

## カンキツ果実の陽光面に発生する黒点病の発生要因と対策

世良 友香・村本 和之

Studies on Citrus Melanose Occurring Specifically on the Fruit Skin Exposed to Direct Sunlight: Infection Timing, Factors, and Mitigation Measures

SERA Tomoka and MURAMOTO Kazuyuki

**Abstract:** In this study, we investigated the infection timing, factors, and mitigation measures for citrus melanose, which specifically affects the fruit skin exposed to direct sunlight. First, to identify the infection timing, fruits on trees were divided into several experimental plots and placed in paper bags to prevent infection. The paper bags were removed at different time periods to identify the fruits affected by melanose. Our results first suggested that the main infection period is potentially in September. Second, when inoculated with the conidia suspension, the fruit surface developed more severe symptoms in the area exposed to sunlight compared to the shaded area, suggesting that fruit skin exposed to sunlight is more sensitive to the pathogen. Finally, the amount of Manzeb run-off was investigated and we observed that the run-off rate of Manzeb was higher in the sunlight exposed area than in the shaded area. Our results indicated that weakening of the fruit skin and pesticide run-off may be responsible for melanose development on fruits. Further, applying Manzeb on the affected area during August–September prevented melanose on the sunlight exposed area to some extent; applying calcium carbonate in August also reduced melanose occurrence. These results suggest that application of Manzeb until autumn and calcium carbonate in summer may effectively control citrus melanose on the sunlight exposed area.

**Key Words:** citrus melanose, sunlight, pesticide run-off, Manzeb, calcium carbonate

**キーワード:** カンキツ黒点病、日光、薬剤の流亡、マンゼブ水和剤、炭酸カルシウム水和剤

### 緒言

山口県周防大島町のカンキツ産地において、強い日射の当たる樹冠外周部の果実に、黒点病の多発が確認された(第1図)。本症状は、9月以降の果実において認められ、直射日光の当たる陽光面に集中して発生していた。

一般的に、黒点病の病斑は感染時期によりその形態が異なる(佐々木, 1965)。8月までに感染するものは「初期感染型」とされ、比較的大型で病斑が盛り上がり、周囲に白い縁取りが認められる。一方、9月以降に感染するものは「後期感染型」とされ、病斑は比較的小型で表面は平滑、かつ白い縁取りはないが、着色後も病斑周囲に緑色が残るといった特徴がある。

今回周防大島町で確認された陽光面の病斑は、後期感染型のような周縁部に緑斑を伴う小黒点もあれば、比較的大型の黒点も観察された。ただし、この大型の黒点に

は初期感染型に見られる白い縁取りや表面の盛り上がりはなく、平滑であるという特徴があったことから、初期型病斑とは区別されると考えられた。



第1図 陽光面の黒点病の症状  
品種：興津早生, 2013年

陽光面に特異的に発生する黒点症状については、山本ら（1967）による黒点病類似斑の報告や、松本ら（1980）による外成り果に発生する黒点病の報告がある。それらの報告では、発生する黒点は「比較的大きく、表面は隆起しており、爪ではぎ取れる」とあり、本県で発生している症状とは異なる。

陽光面に発生する黒点病（以下、「陽光面の黒点病」という。）は、カンキツ黒点病の慣行防除を行っている果実でも多発し、正果率の低下につながることから産地では大きな問題となっている。

そこで著者らは、被害果の軽減を目的として、発生実態と要因の解明および防除対策の検討を行い、いくつかの知見が得られたので報告する。

## 材料および方法

### 1 曝露試験による感染時期の検討

陽光面の黒点病の感染時期を明らかにするため、次の試験を実施した。山口県周防大島町の柑きつ振興センター（以下、「センター」という。）内ほ場の「宮川早生」24年生を供試した。2016年7月10日まで慣行防除を行った後、8月9日に果実に果実袋をかけ、時期別に袋をはずし、その期間のみ外環境に曝露して黒点病の感染を促した。試験区として、袋の除去期間の異なる次の7区を設けた。①全期間被袋区は、8月9日～10月17日の間被袋し、②8月中旬区は8月9日～8月19日、③8月下旬区は8月19日～8月31日、④9月上旬区は8月31日～9月9日、⑤9月中旬区は9月9日～9月20日、⑥9月下旬～10月中旬区は9月20日～10月17日の間袋を除去した。⑦全期間被袋なし区は、全期間袋をかけなかった。

