

トマトモザイク病防除への弱毒ウイルス利用

梶 和 彦

(福島県農業試験場)

Utilization of Attenuated Strains of Tobacco Mosaic Virus and Cucumber Mosaic Virus for Control of Tomato Mosaic Disease

Kazuhiko KAJI

(Fukushima Prefecture Agricultural Experiment Station)

1. はじめに

福島県内で栽培されるトマトには生食用トマト、加工用トマト、ミニトマトがあり、前二者は栽培歴が長く全国的にみても重要な産地となっている。ミニトマトはここ十年来導入された新規野菜の一つで、栽培面積もおよそ30ha(1988年)まで伸び、「チェリートマト」と称して市場に出荷されている。

トマト栽培において病害防除は安定良品質生産のために不可欠である。日本有用植物病名目録第2巻・第2版(昭和55年3月, 日本植物病理学会)にはトマトの病害が51種類記載されている。これらの病害のうちモザイク病は防除が困難でトマトの重要病害の一つとされている。本病は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Xウイルス (PVX) などによって引き起こされるが、福島県内で特に問題となっているのはTMVとCMVである。

県内でのTMVの発生は一般にみられるが、

生食用トマト、加工用トマトでは抵抗性品種の利用により実害はなく、特に問題とはなっていない。しかし、現在作付されているミニトマトには実用的なTMV抵抗性品種がほとんどなく、また、ミニトマト栽培では裂果など品質の低下を防ぐため施設化が進んで連作が行われているため、TMVの発生しやすい環境となっている。TMVは一度発生すると土壌伝染によってその後も引き続いて発生するため、その被害は深刻な問題となる。

一方、CMVによる実害はこれまでそれほど目立たなかったが、1979年頃から北関東、南東北で発生がみられ問題となった加工用トマトのすじ腐れ症様異常果の発生原因の究明の結果、CMVが病原と判明^{1,2)}、CMVの防除が再認識された。本病は1983年以降急激に発生面積、地域が増加し大きな生産阻害要因となった。その後、生食用トマトでも同様の症状が確認され³⁾、県内においても1984年から生食トマトでの被害が目立つようになった。このCMVによるす

じ腐れ症様異常果はトマトの商品価値を全くなくするため、県内のトマト栽培において重要な病害の一つとなった。

植物ウイルス病の防除は耕種的防除を中心に組み立てられ、無病種子の使用、抵抗性品種の利用、接触伝染の回避などが基本的な防除法となっているが、一度ウイルスに感染すると有効な手段がないのが現状である。

そこで、ウイルス病防除の手段として期待されているのが弱毒ウイルスの利用である。

弱毒ウイルスの原理はウイルスのもつ「干渉効果－クロスプロテクション－」である。これはあるウイルスに感染した植物には近縁のウイルスが再感染しないという現象で、この現象は古くから知られていた。この原理を応用して、植物に感染しても病徴を現さないかあるいは病徴の軽微なウイルス－弱毒ウイルス－をあらかじめ植物に接種しておくことでウイルス病を防除しようとする研究が行われてきた。植物ウイルス病の防除対策としての弱毒ウイルスの利用は防除効果の確実性、持続性などが期待されることから、近年とみに注目され、数種ウイルスでは既に実用化されている。

ここでは県内で問題となっているミニトマトのTMV、加工用トマト・生食用トマトのCMVを対象に実施した弱毒ウイルス利用による防除効果と問題点について述べる。

2. ミニトマトのタバコモザイクウイルス (TMV) 防除

(1) 供試弱毒ウイルス

試験に用いた弱毒ウイルスはTMV弱毒ウイルス L₁₁A (以下 TMV-L₁₁A とする) である。TMV-L₁₁A は北海道農業試験場³⁰⁾で罹病トマ

トから分離された TMV の一系統を高温処理によって弱毒化し、さらに *Nicotiana glutinosa* 及びトマトを継代させて分離、選抜された弱毒ウイルスである。その後、千葉県農業試験場⁷⁾で生食用トマトを対象に大量接種法、弱毒ウイルスの安定性、他作物への影響などの試験が行われた結果、トマトの TMV 防除に極めて効果の高いことが証明され、既に生食用トマトで実用化されている。

本試験に用いた TMV-L₁₁A は千葉県農業試験場から譲り受けた。分譲された TMV-L₁₁A 感染トマト茎葉は-20℃のフリーザーに凍結保存し、接種源として試験に用いた。TMV-L₁₁A の増殖は健全に育苗した「サンチェリー」及び「世界一」の子葉 (本葉 1～2 葉期) に TMV-L₁₁A を接種して行った。接種トマトはガラスハウス (20～30℃) で約 50 日間育苗したのち、茎葉を切り取り-20℃及び-95℃で保存した。TMV-L₁₁A の増殖は電子顕微鏡観察によるウイルス粒子の検出と *Nicotiana glutinosa* への接種によって増殖期間中数回確認した。

