ボルドー液と水和硫黄剤を用いたJAS有機栽培に適合した ウンシュウミカンにおける主要病害およびミカンサビダニの 防除体系と開閉式雨よけ施設の導入効果

井手 洋一^{†*}・納富 麻子^{**}・衛藤 友紀^{***}・口木 文孝・野口 真弓・田代 暢哉^{****}
(佐賀県果樹試験場)

Control program of major diseases and citrus rust mite on satsuma mandarin in organic farming by Bordeaux mixture and flowable sulfur spray and the effects of an openable rain shelter. Yoichi Ide^{†*}, Asako Nodomi^{**}, Tomoki Eto^{***}, Fumitaka Kuchiki, Mayumi Noguchi, and Nobuya Tashiro^{****} (Saga Fruit Tree Experiment Station, 91 Haruke, Ogi, Saga 845-0014, Japan)

ウンシュウミカンにおいて、有機農産物の日本農林規格（以下、有機JAS規格）に適合した病害虫防除技術を確立するために、無農薬での病害虫の発生状況を3年間調査した。その結果、そうか病とミカンサビダニが最も問題となることが明らかになった。そこで、有機JAS規格において使用が可能なボルドー液を使用したところ、そうか病の発病は抑制され、さらに、水和硫黄剤を散布することで、ミカンサビダニの発生が著しく抑制された。また、化学的防除技術と耕種的対策との組み合わせにより、有機JAS規格基準を満たす果実生産が可能な防除体系を実証した。さらに、物理的防除技術として中晩柑類の品質向上対策として利用されている開閉式雨よけ施設を導入することで、そうか病のみならず、黒点病および灰色かび病の発病についても著しく抑制され、有機栽培ながら慣行の化学防除剤を用いた露地栽培よりも外観が良く、高糖度の果実が生産できることが明らかになった。

Keywords : scab, melanose, gray mold

緒 言

近年、消費者の農産物に対する安全志向や、環境問

題に対する関心の高まりから、環境保全型農業、総合的病害虫・雑草管理（IPM）、特別栽培、減農薬栽培など、病害虫管理場面において様々な取り組みが行われている。有機農産物の生産もそのひとつで、化学農薬と化学肥料を一切使用しない有機栽培に関心を持つ生産者は少なくない。

有機栽培農産物については、2001年4月に有機農産物の日本農林規格（以下、有機JAS規格、農林水産省告示第59号、2000年1月20日制定）が定められ、認証制度に基づいた生産方法で栽培した農産物のみが有機農産物として認められるようになった（幸野、2000a, 2000b；山本、2003）。

このため、水稻（斉藤ら、2001；森ら、2015）、バレイショ（田村ら、2012）、野菜類（五味ら、2003；大森ら、2012）、リンゴ（伊藤・藤田、2009；山本ら、2010）等では、有機栽培を行うために必要な病害虫防除技術が検討されてきた。しかし、ウンシュウミカン

[†] ide-youichi@pref.saga.lg.jp

^{*} 現在：佐賀県園芸課

^{**} 現在：佐賀県農業改良普及センター

^{***} 現在：佐賀県農業試験研究センター

^{****} 現在：佐賀県上場営農センター

^{*} Present address : Saga Prefecture Government Horticulture Division, 1-1-59 Jonai, Saga, Saga 840-8570, Japan

^{**} Present address : Sajo Agricultural Extension Center, 1088 Nanri, Kawasoe, Saga, Saga 840-2205, Japan

^{***} Present address : Saga Agricultural Research Center, 1088 Nanri, Kawasoe, Saga, Saga 840-2205, Japan

^{****} Present address : Saga Prefectural Uwaba Upland Farming Experiment and Extension Center, 1471-6, Hayata, Chinzei, Karatsu, Saga 847-0326, Japan

(*Citrus Unshiu*) においては、有機 JAS 規格を満たす病害虫防除体系について、これまで検討されたことがなかったため、生産現場に提示できる科学的根拠に基づいた指針を示せないままの状況が続いていた。そこで著者らは、露地栽培ウンシュウミカンが無農薬栽培した場合に生産上問題となる病害虫を調査するとともに、有機 JAS 規格の基準を満たしている天然鉱物を含む殺菌剤および殺虫剤を利用した場合の防除効果を検証した。また、天然鉱物を含む殺菌剤のみでは防除効果に限界があった雨媒伝染性の各種病害については、その被害をさらに抑え、商品性を高めるために、開閉式雨よけ栽培の導入による被害軽減効果についても検証したので併せて報告する。

材料および方法

1. 無農薬栽培における病害虫被害 (試験 1)

供試樹 1999年から減農薬栽培が行われていた佐賀県小城市内の現地農家園の一部に設けた5樹(品種:「上野早生」, 樹齢:1999年時点において9年生, 約25m², 樹の大きさ1.7m×1.7m×1.8m)を, 無農薬栽培樹として以下の調査に供試した。