10月15日に、収穫時の果実の上面と下面それぞれについて、第1表の発病指数に基づいて発病を調査した。得られた指数別発病果数から、以下の計算式により発病度を算出した。

$$\text{発病度} = \left\{ \frac{\sum (\text{発病指数} \times \text{該当発病果数})}{(7 \times \text{調査果数})} \right\} \times 100$$

なお、果実袋内で落果したものがあつたため、調査果実は1区1樹5～12果3反復となった。

同様の試験を、2017年にも実施した。センター内「日南1号」25年生を供試し、6月13日まで慣行防除を行った。8月1日に果実に果実袋をかけ、次の試験区のとおり時期別に袋を除去した。①全期間被袋区は、8月1日～10月2日の間被袋し、②8月前半区は8月1日

～8月15日、③8月後半区は8月15日～9月1日、④9月前半区は9月1日～9月15日、⑤9月後半区は9月15日～10月2日の間袋を除去した。⑥全期間被袋なし区は、全期間袋をかけなかった。10月13日に果実上面の発病を調査し、発病度を算出した。調査果実は1区1樹3～5果7反復とした。

第1表 発病指数

指数	症状
0	無 病斑がない
1	少 病斑が散見される
3	中 病斑が果面の1/4以下に分布する
5	多 病斑が果面の1/4～1/2に分布する
7	甚 病斑が果面の1/2以上に分布する

### 2 果実の陽光面と日陰面における黒点病の病徴と発病程度の違い

果実の陽光面と日陰面における黒点病の病徴と発病程度の違いを明らかにするため、同一果実の部位別に黒点病菌を接種した。カンキツの枝で形成させた黒点病の柄胞子を $2 \times 10^6$  spores/mLに調整した孢子懸濁液を接種試験に用いた。センター内「宮川早生」6年生を供試し、2016年9月2日に、樹冠上部に位置し横向きに着果した（果梗枝が地面と平行である）9果の赤道部について、直射日光の良く当たる果実上面から日陰の下面にかけて、連続して5か所に接種した。接種には、パッチテスト用テープ「パッチテスター トリイ（鳥居薬品株式会社）」を用い、5個のパッド（直径9mm）それぞれに孢子懸濁液を滴下し、付属のフィルムにより果実に3日間貼り付けた。10月17日に、接種部の観察および発病指数の調査を行った。

### 3 果実の陽光面と日陰面における農薬の付着量および流亡量の推移

果実の陽光面と日陰面における農薬の付着量および流亡量の推移を明らかにするため、1つの果実における陽光面と日陰面のマンゼブ付着量の違いを経時的に調査した。センター内「宮川早生」6年生を供試し、2016年7月19日まで慣行防除としてマンゼブ水和剤（600倍）を散布した。8月15日に再度マンゼブ水和剤（600倍）を散布した。散布直後（8月15日）、18日後（9月2日）、36日後（9月20日）の各日に、樹冠上部に位置し横向きに着果した（果梗枝が地面と平行である）10果を採取した。果実の上向き部分と下向

き部分に分かれるように軸の中心で2等分し、それぞれを分析試料とした。(株)エコプロ・リサーチに依頼し、GC/MS法によりジチオカルバメートの量を分析した(検出限界0.03 mg/kg)。

#### 4 防除試験

##### 1) マンゼブ水和剤の散布による陽光面の黒点病の防除効果

マンゼブ水和剤の陽光面の黒点病に対する防除効果を検討した。センター内「宮川早生」6年生を供試した。マンゼブ水和剤散布区は、2016年5月25日、6月23日、7月19日、8月15日にマンゼブ水和剤(600倍)を散布した。対照として設けた無処理区は生育期間中1回も防除を行わなかった。11月4日に、第1表の基準に基づき果実の陽光面と日陰面における発病を調査した。なお、試験は1区1樹30果6~9反復とした。

