

生物的防除部会ニュース No. 5

平成9年4月1日発行

部会総会および講演会のご案内

早いもので、本部会が平成7年に発足して3回目の総会を迎えることになりました。

つきましては、下記の日程にて総会および講演会を開催いたしますので、会員の方々のご出席をお願い致します。

役員一同（代表 内藤 篤）

総 会

- 日 時 平成9年5月16日（金） 午後2時30分～5時
場 所 東京農業大学総合研究所（2階） 会議室
議 題 1. 平成8年度経過報告および会計報告
2. 平成9年度活動計画および予算案

講演会 上記総会に引き続き、同じ場所にて行います。

- 演題 1. 『天敵をどうすればうまく働かせることができるか』
農林水産省 農業環境技術研究所 矢野 栄二
- 演題 2. 『フェロモンによる害虫防除と天敵』
信越化学株式会社 小川 欽也

昆虫寄生性線虫による害虫の生物的防除

— 線虫利用の考え方から防除剤の実用まで —

(株)エス・ディ・エス バイオテック

山中 聡、木下正次

はじめに

昆虫寄生性線虫（いわゆる天敵線虫）とは昆虫を唯一の宿主として生活している土壌線虫であり、これを有効成分として害虫を防除する天敵線虫剤が開発された。天敵線虫剤の一つであるバイオセーフ^Rは、平成5年に農薬登録された天敵線虫スタイナーネマカーポカプサエ（*Steinernema carpocapsae*）を有効成分とする殺虫剤である。本稿では昆虫寄生性線虫の生物学的特性、殺虫活性及び作用機作について述べる。（バイオセーフは(株)エス・ディ・エス バイオテックの登録商標である）

昆虫寄生性線虫（天敵線虫）

地球上には膨大な種類の線虫が存在している。そのほとんどが動植物に無関係な自由生活種であり、わずかに植物或いは動物に寄生する種が生存している。また、全線虫の70%以上が土壌中に生息している。昆虫に何らかの形で関係を持つ線虫は、3000種程度であると言われているが、その中で昆虫に寄生して生活する線虫を昆虫寄生性線虫と呼んでいる。昆虫寄生性線虫には、昆虫体外でも世代を繰り返すことのできるもの（任意寄生性線虫）と、栄養摂取及び繁殖に昆虫を利用するもの（絶対寄生性線虫）とがある。後者の線虫の

中でラブディティータ目（Rhabditida）、スタイナーネマ科（Steinernemateidae）の線虫は宿主昆虫に侵入後、自らの体内に保持している共生細菌（*Xenorhabdus* sp.）を放出し、宿主に敗血症を引き起こさせて死亡させる。最近では、このように殺虫活性の本質が病原菌であることから、これらの線虫は昆虫病原性線虫とも呼ばれている。

スタイナーネマ科は、スタイナーネマ属及び、ヘテロラブディティス属の2属の線虫に分類され、この中でスタイナーネマ属線虫は、宿主昆虫に対し高い殺虫活性を有すること、培養における生産性及び実用化の鍵となる保存・輸送における安定性に優れていることから害虫の生物的防除資材（生物農薬）として注目されている。

現在までに17種のスタイナーネマ属線虫が報告されている。*S. carpocapsae*は1955年に発見されて以来、世界中に分布していることが分かっている。*S. glaseri*はコガネムシ幼虫に高い殺虫活性を示し、北米、南米、中国で見つかっている。最近発見された *S. riobrabis* は、幅広い寄主範囲を持ち、また高い温度にも耐え、昆虫に感染することが報告されている。また、*Neosteinernema* 属が新しく提唱されており、本線虫はシロアリに対し高い活性を持つことが分かっている。現在

