

スタイナーネマ・グラセライ剤（バイオトピア®）の使い方

株式会社エス・ディー・エス バイオテック よし
吉
た
田 なが
永
な
辺 こ
小
ひろ
博 た
太
し
郎 ろう
司
株式会社エス・ディー・エス バイオテック つくば研究所

はじめに

昆虫病原性線虫 *Steinernema glaseri*（スタイナーネマ・グラセライ）を有効成分とするバイオトピア水和剤は、(株)エス・ディー・エス バイオテックがコガネムシ類幼虫などの土壌害虫を対象に新たに開発した生物農薬であり、平成12年10月11日農林水産省よりシバおよびカンショのコガネムシ類幼虫を対象に登録認可を受け、販売を開始した。本稿では、このバイオトピア水和剤の開発経緯、特長、安全性および使用方法について紹介する。

I 開発の経緯

線虫類は節足動物に次いでその種類が多く、その生活様式も植物や動物に寄生して生命を維持しているものや、自由生活種として生息するものなど多種多様である。その中で昆虫のみに寄生して増殖する線虫、いわゆる昆虫病原性線虫を生物的防除手段として害虫防除に利用する試みは古くから行われてきた（石橋ら、1997）。

昆虫病原性線虫または昆虫寄生性線虫と呼ばれるスタイナーネマ属・ヘテロラブディティス属線虫は、これまでに全世界で30種以上見出されており、欧米諸国では、すでに数種が生物農薬として商品化されている（山中、2000）。

日本では、1993年に当社により初めて昆虫病原性線虫はスタイナーネマ・カーボカプサエ（*Steinernema carpocapsae*：商品名 バイオセーフ）が商品化され、現在、化学農薬での防除が困難な、シバに発生するシバオサゾウムシ幼虫・タマナヤガ幼虫防除を対象としてゴルフ場を中心に広く普及している。

スタイナーネマ・グラセライは、1929年ロックフェラー研究所のルドルフ・ウィリアム・グレイザー博士により米国ニュージャージー州でマメコガネ幼虫（*Popillia japonica*）より分離され、同年ゴットホルド・スタイナー博士により新種として記載・命名された線虫であ

り、当時からコガネムシ類幼虫防除を目的とした生物的防除資材として有望視されていた。

当社はこの線虫を実用化すべく、1992年から研究開発に取り組み、1994年にはシバのコガネムシ類幼虫、1998年にはカンショのコガネムシ類幼虫に対し日本植物防疫協会の生物農薬連絡試験検討会における実用判定を得た。また、1995年からは、農林水産省のガット・ウルグアイ・ラウンド農業合意関連対策の一環として、生物系特定産業技術研究推進機構（生研機構）を通じて生産現場が求める技術の緊急開発推進テーマに本研究が取り上げられ、大量増殖技術、長期保存可能な製剤化技術を確立するとともに、1997年8月に策定された「微生物農薬安全性評価に関する基準」（いわゆる微生物農薬ガイドライン）に従って、哺乳類への安全性、環境および非標的生物への影響性を評価し、ついに、昨年10月農薬登録認可を得て、販売を開始した。

II 有効成分の特性

以下に本線虫（図-1）の分類学的位置、由来ならびに製剤特性を示す。

1 名称

(1) 昆虫病原性線虫

学名：*Steinernema glaseri* strain SDS #102

和名：スタイナーネマ・グラセライ

コード No.: SB-718

同義語：*Steinernema glaseri* strain #328, *Neoaplectana glaseri*

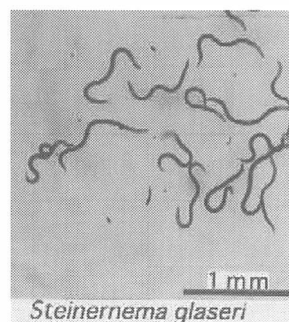


図-1 スタイナーネマ・グラセライ

The New Biological Pesticides: Biotopia (*Steinernema glaseri*). By Kotaro YOSHINAGA and Hiroshi TANABE

(キーワード：昆虫病原性線虫、バイオトピア、スタイナーネマ、グラセライ、天敵線虫、生物農薬)

(2) 共生細菌

学名: *Xenorhabdus poinarii*

和名: ゼノラブダス・ポイナリ

同義語: *Xenorhabdus nematophilus* subsp *poinarii*

2 分類学上の位置

(1) スタイナーネマ・グラセライ

門: 線形動物門 (Nematoda = Nemata)

