

中国中南部におけるトウガラシのタバコモザイクウイルス(MV) 系統の同定

誌名	園藝學會雜誌
ISSN	00137626
著者	坂田, 好輝 陳, 幼源
巻/号	66巻1号
掲載ページ	p. 99-104
発行年月	1997年6月

中国中南部におけるトウガラシのタバコモザイクウイルス (TMV) 系統の同定

坂田好輝^{1*}・陳 幼源²・陳 海榮²・趙 建華²・許 啓新²

¹ 国際農林水産業研究センター 305 つくば市大わし

² 上海市農業科学院 中華人民共和国 201106 上海市

Identification of Strains of Tobacco Mosaic Virus (TMV) Isolated from Capsicums in Southcentral China

Yoshiteru Sakata^{1*}・Chen Youyuan²・Chen Hairong²・Zhao Jianhua²・Xu Qixin²

¹ Japan International Research Center for Agricultural Sciences, Ohwashi, Tsukuba 305

² Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201106, P. R. China

Summary

To differentiate tobacco mosaic virus (TMV) strains in southcentral China, strain identification of TMV isolates collected from fields of sweet peppers or chillies in the cities of Shanghai (30 °N), Wuhan (30 °N), Chengdu (30 °N), Lhasa (30 °N), and Dali (25 °N) was performed by using the series of TMV-resistant *Capsicum* spp. carrying the genes of L^+ , L^1 , L^2 , L^3 , and L^4 , respectively. As anticipated, no isolates were identified as P_0 strain, because all of the TMV isolates were collected from cultivars with a L^1 resistance gene. On the other hand, it was found that the P_1 and $P_{1,2}$ strains which can infect cultivars with the L^1 resistance gene were widespread in southerncentral China. In addition, the $P_{1,2,3}$ strains which can break down the resistance of cultivars with L^3 resistance gene was also detected in Shanghai. No isolates were capable of infecting *C. chacoense* Jacq. harbouring the L^4 resistance gene. Based on the study of the variability of TMV strains in China, methods for the breeding of sweet pepper for TMV-resistance were evaluated.

緒 言

著者らは中華人民共和国の上海において、ウイルス病抵抗性のピーマン (*Capsicum annuum* L.) を育種しているが、中国のピーマンのウイルス病に関する情報はきわめて少ない。ピーマンにおけるウイルス病被害に関する現状、すなわち、当該地域で蔓延しているウイルスの種類、被害程度、抵抗性品種の利用の有無等を正確に把握し、育種を実施することが肝要である。周・王 (1989)、藤沢 (1989) および宇杉ら (1994) は、中国華中地区あるいは上海地区で認められるピーマンの病原ウイルスとして、タバコモザイクウイルス (TMV)、キュウリモザイクウイルス (CMV)、ジャガイモウイルス Y (PVY) およびひも状ウイルス (未同

定) が存在することを報告した。また、著者らは上海のピーマン生産地における継時的なウイルスの感染被害の実態、中国の主要なピーマン品種が有する TMV 抵抗性遺伝子型等について調査し、中国のほとんどのピーマン品種は TMV の L^1 抵抗性遺伝子を有していること、それにもかかわらず CMV と並んで TMV の感染が多い、すなわち、 L^1 抵抗性遺伝子を有する品種をも犯す TMV-トウガラシ系 (TMV-P 系) が蔓延していること等を明らかにした (坂田ら, 1997)。

TMV-P 系はヨーロッパ、北米、日本等に広く分布しているが (Green・Kim, 1991)、近年になって欧米や日本では L^3 抵抗性遺伝子 (Boukema, 1977) を導入した中・大果系の抵抗性ピーマン品種が相次いで発表され (Tanzi ら, 1986; 矢ノ口ら, 1993)、それらの抵抗性品種は TMV-P 系の被害の大きい生産地に導入され始めた。一方、ヨーロッパ等においてはこれらの

1996年4月15日 受付. 1996年8月7日 受理.

*現在: 野菜・茶業試験場 514-23 安芸郡安濃

TMV-P系抵抗性品種を犯す新たなTMV系統の存在も報告された (Boukemaら, 1980).

