 温州ミカンの隔年結果に関する研究. 第3報. 温州ミカン園の隔年結果状態, その収量構成ならびに結果と翌年の着花率・結果枝率について. 園学雑. 32 : 13—19.
 23. SAIDHA, T., E. E. GOLDSCHMIDT and S. P. MONSELISE. 1983. Endogenous growth regulations in tracheal sap of citrus. HortScience 18 : 231—232.
 24. 清水達夫・鳥潟博高・鳥居鎮男. 1975. 温州ミカンの着果負担に関する研究. 第3報. 葉果比が収穫期の樹体内炭水化合物含量ならびに翌春の着花数・新葉数に及ぼす影響. 園学雑. 43 : 423—429.
 25. 高木信雄・赤松 聡・大和田厚. 1984. 宮内イヨカンの栄養条件と施肥改善に関する研究. 第3報. 肥料の施用時期と種類が樹勢・収量・品質に及ぼす影響. 園学要旨. 昭59春 : 50—51.
 26. 高木敏彦・鈴木鉄男・岡本 茂. 1983. ウンシュウミカンの着花と果実着生ならびに内生ジベレリン様物質の関係. 園学要旨. 昭58春 : 24—25.
 27. 山懸真人・加藤忠司・塚原貞雄. 1984. 暖地ダイズの $^{13}\text{CO}_2$ の吸収. 土肥誌. 55 : 71—72.