

露地栽培加工用トマトの疫病防除法

藤根 統^{*1} 白井 佳代^{*2}

露地栽培の加工用トマトで問題となる疫病について、その発生生態を調査し防除法について検討した。露地栽培トマトの疫病は6月中に発生する可能性は低く、7月初旬以降に発生する。また、8月中旬以降は病勢の進展が著しい。薬剤防除は、疫病の初発以前から実施する必要があるため7月初旬からの開始が望ましく、病勢が進展する8月中旬以降は栽培終了まで必須である。供試したいずれの登録薬剤も7日間隔散布では十分な防除効果があった。このうち、シアゾファミド水和剤Fとマンジプロパミド水和剤Fの2剤は14日間隔散布でも効果が認められた。

緒 言

トマト疫病は、ジャガイモ疫病と同じ*Phytophthora infestans*による病害である。本病は、まず茎葉に病斑を生じ、それを感染源として果実腐敗を引き起こすことから、多発時の被害は大きい。*P. infestans*は低温多湿を好む病原菌であることから、本病はハウス栽培で問題となることは少なく、露地栽培で多発する場合が見られる。北海道における加工用トマトは露地栽培で生産されていることから疫病が発生しやすく、2015年には石狩地域において疫病の多発による被害が問題となった。そこで、露地栽培加工用トマト（以下露地栽培トマト）における疫病的発生生態と薬剤防除法について試験に取り組んだので、ここに報告する。

試験方法

本試験は2017年～2019年の3年間実施した。各年とも供試品種は「なつのしゅん」、施肥は、窒素-リン酸-カリ＝15-20-15kg/10a、黒マルチを用い、ベッド幅は90cmとした。畦間・株間は、2017年は150cm・40cm、2018年と2019年は170cm・50cmとした。各年ともほ場に疫病菌の接種を行った。接種源は、「なつのしゅん」苗の葉身に疫病菌（PHE164菌株、トマト葉病斑から分離、花・野菜技術センター保存株）の遊走子の懸濁液を滴下接種し

発病させたものを用いた。

調査は茎葉と果実について実施した。茎葉は株毎に発病指数（0：無発生、0.5：葉の1%未満に病斑が観察（病斑数個）、1：葉の10%未満に病斑、2：葉の10～50%未満に病斑、3：葉の50～70%未満に病斑、4：葉の70%以上に病斑）に基づき調査し、発病度 $\{\Sigma(\text{指数} \times \text{当該株数}) / (\text{最大指数} \times \text{調査株数}) \times 100\}$ を算出した。収穫可能果を中心に果実を適宜調査し、最終的な病果率（累積発病果数/累積調査果数 $\times 100$ ）を算出した。

試験中の気温および降水量は、試験圃場に設置したHOBO[®]USBマイクロステーションロガー（H21-USB, Onset社）により計測した。

1 疫病発生時期および病勢の進展時期

疫病的防除時期を把握するため、初発期と進展時期を明らかにする試験を行った。試験は3年間実施し、各年ともトマトの生育ステージの影響を見るため定植日の異なる2区を設定し全株を調査した。各年の試験概要は表1に示す。

2 薬剤散布開始時期の検討

露地栽培トマトの疫病では防除開始時期の知見が無いため、薬剤散布開始時期を検討した。薬剤の散布開始を初発前、初発時、および初発後とし、最も防除効果の高い散布開始時期について検討した。

試験は2017年に実施した。試験概要は表2に示す。

3 各薬剤の防除効果

トマト疫病的登録剤は幾つかあり、それらの防除効果を

令和4年10月31日受理

^{*1} （地独）北海道立総合研究機構花・野菜技術センター、073-0026 滝川市

E-mail: fujine-osamu@hro.or.jp

^{*2} 同上（現：同十勝農業試験場、082-0081 河西郡芽室町）

表1 疫病発生時期および進展時期試験の概要

試験年	2017年		2018年		2019年	
定植日	6/5	7/5	6/4	7/9	6/3	6/28
区制	1区8株, 3反復		1区28株, 反復無し		1区30株, 反復無し	
接種日 (罹病株設置)	7/26		6/8, 13, 18, 26		6/24, 29	
発病株 設置場所	試験区から約1m 北側に1株		試験区から10m以上 離れた場所		ベッド両端	
初発日	8/1		7/9	7/21	7/9 (推定)	7/29
調査日	8/1, 7, 14, 21, 28		7/11, 17, 23, 30, 8/6, 14, 20, 27, 9/4		7/12, 29, 8/15, 23, 30, 9/9	

