

温州萎縮ウイルスを保毒した温州ミカンにおける 果実形質および品質の変化

清水伸一・藤原文孝・三堂博昭・井上久雄・西山富久*・三好孝典・橘 泰宣
(愛媛県立果樹試験場, *現 愛媛県農林水産部)

Changes in fruit character and quality in Satsuma mandarin infected with Satsuma dwarf virus

By Shinichi SIMIZU, Fumitaka FUJIWARA, Hiroaki MIDOU, Hisao INOUE, Tomihisa NISHIYAMA*, Takanori MIYOSHI and Yasunobu TACHIBANA (Ehime Prefectural Fruit Tree Experiment Station, Matsuyama, Ehime 791-0112; *Ehime Prefectural Government, Matsuyama, Ehime 790-8570)

Satsuma dwarf disease is an economically serious disease of Satsuma mandarin (*Citrus unshiu*) that is caused by Satsuma dwarf virus (SDV). In this study, fruit quality was compared with SDV-infected tree and neighboring non-infected tree in the same orchard. This experimental design reduced the significance of environmental factors playing a role in fruit quality differences. In comparison with the fruit from non-infected tree, fruits on SDV infected tree was more likely to have rinds with bad coloration, to exhibit puffiness, to have an abnormally thick peel, to be deformed, and to be reduced in yield. Fruit quality also differed significantly between SDV-infected and non-infected trees. The fruit from SDV-infected tree showed a tendency to have a lower sugar content than the fruit from non-infected tree. Additionally, juice acidity was greater for fruit harvested from SDV-infected tree. Furthermore, the peak sugar content of fruits from SDV-infected tree, as measured by near-infrared spectroscopy, was lower than the peak sugar content of fruit from non-infected tree. These results indicate that SDV-infected trees are inferior to non-infected trees in fruit characteristics and quality.

緒 言

近年, 全国的に温州ミカンやイヨカン等の中晩柑が消費嗜好の変化に伴う生産過剰などから価格が低迷基調にあり, その対策として有望なカンキツ新品種への転換が積極的に行われている。そのような状況の中, 数年前から愛媛県内の品種転換園で萎縮症状がしばしば見受けられ, 当試験場で原因を調査したところ温州萎縮病であることが明らかとなった(清水・三好, 2003)。

本病は温州萎縮ウイルス (*satsuma dwarf virus*, SDV) によるウイルス病で, 全国のカンキツ生産県で発生が確認されている(岩波, 1996)。SDVの伝染は接木以外にベクターは明らかになっていないが, 温州萎縮病発生園での観察結果から土壌伝染することが推察されている(伊沢, 1966; 牛山ら, 1970; 今田, 1977; 片木・牛山, 1990)。

温州萎縮病は, 山田・沢村(1952)の報告以来カンキツにおける重要病害の一つとして研究が行

われきたが、その成果の多くは病徴や診断に関するもので、カンキツ生産上大きな問題となる果実への影響については必ずしも明らかにされていない。松本(1973)によれば、一般的にカンキツの果実形質および品質には開花・結実等から収穫までの気温、日照、降水量などの気象条件、土壌条件、施肥など様々な要因が累積的に影響しているが、これらの要因とは別に近年問題となりつつあるSDVが果実形質や品質に及ぼす影響を明確にすることはカンキツ栽培において重要な意味を持つと思われる。そこで、SDV保毒樹および無毒樹の果実形質や品質等について調査を行い、両者の結果を比較して温州萎縮病の被害実態を検討した。

実験材料および方法

供試樹

2000年5月にRT-PCRおよびその増幅産物の塩基配列からSDVの保毒を確認した松山市内の露地栽培のカラタチ台11年生興津早生(発症樹)およびそれに隣接した同品種のSDV無毒樹各1樹を用いた。