病害虫による果実被害の調査 1999年4月から2001年12月にかけての約3年間, 供試樹を無農薬で栽培し, 毎年11月上旬に, 約500果(約100果×5樹)について, 各種病害虫の発病状況を調査した。なお, 黒点病については新農薬実用化試験(常緑果樹)殺菌剤圃場試験法(日本植物防疫協会)の調査基準に基づき発病度を算出し, その他の病害虫については発病割合(%)を算出して評価した(第1表)。

2. カンキツそうか病に対するボルドー液の効果 (試験 2)

供試樹 佐賀県小城市内の現地農家園場において, 2000年に, 18年生の普通温州(品種不明)を, 1区につき3樹供試した。

試験区の構成 ボルドー液を発芽前(3月13日), 発芽期(4月18日), 落弁期(5月23日)の3回散布する区(区1), 発芽期, 落弁期の2回散布する区(区2)を設けた。対照区として, 一般的な栽培体系に従い, 化学合成殺菌剤を, 発芽期, 落弁期に2回散布する試験区(区3)を設けた。

薬剤散布 使用したボルドー液の濃度について, 発芽前の防除においては, 銅含量, 生石灰含量ともに多い6-6式ボルドーを用い, 発芽期および落弁期の防除においては, 石灰による葉焼けの発生を抑えるために, 石灰分が少ない5-3式ボルドーを用いた(佐賀県,

2000)。それぞれの薬剤散布は, 動力噴霧機を用いて1樹約17Lを散布した。

調査方法 8月2日に, 1樹につき200葉, 100果について, そうか病の発病の有無を調査し, 発病割合を算出した。

3. 有機栽培防除体系の実証 (試験 3)

供試樹 佐賀県小城市内の一般農家園場における「上野早生」(樹齢:2002年時点において12年生, 樹の大きさ:1.7m×1.7m×1.8m)を試験樹として供試した。

試験区の構成 試験は2002年と2003年の2ヵ年実施し, 農薬をまったく使用しない完全無農薬区(区1), 有機 JAS 規格において使用が可能で, そうか病に登録があるボルドー液と, ミカンサビダニに登録のある水和硫黄剤の2剤を使用した有機体系区(区2), 化学合成農薬を用いた慣行体系区(区3)の計3区を設けた。試験区の規模は有機体系区, 慣行体系区については250m²(25m×10m), 25樹ずつとし, 完全無農薬区については有機体系区の隅に位置する3樹とした。

薬剤散布 有機体系区, 慣行体系区では, 第3表および第4表に示す各時期に, 動力噴霧機を用いて, 所定の薬剤を10a当たり約500L相当量散布した。

耕種的対策 有機体系区では, そうか病の発病枝葉の除去を2~3月の剪定時に実施した。さらに, 4月中旬と6月下旬の2回, 黒点病の伝染源である枯枝を可能な限り除去した。また, 黒点病(間佐古ら, 2010)やアザミウマ類(土屋ら, 1985)の被害軽減を目的として, 光反射シート(商品名:デュボンTMタイベック[®]ハードタイプ)を7月中旬から11月上旬(収穫終了)まで試験区の全面に敷いた。

施肥 完全無農薬区と有機体系区では, 菜種油粕(N:約5%, P約2%, K約1%)を3月下旬に320kg/10a, 6月中旬に240kg/10a施用し, 魚粕(N:約7%, P, Kについては未記録)を11月中旬に400kg/10a, かき殻入り有機石灰を6月中旬に160kg/10a施用した。慣行体系区では, 配合肥料(N-P-K-Mg=10-6-7-3)を, 3月下旬に90kg/10a, 11月中旬に150kg/10a施用した。

その他の栽培管理 剪定, 摘果, 収穫等の栽培管理については, 試験園が所在するJA(農業協同組合)の栽培暦に準拠して実施した。

病害虫による果実被害の調査 収穫時(11月上旬)に, 1区3~5樹について, それぞれ約50果を任意に選び, 各病害虫による被害の有無を調査し, 被害果の割合を算出した。

流通体系の商品果実割合調査 収穫時に病害虫に

第1図 試験園における開閉式雨除け施設（片屋根ハウス，藤原ら，2014）。
A：雨除け施設の概観，B：巻き上げ器によるビニルの開閉，C：ビニルの取り付け。

よる果実被害の割合を調査する際に、黒点病の発病程度が日本植物防疫協会の調査基準の1以下で、その他の病害虫による被害がまったく認められず、一般の市場流通において優品以上としての基準を満たす果実を基準Aとし、黒点病の発病程度が上記調査基準の3以下、その他の病害虫による被害が2以下で、外観がやや劣るが有機栽培果実として販売可能なものを基準Bとして、それぞれの基準を満たす果実の割合を算出した。

果実品質の調査 11月上旬（収穫直前）に、平均的な大きさ（M, Lサイズ）の果実を1樹につき5果ずつ採取し（5果×3樹＝計15果）、糖度および酸度を、酸糖度分析計（NH2000, HORIBA）を用いて調査した。

