高知県におけるピーマン黒枯病の発生と防除対策

高知県農業技術センター　下（しも）　元（もと）　祥（よし）　史（ふみ）

は じ め に

高知県におけるピーマンおよびシシトウガラシの栽培面積は計約150 haで，県の野菜類販売額の約16%と高い割合を占める基幹作物である。2004年1月に，高知県土佐市の施設栽培ピーマン・シシトウガラシの葉，茎および果実に斑点性の障害が発生した。詳細な病原菌の診断を行った結果，*Corynespora cassiicola*（Berkeley & M. A. Curtis）C. T. Weiによる日本では初発生の病害であることが明らかとなり，黒枯病（英名：Corynespora blight）と命名した（Shimomoto et al., 2008）。その後，本病害の発生は高知県全域へ拡大し，甚大な被害が発生している。さらに，高知県以外でも宮崎県，鹿児島県および大分県において発生が認められている（各県の病害虫発生予察特殊報を参照）。現在，筆者は本病害の発生生態の解明および防除対策の確立に取り組んでいるので，本稿ではこれまでに明らかとなった内容について紹介する。なお，本研究の一部は，高知大学農学部植物工学研究室との共同研究により得られた成果である。

I 病　　徴

本病害は地上部のあらゆる部分に病斑を形成する。葉では始めに黒褐色小斑点の病斑が形成され，しだいに拡大し，黒褐色の輪紋状または不整形の病斑となる。発病葉はしだいに黄化，落葉し，減収となる。茎では黒褐色のややくぼんだ病斑が形成されるとともにしばしば黒褐色ビロード状の菌叢が形成され，病斑より上位が枝枯れ（地際部に病斑が形成された場合には立ち枯れ）となる場合もある。果実および果梗にも黒褐色で斑点状の病斑が形成されることから，品質低下により出荷不能となる。

II 再 現 試 験

発病が認められたシシトウガラシ栽培圃場において罹病葉を採取し，病斑部から定法により糸状菌を分離後，単胞子分離により4分離菌株を得た。これらの菌株をPDA培地上で培養して形成させた分生子を滅菌水に懸濁し，シシトウガラシ（品種：土佐じしビューティー）に接種した結果，原病徴が再現され，さらに病斑部から接種菌と同じ形態的特徴をもつ菌が再分離された。なお，対照として滅菌水散布区を設けたが，発病は認められなかった。以上の結果から，これら分離菌株が本病の病原菌であると考えられた。

III 病原菌の同定

4分離菌株の形態を観察した。いずれの菌株も分生子柄は単生し，分枝せず褐色で，頂部がやや膨らみ，先端の分生子離脱痕から貫生による分生子柄の再伸長が認められた。分生子柄の基部に子座は認められなかった。分生子柄の大きさは365～1,425×5～8 μm，隔壁数は2～17であった。分生子は分生子柄の頂端より内出芽ポロ型に単生または鎖生し，淡褐色で倒棍棒形ないし円筒形，連鎖した分生子間には介在細胞が認められた。分生子は両端から発芽した。大きさは70～438×8～13 μmで，偽隔壁数は5～28であった。これらの形態的特徴をEllis（1957）の記述と比較した結果，4菌株はいずれも*C. cassiicola*と同定された。

さらに，4菌株のリボソームRNA遺伝子（rDNA）内のInternal transcribed spacer（ITS）領域（5.8S rDNAを含む）の塩基配列を解析した結果，4菌株の塩基配列は完全に一致し，BLAST検索を行った結果，*C. cassiicola*（FJ852714，FJ852716ほか）のITS領域と98%以上の相同性が認められ，形態による同定結果が支持された。