綱: 双腺綱 (Secernentea)

目: ラブディティード目 (Rhabditida)

科: スタイナーネマ科 (Steinernematidae)

属: スタイナーネマ属 (*Steinernema*)

種: グラセライ (*glaseri*)

株: SDS # 102 (社内開発番号)

(2) ゼノラブダス・ポイナリ

化学合成従属栄養細菌

グラム陰性通性嫌気性桿菌

科: 腸内細菌科 (Enterobacteriaceae)

属: ゼノラブダス属 (*Xenorhabdus*)

種: ポイナリ (*poinarii*)

3 由来

(1) スタイナーネマ・グラセライ

本剤の成分であるスタイナーネマ・グラセライ SDS # 102 株は, 1991 年ルトガース大学ランディー・ゴークラー博士により米国ニュージャージー州の土壌から分離された株であり, その後分譲され(株)エス・ディー・エスパイオテックつくば研究所において継代維持されている。また, 本株は分離後, 何ら人為的処理あるいは遺伝子操作を行っていない野生株である。

(2) ゼノラブダス・ポイナリ

本線虫の共生細菌であるゼノラブダス・ポイナリは, スタイナーネマ・グラセライ SDS # 102 株より分離した菌で, 人為的処理, 遺伝子操作は一切行っていない。

4 本剤の対象作物・対象害虫および使用方法

本剤の対象作物・対象害虫および使用方法について, 表-1 に示した。

5 製剤

剤型: 水和剤

有効成分: スタイナーネマ・グラセライ
(感染態 3 期幼虫)

規格: 1 億 2,500 万頭/パック

包装: 10 パック入りダンボール箱

III 生 物 活 性

1 宿主範囲

本線虫は, コガネムシ類幼虫やゾウムシ類幼虫などの鞘翅目幼虫に高い殺虫活性が認められている。表-2 に本線虫による野外での防除効果が認められたコガネムシ種を示した。一方, 鱗翅目の害虫に対してもスジキリョトウ幼虫, シバツトガ幼虫などシバを加害するものだけではなく, ハスモンヨトウ幼虫などの作物を加害する害虫に対しても高い殺虫活性が認められている。

2 殺虫機構

本剤の殺虫機構, すなわち生活史の概要を図-2 に示した。スタイナーネマ・グラセライの感染態 3 期幼虫は, 体表面が 2 期幼虫の表皮で覆われており, 線虫生活史の中では唯一, 昆虫(宿主)体外で生存できる耐久型

表-2 感染が確認されたコガネムシ種類

和 名	学 名
セマグラコガネ	<i>Anomala orientalis</i>
マメコガネ	<i>Popillia japonica</i>
ドウガネブイブイ	<i>Anomala cuprea</i>
ヒラタアコガネ	<i>Anomala octiescostata</i>
アシナゴコガネ	<i>Hoplia communis</i>
ヒメアシナゴコガネ	<i>Ectinohoplia obducta</i>
ウスチャコガネ	<i>Anomala diversa</i>
オオクロコガネ	<i>Holotrichia parallela</i>
ピロウドコガネ	<i>Maladera japonica</i>
コイチャコガネ	<i>Adoretus tenuimaculatus</i>
ヒメコガネ	<i>Anomala rufocuprea</i>
ナガチャコガネ	<i>Heptophylla picea</i>
コアオハナムグリ	<i>Oxyctonia jucunda</i>
スジコガネ	<i>Mimela testaceipes</i>
アカピロウドコガネ	<i>Maladera castanea</i>

表-1 対象作物・対象病害虫および使用方法

作物名	適用害虫名	使用量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法
シバ	コガネムシ類幼虫	2 パック/10 a (2 億 5,000 万頭)	発生初期	6 回以内	1 m ² 当り 0.5~2 l 散布
カンショ					1 株当たり 0.5~2 l (1 m ² 当たり 3~12 l) 株元灌注