4. 開閉式雨除け施設の導入効果（試験4）

供試樹 佐賀県小城市内の一般農家圃場における上野早生（樹齢：2010年時点において20年生、樹の大きさ：1.7m×1.7m×1.8m）を試験樹として供試した。

試験区の構成 試験は2010年と2011年の2ヵ年実施し、晴天時のみ施設の天井ビニルを開放し、有機栽培に準拠した防除を行う雨除け有機体系区（区1）、露地栽培で化学農薬による慣行防除を行う露地慣行体系区（区2）、有機栽培に準拠した防除体系を行う露地有機体系区（区3）、農薬をまったく散布しない露地無農薬区（区4）の計4区を設けた。供試樹は20年生（2010年時点）の「上野早生」で、各区3樹の調査樹

を用いた。

開閉式雨除け施設の形状 開閉式雨除け有機体系区において導入したビニルハウスについては、カンキツの新品種「愛媛果試28号」の果皮障害軽減対策として開発され、天井ビニルを容易に開閉できる「片屋根ハウス」（藤原ら，2014；加美，2015）を応用したものである。通常、ビニルハウスを建てる場合は、風や雪等の気象災害を考慮して50cm間隔でパイプが配置されるが、今回導入した開閉式雨除け施設については、強風や雪の際に、巻き上げ器を用いて容易にビニル巻き上げることができることや、設置時のコスト低減を考慮して、1m間隔でパイプを配置した（第1図）。

薬剤散布 各試験区の防除履歴は第6表に示すとおりで、殺菌剤については、雨除け有機体系区（区1）では、試験開始直前の2010年4月中旬に5-3式ボルドーを散布したのみであった。露地慣行体系区（区2）については、佐賀県の慣行基準に準じ、約1ヵ月毎に薬剤散布を行い、露地有機体系区（区3）では4月中旬と5月下旬に5-3式ボルドーのみを散布した。露地無散布区（区4）では、試験開始直前の2010年4月中旬に5-3式ボルドーを散布したが、試験を開始した5月下旬以降と2011年試験では、殺菌剤をまったく使用しなかった。なお、殺虫剤については、2010年試験では害虫に対する評価を想定していなかったため、区1, 3, 4では6月中旬に水和硫黄剤、区2では化学農薬を用いたが、2011年試験ではミカンサビダニの発

生を調査するために、区1, 3では6月中旬に水和硫黄剤を散布し、区4では殺虫剤をまったく使用しなかった(第6表)。

施肥および栽培管理 施肥は上記の試験3に準じて施用した。また、剪定、摘果等の栽培管理については、試験園が所在するJAの栽培暦に準拠して実施した。

耕種的対策 上記の試験3と同様に、区1, 区3では、そうか病発病枝葉の除去を2~3月の剪定時に実施した。さらに、4月中旬と6月下旬の2回、黒点病の伝染源である枯枝を可能な限り除去した。チャノキイロアザミウマの被害軽減を目的としたタイベックシートの設置は、本試験では行わなかった。

病害虫による果実被害の調査 収穫時(11月上旬)に、各樹からそれぞれ約50果を任意に選び、各病害虫による被害の有無を調査し、被害果の割合を算出した。

流通体系別の商品果実割合調査 上記の試験3に準じて各基準を満たす果実の割合を算出した。

果実品質の調査 11月上旬(収穫直前)に、平均的な大きさ(M, Lサイズ)の果実を1樹につき5果ずつ採取し(5果×3樹=計15果)、糖度および酸度を、酸糖度分析計(NH2000, HORIBA)を用いて調査した。また、果実の着色程度を10段階区分で達観調査した。

結 果

1. 無農薬栽培における病害虫被害(試験1)

3年間継続して実施した無農薬栽培の結果、そうか病の発病割合が最も高く、調査開始1年目の発病果実は7.8%であったが、2年目以降は50%以上の果実で発病が認められた。発病果実の大部分は大小の病斑に果実全体が覆われ、着色が進まず、商品価値は皆無であった。次いで、ミカンサビダニによる被害割合が高く、試験開始1年目にはまったく被害が認められなかったが、2年目の被害果の実割合は10.0%、3年目は45.0%と年を経るごとに増加した。被害果実は果実全体が茶褐色を呈し、小玉傾向で、商品価値は認められなかった。なお、黒点病、灰色かび病、チャノキイロアザミウマの被害も認められたが、その被害は果皮表面の傷に留まっていた。このため、一般流通用の果実外観としては見劣りするものの、減農薬栽培あるいは有機栽培で生産された果実として容認されれば、商品価値は認められるものであった(第1表)。

2. カンキツそうか病に対するボルドー液の効果(試験2)

無散布区(区4)においては多くのそうか病の発病

が認められ(発病割合:春葉17.5%, 果実59.9%)だが、ボルドー液を用いた区1(春葉0%, 果実10.4%), 区2(春葉0.3%, 果実11.3%)においては、化学合成殺菌剤を用いた区3(春葉0.2%, 果実11.4%)と比べて発病は同程度であった。区1および区2の比較において、発芽前散布の有無による発病の差異は認められなかった。なお、ボルドー液散布区においては、新葉に実用上問題ない程度の銅の葉害(スターメラノーズ)が若干認められた。また、石灰による葉焼け症状は、今回の試験では認められなかった(第2表)。