同様の試験を、2018年にも実施した。センター内「宮川早生」8年生を供試した。慣行防除として、2018年6月22日と8月14日にマンゼブ水和剤(600倍)を、5月30日と7月11日にマンゼブ水和剤(600倍)を全試験区に散布した。以降は、マンゼブ水和剤散布区には8月18日と9月14日にマンゼブ水和剤(600倍)を散布し、無処理区には散布しなかった。調査は11月5日に行った。なお、試験は1区1樹15~20果4反復とした。

##### 2) 炭酸カルシウム水和剤の散布が陽光面の黒点病の発生に及ぼす影響の検討

夏季における炭酸カルシウム水和剤(炭酸カルシウム95.0%)の散布は、果皮の日焼けを軽減する効果があることから、それに伴う陽光面の黒点病の抑制効果を検討した。センター内ポット栽培の「日南1号」15年生を供試した。2020年8月14日に、炭酸カルシウム水和剤(25倍)を散布した。対照として、炭酸カルシウム水和剤を散布しない無処理区を設けた。10月7日に、第1表の基準に基づき果実における陽光面の発病を調査した。なお、試験は1区1樹20~26果5反復とした。

ポット栽培の「宮川早生」15年生およびライシメーター栽培の「宮川早生」8年生を用い、上記と同様の試験を実施した。調査は10月27日に実施し、ポット栽培では1区1樹18~25果4反復、ライシメーター栽培では1区1樹20果6反復とした。

## 結果

### 1 曝露試験による感染時期の検討

2016年と2017年の結果をそれぞれ第2図および第3図に示す。

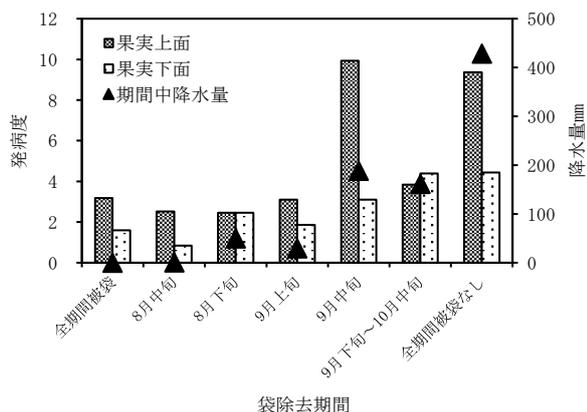
2016年においては、試験期間中(8月9日~10月17日)の累積降水量は428.5mmで、期間全体では平年比131%とやや多雨傾向であった。各試験区における果実上面の発病度と、果実袋を除去した期間の累積降水量はそれぞれ、全期間被袋区で3.2、0.0mm、8月中旬区で2.5、0.5mm、8月下旬区で2.5、49.5mm、9月上旬区で3.1、29.0mm、9月中旬区で9.9、188.0mm、9月下旬~10月中旬区で3.8、161.5mm、全期間被袋なし区で9.4、428.5mmであった。果実上面と下面で比較すると、いずれの試験区も上面の発病度が下面の発病度より大きいと同程度であった。中でも9月中旬区は、被袋をした試験区の中で最も発病度が高く、果実上面で9.9、下面で3.1であった。

2017年においては、果実上面のみを調査した。試験期間中(8月1日~10月2日)の累積降水量は399.0mmで、期間全体では平年比138%と前年同様やや多雨傾向であった。各試験区における果実上面の発病度と、果実袋を除去した期間の累積降水量は、全期間被袋区で4.6、0.0mm、8月前半区で8.0、59.0mm、8月後半区で7.1、44.0mm、9月前半区で17.1、79.0mm、9月後半区で14.8、217.0mm、全期間被袋なし区で21.6、399.0mmであった。9月前半区は、被袋をした試験区の中で最も発病度が高かった。

