

ハウスマカンにおける樹体内養分の季節的変化

安宅秀樹・津村哲宏・山尾正実・安宅雅和*・三木 晃**

The Seasonal Change of Nutrients of Satsuma Mandarin in a Plastic House

Hideki Atagi, Tetsuhiro Tsumura, Masami Yamao, Masakazu Atagi and Akira Miki

I 緒 言

永年作物である温州ミカンの栽培にとって、果実中にできるだけ多くの糖を蓄積させ、品質を高めることは重要である。また、結実によって弱った樹勢の回復、耐寒性の獲得、翌春の発芽・開花、初期生長のために、果実以外の器官にも十分な糖類をはじめとした養分の蓄積が必要である。枝（当年枝、旧年枝）、幹及び根は貯蔵器官の役割を果たしており、カンキツ類では葉も重要な貯蔵器官である。貯蔵物質としては、デンプン、糖、有機酸、窒素化合物などをあげることができ、量的にみればデンプンと糖が主要な貯蔵物質である。近年、窒素化合物のなかで特定のタンパク質が、量的には少ないながらも、生理的に重要な貯蔵養分としてその役割を再評価する動きがみられる（加藤，1982；鈴木，1983）。

このように葉で生産された光合成産物及び根から吸収された養分が、時期によりどのような割合で各器官に分配、蓄積、消費されるかを樹全体として把握し、樹体を常にバランスのとれた栄養状態に保つことが栽培管理上重要である。

以上のことから、露地温州ミカンの樹体内養分の調査研究は多数なされているが、ハウス栽培における樹体内養分の調査事例は断片的で少ない。そこで、本研究ではハウス栽培における温州ミカンの枝、葉及び根のデンプン・窒素濃度の季節的変化を調査したので報告する。

II 材料及び方法

2001年10月19日から2004年2月20日まで現地（阿南市）の施設栽培圃場1園（宮川早生10年生、16a）の夏枝（樹高中位置の外周結果母枝）及び根（深さ5～20cmにある太さ5mm前後の中根）をほぼ1ヶ月毎に採取し、60℃で乾燥後、粉碎したものを試料とした。この一部をとり、枝、葉及び根のデンプン・窒素（全窒素、NO₃⁻）濃度を測定した。また、枝及び葉の水分含量も調査した。なお、12月下旬は着花した夏枝を、1月下旬以降は全果実が生理落果した不着果の夏枝を採取した。2002年は夏季せん定を行わなかった。

水分含量は採取直後及び乾燥した試料の重さを測定することにより算出した。デンプン濃度はヨウ素デン

* 現 阿南農林事務所

** 現 阿南農業改良普及センター

ペン反応を利用した方法で簡易測定し(林ら, 1999)、デンプン濃度に換算した。全窒素濃度はケルダール法、 NO_3^- 濃度は乾燥粉末試料 0.5g に 10 倍量の蒸留水を加え、よく振とうし、得た上澄み液の NO_3^- を小型反射光度計 (RQ フレックス) で測定した。

Ⅲ 結 果

1. 樹体内水分含量の季節的変化

枝及び葉の水分含量の季節的変化を図 1 に示した。枝及び葉の水分含量は加温処理前あるいは後から徐々に増加し、2002 年及び 2003 年のいずれの年も 2 月中下旬に枝で 63 % 前後、葉で 70 % 前後まで達した。以後、徐々に減少した。葉が全期間を通じて枝より 3.1 ~ 7.4 % 高く推移した。