3. 有機栽培防除体系の実証(試験3)

そうか病については、完全無農薬区で高い発病割合が認められたものの(2002年:76.0%, 2003年:92.0%), 慣行体系区ではまったく発病が認められなかった。有機体系区での発病割合は低く、2002年試験では0.4%とわずかで、2003年試験では17.2%であった。黒点病については、完全無農薬区では果実表面がそうか病の病斑で覆われ、調査不能となったことから、他の試験区との発病の差異は判然としなかったが、慣行体系区の黒点病の発病は2002年が0.2%, 2003年が15.8%であったのに対して、有機体系区では2002年が38.4%, 2003年が42.9%の高い発病割合を示した。灰色かび病についても、完全無農薬区と他の試験区との発病の差異は、そうか病の多発のため判然としなかったが、慣行体系区では2002年が4.0%, 2003年が3.2%であったのに対して、有機体系区では2002年が10.0%, 2003年が18.0%であった(第3表)。

また、有機体系区におけるミカンサビダニの発生については、慣行体系区と同様にほとんど被害が認められなかった(2002年:0%, 2003年:0.4%)(第3表)。

収量については、完全無農薬区では約700kg/10aと少なかったが、有機体系区と慣行体系区については、ともに約3.5t/10aであった(データ略)。

一般流通において優品以上として取り扱われる果実(基準A)の割合は、慣行体系区が76%以上であったが、有機体系区(2002年:14.0%, 2003年:2.0%)および完全無農薬区(2002年:0%, 2003年:1.3%)ではともにわずかであった(第3表)。

一方、生協等の販売で有機栽培果実の青果として取り扱える果実(基準B)の割合は、そうか病の発病割合が高かった完全無農薬区においては2002年が2.0%, 2003年が4.0%と極めて低かったが、そうか病の発病割合が低かった有機体系区においては、80%以上の高い割合であった(2002年:90.8%, 2003年:82.4%)。そうか病をはじめ、いずれの病害虫の発生割合がきわ

第1表 ウンシュウミカンの無農薬栽培を行った場合の病害虫による被害の推移

病害虫名	調査項目	1年目 1999年	2年目 2000年	3年目 2001年
そうか病	発病果割合(%)	7.8	54.3	62.1
灰色かび病	発病果割合(%)	10.8	調査不可 ^{b)}	調査不可 ^{b)}
黒点病	発病度 ^{a)}	20.5	47.5	24.9
ミカンサビダニ	発病果割合(%)	0	10.0	45.0
アザミウマ類	被害果割合(%)	29.4	7.4	7.9

a) 黒点病の発病は日本植物防疫協会薬剤委託試験の調査基準に準じる。

b) そうか病の病斑が果実全体を覆い調査できなかったことを示す。

第2表 カンキツそうか病に対するボルドー液の効果^{a)}

区	薬剤散布			発病割合(%)	
	発芽期 3月13日	発芽期 4月18日	落弁期 5月23日	春葉	果実
1	6-6式ボルドー	5-3式ボルドー	5-3式ボルドー	0b	10.4b ^{c)}
2	—	5-3式ボルドー	5-3式ボルドー	0.3bc	11.3b
3	—	ジチアノン 400ppm ^{b)} (デランフロアブル 1,000倍)	イミベンコナゾール 50ppm マンゼブ 1,083ppm (マネージM水和剤 600倍)	0.2b	11.4b
4	—	—	—	17.5a	59.9a

a) 供試品種は普通温州(品種不明,18年生)で, 2000年に1区1樹3反復で実施した。
薬剤散布区においては, 動力噴霧機を用いて1樹約17ℓを散布した。

b) 散布薬剤について, 上段は成分名と希釈した際の最終濃度(ppm), 下段の括弧内数値は商品名と希釈倍数を示す。

c) 異なる英数字間には, TurkeyのWSD検定で有意差があることを示す($P<0.05$)。

めて低かった慣行体系区における基準Bの果実の割合は100%であった(第3表)。

糖度および酸度については, タイバックシートマルチを行った有機体系区(2002年:糖度10.5, 酸度1.22, 2003年:糖度11.8, 酸度0.90)の方が, 慣行体系区(2002年:糖度10.1, 酸度1.06, 2003年:糖度10.4, 酸度0.70)よりも高くなる傾向を示した(第3表)。

4. 開閉式雨除け施設の導入効果(試験4)

露地無散布区(区4)では, そうか病(2010年:55.3%, 2011年:20.0%), 黒点病(2010年:98.0%, 2011年:96.7%)および灰色かび病(2010年:そうか病多発のため調査不能, 2011年:24.7%)の発病が多く認められ, 露地有機体系区(区3)では, そうか病

