

殺菌剤散布がトマト果実の堅さにおよぼす影響

田端信一郎 田部 真
信州大学農学部 植物病学研究室
今村 昭二
長野県農業試験場 下伊那分場
斉藤 栄成
長野県農業試験場

緒 言

化学物質を植物に適用する時、そこには必ず何らかの影響が植物体に生ずる。殺菌剤散布の場合にもまた同様に影響が植物体に現われることは、農薬使用上の問題としてすでに田部⁷⁾、田部⁸⁾らには指摘してきた。このような化学物質の植物体に対する作用機構を取扱う分野として達山¹⁰⁾らは植物薬理学をあげ、主として病害防除剤に関する諸問題を論じた。

実際圃場での薬剤散布も単なる病害防除の目的のみにとらわれず、植物体にどのような影響を与えるかについても留意する必要がある。

トマト果実の堅さはその品質保持、輸送性、加工性などに関係する特性の一つである。果肉が堅いということは利用目的によりその価値は異なるが、例えば輸送性、保存性が良好であるが加工性が悪いことも考えられる。これらの点を考慮に入れ、トマト病害防除剤として一般に使用されるボルドウ、ジネブ、トリアジン、メチラム剤を用いてトマト果実の堅さに与える影響を調べたので報告する。

実験材料および方法

供試トマトの育成と薬剤散布； 供試トマト品種は大豊を用いた。定植は1967年には6月9日、1968年には6月14日、1969年には6月20に行なった。1区当り8m²、20株植えて2区制とし、施肥その他の栽培管理は一般慣行にしたがった。

薬剤散布は1967年には7月4日、14日、24日、28日、8月7日、11日、21日の7回、1968年には7月19日、26日、8月7日、20日、30日の5回、1969年には7月20日、30日、8月6日、16日、26日の5回行なった。散布薬液量は10a当り500lの割合である。

供試薬剤と散布濃度は次のとおりである。メチラム (ethylene-bis (thiocarbamoyl) disulfide, zinc ethylene-bis (dithiocarbamate) copolmer 50%水和剤) の600倍 (1967年)、400倍 (1968, 1969年); ジネブ (zinc ethylene-bis (dithiocarbamate), 65%水和剤) の600倍 (1967

本報告の一部は昭和44年度日本植物病理学会において発表した。

昭和48年4月28日受付

年), 400倍 (1968, 1969年); トリアジン (2, 4-dichloro-6-(*o*-chloroanilino) -1, 3, 5-s-triazine 50%水和剤) の600倍 (1967, 1968, 1969年); 4-2式石灰ボルドウ液
罹病調査; 薬剤散布最終日から7日後に輪紋病および疫病の発生を, 第3果房直上の複葉について小葉の罹病葉数を調べ発病葉率で罹病程度を示した。

収穫調査; 収穫は第3果房について1967年は8月24日, 1968年は9月5日, 1969年は8月22日から始め, 着果率, 全収量, 果実1個当りの重量, および収穫開始日から4日目ごとの収穫率を調べた。

果実の堅さの測定; トマト果実の果梗附近を残して全表面の8割程度が着色したものを測定に供した。測定部分は果実の横断赤道面について図-1に示すような装置を用い, 穿刺法により行なった。穿刺は常に果面に垂直に行ない, 針が果面を貫通した時のバネ伸長度 (cm) で堅さを表わした。バネの調節は100gの強さで押した場合, 指針が1cm移動するようにした。果実の表皮上からの穿刺には1針のものを用い, 表皮下の果肉の部分については2針のもので測定し, 1個につき3箇所を調べた。

酵素活性の測定; 穿刺した部分の果肉組織中のペクチン分解酵素活性を遊離の Pectin methylesterase (PME), 細胞膜結合型の PME, および Polygalacturonase (PG) について測定した。

新鮮な果肉組織に5% NaClを加えて氷冷下磨砕, 遠沈した後に上澄液を硫酸飽和した。これを遠沈し得た沈澱物に1% NaClを加えて再び遠沈し, 上澄液を3°Cで透析して得た液を遊離PMEおよびPG活性測定に供した。⁴⁾

