ミニレビュー

天敵糸状菌（メタリジウム粒剤）利用による 施設ナス・キュウリの微小害虫の防除[#]

柴 尾 学*

(地独)大阪府立環境農林水産総合研究所

(2014年11月26日受理)

Control of melon thrips, *Thrips palmi* Karny, sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Gennadius) and legume leafminer, *Liriomyza sativae* Blanchard on greenhouse eggplant and cucumber by a granule formulation of an entomopathogenic fungus, *Metarhizium anisopliae*

Manabu SHIBAO

Research Institute of Environment, Agriculture and Fisheries, Osaka Prefecture, Habikino, Osaka 583-0862, Japan

Keywords: *Metarhizium anisopliae*, granule formulation, melon thrips, sweetpotato whitefly, legume leafminer, greenhouse eggplant and cucumber.

はじめに

メタリジウム属 (*Metarhizium*) 糸状菌は世界的に広く分布する昆虫病原性糸状菌で、土壌に存在する常在菌である¹⁾。分生子は昆虫の体表に付着して発芽し、感染した昆虫は2~3日で死に至る。湿度が十分である場合、感染、死亡した昆虫の体表に菌糸が発生し、その表皮が濃緑色~暗緑色の胞子塊で覆われることから、黒きょう病菌とも呼ばれている。日本ではこれまでに、本菌の利用によるコガネムシ類²⁾、アリモドキゾウムシ³⁾、クリシギゾウムシ⁴⁾などの防除試験事例が報告されている。

アリスタライフサイエンス(株)ではメタリジウム菌を新

規微生物殺虫剤として製剤化した。本剤（一般名：メタリジウム・アニソプリエ粒剤，商品名：パイレーツ粒剤，以下、メタリジウム粒剤とする）はメタリジウム・アニソプリエSMZ-2000株（ 1×10^7 CFU/g）を含み、2014年2月にナス（施設栽培）、キュウリ（施設栽培）、ピーマン（施設栽培）のアザミウマ類に対して農薬登録された。破碎米の表面をメタリジウム菌の分生子でコーティングした粒剤タイプの製剤で、アザミウマ類の発生前~発生初期に5g/株（5kg/10a）を作物の株元に散布する。アザミウマ類の老熟幼虫は蛹になるために作物の茎葉部から土壌に落下する性質がある。土壌表面で増殖したメタリジウム菌が落下してくるアザミウマ類幼虫を待ち伏せし、感染により短期間で死亡させる。これまでに、ミナミキイロアザミウマ⁵⁾、ミカンキイロアザミウマ⁶⁾、ヒラズハナアザミウマなどで防除効果が確認されている。

著者はメタリジウム粒剤の利用による施設ナスおよびキュウリのミナミキイロアザミウマの防除効果について調査する

[#] 第39回大会シンポジウムをとりまとめた総説

* 〒583-0862 大阪府羽曳野市尺度442

E-mail: shibao@mbox.kannousuiken-osaka.or.jp

© 日本農薬学会

図1. ミナミキイロアザミウマ成虫.

図3. タバココナジラミ成虫.

図2. トマトハモグリバエ成虫.

図4. ソラマメ葉片浸漬法. 試験容器内面とソラマメ葉片を供試薬液に30秒間浸漬した後、ろ紙上で風乾し、容器に供試虫とろ紙片、上記のソラマメ葉片を入れた後、開口部を薄膜フィルムで覆った.

とともに、トマトハモグリバエやタバココナジラミの発生に及ぼす影響についても調査した. 本稿ではこれらの結果を紹介するとともに、効果的な利用方法を検討する.