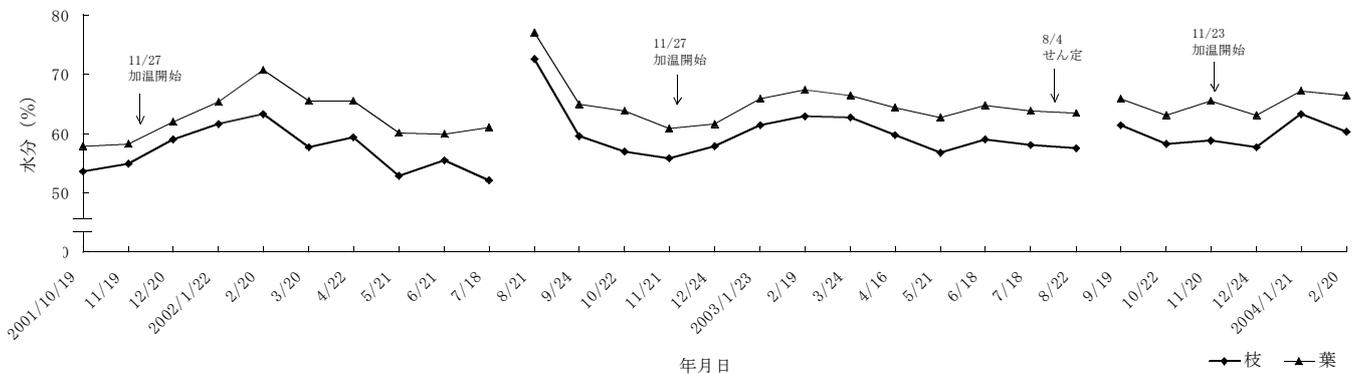


図 1. ハウスミカンにおける樹体内水分含量の季節的変化

2. 樹体内デンプン濃度の季節的変化

枝、葉及び根のデンプン濃度の季節的変化を図 2 に示した。2002 年 8 月 21 日、2003 年 9 月 19 日以後、夏枝のデンプン濃度は増加し続け、加温処理 1 ヶ月後の 12 月下旬にはそれぞれ 17.4 %、15.6 % まで増加した。2001 年も 12 月下旬には 24.3 % まで増加した。根のデンプン濃度も枝と同様、加温処理 1 ヶ月後 (2002 年 12

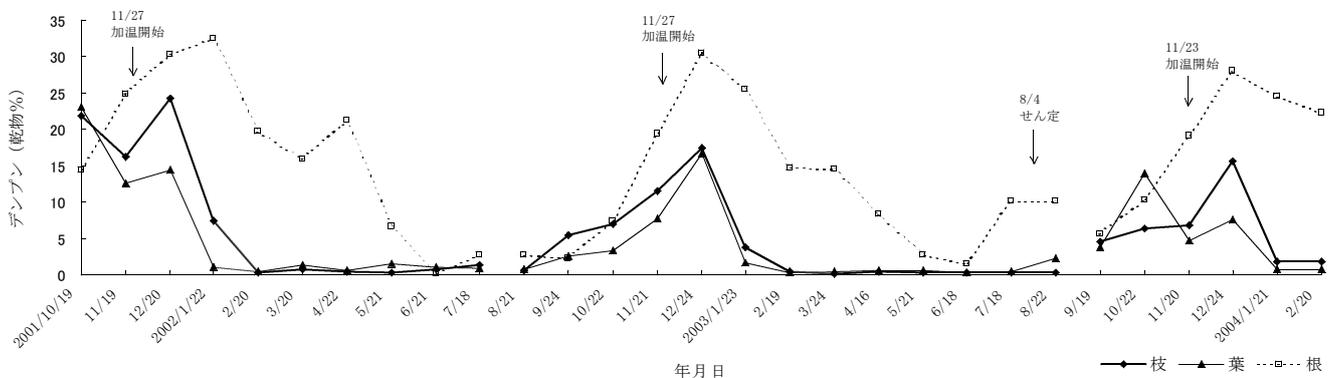


図 2. ハウスミカンにおける樹体内デンプン濃度の季節的変化

月 24 日、2003 年 12 月 24 日) あるいは 2 ヶ月後 (2001 年 1 月 22 日) まで増加した。根のデンプン濃度は全期間を通して、枝及び葉よりも高い傾向であった。枝及び葉のデンプン濃度は 12 月下旬以降、2001 年、2002 年及び 2003 年のいずれの年も急速に減少し、1 月下旬、2 月中下旬に 1 % 前後になった。以後、8 月下旬まで 1 % 前後を維持したまま推移した。根も同様に 12 月下旬あるいは 1 月下旬から徐々に減少し、6 月中下旬に 1 % 前後になった。

3. 樹体内窒素濃度の季節的变化

(1) 全窒素

枝、葉及び根の全窒素の季節的变化を図 3 に示した。枝の全窒素濃度は加温処理前あるいは後の 2001 年 10 月 19 日、2002 年 12 月 24 日、2003 年 11 月 20 日に低く、それぞれ 1.18 %、1.18 %、1.23 % であった。葉についても加温処理前の 2001 年 10 月 19 日、2002 年 11 月 21 日に低く、それぞれ 2.23 %、2.49 % であった。その後は枝及び葉のいずれも増加傾向を示した。全期間を通じて葉が最も高く、ついで枝、根の順であった。