の発病割合は低かった(2010年:0.7%, 2011年:0%)ものの, 黒点病(2010年:86.0%, 2011年:99.3%)と灰色かび病(2010年:10.7%, 2011年:21.3%)の発病割合は高かった。しかし, 雨除け有機体系区(区1)においては, いずれの病害とも発病割合は低く, 黒点病については, 露地慣行体系区(区2)よりも低く発病が抑えられ(区1:2010年14.7%, 2011年2.0%, 区2:2010年36.0%, 2011年14.0%), そうか病(区1:2010年0.7%, 2011年0%, 区2:2010年0%, 2011年0%)と灰色かび病(区1:2010年1.3%, 2011年0%, 区2:2010年1.3%, 2011年5.3%)は同程度であった(第5表)。

一方, 果実の主要害虫であるミカンサビダニについて

第3表 ウンシュウミカンにおける有機栽培防除体系が各病害虫の発生におよぼす影響

年次	試験区	薬剤散布		被害果割合(%) ^{a)}				販売基準を満たす果実の割合(%)		果実品質 ^{d)}	
		殺菌剤	殺虫剤	そうか病	黒点病	灰色かび病	ミカンサビダニ	基準A ^{b)}	基準B ^{c)}	糖度	酸度
2002年	1 完全無農薬	0回	0回	76.0a	調査不可	調査不可	25.3a	0c	2.0b	-	-
	2 有機体系	3月中旬:6-6式ボルドー 4月中旬:5-3式ボルドー 5月中旬:5-3式ボルドー	6月中旬:水和硫黄剤 7月中旬:水和硫黄剤	0.4b	38.4a	10.0a	0b	14.0b	90.8a	10.5	1.22
	3 慣行体系	化学農薬6回 ^{e)}	化学農薬4回 ^{e)}	0b	0.2b	4.0a	0b	95.0a	100a	10.1	1.06
2003年	1 完全無農薬	0回	0回	92.0a	調査不可	調査不可	25.3a	1.3b	4.0b	-	-
	2 有機体系	4月中旬:5-3式ボルドー 5月中旬:5-3式ボルドー	6月中旬:水和硫黄剤 7月中旬:水和硫黄剤	17.2b	42.9a	18.0a	0.4b	2.0b	82.4a	11.8	0.90
	3 慣行体系	化学農薬6回 ^{e)}	化学農薬4回 ^{e)}	0c	15.8b	3.2b	0b	76.0a	100a	10.4	0.70

a) 同一年次の異なる英数字間には、Turkey の WSD 検定 (多重比較) で有意差があることを示す (P<0.05)。

b) 基準 A: 黒点病の発生程度が日本植病防疫協会の調査基準の 1 以下で、その他の病害虫による被害がまったく認められず、一般の市場流通において優品以上としての基準を満たす果実。

c) 基準 B: 黒点病の発生程度が上記調査基準の 3 以下、その他の病害虫による被害が 2 以下で、外観がやや劣るが生協等で販売される有機栽培果実の青果として取り扱える果実。なお、本基準に農薬散布の有無は加味していない。

d) *: t 検定 (P<0.05) の結果、有意差あり。ND: 同 有意差なし。

e) 慣行体系区における薬剤の種類および散布時期については第4表に示した。

第4表 防除体系実証試験 (試験3) における慣行体系区の薬剤散布履歴 (2002年, 2003年)

時期	散布薬剤 ^{a)}
4月中旬	ジチアノン 400ppm (デランフロアブル 1,000倍)
5月上旬	イミベンコナゾール 50ppm・マンゼブ 1,083ppm (マネージM水和剤 600倍) アセフェート 333ppm (オルトラン水和剤1,500倍) マシン油 4,900ppm (ハーベストオイル 200倍)
6月上旬	イミベンコナゾール 50ppm・マンゼブ 1,083ppm (マネージM水和剤 600倍) DMTP 240ppm (スプラサイド乳剤 1,500倍) マシン油 4,850ppm (ハーベストオイル 200倍)
7月上旬	マンゼブ 1,250ppm (ジマンダイセン水和剤 600倍) ピリダベン 100ppm (サンマイト水和剤 2,000倍)
8月下旬	マンゼブ 1,250ppm (ジマンダイセン水和剤 600倍) フェンプロパトリン 50ppm (ロディー乳剤1,500倍)
11月上旬	チオファネートメチル 350ppm (トップジンM水和剤 2,000倍)

a) 散布薬剤について、上段は成分名と希釈した際の最終濃度(ppm)、下段の括弧内数値は商品名と希釈倍数を示す。

ては、2010年試験では防除適期の6月中旬に、いずれの区においても有効な殺虫剤が散布された(区1, 3, 4では水和硫黄剤, 区2ではトルフェンピラド)ことから、被害はほとんどみられなかったが、2011年試験では、水和硫黄剤を用いた雨除け有機体系区(区1: 1.7%), 露地有機体系区(区3: 0.7%)および化学農薬を使用した露地慣行体系区(区2: 0%)では、殺虫剤を使用しなかった露地無散布区(区4: 8.0%)と比べて被害の低減が認められた(第5表)。

なお、一般流通において優品以上として取り扱われる果実(基準A)の割合は、露地無散布区(区4, 2010年: 0%, 2011年: 0.7%)および露地有機体系区(区4, 2010年: 10.0%, 2011年: 0.7%)において極めて低かったのに対し、雨除け有機体系区における割合(区1, 2010年: 78.7%, 2011年: 95.3%)は、露地慣行体系区(区2, 2010年: 62.7%, 2011年: 80.0%)よりも高い割合を示した。