4菌株のPDA培地上での生育は10～35℃で認められ，28℃付近が最適温度であった。

培地上の菌叢は灰白色から灰黒色で，薄い気中菌糸が認められた。

IV 寄　生　性

高知県内のシシトウガラシ栽培圃場において採取した罹病葉より得られたピーマン黒枯病菌の単胞子分離2菌株を供試した。PDA培地上で培養して形成させた分生子を滅菌水に懸濁後，ポリエチレンポットで栽培したナス‘千両2号’，トマト‘桃太郎’，キュウリ‘ZQ－7’，シソ‘青縮緬シソ’，ダイズ‘白ダイズ’およびササゲ‘十六ササゲ’に十分量を噴霧接種した。25℃に設定した恒温室内

Occurrence and Control of Corynespora Blight on Sweet Pepper caused by *Corynespora cassiicola* in Kochi Prefecture.　By Yoshifumi Shimomoto
（キーワード：ピーマン，シシトウガラシ，黒枯病，発生生態，防除）

において多湿条件に2日間保った後，最高30℃，最低20℃に設定したガラス室内において7日間管理し，発病の有無を調査した。対照としてピーマン'京波'を供試した。その結果，ピーマンのほか，ナスおよびトマトに寄生性を有した。

C. cassiicola の寄生性については，広い寄生性を示す報告と宿主特異性を示す報告がある（Onesirosan et al., 1974；挟間ら，1993；Pereira et al., 2003；Dixon et al., 2009）。ピーマン黒枯病菌の寄生性は前者の特徴を示すと考えられた。

V　発　病　推　移

2006～07年に，高知県におけるシシトウガラシ栽培の主要作型である促成栽培されている4圃場（南国市1，2，3および香南市1）を対象に，定期的に黒枯病の発病状況を調査した。その結果，南国市1，2および3においては11～12月ころに発病が増加し，その後いったん減少したものの4～5月ころに再増加が認められた（図-1）。

その後の調査により，上記のような発病推移を示すピーマン・シシトウガラシ圃場が多く認められ（データ省略），その要因として施設内暖房機の稼働時間が関与していると考えられた。一般的に高知県の促成ピーマンにおける最低管理温度は18℃前後，促成シシトウガラシは21℃前後で高温管理作物に分類されることから，厳寒期の暖房機の稼働時間は低温管理作物と比較するとかなり長いと推察される。本病原菌の感染には結露の発生が極めて重要であるが（データ省略），長時間の暖房機稼働は葉面結露の発生を抑制し，その結果，黒枯病菌の発病も抑制されたものと考えられた。一方，南国市1，2および3において発病の増加が認められた時期は厳寒期と比較すると気温が高く暖房機の稼働時間も短い。その結果，葉面結露も発生しやすくなり，発病が増加したと考えられた。

VI　薬　剤　防　除

1　有効薬剤の探索（予防効果）

ポリエチレンポットで栽培したピーマン'京波'またはシシトウガラシ'ししほまれ'に各薬剤を十分量散布して風乾させた後，薬剤散布同日に黒枯病菌を噴霧接種する方法により薬剤の予防効果を検討した。なお，供試薬剤およびその散布濃度は表-1～3のとおりである。対照として滅菌水散布区を設けた。分生子懸濁液を噴霧接種し，最高30℃，最低20℃に設定したガラス室内において2日間多湿条件に保った後，同ガラス室内において乾燥条件で管理した。接種7日後に株ごとの病斑数を調査し，平均病斑数から滅菌水散布区に対する防除価を算出した。その結果，ピーマンにおけるクレソキシムメチル水和剤3,000倍液，ボスカリド水和剤1,500倍液およびプロシミドン水和剤2,000倍液の散布並びにシシトウガラシにおけるクレソキシムメチル水和剤4,000倍液，塩基性硫酸銅水和剤（商品名：Zボルドー）500倍液，水酸化第二銅水和剤（商品名：コサイドDF，コサイドボルドー）1,000倍液，炭酸水素ナトリウム・銅水和剤750倍液，フェナリモル水和剤10,000倍液，チオファネートメチル水和剤10,000倍液，TPN水和剤10,000倍液およびプロシミドン水和剤5,000倍液の散布が防除価90以上と高い予防効果を示した（表-1，2，3）。なお，シ