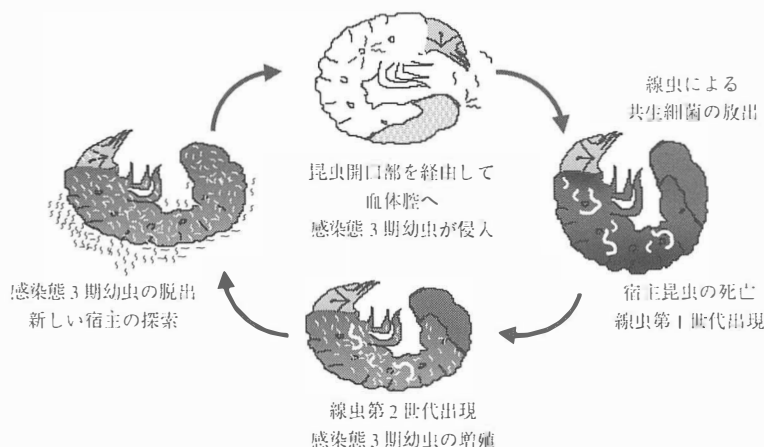


図-2 スタイナーネマ・グラセライの感染機構・生活環

表-3 混用および近接可能な薬剤

混用可能な薬剤		
殺虫剤	殺菌剤	除草剤
オルトラン水和剤 シラトップ乳剤 デナボン水和剤 リラーク DF 水和剤 ダイアジノン乳剤 ダズバン乳剤 ビニフェート乳剤 イールダー SG ルーバン水和剤	キャプタン水和剤 80 グラステン水和剤 グランサー水和剤 サンヤード水和剤 シバクリン液剤 ダコニールターフフロアブル トモオキラン水和剤 バイレトン乳剤 バリダシン液剤 5 ヘリテージ顆粒水和剤 ベンレート水和剤 モンセレン水和剤 ルビゲン水和剤 48 ロブラール水和剤	アーザラン液剤, インプール水和剤 ウィーラルフロアブル, ウエイアップフロアブル クサブロック水和剤, クサレス水和剤 サーベル DF 水和剤, ザイトロンアミン液剤 シマジン水和剤, ターザイン水和剤 テュパサン水和剤, ディクトラン水和剤 バナフィン顆粒水和剤, MCIPP 液剤 バウンティーフロアブル, シバタイト バンベル D 液剤, ハイメドウ水和剤 スタッカー水和剤, カーブ水和剤 タフラー乳剤, シバゲン水和剤, ハーレイ DF イデトップフロアブル, アググリーン水和剤
1 日以上の間隔をおいて近接散布可能薬剤		
カルホス乳剤, スミチオン乳剤, サニーフィールド乳剤, コガネキラー乳剤		

のステージである。感染態3期幼虫は、土壤中で宿主昆虫に遭遇するとその開口部（口、肛門、気門）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（ゼノラブダス・ポイナリ）を放出し、細菌が増殖することによって敗血症を引き起こし、宿主昆虫は線虫侵入後24～72時間後までに死亡する。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、4期幼虫、第1世代成虫へと成長し、交尾後産卵する。さらに第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まん延する。増殖した感染態3期幼虫は、昆虫体外に脱出し、次の宿主を求めて分散していく。

IV 本剤の特長

スタイナーネマ・グラセライは移動分散能力が高く、線虫自らが宿主昆虫を探して感染するとともに攻撃的な線虫である。したがって、化学農薬の表面散布では薬剤が到達しない土壌深部に生息するコガネムシ類幼虫などの土壌害虫に対しても高い防除効果を発揮できる。

また、本線虫は殺虫活性発現温度域（15～30℃）が広く、早春～晩秋まで幅広い時期の散布処理が可能である。

安全性について詳しくは後述するが、生物農薬安全性ガイドラインに基づく評価によって、ヒトに対する安全性、非標的生物や環境に対する影響性について問題がな

いことが確認されている。

本剤は水和剤であり、散布液の調整は容易である。また、多くの化学農薬との混用および近接散布が可能である。(表-3)

さらに、本剤はその複雑な殺虫機構から、化学農薬のような連用による対象害虫の抵抗性獲得の心配がなく、植物に対する薬害もないことが確認されている。

V 安 全 性

1 ヒトに対する安全性

スタイナーネマ・グラセライおよびゼノラブダス・ポイナリは、35℃以上の温度環境では増殖できず、死滅することが判っている(YAMANAKA et al. 2000)。したがって、温血動物の体内では生存することができず、さらに、高等動物の免疫機構では容易に異物として認識され生体内から排除される。

一方、本線虫は本来土壤中に生息しているため、植物体上では紫外線、乾燥および高温などの環境要因によって容易に死滅し、また、生物学的特徴から、植物細胞内へ侵入して残留する恐れもない。つまり、人間が本線虫に長期に暴露される可能性はなく、この点からも安全性に問題はないと判断できる。