また、果実品質については、雨除け有機体系区の糖度(区1, 2010年: 10.2, 2011年: 11.3)は、露地栽培(区2~4, 2010年: 9.2~9.6, 2011年: 10.4~10.7)に比べて有意に高く、酸度については2010年試験では区2~区3と同程度(区1: 1.05, 区2~3: 1.06)で、2011年試験では区2~区4に比べて有意に低かった(区1: 0.78, 区2~3: 0.87~0.89)。着色程度は、2010年試験では露地無散布区(区4: 3.4)はその他の試験区(区1~区3: 8.5~8.7)と比べて有意に低かった。2011年試験では、試験区間の着色程度の差は小さく、全ての試験区で9.3以上の値を示し

た（第5表）。

第5表 開閉式雨除け施設の導入による有機栽培温州ミカンの病害軽減効果と果実品質

年次	区NO. 試験区	果実被害の割合(%) ^{a)}				販売基準を満たす ^{a)} 果実の割合(%)		果実品質 ^{b)}		
		そうか病	黒点病	灰色 かび病	ミカン サビダニ	基準A ^{c)}	基準B ^{d)}	糖度	酸度	着色程度
2010年	1 雨除け有機体系	0.7b	14.7c	1.3b	0a	78.7a	100a	10.2a	1.05b	8.5a
	2 露地慣行体系	0b	36.0a	1.3b	0a	62.7b	100a	9.6b	1.06b	8.7a
	3 露地有機体系	0.7b	86.0a	10.7a	0a	10.0c	96.7a	9.6b	1.06b	8.5a
	4 露地無散布 (殺菌剤のみ無散布)	55.3a	98.0a	調査不能	0.7a	0c	63.8b	9.2b	1.21a	3.4b
2011年	1 雨除け有機体系	0b	2.0b	0b	1.7b	95.3a	98.7a	11.3a	0.78b	10.0a
	2 露地慣行体系	0b	14.0b	5.3b	0b	80.0b	100a	10.4b	0.87a	9.7ab
	3 露地有機体系	0b	99.3a	21.3a	0.7b	0.7c	88.0b	10.7b	0.89a	9.4ab
	4 露地無散布 (殺菌剤殺虫剤とも無散布)	20.0a	96.7a	24.7a	8.0a	0.7c	82.0b	10.5b	0.87a	9.3b

a) 同一年次の異なる英数字間には、TurkeyのWSD検定で有意差があることを示す ($P<0.05$)。

b) 同一年次の異なる英数字間には、TurkeyのHSD検定で有意差があることを示す ($P<0.05$)。

c,d) 第3表に同じ。

第6表 開閉式雨除け施設導入試験（試験4）における薬剤散布履歴 ^{a)}

区1 雨除け有機体系		区2 露地慣行体系	区3 露地有機体系	区4 露地無散布区
4月中旬	5-3式ボルドー	ジチアノン 400ppm (デランフロアブル 1,000倍)	5-3式ボルドー	5-3式ボルドー
5月下旬	開閉式雨除け施設の設置	イミベンコナゾール 50ppm・マンゼブ 1,083ppm (マネージM水和剤 600倍)	5-3式ボルドー	
6月中旬	水と硫黄 1,300ppm (サルファーズル 400倍)	マンゼブ 1,250ppm (ジマンダイセン水和剤 600倍) トルフェンビラド 150ppm (ハチハチフロアブル 1,000倍) マシン油 4,900ppm (ラビスンスプレー 200倍)	水と硫黄 1,300ppm (サルファーズル 400倍)	水と硫黄 1,300ppm (サルファーズル 400倍)
7月下旬		マンゼブ 1,250ppm (ジマンダイセン水和剤 600倍) アセタミプリド 100ppm (モスピラン水溶剤 2,000倍)		
9月上旬		マンゼブ 1250ppm (ジマンダイセン水和剤 600倍) ジノテフラン 100ppm (スタークル顆粒水溶剤 2,000倍) ピフェナゼート 200ppm (マイトコーネフロアブル 1,000倍)		
11月上旬		ベノミル水和剤 125ppm (ベンレート水和剤 4,000倍) イミノクタンジ酢酸塩 125ppm (ペフラン液剤 2,000倍)		
4月中旬		2010年に同じ	5-3式ボルドー	※2011年は薬剤散布なし
5月下旬		2010年に同じ	5-3式ボルドー	
6月中旬	水と硫黄 1,300ppm (サルファーズル 400倍)	2010年に同じ	水と硫黄 1,300ppm (サルファーズル 400倍)	
7月下旬		2010年に同じ		
9月上旬		2010年に同じ		
11月上旬		2010年に同じ		

a) 散布薬剤について、上段は成分名と希釈した際の最終濃度 (ppm)、下段の括弧内数値は商品名と希釈倍数を示す。

b) 表中の両端矢印は、雨除け有機体系区(区1)におけるビニル設置期間(雨天時のみ)を示す。

考 察

ウンシュウミカンの無農薬栽培樹における3年間の病害虫発生調査の結果、特に問題となったのは、そうか病とミカンサビダニの被害であった。これら病害虫は、果実表面の病斑あるいは加害痕による外観阻害による被害だけでなく、そうか病については着色遅延、ミカンサビダニについては小玉果の症状を引き起こすことから、果実生産を行ううえで極めて重要であると判断された。