効率的なTMV抵抗性ピーマンの育種を推進するためには、生産地で発生しているTMVの系統を正確に把握し、そのTMV系統に対応可能な抵抗性を栽培品種に導入することが必要である。本研究では、まず、中国の中南部のピーマンあるいはトウガラシの圃場においてウイルス病感染調査を行い、TMV感染個体からそれぞれTMV感染葉を収集した。さらに、それらの試料と、ピーマンおよびその近縁種 (*Capsicum* spp.) の有するTMV抵抗性遺伝子群 (L^+ , L^1 , L^2 , L^3 , L^4) との抵抗性反応をもとに、それぞれのTMV試料について系統の同定を行った。

材料および方法

試験1: ウイルスの収集および分類

1994年5月~7月および1995年5月に中国の中南部に位置する5省5都市、北緯30°に位置する上海市、湖北省武漢市、四川省成都市、西藏自治区拉薩市および北緯25°に位置する雲南省大理市にて、各地のピーマンあるいはトウガラシのウイルス病葉を収集した (第1図)。試料を保冷剤と共に保冷箱に入れ上海に持ち帰り、電子顕微鏡によるウイルス粒子の形態観察、

TMV-P系の抗体を用いた簡易二重拡散法 (匠原・井上, 1978) による血清反応の調査を行い、さらに、*Nicotiana glutinosa* L. へ接種して、抵抗性反応を観察した。試験2のTMV系統を同定する際に、他のウイルスが試料に混入していると、検定結果は混乱する。そこで、ウイルス粒子の形態、血清反応、および *N. glutinosa* の抵抗性反応からTMVの存在が確認された試料については、TMVがきわめて安定なウイルスである特性を利用して、室温で1週間風乾し、他のウイルスを失活させた (Provvidenti, 私信)。乾燥試料を100倍量の蒸留水で摩細希釈後、TMV病性の *C. annuum* 'California Wonder' に接種した。ウイルスの接種は常法のカーボランダム法を用いた。すなわち、被検定植物の本葉2枚に600メッシュのカーボランダムをふりかけた後、接種源汁液を指で擦り付けた。接種後すぐに葉の接種源汁液およびカーボランダムを流水で洗い流した。ウイルス接種植物をガラス温室で育成し、モザイク症状を呈した上位葉を、再度、風乾し、冷蔵庫に小分けして保存し、適宜、TMV系統の同定のための接種源とした。

試験2: TMV系統の同定

TMV系統の同定のための検定植物として、それぞ

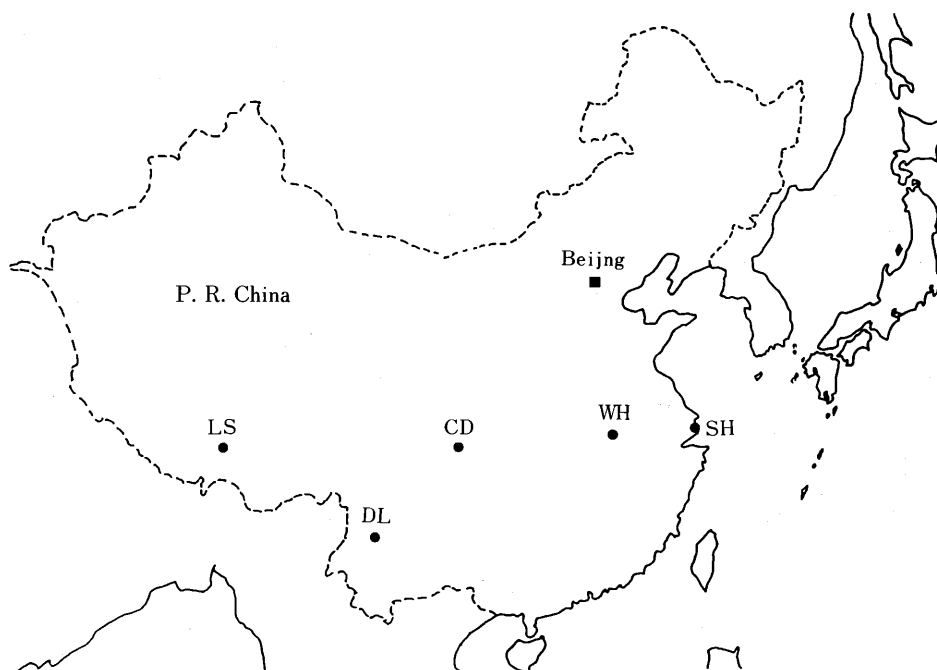


Fig. 1. Locations of collection sites of TMV isolates.