1. ナス・キュウリに被害を及ぼす微小害虫

ミナミキイロアザミウマ *Thrips palmi* Karny (図1) は1978年に海外より侵入した害虫で⁷⁾、ナスやキュウリの葉や果実の加害により収量や品質を低下させる⁸⁾. また、メロン黄化えそウイルス (MYSV) を媒介し、キュウリでは黄化えそ病を発生させる⁹⁾. 本種は多くの殺虫剤に対して抵抗性を発達させており、近年ではネオニコチノイド系殺虫剤や、クロルフェナピル剤、スピノサド剤などに対する感受性低下が報告されている¹⁰⁻¹²⁾. トマトハモグリバエ *Liriomyza sativae* Blanchard (図2) は1999年に海外より侵入した害虫で¹³⁾、幼虫はナスやキュウリの葉に潜孔し、発生が著しい場合には上位葉まで葉が白化する¹⁴⁾. タバココナジラミ *Bemisia tabaci* (Gennadius) (図3) も海外から侵入した害虫で、1989年頃に侵入したタバココナジラミバイオタイプB¹⁵⁾に加えて、2004年にはタバココナジラミバイオタイプQの発生が確認されている¹⁶⁾. 本種はナスやキュウリの葉の加

害により生育を抑制するとともに、すす病の発生を引き起こす¹⁷⁾. これらの害虫も多くの殺虫剤に対して抵抗性を発達させている¹⁸⁻²²⁾.

2. ミナミキイロアザミウマに対する各種薬剤の殺虫効果

大阪府内のミナミキイロアザミウマに対する各種殺虫剤の効果の現状を把握するため、4地域で本種を採集し、14薬剤の効果进行调查した²³⁾. 供試個体群は2011年10月に大阪府羽曳野市の環境農林水産総合研究所 (以下、研究所) 内の施設キュウリから採集した個体群 (以下、羽曳野個体群)、2012年6月に河南町の施設ナスより採集した個体群 (以下、河南個体群)、2012年8月に泉佐野市の施設ナスより採集した個体群 (以下、泉佐野個体群)、2012年9月に貝塚市の露地ナスより採集した個体群 (以下、貝塚個体群) を用いた. これらはソラマメ催芽種子を餌として累代飼育し、2012年11月~2013年1月に得られた雌成虫を供試した.

試験はソラマメ葉片浸漬法²⁴⁾により行った. 供試薬剤を

表1. ミナミキイロアザミウマに対する各種薬剤の殺虫効果（処理2日後）

薬剤系統	供試薬剤（希釈倍数）	羽曳野個体群 ^a （施設キュウリ）		河南個体群 ^b （施設ナス）		泉佐野個体群 ^c （施設ナス）		貝塚個体群 ^d （露地ナス）	
		供試虫数	補正死亡率（%）	供試虫数	補正死亡率（%）	供試虫数	補正死亡率（%）	供試虫数	補正死亡率（%）
アベルメクチン系	エマメクチン安息香酸塩乳剤(2,000)	35	94.1	38	100	33	100	33	100
スピノシン系	スピノサド顆粒水和剤(2,500)	38	67.1	36	25.2	30	65.5	33	18.4
	スピネトラム SC (2,500)	35	88.1	32	48.2	34	72.6	34	60.4
ネオニコチノイド系	アセタミプリド水溶剤(2,000)	35	40.5	37	27.2	34	29.9	34	14.7
	イミダクロプリド水和剤(2,000)	36	39.3	38	40.0	38	23.7	33	31.0
	クロチアニジン水溶剤(2,000)	37	57.8	38	45.5	36	45.3	40	53.4
	ジノテフラン顆粒水溶剤(2,000)	34	44.9	38	50.9	35	49.7	35	37.9
	チアメトキサム顆粒水溶剤(2,000)	33	30.6	33	46.6	33	27.8	33	27.8
	ニテンピラム水溶剤(2,000)	38	28.8	36	59.7	35	20.1	32	28.8
	シペルメトリン乳剤(1,000)	33	5.4	35	29.0	33	21.5	36	31.0
ピレスロイド系	アセフェート水和剤(1,000)	34	5.1	34	2.5	31	3.1	35	0
その他の系統	ピリダリルフロアブル(1,000)	36	94.2	36	56.8	36	59.7	41	1.5
	クロルフェナビルフロアブル(2,000)	33	18.0	33	27.8	36	22.3	32	19.1
	トルフェンピラド乳剤(1,000)	36	30.6	31	53.2	38	70.0	32	54.7
—	無処理	51	3.9 ^e	58	3.4 ^e	58	3.4 ^e	58	3.4 ^e

^a2011年10月5日採集, ^b2012年6月27日採集, ^c2012年8月1日採集, ^d2012年9月11日採集, ^e実際の死亡率. 浜崎ら（2014）を一部改変して引用.