### 2 果実の陽光面と日陰面における黒点病の病徴と発病程度の違い

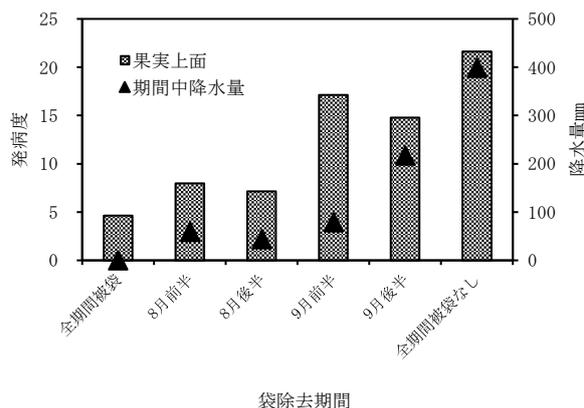
接種部位別の平均発病指数を第4図に示す。黒点病菌の接種部位における平均発病指数は、最も直射日光の当たると思われる果実の最上面において4.1と最も高かった。直射日光の当たりにくい下面に近づくほど発病指数は低く、最下面における平均発病指数は1.8であった。

接種部における病徴については、主に油胞間に黒点が発生していたが、油胞上に発生しているものもあった(第5図)。また、病斑のまわりに緑色が強く残る症状が認められた。



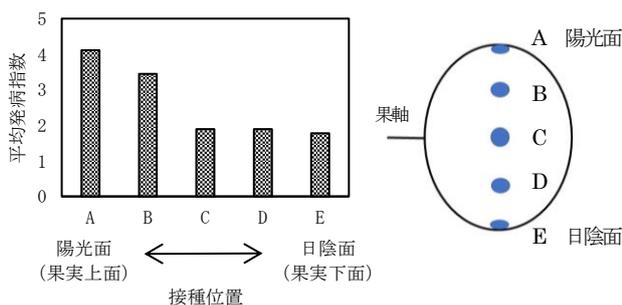
第2図 袋の除去時期と果実上面および下面における黒点病発病果率 (2016年)

品種: 宮川早生  
 袋の除去期間: ①全期間被袋区 8月9日~10月17日、②8月中旬区 8月9日~8月19日、③8月下旬区 8月19日~8月31日、④9月上旬区 8月31日~9月9日、⑤9月中旬区 9月9日~9月20日、⑥9月下旬~10月中旬区 9月20日~10月17日、⑦全期間被袋なし区 全期間被袋なし  
 調査: 10月15日



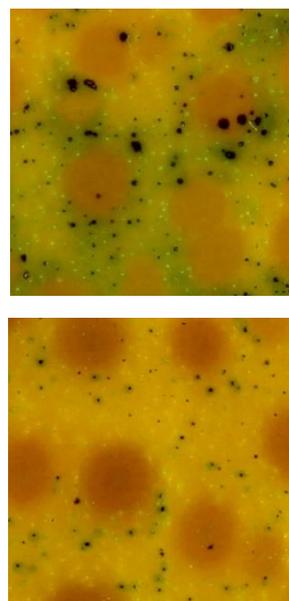
第3図 袋の除去時期と果実上面における黒点病発病果率 (2017年)

品種: 日南1号  
 袋の除去期間: ①全期間被袋区 8月1日~10月2日、②8月前半区 8月1日~8月15日、③8月後半区 8月15日~9月1日、④9月前半区 9月1日~9月15日、⑤9月後半区 9月15日~10月2日、⑥全期間被袋なし区 全期間被袋なし  
 調査: 10月13日



