

多雨条件下における温州ミカンの黒点病に対する効果的な防除対策

直川幸生・武田知明¹

和歌山県果樹試験場

Effective Control Measures for Citrus Melanoses of Satsuma Mandarin under High Rainfall Conditions

Yukio Nougawa and Tomoaki Takeda

Wakayama Fruit Tree Experimental Station

緒言

カンキツ黒点病は *Diaporthe citri* を病原とし、果実に発生した場合は著しく商品価値を下げる温州ミカンの重要病害である。本菌の主な第一次伝染源は枯枝上に形成される柄子殻から溢出される柄胞子である。柄子殻の中でつくられた胞子角は降雨とともに雨滴に溶け、柄胞子が若い葉、新梢、果実に伝搬されることにより感染する（山田，2001）。本病を効果的に防除するには、伝染源である枯れ枝を除去するとともに、果実への感染時期である落花直後から（山田，2001）10月中旬ごろまで、残効が切れないように薬剤防除する必要がある（山本，1991）。本県では、保護殺菌剤であるマンゼブ水和剤 600 倍を主体とした防除体系が確立されており、5 月下旬（落弁期）の初回散布以降、本剤の残効期間や耐雨性に基づき前回散布から 1 ヶ月後または累積降雨量 200～250mm で次の散布を行うよう指導されている（和歌山県農林水産部，2024）。

一方で、近年は全国的に日降雨量 200mm 以上の年間日数が増加傾向にあり（気象庁，2024）、本県においても 2023 年 6 月 2 日に有田地域で 400mm/日以上 of 降雨となる等、集中豪雨に見舞われる年がある。このような集中豪雨により薬剤の残効が切れると、黒点病菌の感染を許し、本病の多発につながる。また、生産者にとっては再散布のために防除回数が増え、身体的・時間的な負担が増えるため、耐雨性に優れた防除対策の確立が求められる。

多雨条件下でも効果的な防除対策として、マンゼブ水和剤にマシン油乳剤を混用することで本病に対する防除効果が向上することが明らかにされている（田代ら，2004）。しかし、マシン油乳剤は果実品質への影響があるため散布時期が限られる。田代（2009）は、複数の展着剤の中でパラフィン系展着剤を殺菌剤に加用した際の耐雨性向上効果が高いことを明らかにしており、武田ら（2020）は、チオファネートメチル水和剤もしくはイミノクタジン酢酸塩液剤へのパラフィン系展着剤の加用により、カンキツ緑かび病に対する防除効果が向上することを示している。また、田代ら（2003）は、マンゼブ水和剤の希釈倍数を高めることでカンキツ褐色腐敗病に対する効果が向上するとしている。しかし、カンキツ黒点病に対するマンゼブ水和剤の散布において、希釈倍数の変更やパラフィン系展着剤の加用が耐雨性や防除効果に及ぼす影響については明らかでない。

そこで本研究では、耐雨性に優れた黒点病の防除体系を確立するため、マンゼブ水和剤の希釈倍

¹現在：和歌山県農林水産部農業生産局果樹園芸課

数の 600 倍から 400 倍（温州ミカンにおける登録上限濃度，中晩柑には適用なし）への変更や，本剤へのパラフィン系展着剤の加用が耐雨性に及ぼす影響を明らかにするとともに，パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤 400 倍液散布を用いた防除体系の有効性を検討した．