表2 薬剤散布開始時期試験の概要

試験年	2017年	
定植日	6/5	
試験区 区制	初発前散布開始, 初発時散布開始, 初発後散布開始, 無処理 1区9株, 3反復	
接種源・接種日	罹病株: 8/2, 罹病葉8/10, 14 (罹病葉)	
接種源設置場所	試験区通路 (罹病株), 各区境界 (罹病葉)	
初発日	8/15	
供試薬剤	ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤DF (×1000)	
	初発前散布開始 7/3, 10, 18, 25, 8/2, 8, 15, 21, 28, 9/5	
薬剤散布日	初発時散布開始 8/15, 21, 28, 9/5 初発後散布開始 8/21, 28, 9/5	
調査株数	各区7株	
茎葉調査日	8/21, 28, 9/4	
果実調査日	8/23, 9/6, 20	

検討した。また、それらの剤には、ばれいしょの疫病に対して14日間隔散布が可能な残効の長い剤が含まれていることから、トマト疫病対策として14日間隔散布が可能かについても検討した。試験は、通常の7日間隔散布および14日間隔散布の区を設け、発病度と病果率を調査した。

各年の試験概要は表3に、供試薬剤の一覧は表4に示す。なお、14日間隔散布試験は、各年ともTPN水和剤F(40%)

の7日間隔散布を対照薬剤とし、供試薬剤の防除効果は、散布1週間後から2週間後にかけて試験圃場に十分な感染圧がある条件（無散布で十分な発病の進展がある）で評価した。そのため、2018年については散布開始日の異なる試験①と②を設けた。

表3 各薬剤の防除効果試験の概要

試験年	2017年	2018年	2019年
定植日	6/5	6/4	5/30
区制	1区9株, 3反復	1区7株, 3反復	1区7株, 3反復
接種源・接種日	罹病株: 8/2 罹病葉: 8/10, 14	罹病葉: 7/19, 21	罹病株: 7/18 罹病葉: 8/8
発病株設置場所	罹病株: 試験区通路 罹病葉: 試験区境界	試験区境界の除外株内	罹病株: 畦間両端 罹病葉: 試験区境界
初発日	8/15	7/26	8/5
散布日	7日間 7/3, 10, 18, 25, 8/2, 15, 21, 28, 9/5 14日間 7/10, 25, 8/8, 21, 9/5	7/6, 12, 19, 26, 8/2, 8, 14, 21, 27, 9/4, 11 試験①: 7/6, 19, 8/2, 14, 27, 9/11 試験②: 7/12, 26, 8/8, 21, 9/4	7/17, 23, 31, 8/6, 14, 20, 22, 27, 9/3, 10, 18 7/17, 31, 8/14, 27, 9/10
調査株数	各区7株	各区5株	各区5株
茎葉調査日	8/21, 28, 9/4, 11	8/21, 24, 28, 9/4, 9/10	8/19, 26, 9/3, 10, 17, 24
果実調査日	8/23, 9/6, 20	8/29, 9/5, 13, 20	8/19, 9/5, 12, 25

表4 各薬剤の防除効果試験の供試薬剤

供試薬剤	希釈倍率	試験年・散布間隔					
		2017年		2018年		2019年	
		7日	14日	7日	14日 試験① 試験②	7日	14日
TPN水和剤F(40%)	1,000	○		○	○	○	
アゾキストロビン水和剤F	2,000					○	
カスガマイシン・銅水和剤	800	○		○	○	○	
シアゾファミド水和剤F	1,000	○	○	○	○	○	○
銅（水酸化第二銅）水和剤	1,000					○	
ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤DF	1,000	○					
マンジプロパミド水和剤F	1,500			○	○		○
マンゼブ水和剤	800	○		○	○	○	