一方結合型PME測定には新鮮な組織にまず0.1M酢酸緩衝液 (pH4.5)を加え氷冷下磨砕遠沈した。その沈澱物に0.1M酢酸緩衝液を加えて洗滌遠沈し, 沈澱物に0.25M NaClを加えpH8に調整して30°Cに1時間保った後, 遠沈, 上澄液を供した。³⁾

PME活性の測定にはKertezの方法を用いた。²⁾ まず0.1M NaClに溶解した1%ペクチン液 (pH7.0) 10mlに酵素液2mlを加え, 次いで30°C, 1時間反応させた後に最初のpH7.0に戻すのに要した0.01N NaOH量でPME活性を示した。

PG活性は粘度降下法により分解率を求めて示した。¹⁾ 1% Pectic acidを含む0.05M酢酸緩衝液 (pH5.0) 4mlをOstwald粘度計に入れ, 30°Cの水槽中に保ち, 調整した酵素液1mlを加えて反応1時間後の落下速度から次式により分解率を求めた。

$$\text{分解率 (\%)} = \frac{T_o - T_h}{T_o - T_a} \times 100$$

T_o は反応開始時の落下秒数, T_h は一定時間反応後の落下秒数, T_a は純水の落下秒数である。

細胞膜の調製とCa含量; 果実のクチクラ層を除いた果肉にエタノールを約70%になるように加え, 氷冷下乳鉢ですりつぶした。これを遠沈し上澄液を捨て, 再び沈澱物に75%エ

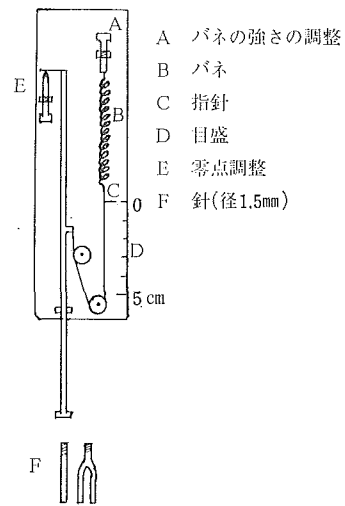


図1 穿刺装置

タノールを加え、更に乳鉢で磨砕、遠沈を行なうことを3回反復し、乾燥して得た物質を細胞膜とした。これを硝酸—硫酸混液中で湿式分解し、EDTA滴定法によりCaを測定した。⁶⁾

結 果

トマト輪紋病および疫病を防除対象として、一般に使用されている薬剤4種を選び散布に供した。これらの薬剤散布による防除効果は表一に示したとおりである。

表一 殺菌剤散布による輪紋病、疫病罹病程度

	1967			1968			1969		
	濃 度	輪紋病	疫 病	濃 度	輪紋病	疫 病	濃 度	輪紋病	疫 病
	倍	%	%	倍	%	%	倍	%	%
メチラム	600	39.7	8.4	400	35.8	0.4	400	22.6	17.1
ジネブ	600	61.8	1.2	400	43.7	2.3	400	30.5	6.8
トリアジン	600	15.1	1.0	600	36.7	33.3	600	25.1	41.6
ボルドウ	4—2式	18.6	0.7	4—2式	18.1	2.0	4—2式	13.8	10.2
無 処 理		80.3	93.5		100.0	100.0		100.0	100.0

ジネブは3年間を通じて発病が多く、それ程効果はなく、メチラムはジネブよりやや優れていた。トリアジンは上記薬剤よりも輪紋病に対して効果は認められたが、疫病に対しては1968、1969年には効果は少なかった。これらの3薬剤の効果は年による変動がかなり大きかった。

これに対しボルドウは輪紋病、疫病に対して安定した効果を示し、当地方におけるこれらの病害防除剤として最も優れているものと思われる。

薬剤散布を行なった各区のトマト果実収穫は健全果のみについて行ない、その収穫調査の結果を表二に示した。ジネブ散布区は3年間を通じ比較的収量が高かった。しかし1967、

表二 薬剤散布上の果実収量（1区当り、第3果房）

	1967		1968		1969	
	全収量	1個当り重量	全収量	1個当り重量	全収量	1個当り重量
	kg	g	kg	g	kg	g
メチラム	8.7	153.3	8.1	147.5	10.3	177.1
ジネブ	9.4	142.6	12.6	126.3	16.1	187.0
トリアジン	11.1	144.4	1.6	135.9	6.3	162.2
ボルドウ	12.2	146.9	6.8	131.3	12.7	180.1
無 処 理	5.4	132.8	2.2	134.4	—	—