ミニトマトにおける TMV-L₁₁A の効果の検討を行うために対照として用いた TMV は福島県農業試験場保存の TMV-トマト系である。

(2) TMV-L₁₁A のトマトへの接種法

TMV-L₁₁A のトマトへの接種は汁液接種と噴霧接種によった。汁液接種は TMV-L₁₁A の磨砕粗汁液を用いた常法のカーボランダム法によった。

噴霧接種は TMV-L₁₁A の実用化のために千葉県農業試験場で確立された方法によったが、以下方法の概略を記す。TMV-L₁₁A 感染トマト茎葉に 10 倍量の水道水を加えてミキサーで十分に磨砕し、2 枚重ねのガーゼで濾過し、更に

10倍量の水道を加えて接種源（初めの TMV-L₁₁A 感染トマト茎葉の100倍量）とした。この希釈液 1 ℓ 当たり 600 メッシュのカーボランダム 20g を加え、手動噴霧器を用いてトマト幼苗（本葉 1～2 葉期）上方 5～10cm の至近距離から噴霧し接種した。接種量はトマト幼苗 1000 本当たり 0.5 ℓ とした。接種後、水道水でトマト葉面を軽く洗い流したのち、2～3 日寒冷紗で覆った。その後は 20～30℃ で管理し 1 週間以上経過してから接ぎ木及び鉢上げを行った。

噴霧接種に用いた器具は常に乾熱あるいは煮沸殺菌して用い、育苗施設も極力清浄とし、各

作業も他のウイルスが感染しないよう十分に注意を払った。

(3) TMV-L₁₁A のミニトマトでの干渉効果と生育への影響

生食用トマトで実用化された TMV-L₁₁A の干渉効果がミニトマトでも同様であるのかどうかと接種によるミニトマトの生育への影響について検討した。試験はガラスハウスでポット栽培として行った。ミニトマトはバスケットパックを用い、ウイルスの接種は汁液接種により、播種 23 日後は本葉 2 葉期の本葉 2 枚に行い、63 日後は本葉 8 葉期の第 5 本葉に行った。試験結

表－1 TMV-L₁₁A のミニトマトでの干渉効果と生育への影響

試 験 区 ¹⁾	生 育 調 査				収 量 ²⁾		ウイルス症状
	1 月 22 日		3 月 8 日				
	草丈(cm)	葉令(葉)	草丈(cm)	葉令(葉)	果数(個)	重量(g)	
無 接 種	18.5	9.1	138.0	28.9	483 (126)	4,329 (2,454)	—
L ₁₁ A	15.2	8.6	135.0	28.6	493 (59)	3,808 (1,046)	—
TMV-1	9.7	8.1	119.0	28.0	420 (63)	3,303 (1,294)	+
L ₁₁ A+TMV-2	14.8	8.5	130.7	28.6	506 (67)	3,835 (1,236)	—
TMV-2	18.9	9.3	130.0	28.7	485 (82)	3,511 (1,502)	+

注. 1): 品種; サンチェリー, 播種: 1987年12月2日。L₁₁A・TMV-1 は12月25日に接種。TMV-2 は1988年2月5日に接種。

2): 各区10株の第1～5段果房について4月8日～5月9日に調査。ただし、5月9日にすべての果実を収穫。()内は、一果重10g以上の収量。

果は表－1に示した。

播種23日後に TMV-L₁₁A を接種し、63日後に TMV-トマト系を接種したところ、モザイクなどのウイルス症状は観察されなかった。TMV-L₁₁A を単独で接種した場合もウイルス症状は観察されなかった。それに対して、TMV-トマト系を単独で播種23日後、63日後に接種した

場合は明瞭なモザイクと葉の奇形が観察された。

播種23日後に TMV-L₁₁A を接種した場合、接種28日後の草丈、葉令は無接種に比較して若干遅れるようであったが、接種73日後には草丈、葉令とも回復しほぼ同等となった。それに対して播種23日後に TMV-トマト系を接種した場合は明らかに生育が抑制された。ミニトマトの