SDV以外のウイルスおよびウイロイドの保毒状況

2000および2003年8月に春梢の葉柄を採取し、清水・三好(2002)の手順に従って全RNA抽出およびRT-PCRを行いSDV以外の主要なウイルスおよびウイロイドの保毒の有無を調査した。調査は既報のPCRプライマー(Mehtaら, 1997; Itoら, 2002; 清水・三好, 2002)を用いてステムピッチングおよびかいよう虎斑病の病原であるカンキツトリステザウイルス(CTV)、接木部異常病の病原であるリンゴステムグルーピングウイルス(ASGV)、エクソコーティス病の病原であるカンキツエクソコーティスウイロイド(CEVd)およびウイロイド病に関与すると推察されているカンキツベントリーフウイロイド(CBLVd)、ホップわい化ウイロイド(HSVd)、カンキツウイロイドⅢ(CVdⅢ)およびカンキツウイロイドⅣ(CVdⅣ)を対象として行った。なお、RT-PCRにはRNA PCRキット(TaKaRa)およびサーマルサイクラー(GeneAmp PCR System 2400, Perkin Elmer)を用いた。

調査樹の形状比較

2003年11月に樹冠容積(樹冠の短径、長径および樹高を測定し7かけ法で算出)および幹周(接木部より10cm上で測定)を調査した。さらに、任意に採取した当年の春梢50本の春梢長および着葉数を計測し、その全春梢の中心部に位置する3葉について、葉面積、葉身長、葉身幅、葉柄長および葉の形状(観察により並、舟型およびサジ型に区分)を調査した。なお、葉面積は自動面積計(AAM-9, 林電工)で測定した。

果実形質および品質

2000年11月15日, 2001年11月12日, 2002年11月11日および2003年11月6日に全果実を採取し、果実形質および品質について調査した。果実形質は、果実の収量、着色度(観察により10分着色, 9~6分着色および5分着色以下に区分)、縦径、横径、浮皮度(観察により無: 0~甚: 4の5段階に区分)、奇形果率(観察により果梗部の著しい肥厚の有無に区分)を調査した。果実品質は完全着色果より20果を選び果面中央部の果皮色、果実重量、果肉重量、果皮厚、果汁の糖度および酸含量を調査した。なお、果皮色は分光測色計(CR-300, ミノルタ)で測定した。

全果実の糖度分布

2002年11月11日および2003年11月6日に収穫した保毒または無毒樹の全果実を用いて光センサー選果機(アグリセンサー, エミネット)により糖度を調査した。

結 果

SDV以外のウイルスおよびウイロイドの保毒状況

SDV保毒樹の2000年の検出結果は、CTVおよびHSVdが陽性で、それ以外は陰性であった。2003年に改めて調査したところ2000年と同様で保毒状況に変化はなかった。SDV無毒樹は2000および2003年ともにCTVおよびHSVdで陽性を示し、SDV保毒樹と比較して保毒状況に差は認められなかった(第1表)。

調査樹の形状比較

供試樹の状態を比較したところ、SDV保毒樹は幹周に大きな違いは認められなかったが、樹容

第1表 供試樹におけるウイルスおよびウイロイドの保毒状況

調査区	調査年	CTV	ASGV	CEVd	CBLVd	HSVd	CVdⅢ	CVdⅣ
保毒樹	2000	+	-	-	-	+	-	-
	2003	+	-	-	-	+	-	-
無毒樹	2000	+	-	-	-	+	-	-
	2003	+	-	-	-	+	-	-

a) CTVはカンキツトリステザウイルス, ASGVはリンゴステムグルーピングウイルス, CEVdはカンキツエクソコーティスウイロイド, CBLVdはカンキツペントリーフウイロイド, HSVdはホップわい化ウイロイド, CVdⅢはカンキツウイロイドⅢ, CVdⅣはカンキツウイロイドⅣ, +は陽性, -は陰性を示した。

第2表 調査樹の状況

調査区	樹容積 (m ³)	幹周 (cm)	調査枝数 (本)	春梢長 (cm)	節間長 (cm)	調査葉数 (枚)	葉身長 (cm)	葉身幅 (cm)	葉柄長 (cm)
保毒樹	13.8	40	50	4.9	0.65	150	4.6	2.2	1.1
無毒樹	16.1	46	50	10.2	1.66	150	9.0	4.5	1.9

a) 調査は2003年11月に実施した。

b) 葉の形状は春梢の中心に位置する3葉を調査した。

第2表 調査樹の状況(続き)

調査区	葉面積 (cm ²)	葉面積割合(%)				葉の形状(%)		
		10cm ² ≥	10cm ² <	20cm ² <	30cm ² <	並	舟型	サジ型
保毒樹	7.2	80.7	17.3	2.0	0	34.7	46.0	19.3
無毒樹	27.0	0	15.3	49.3	35.3	91.4	3.3	5.3