2 環境に及ぼす影響

(1) 水棲動物に対する影響

本線虫は、水中での遊泳能力がなく、経時的に死滅していくことが確認されている。コイ、ミナミヌマエビに対する影響について試験したが、何ら影響は認められなかった。

(2) 鳥類に対する影響

上述したとおり、温血動物である鳥類に対しても影響はないと考えられる。ウズラに対する経口投与試験結果からも何ら影響は認められなかった。

(3) 標的外昆虫に対する影響

捕食性天敵昆虫としてエゾカタビロオサムシ、オオアトボシアオゴミムシ、クモ類としてウツキコモリグモについて本線虫の感染性を調査したが、本線虫に対するこれらの昆虫の感受性は非常に低く、また、地表徘徊性昆虫は、実場面において線虫と接触する機会も少ないことから、影響はないことが確認された。

(4) ミツバチに対する影響

セイヨウミツバチに対し本線虫の影響試験を実施したところ、行動の異常および線虫の感染性は認められず、影響はないものと判断される。

(5) カイコに対する影響

鱗翅目幼虫であるカイコに対しては、条件が適当であ

れば感染する。しかしながら、実場面での散布を考えた場合、養蚕地域、桑園などへ大量に飛散する可能性は低く、仮に桑葉表面に薬液が飛散したとしても、乾燥とともに線虫は短時間で死亡すると考えられるので、給桑によりカイコに影響をおよぼす可能性は全くない。

(6) 土壤中の生態系に及ぼす影響

土壤中では、宿主が存在しない場合、温度や乾燥等の非生物的要因および捕食性土壌動物(トビムシ類、クマムシ類、線虫類、ダニ類)や線虫捕捉糸状菌などの生物的要因によって数週間から数か月で激減してしまう。また、通常施用量の10倍量を畑地へ処理し、土壌微生物群(細菌、糸状菌、放線菌)および土着線虫類に対する影響性を調査したが、これらの季節的密度推移に対する本剤施用による影響は全く認められなかった。

VI 使用にあたっての注意事項

実場面において十分な防除効果を得るためには、防除対象とする害虫の生育ステージを把握し、的確な時期に処理することがもっとも重要である。すなわち、コガネムシ類幼虫の場合、2令後期から3令幼虫がもっとも本線虫に対する感受性が高いので、成虫の発生時期やコガネムシ種から、その生育時期を予測して処理時期を決定する。

また、確実な散布処理ならびに散布した線虫ができるだけ長く土壤中に生残できる環境を維持することも重要である。施用時に注意すべき点を以下に示した。

1 散布液の調整

希釈する水の温度に留意し、30℃以下の水で調整時に直射日光があたらないよう注意し、調整後は速やかに散布する。水温が15℃以下となるような低温では線虫の活動性が低下し、散布処理後の土壤中への定着が遅れ、乾燥、直射日光などにより死亡する確率が高くなるので注意を要する。

2 散布処理

線虫は水溶液中で沈みやすいので、常時攪拌しながら散布する。散布は直射日光や気温の影響を受けにくい曇天または雨天時に行うのが望ましい。やむを得ず晴天時に散布する場合はできるだけ日没時に処理する。この時土壌表層部の乾燥や地温が上昇している場合は、あらかじめ散水して環境を整えてから処理する。シバでは、25万頭/m²の処理濃度で、平米あたりの水量は約300 ml/～2 lで散布する。さらに、同程度の水量(サッチ層が全体的に十分濡れる程度)を「後散水」として行い、茎葉部に付着している線虫を確実に土壤中へ到達させる。カンショに使用する場合、5～6万頭の線虫を1株あ

たり 100～200 m/ 程度の水量で灌注し、シバ同様、同量程度の水を再度灌注して線虫を確実に土壌害虫生息部位へ到達させる。

3 処理後の管理

処理後晴天が続くことが予想される場合、スプリングラー等で 1 週間に 1, 2 度, 15～30 分程度灌水すると、線虫の生残性がよく、長期的効果が期待できる。

お わ り に

昆虫病原性線虫製剤は、耐久型ステージの線虫を製剤化しており、他の微生物農薬に比べ、化学農薬との混用適合性に優れている。したがって、混用や体系防除で利用しやすく、今後、IPM（総合的害虫管理）の一端を担う剤として、利用場面の拡大が期待される（田辺・山中, 2001）。特に、このスタイナーネマ グラセライは昆虫病原性線虫の中でも宿主範囲が広範であり今後の適用場面拡大の可能性は非常に高い。