所定倍率に希釈し、いずれも展着剤を加用した。試験容器内面とソラマメ葉片を供試薬液に30秒間浸漬した後、ろ紙上で風乾した。試験容器に供試虫とろ紙片、上記のソラマメ葉片を入れた後、開口部を薄膜フィルムで覆い（図4）、処理2日後に生存虫と死亡虫を計数した。殺虫効果は補正死亡率により判断し、90%以上で「高い」、70%以上90%未満で「認められる」、70%未満で「低い」とした。

試験の結果、いずれの地域個体群でも高い殺虫効果を示したのはエマメクチン安息香酸塩乳剤のみであった（表1）。ピリダリルフロアブルは羽曳野個体群では高い殺虫効果を示したが、他の地域での殺虫効果は低かった。また、スピネトラムSCは羽曳野個体群と泉佐野個体群で、トルフェンピラド乳剤は泉佐野個体群のみで殺虫効果が認められたが、他の地域個体群ではいずれも殺虫効果が低かった。他の薬剤は、いずれの地域でも殺虫効果が低い結果となった。以上の結果から、今回供試したほとんどの薬剤は大阪府内4地域のミナミキイロアザミウマ個体群に対して効果が低く、エマメクチン安息香酸塩乳剤のみが有効であることが明らかになった。しかし、エマメクチン安息香酸塩乳剤のみが連用されることになれば、今後、感受性の低下を招く可能性があるため、殺虫剤のみに依存しない防除体系を早急に確立する必要がある。

図5. 施設ナスにおけるメタリジウム粒剤の処理. 白色のつぶが処理された薬剤.

3. 半促成栽培ナスにおけるメタリジウム粒剤の防除効果

大阪府の施設ナスは、12月～翌年3月に定植し、3～8月に収穫する半促成栽培が主な作型である。一般には12～4月に内張りカーテンを施して施設内を保温し、気温の上昇に合わせてビニルを開閉して施設内の温度を調整する。

2011年に研究所内の施設ナスにおいて、メタリジウム粒剤処理による防除試験を行った²⁵⁾。施設開口部に防虫ネット（目合1mm）を展張し、処理区では4月8日にメタリジ

図6. 施設ナスにおける稲わらマルチ。稲わらマルチにより保湿してメタリジウム菌の繁殖を促した。

図7. 施設ナスにおけるメタリジウム粒剤処理によるミナミキイロアザミウマの防除試験 (2011年, 羽曳野市研究所内)。ナス品種: 千両二号, 定植日: 2011年4月7日, 矢印はメタリジウム粒剤処理 (2011年4月8日), 両区とも防虫ネット (目合い1mm) を展張した。垂線は標準誤差を示す。柴尾 (2014) を一部改変して引用した。

ウム粒剤 (1×10^7 CFU/g) を $5\text{kg}/10\text{a}$ となるように均一に株元処理した (図5)。なお, 施設は降雨が遮断されるため, 灌水チューブを用いて畝表面に散水するとともに, 株元を稲わらでマルチし (図6), メタリジウム菌の繁殖を促した。試験期間中にカンザワハダニの発生がみられたため, 4月21日にシエノピラフェン水和剤2,000倍液, 5月6日にシフルメトフェン水和剤1,000倍液を散布した。試験の結果, ミナミキイロアザミウマの密度 (葉あたりの生息虫数) は成虫および幼虫とも処理区が無処理区より低く抑えられ, とくに成虫の密度は低く推移した (図7)。6月2日の幼虫密度は処理区が無処理区の48%となり, メタリジウム粒剤処理について, 程度はやや低いものの防除効果が認められた。なお, 処理区施設の試験期間中の最高気温は $20.9 \sim 40.6^\circ\text{C}$, 平均気温は $15.1 \sim 27.1^\circ\text{C}$, 最低気温は $3.0 \sim 20.4^\circ\text{C}$ であった。