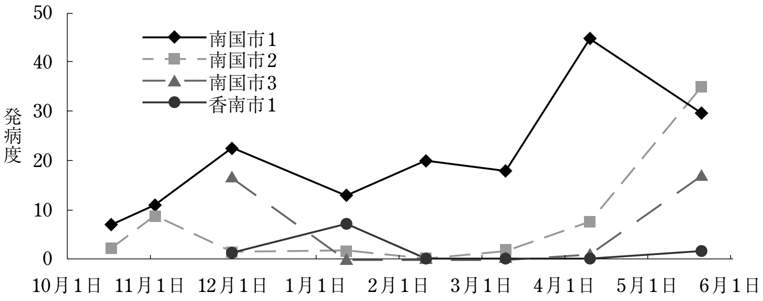

図-1　現地促成栽培シシトウガラシにおける黒枯病の発病推移（2006～07）
各圃場ともあらかじめ定めた25株×2箇所について，以下に従い指数別に発病程度を調査後，発病度を算出した．発病指数0：発病なし，1：病斑は数葉に認められる程度でわずかである，2：株全体に病斑が散見される，3：株全体で発病し，黄化した葉も認められる，4：株全体で発病し，落葉が認められる．発病度＝Σ（発病指数別株数×発病指数）/（総調査株数×4）×100.

シシトウガラシにおけるチオファネートメチル水和剤，TPN水和剤およびプロシミドン水和剤は農薬登録されていなかったことから，登録取得へ向けて島本（2007）を参考に残留基準値をクリアできる濃度に設定したため，高希釈倍率での試験となったが，高い防除効果が認められた。さらに，チオファネートメチル水和剤10,000倍液およびプロシミドン水和剤5,000倍液の散布は圃場試験においても高い防除効果が認められた（データ省略）。また，バチルス ズブチリスの4製剤においては効果に差が認められ，QST−713株水和剤（商品名：インプレッション水和剤）の防除効果が最も高かった（表−3）。

表−1　ピーマン黒枯病に対する薬剤の予防効果（試験1）[a]

供試薬剤	希釈倍数	平均病斑数[b]	防除価
クレソキシムメチル水和剤	3,000	1.8	99.0
ボスカリド水和剤	1,500	1.8	99.0
プロシミドン水和剤	2,000	2.4	98.6
水散布（対照）	—	172.8	—

[a] ピーマン（京波）を供試．[b] 5株の平均病斑数．

2　有効薬剤の探索（治療効果）

ポリエチレンポットで栽培したシシトウガラシ‘ししほまれ’に対して予防効果試験と同様に黒枯病菌を接種後，最高30℃，最低20℃に設定したガラス室内において2日間多湿条件に保った。目視により発病していないことを確認後，予防効果の評価試験において防除価が90以上であった表−4の薬剤を十分量散布した。その後

表−2　ピーマン黒枯病に対する薬剤の予防効果（試験2）[a]

供試薬剤（商品名）	希釈倍数	平均病斑数[b]	防除価
クレソキシムメチル水和剤	4,000	0.3	99.8
炭酸水素カリウム水和剤	800	101.7	48.7
炭酸水素ナトリウム水溶剤	800	25.3	87.2
シアゾファミド水和剤	2,000	84.7	57.2
硫黄水和剤（イオウフロアブル）	500	32.0	83.8
塩基性硫酸銅水和剤（Zボルドー）	500	10.3	94.8
水酸化第二銅水和剤（コサイドDF）	1,000	1.3	99.3
水酸化第二銅水和剤（コサイドボルドー）	1,000	2.7	98.6
炭酸水素ナトリウム・銅水和剤	750	0.0	100.0
トリフルミゾール水和剤	4,000	127.7	35.5
トリアジメホン水和剤	2,000	46.3	76.6
ミクロブタニル水和剤	4,000	104.3	47.3
フェナリモル水和剤	10,000	17.7	91.1
水散布（対照）	—	198.0	—