なお，本研究は和歌山県農林水産業競争力アップ技術開発事業「集中豪雨に対応した温州みかん主要病害の防除対策」（令和 2～4 年度）による成果の一部である．

材料および方法

試験 1 各種薬剤の耐雨性の検討

1) マンゼブ水和剤に加用するパラフィン系展着剤の希釈倍数が耐雨性に及ぼす影響

2019 年に果樹試験場内の「興津早生」24 年生を用いて，1 区 1 樹 3 反復で試験を行った．試験期間中の降雨量は場内の気象観測装置で測定した．試験区はマンゼブ水和剤（商品名：ジマンダイセン水和剤）600 倍にパラフィン系展着剤（商品名：アビオン-E）500 倍，1,000 倍，1,500 倍を各濃度で加用した 3 区（Mn(600 倍)+P(500 倍)区，Mn(600 倍)+P(1,000 倍)区，Mn(600 倍)+P(1,500 倍)），対照としてマンゼブ水和剤 600 倍単用区（対照 Mn(600 倍)区），無処理区の計 5 区を設けた．6 月 5 日に薬剤を散布し，6 月 17 日，24 日，7 月 3 日，8 日，16 日に 1 樹あたり 50 果の発病を発生予察事業の調査実施基準（農林水産省生産局植物防疫課，2001）を参考に調査し，発病果率および発病度を次式に基づき算出した．

発病度 = Σ （程度別発病数 × 指数） × 100 ÷ （調査数 × 7）

指数 0：病斑がないもの，1：病斑が散見されるもの，3：病斑が果面の 1/4 以下に分布するもの，5：病斑が果面の 1/4～1/2 に分布するもの（涙斑の軽いものを含む），7：病斑が果面の 1/2 以上に分布するもの（涙斑，泥塊を含む）

また，発病度から防除価を次式に基づき計算した．

防除価 = $100 - \text{処理区の発病度} \div \text{無処理区の発病度} \times 100$

6～7 月における黒点病菌の感染から発病までの潜伏期間が約 2 日であること（本間ら，1969）を考慮し，散布日から高い防除効果（防除価約 95 以上）を示した調査日の 2 日前までの累積降雨量から耐雨性を評価した．

2) マンゼブ水和剤の希釈倍数の変更と本剤へのパラフィン系展着剤の加用が耐雨性に及ぼす影響

果樹試験場内の圃場において，2020 年は 1 区 1 樹 4 反復で，2021 年は 1 区 1 樹 3 反復で試験を行った．各試験年における供試品種（樹齢），各試験区の供試薬剤（希釈倍数）と薬剤散布日を表 1 に示した．試験 1-1)において，パラフィン系展着剤の加用濃度に関わらず耐雨性の向上効果はほぼ同等であったことから，展着剤の希釈倍数は薬剤費が最も安価となる 1,500 倍とし，以降の試験においても加用する場合は同様の希釈倍数とした．調査は表 3，4 に示した日に行い，試験 1-1)と同様の手法で耐雨性を評価した．

表1 2020～2021年の試験概要（試験1-2）

試験年	供試品種 (樹齢)	試験区 ¹⁾	散布日
2020年	興津早生 (25年生)	Mn(400倍)+P	6月8日
		Mn(400倍)	
		Mn(600倍)+P	
		対照 Mn(600倍) 無処理	
2021年	興津早生 (26年生)	Mn(400倍)+P	5月23日
		対照 Mn(600倍)	
		無処理	

1) Mn: マンゼブ水和剤、P: パラフィン系展着剤(1,500倍)

試験2 パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤 400 倍液を用いた散布体系の防除効果の検討

果樹試験場内の圃場において、2021 年は‘興津早生’26 年生を、2022 年は‘興津早生’27 年生(2022a)または‘YN26’12 年生(2022b)を、2023 年は‘林温州’20 年生を用いて試験を実施した。試験区は、供試薬剤としてパラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤 400 倍液を用いた Mn(400 倍)+P 区、マンゼブ水和剤 600 倍液を用いた対照 Mn(600 倍)区および無処理区の計 3 区を設けた。薬剤散布は、5 月下旬～6 月上旬を初回とし、2021 および 2022 年は概ね 1 ヶ月間隔で 3～4 回行った。2023 年は追加散布の基準を Mn(400 倍)+P 区は前回散布から 1 ヶ月後または累積降雨量 500～550mm に到達した時点、Mn(600 倍)対照区は前回散布から 1 ヶ月後または累積降雨量 200～250mm に到達した時点としたが、集中豪雨や連続した降雨により対照区は基準どおりに散布できなかった。薬剤散布日、試験期間中の降雨量、調査日は表 5 に示した。試験は 2022a の Mn(400 倍)+P 区のみ 1 区 1 樹 8 反復とし、それ以外は 1 区 1 樹 4 反復で実施した。発病は 1 樹あたり 50 果(2022b 試験のみ 80 果)について、試験 1-1)と同様の方法で調査し、発病率、発病度および防除価に加えて、商品価値を損なう被害に相当する指数 3 以上の発病率も算出した(吉田ら, 2011)。また、各試験における指数 3 以上の発病果の割合について、Mn(400 倍)+P 区の対照区および無処理区に対する有効性を評価するため、メタアナリシスにより 4 試験の統合リスク比と 95%信頼区間を算出した(田代, 2021)。解析は EZR on R commander Version 1.68(Kanda, 2013)を用いて行い、判定には変量効果モデルを用いた。