4. 抑制栽培キュウリにおけるメタリジウム粒剤の防除効果

大阪府の施設キュウリは, 8月に定植し, 9~11月に収穫

図8. 施設キュウリにおけるメタリジウム粒剤の処理。メタリジウム菌の菌糸の発生により暗緑色に変色。

図9. 施設キュウリにおけるメタリジウム粒剤処理によるミナミキイロアザミウマの防除試験 (2012年, 羽曳野市研究所内)。キュウリ品種: つばき, 定植日: 2012年9月7日, 矢印はメタリジウム粒剤処理 (2012年9月7日), 両区とも防虫ネット (目合い1mm) を展張した。垂線は標準誤差を示す。柴尾ら (2013) を一部改変して引用した。

する抑制栽培が主な作型である。一般に, 気温の低下に合わせて側窓ビニルを開閉して施設内の温度を調整し, 内張りには施さない。

2012年に研究所内の施設キュウリにおいて, メタリジウム粒剤処理による防除試験を行った⁵⁾。施設開口部に防虫ネット (目合い1mm) を展張し, 処理区では9月7日にメタリジウム粒剤 (1×10^7 CFU/g) を $5\text{kg}/10\text{a}$ となるように均一に株元周囲に処理した (図8)。施設ナスと同様に, 灌水チューブで畝表面に散水して土壌を十分湿らせ, メタリジウム菌の繁殖を促した。試験期間中, 他の農薬は使用しなかった。試験の結果, ミナミキイロアザミウマの密度 (葉あたりの生息虫数) は成虫および幼虫とも処理区が無処理区より低く抑えられ, とくに成虫の密度は低く推移した (図9)。10月12日の幼虫密度は処理区が無処理区の17%となり, メタリジウム粒剤処理による防除効果が認められた。また, タバココナジラミの密度 (葉あたりの生息虫数) は成虫および幼虫とも処理区が無処理区と同等ないしやや低く推移した (図10)。さらに, トマトハモグリバエ幼虫の食害痕数 (株あた

図10. 施設キュウリにおけるメタリジウム粒剤処理によるタバコナジラミの防除試験 (2012年, 羽曳野市研究所内). キュウリ品種: つばさ, 定植日: 2012年9月7日, 矢印はメタリジウム粒剤処理 (2012年9月7日), 両区とも防虫ネット (目合い1mm) を展張した. 垂線は標準誤差を示す. 柴尾ら (2013) を一部改変して引用した.

図11. 施設キュウリにおけるメタリジウム粒剤処理によるトマトハモグリバエの防除試験 (2012年, 羽曳野市研究所内). キュウリ品種: つばさ, 定植日: 2012年9月7日, メタリジウム粒剤処理: 2012年9月7日, 両区とも防虫ネット (目合い1mm) を展張した. 垂線は標準誤差を示す. 柴尾ら (2013) を一部改変して引用した.

りの被害痕数)は処理区が無処理区のほぼ半数で推移した (図11). 10月19日の被害痕数は処理区が無処理区の49%となり, メタリジウム粒剤処理について, 程度はやや低いものの防除効果が認められた. なお, 処理区施設の試験期間中の最高気温は18.4~49.9°C, 平均気温は15.8~31.0°C, 最低気温は8.4~23.8°Cであった.

5. メタリジウム粒剤とスワルスキーカブリダニの併用

大阪府の泉州地域の半促成栽培水ナスでは, ミナミキイロアザミウマ, タバコナジラミ, チャノホコリダニの防除を目的とした捕食性天敵スワルスキーカブリダニの導入が進んでいる.

2013年に研究所内の施設ナスにおいて, メタリジウム粒剤の処理とスワルスキーカブリダニの放飼を併用したIPM体系による防除試験を行った²⁵⁾. 施設開口部に防虫ネット

図12. 施設ナスにおけるメタリジウム粒剤処理およびスワルスキーカブリダニ放飼によるミナミキイロアザミウマの防除試験 (2013年, 羽曳野市研究所内). ナス品種: 小五郎, 定植日: 2013年1月29日, 実線矢印はメタリジウム粒剤処理 (2013年3月15日と5月2日), 点線矢印はスワルスキーカブリダニ放飼 (2013年4月9日), 両区とも防虫ネット (目合い1mm) を展張した. 垂線は標準誤差を示す. ▼はIPM区のミナミキイロアザミウマ対象薬剤散布, ▽は慣行防除区と同薬剤散布を示す. 柴尾 (2014) を一部改変して引用した.