表-1 これまでに報告されているスタイナーネマ属線虫

学名	命名年	分布地域(発見場所)	分離源
<i>S. kraussei</i>	1923	チェコスロバキア	<i>Cephalcia</i> sp. (Sawfly)
<i>S. glaseri</i>	1929	南/北アメリカ、中国、韓国	<i>Popillia japonica</i> (コガネムシ)
<i>S. feltiae</i>	1934	欧州、オーストラリア、ニュージーランド	Bibionidae larvae (ケバエの一種)
<i>S. affinis</i>	1937	デンマーク、ドイツ	Bibionidae larvae (ケバエの一種)
<i>S. carpocapsae</i>	1955	南/北アメリカ、オーストラリア、 ニュージーランド、日本	<i>Cydia pomonella</i> (ブドウの根のカミキリ)
<i>S. anomali</i>	1984	ロシア	<i>Anomala dubia</i> (コガネムシ)
<i>S. intermedia</i>	1985	ノースカロライナ(米国)	<i>G. mellonella</i> from soil sample (ヤガの一種)
<i>S. rara</i>	1986	アルゼンチン	<i>Heliothis</i> sp. (ヤガの一種)
<i>S. kushidai</i>	1988	日本	<i>Anogmus cuprea</i> (コガネムシ)
<i>S. ritteri</i>	1990	アルゼンチン	<i>G. mellonella</i> from soil sample (ヤガの一種)
<i>S. scapterisci</i>	1990	ウルグアイ、アルゼンチン	<i>Scapteriscus</i> (ケラウの一種)
<i>S. longicaudum</i>	1991	中国	
<i>S. neocurtillis</i>	1992	フロリダ(米国)	<i>Neocurtilla</i> (ケラウの一種)
<i>S. cubana</i>	1994	キューバ	<i>G. mellonella</i> from soil sample (ヤガの一種)
<i>S. puertoricensis</i>	1994	プエルトリコ	
<i>S. riobravisi</i>	1994	テキサス(米国)	<i>H. zea</i> from soil sample (ヤガの一種)
<i>S. bicornutum</i>	1995	ユーゴスラビア	<i>G. mellonella</i> from soil sample (ヤガの一種)
<i>Neosteinerinema longicurvicauda</i>	1994	フロリダ(米国)	<i>Reticulitermes flavipes</i> (シロアリ)

までに発見されたスタイナーネマ属線虫を表-1に示した。

昆虫寄生性線虫の殺虫作用機作

昆虫寄生性線虫の感染態3期幼虫は体表面が2期幼虫時代に表皮で覆われており、線虫のライフサイクルの中で唯一、宿主昆虫の体外で生活できるステージである。このステージの線虫は摂食活動を停止し、口及び肛門を閉じている。また、その腸内に共生細菌(*Xenorhabdus* 属)を保持している。写真-1はスタイナーネマ カーポカプサエの感染態3期幼虫を示す。

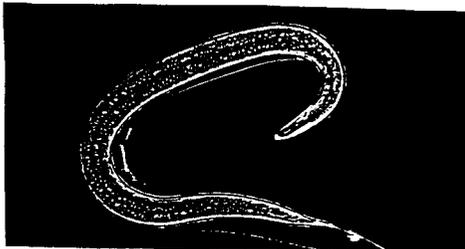


写真-1 スタイナーネマ カーポカプサエ 感染態3期幼虫

昆虫寄生性線虫の感染態3期幼虫は、図-1に示すように野外において、昆虫に遭遇すると開口部より体内に侵入し、中腸を経て血体腔に侵入する。ここで共生細菌を放出し、体液中における細菌の増殖により昆虫は線虫感染後48時間以内に死亡する。線虫は、増殖した共生細菌により分解された宿主の組織や細菌自身を摂食し第一世代へと成長し、さらに、2世代目を経て、その幼虫が感染態3期幼虫として昆虫体内に蔓延する。増殖した感染態3期幼虫は、最終的に昆虫体外に脱出し次の新しい宿主昆虫の探索活動に入る。

