

トマト灰色かび病の防除実態と微生物殺菌剤を利用した 化学合成殺菌剤の散布回数削減

小河原孝司・冨田恭範・田中有子*・長塚 久

Investigation of Control Methods of Gray Mold on Tomato and Reduction of Chemical Fungicides Using Biological Fungicides

Takashi OGAWARA, Yasunori TOMITA, Yuko TANAKA and Hisashi NAGATSUKA

Summary

The occurrence and control methods of gray mold on tomato in the field were investigated, and temperature conditions and effective periods of *Bacillus subtilis* wettable powder (BS) were examined. The effect of control of BS on gray mold was low at temperatures of 15°C or less, and high at 20-25°C. As for BS and mepanipyrim wettable powder, an almost equal effect of control was admitted until 18 days after spraying. When BS was put in to the control, it maintained cultural control, and the chemical fungicides were reduced by about 30 percent, the control effect was enough in fruits.

キーワード：トマト，灰色かび病，微生物殺菌剤，化学合成殺菌剤，*Bacillus subtilis* 水和剤

I . 緒言

灰色かび病は主に果菜類に発生し，果実の品質を著しく低下させるなど，しばしば深刻な被害を生じさせる。本病の防除は，化学合成殺菌剤が主体となっているため，同一薬剤の多用による耐性菌の出現が懸念される。

環境保全型農業の推進において，害虫防除では天敵昆虫等の導入によって化学合成殺虫剤の使用量削減が可能となった。しかし，病害防除では微生物農薬の開発が遅れ，化学合成殺菌剤の使用量は従来のみである。近年，灰色かび病をはじめ，各種病害に効果のある微生物殺菌剤が相次いで農薬登録され，化学合成殺菌剤の使用量を削減できる資材として期待されている。岡田（2002）は，ナスの灰色かび病に対し，バチルス・ズブチリス水和剤（商品名：ボトキラー水和剤，以下，「BS 剤」という）を組み入れた体系防除は，化学合成殺菌剤による慣行防除と同等の効果が認められ，実用性が高いことを明らかにした。しかし，微生物殺菌剤は使用する環境条件により防除効果が得られない場合があり，使用方法の混乱や導入効果への疑問

が大きくなっている。

そこで，灰色かび病による被害が問題となる本県のトマト促成栽培において，現地における本病の発生実態と防除対策を調査し，BS 剤の防除効果を最大限に発揮させるための温度条件並びにその防除効果の持続期間について検討した。また，現地圃場において，BS 剤を組み入れた防除体系の有効性について検討し，化学合成殺菌剤の使用回数削減を試みた。

II . 材料および方法

1. トマト灰色かび病の発生実態と防除対策に関するアンケート調査

2002 年 6 月に，茨城みなみ農業協同組合の谷和原村施設園芸部会 20 戸，伊奈地区施設園芸部会 6 戸，藤代町ハウス研究会 8 戸の 3 部会 34 戸に対し，過去 3 年間の灰色かび病の発生状況，栽培期間中の殺菌剤の散布回数，灰色かび病防除を目的とした殺菌剤の散布回数，灰色かび病防除に用いる殺菌剤と 1 作当たりの使用回数および 1 回当たりの薬剤散布量について，アンケート調査を実施した。

* 茨城県農業総合センターつくば地域農業改良普及センター

2. トマト灰色かび病に対する BS 剤の防除効果

1) BS 剤が効果を発揮するための有効温度

10℃, 15℃, 20℃および25℃に設定した各人工気象器（日本医科機器製 LPH-100-RDS, 湿度 95%RH）を用い, (1)BS 剤 1,000 倍液散布区（以下, 「BS 区」とする）と(2)無処理区を設け, BS 剤が防除効果を発揮するための有効温度を調査した。