結果

試験1 各種薬剤の耐雨性の検討

1) マンゼブ水和剤に加用するパラフィン系展着剤の希釈倍数が耐雨性に及ぼす影響

無処理区では 6 月 17 日に発病が認められ、最終調査日の 7 月 16 日には発病率 100%、発病度 16.6 となった(表 2)。パラフィン系展着剤を加用した 3 区の発病率および発病度はいずれも対照 Mn(600 倍)区と比較して低く推移した。薬剤散布日から高い防除効果を保持した日までの累積降雨量は、対照 Mn(600 倍)区 213.5mm に対して、展着剤を加用した 3 区はいずれも 378mm で耐雨性の向上効果が認められた。防除効果については、6 月 24 日～7 月 16 日の調査において、対照 Mn(600 倍)区に比べて展着剤を加用した 3 区で高く推移し、展着剤の希釈倍数による差はほぼ認められなかった。

2) マンゼブ水和剤の希釈倍数の変更と本剤へのパラフィン系展着剤の加用が耐雨性に及ぼす影響

2020年の試験では、無処理区において6月17日から発病が認められ、最終調査日の7月13日には発病果率100%、発病度37.4となった(表3)。薬剤散布日から高い防除効果を保持した日までの累積降雨量は、対照Mn(600倍)区266mmに対して、Mn(400倍)区およびMn(600倍)+P区は411mm、Mn(400倍)+P区は597mmであったため、耐雨性はMn(400倍)+P区で最も優れ、次いでMn(400倍)区およびMn(600倍)+P区、最後に対照Mn(600倍)区の順となった。

2021年の試験では、無処理区の発病は6月15日から認められ、最終調査日の7月15日には発病果率97.3%、発病度は31.2となった(表4)。薬剤散布日から高い防除効果を保持した日までの累積降雨量は、対照Mn(600倍)区109mmに対して、Mn(400倍)+P区は319mmと耐雨性の向上が認められた。

試験2 パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤400倍液を用いた散布体系の防除効果の検討

2021年から2023年の試験結果を表5に示した。2021年は3回目の薬剤散布日(7/19)から4回目の散布日(8/23)までの累積降雨量が662mmと極めて多雨となった影響もあり、無処理区は発病果率100%、指数3以上の発病果率100%、発病度85.1と甚発生条件となった。一方、Mn(400倍)+P区は指数3以上の発病果の発生はなく、防除価91.8と、対照Mn(600倍)区の指数3以上の発病果率24.0%、防除価78.2と比較して優れ、無処理区と比べて高い防除効果を示した。

2022年は2試験とも散布日間の累積降雨量は250mm以下で推移した。2022a試験では、無処理区は発病果率100%、指数3以上の発病果率99.1%、発病度72.3で甚発生条件となった。対照Mn(600倍)区の指数3以上の発病果率32.8%、防除価68.0に対して、Mn(400倍)+P区は指数3以上の発病果率5.0%、防除価84.9となった。2022b試験では、無処理区は発病果率100%、指数3以上の発病果率86.5%、発病度48.4で中発生条件となり、対照Mn(600倍)区の指数3以上の発病果率7.5%、防除価74.2に対して、Mn(400倍)+P区は指数3以上の発病果率0.5%、防除価90.5となった。いずれの試験においてもMn(400倍)+P区は対照Mn(600倍)区に比べて優れ、無処理区と比べて高い防除効果を示した。

