

## わが国におけるカンキツトリステザウイルス に関する研究の現状と課題

家 城 洋 之

独立行政法人農業技術研究機構

果樹研究所ブドウ・カキ研究部

729-2494 広島県豊田郡安芸津町三津

## The Current Situations and Subject Matters on Research Works of *Citrus tristeza virus* in Japan

Hiroyuki IEKI

Department of Grape and Persimmon Research, National Institute of Fruit Tree Science

National Agricultural Research Organization, Mitsu, Akitsu, Hiroshima 729-2494, Japan

### Synopsis

Research works on citrus tristeza virus carried out in Japan are summarized, and remained subject matters are discussed.

**Key words:** *Citrus tristeza virus*, stem pitting disease, mild strain, cross protection, citrus

### 1. はじめに

カンキツトリステザウイルス (*Citrus tristeza virus*: CTV) はもともと南アフリカに分布していたとようである。このことは、南アフリカでサワーオレンジ台のスイートオレンジが育たなかったことと、1930年代に南アメリカが南アフリカからラフレモン台のオレンジ苗を輸入した際に、本ウイルスと媒介昆虫が侵入したためサワーオレンジ台スイートオレンジの枯死が見られ大被害を被ったことから明らかである。あまりにも多くの樹が枯死し、栽培者の生計に打撃を与えたため、ポルトガル語で悲惨という意味の“トリステザ病”と呼んだ。本病は、南アフリカだけでなくブラジル、アルゼンチン、アメリカ・カリフォルニア、スペイン等で猛威をふるい、数千万本

の樹が枯死した。その主たる原因は、本ウイルスに弱いサワーオレンジが台木として使用されていたことと、本ウイルスがミカンクロアブラムシ (*Toxoptera citricidus*) 等によって容易に伝搬されたためである (家城, 1979)。

一方、わが国で問題となったのは第2次世界大戦後で、ハッサクの主産地である広島県で樹勢衰弱により極端な減収となり大きな被害を生じた。1960年にウイルス性病害であると確認され“ハッサク萎縮病”(第1図)と命名された (佐々木, 1974)。1964年に、本病はCTVの強毒系統によるものであることが確認された (田中・山田, 1964)。その後調査が行われ、被害が大きい他の品種はイヨカン、ナツミカン、オレンジ類、ユズ、ブンタン、‘セミノール’等であり、本病をカンキツシステム

ピットング病と称した。これら品種での被害回避を目的として、同一ウイルスの弱毒系統の強毒系統に対する干渉効果利用についての研究が行われた。現在、分子生物学的手法を用いてウイルスの塩基配列の解読が進められ、弱毒、強毒に関する機能解明等が行われている。

ここでは、わが国におけるこれまでのCTVに関する研究の概要を紹介し、今後の対策を含めて被害を最小限にするための研究上の課題について考えてみる。

## 2. 発生樹及び被害状況

わが国の一般栽培園での被害として、前述のようにハッサクで枝の枯れ込み、樹勢の衰弱、幹の凹陷、果実の小玉化、生産量の低下、さらに枯死が見られたのが最初である。その後、ユズ(宮川, 1976)の衰弱症状、イヨカン(重田・安楽, 1988)では樹勢の衰弱、小玉果、果実表面でのかいよう虎斑病(第2図)の発生、収量の低下が見られた。イヨカン果実のかいよう性虎斑症はCTV seedling yellows系の強毒系統が原因であることが明らかにされ(大森ら, 1985)、かいよう虎斑病と命名された。同様にユズ果実の虎斑症は、ステムピットング(SP)の発生程度が多いほど発生が多い傾向が見られた(村本・中田, 1991)。その他、'川野なつだいたい'(大森ら, 1979a)、ネーブルオレンジ(Sasaki, 1981a)、'セミノール'、ブンタン等の中晩柑類では樹勢衰弱、果実の小玉化、生産量の低下等の被害が見られた(牛山ら, 1977)。

