

カンキツ黒点病に対する各種薬剤の防除効果

井沼 崇¹

和歌山県果樹試験場

Control Effect of Several Pesticides for Citrus Melanose

Takashi Inuma¹

Wakayama Fruit Tree Experiment Station

緒言

カンキツ黒点病は、ウンシュウミカン等カンキツの栽培で被害が問題となる重要病害である。発病すると果面に黒褐色の小斑点や、泥塊状の病斑が生じ、商品価値を損なう。病原菌は *Diaporthe citri* である。本菌は樹上の枯れた枝に柄子殻または子のう殻を形成し、有性または無性のいずれの胞子も発病に関与する（牛山，1973）。有効な防除対策としては、伝染源である枯枝の除去と殺菌剤の散布が挙げられる。薬剤散布に際しては、感染・発病が始まる幼果期から収穫時期近くまで効果が持続するように行うことが必要であり、使用する薬剤の効果、特に残効性を把握しておくことが重要である。現在のところ、薬剤はマンゼブ水和剤またはマンネブ水和剤が使用され、5月下旬頃の1回目散布後は、1か月または積算降水量 200~250mm で次回散布を行うよう指導が行われている（和歌山県農林水産部，2015）。しかし、マンゼブ水和剤は4回、マンネブ水和剤は2回と登録上の基準により使用回数に限られていることから、集中豪雨等により積算降水量が多くなった年次には散布回数が不十分となることも考えられる。このため、前記以外の薬剤についても防除対策に活用することができれば有用であるが、一定の効果が認められた上で登録された薬剤においても、耐雨性や複数種類の薬剤を組み合わせた防除体系における実用性についての知見は少ない。そこで、黒点病に対する各種薬剤による防除効果を比較検討したので報告する。なお、本研究は、和歌山県農林水産部競争力アップ技術開発事業「豪雨条件下における温州ミカン黒点病の発生要因解明と防除対策」（平成 26~28 年度）による成果の一部である。

材料および方法

試験 1: 人工降雨処理による各種薬剤の耐雨性検討

1) ジチアノン水和剤、マンゼブ水和剤、マンネブ水和剤の処理

2015 年に、ジチアノン水和剤の 1000 倍、1500 倍、マンゼブ水和剤の 400 倍、600 倍、800 倍、マンネブ水和剤の 600 倍について検討した（試験 1-1）。果実は施設内の‘宮川早生’（5 年生）から着色時期に

¹ 現在：和歌山県農林水産部農業生産局果樹園芸課農業環境・鳥獣害対策室

採取し、各薬液に浸漬して風乾後、人工降雨処理に供試した。同じ試験を3回行い、反復1は9月7日、反復2は10月5日、反復3は11月2日に採取した果実を用いた。ジチアノン水和剤に関しては、散布間隔が積算降水量300mmを超えた場合でも実用的な防除効果を示した事例があるなど（井沼，2014）、比較的長期間の残効が期待できることから、人工降雨の降水量は、0、100、200、300、400mmとした。

2) クレソキシムメチル水和剤、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤、ピリベンカルブ水和剤の処理

2015年に、クレソキシムメチル水和剤の2000倍、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤の2000倍、ピリベンカルブ水和剤の2000倍について検討した（試験1-2）。果実は施設内の‘宮川早生’（5年生）から着色時期に採取し、各薬液に浸漬して風乾後、人工降雨処理に供試した。同じ試験を2回行い、反復1は11月13日、反復2は11月16日に採取した果実を用いた。降水量は、0、40、80、120、160、200mmとした。

3) 人工降雨処理

地面から高さ165cmの位置にノズルを上向きに装着し（木本ら，2003）、塩ビパイプVP13で水道水を供給して降雨処理を行った。ノズルはスプレーイングシステムス製のフルコーンスプレーノズルFullJet B1/4HH-PVC14.5SQ（オリフィス呼び径3.9mm）を使用した。水圧を一定（0.05MPa）に保って高さ200cm前後まで水滴が吹き上がるようにして落下させ、降水強度が20mm/h程度になるようにした。降水量は雨量計を設置して把握した。

4) 病原菌接種

約 10^6 個/mlの孢子懸濁液100 μ lをしみ込ませた1cm \times 1cmの綿布を果実上に載せることにより接種を行った。供試した柄胞子は、オートクレーブ後のウンシュウミカン緑枝に菌を接種し、Mondal et al. (2007)の方法で形成させた。各処理あたり果実を3~5個用い、1果あたり4箇所に対して接種を行った。果実は5万倍クリスタルバイオレット添加1.5%素寒天を入れたプラスチックバットに果梗部を下にして並び、全体をビニールで覆って28 $^{\circ}$ Cの恒温器に入れた。接種7~9日後に発病箇所の調査を行った。

試験2: ほ場における各種薬剤散布後の残効性検討

1) ジチアノン水和剤、マンゼブ水和剤の散布

2015年に検討を行った（試験2-1）。‘興津早生’（20年生）を用いて試験2-1-1、‘せとか’（6年生）を用いて試験2-1-2、‘林温州’（14年生）を用いて試験2-1-3を実施した。いずれも、ジチアノン水和剤（1000倍、1500倍）、マンゼブ水和剤（400倍、600倍）、無散布の5区とした。試験2-1-1は1区1樹4反復で、5月27日に薬剤を散布し、6月22日（24日後）、7月8日（40日後）、同21日（54日後）に1樹あたり50果（満たない場合は全果）の発病を調査して、発病度を算出した。試験2-1-2は1区1樹3反復で、5月27日に薬剤を散布し、6月22日（24日後）、7月8日（40日後）、同21日（54日後）に1樹あたり30果（満たない場合は全果）の発病を調査して、発病度を算出した。ただし、2016年12月時点では、中晩柑の‘せとか’に対してマンゼブ水和剤は400倍の登録はない。試験2-1-3は1区1樹3反復で、6月15日に薬剤を散布し、7月8日（23日後）、同21日（36日後）、8月24日（70日後）に1樹あたり50果（満たない場合は全果）の発病を調査して、発病度を算出した。なお、試験2-1-3では、そうか病の防除対策として、1回目散布の45日前の4月30日に、無散布区を含む全樹に対してジチアノン水和剤（1000倍）を散布した。

降水量は、場内設置の雨量計によって0.5mm単位で調査した（以下の試験においても同様）。

2) クレソキシムメチル水和剤, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤, ピリベンカルブ水和剤の散布