共生細菌は、昆虫の血液中で増殖し昆虫を殺すと共に、虫の体を分解して線虫に栄養を与え、さらに他の細菌の増殖を抑制するなど線虫の生活に必須である。

昆虫寄生性線虫の殺虫活性

現在報告されている室内における線虫の昆虫に対する感染性試験では、鱗翅目昆虫31科にわたり、鞘翅目昆虫21科、双翅目昆虫21科

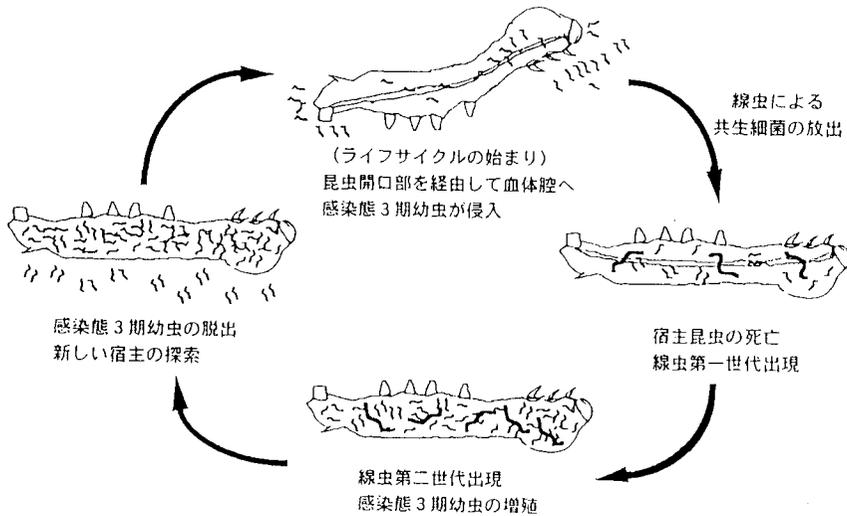


図-1 天敵線虫のライフサイクル

など大変広い昆虫種に対し感染性を有している。双翅目幼虫では、マッシュルーム栽培で問題となるキノコバエも含まれ、欧米では主に昆虫寄生性線虫によって防除されている。その他に、ハチ、アリなどの膜翅目、カメムシなどの異翅目、シロアリ目、アブラムシ、ヨコバイ、カイガラムシなどの同翅目、コオロギ、ケラなどの直翅目、ゴキブリなどの網翅類、アザミウマ類、ノミ類などに感染性を示すことが報告されている。

昆虫寄生性線虫の使用におけるガイドライン
昆虫寄生性線虫は、その性質を熟知し、うまく取り扱う条件を揃えれば、化学農薬以上の働きをすると考えられる。

野外における散布場所の地温は、15～30℃までで散布することが望ましい。15℃以下であると、線虫及び害虫の行動が鈍くなり感染が遅れ、高温では線虫の生存に影響する。また、線虫は、紫外線や高温に弱いため、散布は、夕方か早朝に実施することを勧める。

施用量としては、1000㎡当たり2.5億～7.5億を散布することにより確実に対象害虫を防除できる。通常は、1000㎡当たり2.5億で十分であるが、例えば、土壌が線虫に不適だったり、線虫に感染しないステージが混在するなど、何度かの繰り返しの散布が必要な場合を意味する。線虫が、昆虫に感染し害虫の密度が低下するのに要する期間を処理期間と考え、鱗翅目幼虫及びシバオサゾウムシ幼虫の場合は3～7日或いは10日程度、コガネムシ幼虫などは、長くて4週間程度を処理期間として、少なくとも、この期間は土壌水分について気を配ることが重要である。

スタイナーネマ カーポカプサエの生物学的特性

スタイナーネマ カーポカプサエの生物学的特性は以下の通りである。

色：白色

形態：感染態3期幼虫 体長450～650ミクロン、体幅20～30ミクロン

病原性：昆虫に対し病原性を持つが、人やその他の温血動物に対する病原性は報告されていない。口針がないので植物に対し病原性を持たない。

生育温度：約10～30℃（36℃では全く生長しない）最適生育温度は26℃

生育pH：pH 6～9 最適pHは7

安定性：紫外線、乾燥及び高温に弱い

スタイナーネマ カーポカプサエの安全性

（1）ヒトに対する安全性（普通物）

スタイナーネマ カーポカプサエ及びその共生細菌は35℃以上では長時間生存できない。従って、ヒトをはじめとする温血動物の体内でも同様に生存できず、安全性は高いと言える。また、スタイナーネマ カーポカプサエは、元来土壤中に生息している線虫であり、紫外線、乾燥及び高温に弱いことから、線虫を散布してもヒトが長時間線虫に暴露されるという可能性はない。

（2）環境に及ぼす影響

スタイナーネマ カーポカプサエは、絶対寄生性線虫であり、ある特定の昆虫にしか寄生しない。土壤中においても物理的及び生物学的要因によりその密度は減少していく。また、水中では遊泳能力がないことから、水中で生息し、繁殖することができず経時的に死滅していく。土壤中に生息する非標的無脊椎動物（ミミズ、クモ、ワラジムシ、ダニなど）に対する試験では何ら影響がなかったことが報告されている。一方、魚介類（コイ、ミジンコ、エビ）及びその他の水生動物（ホタルの幼虫、ヤゴ、カエル、オタマジャクシ、ザリガニ、タニシ、カワナ）に対しても何ら影響はなかった（A類）。

製剤

当初天敵線虫スタイナーネマ カーポカプサエの製剤は、スポンジや吸水性高分子ゲルに線虫原液をまぶした製剤であったが、ゼリーで線虫を固めるプラスチック製ネット上に薄く延ばした製剤が開発されるようになり、保存・流通が可能になった。

次に開発されたのが線虫に水及び増粘剤を加えフロアブル状にし、プラスチックフレームに張ったポリエチレン袋に線虫を封入した製剤である。この製剤1フレームには2億5000万頭为天敵線虫が入っており、段ボール箱に10フレーム入っている。25万頭/m²で散布する場合、1フレームで1000m²施用できる。この製剤は、平成5年に『バイオセーフ』として芝草の害虫を対象に農薬登録された（写真-2）。今後製剤はさらに小