試験は 1 区 3 株で実施し, ワグネルポット (1/5000a) で育成したトマト品種「ハウス桃太郎」の第 1 花房がほぼ開花した時点で試験に供試した。BS 剤散布 1 日後に, BS 区および無処理区の株全体に灰色かび病菌を噴霧接種した。接種源として用いた灰色かび病菌は, 園芸研究所内ガラスハウスで自然発病したトマト果実および葉から菌を採集し, 1×10^8 個/mL となるよう PS 液体培地（組成: ジャガイモ煎汁液 100mL, スクロース 1g）に胞子を懸濁した後, ハンドスプレーを用いて供試株に噴霧接種した。

発病調査は, 灰色かび病菌を接種した 6 日後および 12 日後に, 葉（複葉）, 花卉および果実における灰色かび病の発病状況を調査し, 発病率を算出した。

2) BS 剤の防除効果と効果の持続性

園芸研究所内ガラスハウスにおいて, BS 剤とメパニピリム水和剤の防除効果および効果の持続性を調査した。試験区は, (1)BS 剤 1,000 倍液散布区（以下, 「BS 区」とする）, (2)メパニピリム水和剤 2,000 倍液散布区（以下, 「メパニピリム区」とする）, (3)無処理区の 3 区を設置し, 1 区 3 株 3 連制で実施した。各薬剤の散布は 2003 年 4 月 3 日に行った。試験には, 2002 年 12 月 24 日にベッド幅 100cm, 株間 50cm で定植したトマト品種「ハウス桃太郎」を用いた。1 条 2 本仕立て, 最低気温 10℃で管理した後, 自然発病が認められなかったため, 4 月 4 日に灰色かび病菌の胞子が多数形成したミカン果実を, 1 株当たり 1 個ずつ株上の棚線につり下げ, 接種源とした。さらに, 灰色かび病の発病を促すため, 夕方, 通路に散水した。

4 月 7 日（灰色かび病菌接種 3 日後）, 14 日（接種 10 日後）, 21 日（接種 17 日後）に, 各区の葉および果実における灰色かび病の発病の有無を調査し, 葉での発病が見られた株の発病株率および発病果率を算出した。

3) 現地圃場における BS 剤の防除効果

筑波郡伊奈町（現つくばみらい市）の現地圃場（軽量鉄骨ハウス）において, 化学合成殺菌剤による防除体系の中に, 最低夜温が 10℃以上となる 2 月下旬か

ら化学合成殺菌剤に替えて 1 ヶ月間隔で 3 回の BS 剤を組み入れた防除を行った（表 9）。薬剤は, 約 120 ~ 150L/10a に調整し, 動力噴霧器を用いて, 栽培者が散布した。また, 圃場管理として, 2 月下旬まで花卉の除去, 葉先枯部の切除, 脇芽や老化葉の管理等の耕種的防除を徹底した。なお, 殺虫剤は, ラノーテープを設置するとともに, 害虫の発生状況に応じて適宜散布した。

試験を行った圃場面積は 2.5a で, 2002 年 10 月 24 日に定植した「ハウス桃太郎」（台木「プロテクト 3」）を用いた。栽植方法は, 畦幅 120cm, 1 条植え, 1 本主枝, 株間 36cm で, U ターン法による誘引を行った。

調査は, 2002 年 12 月 10 日から 2003 年 5 月 26 日まで, 約 15 日間隔で, 各区 80 ~ 160 株を任意に抽出し, 葉および果実における灰色かび病の発病の有無を調査し, 葉で発病が見られた株の発病株率および発病果率を算出した。

Ⅲ. 結 果

1. トマト灰色かび病の発生実態と防除対策に関するアンケート調査

2000 ~ 2002 年までのトマト灰色かび病の発生程度は, いずれの年も「中発生」と回答する農家が最も多く, 続いて「少発生」, 「多発生」の順であった（表 1）。栽培期間中における殺菌剤の散布回数は, 「11 ~ 15 回」と「16 ~ 20 回」が多かった（表 2）。散布した殺菌剤のうち, 灰色かび病の防除を目的とした殺菌剤の使用回数は「6 ~ 10 回」が最も多く, 次いで「11 ~ 15 回」であり, 病害防除全体に占める灰色かび病防除の割合が高かった（表 3）。なお, 灰色かび病の防除回数と本病の発生状況に相関は認められなかった（表 3）。