2023年は1回目と2回目の薬剤散布日の間に集中豪雨(6月2日に396mm)があり、Mn(400倍)+P区で501mm、対照Mn(600倍)区で470mmの累積降雨となった。無処理区は発病果率100%、指数3以上の発病果率98.0%、発病度52.7で多発生条件となったが、Mn(400倍)+P区は指数3以上の発病果の発生はなく、防除価96.9と、対照Mn(600倍)区の指数3以上の発病果率10.5%、防除価78.5と比較して優れ、無処理区と比べて高い防除効果を示した。

指数3以上の発病果の割合について、メタアナリシスによって統合評価した結果、対照Mn(600倍)区の無処理区に対する統合リスク比は0.14(95%信頼区間:0.09-0.22)であった(表6)。これは、マンゼブ水和剤600倍液を体系散布したことにより、本病の指数3以上の発病が無処理区の約14%(同:9~22%)に抑えられたことを示している。一方で、Mn(400倍)+P区の無処理区に対する統合リスク比は0.01(同:0.00-0.05)、対照Mn(600倍)区に対する統合リスク比は0.07(同:0.02-0.23)となった。このことから、本剤の体系散布は指数3以上の発病を無処理区の約1%(同:0~5%)、マンゼブ水和剤600倍液体系散布の約7%(同:2~23%)にまで抑制することが示された。

表2 マンゼブ水和剤に加用するパラフィン系展着剤の希釈倍数がカンキツ黒点病の発病に及ぼす影響(2019年)

薬剤名 ¹⁾ (希釈倍数)	6月17日 (154mm) ³⁾ 散布10日後			6月24日 (213.5mm) 散布17日後			7月3日 (270.5mm) 散布26日後			7月8日 (378mm) 散布31日後			7月16日 (439mm) 散布39日後		
	調査 ²⁾ 果数	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)
Mn(600倍)+P(500倍)	150	0	0	100	0	0	100	0	0	100	1.3	0.2	97.9	10.0	1.6
Mn(600倍)+P(1,000倍)	150	0	0	100	0	0	100	0	0	100	2.0	0.3	96.9	14.0	2.2
Mn(600倍)+P(1,500倍)	150	0	0	100	0	0	100	0	0	100	1.3	0.2	97.9	13.3	1.9
対照 Mn(600倍)	150	0	0	100	0	0	100	0	0.4	90.9	18.0	2.6	72.9	40.0	5.9
無処理	150	10.0	1.4		9.3	1.3		29.3	4.4		63.3	9.6		100	16.6

1) Mn: マンゼブ水和剤、P: パラフィン系展着剤

2) 3反復の合計値

3) 薬剤散布日から調査日の2日前までの累積降雨量および日数

表3 パラフィン系展着剤に加用したマンゼブ水和剤400倍および600倍液とマンゼブ水和剤400倍液散布後のカンキツ黒点病の発病推移(2020年)

薬剤名 ¹⁾ (希釈倍数)	6月8日 (0mm) ³⁾ 散布直前			6月17日 (80mm) 散布7日後			6月24日 (163mm) 散布14日後			7月2日 (266mm) 散布22日後			7月7日 (411mm) 散布27日後			7月10日 (597mm) 散布30日後			7月13日 (693mm) 散布33日後		
	調査 ²⁾ 果数	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)	防除価 度	発病 果率(%)
Mn(400倍)+P	200	0	0	-	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	1.5	0.2	99.4	23.5	3.4	90.9
Mn(600倍)+P	150	0	0	-	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	17.5	2.6	91.7	32.0	5.1	86.4
Mn(400倍)	200	0	0	-	0	0	100	0.5	0.1	99.1	0	0	100	3.0	0.4	98.6	22.0	3.3	89.5	37.0	5.3
対照 Mn(600倍)	200	0	0	-	0	0	100	1.5	0.2	98.1	4.5	0.6	96.6	12.5	2.1	92.9	33.5	5.5	82.5	50.5	7.8
無処理	200	0	0		15.5	2.2		56.0	10.6		95.5	17.5		100	29.6		100	31.4		100	37.4