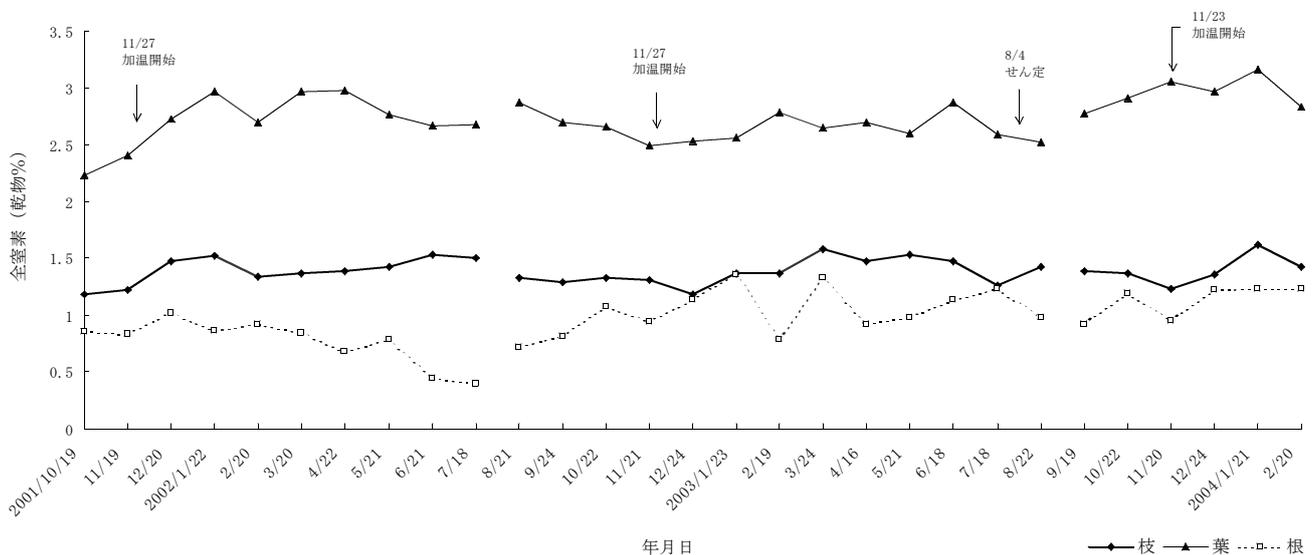


図 3. ハウスミカンにおける樹体内全窒素濃度の季節的变化

(2) NO₃⁻

枝、葉及び根の NO₃⁻濃度の季節的变化を図 4 に示した。NO₃⁻濃度の季節的な増減は、葉及び根よりも枝で大きかった。気温の低下する 9 月下旬頃から枝、葉及び根の NO₃⁻濃度が減少し、加温処理直前の 11 月中下旬には 0 ~ 35ppm まで減少した。加温処理後は増加に転じ、特に枝の NO₃⁻濃度の増加は急速であり、春枝の緑化期～幼果肥大期にあたる 2002 年 2 月 20 日、2003 年 2 月 19 日、2003 年 3 月 24 日、2004 年 1 月 21 日には 300ppm を上回った。また、夏季せん定後に多数発生した夏枝の伸長・緑化期にあたる 2003 年 8 月 22 日も 300ppm を上回ったが、夏季せん定を行わなかった 2002 年 8 月 21 日は 133ppm であった。葉の NO₃⁻濃度も 2 月中下旬及び 8 月下旬に高かった。特に 2002 年 8 月 21 日は 300ppm を上回った。根の NO₃⁻濃度は 11 月中下旬 (2001 年 11 月 19 日、2003 年 11 月 20 日) あるいは 12 月下旬 (2002 年 12 月 24 日) より増加し始め、2002 年 6 月 21 日には 176ppm、2003 年 5 月 21 及び 2003 年 6 月 18 日は 300ppm を上回った。また、根のデンプン濃度が減少するにつれて、NO₃⁻濃度は増加する傾向を示した。