筆者らは、1970年代に当時農林水産省果樹試験場興津支場に植栽されている既存品種、珠心胚実生樹等すべてのカンキツ約2,400樹から、2,3年生の枝を採取してSPの発生程度の調査を行った。さらに、SPの発生が見られないもの及び軽微な樹から穂木を採取して、検定植物のメキシカンライム及び'ユーレカレモン'実生苗木に接種し検定を行った。その結果、ウンシュウミカンは、CTV seedling yellows系の強毒系統を保有しているにもかかわらずSPの発生が全く見られないか極めて軽微でCTVに耐病性であった。その他の品種でSPの発生が見られないか軽微な代表的品種は、スイートライム、レモン、キヌカワ、ナルト、サンボウカン、タンカン、テンブル、スダチ、クレメンティン、キシウ、サンキツ、'マメキンカン'、シークワーシャー、カラタチ、'キャリゾシトレンジ'、'トロイヤーシトレンジ'、小林ミカン、'河内晩柑'、カラマンダリンであった。一方、SPの発生が多く弱い代表的品種として、ブンタン、グレープフルーツ、'ウワボメロ'、ハッサク、キクダイダイ、スイートオレンジ、フナドコ、イヨ、ユズ、

ハナユ、'ソートン'、'セミノール'、'清見'、'シトレンジカット'、ベルガモット等であった。調査した中からSPの発生が見られないか軽微な樹から穂木を採取して、メキシカンライム及び'ユーレカレモン'実生苗木で検定(第3図)を行い30の弱毒系統を得た(山田・田中, 1969; 山田ら, 1979; 山田ら, 1981; 山田・家城, 1982)。

わが国のカンキツの台木は大部分がカラタチであるが、一部の品種ではApple stem grooving virus [Citrus tatter leaf virus #]に感染しているものがあり、カラタチ台に接ぎ木すると接木部異常病を起こすためユズ、ナツミカン等の台木が使用されている。カラタチはCTVに免疫と考えられてきたが、一部の系統ではCTVに感染してピットングを生じるものが報告された(吉田ら, 1983; 吉田, 1985)。

## 3. ウイルスの無毒化

わが国で栽培されている既存品種は、ほぼ全部がCTVを保有し、それも大部分が強毒系統である。これは主要品種であるウンシュウミカンが耐病性であるがCTV強毒系統を保有しているのと、媒介昆虫であるミカンクロアブラムシが普遍的に生息分布しているためである。それ故に、ほ場より無毒個体を探索することは不可能である。無毒化方法としては、当初は熱処理法(大森ら, 1979b; Ieki and Yamada, 1980)が用いられていたが、CTVや温州萎縮ウイルスは容易に無毒化されるが、接木部異常病の病原ウイルスのApple stem grooving virusやウイロイドは困難であった。そこで、現在わが国のカンキツにおいては、熱処理法と茎頂接ぎ木法を併用した処理方法(Koizumi, 1984)により、ウイルス、ウイロイドの無毒化が行われている。熱処理法は、35~40の人工気象器に鉢植え苗木を入れ、処理中に生育した新梢が1~2cmのとき無菌的に茎頂部(0.2~0.3mm)を切り取って、暗黒下の試験管内(約25)で発芽、生育したカンキツの胚軸に接ぎ木する。活着し、生育を始めた後(第4図)、一年生の実生苗木に接ぎ木するとその後の生育が旺盛となり、穂木採取までの期間が短縮され、約半年でウイルス検定に供することができる。その他の無毒化法としては、紫外線をCTV保有穂木へ照射することにより無毒化個体が得られた(Ieki, 1984)。

## 4. 検定法の開発

従来、メキシカンライム、'ユーレカレモン'、サワーオレンジ、ユズ等の木本検定植物が用いられているが、検定には数カ月ないし1年間は必要とする。そこで木本検定植物の短期育成法としてカリフォルニア州立大学で