2016年に検討を行った(試験2-2)。「日南1号」(24年生)を用いて試験2-2-1、「林温州」(15年生)を用いて試験2-2-2を実施した。いずれも、クレソキシムメチル水和剤(2000倍)、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤(2000倍)、ピリベンカルブ水和剤(2000倍)、無散布の4区とした。試験2-2-1は1区1樹4反復で、5月20日に薬剤を散布し、同27日(7日後)、6月6日(17日後)、同14日(25日後)、同21日(32日後)、7月5日(46日後)に1樹あたり100果の発病を調査して、発病度を算出した。試験2-2-2は1区1樹3反復で、5月20日に薬剤を散布し、同27日(7日後)、6月8日(19日後)、同23日(34日後)、7月5日(46日後)に1樹あたり100果の発病を調査して(7月5日のみ50果)、発病度を算出した。

3) 調査基準

発病調査時の程度別の指数は、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)とした。発病度は、式: $\Sigma(\text{程度別発病数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$ を用いて算出した。

試験3:展着剤加用の効果の検討

2014年に、「日南1号」(22年生)を用いて試験を実施した。1区1樹3反復とした。マンゼブ水和剤(600倍)に毎回パラフィン展着剤(1000倍)を加用して4回散布、マンゼブ水和剤(600倍)の4回散布の内、最終散布を除く3回についてパラフィン展着剤(1000倍)を加用して散布、マンゼブ水和剤(600倍)のみの4回散布、無散布の4区とした。散布は6月2日、同25日、7月28日、8月25日に行い、3回加用区では、8月25日以外の散布時に展着剤を加用した。10月14日に1樹あたり50果の発病を試験2と同じ基準で調査した。防除価は、式: $100 - \text{処理区の発病度} = \text{無処理区の発病度} \times 100$ で算出した。商品価値を損なう被害に相当する発病果の発生状況を示すため、指数3以上の発病果率も算出した(吉田ら, 2011)。

試験4:秋季における散布薬剤の効果の検討

2014年に、「興津早生」(19年生)を用いて試験を実施した。1区1樹3反復とした。クレソキシムメチル水和剤(2000倍)、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤(2000倍)、ピリベンカルブ水和剤(2000倍)、マンゼブ水和剤(400倍、600倍)、パラフィン展着剤(1000倍)を加用したマンゼブ水和剤(400倍、600倍)、無散布の8区とし、9月22日に散布を行った。無散布区を含む全樹に対し、8月までは殺菌剤および殺虫剤の散布を行った。すなわち、6月2日にマンゼブ水和剤(600倍)、アセタミプリド水溶剤(3000倍)、同23日にマンゼブ水和剤(600倍)、マシン油乳剤(200倍)、DMTP乳剤(1500倍)、7月18日と8月13日にマンゼブ水和剤(600倍)とした。

散布時の調査は9月25日に行った。感染と発病には適温の25℃前後でも2~3日程度要することから(本間・山田, 1970)、9月25日の時点での発病には同22日の散布の影響はほとんどないとみなし、調査結果は散布前の発病の程度を示しているものとした。効果判定のための調査は、10月30日に行った。いずれの調査も、1樹あたり50果について試験2と同じ基準で行った。また、発病果率、指数3以上の発病果率、発病度を算出した。

試験 5: ほ場における防除体系の実証

2016年に、‘興津早生’（21年生）を用いて試験を実施した。ジチアノン水和剤（1000倍）1回散布の後マンゼブ水和剤（600倍）を9月まで複数回散布（以下、①区）、ジチアノン水和剤（1500倍）1回散布の後マンゼブ水和剤（600倍）を9月まで複数回散布（②区）、マンゼブ水和剤（600倍）を複数回散布の後クレソキシムメチル水和剤（2000倍）1回散布（③区）、マンゼブ水和剤（600倍）のみを複数回散布（慣行、④区）、無散布の5区とした。③区のみ1区1樹2反復、その他の区は1区1樹3反復とした。①～④区では、1回目の散布を5月20日に行った後、1か月または積算降水量200～250mmで次回散布（和歌山県農林水産部、2015）を行うとともに、各薬剤の登録上の使用回数に従って散布を行った。その結果、2回目以降の散布日は4回散布の場合は6月27日、7月25日、8月26日、5回散布の場合は6月27日、7月25日、8月26日、9月16日となった。発病の調査は、7月21日、8月12日、9月18日、10月6日、11月7日に1樹あたり50果（満たない場合は全果）について、試験2と同じ基準で行った。また、発病果率、指数3以上の発病果率、発病度を算出した。