一方で、黒点病、灰色かび病、アザミウマ類については、果実表面に被害痕は残るが、流通するうえで、ある程度容認できるものであった。このため、そうか病とミカンサビダニの防除に重点を置くことが、有機栽培条件下でも市場流通可能な果実生産を実現する上で必須であると考えられた。

そこで、そうか病については、本病の重点防除期にあたる発芽期と落弁期に5-3式ボルドーを用いることで、ミカンサビダニについては6~7月に水和硫黄剤を用いることで、両者に対する防除効果を検討した結果、いずれの被害も少なく抑えられることが明らかになった。また、これら病害虫の被害を防ぐことで、有機栽培生産の青果として取り扱える果実（基準Bを満たすもの）を十分に生産できることが実証された。

カンキツそうか病に対するボルドー液の効果（Fawcett, 1912; Grossenbacher, 1916; Winston, 1923）やミカンサビダニに対する硫黄剤の効果（Hubbard, 1885; 関, 1979）については古くから知られているが、化学合成農薬の普及によって、これらの天然鉱物から精製される資材は、ほとんど使用されてこなかった。しかし、今回の一連の試験から、これらの剤がウンシュウミカンの有機栽培を行ううえで重要な資材であることが明確に示された。また、そうか病防除に必要なボルドー液等の無機銅剤の散布は、ミカンサビダニの発生を助長する（Johnson, 1960; Childers, 1994）ことが報告されており、ウンシュウミカンの有機栽培体系において、水和硫黄剤との併用は重要であると考えられる。

なお、ボルドー液を新梢伸長期に散布すると薬害を生じることから、パラフィン系展着剤の加用が推奨されている（野口ら, 2011）。

一方、実際の流通、販売においては、有機栽培であっても病害虫による被害ができるだけ少なく、外観に優れた生産物がより好まれる。そこで、薬剤以外で、雨媒伝染性の病原菌の感染により外観を損ねる各種病

害（そうか病、黒点病、灰色かび病）の被害を確実に防ぐ方法として、開閉式の雨よけ施設の導入効果について検討した。その結果、これら病害の発病に対し、化学農薬を使用した慣行防除体系と同等以上の防除効果を示し、さらに、降雨を遮断することで、樹体に安定したストレスが付与されることによる増糖効果（平野ら, 2002）も確認された。また、夏季期間においては、ビニル巻き上げ器による開閉を迅速に行うことで、台風によるビニル破損や、晴天時の温度上昇を回避することができた。以上より、開閉式雨よけ施設の導入は、西南暖地のウンシュウミカン有機栽培における有用な物理的防除技術であるといえる。

雨よけ栽培の導入方法については、様々な形状、方法が考えられるが、今回の試験に供試した‘片屋根ハウス’については、カンキツ類が主に栽培されている傾斜地への設置が容易で、天井部が片側に偏っていること、ビニルの設置作業等が容易であること等から、既存のカンキツ園においても比較的容易に導入できると考えられる（藤原ら, 2014; 加美, 2015）。また、ビニルの巻き上げ器の取り付けにより、強風や積雪等の被害を容易に回避することが可能となり、使用するパイプ数を減らすことで、設置の際のコストを通常のハウスの6割程度に抑えることができると試算している。

今後、こうした物理的防除技術の導入は、カンキツ有機栽培体系の構築において重要な病害対策技術の一つであると考えられる。

本試験におけるウンシュウミカンの有機栽培体系をもとに、佐賀県では有機栽培防除体系ガイドラインを作成し、技術普及を図っている（佐賀県, 2015）。本ガイドラインでは、本試験で実施した天然鉱物由来のボルドー液や水和硫黄剤等を利用した化学的防除技術に加え、有機体系区で実施したそうか病の発病枝葉の除去や、黒点病の伝染源である枯れ枝の除去、黒点病やアザミウマ類の被害軽減を目的とした光反射資材によるシートマルチなどを、露地栽培ウンシュウミカンの有機栽培体系を確立するための重要な耕作的対策として示している。本ガイドラインは、ウンシュウミカンだけでなく、他のカンキツ樹種でも応用できるものと位置づけている。

著者らが実施した実証試験では特に問題とならなかったゴマダラカミキリや果実腐敗などについても実際の栽培場面では問題となり得ることが考えられるが、これら病害虫に対する様々なIPM技術が農林水産省（2006）において示されており（例：ポーベリア菌に

よるゴマダラカミキリの生物的防除, 果実の丁寧な取り扱いによる果実腐敗発生の抑制), これらの技術を組み合わせることで, 様々な一般栽培と同程度の果実外観の有機栽培ウンシュウミカンの生産が可能になると思われる。