灰色かび病防除に用いる化学合成殺菌剤として回答の多かった薬剤は, ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤, フルジオキソニル水和剤 20, フェンヘキサミド・フルジオキソニル水和剤であり, いずれも 20 戸以上の農家で使用されていた（表 4）。各薬剤とも 2 回程度の使用が多かったが, ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤は多用される傾向にあった（表 4）。また, 微生物殺菌剤の BS 剤を使用する農家は 22 戸と多く, 使用回数は 2 回が最も多かったが, 多用する農家も見られた（表 4）。

1 回当たりの殺菌剤の散布量は, 「100 ~ 150L」,

表1 トマト灰色かび病の発生状況

年	発生程度別農家戸数 (戸)		
	少発生	中発生	多発生
2000	6	8	3
2001	5	9	4
2002	10	11	3

*有効回答農家戸数
2000年：17戸 2001年：18戸 2002年：24戸

表2 殺菌剤^{a)}の散布回数 (2002年)

殺菌剤の散布回数 (回)	農家戸数 (戸)
10回以下	7
11～15	10
16～20	10
21回以上	4

a) 化学合成殺菌剤および微生物殺菌剤
*有効回答農家戸数：31戸

表3 トマト灰色かび病防除薬剤の散布回数と発生状況 (2002年)

灰色かび病防除薬剤の散布回数 (回)	農家戸数 (戸)	灰色かび病の発生状況別農家戸数 (戸)			
		少発生	中発生	多発生	無回答
5回以下	5	2	2	1	0
6～10	13	2	7	1	3
11～15	9	5	2	1	1
15～20	2	0	0	1	1

*有効回答農家戸数：29戸

表4 トマト灰色かび病の防除に使用される主な殺菌剤と栽培期間中の使用状況 (2002年)

殺菌剤の種類	薬剤名	左記の薬剤を使用する農家戸数 (戸)	使用回数別農家戸数 (戸)						
			使用回数1回	2回	3回	4回	5回	6回以上	無回答
化学合成	ジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤	23	6	9	4	1	3	0	0
	フルジオキシニル水和剤	22	11	6	2	—	—	—	3
	フェンヘキサミド・フルジオキシニル水和剤	21	5	13	1	—	—	—	2
	イミノクタジンアルベシル酸塩水和剤	17	3	8	2	—	—	—	4
	メバニピリム水和剤	16	3	10	1	1	—	—	1
	スルフェン酸水和剤 ¹⁾	15	2	6	1	0	3	—	3
微生物	バチルス・ズブチリス水和剤	22	2	12	1	2	3	2	0

1) 現在、トマト灰色かび病に対し農薬登録なし (2004年9月21日登録失効)。

2) アンケート調査時 (2002年) は総使用回数8回。

*有効回答農家戸数：34戸

表5 1回あたりの殺菌剤の散布量と灰色かび病の発生状況 (2002年)

散布量 (リットル)	農家戸数 (戸)	灰色かび病の発生状況別農家戸数 (戸)			
		少発生	中発生	多発生	無回答
100～150	13	6	1	1	5
151～200	13	3	5	2	3
201～250	3	1	1	0	1
251～300	4	0	3	0	1

*有効回答農家戸数：33戸

「151～200L」がいずれも多かったが、散布量と灰色かび病の発生程度に相関は認められなかった（表5）。

2. トマト灰色かび病に対するBS剤の防除効果

1) BS剤が効果を発揮するための有効温度

無処理区の10℃管理では、複葉、花卉および果実いずれの部位においても灰色かび病の発病は認められなかった。しかし、温度が高くなるほど、発病率が高くなる傾向にあった。特に、25℃管理において、灰色かび病菌接種12日後の発病葉率は53.4%、花卉の発病率は65.8%、発病果率は34.6%と甚発生になった（図1）。