[a] シシトウガラシ（ししほまれ）を供試．[b] 3株の平均病斑数．

表−3　ピーマン黒枯病に対する薬剤の予防効果（試験3）[a]

供試薬剤（商品名）	希釈倍数	平均病斑数[b]	防除価
チオファネートメチル水和剤	10,000	0.5	99.4
TPN水和剤	10,000	4.3	94.8
プロシミドン水和剤	5,000	4.5	94.5
バチルス ズブチリスQST−713株水和剤（インプレッション水和剤）	500	23.5	71.4
バチルス ズブチリスD747株水和剤（エコショット）	1,000	69.8	15.2
バチルス ズブチリスY1336株水和剤（バイオワーク水和剤）	1,000	50.8	38.3
バチルス ズブチリスMBI600株水和剤（ボトキラー水和剤）	1,000	51.8	37.1
水散布（対照）	—	82.3	—

[a] シシトウガラシ（ししほまれ）を供試．[b] 4株の平均病斑数．

は同ガラス室内で管理した。対照として滅菌水を散布したほかは同様に管理したシシトウガラシを供試した。薬剤散布7日後に株当たりの病斑数を調査し，平均病斑数から滅菌水散布区に対する防除価を算出した。その結果，各薬剤の防除価は20.4～47.5となり，防除効果は認められたがその程度は予防効果と比較すると低かった（表-4）。以上の結果から，薬剤防除に際しては予防的に散布することが重要であると考えられた。

3　薬剤防除試験

シシトウガラシは，ピーマンと比較して登録農薬が少ないことから防除に苦慮することが多い。そこで2007年に，高知県内の雨よけ栽培シシトウガラシ2圃場において，前項の予防効果試験で防除効果の高かった炭酸水素ナトリウム・銅水和剤およびクレソキシムメチル水和剤の散布による防除試験を実施した。なお，いずれの圃場も前作では黒枯病が多発生していた。その結果，圃場1は8月以降やや発病が増加したものの，徹底した薬剤防除により，実害はないと思われる程度の発病であった。一方，圃場2は圃場1と比較して初期の防除回数が少なかったことから初発が1か月程度早く，また7月以降発病が増加傾向になると薬剤を散布しても発病を抑制することが困難となり，最終的には甚発生となった（図-2）。以上の結果から，薬剤防除により高い効果を得るためには，発病前から2～3回/月程度の散布が必要であろうと考えられた。

4　耕種的防除との組合せ

2008年に前項と同じ圃場において試験を実施した。いずれの圃場も炭酸水素ナトリウム・銅水和剤およびクレソキシムメチル水和剤を散布するとともに，圃場1においては罹病葉を早期に除去した。その結果，圃場1に

表-4　ピーマン黒枯病に対する各種薬剤の治療効果[a)]

供試薬剤（商品名）	希釈倍数	平均病斑数[b)]	防除価
クレソキシムメチル水和剤	4,000	38.7	47.5
塩基性硫酸銅水和剤（Zボルドー）	500	41.3	43.9
水酸化第二銅水和剤（コサイドDF）	1,000	46.3	37.1
プロシミドン水和剤	5,000	47.7	35.3
フェナリモル水和剤	10,000	49.0	33.5
チオファネートメチル水和剤	10,000	49.7	32.6
ボスカリド水和剤	1,000	51.3	30.3
炭酸水素ナトリウム・銅水和剤	750	58.7	20.4
水散布（対照）	—	73.7	—