収量は果実数、重量ともに TMV-トマト系接種に比較して TMV-L₁₁A 単独接種あるいは TMV-L₁₁A+TMV-トマト系接種が優った。

以上の結果から、TMV-L₁₁A のミニトマトでの TMV-トマト系に対する干渉効果は生食用トマトでの結果と一致し、また接種による生

育への影響も殆ど問題にならないと考えられた。

(4) TMV-L₁₁A のミニトマトでの実用化試験

TMV-L₁₁A のミニトマトでの実用性を確認するため、現地ビニールハウス栽培で試験を行った。

表-2 TMV-L₁₁A のミニトマト TMV の防除効果

試験場所	試験区	調査株数	調 査 月 日											
			4月26日			6月29日				8月3日				9月19日
			草丈 (cm)	葉令 ¹⁾ (葉)	ウイルス 症状	草丈	葉令 ¹⁾	果房 数(段)	ウイルス 症状	草丈	葉令	果房 数	ウイルス 症状	ウイルス 症状
白沢村 和田	L ₁₁ A	10	42.0	11.8b	—	292.0	39.0	8.7	—	—	47.9	12.2	—	—
	無接種	10	43.3	12.4a	—	292.5	39.4	8.2	—	—	49.7	11.3	—	—
			NS			NS	NS	NS			NS	NS		
本宮町 青田	L ₁₁ A	20		—		183.8	29.0	7.2	—	310.0	39.5	11.2	—	—
	無接種	20		—		181.2	27.8	7.4	—	378.0	39.3	10.5	—	—
							NS	NS	NS		NS	NS	NS	

注. 1) 同一英文字を伴う値の間には Duncan's new multipul-range test (p=0.05) による有意差はない。

品種：サンチェリー，台木：LS-89，播種：1988年2月10，11日，L₁₁A 接種：3月3日，接木：3月20日，定植：4月10～16日

試験は「サンチェリー」(台木：LS-89)を用い、播種15～16日後(本葉1.5～2.0葉期)に穂木、台木の両方に TMV-L₁₁A を噴霧接種した。育苗期から収穫期にミニトマトの生育調査、収量調査を行い、試験結果を表-2に示した。定植後間もなくは TMV-L₁₁A 接種のミニトマトの草丈、葉令はやや遅れるようであったが、定植およそ2カ月後には回復した。ミニトマトの収穫された期間は通常の栽培(TMVの発生しない栽培)の場合とほぼ同等であり、収量も同様であった。

この試験ではミニトマトの生育、収量とも通常の栽培を想定したものとほぼ同等になった。しかし、試験区内の無接種区の生育、収量もこれらとほぼ同等であった。その原因は、無接種区の無病徴トマトからも、定植およそ2カ月後以降になると、電子顕微鏡観察で棒状ウイルス

粒子が検出されたことから、無接種区のミニトマトにも TMV-L₁₁A が感染していたことによるものと考えられる。しかしながら、無接種区においても、十分に発生が予想される TMV によるモザイク病が全くみられなかったことから、TMV-L₁₁A による TMV-トマト系の防除効果は現地試験でも十分に実証されたと考えられる。

3. 加工用トマト、生食用トマトのキュウリモザイクウイルス(CMV)に起因するすじ腐れ症様異常果防除

(1) 供試弱毒ウイルス

この試験に用いた弱毒ウイルスは CMV 弱毒ウイルス SR、SRO 及び SRK である。CMV-SR⁹⁾はホウレンソウの縮葉症状から分離された CMV の一系統で、トマト、キュウリ、タバコ等で全身感染するが病徴を全く示さないことか

ら、弱毒ウイルスとしての利用が期待されているものである^{6,10)}。CMV-SRO⁵⁾はCMV-SRの干渉効果の向上を目的として、そのRNA 3をCMV普通系のRNA 3と置換して作出され、CMV-SRK⁵⁾は同様の目的でCMV-SRのRNA 3をトマトの異常果から分離されたCMVのRNA 3と置換して作出されたものである。

本試験に用いたCMV-SR、SRO及びSRKは農業研究センターウイルス病診断研究室から譲り受けた。分譲された各ウイルスの純化精製標品は-20℃のフリーザーに保存し、一部は*Nicotiana glutinosa*で増殖後、粗純化し接種源として試験に用いた。試験は1986年～1988年に実施した。

(2) 弱毒ウイルスのトマトへの接種法

CMV弱毒ウイルスのトマトへの接種は、ウイルス純化精製標品及び粗純化品を用い、常法のカーボランダム法によって行った。

接種は本葉1～2葉期の子葉2枚あるいは本葉1枚に行った。接種後、トマトはガラスハウスあるいはビニールハウスで育苗しその後圃場へ定植した。

(3) 弱毒ウイルス接種によるトマトの生育への影響

弱毒ウイルス接種によるトマトの生育への影響を検討した。試験は加工用トマトの「カゴメ77」を用いて行った。試験結果は表-3に示した。

表-3 CMV弱毒ウイルス接種による加工用トマトの生育への影響

弱毒ウイルスの種類	草丈(cm)	葉数(枚)	先端小葉の最大幅(cm)
S R	9.0	4.4	2.8
S R O	9.5	4.4	2.8
S R K	9.1	4.4	2.7
無接種	11.3	4.5	2.9