15℃において、複葉、花卉および果実の発病は少発生であった。しかし、いずれの部位においても、BS区と無処理区の発病率に大きな差はなく、BS剤の防除効果は認められなかった（図1）。

20℃および25℃において、BS区は無処理区に比べ、いずれの部位においても発病率が低く、特に、接種12日後の発病葉率は5%と防除効果が高かった（図1）。

2) BS剤の防除効果および効果の持続性

試験期間中のハウス内気温は、早朝を除き20℃以上となった（データ省略）。

無処理区の葉における発病は、菌接種3日後から認められ、その後急速に発病進展し、菌接種17日後には葉での発病株率が38.9%と多発生となった（表6）。また、果実での発病進展は、葉に比べやや緩慢であったが、接種17日後には10.6%の発病が見られた（表7）。

薬剤散布区の葉における発病は、BS区では、薬剤散布4日後（菌接種3日後）から認められたが、無処理区に比べ、その後の発病進展は緩慢であった。メパニピリム区では、無処理区に比べ、調査期間を通じて、発病株率は低かった（表6）。また、果実における発病は、BS区およびメパニピリム区ともほぼ同等であり、薬剤散布18日後（菌接種17日後）まで、無処理区に比べ発病果率は低かった（表7）。

3) 現地圃場におけるBS剤の防除効果

灰色かび病の葉における発病は、調査開始から4月上旬まで認められなかったが、4月下旬から発生量が増加し、5月26日の発病株率は13.8%となった（表8）。しかし、果実における発病は、調査期間を通じて認められなかった（表8）。

1999～2001年の防除では、化学合成殺菌剤の年

間の使用回数は14～15回であり（表10）、スルフェン酸等の同系統の薬剤を多用する傾向にあった。本試験では、過去3年間に比べ、化学合成殺菌剤の使用回数を4～5回（30%程度）削減することができた（表9, 10）。

IV. 考 察

トマト促成栽培において、殺菌剤散布は主に灰色かび病防除を目的に行われており、灰色かび病が主要病害であることが明らかとなった。

灰色かび病の防除には、効果の高い薬剤が多用される傾向にあり、使用農家数が最も多かったジエトフェンカルブ・チオファネートメチル水和剤は、多くの県で耐性菌の出現が確認されている（堀江ら, 1997; 中山ら, 1997; 佐藤ら, 1997; 竹内, 1993）。本県においても2002年の病害虫防除所の調査で本剤に対する耐性菌を確認していることから、防除効果の低下に注意する必要がある。また、フルジオキシニル水和剤やフェンヘキサミド・フルジオキシニル水和剤（平田ら, 1996）、メパニピリム水和剤（林ら, 1997）は、灰色かび病に対して防除効果が高く、国内における耐性菌の出現の報告はないが、使用にあたっては連続散布を避けるなど、十分な配慮が必要と思われる。

BS剤の防除効果は、有効成分である*Bacillus subtilis*（以下、「*B.subtilis*」という）と病原菌との感染部位の獲得競争や栄養物の摂取競争により発揮される（川根, 2000）。また、*B.subtilis*芽胞の発芽や細胞分裂は10～50℃の範囲で行われ、使用にあたっては10℃以上の温度が必要である（川根, 2000）。本試験結果では、灰色かび病に対し、15℃以下では防除効果が認められなかったことから、安定した防除効果を得るためには20℃以上の温度を確保する必要があると考えられる。なお、本試験は、一定の温度条件で実施しており、ハウス内のような1日の温度較差が大きい条件での防除効果について、今後さらに検討する必要がある。

BS剤と化学合成殺菌剤のメパニピリム水和剤の灰色かび病に対する防除効果の比較では、葉および果実において、薬剤散布18日後までほぼ同等の防除効果並びに効果の持続性が認められた。このことから、BS剤は化学合成殺菌剤の代替剤として期待できると思われる。しかし、BS剤は治療効果を有しない（川根, 2000）ことから、BS剤散布前に本病が発生している