[a)] シシトウガラシ（ししほまれ）を供試．[b)] 3株の平均病斑数．

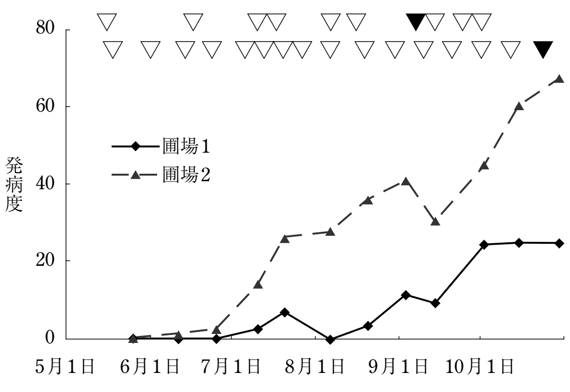

図-2　現地雨よけ栽培シシトウガラシにおける黒枯病の薬剤防除試験（2007）
▽は炭酸水素ナトリウム・銅水和剤1,000倍液，▼はクレソキシムメチル水和剤4,000倍液の散布を示す．また，薬剤散布記号の下段は圃場1における薬剤散布，上段は圃場2における薬剤散布を示す．調査方法は図-1の脚注を参照．

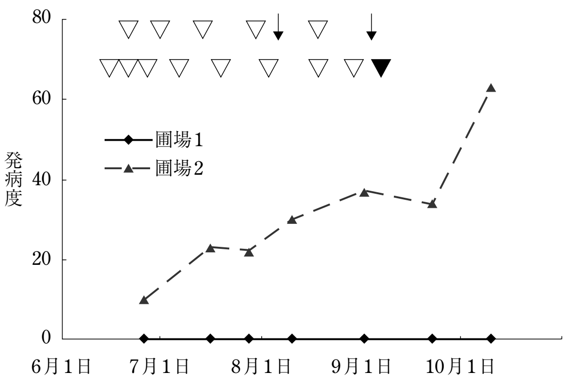

図-3　現地雨よけ栽培シシトウガラシにおける黒枯病の薬剤および耕種的防除試験（2008）
▽は炭酸水素ナトリウム・銅水和剤1,000倍液，▼はクレソキシムメチル水和剤4,000倍液，↓は両剤の混合液の散布を示す．また，薬剤散布記号の下段は圃場1における薬剤散布，上段は圃場2における薬剤散布を示す．調査方法は図-1の脚注を参照．

表-5　ピーマン黒枯病菌に対する4薬剤の感受性

調査菌株数	菌株採取圃場数	耐性菌株数（耐性菌発生圃場数）			
		チオファネートメチル[a]	ジエトフェンカルブ[b]	QoI剤[c]	ボスカリド[d]
67	27	5（2）	0（0）	33（13）	0（0）

[a] 狭間（1998）に準じて実施．[b] 狭間（1998）に準じて実施．[c] Ishii et al.（2007）に準じて実施．[d] Miyamoto et al.（2009）に準じて実施．

おいては調査時には全く発病が認められず，また栽培上，葉を除去することによる問題も認められなかった。一方，圃場2では発病は増加傾向で推移し，最終的には甚発生となった（図-3）。以上の結果から，罹病葉すなわち2次伝染源の除去は防除対策として有効であると考えられた。

Ⅶ 薬剤耐性

2007年および08年に，高知県内のピーマンおよびシシトウガラシ27圃場において罹病葉を採取し，病斑上の分生子を直接単胞子分離することにより得られた67菌株を供試した。

チオファネートメチルに対する感受性検定は，市販のチオファネートメチル水和剤を用いた平板希釈法（狭間，1998）により実施した。なお，検定濃度は10 ppmおよび100 ppmとした。その結果，供試した67菌株中2圃場で採取された5菌株が耐性菌と判定された（表-5）。

ジエトフェンカルブに対する感受性検定は，住友化学株式会社提供のジエトフェンカルブ水和剤を用いて前項と同様に実施した。検定にはチオファネートメチルの感受性検定において耐性菌と判定された菌株のみを供試した。なお，検定濃度は10 ppmとした。その結果，いずれの菌株も感受性菌と判定された（表-5）。