1) Mn: マンゼブ水和剤、P: パラフィン系展着剤(1,500倍)

2) 3反復の合計値

3) 薬剤散布日から調査日の2日前までの累積降雨量および日数

表4 バラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤400倍液散布後のカンギツ黒点病の発病推移(2021年)

薬剤名 ¹⁾ (希釈倍数)	調査 ²⁾ 果数	5月26日 (0mm) ³⁾ 散布1日後			6月15日 (109mm) 散布21日後			6月23日 (167mm) 散布29日後			6月30日 (167mm) 散布36日後			7月7日 (319mm) 散布43日後			7月15日 (348mm) 散布51日後		
		発病 果率(%)	防除価 度	防除価	発病 果率(%)	防除価 度	防除価	発病 果率(%)	防除価 度	防除価	発病 果率(%)	防除価 度	防除価	発病 果率(%)	防除価 度	防除価	発病 果率(%)	防除価 度	防除価
Mn(400倍)+P	150	0	0	-	0.7	0.1	98.9	0.7	0.1	99.0	2.7	0.4	97.1	4.0	0.6	97.0	50.7	7.8	75.0
対照 Mn(600倍)	150	0	0	-	2.7	0.5	94.4	10.7	1.5	85.6	19.3	2.8	79.7	44.7	7.0	64.8	87.3	16.1	48.4
無処理	150	0	0		53.3	9.0		60.7	10.4		86.0	13.8		91.3	19.9		97.3	31.2	

1) Mn: マンゼブ水和剤、P: バラフィン系展着剤(1,500倍)

2) 3反復の合計値

3) 薬剤散布日から調査日の2日前までの累積降雨量および日数

表5 バラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤400倍液の体系散布による防除効果

試験年	供試品種 (樹齢)	薬剤散布日・降雨量 ¹⁾	試験区 ²⁾	果実 ³⁾ の発病程度		
				発病 果率(%)	指数3以上の 発病果率(%)	防除 価
2021	興津早生 (26年生)	5/20 - 165mm - 6/20 - 209mm - 7/19 - 662mm - 8/23 - 208mm - 10/12 (調査日)	Mn(400倍)+P	49.0	0	7.0
			対照 Mn(600倍)	81.0	24.0	18.6
2022a	興津早生 (27年生)	5/23 - 114mm - 6/20 - 241mm - 7/21 - 90mm - 8/26 - 395mm - 11/7 (調査日)	無処理	100	100	85.1
			Mn(400倍)+P	66.3	5.0	10.9
2022b	YN26 (12年生)	6/2 - 66mm - 7/1 - 228mm - 8/2 - 368mm - 9/27 (調査日)	対照 Mn(600倍)	91.3	32.8	23.1
			無処理	100	99.1	72.3
2023	林温州 (20年生)	5/26 - 501mm - 6/9 - 212mm - 7/11 - 22mm - 8/9 - 234mm 9/8 - 282mm - 12/1 ⁴⁾ 5/26 - 470mm - 6/5 - 217mm - 7/7 - 48mm - 8/9 - 228mm 9/1 - 287mm - 12/1 (調査日)	Mn(400倍)+P	11.5	0	1.6
			対照 Mn(600倍)	57.5	10.5	11.4
2023	林温州 (20年生)	5/26 - 501mm - 6/9 - 212mm - 7/11 - 22mm - 8/9 - 234mm 9/8 - 282mm - 12/1 ⁴⁾ 5/26 - 470mm - 6/5 - 217mm - 7/7 - 48mm - 8/9 - 228mm 9/1 - 287mm - 12/1 (調査日)	無処理	100	98.0	52.7