開発された UC 土壌の土壌組成の一部改良及び塩ビパイプの利用について検討がなされ短期間での検定が可能となった(小泉・加納, 1991)。一方, 病原ウイルスの純化に成功し, ウサギに注射することによってポリクローナル抗体が作製され, 抗体を利用した検定法が開発された。当初, 被検植物の葉柄, 葉脈の組織生切片を作製して, 蛍光色素をラベルした抗体を処理した後, 蛍光顕微鏡で蛍光の有無を観察する蛍光抗体法が開発された(Tsuchizaki et al., 1979)。本法ではウイルスに保毒していることは確認できるが, 無毒であることの確認は困難であった。その後, 酵素結合抗体法(ELISA)(久原, 1980)が開発され, 簡易かつ検出精度が向上し, 2 日間で検定ができるので現在広く用いられている。しかし, 本法は CTV の強毒と弱毒系統, seedling yellows と stem pitting 系との判別ができない欠点がある。海外で開発されたモノクローナル抗体の MCA13 及び 3DF1 に対して, 筆者らが探索・収集し「森田ネーブル」で干渉効果が認められた弱毒系統 M-16A は, 特異的に反応せず, ポリクローナル抗体のみに反応した。この性質を利用して, 弱毒系統 M-16A の干渉効果の判定を行った(Kano et al., 1992)。最近, ウイルスの遺伝子解析が進み, 特異プライマーが作製され遺伝子診断の PCR 法が開発された(Kano et al., 1998)。

## 5. 媒介昆虫

本ウイルスは, ミカンクロアブラムシ, ワタアブラムシ(*Aphis gossypii*)によって容易に伝搬される。特に前者の伝搬力は強く 1 頭でも伝搬可能で, わが国のカンキツ園では普遍的に生息している(佐々木, 1974)。後者については, ミカンクロアブラムシが生息していないイスラエル等地中海沿岸諸国では主要な媒介者となっている。わが国でも生息しているが, 筆者が伝搬試験を行った結果, 5 ~ 500 頭で 4% と極めて伝搬率が低かった(家城, 1986a)。海外でその他のアブラムシで試験的に伝搬が確認されたものとして, ユキヤナギアブラムシ(*A. spiraeicola*), コミカンアブラムシ(*Toxoptera aurantii*), マメアブラムシ(*A. craccivora*), モモアカアブラムシ(*Myzus persicae*), *Dactynotus jaceae* がある。

## 6. 弱毒ウイルス利用による被害回避

CTV 無毒の苗木をほ場に植え付けてもミカンクロアブラムシ等の媒介昆虫が存在するため短期間のうちに再感染する。1 年生の作物であれば収穫までに感染をまぬがれることができるかもしれないが, 永年作物である果樹ではほぼ 100% が再感染してしまう。そこで同じウイ

ルスで, 病原性が極めて弱く, 樹の生育, 生産性, 品質等に影響がないか少ない弱毒系統の強毒系統に対する干渉効果によって被害回避をはかる必要がある。このような研究は, ブラジルで 1950 年代始めに弱毒系統の存在が確認され, 1960 ~ 1970 年代にブラジル, オーストラリア, アメリカなどで干渉効果の高い弱毒系統が選抜された。これらの弱毒系統を用いて, スイートオレンジ, グレープフルーツなどで被害回避に利用し効果を上げている。