注. 品種: カゴメ77, 播種: 1987年3月20日, 弱毒ウイルス接種: 4月3日, 調査: 4月30日

接種したトマトの初期生育は無接種に比較して若干遅れ気味であったが、接種27日後には草丈、葉令ともほぼ回復した。また弱毒ウイルスの種類による差も認められなかった。これらから、生育への影響は特に問題にはならないと考えられた。

(4) 加工用トマトにおける防除効果

試験はいずれも「カゴメ77」を用いて行い、試験結果を表-4～表-6に示した。1986年は無接種区での異常果初発生が7月10日で、最終的には90%の高い発生株率となった。それに対しCMV-SR、SRO及びSRK接種区は8月7日まで異常果の発生を抑え、発生株率は最終的に25～40%となったが、防除効果は明らかに認められた。1987年は無接種区及び各弱毒ウイルス接種区とも異常果発生が早くから認められたが、7月15日まではやや抑える傾向にあった。しかし、その後いずれの試験区でも異常果発生株率が増加し、最終的に防除効果は認められなかった。1988年は7月15日までCMV-SR、SROいずれの接種区とも異常果発生が抑えられ、最終的に無接種区に比較して異常果発生株率の少ない傾向が認められた。

表-4 CMV弱毒ウイルス接種による加工用トマトの異常果防除効果(1986年)

弱毒ウイルスの種類	処 理 株 数	異 常 果 の 発 生							
		7 / 10 (%)	7 / 17 (%)	7 / 25 (%)	8 / 7 (%)	8 / 19 (%)	8 / 25 (%)	8 / 31 (%)	9 / 7 (%)
S R	20	0株 (0)	0株 (0)	0株 (0)	0株 (0)	8株 (40)	12株 (60)	16株 (80)	20株 (100)
S R O	20	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (25)	10 (50)	15 (75)	20 (100)
S R K	20	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (25)	10 (50)	15 (75)	20 (100)
無接種	20	1 (5)	4 (20)	12 (60)	16 (80)	18 (90)	20 (100)	20 (100)	20 (100)

注. 品種: カゴメ77, 播種: 1986年3月7日, 弱毒ウイルス接種: 3月18日, 定植: 5月19日

表-5 CMV 弱毒ウイルス接種による加工用トマトの異常果防除効果 (1987年)

弱 毒 ウイルス の 種 類	調査 株数	7 月 15 日		7 月 24 日		8 月 4 日	
		モザイク	異常果	モザイク	異常果	モザイク	異常果
S R	150株	10株	14株 (9.3%)	45株	75株 (50.0%)	96株	121株 (80.7%)
S R O	150	24	23 (15.3)	82	102 (68.0)	118	138 (92.0)
S R K	150	27	28 (18.7)	89	116 (77.3)	128	139 (92.7)
無接種	150	30	33 (22.0)	71	84 (56.0)	101	119 (79.3)

注. 品種 : カゴメ77, 播種 : 1987年 3月20日, 弱毒ウイルス接種 : 4月3日, 定植 : 4月30日

表-6 CMV 弱毒ウイルス接種による加工用トマトの異常果防除効果(1988年)

弱毒ウイルスの種類	異 常 果 発 生 株 率 ¹⁾ (%)		
	6 月 28 日	7 月 15 日	8 月 5 月
S R	0	6.7b	27.2ab
S R O	0	7.2b	13.3b
無 接 種	0	24.4a	41.7a

注. 1) : 同一英文字を伴う値の間には Duncan's new multipul - range test(p=0.05)による有意差はない。

品種 : カゴメ77, 播種 : 1988年 3月17日, 弱毒ウイルス接種 : 3月28日, 定植 : 4月28日

(5) 生食用トマトにおける防除効果

試験は1987年が「パレス」, 「まごころ」, 1988年が「桃太郎」を用いて行い, 試験結果は表-7, 表-8に示した。1987年はCMV-SR, SROいずれの接種区とも異常果発生が抑えられ

たが, 防除効果は不十分であった。1988年はいずれの試験においても統計的な有意差はないものの防除効果は認められた。しかしながら, 実用的な防除効果を得るには至っていない。