第4図 接種位置別の黒点病発生指数

品種: 宮川早生  
 接種菌:  $2 \times 10^6$  spores/mL 接種日: 2016年9月2日  
 調査: 10月17日



第5図 黒点病菌接種部位の病徴

上: 陽光面, 発病指数7  
 下: 日陰面, 発病指数3

### 3 果実の陽光面と日陰面における農薬の付着量および流亡量の推移

結果を第2表に示す。散布直後における陽光面のジチオカルバメート付着量は、陽光面では  $1.10 \text{ g/cm}^2$ 、日陰面では  $1.54 \text{ g/cm}^2$  であった。散布直後における陽光面と日陰面における付着量をそれぞれ 100%とした場合、散布後18日時点での残留割合は、日陰面で36.1%であるのに対し、陽光面では13.2%であった。さらに、散布36日後には、日陰面の残留割合27.1%に対して陽光面は4.5%であり、陽光面は日陰面に比べ農薬の流亡が早いことが明らかとなった。

第2表 マンゼブ水和剤の陽光面と日陰面における農薬付着量の経時的変化

位置		付着量		
		0日後	18日後	36日後
陽光面	付着量 ( $\mu\text{g/cm}^2$ )	1.10	0.15	0.05
	残留割合 (%)	100.0	13.2	4.5
日陰面	付着量 ( $\mu\text{g/cm}^2$ )	1.54	0.56	0.42
	残留割合 (%)	100.0	36.1	27.1
散布後の降水量 (mm)		0.0	50.0	267.0

品種: 宮川早生  
 2016年8月15日にマンゼブ水和剤 (600倍) を散布  
 果実の陽光面と日陰面を2分して、ジチオカルバメートの量を分析

#### 4 防除試験

##### 1) マンゼブ水和剤の散布による陽光面の黒点病の防除効果

2016年と2018年の結果をそれぞれ第6図および第7図に示す。発病指数3以上の果実は、病斑によって外観が劣り、商品性が低下する(吉田ら, 2011)ため、発病指数3以上を基準として発病果率を算出した。

2016年試験においては、陽光面における発病果率は、無処理区の97.9%に対し、マンゼブ水和剤散布区では23.6%であった。日陰面では、無処理区の73.2%に対し、マンゼブ水和剤散布区では5.8%であった。マンゼブ水和剤散布区は、陽光面と日陰面の両方で黒点病の発病果率が有意に低かった。

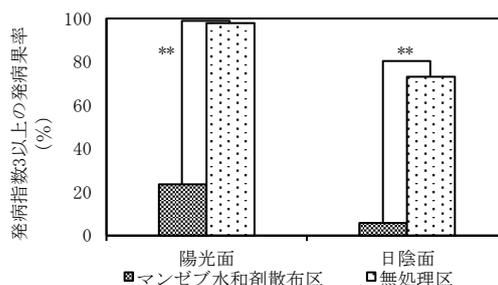
2018年試験においては、両試験区とも8月まで慣行防除を行ったため、2016年試験と比較して発病果率は低かった。陽光面における発病果率は、無処理区の41.3%に対し、マンゼブ水和剤散布区では10.0%となり、有意に発病を抑制した。日陰面の発病果率に有意な差は認められなかった。

##### 2) 炭酸カルシウム水和剤の散布が陽光面の黒点病の発生に及ぼす影響の検討

結果を第8図に示す。極早生品種である「日南1号」において、指数3以上の発病果率は、無処理区の43.3%に対し、炭酸カルシウム水和剤散布区では24.8%と有意に低かった。早生品種である「宮川早生」でも同様の傾向が得られ、無処理区と同剤散布区における指数3以上の発病果率は、ポット栽培ではそれぞれ53.2%と29.8%、ライシメーター栽培ではそれぞれ66.3%と43.8%であった。

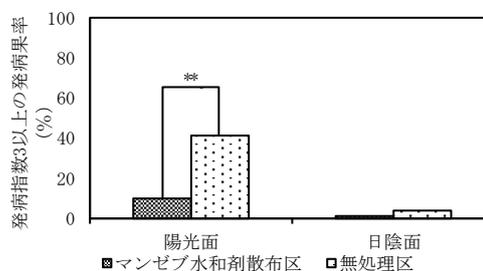
### 考 察

2か年行った曝露試験の結果、2016年では9月中旬区において、2017年では9月前半区(9月1日~9月15日)において陽光面の黒点病の発病度が大きく、全期間被袋なし区と同程度であった。特に、2016年の試験では、9月中旬区における陽光面の発病度は日陰面の約3倍あり、発病の差が顕著であった。以上の結果から、陽光面の黒点病の主な感染時期は、9月ごろであると考えられた。陽光面に特異的に発生する黒点症状について、山本ら(1967)の報告した黒点病類似斑の主な感染時期は6月下旬~7月上旬ごろであり、本報で調査した陽光面の黒点病とは異なると考えられた。ただし、調査を行った2か年ともに9月に多雨傾