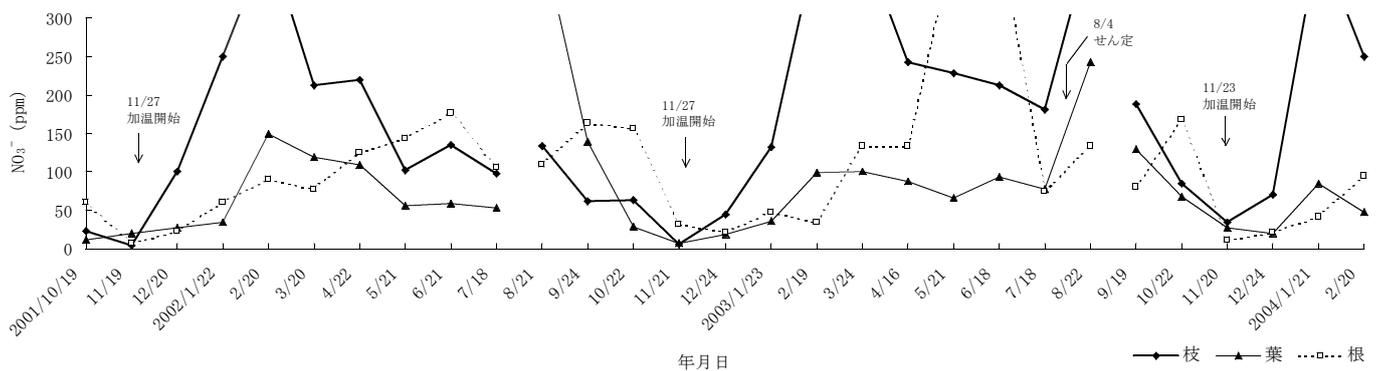


図4. ハウスミカンにおける樹体内 NO₃⁻濃度の季節的变化

IV 考 察

温州ミカンのえき芽では9月下旬から11月までの秋季に一時的に発芽率が低下する休眠現象が認められ、この時期から形態的な花芽分化に先立つ生理的な花芽分化が始まる(細井ら, 1986; 井上, 1990; 大崎・左宗, 1940)。カンキツは15℃程度の低温によって花芽分化が促進され(井上, 1989, 1990; Poerwanto ら, 1989; Southwick and Davenport, 1986)、その際、低温遭遇時間の増加とともに結果母枝内にデンプン、糖などの炭水化物が蓄積される(Nakajima ら, 1992; プルワント・井上, 1989)。本研究においても、2002年8月21日、2003年9月19日から秋季の低温遭遇とともに枝のデンプン濃度が増加する結果を得た。根のデンプン濃度もまた、枝とほぼ同様の推移を示した。川野(1987)、杉山(1998)、山尾(1998)は枝内の炭水化物の時期的変動が生理的花芽分化の進行程度の指標となることを示唆していることから、枝及び根のデンプン濃度の増加は花芽分化の進行程度を表すものと考えられた。

一方、NO₃⁻濃度については秋季の低温遭遇とともに枝、葉及び根のNO₃⁻濃度が加温処理前まで減少する結果を得た。ミカン樹では根から吸収されたNO₃⁻は、大半はそのままの形で、もしくは根で有機化されて地上部に送られる。そして各組織に転流したNO₃⁻は、アンモニアに還元された後、グルタミンやグルタミン酸に取り込まれる(Kato, 1980, 1981)。グルタミン酸は、さらに他の種々な有機酸と反応してアミノ基(-NH₂)を与え、種々のアミノ酸を生じる。このアミノ酸の多くは多数結合してタンパク質を作り、また、各種の有機塩基となって核酸、ATP、クロロフィルなどの材料にもなっている。以上から、本研究の9月下旬頃から加温処理前までの枝、葉及び根のNO₃⁻濃度の減少はアミノ酸、タンパク質あるいは各種の有機塩基への変化によるものと考えられた。池田ら(2000)はハウスミカン結果母枝のNO₃⁻濃度が加温前の秋季には減少していき、これに伴い水挿し検定法による花芽の着生数が増加すると報告している。また、岩崎(1959)は生理的花芽分化に対して栄養的に最も重要な時期は11月下旬前後と指摘しており、これは本研究の枝、葉及び根のNO₃⁻濃度の低い2001年11月19日、2002年11月21日及び2003年11月20日とほぼ一致していることから、11月中下旬の枝、葉及び根では花芽分化を促進するような栄養条件を含めた生理的变化が生じていると考えられた。枝及び根のデンプン濃度の増加だけでなく、枝、葉及び根のNO₃⁻濃度の減少もまた、