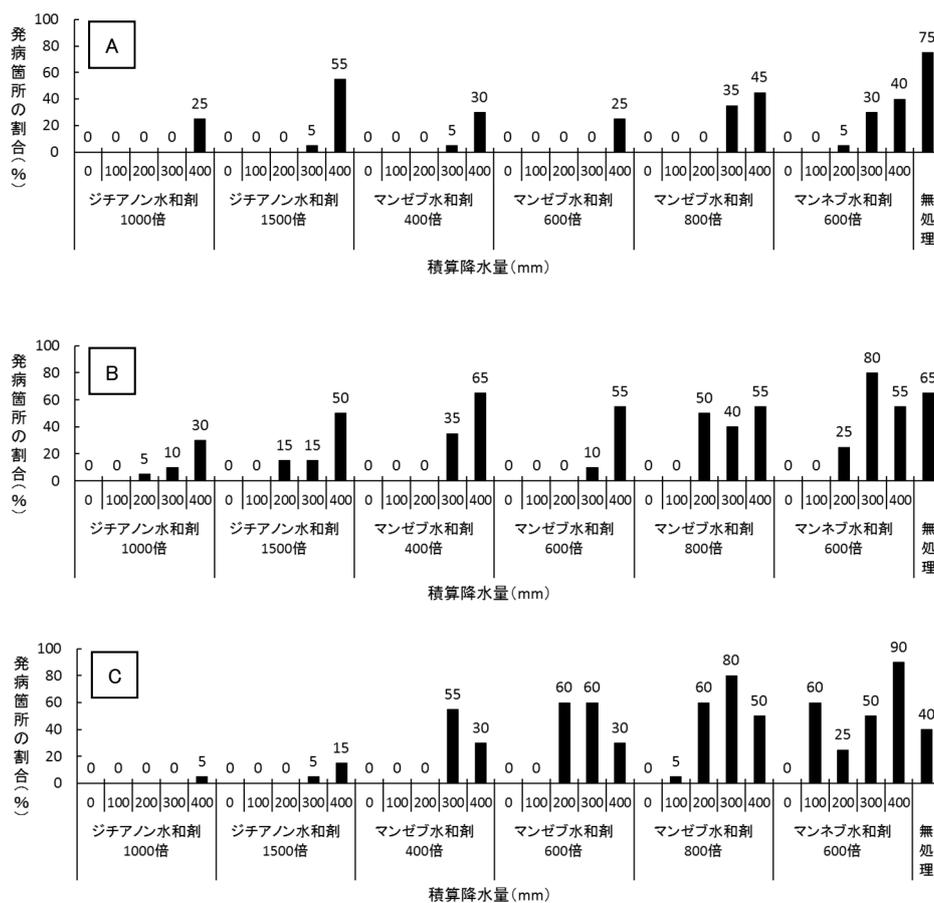
結果

試験 1: 人工降雨処理による各種薬剤の耐雨性検討

1) ジチアノン水和剤, マンゼブ水和剤, マンネブ水和剤について

試験 1-1 の反復 1 において（第 1 図 A）、ジチアノン水和剤の 1000 倍は積算降水量 400mm 以上、1500 倍は 300mm 以上、マンゼブ水和剤の 400 倍と 800 倍は 300mm 以上、600 倍は 400mm 以上、マンネブ水和剤の 600 倍は 200mm 以上で発病がみられた。反復 2 では（第 1 図 B）、ジチアノン水和剤の 1000 倍と 1500 倍は 200mm 以上、マンゼブ水和剤の 400 倍と 600 倍は 300mm 以上、800 倍は 200mm 以上、マンネブ水和剤の 600 倍は 200mm 以上で発病がみられた。反復 3 では（第 1 図 C）、ジチアノン水和剤の 1000 倍は 400mm 以上、1500 倍は 300mm 以上、マンゼブ水和剤の 400 倍は 300mm 以上、600 倍は 200mm 以上、800 倍は 100mm 以上、マンネブ水和剤の 600 倍は 100mm 以上で発病がみられた。無処理の発病箇所割合は、反復 1 が 75.0%、反復 2 が 65.0%、反復 3 が 40.0%であった（第 1 図）。

ジチアノン水和剤についての結果は、いずれの希釈倍数においても 3 回の反復間で異なった。また、マンゼブ水和剤の 600 倍の結果を挙げると、発病した降水量が、反復 1 は 400mm 以上、反復 2 は 300mm 以上、反復 3 は 200mm 以上となった。一方、マンゼブ水和剤の 400 倍は、反復 1～3 のいずれにおいても 300mm 以上での発病となった。発病の有無について反復間で結果が異なったことから、ジチアノン水和剤散布後の追加散布時期として最適な降水量の数値を確定することは困難であったが、1000 倍と 1500 倍のいずれも、慣行剤と同等か上回る降水量まで発病がなかった。



第1図 ジチアノン, マンゼブ, マンネブの各水和剤の耐雨性(試験1-1, 2015年)

A: 反復1(9月7日採取果実を供試)

B: 反復2(10月5日採取果実を供試)

C: 反復3(11月2日採取果実を供試)

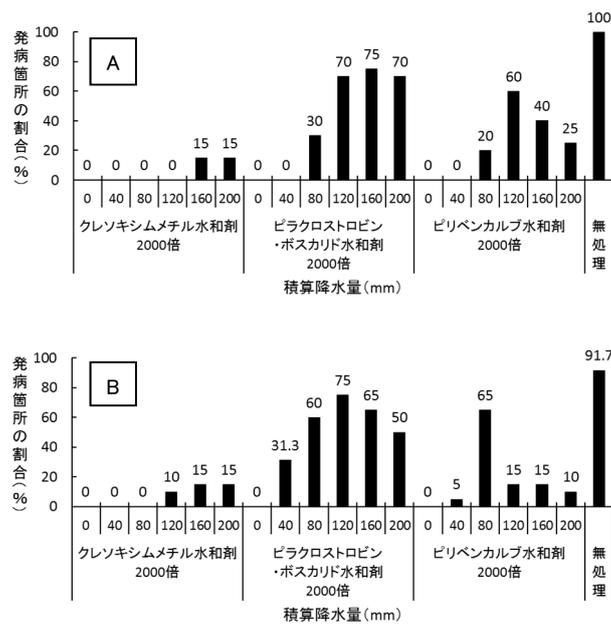
・薬剤を処理したカンキツ果実に対し人工降雨処理を実施

・所定の降水量毎に黒点病菌を接種(各処理4~5果, 4箇所/果)

2) クレソキシムメチル水和剤, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤, ピリベンカルブ水和剤について

試験1-2の反復1において(第2図A), クレソキシムメチル水和剤は積算降水量160mm以上, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤とピリベンカルブ水和剤は80mm以上で発病がみられた. 反復2では(第2図B), クレソキシムメチル水和剤は120mm以上, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤とピリベンカルブ水和剤は40mm以上で発病がみられた. 無処理の発病箇所の割合は, 反復1が100%, 反復2が91.7%であった(第2図).

いずれの薬剤においても, 発病した降水量が2回の反復間で異なったが, ピラクロストロビン・ボスカリドおよびピリベンカルブの両水和剤は, 両反復においてクレソキシムメチル水和剤より少ない降水量で発病した. 本結果により, これらの薬剤散布後の追加散布時期として降水量の数値を確定することは困難であったが, クレソキシムメチル水和剤の耐雨性が最も高いと思われた. また, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤とピリベンカルブ水和剤の差は小さかった.



第2図 クレスキシムメチル、ピラクロストロピン・ボスカリド、ピリベンカルブの各水和剤の耐雨性(試験1-2, 2015年)

A: 反復1(11月13日採取果実を供試)

B: 反復2(11月16日採取果実を供試)

・薬剤を処理したカンキツ果実に対し人工降雨処理を実施

・所定の降水量毎に黒点病菌を接種(各処理4~5果, 4箇所/果, 反復2の無処理のみ3果)