1) 2023年は上段がMn(400倍)+P区、下段が対照 Mn(600倍)区の散布日と降雨量を示す

2) Mn: マンゼブ水和剤、P: バラフィン系展着剤(1,500倍)

3) 調査果数: 2021、2022b、2023の各年は各区200果、2022aはMn(400倍)+P(1500倍)区640果、Mn(600倍)区および無処理区は320果とした

4) マンゼブ水和剤のウンシユウミカンへの適用は4回まで

表6 パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤400倍の体系散布による指数3以上の発病果率から算出した統合リスク比

薬剤名 ¹⁾ (希釈倍数)	無散布区との推定されたリスク比 ²⁾³⁾	対照区との推定されたリスク比
Mn(400倍)+P	0.01(0.00-0.05)	0.07(0.02-0.23)
対照:Mn(600倍)	0.14(0.09-0.22)	

1)Mn:マンゼブ水和剤、P:パラフィン系展着剤(1,500倍)

2)2021年～2023年に実施した4試験の統合値

3)()は95%信頼区間

考察

果樹病害の防除のためには、前回散布した薬剤の効果が切れる前に次の散布を実施し(田代, 2007), 果実を保護することが重要である。カンキツ黒点病の防除に主に使用されるマンゼブ水和剤の耐雨性や残効性に関して、これまで多数の知見が蓄積されており(井上・芹沢, 1987; 田代ら, 2003; 山本, 1991), 本県においてもそれらの知見をもとに前回散布から1ヶ月後または累積降雨量200～250mmで追加散布を行うよう指導されている(和歌山県農林水産部, 2024)。一方で、近年では集中豪雨により、一度の連続した降雨で従来の追加散布の基準を超過する場合が増加していることから、本研究ではマンゼブ水和剤の耐雨性向上を目的として、希釈倍数の温州ミカンにおける登録上限濃度(400倍)への変更や、本剤へのパラフィン系展着剤の加用が耐雨性に及ぼす影響について明らかにした。また、これら2つの手法を組み合わせ、パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤400倍液を用いた防除体系の実用性について検討した。

パラフィン系展着剤は植物体の表面にワックス層を形成し、薬剤を固着させる作用があるとされ、各種の果樹品目において有効性が示されているが(田代, 2009)、希釈倍数による効果差を検討した事例は見当たらない。そのため、2019年の試験1-1)において、マンゼブ水和剤に加用するパラフィン系展着剤の最適な希釈倍数について検討した。マンゼブ水和剤600倍液にパラフィン系展着剤を希釈倍数500倍、1,000倍、1,500倍でそれぞれ加用し、幼果期の1回散布後から高い防除効果を保持した日までの累積降雨量を計測することで耐雨性を調査した。その結果、展着剤を加用したマンゼブ水和剤は、展着剤の希釈倍数に関わらず累積降雨量378mmまで高い効果を示し、対照のマンゼブ水和剤単用散布(同213.5mm)に比べて耐雨性が優れた。また、展着剤の希釈倍数による防除効果の差は認められなかった。これらのことから、マンゼブ水和剤に加用するパラフィン系展着剤の希釈倍数は500倍から1,500倍の間で耐雨性の向上効果に差はなく、展着剤の希釈倍数は薬剤費が最も安価となる1,500倍が適当と考えられた。現在では、パラフィン系展着剤の果樹類への適用は2,000倍まで拡大されていることから、2,000倍希釈においても同様の耐雨性の向上作用を有するか今後検討が必要である。

次に、2020～2021年の試験1-2)において、マンゼブ水和剤の希釈倍数の登録上限濃度(400倍)への変更や本剤へのパラフィン系展着剤の加用が耐雨性に及ぼす影響を試験1-1)と同様の方法で検討した。その結果、2020年の試験では、薬剤散布日から高い防除効果を保持した日までの累積降雨量は対照のマンゼブ水和剤600倍単用区で266mm、マンゼブ水和剤400倍単用区およびパラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤600倍区で411mm、パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤400倍区で597mmであった。これらのことから、マンゼブ水和剤へのパラフィン系展着剤の加用もしくはマンゼブ水和剤の希釈倍数の登録上限濃度(400倍)への変更により耐雨性が高まり、こ