SH: Shanghai, WH: Wuhan, CD: Chengdu, LS: Lhasa, DL: Dali

れ異なった TMV 抵抗性遺伝子を有する 5 系統のピーマンおよびその近縁種, *C. annuum* 'California Wonder' (L^+L^+), *C. annuum* '翠玉 2 号' (サカタのタネ) (L^1L^1), *C. frutescense* L. 'Tabasco' (L^2L^2), *C. chinense* Jacq. [PI 152225] (L^3L^3), *C. chacoense* Hunz. [PI 260429] (L^4L^4) を用いた。なお,

Table 1. Reaction between genotypes for resistance in *Capsicum* spp. and strains of TMV.

<i>Capsicum</i> spp. cv. or accession	genotype	TMV strains			
		TMV-OM, -T		TMV-P	
		P ₀	P ₁	P _{1,2}	P _{1,2,3}
<i>C. annuum</i> Early Calwonder	L^+L^+	+	+	+	+
<i>C. annuum</i> Berbeterde Glas	L^1L^1	-	+	+	+
<i>C. frutescens</i> Tabasco	L^2L^2	-	-	+	+
<i>C. chinense</i> PI 159236	L^3L^3	-	-	-	+
<i>C. chacoense</i> PI 260429	L^4L^4	-	-	-	-

+; Systemic mosaic. -; Local lesion on inoculated leaves, No systemic mosaic.

Table 2. TMV isolates collected from the southcentral China.

Isolate	Date	Location	Shape	SDD (TMV-P) ^z	<i>N. glutinosa</i> ^y
V- 1	1994 1 05	Shanghai; Huacao ^x	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V- 2	1994 7 06	Shanghai; Jianquiao	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V- 3	1994 6 27	Hubei; Wuhan	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V- 4	1994 5 26	Yunnan, Dali	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V- 5	1994 6 24	Sichuan, Chengdu	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V- 6	1994 6 24	Sichuan, Chengdu	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V- 7	1994 6 23	Tibet, Lhasa	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V- 8	1994 6 23	Tibet, Lhasa	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V- 9	1994 6 23	Tibet, Lhasa	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-10	1994 6 24	Sichuan, Chengdu	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-11	1994 6 24	Sichuan, Chengdu	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-12	1994 6 27	Hubei; Wuhan	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-13	1994 6 27	Hubei; Wuhan	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-14	1994 5 26	Yunnan, Dali	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-15	1994 6 06	Shanghai; Nanghui	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-16	1994 6 07	Shanghai; Jianqiao	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-17	1994 6 06	Shanghai; Huamo	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-18	1994 6 06	Shanghai; Huamo	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-19	1994 6 06	Shanghai; Nanghui	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-20	1994 6 06	Shanghai; Nanghui	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-21	1994 7 06	Shanghai; Lunang	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-22	1994 7 06	Shanghai; Lunang	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-23	1995 5 18	Shanghai; Huacao	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-24	1995 5 17	Shanghai; Chongming	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion
V-25	1995 5 17	Shanghai; Chongming	18×300 nm	Precipitation line	Local lesion

^z Test by simplified double diffusion technique with anti-TMV-P serum.

^y Reaction of *N. glutinosa* leaves by inoculation of each isolate.

^x Names of collection sites for Shanghai city.