第1図 供試樹

(左:温州萎縮ウイルス保毒樹, 右:無毒樹)

積が無毒樹と比較して劣っていた(第1図)。また、春梢長および節間長が無毒樹と比較して短い生状態を呈し、葉面積も極めて小さく、本病特有の舟型およびサジ型を呈した奇形葉が多く確認され激しい萎縮状態であった(第2表)。

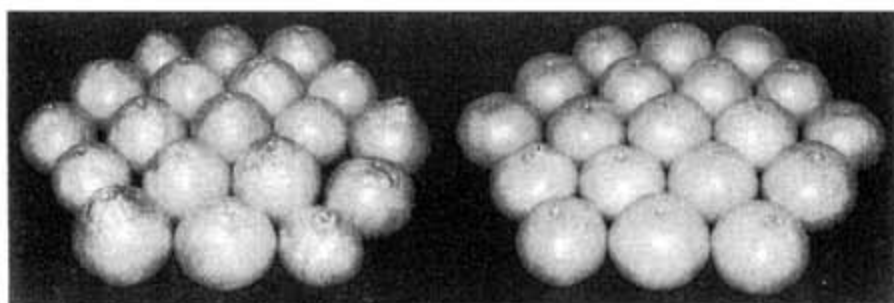
果実形質および品質

SDV保毒樹の果実形質は無毒樹と比較してM以上の階級割合が低く、10分着色果の割合が明らかに少なかった。さらにSDV保毒樹は果形指数が低く、浮皮度が高い傾向が認められ、これらは調査を行った4カ年とも同様な傾向を示した。また、保毒樹からは奇形果も多く確認された(第2図, 第3表, 第4表)。

果実品質については、無毒樹と比較して果肉歩合は低く、果皮厚は2003年のみの調査であったが高かった。また、Brixは保毒樹で調査4カ年を通じて1度以上低い数値を示したが、クエン酸含量では無毒樹でやや高い傾向が認められた。その結果、保毒樹では糖酸比が低く、品質はかなり劣っていた(第5表)。また、保毒樹では果皮色が淡くなる傾向が認められた。

全果実の糖度分布

SDV保毒樹全果実の糖度分布は無毒樹と比較



第2図 収穫果の比較 (左:温州萎縮ウイルス保毒樹, 右:無毒樹)

第3表 温州萎縮病発病の有無と収量および果実形質(着色, 階級および浮皮度)との関係

調査区	調査年	調査果数 (個)	収量 (kg)	着色程度 (%)				階級割合 (%)				浮皮度
				10分	9~6分	5分以下	2L以上	L	M	S	2S	
保毒樹	2000	310	33.4	32.3	49.0	18.7	7.1	22.2	31.3	28.1	11.3	1.10
	2001	336	30.9	14.6	61.0	24.4	2.1	10.1	34.2	42.9	10.7	2.20
	2002	540	52.4	7.2	62.0	30.8	0.9	5.8	19.7	36.4	37.2	0.12
	2003	697	50.6	23.7	65.4	10.9	0.1	0.7	6.6	31.3	61.3	0.15
	平均	496	41.8	19.5	59.3	21.2	2.6	9.7	23.0	34.7	30.1	0.89
無毒樹	2000	369	45.4	47.4	42.8	9.8	13.0	32.8	31.4	18.7	4.1	0.20
	2001	459	42.0	30.5	59.3	10.2	1.1	9.6	37.0	42.7	9.6	0.20
	2002	709	58.0	16.9	55.8	27.3	1.7	8.3	20.6	35.3	34.1	0.04
	2003	704	62.5	48.9	41.9	9.2	1.4	7.1	19.7	40.8	31.0	0.06
	平均	560	52.0	35.9	50.0	14.1	4.3	14.5	27.2	34.4	19.7	0.13