○は供試した試験を示す

結 果

1 疫病発生時期および病勢の進展時期

各年の気象状況は図1に示した。

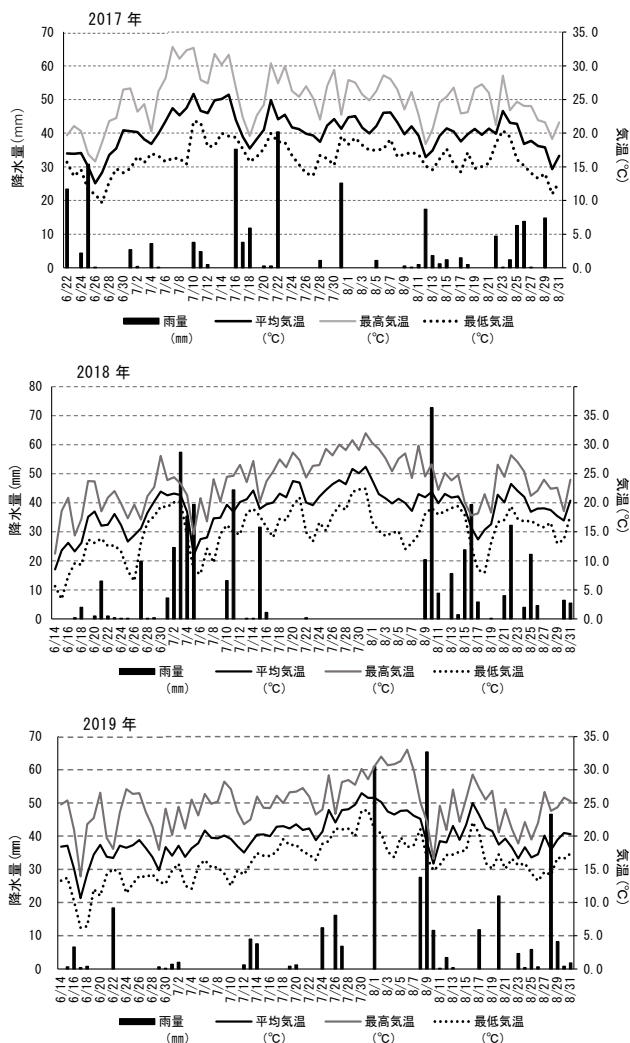


図1 試験期間の気象状況

(HOBO®USBマイクロステーションロガーにより計測)

2017年は、6月は疫病の発生に好適な低温多湿、7月は雨量は多いものの疫病の発生には不適な高温傾向の気象であった。6月5日定植区と7月5日定植区はいずれも接種後の8月1日に初発し、6月5日定植区の発病程度は7月5日定植区よりも高く推移した（表5）。

2018年は、6月は低温多湿で7月も前半は多雨傾向となった。6月4日定植区は7月9日に、7月9日定植区は7月21日に初発した。降雨がなく高温傾向だった7月23日～8月8日の疫病の進展は緩慢で、気温が低下して降雨が続いた8月中旬以降に病勢が進展した（表6）。

2019年の6月は低温少雨で、6月3日定植区は7月9日頃の初発と推定された。7月も乾燥傾向で6月28日定植区では7月29日に初発した。8月は多量の降雨があり、両区とも病勢が進展した（表7）。

表5 疫病発生時期と病勢の進展（2017年）

定植日	初発日	発病度				
		8/1	8/7	8/14	8/21	8/28
6/5	8/1	4.7	31.3	60.4	100	100
7/5	8/1	1.0	24.0	28.1	74.0	77.1

表6 疫病発生時期と病勢の進展（2018年）

定植日	初発日	発病度					
		7/11	7/17	7/23	7/30	8/6	8/14
6/4	7/9	3.6	28.6	50.0	50.0	50.0	51.8
7/9	7/21			0	18.8	15.2	28.6

定植日	初発日	発病度		
		8/20	8/27	9/4
6/4	7/9	75.0	100	—
7/9	7/21	56.3	75.9	80.4

—：未調査

表7 疫病発生時期と病勢の進展（2019年）

定植日	初発日	発病度					
		7/12	7/29	8/5	8/23	8/30	9/9
6/3	7/9	0.4	—	94.2	99.2	100	100
6/28	7/29	0	0.4	33.0	57.1	94.6	100