当社では現在、シバオサゾウムシ幼虫や鱗翅目幼虫（シバツトガ、スジキリヨトウ）に対する適用拡大の検

討を開始するとともに、様々な作物分野での害虫防除の可能性を模索検討中である。

適用拡大を考えるうえで、本線虫に関する生物学的な特徴や性質が十分に解明されるべきであるが、残念ながら商業化研究に比べ、基礎的な研究は他の天敵生物に比べると国内外とも多いとは言えない（山中, 2000）。アメリカではオハイオ大学が中心となり、昆虫病原性線虫に関する非常に充実したホームページが公開されている（www2.oardc.ohio-state.edu/nematodes）。今後多くの研究者・機関・企業がこの線虫に興味を持ち、より多くの場面で利用される可能性が一つでも多く見出されることを期待して、最後にこれを紹介しておく。

引 用 文 献

- 1) 石橋信義 (1997): バイオコントロール 1(2) pp. 3～6.
- 2) 山中 聡 (2000): 微生物の資材化: 研究の最前線 (鈴木孝仁ら 編), pp. 229～243.
- 3) YAMANAKA S. et al. (2000): 日本線虫学会誌 30 pp. 1～5.
- 4) 田辺博司・山中 聡 (2001) 植物防疫 55(1) pp. 27～30.

(21 ページから続き)

トアンモニウム塩剤, トリフルラリン剤, ペンディメタリン剤 (除草剤: 3 農薬)

② 農作物等 (栽培方法) の変更 (16 農薬)

イマゾスルフロン剤, エスプロカルブ剤, エトベンザニド剤, シハロホップブチル剤, ダイムロン剤, トリフルラリン剤, ビスピリバックナトリウム塩剤, ピラゾキシフェン剤, ピリミノバックメチル剤, プタミホス剤, フラザスルフロン剤, ベンスルフロンメチル剤, ベンタゾン剤, ベンチオカーブ剤, メフェナセット剤, モリネート剤 (除草剤: 16 農薬)

③ 剤型の追加 (4 農薬)

ダイアジン剤 (殺虫剤: 1 農薬), イミノクタジナルベシル酸塩剤 (殺菌剤: 1 農薬), グリホサートトリメシウム塩剤, ピリミノバックメチル剤 (除草剤: 2 農薬)

④ 使用方法の追加 (7 農薬)

オキサミル剤 (殺虫剤: 1 農薬), シハロホップブチル剤, ビフェノックス剤, プレチラクロール剤, ペンチキサゾン剤, ベンフレセート剤, メフェナセット剤 (除草剤: 6 農薬)

⑤ 使用時期の変更 (14 農薬)

酸化フェンブタスズ剤, シベルメトリン剤, ダイアジノン剤 (殺虫剤: 3 農薬), トルクロホスメチル剤 (殺菌剤: 1 農薬), イマゾスルフロン剤, カフェンストロール剤, ジフルフェニカン剤, ダイムロン剤, トリフルラリン剤, ピリブチカルブ剤, ピリミノバックメチル剤, プレチラクロール剤, ベンスルフロンメチル剤, ペンチキサゾン剤 (除草剤: 10 農薬)

⑥ 使用回数の変更 (5 農薬)

オキサミル剤, シベルメトリン剤 (殺虫剤: 2 農薬), シハロホップブチル剤, ピリミノバックメチル剤, モリネート剤 (除草剤: 3 農薬)

(3) 農薬安全使用基準の削除: 3 農薬

エチオフェンカルブの水和剤及び粒剤, キノキサリン系 (キノメチオネート) 粉剤, PAP (フェントエート) 粉粒剤 (殺虫剤: 3 農薬)

2. 水産動物の被害防止に関する安全使用基準

ファモキサドン剤 (殺菌剤: 1 農薬) の追加

3. 水質汚濁の防止に関する農薬安全使用基準

ベンチオカーブ剤 (除草剤: 1 農薬) の農作物等 (栽培方法) の変更

4. 航空機を利用して行う農薬に関するもの

アゾキシストロビン剤 (殺菌剤: 1 農薬) の追加