れら 2 つの手法を組み合わせることさらに耐雨性は向上すると考えられた。一方、パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤 400 倍区の耐雨性は試験年によって大きく異なり、高い防除効果を保持した日までの累積降雨量は 2021 年試験では 319mm と、2020 年に比べて 278mm 少なかった。この点について、井上・芹沢（1987）は散布後の経過日数が長いと降雨量が少なくても残効は低下することを示しており、その要因として果実の肥大、光や気温による分解、風による薬剤の消失を挙げている。本試験においても、2020 年は散布 30 日後までに 597mm の累積降雨があったが、2021 年は散布 43 日後でも累積降雨量 319mm であったことから、2021 年の試験では薬剤散布からの経過日数が長くなったために、累積降雨量が比較的少ないにも関わらず効果が低下したと考えられる。そのため、パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤 400 倍液の耐雨性は散布後の日数と合わせて考察する必要がある、2 事例の試験結果から散布 30 日後までは累積降雨量 597mm、43 日後までは同 319mm まで高い防除効果を保持すると考えられた。

最後に、2021～2023 年の試験 2 において、パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤 400 倍液をカンキツ黒点病の基幹防除時期に散布する防除体系の実用性について検討した。その結果、いずれの試験においてもマンゼブ水和剤 600 倍単用散布に比べて効果が優れ、無処理区に比べて高い防除効果が認められた。なかでも、2020 年は 7 月 19 日と 8 月 23 日の間、2023 年は 5 月 26 日と 6 月 9 日の間にそれぞれ 662mm と 501mm の累積降雨があったが、最終調査時の防除効果は高く、多雨条件下での高い実用性が示された。また、2023 年に実施した試験では、パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤 400 倍区の追加散布基準を、試験 1-2) の結果を考慮し、前回散布から 1 ヶ月後または累積降雨量 500～550mm に設定した。その結果、6 月上旬の集中豪雨でも累積降雨量の基準を超過せず、高い防除効果が認められた。このことから、パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤 400 倍液は、新たに設定した基準での追加散布が可能だと考えられた。一方で、基準に達して散布が前倒しされた結果、総散布回数は 5 回となり、マンゼブ水和剤の温州ミカンへの適用回数を上回った。井沼（2017）は、マンゼブ水和剤に加えてジチアノン水和剤またはクレソキシムメチル水和剤を組み入れた防除体系を提案しており、これらの薬剤を組み合わせることで極めて多雨な年でも対応が可能であると考えられた。

実際の防除場面では、定期散布後の累積降雨量が基準に達し、追加散布が必要ではあるものの数日後に降雨が迫っていることも多い。また、多くの生産者は一度の防除に数日を要するため、やむをえず降雨の前後に応急的に薬剤散布を行う場合もある。しかし、濡れた樹へのマンゼブ水和剤散布は黒点病への防除効果が劣ること（三好ら、2007）、無機銅剤は散布 8 時間以内の降雨によって、カンキツ葉への薬剤付着が著しく減少すること（井手、2012）を考慮すると、応急防除によって安定した効果を発揮させることは困難だと考えられる。そのため、本研究によって優れた耐雨性が明らかとなった、パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤 400 倍液により定期散布を行うことで、多雨年においても応急防除することなく温州ミカンの黒点病に対して安定した効果が見込めると思われる。

摘要

1. マンゼブ水和剤にパラフィン系展着剤を加用することで耐雨性が高まり、カンキツ黒点病に対する防除効果が向上する。加用するパラフィン系展着剤の希釈倍数は 500～1,500 倍の間で効果の向上程度に差はみられない。