わが国では, 第 2 次大戦後ハッサク萎縮病の被害を回避するため, 広島県内に栽培されている樹の中から生育が良好, 果実が大玉, 品質が良く, 生産量が多い樹を探索し優良母樹とし, これより穂木を採取して栽培者に配布した。その樹のウイルス検定を行った結果, CTV 弱毒系統を保毒していることが確認された。即ち, 自然の状態で弱毒系統が干渉効果を示し, 被害が回避されていたということである。この弱毒系統は“HM-55”と命名された。この弱毒系統 HM-55 を用いたハッサクでの干渉効果試験で, 育苗 9 年目で発病した個体が 8.6% であったのに対し, 強毒保毒苗では 76.5% であった(佐々木, 1974)。それ以後多くの研究者により弱毒系統の探索・収集(家城・山口, 1986b; 小泉・久原, 1985; 野崎ら, 1995; 山田ら, 1981), 及び人為的に作出するため強毒系統を保毒する苗木の熱処理(家城・山口, 1986; 橘ら, 1990)により弱毒系統が得られた。それらの弱毒系統を用いて干渉効果に関する試験が実施された。筆者らは, 前述の興津支場での調査から数十の弱毒系統を採取し, 「森田ネーブル」で干渉効果の確認を行った結果, 弱毒系統 M-16A, M-15A が優れた干渉効果を示した(Ieki et al., 1997)(第 5 頁図)。なお, M-16A は果樹研究所で育成した新品種に接種して一般に配布を行っている。ユズでは, 徳島県(宮川ら, 1983)で弱毒系統接種樹が自然条件下で 8 年後でも効果を示し, また, 山口県(野崎ら, 1995)ではユズ樹から選抜した弱毒系統 YH-23 は植え付け 4 年後もフリー樹と同等の生育を示し有望とされた。イヨカンでは, 愛媛県(橘ら, 1991)で試験が行われ, 弱毒系統接種でかいよう虎斑病の発病が抑制されるとともに, SP の発生が少なくなり, 樹の生育, 果実肥大, 収量が優れていた。一方, 干渉効果がみられる異種ウイルスとしてカンキツベインエネーションウイルス(Sasaki, 1981b)及び未同定の KSP-12(小泉・久原, 1985)が報告された。

このように多くの弱毒系統が探索・収集されて, CTV に弱い品種で干渉効果に関する試験が行われた結果, 有望な弱毒系統が得られている。しかし, これらの弱毒系

統を接種した樹は永久に強毒系統に感染しないかという  
とそうでなく、数年あるいは十数年で再感染してしま  
う。これは、わが国のようにウンシュウミカンを始めと  
する大部分のカンキツがCTVを保毒、それも強毒系統  
であり、さらに悪いことに媒介昆虫のミカンクロアブラ  
ムシが普遍的に生息しているためである。より長期間に  
わたり干涉効果を維持できる優れた弱毒系統の探索・収  
集する必要がある。

#### 7. 弱毒系統の干涉効果利用による経済的効果

弱毒ウイルス利用によりCTVの被害が回避あるいは  
軽減された時の経済的効果を試算すると以下のような  
る。平成13年度果樹統計による平成12年度産ネーブル  
オレンジの生産量19,100トン、四大市場価格はキロ当  
たり195円である。'森田ネーブル'での試験で弱毒系  
統利用により生産量は約50%増、さらに果実が一回り  
以上大きくなった(Ieki et al., 1997)。これを基に試算す  
ると、37億円の販売額が、生産量50%増で56億円(当  
初売上額の1.5倍:以下同)に、さらに大玉化による単  
価が50円増(+25%)であれば70億円(1.9倍)、100  
円増(+50%)では85億円(2.3倍)となり経済効果は  
極めて大きい。これと同じようにCTVの被害がネーブル  
オレンジよりも大きいハッサク(67,100トン、キロ当  
たり167円)及びヨカン(188,400トン、キロ当たり170  
円)でも、生産量の増加と果実が大玉化することにより  
収益の増加に大きく貢献することは明らかである。

#### 8. 分子生物学的研究

近年、分子生物学的解析手法の発展により、カンキツ  
のウイルスでも遺伝子解析が精力的に行われている。  
CTVについては、海外の分離株について全塩基配列が  
報告されている。わが国のCTVについては、宇都宮大  
学と筆者らとの共同研究で、干涉効果が優れている弱毒  
系統M-15A(照井ら, 1997; Suastika et al., 2001〔特許  
申請中〕)及び強毒系統NUagA(Suastika et al., 1998)の  
全配列が解読され一部機能解析が行われた。さらに収集  
した各種弱毒及び強毒系統の遺伝子解析が行われると  
ともに、弱毒及び強毒系統を識別するRT-PCR-RFLPが開  
発され、干涉効果の検定に適用された(Kano et al., 1998;  
加納ら, 2000)。