写真-2 フロアブル状の製剤
型化、省力化の方向に進化し、クレーを母剤とする直径5ミリ前後の粒剤の登録が予定されている（写真-3）。



写真-3 粒状の製剤

散布方法

天敵線虫『バイオセーフ』をゴルフ場などで散布する場合、一般の化学農薬の散布に使用している散布器具をそのまま使用することができる。しかし散布の際、一番注意しなければならないことは、スタイナーネマ属線虫は元来土壤中に生息している線虫であり、紫外線、乾燥および高温に弱いということである。少量の水で線虫を散布しても、そのほとんどが芝草の莖葉上に付着してしまう。その線虫を土壌あるいはサッチ層まで洗い落とすため、小雨時に散布することが最も望ましいが、それができない場合は、線虫散布後速やかに充分散水することが効果を出すポイントである。施用時の散水量については、散布当日及びそれ以前の気象条件、サッチ層及び土壌の湿度、散布部位（ラフ、フェアウェイ、グリーン）、芝草の刈り高及び防除対象害虫の違いによって異なり一概には言えない。また各ゴルフ場が所有する散布器具の能力、スプリンクラーの有無などによっても異なる。

防除時期

ここでは芝草の重要害虫であるシバオサゾウムシの防除について言及してみたい。

図-2は、兵庫県中央農業技術センターが

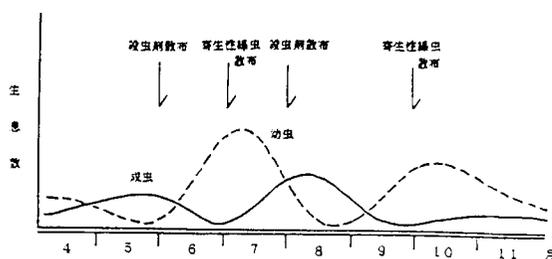


図-2 シバオサゾウムシの発生模式図と防除時期

作成したシバオサゾウムシの発生模式図である。

『バイオセーフ』は、シバオサゾウムシの幼虫密度が高くなってくる6～7月の梅雨の時期あるいは9～11月に散布する。『バイオセーフ』の最適生育温度（地温）は、25℃ぐらいであることから、気温が20～30℃で、雨中あるいは降雨後に散布すると効果が高い。地温が15℃以下になる場合、防除効果が発現するまでに時間がかかる。一方、『バイオセーフ』は、幼虫のみにしか効果がないので、成虫が多い時期には化学農薬による防除が必要である。また、図-2の模式図は一般的な発生消長を示したものであって、シバオサゾウムシは温度により成長速度が異なるので、ピットホールトラップ、U字溝で成虫の発生箇所、密度を調査したり、被害が出そうな箇所を掘って幼虫の生育状況、発生密度を調査し発生消長を的確に把握する必要がある。

農薬適合性

表-2には『バイオセーフ』と近接散布可能な化学農薬を示した。スタイナーネマカーボカプサエは、殺虫剤をはじめ数種の農薬

殺虫剤	殺菌剤	除草剤
ダズバシ	乳剤	ハスポート 7077v
カルボス	乳剤	ダコブリン 水和剤
スミナオン	乳剤	グランスター 水和剤
ダイアジノン	乳剤	グラステン 水和剤
ディフテックス	乳剤	モンセレン 水和剤
オルトラシ	水和剤	ロブテール 7077v
カーボカプサエ	乳剤	ベンレート 水和剤
リラク	DF	ルビゾン 水和剤
		クアブコック 水和剤
		スタックカー 水和剤
		フェニックス 7077v
		ディクトラン 乳剤
		バナフィン 顆粒水和剤
		ターザイン 水和剤
		クサレス 水和剤
		カーブ 水和剤

表-2 バイオセーフと近接散布可能な農薬に対し耐性を示す。『バイオセーフ』は、雨中散布あるいは後散水を必要とすることから化学農薬を併用する場合、混用散布は避け後散水時に化学農薬を散布することが望ましい

。勿論、降雨時の化学農薬散布は避けることは言うまでもない。

土壌中の残効性

茎葉に付着した『バイオセーフ』は、乾燥と共に死滅し全く効果を示さない。土壌中に移動した線虫は、物理的要因（乾燥、高温）及び生物的要因によりその数を減少させていく。生物的要因としては、絶対寄生性の線虫であることからエサ（標的昆虫）が無くなるとやがて死滅すること、土壌中の天敵（捕食性原生動物、捕食性線虫、捕食性ダニ、トビムシ、クマムシ、線虫寄生性の細菌、糸状菌など）により死滅することが考えられる。よって『バイオセーフ』の土壌中の残存期間は