1968年は輪紋病罹病率が高く、果実収穫個数は多かったが1個当りの重量は少ない傾向にあった。トリアジン散布区では1968、1969年には疫病の発生が多く、特に果梗および果実が侵害されたため収量は極めて少なかった。ボルドウ区は1968年には収量がやや少なかったが、

他の年度の試験では比較的高い収量を示し、生育後期にわたり収穫が出来た。これは病気の発生を強く抑制したことによるものと思われる。メチラム区の収量はそれ程多くはないが、1個当りの重量が多い傾向を示した。特にこのことは1967, 1968年に著しく、1969年でも他の区に比べ極端に大きい果実がみられた。無処理区は罹病程度が激しく収量は極端に少なかった。特に1969年には果実の罹病が多く全く収穫はなかった。

第3果房の収穫は最終薬剤散布日前後から始まり、最初の収穫のあった日から4日目ごとの全収穫個数に対する収穫個数割合を示したのが表—3, 4, 5である。1967年の試験では

表—3 果実収穫個数割合の変化 (1967)

	メチラム	ジネブ	トリアジン	ボルドウ	無処理
	%	%	%	%	%
8月26日	3.4	3.0	12.2	6.1	5.1
30	22.4	29.2	32.9	24.6	41.1
9月3日	32.8	60.0	64.6	54.2	71.8
7	58.6	84.6	79.2	77.7	79.5

表—4 果実収穫個数割合の変化 (1968)

	メチラム	ジネブ	トリアジン	ボルドウ	無処理
	%	%	%	%	%
9月5日	5.4	15.2	16.7	13.2	31.3
9	29.7	48.5	58.8	26.4	50.1
13	43.2	69.7	75.1	42.2	75.1
17	67.5	87.9	75.1	68.5	87.6

表—5 果実収穫個数割合の変化 (1969)

	メチラム	ジネブ	トリアジン	ボルドウ	無処理
	%	%	%	%	%
8月22日	3.4	13.5	10.1	13.4	—
26	17.2	29.3	25.5	38.7	—
30	67.2	65.1	79.3	78.9	—
9月3日	87.9	91.9	94.5	94.0	—

ジネブ, トリアジン区の収穫が最も早く, ボルドウ, メチラム区はいくらか遅れたが, 特にメチラム区では収穫後期の遅れが大きかった。1968年の試験では1967年の場合と類似の傾向が認められ, メチラム, ボルドウ区がジネブ, トリアジン区よりも収穫が遅れるようであった。1969年の試験ではジネブ, トリアジン, ボルドウ区の3区が同じ傾向を示したが, 収穫初期のボルドウ区の収穫数がやや多い傾向が認められた。この年の試験でもメチラム区は他の処理区に比較して明らかに遅れた。3年間の試験を通じて, ジネブ, トリアジン区に比べボルドウ区はやや収穫が遅れるようであり, またメチラム区はボルドウ区よりも更に遅れることが認められた。

これらの試験の場合, 無処理区の罹病程度が薬剤散布区に比べ非常に高く, 収穫が早い,

遅い基準となる区が設定出来なかった。したがってメチラム、ボルドウ区の熟期が遅れたのか、ジネブ、トリアジン区の熟期が早まったのかについては断言出来ないが、各処理区の果実収穫割合を調査対象病害の発病程度と比較しても一定の関係が認められないことから、処理区間の収穫の早晩は薬剤の種類による差であると考えられる。無処理区の熟期はジネブ、トリアジン区と同様かやや早まる傾向にあるが、これが輪紋病、疫病罹病の結果によるのかどうかについては健全なトマトを無農薬で育成出来ない現在、特に圃場試験の結果から明確に断言出来ない。

表一六 果実表皮からの穿刺による堅さ

	1967	1968	1969
	cm	cm	cm
メチラム	3.9	4.5	3.2
ジネブ	3.7	4.4	3.0
トリアジン	3.9	4.8	2.7
ボルドウ	3.9	4.4	3.5
無処理	3.4	4.3	—