試験2: ほ場における各種薬剤散布後の残効性検討

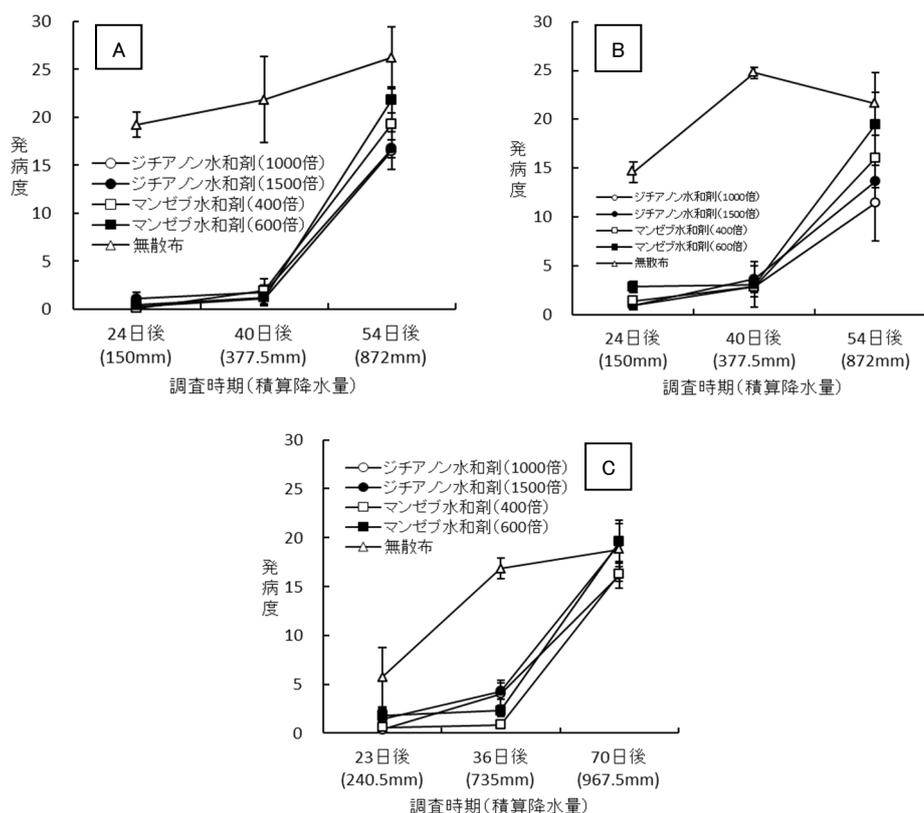
1) ジチアノン水和剤, マンゼブ水和剤について

試験2-1-1によると(第3図A), いずれの散布区においても, 24日後(150mm), 40日後(377.5mm)の発病は少なかった. 54日後(872mm)には発病が増加しており, 発病度が高い方から, マンゼブ水和剤(600倍), マンゼブ水和剤(400倍), ジチアノン水和剤(1000倍, 1500倍)の順であった. ジチアノン水和剤は希釈倍数による差がほとんどみられなかった. いずれの散布区においても, 40日後まで効果が持続していたと思われた.

試験2-1-2によると(第3図B), いずれの散布区においても, 24日後(150mm), 40日後(377.5mm)の発病は少なかった. 54日後(872mm)には発病が増加しており, 発病度が高い方から, マンゼブ水和剤(600倍), マンゼブ水和剤(400倍), ジチアノン水和剤(1500倍), ジチアノン水和剤(1000倍)の順であった. いずれの散布区においても, 40日後まで効果が持続していたと思われた.

試験2-1-3の散布区の発病は, 23日後(240.5mm)は少なく, 36日後(735mm)も少なかったが, 散布区間で差がみられ, 発病度が高い方から, ジチアノン水和剤(1000倍, 1500倍), マンゼブ水和剤(600倍), マンゼブ水和剤(400倍)の順であった(第3図C). ジチアノン水和剤は希釈倍数による差がほとんどみられなかった. 70日後(967.5mm)には無散布区と同程度の発病となり, 発病度が高い方から, マンゼブ水和剤(600倍), ジチアノン水和剤(1500倍), マンゼブ水和剤(400倍), ジチアノン水和剤(1000倍)の順であった. いずれの散布区においても, 36日後まで効果が持続していたと思われた.

無散布区の発病は, 試験2-1-1および2-1-2では, 24日後の時点で多かった(第3図A, B). 試験2-1-3では, 23日後の時点でやや多く, さらに36日後から増加した(第3図C). 以上より, ジチアノン水和剤は1000倍, 1500倍のいずれにおいても, 36~40日後まで効果が持続していたと考えられた.



第3図 ジチアノン、マンゼブの各水和剤散布後のカンキツ樹上果実における黒点病発病の推移(試験2-1, 2015年)

A: 試験2-1-1(20年生の‘興津早生’を各処理4樹供試, 5月27日に散布, 6月22日, 7月8, 21日に調査)

B: 試験2-1-2(6年生の‘せとか’を各処理3樹供試, 5月27日に散布, 6月22日, 7月8, 21日に調査)

C: 試験2-1-3(14年生の‘林温州’を各処理3樹供試, 6月15日に散布, 7月8, 21日, 8月24日に調査)

・図中には調査時期として散布後の経過日数と積算降水量を表示

・1樹あたり50果(満たない場合は全果)または30果(満たない場合は全果)を調査

・程度別の指数は, 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), とした

・発病度は式: $\sum(\text{程度別発病果数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$ で算出

・エラーバーは標準誤差

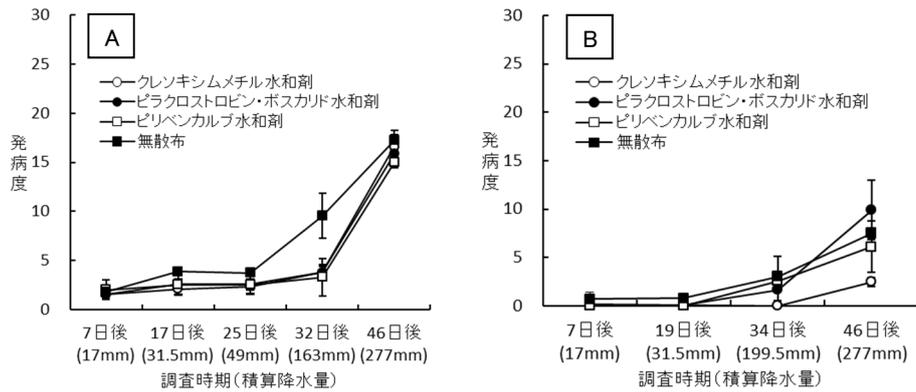
2) クレソキシムメチル水和剤, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤, ピリベンカルブ水和剤について

試験2-2-1の散布区の発病度は, 32日後(163mm)までは低く, 46日後(277mm)には15.0~16.6と高くなった(第4図A). いずれの散布区においても, 32日後まで効果が持続していたと思われる。

試験2-2-2の散布区の発病度は, 34日後(49mm)まで低かった。クレソキシムメチル水和剤のみ34日後も0であった。46日後(277mm)には, 2.5であったクレソキシムメチル水和剤を除き, 6.1~9.9と高くなった(第4図B). いずれの散布区においても, 34日後までおおむね効果が持続していたと思われる。

試験2-2-1の無散布区の発病は25日後までは比較的少なく推移し, 32日後から増加した(第4図A).