—：未調査

表8 散布開始時期と防除効果

試験区	発病度 (防除価)			病果率 % (防除価)
	8/21	8/28	9/4	
初発前 (7/3) 散布開始	0	0	0 (100)	0.1 (99)
初発時 (8/15) 散布開始	21.4	19.6	10.1 (86)	2.7 (86)
初発後 (8/21) 散布開始	25.0	34.5	48.8 (34)	5.7 (69)
無散布	26.2	41.7	73.8	18.6

供試薬剤：ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤DF (×1,000)

散布日：7/3, 10, 18, 25, 8/2, 8, 15, 21, 28, 9/5

初発日：8/15

2 薬剤散布開始時期と防除効果

疫病は8月15日に初発し、無散布区は発病度73.8、病果率は18.6%となった(表8)。初発前散布開始区は茎葉の発病が認められず、病果もわずかであった。散布開始が遅れるほど、発病度と病果率が増加した。

3 各薬剤の防除効果

(1) 7日間隔散布

2017年は8月15日に初発し、無散布区は発病度86.9・病果率18.6%となった(表9)。供試薬剤はいずれも茎葉の発病に高い効果を示した。病果率はカスガマイシン・銅水和剤が他の薬剤より高く効果が劣った。

2018年は7月26日に初発し、8月中旬以降に病勢が進展し、無散布区は発病度100・病果率70.2%となった(表10)。供試薬剤のうち、シアゾファミド水和剤Fとマンジプロバミド水和剤Fは発生がほぼ無かった。マンゼブ水和剤区はそれらより若干効果が低く、TPN水和剤F(40%)と

カスガマイシン・銅水和剤ではさらに効果が低かった。茎葉の発病度が高い薬剤ほど病果率も高くなった。

2019年は8月5日の初発後8月中旬以降病勢が進展し、無散布区は発病度100・病果率28.9%となった(表11)。供試薬剤のうち、シアゾファミド水和剤Fは高い効果を示し、供試薬剤間で茎葉での効果に差があった。いずれの薬剤も病果率は低かった。

(2) 14日間隔散布

2017年は、無散布の発病度が8月21日散布の1週間目から2週間目において41.7から73.8へ進展し、効果の評価ができる条件であった(図2)。対照薬剤のTPN水和剤F(40%)7日間隔散布が発病度1.8のところ、シアゾファミド水和剤Fは無発生だった(図2)。また、各薬剤とも病果の発生はわずかだった(表12)。

2018年の試験①は、無散布の発病度が8月14日散布の1週間目から2週間目において18.3から73.3へと進展し、効果

表9 7日間隔散布の防除効果 (2017年)

供試薬剤	希釈倍率	発病度 (防除価)				病果率 % (防除価)
		8/21	8/28	9/4	9/11	
シアゾファミド水和剤F	1,000	0	0	0	0 (100)	0 (100)
ベンチアバリカルブイソプロピル・TPN水和剤DF	1,000	0	0	0	0 (100)	0.1 (99)
マンゼブ水和剤	800	0	0	6.0	3.0 (97)	4.5 (94)
TPN水和剤F(40%)	1,000	0	0	1.8	0 (100)	0.2 (99)
カスガマイシン・銅水和剤	800	0	1.2	3.6	1.8 (98)	12.0 (83)
無散布		26.2	41.7	73.8	86.9	18.6

初発日：8/15

表10 7日間隔散布の防除効果 (2018年)

供試薬剤	希釈倍率	発病度 (防除価)					病果率 % (防除価)
		8/21	8/24	8/28	9/4	9/10	
シアゾファミド水和剤F	1,000	0	0	0	0.8	4.2 (86)	0.1 (99)
マンジプロバミド水和剤F	1,500	0	0	0	0	0 (100)	0.2 (99)
マンゼブ水和剤	800	0	0	0	3.3	7.5 (93)	4.5 (94)
TPN水和剤F(40%)	1,000	0	0	0.8	15.0	23.3 (77)	11.5 (84)
カスガマイシン・銅水和剤	800	0	7.5	5.8	33.3	45.0 (55)	12.0 (83)
無散布		18.3	38.3	73.3	96.7	100	70.2

初発日：7/26

表11 7日間隔散布の防除効果 (2019年)