収穫したトマト果実の堅さを果実表皮から直接測定した結果は表一六に示したとおりである。この穿刺の場合、表皮クチクラ層と果肉の両者の強度を測ることになるが、測定の結果からみるとクチクラ層の強度が大きく現われているものと思われる。クチクラ層の厚さ、強度は栽培条件、気象条件等により影響を受けると思われるが、このことは3年間の年度ごとの相違から

も明らかである。しかし処理区間にはほとんど強度に差がなく、薬剤の影響がクチクラ層の強度に現われなかったようである。

表皮クチクラ層を除き果肉の堅さを直接測定した結果を表一七に示した。果肉の厚さはいづれの試験年度の場合でもあまり差はなかった。果肉の厚さ1cmを穿刺に要する力(cm)は各薬剤処理区間で明らかに差が認められた。1967年ではメチラム、ボルドウ区が同程度の堅さを示して他の区の果実よりも強く、ジネブ、トリアジン、無処理区は比較的柔らかかった。この傾向は1968、1969年にも認められたが、1968、1969年のボルドウ区はジネブ、トリアジン、無処理区と大差なかった。3年間を通じ果肉の堅さはメチラム \geq ボルドウ $>$ トリアジン \geq ジネブ \geq 無処理の順であった。また果肉の堅さは薬剤処理区間ばかりでなく試験した年によりかなり差があり、栽培条件により大きな影響を受けるものと思われる。

これらの結果は罹病程度とあまり関係がなく、果実の収穫割合からみた熟期の早晩の傾向と一致した。表一六をみると表皮からの穿刺による堅さは処理区間で差がほとんど認められないが、表皮を除いた果肉の堅さには表一七に示したように差は明らかである。このことから表一六の堅さの結果は主としてクチクラ層の強度を現わしているものと考えられる。

表一七 穿刺による果肉の堅さ

	1967			1968			1969		
	果肉厚さ		1cmの 穿刺力	果肉厚さ		1cmの 穿刺力	果肉厚さ		1cmの 穿刺力
	cm	mm	cm	cm	mm	cm	cm	mm	cm
メチラム	1.8	5.6	3.2	1.5	5.0	3.0	1.0	5.4	1.9
ジネブ	1.5	5.9	2.5	1.1	6.0	1.8	0.7	5.8	1.2
トリアジン	1.6	5.7	2.6	1.1	5.0	2.0	0.7	5.4	1.3
ボルドウ	2.0	5.8	3.4	1.4	5.7	2.3	1.0	5.5	1.8
無処理	1.3	5.6	2.3	0.9	5.1	1.8	—	—	—

一般に果実の成熟や腐敗による軟化は、組織内のペクチン分解酵素活性によるものと云われている。トマト果実の場合も同様なことが考えられるので、果肉組織中のペクチン分解酵素活性を遊離型の Pectin methylesterase (PME), 細胞膜結合型の PME, および Polygalacturonase についてその活性を測定した。結果は表一八のとおりである。

表一八 トマト果肉組織のペクチン分解酵素活性

	1967			1968			1969		
	F-PME	B-PME	PG	F-PME	B-PME	PG	F-PME	B-PME	PG
	mℓ	mℓ	%	mℓ	mℓ	%	mℓ	mℓ	%
メチラム	4.0	4.0	36.7	8.1	7.0	41.2	10.3	8.5	47.3
ジネブ	4.8	3.9	67.5	12.1	8.0	68.3	12.0	8.5	68.8
トリアジン	4.9	4.0	67.6	11.1	7.7	59.5	11.5	8.5	65.9
ボルドウ	4.4	4.2	46.5	9.1	6.9	51.1	12.2	8.8	62.1
無処理	5.1	4.0	71.4	7.6	6.6	47.9	—	—	—