#### 9. 残された研究課題

戦後、CTVに関する研究は数多くなされ成果をあげ  
一応の防除対策を確立するまで進んでいる。しかし、本  
病の防除を難しくしているのは、わが国のカンキツ

の半分以上を占めるウンシュウミカンが耐病性である反  
面、本ウイルスの強毒系統を保毒しており、他の品種も  
同様に強毒ウイルスを保毒している。媒介昆虫であ  
るミカンクロアブラムシがカンキツ園内に普遍的に生  
息、分布している。現在までに選抜され、利用され  
ている弱毒系統の強毒系統に対する干涉効果が前述のよ  
うな厳しい条件下では完全な効果を発揮できない。弱  
毒系統を接種した健全母樹から穂木を採取し、健全苗木  
を育成、販売するシステムが広く確立されていない。  
技術員、苗木業者、栽培者等がウイルスの生産量、果実  
品質に与える影響について十分理解していない、などの  
理由である。

このような状況を打破するには、より効果が高い弱毒  
系統の探索・収集及び遺伝子解析等により得られた成果  
を基に効果の高い弱毒系統の作出をおこなう必要があ  
る。その際、収集した弱毒系統の干涉効果を短期間に確  
認するための手法の開発、例えば遺伝子解析手法を用い  
た方法などが必要である。ほ場に弱毒接種苗木を植え付  
けてもミカンクロアブラムシにより強毒系統が伝搬され  
ることが一番の問題であるので、天敵の導入等による防  
除、根絶法の開発が望まれる。さらに、被害を回避する  
点から、弱毒系統を接種した苗木を広い面積に植えると  
か、周囲にカンキツがない地帯に植え付けることであ  
る。また、ウンシュウミカンのように耐病性であれば問  
題となることは少ないので、CTVに弱い既存品種への  
抵抗性遺伝子の導入等による抵抗性の付与が考えられる。

わが国のCTV強毒系統に汚染されたカンキツ園を少  
しでも健全な園に近づけるため、新しく植え付ける苗木  
は弱毒系統を接種した健全苗木を使用することが一番重  
要である。今後は、高品質果実の安定的生産のため、行  
政部局、試験研究機関、苗木生産者、生産者団体、栽培  
者が一体となって意識向上と一致した取り組みが強く望  
まれる。

### 摘 要

カンキツに感染し、被害を与えているカンキツトリステ  
ザウイルスに関するわが国での研究の現状と今後の研  
究課題について考察した。

### 参考文献

- 1) 家城洋之. 1979. 干涉効果利用によるカンキツトリステザ  
ウイルス対策. 農業及び園芸. 54(8): 40-44.
- 2) Ieki, H. and S. Yamada. 1980. Inactivation of citrus tristeza  
virus (CTV) with heat treatment: Heat tolerance and