QoI剤に対する感受性検定は，Ishii et al.（2007）の方法に準じてPCR-RFLPにより実施した。その結果，供試した67菌株中13圃場で採取された33菌株が耐性菌と判定された（表-5）。

ボスカリドに対する感受性検定は，市販のボスカリド水和剤を用いた平板希釈法（Miyamoto et al., 2009）により実施した。なお，検定濃度は30 ppmとした。その結果，いずれの菌株も感受性菌と判定された（表-5）。

また，ポリエチレンポットで栽培したピーマン‘京波’に，チオファネートメチル水和剤1,500倍液，クレソキシムメチル水和剤3,000倍液および対照の滅菌水それぞれをハンドスプレーで十分量散布し，風乾させた後，チオファネートメチルおよびQoI剤に対して耐性菌と判定された各2菌株および感受性菌と判定された各1菌株の分生子懸濁液を噴霧接種した。接種後は25℃に設定した恒温室内において多湿条件に2日間保った後，最高30℃，最低20℃に設定したガラス室内で管理し，接種10日後に株ごとの発病程度を調査した。その結果，いずれの薬剤でも感受性菌に対しては高い防除効果が認められたが，耐性菌に対してはほとんど効果が認められなかった（表-6）。

表-6　薬剤感受性の異なるピーマン黒枯病菌に対するチオファネートメチル水和剤およびクレソキシムメチル水和剤の防除効果

供試薬剤	感受性検定結果	平均発病指数[a]	
		薬剤散布区	滅菌水散布区
チオファネートメチル水和剤	耐性菌	4.0	4.0
		4.0	4.0
	感受性菌	1.0	3.5
クレソキシムメチル水和剤	耐性菌	4.0	4.0
		4.0	4.0
	感受性菌	1.0	3.5

[a] 各区ピーマン（京波）2株を供試し，株ごとに以下の指数別に発病程度を調査後，平均発病指数を算出．発病指数0：発病なし，1：一部の葉にわずかに病斑が認められる，2：株全体に病斑が認められ，全葉面積に対する病斑面積率が3分の1未満である，3：株全体に病斑が認められ，全葉面積に対する病斑面積率が3分の1以上である，4：株全体に病斑が認められ，全葉面積に対する病斑面積率が3分の1以上で，かつ落葉も認められる．

以上の結果より，ピーマン黒枯病菌において，チオファネートメチルおよびQoI剤に対する耐性菌の発生が初めて確認された。しかし，チオファネートメチルに対する耐性菌率は約7%と低かったことから，現在のところは大部分の圃場において本剤を使用した防除は有効であると考えられた。一方，QoI剤の耐性菌率は約49%とかなり高かった。さらに，QoI剤の作用点であるチトクロームタンパク質をコードするミトコンドリアDNA

のチトクローム *b* 遺伝子がヘテロプラスミーになっているために，感受性菌と判定された菌株には耐性菌が含まれている可能性があり，実際の耐性菌率はさらに高い可能性がある（Ishii et al., 2007）。生物検定結果より，耐性菌に対するクレソキシムメチルの防除効果はほとんど期待できないことから，QoI 剤の使用にあたっては注意が必要である。