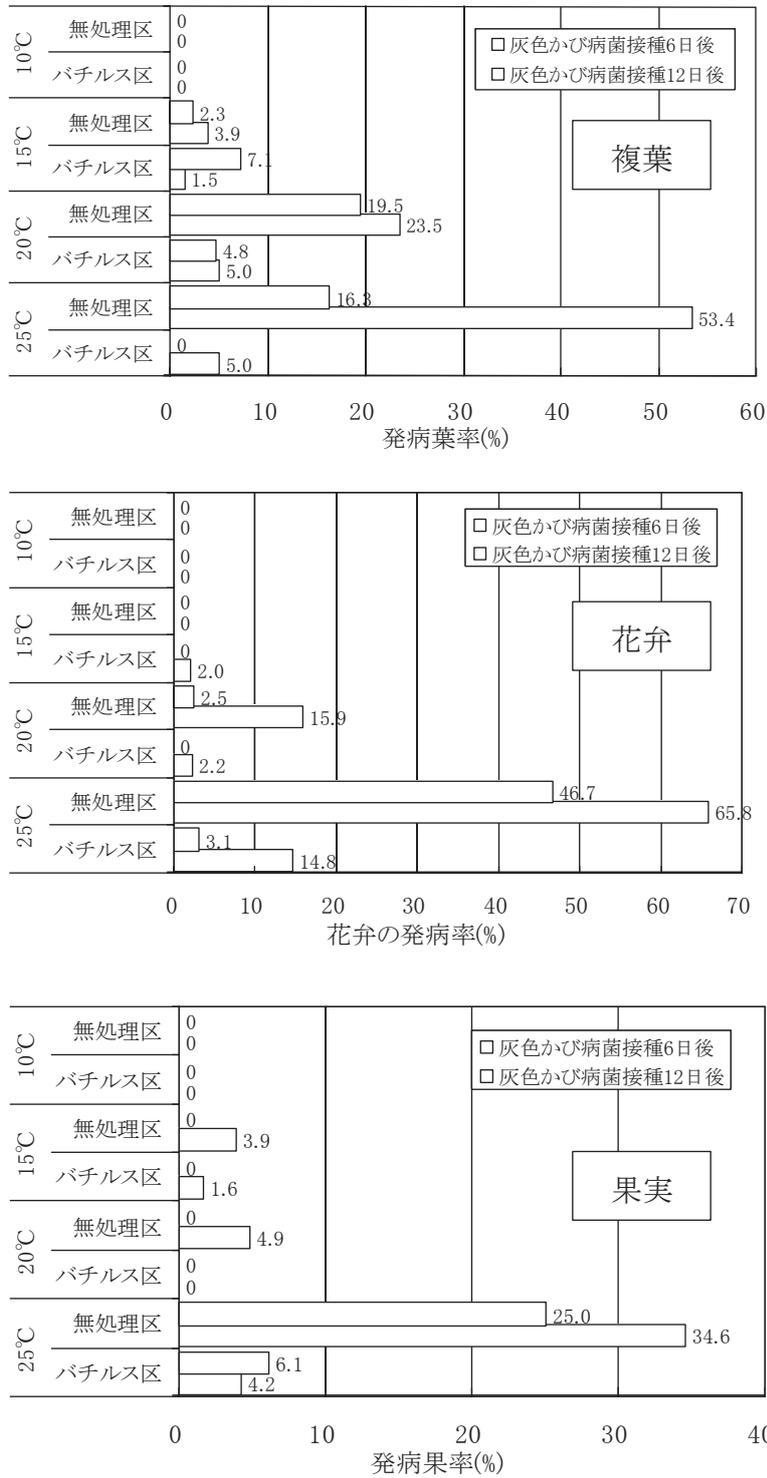


図1 バチルス・ズブチリス水和剤の散布における温度の違いによる灰色かび病のトマトの部位別発病差異

表6 薬剤の違いによる灰色かび病の葉における発病状況

試験区	調査株数 (株)	葉における発病株率 (%)		
		菌接種 3 日後 (薬剤散布 4 日後)	菌接種 10 日後 (薬剤散布 11 日後)	菌接種 17 日後 (薬剤散布 18 日後)
BS ^{a)}	18	5.6	11.1	16.7
メパニピリム ^{b)}	18	0	5.6	16.7
無処理	18	5.6	22.2	38.9