- inactivation of CTV on rootstock-scion combination. Pro. 8th IOCV. 20-24.
- 3) Ieki, H. 1984. Inactivation of citrus tristeza virus by gamma ray irradiation. Ann. Phytoathol. Soc. Japan. 50: 656-658.
  - 4) 家城洋之. 1986a. ワタアブラムシ (*Aphis gossypii*) によるカンキツトリステザウイルス (CTV) の伝搬. 日植病報. 52: 511(講演要旨).
  - 5) 家城洋之・山口 昭. 1986b. カンキツトリステザウイルス(CTV)弱毒系統探索法の改良及び熱処理による作出. 果樹試報. B13: 71-79.
  - 6) Ieki, H., A. Yamaguchi, T. Kano, M. Koizumi and T. Iwanami. 1997. Control of stem pitting disease caused by citrus tristeza virus using protective mild strains in navel orange. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 63: 170-175.
  - 7) Kano, T., M. Koizumi, M. Iwanami and H. Ieki. 1992. Cross-protection by protective strain M16A of citrus tristeza virus in 'Morita Navel' orange monitored by enzyme-linked immunosorbent assay using two monoclonal antibodies. Bull. Fruit Tree Res. Stn. 23: 169-177.
  - 8) Kano, T., T. Hiyama, T. Natsuaki, N. Imanishi, S. Okuda and H. Ieki. 1998. Comparative sequence analysis of biologically distinct isolates of citrus tristeza virus in Japan. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 64: 270-275.
  - 9) 加納 健・井坂正大・夏秋知英・Suastika, G.・家城洋之・奥田誠一. 2000. RT-PCR-RFLP を用いたカンキツトリステザウイルス (CTV) 弱毒株の干渉効果の評価. 日植病報. 66: 144.
  - 10) Koizumi, M. 1984. Elimination of tater leaf-citrange stunt virus from satsuma mandarin by shoot-tip grafting following pre-heat-treatment. Proc. 9th IOCV. 229-233.
  - 11) 小泉銘册・久原重松. 1985. カンキツトリステザウイルス (CTV) に干渉効果を示す弱毒ウイルスの探索. 果樹試報. D7: 89-108.
  - 12) 小泉銘册・加納 健. 1991. ウイルス検定用カンキツ育苗システムの改良. 果樹試報. B20: 79-91.
  - 13) 久原重松. 1980. 酵素結合抗体報 (ELISA) による植物ウイルス病の診断. 植物防疫. 34: 129-135.
  - 14) 宮川経邦. 1976. Tristeza virus によるユズ, *Citrus junos* Sieb. ex. Tan. の衰弱症状. 徳島果試研報. 5: 31-41.
  - 15) 宮川経邦・辻 雅人・音井 格. 1983. トリステザウイルス弱毒系によるユズステムピッキング病の発病阻止. 徳島果試研報. 11: 9-13.
  - 16) 村本和之・中田榮一郎. 1991. ユズのかいよう性虎斑病の解剖学的調査. 山口農試研報. 43: 68-74.
  - 17) 野崎 匠・村本和之・中田榮一郎・重田 進. 1995. ユズのカンキツトリステザウイルス (CTV) に対して高い干渉効果を示す弱毒ウイルスの選抜. 山口農試研報. 46: 106-113.
  - 18) 大森尚典・石井卓男・松本英紀. 1979a. 川野ナツカンのステムピッキングの発生程度と果実肥大の関係. 愛媛果樹試研報. 7: 45-49.
  - 19) 大森尚典・松本英紀・石井卓男. 1979b. 熱処理によるワシントンネーブルオレンジが保毒するトリステザウイルスの不活化. 愛媛果樹試研報. 7: 39-44.
  - 20) 大森尚典・橘 泰宣・佐川正典・矢野 隆. 1985. Tristeza virus (seedling yellows) の感染によるイヨカンかいよう性こ斑症の発現. 日植病報. 51: 81 (講演要旨).
  - 21) 佐々木 篤. 1974. ハッサク萎縮病に関する研究. 広島県果樹試特別報告. 2: 1-106.
  - 22) Sasaki, A. 1981a. The effect of stem-pitting on yield of "Washington" navel orange. Proc. Int. Soc. Citriculture. 439-440.
  - 23) Sasaki, A. 1981b. Further evidence of protective interference between citrus vein-ination and tristeza viruses. Bull. Hiroshima Fruit Tree Expt. Sta. 7: 19-24.
  - 24) 重田 進・安楽又純. 1988. 宮内イヨにおけるステムピッキングの発生程度と生育, 収量, 品質との関係. 山口農試研報. 40: 74-79.
  - 25) Suastika, G., T. Natsuaki, Y. Terui, T. Kano, H. Ieki and S. Okuda. 1998. Nucleotide sequence of a severe isolate of citrus tristeza closterovirus, NUagA. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 64: 413.
  - 26) Suastika, G., T. Natsuaki, Y. Terui, T. Kano, H. Ieki and S. Okuda. 2001. Sequence divergence in Japanese citrus tristeza viruses confirms the separation of the virus isolates into two groups. Proc. 1st Asian Conf. Plant Pathology. 113.
  - 27) 橘 泰宣・佐川正典・高橋啓次・三好孝典. 1990. 高温処理によるカンキツトリステザウイルス (CTV) の弱毒株の作出. 日植病報. 56: 427 (講演要旨).
  - 28) 橘 泰宣・大森尚典・佐川正典・渡辺悦也・高橋啓次・三好孝典. 1991. 弱毒ウイルス利用によるイヨ, 宮内イヨのかいよう性虎斑病及びステムピッキング病の防除. 愛媛果樹試研報. 10: 45-56.
  - 29) 田中彰一・山田峻一. 1964. ハッサク萎縮病に関する研究第1報 病徴および病原ウイルス. 園試報. B3: 67-79.
  - 30) 照井裕次・加納 健・夏秋知英・家城洋之・奥田誠一. 1997. カンキツトリステザウイルス弱毒系統 M15A の遺伝子解析. 日植病報. 63: 273.
  - 31) Tsuchizaki, T., A. Sasaki and Y. Saito. 1979. Purification of citrus tristeza virus from diseased citrus fruits and the