供試薬剤	希釈倍率	発病度 (防除価)						病果率 % (防除価)
		8/19	8/26	9/3	9/10	9/17	9/24	
シアゾファミド水和剤F	1,000	0	0	0	0	1.7	0 (100)	0.4 (99)
マンゼブ水和剤	800	0	0	0	9.2	12.5	13.3 (87)	3.5 (88)
TPN水和剤F (40%)	1,000	0	0	0.8	14.2	15.0	7.5 (93)	1.1 (96)
アゾキシストロビン水和剤F	2,000	1.7	0	0.8	16.7	12.5	14.2 (86)	0.4 (99)
カスガマイシン・銅水和剤	800	0	0	0	17.6	20.8	22.5 (78)	1.2 (96)
銅 (水酸化第二銅) 水和剤	1,000	0	0	0	20.0	20.0	22.5 (78)	3.0 (90)
無散布		10.8	23.3	73.3	98.3	100	100	28.9

初発日：8/5

の評価ができる条件であった (図3)。対照薬剤が発病度0.8のところ、シアゾファミド水和剤Fとマンジプロパミド水和剤Fが無発生、マンゼブ水和剤とTPN水和剤F (40%) の発病度がそれぞれ3.3, 5.8, カスガマイシン・銅水和剤区の発病度が25.0であった (図3)。また、シアゾファミド水和剤Fとマンジプロパミド水和剤Fは病果の発生も対照薬剤より少なく、他の3剤は対照薬剤より多く発生した (表12)。

2018年の試験②は、無散布の発病度が8月21日散布の1週間目から2週間目において73.3から96.7へと進展し、効果

の評価ができる条件であった (図4)。対照薬剤の発病度は15.0のところ、シアゾファミド水和剤Fは3.1, マンゼブ水和剤が29.2, カスガマイシン・銅水和剤が34.2であった (図4)。また、シアゾファミド水和剤Fは病果の発生が対照より少なく、他の2剤は対照薬剤より高い病果率を示した (表12)。

2019年は、無散布区の発病度が8月27日散布の1週間目から2週間目において73.3から98.3へと進展し、効果の評価ができる条件であった (図5)。対照薬剤の発病度が14.2で、シアゾファミド水和剤Fが2.5, マンジプロパミ

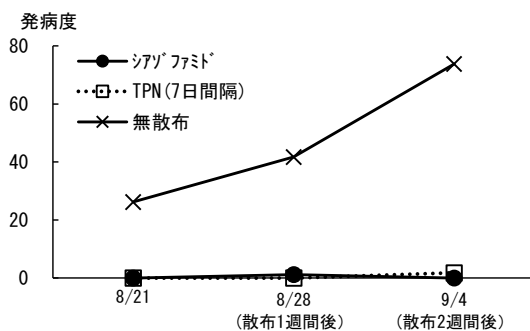


図2 14日間隔散布試験の防除効果
(2017年試験, 初発8/15)

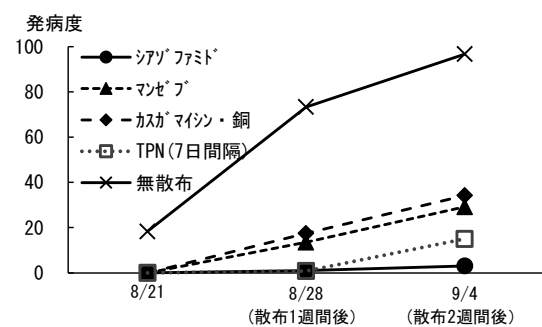


図4 14日間隔散布試験の防除効果
(2018年試験②, 初発7/26)

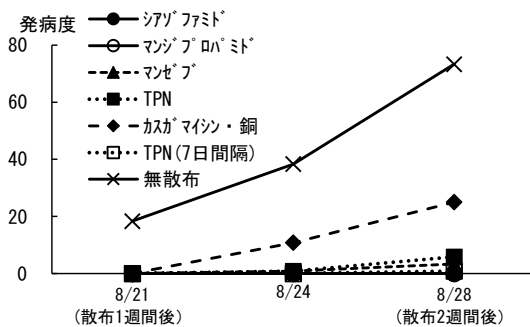


図3 14日間隔散布試験の防除効果
(2018年試験①, 初発7/26)