F-PME; 遊離のPectin methylesterase, B-PME; 細胞膜結合型の PME, PG; Polygalacturonase

1967年の試験では遊離 PME 活性はジネブ, トリアジン, 無処理の各区が同程度で比較的高く, ついでボルドウ, メチラム区が低い活性を示した。PG 活性の結果は処理区間の PME 活性の差を更に明瞭にしている。無処理区>トリアジン区≥ジネブ区>ボルドウ区>メチラム区の順に PG 活性が高く, この結果は1967年の果肉の堅さ, 逆に云えば柔らかさとよく一致している。1968年の結果は1967年の場合と同様な傾向が認められメチラム, ボルドウ区とジネブ, トリアジン区との間には明らかな差があり, 果肉の堅さの結果と一致した。無処理区の堅さはジネブ, トリアジン区とほとんど同じであるが, PME, PG 活性は一致しない。このことは恐らく果実の着色と熟期, 堅さの相互関係が罹病程度の激しさのためにくずれたと考えられる。1969年の結果は前2年の結果と類似していたが, しかしボルドウ区の遊離 PME, PG 活性はジネブ, トリアジン区と大差なく, メチラム区が3年間を通じ他の3処理区よりもかなり低い活性を示した。各試験年度間には果肉の堅さに違いがあったが PME, PG 活性も同じように異なった。特に1969年のトマト果肉は柔らかい傾向にあり, 酵素活性もまた高かった。細胞膜結合型の PME 活性は試験した年の処理区間に差はなかったが年度間には差が認められた。結合型 PME は遊離型となって始めてペクチン質に作用するものであるから, 薬剤の影響を受け難いものと思われる。

表一九 果肉組織細胞膜および Ca 含量 (1967)

	細胞膜 (新鮮重 1 g 当り)	Ca (細胞膜 1 g 当り)
メチラム	10.1 mg	4.4 mg
ジネブ	10.8	2.8
トリアジン	11.0	3.6
ボルドウ	11.1	5.6
無処理	9.9	2.6

果肉の軟化はペクチン質の分解による細胞膜相互の接着の強さの減退によるもので, そのペクチン質は多価金属イオン, 特にCa⁺⁺により Polygalacturonide 鎖相互の結合をより強固にしていると考えられる。この細胞膜の Ca 含量を調べた結果は表一九のとおりである。新鮮重 1 g 当りの細胞膜量は処理区間に著しい差は

ないが、Ca 含量はメチラム、ボルドウ区に高く、その他の区はこれよりかなり低く無処理区と大差なかった。ボルドウ液はその組成から Ca が地上部植物体表面から吸収されたものと思われるが、メチラム区の場合は直接茎葉から吸収されたのではなく根からの塩類吸収の変化により Ca 吸収量が増加したためと思われる。しかし Ca 含量の相違はペクチン分解酵素活性と反比例し、ペクチン質の分解による Ca 溶出の結果とも思われる。

考 察

圃場での薬剤処理では植物、病原菌、薬剤、環境条件の因子が相互に複雑に作用するために植物と薬剤の相互関係を簡単に知るための条件設定は極めて困難である。そのため試験を行なった年による結果の変動はかなり大きくなることも稀ではない。この実験の場合も苗定植の時期、発病程度、気象条件による薬剤散布回数と散布間隔等の違いが各年の実験に伴った。更にトマトは連作を避けるため年ごとに圃場が変り結果の変動の大きな一原因にもなっているようであった。罹病、収量、堅さ等の結果は年により差はあったが、それぞれの年の各薬剤処理区の間には3年間を通じて熟期、堅さ、ペクチン分解酵素活性の点で一定の傾向が明らかに認められた。したがって果実の堅さに関してはある程度病気の発生を薬剤で抑制すれば、薬剤の影響の方が強く現われるものと思われる。

果実の堅さに対する罹病の影響は無処理区に現われる筈である。しかし圃場で健全無病のトマトを薬剤散布することなく穫ることが出来ない現状では、罹病が熟期、果肉の堅さにどのように作用するかを知ることは困難なことである。すなわち熟期の早晩や堅さの程度を比較する基準となる区がとれないことになるためである。本実験の結果からみるとジネブ、トリアジンの散布による影響はよく一致し、またメチラム、ボルドウ散布の結果も類似しており、したがって説明にはジネブ、トリアジン区とメチラム、ボルドウ区の対比として行なった部分が多く、各処理区間に差がある場合にはそれぞれの比較で説明した。