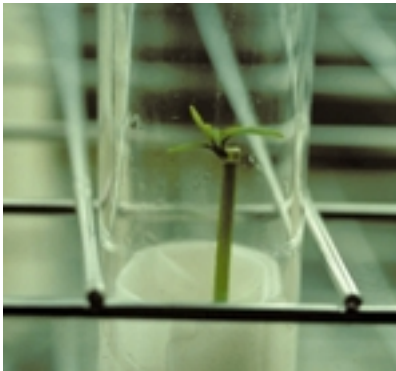
- detection of the virus in citrus tissues by fluorescent antibody techniques. *Phytopathology*. 68: 139-142.
- 32) 山田峻一・田中寛康. 1969. わが国の温州ミカンに潜在する tristeza virus について. *園試報*. B9: 145-160.
- 33) 山田峻一・家城洋之・倉本 孟・七条寅之介・上野 勇・木原武士・山田淋雄・吉田俊男・平井正志. 1979. Tristeza virus に対するウンシュウミカンの反応とウイルス検定. *果樹試報*. B6: 109-1979.
- 34) 山田峻一・家城洋之・倉本 孟・七条寅之介・上野 勇・木原武士・山田淋雄・吉田俊男・平井正志. 1981. カンキツ類のトリステザウイルス保毒状況調査及び検定. *果樹試報*. B8: 147-173.
- 35) 山田峻一・家城洋之. 1982. 育成カンキツのトリステザウイルス保毒状況の検定. *果樹試報*. B9: 23-33.
- 36) 吉田俊雄・七條寅之介・上野 勇・木原武士・山田淋雄・平井正志・山田峻一・家城洋之・倉本 孟. 1983. カンキツトリステザウイルス抵抗性品種の探索及び雑種における抵抗性の分離状況. *果樹試報*. B10: 51-68.
- 37) 吉田俊雄. 1985. カラタチにおけるカンキツトリステザウイルスに対する感受性の遺伝. *果樹試報*. B12: 17-25.
- 38) 牛山欽司・室伏 豊・杉田喜一・持田芳雄. 1977. 神奈川県におけるカンキツステムピッチング病の被害実態. *パレンシア*, 福原オレンジ, 川野なつだいだい及びユズについて. *神奈川園試研報*. 24: 9-15.



第1図 ハッサク萎縮病



第2図 イヨカンのCTV-SY強毒系統によるかいはう虎斑病



第4図 茎頂接ぎ木後の新梢の展開



第3図 メキシカンライムによるCTV弱毒系統の選抜  
左：弱毒，中：強毒，右：健全



第5図 CTV弱毒系統(M-16A)接種樹にアブラムシで強毒系統を接種した森田ネーブル



第6図 森田ネーブルへCTV弱毒系統接種による果実の大玉化  
左：強毒，右：弱毒