(目合い1mm)を展張し, IPM区では3月15日と5月2日にメタリジウム粒剤 (1×10^7 CFU/g) を5kg/10aとなるように均一に株元処理するとともに, 4月9日にスワルスキーカブリダニのパック剤を200パック/10a (50,000頭/10a) 放飼した. なお, メタリジウム菌を繁殖させるため, 前述と同様に散水と稲わらマルチを施した. 試験の結果, IPM区では, ミナミキイロアザミウマの密度は成虫および幼虫とも慣行防除区より低く抑えられた (図12). 6月12日の幼虫密度は処理区が無処理区の2%となり, メタリジウム粒剤処理とスワルスキーカブリダニ放飼の併用による防除効果は高かった. また, ミナミキイロアザミウマに対する薬剤散布回数は慣行防除区では7回であったが, IPM区では4回となり, IPM区では薬剤散布回数を削減できた.

6. メタリジウム粒剤の効果的な利用法

施設ナスおよびキュウリにおけるメタリジウム粒剤の効果的な利用法は以下のとおりである.

最初に, 防虫ネットの展張が挙げられる. 本剤はその処理位置と作用機作から, 地表に落下したアザミウマ類幼虫や土中の蛹には有効だが, 成虫が本剤に直接触れて感染する機会は少ない. したがって, 施設周辺で発生したミナミキイロアザミウマ成虫が施設内に飛来侵入し, 作物上で産卵できる条件では防除効果を得にくい. 施設周辺の環境条件にも影響されるが, 成虫の飛来侵入を防止するため, 少なくとも目合い1mm以下の防虫ネットの展張が必要となる.

次に, 施設内の土壌表面の湿度条件である. 本剤は天敵糸状菌製剤であるため, 糸状菌による感染の場である土壌表面

が過度に乾燥する条件では防除効果を得にくい。したがって、畝面に灌水チューブなどを設置して土壌の乾燥を防ぐ必要がある。また、植穴タイプのビニルマルチを行う場合は植穴の部分に所定量のメタリジウム粒剤を散布し、畝の両側からビニルマルチを行う場合はマルチ資材の隙間にメタリジウム粒剤を散布する。稲わら等でマルチしてもよい。一方、メタリジウム菌の生育温度は15～35℃で、最適温度は25～28℃である。しかし、研究所の施設ナスおよびキュウリにおける試験事例では施設内の最高気温が49.9℃、最低気温が3.0℃となったにもかかわらず、防除効果への悪影響はなかった。一般的な施設栽培では施設内の極端な高温や低温が長時間継続することはほとんどないため、温度に対する特別な注意は必要ない。

最後に、スワルスキーカブリダニなど他の生物農薬との併用がある。本剤は土壌表面に処理するため、スワルスキーカブリダニなど株上に放飼する捕食性天敵に対する悪影響は少ないと予想され、併用が可能である。研究所の施設ナスにおける試験事例でも本剤とスワルスキーカブリダニの併用による防除効果が確認された。今後、スワルスキーカブリダニ以外の捕食性天敵についても併用の効果を確認する必要がある。

7. メタリジウム粒剤の今後の課題

メタリジウム粒剤の防除効果はこれまで植物体上のアザミウマ類の生息密度を調査することにより評価されており、圃場におけるアザミウマ類の感染率や土壌からの羽化阻止効果に関する知見はほとんどない。今後、これらを評価する簡易な方法を開発し、調査する必要がある。

メタリジウム粒剤に対しては各種薬剤、とくに殺菌剤による影響が十分明らかにされていない。本剤は土壌表面に処理するが、一般的な作物への薬剤散布では、条件によって程度の差があるものの、散布した農薬の大半が土壌表面に落下すると言われている。現在、本剤に対する各種殺菌剤および各種殺虫剤の影響を評価し、本剤に対して悪影響を及ぼす薬剤を明らかにしているところである。