a) バチルス・ズブチリス水和剤 1,000 倍液

b) メパニピリム水和剤 2,000 倍液

表7 薬剤の違いによる灰色かび病の果実における発病状況

試験区	調 査 日					
	菌接種 3 日後 (薬剤散布 4 日後)		菌接種 10 日後 (薬剤散布 11 日後)		菌接種 17 日後 (薬剤散布 18 日後)	
	調査果数 (個)	発病果数 (個)	調査果数 (個)	発病果数 (個)	調査果数 (個)	発病果数 (個)
BS ^{a)}	273	0	339	0.9	400	3.3
メパニピリム ^{b)}	205	0.5	305	0.3	321	3.7
無処理	243	0.4	349	1.4	357	10.6

a) バチルス・ズブチリス水和剤 1,000 倍液

b) メパニピリム水和剤 2,000 倍液

表8 化学合成殺菌剤とバチルス・ズブチリス水和剤のローテーション防除によるトマト灰色かび病の発病状況

調査日	果実における発病			葉における発病		
	調査株数 (株)	発病株数 (株)	発病株率 (%)	調査株数 (株)	発病株数 (株)	発病株率 (%)
2002年 12月 10日	160	0	0	160	0	0
12月 25日	160	0	0	160	0	0
2003年 1月 10日	160	0	0	160	0	0
1月 24日	80	0	0	160	0	0
2月 10日	80	0	0	160	0	0
2月 25日	80	0	0	160	0	0
3月 10日	80	0	0	160	2	1.3
3月 27日	80	0	0	160	0	0
4月 10日	80	0	0	160	0	0
4月 25日	80	0	0	160	5	3.1
5月 12日	80	0	0	160	4	2.5
5月 26日	80	0	0	160	22	13.8

表9 殺菌剤の散布状況

散布日	殺菌剤名
2002年 9月15日	TPN 水和剤
10月 3日	TPN 水和剤
10月28日	マンゼブ水和剤
11月21日	スルフェン酸水和剤*
12月 3日	キャプタン水和剤
12月14日	スルフェン酸水和剤*
12月30日	マンゼブ水和剤
2003年 1月13日	スルフェン酸水和剤*
2月 3日	イミノクタジナルベシル酸塩水和剤
2月26日	バチルス・ズブチリス水和剤
3月23日	スルフェン酸水和剤*
4月 6日	バチルス・ズブチリス水和剤
5月 4日	バチルス・ズブチリス水和剤
散布回数	13回 (うち化学合成殺菌剤 10回)

*現在, トマト灰色かび病に対し, 農薬登録なし。
(2004年9月21日登録失効)

表10 年次別の殺菌剤の使用状況

栽培年 ¹⁾ (年)	殺菌剤散布回数 (回)	左のうち化学農薬 の散布回数 (回)
1999	15	15
2000	14	14
2001	15	15
2002	13	10

1) 定植時の年を示す。各年とも定植は10月下旬,
栽培終了は6月下旬。

場合は、効果の高い化学合成殺菌剤を用いて灰色かび病の菌密度を低下させたのち、BS剤を使用する必要がある。

現地圃場において、BS剤をハウス内温度が高まる2月下旬頃から月に1回防除体系の中に組み入れ、花卉の除去、葉先枯部の切除、脇芽や老化葉の管理等の耕種的防除を併せて実施した結果、化学合成殺菌剤の散布回数を3割程度削減することが可能であった。なお、4月に入り、葉における灰色かび病の発病率が高まったが、原因としては、ハウス内の温度および湿度の上昇により、灰色かび病の発生好適条件となったことや収穫作業等により園内の管理が行き届かなくなったことが考えられる。