花芽分化の進行程度を表すものと考えられた。

加温処理前あるいは後からの枝及び葉の水分含量の増加は、加温処理による温度の上昇によって、根からの吸水、葉からの蒸散が促進され水分吸収が高まったためと考えられた。水分吸収の高まりと同時に NO_3^- の吸収が促進された結果、加温処理後の枝、葉及び根の NO_3^- 濃度が増加に転じた。

奥田ら (2003) は皮質内のデンプン濃度が発芽までは増加、発芽後は急速に減少することを明らかにし、新梢生長に消費されたことを示唆していることから、本研究の 12 月下旬以降、つまり発芽後の枝、葉及び根のデンプン濃度の減少も開花や新梢形成に消費されたと考えられた。枝及び葉のデンプンは急速に消費され、根のデンプンは徐々に消費されることが推察された。

ミカン樹の養分吸収は根の呼吸エネルギーによって行われ、地温、土壌中の酸素分圧、根の炭水化物濃度が養分吸収の支配因子となるといわれている (中間, 1998)。根のデンプン濃度が減少するにつれて、 NO_3^- 濃度は増加する傾向を示したことから、根のデンプン濃度の減少、つまり根の呼吸によるデンプンの消費は、 NO_3^- の吸収を促進していると考えられた。栽培管理上、効率よく養分吸収させるためには適期に窒素施肥を行うのみならず、根の呼吸支配因子である炭水化物濃度を高めたり、土壌酸素濃度を高めたりすることも重要であると考えられた。

原田 (1984) はハウスミカンにおいて、一年生枝 (春枝) 及び葉の全窒素濃度は生育の初期 (1 月～2 月) に高く、季節が進むに従って低下し、後半は安定する傾向を示すと報告している。本研究では夏枝を採取し、その枝及び葉の全窒素濃度を測定したが、春枝の枝及び葉の季節的変化と同様の傾向は示さなかった。

ハウスミカンは加温処理後 1 ヶ月から 2 ヶ月において、新梢が発生し、その後はほぼ見られず、収穫後の夏季せん定以後に多量発生する。地下部の根系については、加温処理後 1 ヶ月から 2 ヶ月目と幼果肥大期にわずかな伸長が見られ、地上部と同じように収穫直後において多量発生する。また、肥料要素吸収量の季節的変化をみると窒素は生育前半 (2 月～3 月) 及び生育後半 (8 月～9 月) に吸収のピークが現れ、生育前半は果実肥大による吸収、生育後半は夏枝発生による吸収が大部分を占めるとしている (原田, 1984)。本研究においても、果実肥大のために多くの窒素が吸収されたことにより、加温処理後の枝の NO_3^- 濃度が急速に増加し、2 月下旬あるいは 3 月下旬には 300ppm を上回ったと考えられた。葉の NO_3^- 濃度も 2 月中下旬に高かった。また、夏季せん定後の夏枝発生及び根の伸長のために多くの窒素が吸収されたことにより、8 月下旬も枝及び葉の NO_3^- 濃度が高かったと考えられた。

2003 年 8 月 22 日の枝の NO_3^- 濃度は 300ppm を上回ったが、2002 年 8 月 21 日は 133ppm であった。前者は夏季せん定により多数の夏枝発生に多くの窒素が吸収されたが、後者は夏季せん定を行わなかったため夏枝の発生が少なかったことにより前者に比べ窒素吸収が少なかったと考えられた。

V 摘 要

ハウスミカンにおける樹体内養分の季節的変化を明らかにするために、2001 年 10 月 19 日から 2004 年 2 月 20 日まで 1 ヶ月毎に枝、葉及び根の水分含量、デンプン・窒素 (全窒素、 NO_3^-) 濃度の季節的変化を調査した。

1. 樹体内水分含量の季節的变化

枝及び葉の水分含量は加温開始前あるいは後から徐々に増加し、2月中下旬に枝で63%前後、葉で70%前後まで達した。以後、徐々に減少した。葉が全期間を通じて枝より3.1～7.4%高く推移した。

2. 樹体内デンプン濃度の季節的变化

枝及び根のデンプン濃度は8月下旬あるいは9月中旬以降、増加し続け、加温処理1ヶ月～2ヶ月後にピークを示した。12月下旬以降、枝及び葉のデンプン濃度は急速に減少し1月下旬あるいは2月中下旬に1%前後になった。根も12月下旬あるいは1月下旬から徐々に減少し、6月中下旬に1%前後になった。