引用文献

- Childers, C. C (1994) Effect of different copper formulations tankmixed with fenbutatin-oxide for control of citrus rust mites (Acari: Eriophyidae) on Florida citrus. *Florida Entomologist* 77 : 349-365.
- Fawcett, H. S. (1912) Citrus scab (*Cladosporium citri* Masee). *Fla. Agr. Exp. Sta. Bul.* 109 : 49-60.
- 藤原文孝・三堂博昭・阿部伸一郎・加美 豊 (2014) ‘愛媛果試第28号’ 栽培における雨除け施設, マルチ被覆が高品質果生産に及ぼす影響. *愛媛果樹セ研報* 5 : 1-9.
- 五味亜矢子・小菅惟夫・加藤成二・千野浩二 (2003) 平坦地で有機栽培が可能な露地野菜の品目と栽培時期. *山梨総農試研報* 13 : 20-29.
- Grossenbacher, J. G. (1916) Some bark diseases of citrus trees in Florida. *Phytopathology* 6 : 29-50.
- 平野稔邦・池田繁成・新堂高広 (2002) カンキツ ‘天草’ のフルオープンハウス栽培による水分制御が果実品質に及ぼす影響. *園学九州支部* 10 : 21.
- Hubbard, H. G. (1885) Insects affecting the orange. U. S Department of Agriculture. Division of Entomology (Washington) : pp.116-118.
- 伊藤大雄・藤田 隆 (2009) 代替防除資材利用によるリンゴ有機栽培の試み (1) 転換後5年間の病害発生状況. *北日本病虫研報* 60 : 134-138.
- Johnson, R. B. (1960) The effect of copper on rust mite control with four rust mite miticides. *Florida State Hort. Soc.* 73 : 84-89.
- 加美 豊 (2015) 急傾斜地に設置できフィルム被覆や屋根面の開閉が容易な片屋根 (への字) ハウスの開発. *果実日本* 70 (3) : 47-51.
- 間佐古将則・横尾道雄・中 一見・藤本欣司・大橋弘和 (2010) ウンシュウミカンの減農薬防除体系. *和歌山県農林技セ研報* 11 : 17-26.
- 幸野友浩 (2000a) 知らなかったでは済まされない JAS 法改正の中身 (1). *農業経営者* 50 : 29-35.
- 幸野友浩 (2000b) 知らなかったでは済まされない JAS 法改正の中身 (2). *農業経営者* 51 : 23-29.
- 森 則子・八田 聡・住吉 正・中山敏文・夏秋道俊・三原 実 (2015) 佐賀県における水稻の有機栽培技術の検証 第4報 有機栽培技術の体系化と現地実証. *日作九支報* 81 : 14-17.
- 野口真弓・井手洋一・口本文孝 (2011) ボルドー液散布によるカンキツ新葉の品種別薬害とパラフィン系展着剤による薬害軽減効果. *九病虫研会報* 57 : 98. (講要).
- 農林水産省 (2006) IPM 実践指標モデル (カンキツ) [平成18年12月公表]. http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_ipm/pdf/citrus.pdf (2016年11月20日アクセス確認).
- 大森登紀・横田仁子・武智和彦 (2012) 有機栽培野菜等における有機 JAS 認可資材を活用した安定生産実証. *愛媛農林水研報* 4 : 37-46.
- 佐賀県 (2000) 佐賀県施肥・病害虫防除・雑草防除のてびき < 水稻・大豆・果樹・茶 > (佐賀), pp. 149-150.
- 佐賀県 (2015) 佐賀県施肥・病害虫防除・雑草防除のてびき < 水稻・大豆・果樹・茶 > (佐賀), pp. 266-271.
- 斉藤邦行・黒田俊郎・熊野誠一 (2001) 水稻の有機栽培に関する継続試験: 10年間の生育収量. *日作紀* 70 : 530-540.
- 関 道生 (1979) ミカンサビダニ *Aculops pele Kassi* (Keifer) の生態学的研究 特に生態史と発生予察および化学的防除について. *佐賀果試特研報* 2 : 41-53.
- 田村 元・加藤 淳・清水基滋・竹内晴信 (2012) 北海道における有機栽培ばれいしょの安定生産技術 (1). 収量・品質に対するジャガイモ疫病発生の影響と品種選択の効果. *北農* 79 : 34-39.
- 土屋雅利・古橋嘉一・増井伸一 (1985) 光反射シートマルチによるウンシュウミカンのチャノキイロアザミウマ防除. *応動昆* 39 : 219-225.
- 山本晃郎 (2003) 岡山県における有機無農薬農業への15年間の取り組み評価と今後の推進課題. *岡山県農試研報* 21 : 39-46.
- 山本晋玄・赤平知也・福士好文 (2010) リンゴの各種病害に対する食酢の防除効果. *東北農業研究* 63 : 121-122.
- Winston, J. R. (1923) Citrus scab: its cause and control. U. S. Dept. Agr. Bul. 1118.
(2017年4月27日受領, 8月9日受理)