現在のところ、メタリジウム粒剤の適用害虫はアザミウマ類のみである。ただし、今回の試験のようにトマトハモグリバエに対する防除効果も認められたことから、今後、土壌中で蛹化する微小害虫に対する防除効果を詳しく調査し、有効な害虫種については適用拡大する必要がある。

おわりに

ここまで、メタリジウム粒剤を利用した施設ナス・キュウリの微小害虫の防除効果と本剤の効果的な利用法を検討した。メタリジウム粒剤の価格は10a (5kg) 当たり税抜9,000

円である。価格はやや高いが、本剤の利用は化学合成薬剤の経費や防除労力の削減につながることは間違いない。今後も、施設ナスおよびキュウリにおいて、地域の病害虫発生状況、施設の形状、作型に応じたメタリジウム粒剤の実証試験を継続し、さらに利用価値の高いIPMプログラムに発展させる必要がある。

引用文献

- 1) 三国辰夫, 河上 清, 中山 緑: 日蚕雑51, 325-331 (1982).
- 2) T. Yokoyama, M. Hasegawa, A. Fujiie, M. Sawada and K. Noguchi: *Appl. Entomol. Zool. (Jpn.)* **33**, 215-218 (1998).
- 3) 鳥越博明, 和泉勝一, 山口卓宏: 九病虫研会報**46**: 101-106 (2000).
- 4) F. Ihara, M. Toyama and T. Sato: *Appl. Entomol. Zool. (Jpn.)* **38**, 461-465 (2003).
- 5) 柴尾 学, 山中 聡, 田中 寛: 関西病虫研報**55**, 13-16 (2013).
- 6) 宮田将秀, 宮本武彰, 山中 聡: 北日本病虫研報**63**, 181-183 (2012).
- 7) 工藤 巖: 植物防疫**35**, 285-288 (1981).
- 8) 河合 章: 応動昆**30**, 12-16 (1986).
- 9) 加藤公彦: 農業および園芸**75**, 103-107 (2000).
- 10) 古味一洋: 四国植防**36**, 53-56 (2001).
- 11) 古味一洋: 高知農技セ研報**12**, 21-25 (2003).
- 12) 柴尾 学, 岡田清嗣, 田中 寛: 関西病虫研報**49**, 85-86 (2007).
- 13) 岩崎暁生, 春日井健司, 岩泉 連, 笹川満廣: 植物防疫**54**, 142-147 (2000).
- 14) 徳丸 晋, 阿部芳久: 植物防疫**55**, 64-66 (2001).
- 15) 大戸謙二: 植物防疫**44**, 264-266 (1990).
- 16) 上田重文: 九病虫研会報**52**, 44-48 (2006).
- 17) 河名利幸: 農業グラフ **121**, 6-9 (1992).
- 18) 徳丸 晋, 栗田秀樹, 林田吉王, 石山正弘, 福井正男: 植物防疫**56**, 289-292 (2002).
- 19) 徳丸 晋, 栗田秀樹, 福井正男, 阿部芳久: 応動昆**49**, 1-10 (2005).
- 20) 徳丸 晋, 林田吉王: 応動昆**54**, 13-21 (2010).
- 21) 松浦 明: 今月の農業**50**(2), 57-61 (2006).
- 22) 樋口聡志: 今月の農業**50**(9), 84-88 (2006).
- 23) 浜崎健児, 柴尾 学, 田中 寛: 関西病虫研報**56**, 131-133 (2014).
- 24) 柴尾 学: 植物防疫**67**, 56-59 (2013).
- 25) 柴尾 学: 植物防疫**68**, 393-396 (2014).

略歴

柴尾 学 (しばお まなぶ)

生年月日: 1965年 (昭和40年) 10月13日

最終学歴: 岡山大学農学部卒, 博士 (農学)

研究テーマ: 農作物害虫の生態と防除, アザミウマのIPM

趣味: 愛犬との散歩, カラオケ