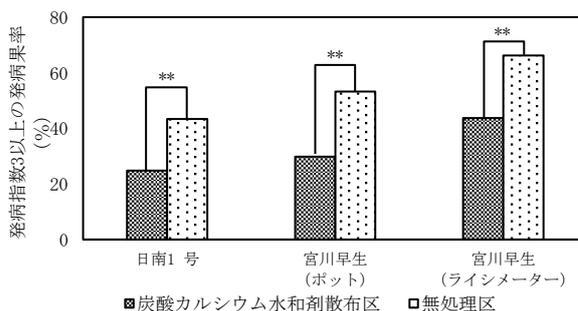
第6図 陽光面および日陰面に発生する黒点病に対するマンゼブ水和剤の防除効果(2016年)

品種: 宮川早生  
マンゼブ水和剤散布区: 2016年5月25日、6月23日、7月19日、8月15日にマンゼブ水和剤(600倍)を散布  
無処理区: 生育期間中黒点病の防除を行わなかった  
調査: 11月4日  
アスタリスクは、カイ2乗検定により有意差あり(p<0.01)



第7図 陽光面および日陰面に発生する黒点病に対するマンゼブ水和剤の防除効果(2018年)

品種: 宮川早生  
マンゼブ水和剤散布区: 2018年8月14日まで慣行防除を実施。その後、8月18日と9月14日にマンゼブ水和剤(600倍)を散布した  
無処理区: 2018年8月14日まで慣行防除を実施。その後、黒点病の防除を行わなかった  
調査: 11月5日  
アスタリスクは、カイ2乗検定により有意差あり(p<0.01)



第8図 炭酸カルシウム水和剤(25倍)の樹冠散布による陽光面の黒点病の軽減効果

品種: 日南1号、宮川早生  
炭酸カルシウム水和剤散布区: 2020年8月14日に炭酸カルシウム水和剤(25倍)を散布  
調査: 10月7日(日南1号)、10月27日(宮川早生)  
アスタリスクは、カイ2乗検定により有意差あり(p<0.01)

向であり、カンキツ黒点病の発生に影響を与える果面の濡れ時間が長くなり(本間・山田,1969)、発病が多くなった可能性がある。よって、感染時期の特定については、異なる気象条件下でさらなる検討が必要である。

9月における黒点病菌接種試験では、陽光面において発病が激しくなる傾向が認められた(第4図)。松本ら(1980)は、樹上での着果部位別に黒点病の発病を調査しており、8月上旬から中旬にかけて内成り果と外成り果の感受性の差が大きくなることを示した。また、果頂部(陽光面)の発病が果梗部(日陰面)より多いことも報告しており、このことは本報の内容と一致する。

農薬の付着量と流亡量の調査では、陽光面は日陰面よりマンゼブ水和剤の流亡が早いことが判明した。小野(1981)が行った各種殺菌剤の残効試験では、樹冠頂部や外周部において薬剤の流亡が早く、中心部では遅いことを明らかにした。また、マンゼブ水和剤に関しても、樹冠外周部の果実では、樹冠内部の果実よりも薬剤が早く流亡することが報告されている(井上・芹澤,1987)。さらに、井上・芹澤(1987)は、マンゼブ水和剤の散布後に樹冠部位別に果実に黒点病菌を接種し、樹冠外周部の果実において発病しやすい傾向を発見した。これは薬剤が高温、降雨、光等の環境要因で分解されるためである。このように、これまで行われてきた研究では、樹冠の着果部位によって発病の差があることは明らかにされていたが、本研究では、さらに、1個の果実においても、その陽光面と日陰面に付着したマンゼブの減少割合に差があることが判明し、陽光面において黒点が多発する一要因であると考えられた。