殺菌剤の植物体に与える影響は多方面にわたり、特にクロロフィル、糖、蛋白、アミノ酸、無機成分等の成分含量の変化についての報告は少なくないが、その作用機構についての研究は少ない。本実験の場合も作用機構の問題を論議することは出来ないが、ジネブ、トリアジンは植物体の代謝活性を高め、ホルモン活性、ペクチン分解酵素活性の増加が想像された。一方ジネブ、トリアジンは細胞膜の強度に強く影響を与えるものと考えられ、またこのことは細胞膜の Ca 含量からも推定されるが、ペクチン分解酵素による Ca 溶出の結果とも考えられる。

ペクチン分解酵素活性が高いことは収穫後の保存性を悪化し、早期軟化するものと考えられる。この点については収穫後の貯蔵試験等から検討する必要がある。

摘 要

トマト病害防除剤として広く使用されるメチラム、ジネブ、トリアジン、ボルドウ剤を散布した時のトマト果実果肉の堅さにおよぼす影響を1967、1968、1969年の3年間にわたり調べた。

供試薬剤の防除効果は年による変動がかなり認められるが、その中ではボルドウが最も安定した効果を示した。果実収穫時期はジネブ、トリアジン区が比較的早く、ついでボルドウ区であり、メチラム区が最も遅れた。収穫したトマト果実の堅さはメチラム、ボルドウ区がジネブ、トリアジン区よりも堅かった。果肉組織中のペクチン分解酵素活性を測定するとジネブ、トリアジン区の遊離型の Pectin methylesterase 活性が高く、また Polygalacturonase 活性も高かった。ボルドウ区はジネブ、トリアジン区よりやや活性が低く、メチラム区の活性は更に低かった。果肉細胞膜に含まれる Ca 含量はメチラム、ボルドウ区がジネブ、トリアジン、無処理区よりも多かった。

果肉の堅さの相違は薬剤散布によるペクチン分解酵素活性、Ca 含量に対する影響と考えられる。

参 考 文 献

1. 赤堀四郎編 (1963). 酵素研究法 2. 東京. 朝倉書店
2. Kertez, Z. I. (1937). J. Biol. Chem. 121 : 589
3. MacDonnell, L. R., E. F. Jansen and H. Lineweaver (1945). Arch. Biochem. 6 : 389
4. McCready, R. M., E. A. McComb and E. F. Jansen (1955). Food Research. 20 : 186
5. Martin, J. T. (1964). Ann. Rev. Phytopathology. 2 : 81
6. 奥田東ら編 (1959). 植物栄養学実験. 東京. 朝倉書店
7. 田部 真 (1962). 北陸病虫研報. 10 : 88
8. ——— . 田端信一郎・佐々木幸男 (1968). 北陸病虫研報. 16 : 72
9. ——— . 田端信一郎 (1969). 日植病報. 35 (2) : 139. 講要
10. 達山和紀・赤井重恭 (1965). 防虫科学. 30 (3) : 96

Effects of Fungicides on the Hardness of Tomato Fruit

By **Shin-ichiro TABATA and Makoto TANABE**

Laboratory of Phytopathology, Fac., Agric., Shinshu Univ.

Shoji IMAMURA and Yoshinari SAITO

Nagano Agricultural Experiment Station

Summary

In this paper, it was investigated on the changes of the hardness of tomato fruits sprayed with metiram, zineb, triazine and Bordeaux mixture in 1967-69. These chemicals were generally applied to disease control of early and late blight of tomato in Japan.

The effect of spraying on the blight of tomato plants was variable with the exception of Bordeaux mixture being stable in its effectiveness for three years. Maturing periods of fruits sprayed with zineb and triazine were relatively earlier than Bordeaux mixture, but prolonged with metiram as compared with other chemicals.

The hardness of the sarcocarp of matured fruits was measured with the method sticking a needle into tissues. In contrast with zineb and triazine treatments, the hard fruits resistant to sticking a needle were obtained from tomato plants treated with metiram and Bordeaux mixture.

Since the hardness of fruits was affected with pectic enzymes in the tissues and calcium in the cell walls, pectin methylesterase (PME), Polygalacturonase (PG) activities and Ca contents were determined.

PME and PG activities were higher in fruits obtained from zineb and triazine spraying than from metiram and Bordeaux mixture spraying, but calcium contents were inversely proportionate to PME and PG activities.

Activities of PME bounded to the cell walls prepared from tissues were similar among the each treatments.