'Tabasco', PI 152225 および PI 260429 の種子は野菜・茶業試験場, 育種第3研究室から分譲を受けたものである。ガラス温室内でウイルス接種植物を育成し, 反応を観察・調査した。5都市から収集したそれぞれ複数の TMV 試料について系統の検定を行った後, 上海市の試料についてはさらに 10 試料追加検定した。

結果および考察

日本における TMV 系統の分類はトマトおよび L^1 抵抗性遺伝子を有するピーマン品種への感染性によって分けられたものであるが(長井ら, 1981), ピーマンの TMV 抵抗性育種の観点からは TMV 系統とピーマンおよびその近縁種の示す抵抗性反応をもとにした Boukema (1984) の分類が実用的である。我が国の TMV 系統分類と Boukema による分類とは直接の対応関係がないため, 第1表にピーマン感染性 TMV を整理した。すなわち, TMV-普通系 (TMV-OM 系) および TMV-トマト系 (TMV-T 系) は P_0 系統に分類され, TMV-トウガラシ系 (TMV-P 系) は P_1 系統, $P_{1,2}$ 系統及び $P_{1,2,3}$ 系統の3系統に細分される(第1表)。以下, Boukema (1984) の分類に基づいて, 中国中南部から収集した各 TMV 試料に対して *Capsicum* spp. の示した抵抗性反応をもとに, 結果および考察の論議を進める。

試験1: ウイルスの収集および分類

各地から収集したウイルス病葉試料の収集データ, 形態, TMV-P 系の抗体を用いた簡易二重拡散法, さらに *N. glutinosa* への接種反応の結果を第2表に示した。いずれの試料も, 18×300 nm の棒状の形態を有し, TMV-P 系の抗体を用いた簡易二重拡散法により明瞭な沈降帯を形成し, さらに *N. glutinosa* へ接種した結果, 局部病斑を形成したことから, Tobamovirus 群の TMV であると判断した。

試験2: TMV 系統の同定

TMV 試料の検定植物の *Capsicum* spp. に対する反応およびそれから推定された TMV 系統を第3表および第4表に示した。 L^+ 遺伝子を有する 'California Wonder' および L^1 抵抗性遺伝子を有する '翠玉2号' に対して, 供試した 25 試料すべてがモザイク症状を引き起こした。すなわち, TMV の P_0 系統と同定された試料は見いだせなかった(第3表, 第4表)。本結果は, 試験1において, 用いた全試料は TMV-P 系の抗体に対して明瞭な沈降帯を形成したことから, さらに, これらの試料は中国国内の主要なピーマンあるいはトウガラシ品種から収集したものであり, 主要品種

Table 3. Reaction of indicator plants of *Capsicum* spp. after the inoculation of TMV isolates collected from the southcentral China.

<i>Capsicum</i> spp. cv. or accession (Gene)	Isolate														
	V-1	V-2	V-3	V-4	V-5	V-6	V-7	V-8	V-9	V-10	V-11	V-12	V-13	V-14	V-15
<i>C. annuum</i> California Wonder (L^+L^+)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. annuum</i> Suigyoku 2 gou (L^1L^1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. frutescens</i> Tabasco (L^2L^2)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. chinense</i> PI 152225 (L^3L^3)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. chacoense</i> PI 260429 (L^4L^4)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Identified strain	$P_{1,2,3}$	$P_{1,2}$	$P_{1,2}$	$P_{1,2}$	$P_{1,2}$	$P_{1,2}$	$P_{1,2}$	$P_{1,2}$	$P_{1,2}$	$P_{1,2}$	$P_{1,2}$	$P_{1,2}$	$P_{1,2}$	P_1	$P_{1,2}$

+ : Systemic mosaic. - : Local lesion on inoculated leaves. No systemic mosaic.

Table 4. Reaction of indicator plants of *Capsicum* spp. after the inoculation of TMV isolates collected from Shanghai.

<i>Capsicum</i> spp. cv. or accession (Gene)	Isolated									
	V-16	V-17	V-18	V-19	V-20	V-21	V-22	V-23	V-24	V-25
<i>C. annuum</i> California Wonder (L^+L^+)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. annuum</i> Suigyoku 2 gou (L^1L^1)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>C. frutescens</i> Tabasco (L^2L^2)	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
<i>C. chinense</i> PI 152225 (L^3L^3)	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. chacoense</i> PI 260429 (L^4L^4)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Identified strain	P ₁	P _{1,2,3}	P _{1,2,3}	P _{1,2}	P ₁	P _{1,2}	P ₁	P ₁	P ₁	P ₁

+ : Systemic mosaic. - : Local lesion on inoculated leaves, No systemic mosaic.