3. 樹体内全窒素濃度の季節的变化

枝の全窒素濃度は加温処理前あるいは後に1.2%前後で低かった。葉についても加温処理前に2.2～2.5%で低かった。その後は枝及び葉のいずれも増加傾向を示した。全期間を通じて葉が最も高く、ついで枝、根の順であった。

4. 樹体内NO₃⁻濃度の季節的变化

9月下旬頃から枝、葉及び根のNO₃⁻濃度が減少し、加温処理直前に0～35ppmまで減少した。加温処理後は枝のNO₃⁻濃度は急速に増加し、1月下旬～3月下旬に300ppmを上回った。また、8月下旬も300ppmを上回る年があった。葉のNO₃⁻濃度も年間を通じて2月下旬及び8月下旬に高く、300ppmを上回る年もあった。根のNO₃⁻濃度は加温処理前あるいは後より増加し始め、5月下旬～6月中旬に300ppmを上回る年もあった。

V 引 用 文 献

原田 豊. 1984. ハウス栽培ウンシュウミカンの栄養管理に関する研究.

林 秀典・山尾正実・津村哲宏. 1999. ハウスミカン地中冷却栽培における花芽分化促進に関する試験. 徳島県果樹試験場研究報告. 27: 19-30.

細井寅三・大石惇・岩佐映子. 1986. ウンシュウミカンの芽の活性の季節的变化とそれに影響する要因. 園学雑 55: 1-7.

池田繁成・平野稔邦・新堂高広. 2000. ハウスミカンにおける加温適期判断のための結果母枝の簡易栄養診断法. 佐賀県研究成果情報.

井上宏. 1989. ウンシュウミカンの花芽分化, 発達温度条件. 園学雑. 58: 75-82.

井上宏. 1990. ウンシュウミカンの芽の休眠と花芽分化の温度条件. 園学雑. 58: 919-926.

岩崎藤助. 1959. 柑橘の花芽の分化と発達に関する研究. 東海近畿農試研究報告園芸部. 5: 1-76.

Kato, T. 1980. *Physiol.Plant.* 48:416-420.

Kato, T. 1981. *Physiol.Plant.* 52:275-279.

加藤忠司. 1982. 農乃園. 57: 1473-1478.

川野信寿. 1987. 農業及び園芸. 62: 1393.

村井泰広・湯田英二・松井弘之・中川昌一. 1989. ‘川野なつだいだい’の花芽分化と葉及び樹皮中のタ

- ンパク質、アミノ酸含量との関係. 園学雑. 58(1) : 69-73.
- Nakajima,Y.,S.Susant and K.Hasegawa. 1992. Effect of Winter-chilling treatment on flower bud induction in young pomero trees. J.Japan.Soc.Hort.Sci. 61:287-293.
- 中間和光. 1998. ミカンづくりと施肥. 農山漁村文化協会. 東京. 46-48.
- 奥田均・米本仁己・高原利雄. 2003. 樹別交互結実栽培における早生温州の刈り込みせん定の時期が発芽ならびに枝しょう内成分に及ぼす影響. 園学研. 2(4) : 279-281.
- 大崎守・左宗久夫. 1940. 柑橘の花芽分化期に関する試験(1). 園学雑. 13 : 24-29.
- Poerwanto,R.,H.Inoue,Y.Ikoma and I.Kataoka. 1989. Effect of air and soil temperature on vegetative growth and flower bud differentiation of satuma mandarin trees. J.Japan.Soc.Hort.Sci. 58:275-281.
- プルワント・井上宏. 1989. ウンシュウミカンの生理的变化と開花誘導に及ぼす秋季の気温と地温の影響. 園学雑. 58(別2) : 80-81.
- Southwick,S.M. and T.L.Davenport. 1986. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in citrus. Plant Physiol. 81:26-29.
- 杉山泰之. 1998. 果樹の簡易栄養診断技術の開発ーハウス栽培樹の樹体栄養の推移と診断技術ー. 常緑果樹試験研究成績概要集 (土壌肥料). 135-140.
- 鈴木健夫. 1983. 化学と生物. 21 : 496-498.
- 山尾正実. 1998. 施設カンキツの早期化と休眠制御. 園学雑. 67 別 2 : 48-49.