試験2-2-2の無散布区の発病は19日後まで少なく推移し, 34日後から増加傾向となったが, 46日後においても発病度は7.5と, 発病は少なかった(第4図B).



第4図 クレソキシムメチル、ピラクロストロビン・ボスカリド、ピリベンカルブの各水和剤散布後のカンキツ樹上果実における黒点病発病の推移(試験2-2, 2016年)

- A: 試験2-2-1(24年生の‘日南1号’を各処理4樹供試, 5月20日に散布, 5月27日, 6月6, 14, 21日, 7月5日に調査)
- B: 試験2-2-2(15年生の‘林温州’を各処理3樹供試, 5月20日に散布, 5月27日, 6月8, 23日, 7月5日に調査)
- ・図中には調査時期として散布後の経過日数と積算降水量を表示
- ・1樹あたり100果を調査(試験2-2-1の7月5日のみ50果)
- ・程度別の指数は, 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), とした
- ・発病度は式: $\sum(\text{程度別発病果数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$ で算出
- ・エラーバーは標準誤差

試験3:展着剤加用の効果の検討

マンゼブ水和剤4回散布にパラフィン展着剤を4回とも加用した区の発病果率は96.0%, 指数3以上の発病果率は2.7%, 発病度は14.5(防除価81.6), 3回目まで加用した区は98.7%, 4.7%, 15.4(80.4), マンゼブ水和剤単用区は98.0%, 6.7%, 16.3(79.3), 無散布区は100%, 100%, 78.9であった(第1表). 4回加用区の発病の程度が無散布区と比較してやや軽微な傾向であったが, 散布区間の差は小さかった.

第1表 パラフィン展着剤加用マンゼブ水和剤散布^{z)}によるカンキツ黒点病の防除効果(試験3)^{y)}

試験区	調査果数	程度別発病果数 ^{x)}					発病果率(%)	指数3 ^{y)} 以上の発病果率(%)	発病度 ^{w)}	防除価 ^{v)}
		0	1	3	5	7				
マンゼブ水和剤(600倍)4回	50	4	45	1	0	0	92.0	2.0	13.7	
+パラフィン展着剤(1000倍)4回	50	2	46	2	0	0	96.0	4.0	14.9	
	50	0	49	1	0	0	100	2.0	14.9	
	150	6	140	4	0	0	96.0	2.7	14.5	81.6
マンゼブ水和剤(600倍)4回	50	0	48	2	0	0	100	4.0	15.4	
+パラフィン展着剤(1000倍)3回 ^{u)}	50	2	45	3	0	0	96.0	6.0	15.4	
	50	0	48	2	0	0	100	4.0	15.4	
	150	2	141	7	0	0	98.7	4.7	15.4	80.4
マンゼブ水和剤(600倍)4回	50	3	44	2	1	0	94.0	6.0	15.7	
	50	0	47	3	0	0	100	6.0	16.0	
	50	0	46	3	1	0	100	8.0	17.1	
	150	3	137	8	2	0	98.0	6.7	16.3	79.3
無散布	50	0	0	13	17	20	100	100	75.4	
	50	0	0	10	22	18	100	100	76.0	
	50	0	0	4	18	28	100	100	85.1	
	150	0	0	27	57	66	100	100	78.9	

z) 散布日: 2014年6月2日, 6月25日, 7月28日, 8月25日

y) 調査日: 10月14日

試験期間中の降水量: 1154.5mm(6月2日~10月14日)

x) 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)

w) 発病度 = $\sum(\text{程度別発病果数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$

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

u) 8月25日以外の散布の際に加用

試験4: 秋季における散布薬剤の効果の検討

散布時調査を行った9月25日の全区において、発病果率は0~8.0%、指数3以上の発病果率は0%、発病度は0~1.1と、わずかな発病であった(第2表)。無散布区ではその後に発病が著しく増加し、10月30日の調査では、発病果率は78.0%、指数3以上の発病果率は20.7%、発病度は18.0であった。本試験における黒点病の発生条件は、発病度から「中」と判断された(農林水産省生産局植物防疫課, 2001)。

10月30日の各散布区の発病度は、クレソキシムメチル水和剤は7.5、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤は4.0、ピリベンカルブ水和剤は3.7、マンゼブ水和剤(400倍)は5.5、マンゼブ水和剤(600倍)は10.9、パラフィン展着剤加用マンゼブ水和剤(400倍)は5.9、パラフィン展着剤加用マンゼブ水和剤(600倍)は7.0と、いずれの処理も効果が高かった。600倍のマンゼブ水和剤を散布した場合の発病が他の薬剤と比較してやや多い結果となったが、これは、散布前の時点で一部の供試樹において既に発病が多い傾向であったことが影響したと考えられた。指数3以上の発病果率で評価を行うと、いずれの散布区においても、出荷できない果実は無散布区と比較して著しく少なかった。