には TMV の P₀ 系統に抵抗性を示す L¹ 抵抗性遺伝子をすでに保有している可能性が高いとする著者らの観察結果から、それぞれ推定される結果と一致した。

L² 抵抗性遺伝子を有する *C. frutescens* 'Tabasco' は、上海で収集された V-16, V-20, V-22, V-23, V-24 および V-25, 武漢の V-13, 大理の V-14 の 8 試料の接種により、それぞれ局部病斑を形成し、過敏感型の反応を示した。他の 17 系統の試料はモザイクを引き起こした。L³ 抵抗性遺伝子を有する *C. chinense* 'PI 152225' は、上記の 8 試料に加え、上海の V-2, V-15, V-19, V-21, 武漢の V-3, V-12, 成都の V-5, V-6, V-10, V-11, 拉薩の V-7, V-8, V-9, 大理の V-4 の 14 試料の接種により、それぞれ局部病斑を形成した。これらのことから V-13, V-14, V-16, V-20, V-22, V-23, V-24 及び V-25 の 8 試料を P₁ 系統と同定した。また、V-2, V-3, V-4, V-5, V-6, V-7, V-8, V-9, V-10, V-11, V-12, V-15, V-19 および V-21 の 14 試料については P_{1,2} 系統と同定した。

上海で収集された V-1, V-17 および V-18 は、*C. chinense* 'PI 152225' にモザイクを引き起こし、L⁴ 抵抗性遺伝子を有する *C. chacoense* [PI 260429] だけに局部病斑を形成させた。すなわち、これらは P_{1,2,3} 系統であると同定した。

著者らの調査により、中国中南部のピーマンおよびトウガラシ圃場において、CMV とならんで TMV が蔓延していることを明らかにしつつあり、また、第 5 表に示したとおり、調査した 5 都市すべてから TMV の P₁/P_{1,2} 系統が見いだされたことから、中国中南部において P₁/P_{1,2} 系統が広く発生しているものと推定

Table 5. Distribution of TMV strains collected from the southcentral China.

Strain	Location ²					Total
	SH	WH	CD	LS	DL	
P ₀	0	0	0	0	0	0
P ₁	6	1	0	0	1	8
P _{1,2}	4	2	4	3	1	14
P _{1,2,3}	3	0	0	0	0	3

² SH=Shanghai, WH=Wuhan, CD=Chengdu, LS=Lhasa, DL=Dali.

された。これらの TMV 系統に対しては *C. chinense* [PI 159236 等] に由来する L³ 抵抗性遺伝子が抵抗性を示すことから (Boukema, 1977), *C. chinense* あるいは新しく欧米や日本等で育成された TMV-P 系抵抗性ピーマンを素材として、中国国民の嗜好にあう早生、多収性の大果ピーマン品種の育成を急ぐ必要がある。

また、上海のように P_{1,2,3} 系統の発生が認められる地域においては、*C. chacoense* に由来する L⁴ 抵抗性遺伝子 (Boukema, 1982) を有するピーマン品種の利用が望ましい。1995 年になってハンガリーでは先の尖ったタイプの甘トウガラシの F₁ 品種に L⁴ 抵抗性遺伝子を導入したことが報告され (Moor・Zatyko, 1995), また、オランダでも 1996 年にピーマンタイプの品種が発表される (津田, 私信) との情報もあるが、著者らの観察において、*C. chacoense* とピーマンとの交雑後代は花粉稔性が低く、また、果実の肥大性の回復に関して問題を残しているため、なお、世界的に品種は遅れている。それぞれの国の栽培様式、嗜好に合

致するピーマン品種への L^4 抵抗性遺伝子の導入を早急に図る必要がある。

摘 要

中国の中南部におけるTMVの系統分化を把握するために、北緯 30° に位置する上海、武漢、成都および拉薩、また、北緯 25° に位置する大理において、ピーマンまたはトウガラシから分離したTMV試料について、TMV抵抗性遺伝子 L^+ 、 L^1 、 L^2 、 L^3 または、 L^4 を有するそれぞれのピーマンあるいはピーマン近縁種を用いて系統の同定を行った。