a) 着色程度および階級比率の調査は常法に従った。浮皮度は無: 0~甚: 4の5段階に区分して調査した。

第4表 温州萎縮病発病の有無と果実形質(果形指数および奇形果)との関係

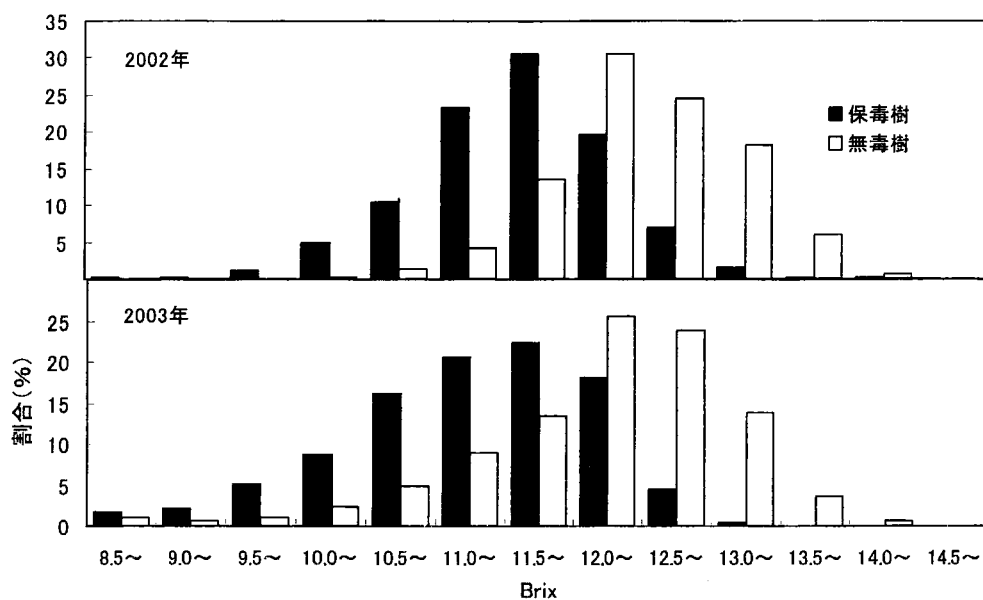
調査区	調査年	調査果数 (個)	果形指数 (%)								平均	奇形果率 (%)
			135<	130<	125<	120<	115<	110<	105<	105≥		
保毒樹	2000	310	3.3	4.0	17.3	28.3	21.9	16.9	7.6	0.7	120.2	-
	2001	336	7.7	19.7	23.2	25.9	15.2	6.8	0.9	0.6	124.9	-
	2002	640	2.2	7.5	18.1	27.8	23.5	15.2	4.8	0.9	120.2	-
	2003	697	0.3	0.6	3.3	11.3	30.4	32.6	15.9	5.6	114.1	16.4
	平均	496	3.4	8.0	15.5	23.1	22.8	17.9	7.3	2.0	119.9	16.4
無毒樹	2000	369	8.0	23.1	29.3	25.0	13.7	0.3	0.3	0.3	125.4	-
	2001	459	13.9	24.2	31.2	20.9	8.5	0.7	0.2	0.4	128.0	-
	2002	709	8.3	16.2	28.8	28.0	14.8	2.7	0.8	0.4	124.9	-
	2003	704	1.7	4.0	11.3	33.6	32.2	12.2	2.7	2.3	120.3	0.3
	平均	560	8.0	16.9	25.2	26.8	17.2	4.0	1.0	0.9	124.7	0.3

a) 果形指数の調査は常法に従った。奇形果の調査は果梗部の著しい肥厚の有無を区分した。

第5表 温州萎縮病発病の有無と果実品質の関係

試験区	調査年	1果重 (g)	果肉歩合 (%)	果皮厚 (mm)	Brik	クエン酸含量 (g/100ml)	糖酸比	果皮色 a値
保毒樹	2000	100	76.4	—	8.7	1.00	8.8	22.4
	2001	94	77.2	—	9.7	0.94	10.3	25.4
	2002	110	77.8	—	10.9	1.03	10.6	24.9
	2003	93	79.2	2.36	10.6	1.22	8.7	21.5
	平均	99	77.7	2.36	10.0	1.05	9.6	23.6
無毒樹	2000	124	80.9	—	10.5	0.80	12.7	23.1
	2001	106	81.2	—	11.6	0.76	15.3	26.4
	2002	110	81.5	—	12.4	1.05	11.8	25.6
	2003	95	83.1	2.26	11.8	1.16	10.2	23.2
	平均	109	81.7	2.26	11.6	0.94	12.5	24.6

a) 調査には完全着色果を20個用いた。



第3図 収穫果全果実の糖度分布

して、低い位置にピークが認められ、全般的に糖度の低い果実が多かった。この結果は調査した2か年とも同様であった(第3図)。

考 察

現在のカンキツ栽培では、生産者の収益性向上のために高糖度果実生産が重要であるが、これを連年維持することは種々の要因により難しい。その要因は環境条件および栽培管理が主となるが、