パラフィン展着剤について加用区と単用区で比較した場合は、発病の差が小さかった。

第2表 秋季²⁾に散布した各種薬剤によるカンキツ黒点病の防除効果(試験4)^{y)}

試験区	9月25日(散布時)				10月30日			
	調査果数	発病果率(%)	指数3 ³⁾ 以上の発病果率(%)	発病度 ^{w)}	調査果数	発病果率(%)	指数3 ³⁾ 以上の発病果率(%)	発病度 ^{w)}
クレソキシムメチル水和剤(2000倍)	50	0	0	0	50	42.0	4.0	7.1
	50	0	0	0	50	84.0	0	12.0
	50	0	0	0	50	24.0	0	3.4
	150	0	0	0	150	50.0	1.3	7.5
ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤(2000倍)	50	0	0	0	50	34.0	2.0	5.4
	50	2.0	0	0.3	50	14.0	0	2.0
	50	0	0	0	50	28.0	2.0	4.6
	150	0.7	0	0.1	150	25.3	1.3	4.0
ピリベンカルブ水和剤(2000倍)	50	6.0	0	0.9	50	32.0	2.0	5.1
	50	0	0	0	50	24.0	2.0	4.0
	50	0	0	0	50	14.0	0	2.0
	150	2.0	0	0.3	150	23.3	1.3	3.7
マンゼブ水和剤(400倍)	50	0	0	0	50	42.0	0	6.0
	50	2.0	0	0.3	50	40.0	2.0	6.3
	50	0	0	0	50	30.0	0	4.3
	150	0.7	0	0.1	150	37.3	0.7	5.5
マンゼブ水和剤(600倍)	50	2.0	0	0.3	50	70.0	6.0	11.7
	50	8.0	0	1.1	50	40.0	6.0	7.4
	50	14.0	0	2.0	50	74.0	10.0	13.4
	150	8.0	0	1.1	150	61.3	7.3	10.9
マンゼブ水和剤(400倍) +パラフィン展着剤(1000倍)	50	2.0	0	0.3	50	24.0	0	3.4
	50	0	0	0	50	68.0	6.0	11.4
	50	4.0	0	0.6	50	20.0	0	2.9
	150	2.0	0	0.3	150	37.3	2.0	5.9
マンゼブ水和剤(600倍) +パラフィン展着剤(1000倍)	50	4.0	0	0.6	50	32.0	0	4.6
	50	4.0	0	0.6	50	40.0	8.0	8.0
	50	2.0	0	0.3	50	50.0	4.0	8.3
	150	3.3	0	0.5	150	40.7	4.0	7.0
無散布 ※8月までは散布 ²⁾	50	2.0	0	0.3	50	66.0	10.0	12.9
	50	8.0	0	1.1	50	90.0	30.0	23.1
	50	12.0	0	1.7	50	78.0	22.0	18.0
	150	7.3	0	1.0	150	78.0	20.7	18.0

2) 散布日: 2014年9月22日

8月までの散布体系: マンゼブ水和剤(600倍)+アセタミプリド水溶剤(3000倍) 6月2日
マンゼブ水和剤(600倍)+マシン油乳剤(200倍)+DMTP乳剤(1500倍) 6月23日
マンゼブ水和剤(600倍) 7月18日
マンゼブ水和剤(600倍) 8月13日

y) 調査日: 9月25日, 10月30日

試験期間中の降水量: 784.5mm(6月2日~8月12日), 192.0mm(8月13日~9月21日), 200.5mm(9月22日~10月30日)

x) 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)

w) 発病度 = $\sum(\text{程度別発病果数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$

試験5: ほ場における防除体系の実証

2016年の7～8月の降水量は平年と比べて少ない傾向で推移し、7月25日から8月26日までの間の降水量は7.5mm（降雨日数3日）と少なかった。一方、9月16日から10月6日の間は267.5mmと多く（第3表）、特に9月16～20日の降水量は188.0mmであった。マンゼブ水和剤の散布回数は4回となり、①～③区は計5回、④区は計4回の散布となった（第3表）。

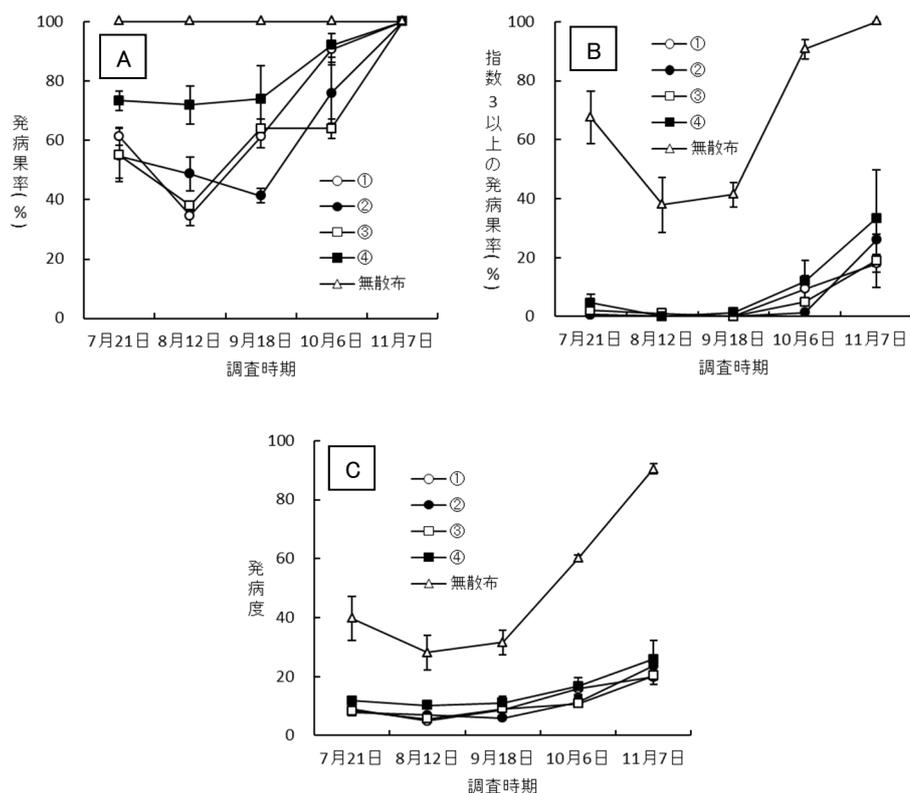
第3表 カンキツ黒点病の体系防除試験における薬剤散布月日、調査月日および期間中の降水量（試験5、2016年）

試験区	薬剤散布月日、調査月日 ²⁾ および降水量(mm)						
	5月20日	6月27日	7月25日	8月26日	9月16日	10月6日	11月7日
① ジチアノン水和剤(1000倍)1回 マンゼブ水和剤(600倍)4回 (計5回)	ジチアノン 213.0	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔
② ジチアノン水和剤(1500倍)1回 マンゼブ水和剤(600倍)4回 (計5回)	ジチアノン 213.0	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔
③ マンゼブ水和剤(600倍)4回 クレソキシムメチル水和剤(2000倍)1回 (計5回)	マンゼブ 213.0	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	クレソキシムメチル ↔	調査 ↔
④ マンゼブ水和剤(600倍)4回 (計4回)	マンゼブ 213.0	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	マンゼブ ↔	↔	↔
無散布				77.5		428.5	121.0

2) この他、7月21日、8月12日、9月18日にも調査を行った

無散布区の発病果率は、7月21日の時点で100%であった（第5図A）。指数3以上の発病果率は、7月21日に67.5%、8月12日に37.9%、9月18日に41.3%、10月6日に90.7%、11月7日に100%であった（第5図B）。発病度は、7月21日に39.8、8月12日に28.2、9月18日に31.6、10月6日に60.2、11月7日に90.5であり（第5図C）、本試験における黒点病の発生条件は「甚」と判断された（農林水産省生産局植物防疫課、2001）。