その結果、TMV抵抗性遺伝子 L^1 をり病化させる系統、すなわち、 P_1 系統あるいは $P_{1,2}$ 系統が中国中南部に蔓延していることが明らかになった。また、近年、日本や欧米で用いられ始めた L^3 抵抗性遺伝子を有する品種をも犯す $P_{1,2,3}$ 系統も上海において確認された。しかし、 P_0 系統に属するTMV系統が見いだせなかったのは、TMVを分離した品種が既に L^1 抵抗性遺伝子を有するためと推定された。また、 L^4 抵抗性遺伝子を有する*C. chacoense*を犯すTMV系統は見いだせなかった。中国中南部に分布するTMV系統の同定結果をもとに、ピーマンのTMV抵抗性育種について論議した。

謝 辞 本研究の実施にあたり、中国各地の農業科学院ならびに農業局には、圃場の案内等、多大な協力を頂いた。また、ご指導を賜った野菜・茶業試験場福本文良博士、寺見文宏博士、ならびに本稿とりまとめにあたりご助言と御校閲を頂いた野菜・茶業試験場門馬信二博士、手塚信夫博士に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Boukema, I. W. 1977. Resistance in *Capsicum* to a pepper strain of TMV. Eucarpia *Capsicum* Working Group, Abstracts of the IIIrd Meeting. Montfavet, France. 5-8 July 1977 : 85-88.
- Boukema, I. W. 1982. Resistance to a new strain of TMV *Capsicum chacoense* HUNZ. *Capsicum Newsletter* 1 : 49-51.
- Boukema, I. W. 1984. Resistance to TMV in *Capsicum chacoense* HUNZ. is governed by an allele of the L -locus. *Capsicum Newsletter* 3 : 47-48.
- Boukema, I. W., K. Jansen and K. Hofman. 1980. Strain of TMV and genes for resistance in *Capsicum*. Eucarpia *Capsicum* Working Group, Abstracts of the IVth Meeting. Wageningen, The Netherlands. 14-16 October 1980 : 44-48.
- 藤沢一郎. 1989. 東南アジアに発生する野菜ウイルス病. *植物防疫* 43 : 484-487.
- Green, S. K. and J. S. Kim. 1991. Characteristics and control of viruses infecting peppers: A literature review. Asian Vegetable Research and Development Center. Technical Bulletin 18 : 60.
- Moor A. and L. Zatyko. 1995. New results of pepper breeding in Hungary. Abstracts of the Ist International Symposium on *Solanacea* for Fresh Market. Malaga, Spain. 28-31 March 1995 : 24
- 長井雄治・竹内妙子・栃原比呂志. 1981. タバコ・モザイク・ウイルス・トウガラシ系によるピーマンのモザイク病. *日植病報* 47 : 541-546.
- 坂田好輝・森下昌三・陳 幼源・陳 海榮・張 建華. 1997. 中国中南部におけるピーマン・トウガラシのウイルス病の実態. *園学雑*. 66 (別1) : 236-237.
- 周 新明・王 鳴. 1989. 漢中地区甜(辣)椒病毒病源種群の検定. *陝西農業科学* 1989, 3 : 32-34.
- Tanzi M., L. Betti and A. Canova. 1986. Behaviour of two new commercial pepper cvs. with L^1 , L^3 genotype towards TMV pepper strain infection. *Capsicum and Eggplant Newsletter* 5 : 45.
- 匠原監一郎・井上忠男. 1978. キュウリモザイクウイルス検出診断のための簡易寒天ゲル内拡散法. *日植病報* 44 : 619-625.
- 宇杉富雄・門馬信二・森下昌三・陳 幼源・陳 海榮・許 啓新. 1994. 上海地区甜椒, 辣椒病毒病種類検定. *上海農業科技*. 1994, 2 : 24-25.
- 矢ノ口幸夫・馬場英實・藤森基弘・小林忠和・伊藤喜三男・元木 悟・岡本 潔・小口伴二・小林 優. 1993. ピーマン新品種「ベルマサリ」の育成経過とその特性. *長野県中信農業試験場報告* 11 : 21-35.