ウイルス性病害による生産性低下も栽培管理技術で補うことが難しい阻害要因の一つとされている(家城, 1999)。ところが、近年増加傾向にある温州萎縮病は、カンキツ栽培に影響を及ぼす重要なウイルス性病害と位置づけられているが、その被害に関して牛山ら(1970)および橘ら(1987)以外に報告がなく、その実態が明確にされているとは言えない状況にある。そこで、温州萎縮病発生園において、土壌または気象の影響を受けにく

い厳密な条件下で互いに隣接したSDV保毒樹および無毒樹を供試樹として設定し、精密な調査を行ない、果実形質および品質について比較検討した。

まず、調査樹の形状を比較したところ、SDV保毒樹は無毒樹と比較して樹容積が劣り、春梢長および節間長ともに短いそう生状態で、葉面積も極めて小さく、奇形葉も多い状態の典型的な温州萎縮病発病樹であった。この症状の発現に関してSDV以外のウイルスまたはウイロイドの供試樹への関与を確認するため、7種のウイルスおよびウイロイドの保毒状況を調査した。その結果、SDV保毒および無毒樹ともにCTVおよびHSVdの保毒が確認されたが、SDV以外に両者の差が認められず、SDV保毒樹における萎縮症状発現に関して他のウイルスまたはウイロイドの影響はないものと考えられた。

次に、果実形質および品質を調査した。既報の調査結果では、牛山ら(1970)は本病の被害について樹冠容積の拡大が遅れ、果実の小玉化および収量の低下が認められると報告している。本研究において温州ミカン発病樹を用いて調査したところ、SDV無毒樹と比較して調査した4年とも果実の小玉化および収量の低下が認められた。またSDV保毒樹の果実は着色が不良で、浮皮度が高く、果皮が厚く、腰高果および奇形果が多い傾向が認められ、SDVによる果実形質への影響が再確認された。SDV保毒樹の果実品質は、調査した4年とも糖度が無毒樹より低い結果となり、クエン酸含量は高い傾向が認められた。さらに供試樹から採取した全果実の糖度を光センサー選果機で調査し、その分布を比較したところ、SDV保毒樹における糖度のピークは無毒樹に比べ大幅に低い結果となった。以上の結果から、SDV保毒樹は果実形質および品質面において無毒樹より劣る傾向が認められ、これらは牛山ら(1970)および橋ら(1987)の指摘内容と一致していた。すなわちSDV保毒樹の果実形質の変化および品質低下は、供試樹におけるSDV以外のウイルス等の保毒状況に差が認められないことから、温州萎縮病により引き起こされるものと考えられ、温州ミカン栽培における本病の影響が大きいことが明らかとなった。なお、光センサー選果機を用いた果樹ウイルス性病害の被害実態の調査は本報告が

初めてである。

今回の調査結果からSDV保毒の及ぼす影響が強く確認され温州萎縮病対策の重要性があらためて認識されたが、本病は過去に幾度か全国のカンキツ産地で蔓延し問題となった(岩波, 1996)。多くの場合は新品種への転換を急ぐあまりに由来の不明な穂木が用いられ高接ぎが繰り返されたことがきっかけとなっているが(久原, 1981; 家城, 1999)、その背景にはカンキツ栽培への本病の影響が必ずしも強くはないという認識があるのではないかと推察される。それは現地における本病の多様な発生実態に起因すると考えられるが、調査事例からSDVを保毒していても発病に至る期間は早いもので苗木から、遅いもので植付後20年を経過してからと大きく幅がある。また発病樹でも軽微なものから激発樹までその程度が多様であり、発病しても他のウイルス病害と比較して枯死に至る場合が少ない(未発表)。さらに十分な調査がなされていないものの本病は品種間によって感受性が異なる場合がある(今田ら, 1980)ことも確認されている。このように、SDV保毒の有無と病徴発現が直結しない場合もあることから、生産者の温州萎縮病に対する認識も様々であることが推察される。