いろいろな条件があるのでいちがいいには言えないが、数日から数週間と思われる。よって、予防的な使用は避け、幼虫の発生を確認してから散布するべきである。

流通

『バイオセーフ』は、5℃の保冷庫に保存されており、注文があれば1箱単位でクール宅急便で配送されている。

他分野への応用

現在、天敵線虫を利用し、カンショのアリモドキゾウムシ、イモゾウムシ、コガネムシ類、イチゴのハスモンヨトウ、芝草のコガネムシ類の防除について検討されている。

—最近の話題—

面白くなってきたか？ ウイルス農薬

AGROW誌の275号に興味ある記事がありましたので、紹介いたします。

遺伝子組み替え作物が市場に出始めたことによりウイルス農薬に新たなチャンスが生まれたと、先月の国際生物防除学会にて報告された。バキュロウイルスは非常に選択的であり、遺伝子組み替え作物を加害する害虫の防除に最適である。たとえば、Thermo Trilogy社が開発したシロイチモジヨトウ核多角体ウイルス（商品名 SPOD-X）は、Bt毒素を組み込んだ棉を加害するシロイチモジヨトウの防除に適している。SPOD-Xは1995年に棉、野菜、花卉に上市され、その90%は棉のシロイチモジヨトウ防除に使用されたと Thermo

Trilogy社のMicheal Dimock氏が述べている。また、タイでは葡萄に登録され、本年には野菜にも拡大される。メキシコでは棉と野菜に本年登録見込みである。同社はオオタバコガ核多角体ウイルス（商品名 GemStar）を Cotton Bollworm 用に販売している。これもメキシコとオーストラリアにて登録が待たれている。

Thermo Trilogy社では、ウワババキュロウイルスも開発中である。このウイルスは、およそ40種の鱗翅目害虫に有効であり、アメリカ農務省がこの特許を出願している。この特許はサンド社にライセンスされ、さらにバイオシス社（現Thermo Trilogy社）にサブライ

センスされた。バイオシス社は1995年に原体登録を取得し、現在、製剤登録を待っている段階である。

バキュロウイルスには、スペクトラムが狭い、遅効的、残効期間が短い、大量生産、などの欠点があるが、特徴ある作用機作と散布後に自己増殖するという利点もあり、高い効果が農家に受け、さらにIPM（総合的有害生物管理）に最適である。天然のバキュロウイルスにホルモンや酵素、毒素を生産させることにより、殺虫活性を高めることに、すでに成功している。なかでも、サソリ毒はこの点で大変興味深い。

アメリカンサイアナミド社とデュボン社はウワバ核多角体ウイルスにサソリ毒を生産する遺伝子を導入する研究をおこなっている。さらに、両社とも、よりスペクトラムの広いバキュロウイルスに同様に遺伝子を導入する研究に熱心に取り組んでいる。

ウワバ核多角体ウイルスはオオタバコガ幼虫 (*Heliothis virescens*) に有効であるが、別のタバコガ (*Helicoverpa zea*) には弱い。しかしながら、1996年の圃場試験では有効性が証明されたとサイアナミド社の Mike Tracy 博士は指摘している。ピレスロイド抵抗性のオオタバコガには、感受性のものよりも有効であったとも述べている。また、既存の殺虫剤と併用すれば、両剤の薬量を減らすことができることも述べている。このウイルス剤の上市をサイアナミド社は検討中である。デュボン社も同様である。両社とも、昨年より棉と野菜にて遺伝子を組み替えたウワバ核多角体ウイルスの圃場試験を開始し、本年も継続して実施する計画である。

(榭井昭夫 記)

編集後記

- ・去る1月24日、農大総研会議室において木下政次、山中 聡両氏による「昆虫寄生性線虫による害虫の生物的防除」の講演会が開催された。線虫の殺虫メカニズムや如何にしてその効果を強めるかなどの研究開発の問題や、製剤化から製品を販売ルートにのせるまでの苦心談を披露され、参加者の関心をそそるに十分な内容であった。本ニュースにてその講演の要旨を紹介した。
- ・海外でも、生物的防除に関して興味ある取組みがなされている。むしろ、日本より数歩先んじている情報もみられる。今回は AGROW誌の記事を紹介した。会員の皆さんの中にも多くの情報をお持ちと思いますので、事務局あてお寄せください。

発行 東京農業大学 総合研究所研究会
生物防除部会 (代表 内藤 篤)
〒156
東京都世田谷区桜丘1丁目1番地1号
TEL 03-5477-2565
FAX 03-5477-2634