2. マンゼブ水和剤の希釈倍数を温州ミカンにおける登録上限濃度（中晩柑には適用なし）の 400 倍とすることで 600 倍と比較して耐雨性が高まる．また，マンゼブ水和剤 400 倍液にパラフィン系展着剤を加用することでさらに耐雨性が向上する．
3. パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤 400 倍液は散布 30 日後であれば累積降雨量 597mm, 43 日後であれば同 319mm までは高い防除効果が持続すると考えられる．
4. パラフィン系展着剤を加用したマンゼブ水和剤 400 倍液を落弁期から 8 月下旬～9 月上旬にかけて散布する防除体系は，多雨条件でも防除効果が優れ，実用性が高い．

謝辞

本研究の実施期間中に試験の補助をして下さった小澤まり子さんにお礼申し上げます．

引用文献

- 井手洋一．2012．果樹病害の殺菌剤の効率的な利用をすすめるうえで必要なエビデンス．植物防疫 66:456-459.
- 井上一男・芹沢拙夫．1987．カンキツ黒点病に関する研究 第 9 報 薬剤の残効．静岡柑試研報．23:7-14.
- 井沼崇．2017．カンキツ黒点病に対する各種薬剤の防除効果．和歌山県農林水研報．5:47-60.
- Kanda,Y. 2013. Investigation of the freely available easy-to-use software‘EZ R’for medical statistics. Bone Marrow Transplantation. 48:452-458.
- 気象庁．2024．気候変動監視レポート．2023. p. 59.
- 武田知明・衛藤夏葉・岡室美絵子・井沼崇・中野龍平・福田文夫・河井崇・深松陽介・西銘玲子．2020．薬剤散布および薬剤への展着剤の加用がシンガポールへの低温海上輸送後に発生する温州ミカン果実の腐敗に及ぼす影響．関西病虫研報 62:113-119.
- 田代暢哉．2007．果樹の病虫害防除．農山漁村文化協会．東京．p. 43.
- 田代暢哉．2009．果樹における展着剤の活用．植物防疫 63:212-217.
- 田代暢哉．2021．エビデンスメイクに役立つ頻度データの統計解析．EBC 研究会誌 16:8-18
- 田代暢哉・井手洋一・衛藤友紀・井下美加乃・古賀孝明．2004．マシン油乳剤のアジュバントとしての利用による温州ミカン病害に対する防除効果の向上と薬剤散布回数の低減並びにミカンハダニ密度の抑制．佐賀果試研報．15:22-46.
- 田代暢哉・井手洋一・納富麻子．2003．カンキツの後期黒点病と褐色腐敗病の同時防除剤とその耐雨性および効果的使用法．佐賀県研究成果情報．35.
- 農林水産省生産局植物防疫課．2001．病虫害発生予察事業の実施について～発生予察事業の調査実施基準～．pp.137-158.
- 本間保男・山田俊一．1969．カンキツ黒点病の感染ならびに発病に関与する要因．園芸試験場報告．9:85-97.
- 三好孝典・川幡寛・清水伸一．2007．濡れたカンキツ樹へのマンゼブ水和剤散布がマンゼブ付着量およびカンキツ黒点病の防除効果に及ぼす影響．日植病報．73:149-154.
- 山田俊一(改訂：太田光輝)．2001(追補第 32 号・2002 年発行)．カンキツ＜黒点病＞．農業総覧 原色

- 病虫害診断防除編 5. 果樹 カンキツ リンゴ. 農山漁村文化協会. 東京. pp. 11-19.
- 山本省二. 1991. カンキツ黒点病およびそばかす病の生態と防除に関する研究. 和歌山県果樹園芸試験場特別研究報告 1 : p. 14.
- 吉田麻里子・山田一字・森山美穂・杉浦直幸・榊英雄. 2011. 温州ミカンにおける枯れ枝せん除および透湿性反射シートの樹冠下マルチによる果実への黒点病被害の発生軽減. 熊本農研セ研報. 18: 73-79.
- 和歌山県農林水産部. 2024. 令和 6 年度農作物病虫害及び雑草防除指針. p. 90.