以上のことから、陽光面において黒点が多発する要因として、陽光面の果皮は黒点病菌に対する感受性が高くなっているという植物側の要因と、陽光面において農薬が流亡しやすいという残効の要因があると考えられる。

防除対策については、マンゼブ水和剤の陽光面の黒点病に対する防除効果を調査したところ、一定の効果が認められた。したがって、9月ごろ感染すると考えられる陽光面の黒点病の対策のためには、夏季から秋季にかけての薬剤散布が重要であると考えられる。しかし、秋季まで防除を行ったほ場でも本症状が多発することがあり、マンゼブ水和剤の散布のみでは不十分と考えられる。そこで、追加の対策として、炭酸カル

シウム水和剤を8月に樹冠散布したところ、陽光面の黒点病の発生が軽減された。炭酸カルシウム水和剤は、単用でマンゼブ水和剤と同等の黒点病防除効果のあることが報告されている(副島ら,2012)。加えて、同剤の散布は果皮表面の温度を下げ、日焼け果の発生を軽減する効果があり(兼常ら,2020)、果皮表面を夏季の日射等から保護した結果、陽光面の黒点病の発生を抑制したものと考えられる。ただし、炭酸カルシウム水和剤による黒点病発生抑制の作用機作は明らかになっていないため、今後さらなる検討が必要である。

## 摘要

強い日射の当たる樹冠外周部の果実に特異的に発生する黒点病(陽光面の黒点病)の発生時期、発生要因および軽減対策を検討した。第一に、感染時期の特定のため、果実に袋をかけ、その袋を時期別に除去して黒点病に感染させた。その結果、陽光面の黒点病の主な感染時期は9月ごろであると考えられた。第二に、果実の陽光面から日陰面にかけて部位別に黒点病菌を接種したところ、陽光面ほど発病が激しい傾向があった。第三に、果実の陽光面および日陰面におけるマンゼブ水和剤の流亡量を調査した。その結果、陽光面は日陰面よりも農薬の流亡割合が大きいことが明らかとなった。以上のことから、陽光面において黒点が多発する要因として、陽光面の果皮は黒点病菌に対する感受性が高くなっているという植物側の要因と、陽光面において農薬が流亡しやすいという残効の要因があると考えられた。次に、防除対策の検討として、マンゼブ水和剤の防除効果を確認したところ、8~9月までの散布により、陽光面の黒点病をある程度軽減できた。さらなる対策として、8月に炭酸カルシウム水和剤を散布したところ、陽光面の黒点病の発生が軽減された。このことから、防除対策としては、秋季までの定期的なマンゼブ水和剤の散布と、夏季における炭酸カルシウム水和剤の散布が効果的であると考えられた。

## 引用文献

- 副島康義・宮崎俊英・荒牧貞幸.2012.カンキツ黒点病に対する炭酸カルシウム水和剤の防除効果.九州病害虫研究会報.58:121.
- 本間保男・山田峻一.1969.カンキツ黒点病の感染ならびに発病に関与する要因.園試報.B9:85-97.

- 井上一男・芹澤拙夫. 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.
- 兼常康彦・世良友香・西岡真理. 2020. カンキツ類における日焼け果の発生要因の解明と軽減対策. 山口農林総技セ研報. 11: 61-73.
- 松本英紀・大森尚典・石井卓男. 1980. ウンシュウミカン果実の結果部位における黒点病感受性の差異. 四国植防. 15 : 63-68.
- 小野公夫. 1981. 殺菌剤の残効試験 (2) 降雨と薬剤の流亡. 九州病害虫研究会報. 27: 57-60.
- 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.
- 山本滋・磯田隆晴・岡部猛広. 1967. ミカン黒点病類似斑について. 九州病害虫研究会報. 13: 54-56.
- 吉田麻里子・山田一字・森山美穂・杉浦直幸・榊英雄. 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.