近年、キュウリ栽培において、BS剤を暖房機ダクト内に毎日投入し、送風時にハウス内に飛散させる

方法により、灰色かび病に対する高い防除効果が確認された(田口, 2004; 田口ら, 2000)。この方法は、*B.subtilis* 菌を生長点付近まで効果的かつ効率的に散布できる技術として期待されている。本県のトマト栽培においても、BS剤のダクト内投入による防除効果を確認するとともに、さらなる化学合成殺菌剤の使用回数削減の可能性について検討していく必要がある。

V. 摘要

茨城県内現地におけるトマト灰色かび病の発生実態と防除対策について調査し、BS剤の防除効果を最大限に発揮させるための温度条件並びにその防除効果の持続期間について検討した。また、BS剤を組み入れた防除体系の有効性について検討した。

1. トマト促成栽培における殺菌剤散布は、主に灰色かび病防除が目的であり、本病が主要病害であった。
2. トマト灰色かび病に対するBS剤の防除効果は、気温15℃以下では低く、20～25℃において高かった。
3. 灰色かび病多発生条件下において、BS剤は、メパニピリム水和剤と比較し、薬剤散布18日後までほぼ同等の防除効果が認められた。
4. BS剤を防除体系の中に組み入れ、発病葉除去等の耕種の防除を徹底し、化学合成殺菌剤の散布回数を3割程度削減した場合、生育後半の葉における灰色かび病の発生はやや増加したが、果実では十分な防除効果が認められた。

謝 辞 本研究を実施するに当たり、大山忠夫氏（前農業総合センター）、鹿島地帯特産指導所小島和明技師、農業総合センター大野英昭副技師並びに永瀬昇副技師には圃場における栽培管理並びに現地調査を、また、福沢妙子氏、山口由梨子氏をはじめとして多くの方々には分析や調査において多大なご協力を頂きました。さらに、筑波郡伊奈町（現つくばみらい市）の飯野茂氏には快く現地圃場を提供して頂きました。ここに心より感謝申し上げます。

引用文献

- 林 茂・前野真一郎・木本隆啓・永田俊浩. 1997. 殺菌剤メパニピリムの開発. 日本農薬学会誌. 22: 165-175.
- 平田明靖・杉井信次・中島嘉秀・横溝完二. 1996. 新殺菌剤フルジオキシニルの灰色かび病に対する活性. 日植病報. 62(3): 317.
- 堀江博道・山田正和・中澤靖彦・合田健二・関谷銃造. 1997. 関東東山地域におけるジエトフェンカルブ混合剤耐性灰色かび病菌の発生状況. 関東東山病虫研報. 44: 91-95.
- 川根太. 2000. 微生物農薬（病害防除剤）の特性および開発の現状. 植物防疫. 54: 342-345.
- 中山喜一・合田健二・山田正和・中澤靖彦. 1997. 栃木県におけるジエトフェンカルブ混合剤耐性灰色かび病菌の発生. 関東東山病虫研報. 44: 103-105.
- 岡田清嗣. 2002. 大阪府における薬剤耐性菌への取り組み. 第12回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム講演要旨. 1-8.
- 佐藤允通・太田光輝・池田二三高・山田正和・中澤靖彦. 1997. 静岡県におけるジエトフェンカルブ混合剤耐性トマト灰色かび病菌の発生状況. 関東東山病虫研報. 44: 107-111.
- 田口義広. 2004. 果菜類灰色かび病防除のための *Bacillus subtilis* 剤の新しい処理法. 植物防疫. 5: 102-106.
- 田口義広・鈴木隆志・渡辺秀樹・大方則彦. 2000. 暖房機ダクトを利用した拮抗菌の散布によるキュウリ灰色かび病の防除. 関西病虫研報. 42:69-70.
- 竹内妙子. 1993. 千葉県で発生したベンズイミダゾール、ジカルボキシイミド、ジエトフェンカルブに多剤耐性を示す灰色かび病菌. 関東東山病虫研報. 40: 47-49.