表-7 CMV 弱毒ウイルス接種による生食用トマトの異常果防除効果 (1987年)

試 験 No.	調査 株数	7月7日		7月16日		7月27日		8月6日	
		モザイク	異常果	モザイク	異常果	モザイク	異常果	モザイク	異常果
1. 無接種	100株	17株	12株	39株	27株	72株	76株	74株	92株
S R	"	1	1	5	7	21	26	22	58
2. 無接種	"	0	0	0	0	5	5	8	9
S R O	"	0	0	0	0	0	0	5	6
3. 無接種	"	1	0	1	0	3	3	7	5
S R	"	1	0	1	0	2	2	4	2
4. 無接種	"	3	1	5	3	14	10	19	17
S R O	"	2	0	5	4	16	14	21	25
5. 無接種	"	0	0	0	0	2	0	2	1
S R	"	0	0	0	0	0	1	0	3
6. 無接種	"	0	0	0	0	0	0	0	3
S R O	"	0	0	0	0	1	4	1	13

注. No. 1~3品種 : パレス, No. 4~6品種 : まごころ

表-8 CMV 弱毒ウイルス接種による生食用トマトの異常果防除効果 (1988年)

試験No.	弱毒ウイルスの種類			異常果発生株率 ¹⁾ (%)			
				6月28日	7月15日	8月5日	9月14日
1	S	R		0	1.6	0 b	0
	S	R	O	0	0	0 b	0
	無	接	種	0	1.7	2.6a	0.6
					NS		NS
2	S	R		0	3.3	0.4	0
	無	接	種	0	4.0	0.8	0.8
					NS	NS	NS
3	S	R	O	0	0	0.5	0.9
	無	接	種	0	1.4	0.9	5.3
					NS	NS	NS

注. 1): 同一英文字を伴う値の間には Duncan's new multipul - range test(p=0.05)による有意差はない。
試験No.1 品種: 桃太郎, 試験No.2, 3 品種: パレス

(6) 今後の問題点

今回の試験では, CMV に起因するトマトすじ腐れ症様異常果防除への弱毒ウイルスの利用を検討した。その結果, 供試した CMV-SR, SRO 及び SRK のいずれの弱毒系統とも防除効果が認められたが, 年次によりその効果が安定しなかった。この原因については①トマトへの

接種が完全ではなかった。②弱毒ウイルスのトマト内での増殖が十分でなかった。③強毒 CMV の感染機会が多い場合, 干渉効果が不十分となる。④弱毒ウイルスの干渉効果が低下した, などの可能性が考えられる。これらの点を考慮し, 弱毒ウイルスを有効に利用する方法を確立する必要がある。

引用文献

- 1) 藤井利行, 夏秋知英, 奥田誠一, 寺中理明, 手塚徳彌. 1984. トマトにえ死症状を起こすキュウリモザイクウイルスの一系統. 日植病報 50: 86.
- 2) 藤沢一郎, 倉賀野知行, 石井正義, 花田薫, 栃原比呂志. 1984. 加工用トマトに発生したすじ腐れ様症状. 日植病報 50: 443.
- 3) 後藤忠則, 根本正康. 1971. 弱毒ウイルスによるウイルス病の防除—安定弱毒ウイルスの選出と各種植物に対する影響—. 北海道農試彙報 99: 67-76.
- 4) ———, 吉田幸二, 飯塚典男. 1988. トマトのえそ症状株から分離されたキュウリモザイクウイルス. 北海道農試報 149: 35-43.
- 5) 花田薫, 栃原比呂志. 1986. CMV-SR の RNA 3 を組換えた株の干渉力. 日植病報 52: 154.
- 6) 岩木満朗, 善林六朗, 花田薫, 渋谷三郎, 栃原比呂志. 1986. キュウリモザイクウイルス (CMV) の弱毒系統を用いた CMV によるトマトモザイク病の防除. 日植病報 52: 745-751.

- 7) 長井雄治, 竹内妙子. 1979. TMV 弱毒系統の実用的接種法とトマトモザイク病に対する効果. 千葉農試研報 20: 57-69.
- 8) 大島信行, 小餅昭二, 後藤忠則. 1965. 弱毒ワクチンによるウイルス病の防除. 北海道農試彙報 85: 23-33.
- 9) 善林六朗, 花田薫, 岩木満朗, 渋谷三郎. 1983. ホウレンソウに縮葉症状を起こすキュウリモザイクウイルスの1系統 (CMV-SR). 日植病報 49: 716-719.
- 10) ———, 亀谷満朗. 1986. CMV の弱毒系統による CMV モザイク病の防除の試み. 植物防疫 40: 516-520.