お わ り に

本研究により，高知県のピーマン・シシトウガラシに発生した病害の病原菌が同定され，さらに薬剤防除を中心にした防除法が確立された。また，農薬の登録促進も図られ，現在ではピーマンおよびシシトウガラシそれぞれにおいて複数の薬剤が本病を対象に登録されている。一方，ピーマン黒枯病菌と病原菌種が同一であるキュウリ褐斑病菌，トマト褐色輪紋病菌およびナス黒枯病菌では，複数の薬剤に対して耐性菌が高率に発生していることが報告されている（狭間，1991；狭間・佐藤，1996；伊達ら，2004 a；2004 b；竹内ら，2006；下元ら，2009）。ピーマン黒枯病菌においても，前項で報告したように既に QoI 剤に対して高率に耐性菌が発生しているが，今後はさらに他の薬剤に対しても耐性菌が発生して防除が困難になる可能性がある。また，高知県のピーマン・シシトウガラシ栽培での害虫防除においては天敵などを利用した IPM 技術の導入が進んでおり，病害防除に関しても薬剤のみに頼らない総合的な防除法の確立が望まれている。そこで筆者らは黒枯病菌の感染条件を解明し，その結果を基にした植物体の葉面結露制御による発病抑制技術の確立に取り組んでいる（下元ら，2008）。また，抵抗性品種の育成に向けた研究も実施しており（下元ら，2010），今後これらの技術が早期に確立され，効率的な黒枯病防除が可能になることが望まれる。

引 用 文 献

1）伊達寛敬ら（2004 a）：日植病報 **70**：7 ～ 9.
2）―――ら（2004 b）：同上 **70**：10 ～ 13.
3）Dixon, L. J. et al.（2009）：Phytopathology **99**：1015 ～ 1027.
4）Ellis, M. B.（1957）：CMI Mycol. Pap. **65**：1 ～ 16.
5）狭間　渉（1991）：日植病報 **57**：312 ～ 318.
6）―――ら（1993）：同上 **59**：50.
7）―――・佐藤通浩（1996）：九病虫研会報 **42**：26 ～ 30.
8）―――（1998）：植物病原菌の薬剤感受性検定マニュアル：46 ～ 49.
9）Ishii, H. et al.（2007）：Phytopathology **97**：1458 ～ 1466.
10）Miyamoto, T. et al.（2009）：Plant Pathology **58**：1144 ～ 1151.
11）Onesirosan, P. T. et al.（1974）：Phytopathology **64**：1364 ～ 1367.
12）Pereira, J. M. et al.（2003）：Biological Control **26**：21 ～ 31.
13）島本文子（2007）：高知農技セ研報 **16**：31 ～ 38.
14）Shimomoto, Y. et al.（2008）：J. Gen. Plant Pathol. **74**：335 ～ 337.
15）下元祥史ら（2008）：日植病報 **74**：70.
16）―――ら（2009）：四国植防 **44**：印刷中.
17）―――ら（2010）：日植病報 **76**：印刷中.
18）竹内妙子ら（2006）：関東東山病虫研報 **53**：55 ～ 60.

好評発売中 **天敵生物等に対する化学農薬の影響評価法**

植物防疫特別増刊号 No.9　　社団法人 日本植物防疫協会　編　B5 判　158 ページ　口絵カラー
価格 5,040 円（本体 4,800 円＋税）　送料 80 円（メール便）

天敵昆虫，天敵微生物，訪花昆虫，蚕などに対する化学農薬の影響を評価するための実験手法を，国内の第一人者が詳しく解説しました。IPM 実践のため，生物農薬や土着天敵そして訪花昆虫と，化学農薬を上手に組み合わせるための裏付けとなるデータ取得に必携です。

■掲載生物種

タマゴバチ類，オンシツツヤコバチ，マメハモグリバエの寄生蜂，アブラバチ類，土着のアブラバチ，クサカゲロウ類，テントウムシ，ヒメハナカメムシ類，クモ・メクラガメ等，イトトンボオオメカメムシ，ハネカクシ，チリカブリダニ，ケナガカブリダニ類，ククメリスカブリダニ，コハリダニ，昆虫病原性線虫（スタイナーネマ），線虫寄生性細菌（パスツーリア），糸状菌製剤ミツバチ，マルハナバチ，カイコ

お問い合わせとご注文は
社団法人　日本植物防疫協会　出版情報グループ　〒 170-8484 東京都豊島区駒込 1-43-11
郵便振替口座 00110-7-177867　TEL 03-3944-1561　FAX 03-3944-2103
ホームページ　http://www.jppa.or.jp/　メール：order@jppa.or.jp