7月21日から9月18日までの発病果率は④区が最も高く、各区における樹間のばらつきもあったが、①～④のいずれの散布区も9月18日まで増加傾向はなかった。9月18日から10月6日の間に、9月にクレソキシムメチル水和剤を散布した③区を除いて発病果率が高まった。11月17日には、①～④の全散布区で100%となった（第5図A）。①～④区における最終散布日である9月16日から11月7日までの降水量が388.5mmであり、薬剤の効果が低下したところに感染が拡大した可能性があった。指数3以上の発病果率で比較すると、9月16日から11月7日の間にいずれの散布区でも高まる中、①、④区の増加が比較的緩やかであった（第5図B）。発病度では、①～④区間の差は小さかった（第5図C）。



第5図 ジチアノン水和剤、クレソキシムメチル水和剤を組み入れた体系防除試験におけるカンキツ黒点病発病の推移(試験5, 2016年)

A: 発病果率, B: 指数3以上の発病果率, C: 発病度

- ・①: ジチアノン水和剤(1000倍)1回, マンゼブ水和剤(600倍)4回, ②: ジチアノン水和剤(1500倍)1回, マンゼブ水和剤(600倍)4回,
- ・③: マンゼブ水和剤(600倍)4回, クレソキシムメチル水和剤(2000倍)1回, ④: マンゼブ水和剤(600倍)4回
- ・各処理3樹(③区のみ2樹), 1樹あたり50果(満たない場合は全果)を調査
- ・薬剤散布時期および期間中の降水量は第3表として掲載
- ・程度別の指数は, 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), とした
- ・発病度は式: $\sum(\text{程度別発病果数} \times \text{指数}) \times 100 \div (\text{調査数} \times 7)$ で算出
- ・エラーバーは標準誤差

考察

カンキツ黒点病の防除対策において薬剤散布は重要な位置を占めているが, その効果を十分に発揮させるためには, 使用する薬剤の特性を把握しておく必要がある。現在のところ主に使用されているのはマンゼブ水和剤またはマンネブ水和剤であり, これらの薬剤の効果に関しては多数の知見が蓄積されていることから(井上・芹沢, 1987; 田代ら, 2003; 山本, 1991), 和歌山県では追加散布時期の目安を示している(和歌山県農林水産部, 2015)。マンゼブ水和剤に関しては, 成分中のマンガンを指標として果実上の付着量を簡易に推定する技術も開発されている(庄司・田代, 2014)。しかしながら, これら以外の薬剤についての知見は非常に少ないため, 本研究で実用性の検討を実施した。

試験1では, マンゼブ水和剤, マンネブ水和剤以外の薬剤として, 黒点病に登録のあるジチアノン水和剤, クレソキシムメチル水和剤, ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤, ピリベンカルブ水和剤の耐雨性を人工降雨処理後の病原菌接種により検討した。試験1-1の結果から, 耐雨性はマンゼブ水和剤

の400倍がやや高く、続いてジチアノン水和剤の1000倍、マンゼブ水和剤の600倍、ジチアノン水和剤の1500倍の順で、これらと比較してマンゼブ水和剤の800倍とマンネブ水和剤の600倍はやや低いという傾向はみられたが、反復間でばらつきが大きく、特に上位4処理の間の差は評価が困難であった。このため、ジチアノン水和剤散布後の追加散布時期の降水量を示すことはできなかった。しかし、ジチアノン水和剤は1000倍と1500倍のいずれも、慣行剤と同等か上回る降水量まで発病がなかったことから、慣行基準の積算降水量200~250mmが適用できる可能性が示唆された。

クレソキシムメチル、ピラクロストロビン・ボスカリド、ピリベンカルブの各水和剤については、40mm刻みで200mmまで検討した。いずれの薬剤においても、発病した降水量が2回の反復で異なったが、クレソキシムメチル水和剤はピラクロストロビン・ボスカリド、ピリベンカルブの両水和剤と比較して耐雨性が高い可能性が示唆された。

以上の試験でみられた効果の差について、ほ場での再現性も検証する必要があったことから、試験2を実施した。すなわち、幼果期に各薬剤を1回散布し、その後の発病状況を定期的に観察して、発病が抑制された状態で推移する期間を検討した。ジチアノン水和剤の場合、1000倍、1500倍ともに40日後でも防除効果が維持され、1か月間の残効は期待できると考えられた。また、40日後の時点での積算降水量は250mmより100mm以上多かった。ジチアノン水和剤はマンゼブ水和剤やマンネブ水和剤と同じく保護殺菌剤に分類されるが、このような薬剤は散布されて葉に付着した分も降雨時に流出しながら効果を示す(山田ら, 1966)。このことを考慮すると、実際のほ場では、人工降雨試験の結果を超える降水量まで残効が維持されることが多いと考えられた。また、病原菌の感染には一定の濡れ時間が必要となるが(本間・山田, 1970; 倉本・山田, 1975)、感染に好適な状態がほ場の樹冠内で常に維持されるわけではなく、高濃度の菌液を人工的に接種するような試験時よりも、果実に付着する菌量が少ない条件となることも想定されるので、発病が少なくなり得る。これらの知見も踏まえると、ジチアノン水和剤散布後の次の薬剤散布時期は、1000倍、1500倍のいずれにおいても、慣行と同じく前回散布後1か月または積算降水量200~250mmと設定して問題がないと思われた。

黒点病は、条件によっては11月上旬まで発病する可能性も指摘されている(佐々木, 1965; 山本, 1991)。一方、マンゼブ水和剤やマンネブ水和剤は登録上、収穫前日数が比較的長く設定されていることから、収穫時期近くの追加散布は困難であり、秋季に多雨条件となった年には対応に苦慮することがある。この場合に使用可能な薬剤の候補として、クレソキシムメチル、ピラクロストロビン・ボスカリド、ピリベンカルブの各水和剤が挙げられる。試験2-2の結果によると、クレソキシムメチル水和剤の効果がピラクロストロビン・ボスカリド水和剤およびピリベンカルブ水和剤と比較して高い傾向であったが、いずれの薬剤でも約30日後まで発病が増加せず、実用上問題となるような効果の差は認められなかった。これらの薬剤は保護殺菌剤ではないが、前述のように、ほ場試験では接種条件下よりも発病が少ない条件となった可能性が考えられた。このため、収穫予定まで残り1か月に満たないような時期に追加的に使用する場合には実用的な防除効果が期待できると思われた。