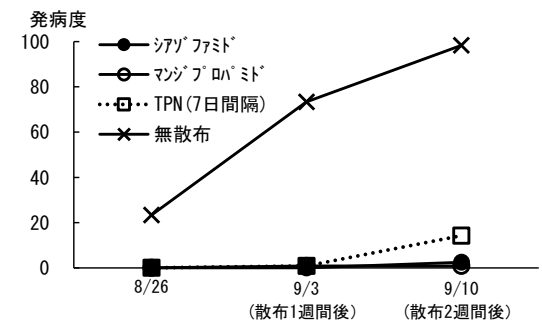


図5 14日間隔散布試験の防除効果
(2019年試験, 初発8/5)

表12 14日間隔散布試験の病果率

試験年	試験区		病果率 % (防除価)
2017年	供試薬剤	シアゾファミド水和剤F	0.1 (99)
	対照薬剤	TPN水和剤F (40%) (7日間隔散布)	0.2 (99)
		無散布	18.6
2018年	供試薬剤	シアゾファミド水和剤F	0.5 (99)
		マンジプロバミド水和剤F	2.9 (96)
		試験① マンゼブ水和剤	14.2 (80)
		TPN水和剤F (40%)	22.4 (68)
		カスガマイシン・銅水和剤	35.3 (50)
	試験②	シアゾファミド水和剤F	1.3 (98)
		マンゼブ水和剤	35.5 (49)
		カスガマイシン・銅水和剤	36.7 (48)
	対照薬剤	TPN水和剤F (40%) (7日間隔散布)	11.5 (84)
		無散布	70.2
2019年	供試薬剤	シアゾファミド水和剤F	0.2 (99)
		マンジプロバミド水和剤F	0.3 (99)
	対照薬剤	TPN水和剤F (40%) (7日間隔散布)	1.1 (96)
		無散布	28.9

ド水和剤Fが0.8であった(図5)。また、両剤の病果率は対照薬剤と同程度だった(表12)。

考 察

1 疫病の初発時期

トマト疫病菌は低温かつ湿潤な条件を好む。病原菌を同じくするジャガイモ疫病の初発期が6月下旬であるため、露地栽培トマトも6月下旬に疫病が初発する可能性があると予想された。しかし、6月初め定植トマトの試験では、6月から感染源があるにも関わらず初発は7月以降となったことから、露地栽培トマトの疫病は6月中に発生する可能性が低いと考えられた。2017年は、定植41日後の7月26日に感染源を設置したが、それ以前の自然発生は認められず、設置後の8月1日に初発した。2018年は定植14日後の6月18日に感染源を設置し、初発は定植35日後の7月9日だった。2019年も、6月24日の感染源設置の前に自然発生は認められず、初発は定植36日後かつ感染源設置15日後の7月9日だった。各年とも6月の気象は疫病の発生に不適な条件ではなかったことから、試験結果は、自然条件下において6月中に露地栽培トマトの疫病が発生する可能性が低く、ジャガイモ疫病の発生時期とは異なることを示唆している。

ばれいしょでは生育ステージと疫病感受性の関係が示唆されているが³⁹⁾、トマトでも生育ステージと疫病感受性に同様の関係があるかもしれない。2018年と2019年は、感染源がある状況下で定植後すぐに初発しなかった。また、2017年の試験では、定植期の異なるトマトで疫病の進展が異なる現象が見られている。この生育ステージと疫病感受性の関係が初発時期に影響している事が考えら

れ、今後の検証が待たれる。

1991年から2000年までの農作物有害動植物発生予察事業の記録のうち、露地トマトにおける疫病の早期発生として1995年の7月下旬初発²⁾、2005年の8月1日初発³⁾、2006年の7月22日初発⁴⁾が記録されているが、6月中の初発は記録されていない。この記録は、トマト疫病の自然発生が7月以降に起こることを示している。