温州萎縮病の蔓延を防ぐためには、無毒母樹の育成および穂木の供給体制の整備が基本となるが、生産者が本病に対する正しい認識を持つことも重要であり、そのために今後とも主要品種における温州萎縮病の被害実態を調査し、情報を提供することが必要であると考えられる。

摘 要

温州萎縮病の被害を他の影響を受けにくい厳密な条件下で明らかにするため、互いに隣接した温州萎縮ウイルス(SDV)保毒および無毒の温州ミカンを用いて果実形質および品質の調査を行なった。その結果、SDV保毒樹は無毒樹と比較して果実形質では着色不良、浮皮になりやすい、果皮が厚い、腰高果および奇形果が多い傾向が認められ、収量も劣った。果実品質では糖度が無毒樹より低く、クエン酸含量が高い傾向は認められた。さらにSDV保毒樹の全果実を光センサー選果機で調査したところ、糖度分布のピークは無毒樹に比べ大幅に低かった。以上の結果から、SDV保

毒樹は果実形質および品質面において無毒樹より劣る傾向が認められ、温州ミカン栽培における温州萎縮病の影響が大きいことが明らかとなった。

引用文献

- 家城洋之 (1999) : クリーン種苗の生産技術 : 果樹病害. 植物防疫, 53 : 454~457.
- 伊沢房雄 (1966) : 温州萎縮病に関する調査. 愛知園試研報, 5 : 1~9.
- Ito, T., I. Hiroyuki, O. Katsumi (2002) : Simultaneous detection of six citrus viroids and apple stem grooving virus from citrus plants by multiplex reverse transcription polymerase chain reaction. J. Virol. Methods, 106 : 235~239.
- 今田 準 (1977) : 温州萎縮病及び類似病害の種類と研究の現状. 植物防疫, 31 : 399-402.
- 今田 準・田中寛康・成沢信吉 (1980) : 温州萎縮ウイルスおよびカンキツモザイクウイルスのカンキツ苗木の生育に及ぼす影響. 果樹試報E, 3 : 75-82
- 岩波 徹 (1996) : 温州萎縮病をめぐる最近の話題. 植物防疫, 50 : 65-68
- 片木新作・牛山欽司 (1990) : 温州萎縮病に関する研究 (第3報), 土壌伝染の実態と土壌遮断および土壌消毒による伝染防止. 神奈川園試研報, 40 : 11~18.
- 久原重松 (1981) : 果樹の高接ぎ更新に伴うウイルス保毒率の増加. 植物防疫, 35 : 483~488.
- 松本和夫 (1973) : 果実の品質を左右する要因. P. 197~217. 柑橘園芸新書. 養賢堂. 東京.
- Mehta, P., R. H. Brlansky, S. Gowda and R. K. Yokomi (1997) : Reverse-transcription polymerase chain reaction detection of citrus tristeza virus in aphids. Plant Dis., 81 : 1066~1069.
- 清水伸一・三好孝典 (2002) : RT-PCRによるカンキツウイルス・ウイロイド病の診断. 四国植防, 37:23~28.
- 清水伸一・三好孝典 (2003) : 愛媛県内のカンキツ新品種に発生した萎縮症状と温州萎縮ウイルスとの関連性. 愛媛果樹試研報, 16 : 41~46.
- 橘 泰宣・佐川正典・大森尚典・西山富久 (1987) : 本早生温州の果実品質に及ぼす温州萎縮ウイルスの影響. 四国植防, 22:63~67.
- 牛山欽司・大垣智昭 (1970) : 温州萎縮病に関する研究 (第1報), 神奈川県における発生状況と被害の実態. 神奈川園試研報, 18 : 57~65.
- 山田峻一・沢村健一 (1952) : 温州蜜柑の萎縮病に関する研究予報. 東近農試研究報告・園芸, 1 : 61-71.
- Yang, X., A. Hadidi and S. M. Garnsey (1992) : Enzymatic cDNA amplification of citrus exocortis and cachexia viroids from infected citrus hosts. Phytopathology, 82 : 279~285.