固着剤に分類されるパラフィン展着剤を殺菌剤の銅水和剤および有機銅水和剤に加用すると果樹病害の防除効果が向上するとの報告(田代, 2009)や、マンゼブ水和剤にパラフィン展着剤を加用すると付着薬液重量が単用と比較して多くなるとの報告(田代, 2009)があった。本研究では、試験3において、マンゼブ水和剤の4回散布に毎回パラフィン展着剤を加用すると単用と比較して発病の程度がやや軽くなる傾向があったものの、マンゼブ水和剤単用でも十分な防除効果を示したことから、実用上の明確な

差は認められなかった。

試験4では、収穫時期近くの秋季に散布を行った場合の各種薬剤の防除効果を検討した。クレソキシムメチル、ピラクロストロビン・ボスカリド、ピリベンカルブの各水和剤を散布した場合は、いずれもマンゼブ水和剤（400倍）を散布した場合とおおむね同程度の発病であった。また、これら3剤の間に明確な差はなかった。これらの結果と前述の試験2-2の結果を考慮すると、いずれも秋季の散布薬剤として有効であると思われた。さらに、マンゼブ水和剤にパラフィン展着剤を加用した場合の効果も検討したが、単用とほぼ同等の発病程度で、秋季の散布時の加用による効果向上は認められなかった。

試験5では、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の実用性を検討した。まず、1回目の散布にジチアノン水和剤を使用し、以後は1か月または積算降水量200～250mmで散布という基準で試験を実施した。ジチアノン水和剤はそうか病の防除対策として4～6月頃に使用することがある一方、夏季高温時の散布やマシン油乳剤との近接散布で果皮への薬害発生の可能性が指摘されている（田代・増井，2014）。このような実情を考慮し、1回目の散布に使用することとした。1回目にジチアノン水和剤を使用したことにより、マンゼブ水和剤の4回と併せて計5回の散布をすることができた。また、クレソキシムメチル水和剤はマンゼブ水和剤の4回散布後に散布した。2016年は9月に雨が多く（344.5mm、2006～2015年の平均212.6mm）、甚発生条件下の試験となったが、マンゼブ水和剤のみの4回散布でもおおむね十分な防除効果が示された。このため、4回散布と5回散布の発病の差は明確ではなかったが、秋季の発病の増加が緩やかとなり、商品価値を失う程度の被害（指数3以上の発病）が減少する事例もあった。また、計4回散布後の9月の時点で比較すると、ジチアノン水和剤1回とマンゼブ水和剤3回の4回散布の場合、ジチアノン水和剤の希釈倍数に関わらず、マンゼブ水和剤のみ4回散布の発病とほぼ同等であり、1000倍または1500倍のいずれにおいてもマンゼブ水和剤やマンネブ水和剤の場合と同じ慣行基準で使用できることが裏付けられた。

試験場内における近年の5～10月の降水量をみると、2011年の1418.5mmや2015年の1486.0mmのような1400mmを超える年もあった（2006～2015年の平均1034.8mm）。このような多雨傾向の年には7回以上の散布が必要となり得る。ジチアノン水和剤を1回散布しておくことで、マンゼブ水和剤の4回、マンネブ水和剤の2回と併せて計7回の散布が可能になり、収穫時期近くの場合にはクレソキシムメチル水和剤等を散布することにより、被害を抑えるための対応が可能であると考えられた。

摘 要

1. ジチアノン水和剤は1000倍、1500倍のいずれについても、黒点病防除における薬剤散布時期の慣行基準である「前回散布後から1か月または積算降水量200～250mmに達した時点で追加散布」が適用できる可能性が示された。
2. クレソキシムメチル水和剤は、ピラクロストロビン・ボスカリド水和剤およびピリベンカルブ水和剤と比較して効果が高いことが示唆されたが、補助的に使用する場合にはいずれの薬剤も実用的な効果が期待できると思われ、秋季の防除に使用する場合にはいずれも有効であると思われた。
3. マンゼブ水和剤にパラフィン展着剤を加用すると防除効果が向上する傾向もみられたが、マンゼブ水和剤単用の効果も高かったこともあり、その差は小さかった。
4. 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体系防除

試験を2016年に実施したところ、甚発生条件下でいずれの散布区もおおむね十分な効果を示した。

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

- 本間保男・山田峻一. 1970. カンキツ黒点病の感染ならびに発病に関する要因. 園試報. B9: 85-64.
- 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. 2014. ウンシュウミカンにおけるジチアノン水和剤の使用による黒点病の防除回数削減. 関西病虫研報. 56: 85-87.
- 木本秋津・内田太郎・水山高久・小杉賢一朗・堤 大三. 2003. 田上産地の裸地斜面における表面流の発生と土砂移動に関する原位置人工降雨実験. 砂防学会誌. 55(6): 52-58.
- 倉本 猛・山田峻一. 1975. カンキツ黒点病の感染におよぼす環境条件の影響—とくにぬれの時間について—. 果試報. B2: 75-86.
- Mondal, S. N., Vicent, A., Reis, R. F. and Timmer, L. W. 2007. Saprophytic colonization of citrus twigs by *Diaporthe citri* and factors affecting pycnidial production and conidial survival. Plant disease. 91(4): 387-392.
- 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～. P. 137-158.
- 佐々木篤. 1965. 温州ミカン果実における黒点病の後期感染. 日植病報. 30(5): 246-252.
- 庄司和之・田代暢也. 2014. マンガンを指標としたマンゼブ簡易分析法の実用性評価—短期間の人工降雨条件下における付着量の推移—. 農薬学要旨. 39: 101.
- 田代暢也. 2009. 果樹における展着剤の活用. 植物防疫. 63(4): 212-217.
- 田代暢也・井手洋一・衛藤友紀・井下美加乃・古賀孝明. 2003. 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.
- 田代暢也・増井伸一. 2014. 防除ハンドブック カンキツの病虫害. P. 37. 全農協. 東京.
- 牛山欽司. 1973. 温州ミカンの黒点病に関する研究 (第3報) 胞子の飛散と付着生存について. 神奈川園研報. 21: 39-46.
- 和歌山県農林水産部. 2015. 平成27年度農作物病虫害及び雑草防除指針. P. 90.
- 山田峻一・田中寛康・小泉銘冊・山本省二. 1966. カンキツ病害に対する殺菌剤散布方法の合理化ならびに省力化に関する研究 I 殺菌剤有効成分の redistribution とその病害防除効果. 園試報. B5: 75-86.
- 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. 和歌山果園試特研報. 1. P. 3-41.
- 吉田麻里子・山田一字・森山美穂・杉浦直幸・榎 英雄. 2011. ウンシュウ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.