試験結果および過去の記録から、露地栽培トマトの疫病初発時期は7月初旬以降であり、6月中に発生する可能性は低いと考えられた。

2 疫病防除時期

初発時期の検討結果から、防除時期は7月以降と考えられた。病原菌を同じくするジャガイモ疫病の防除では、初発時からの防除が必要で⁵⁾、予防的な防除で安定した効果が得られる。露地栽培トマトでは、初発前からの防除では発生が極めて少なかった。初発時および初発後からの防除は、茎葉病斑が進展し病果率も上昇した。このうち初発時からの防除は、茎葉発病度と病果率の防除価が共に80以上となり十分な効果が得られた。しかし、露地栽培トマトでは、茎葉の繁茂により正確に初発を知することは困難で、発生を認識した時には初発時期を過ぎていると考えられる。そのため、防除は発生前から実施する必要がある。また、疫病は8月中旬以降に進展が激しくなる。茎葉病斑が増えると病果が増えることから、栽培後半は茎葉病斑の抑制が重要で、収穫が終わる直前までの薬剤防除は必須である。

したがって、7月の疫病初発前から、栽培が終了する9月末の収穫期までが疫病の防除時期であると考えられた。

3 防除薬剤の効果

7日間隔散布では、いずれの薬剤も十分な防除効果を示した。露地栽培トマトの疫病防除は初発前から収穫直前まで長期間必要と考えられ、使用できる薬剤が多いことから、これらを用いたローテーション防除で安定した薬剤防除が可能と考えられた。

シアゾファミド水和剤Fとマンジプロパミド水和剤Fの14日間隔散布は、それぞれの7日間隔散布と同程度の防除効果を示し、TPN水和剤F(40%)の7日間隔散布と同等からそれ以上の防除効果を示した。この2剤は残効が長く^{1, 8)}、ジャガイモ疫病防除では14日間隔散布で利用できる^{6, 7)}ことから、露地栽培トマトでも同様に14日間隔で利用可能と考えられた。一方、マンゼブ水和剤、TPN水和剤F(40%)、カスガマイシン・銅水和剤の3剤は14日間隔散布での利用は難しいと考えられた。露地栽培トマトの疫病防除期間は長い場合、14日間隔散布可能な剤は散布回数の削減に有効である。ジャガイモ疫病に対しては14日間隔散布が可能な薬剤が上記2剤以外にもあり、それらの露地栽培トマトにおける14日間隔散布の検討が望まれる。

引用文献

- 1) 平田哲也・林敬介. 新規殺菌剤マンジプロパミド(レーバス[®])フロアブルの特徴と使い方. 植物防疫. 63, 525-528 (2009)
- 2) 北海道農政部・北海道病害虫防除所編. 平成7年度農作物有害動植物発生予察事業年報. 1995. p.106
- 3) 北海道農政部・北海道病害虫防除所編. 平成17年度農作物有害動植物発生予察事業年報. 2005. p.104-105
- 4) 北海道農政部・北海道病害虫防除所編. 平成18年度農作物有害動植物発生予察事業年報. 2006. p.103-104
- 5) 北海道農政部編. 平成8年普及奨励ならびに指導参考事項. 1996, p.179-182
- 6) 北海道農政部編. 平成16年普及奨励ならびに指導参考事項. 2004, p.380-382
- 7) 北海道農政部編. 平成22年普及奨励ならびに指導参考事項. 2010, p.189-182
- 8) Mitani S., Kamacni, K., Sugimoto K. Control of Potato Late Blight by Cyazofamid. J.Pestic.Sci. 30, 116-119 (2005)
- 9) 山本昌木. ジャガイモ疫病に関する研究の現状と問題点. 植物防疫. 28, 223-228 (1974)

Control method of Late Blight of Tomato for Proccesing grown in the Outdoor Fields.

Osamu FUJINE and Kayo SHIRAI

Summary

Late blight on outdoor processing tomato rarely occurs June, and occurs after July. It is necessary to start spraying fungicides before the disease occurs, and it is desirable to start control from the beginning of July. In addition, since the disease spreads remarkably after mid-August, control should be continued from this time until the end of cultivation. All of 8 fungicides tested showed sufficient effect against late blight. Of those, Cyazofamid and Mandipropamide can be applied at 14-day intervals. On the other hand, Bentiavalicarb-isopropyl·TPN, Mancozeb, TPN (40%), and Kasugamycin·Copper are applied at 7-day intervals.

Hokkaido Research Organization, Ornamental Plants and Vegetables Research Center, Takikawa, Hokkaido, 073-0026 Japan

E-mail: fujine-osamu@hro.or.jp