



生物的防除部会ニュースNo. 10

平成11年1月5日発行

講演会およびパネル・ディスカッション開催のお知らせ

下記の日時にて、講演会を開催いたしますので、多くの会員の方々のご参集を期待いたします。今回は講演会に続き、パネラーによるパネル・ディスカッションを行います。

講演会

日時 平成11年1月22日（金）午後3時～5時
場所 東京農業大学総合研究所2階大講義室

演題 「私の天敵利用実践談」
演者 石川栄一（神奈川県）

パネル・ディスカッション

演題 「天敵利用の諸問題、農業メーカーの立場から」
総合司会 平岡行夫（㈱トーメン・生物産業部）
パネラー 石川栄一（神奈川県）
尾方洋子（㈱トーメン・生物産業部）
小林益子（日本化薬㈱・精密化学品研究所）
石井俊彦（㈱トモノアグリカ）

終了後、懇親会を予定しておりますので、ご参加ください。

昆虫の共生微生物利用の可能性

蚕糸・昆虫農業技術研究所 野田 博明

はじめに

昆虫は多くの微生物と共存して生きている。病原微生物ばかりでなく、宿主である昆虫にほとんど悪影響をあたえず、むしろ昆虫に益をもたらす場合もみられる。このような昆虫と微生物を対象に、病原微生物との関係や生物間相互作用の基本的な成り立ちを解明し、そこから有用な物質を見つけたり、昆虫の発育を制御する手法を開発したりすることが主な目的である。

共生微生物の系統分類

扱っている共生微生物がどのような種類なのかを知ることは研究を進めるうえで、重要であるが、培養の困難な細胞内共生微生物の場合、その同定がむづかしい。そこで、近年発達してきた遺伝子塩基配列による分子分類が行われつつある。共生微生物の遺伝子の塩基配列を他の微生物と比較して、その種類を推定するのである。イネウンカ類(ヒメウンカ、セウウンカ、ヒメヒメウンカ)の酵母様共生微生物の場合、子囊菌類の核菌類麦角菌科に属する。これまで、その形態から推定されていた酵母類(半子囊菌類)ではなく、ウンカの体内に共生適応したために菌糸を形成することなく、出芽によってだけ繁殖するようになってしまったものと思われる。

共生バクテリアについても rRNA 遺伝子の塩基配列から系統関係を解明する研究は盛んになってきている。

哺乳類に病気を起こす病原微生物とマダニの

共生微生物

マダニは世界中に分布し、魚類を除くあらゆる脊椎動物に寄生する。吸血されたときの痛みやかゆみという不快感以外に、吸血の際ウイルス、リケッチア、細菌、スピロヘータ、原生動物などの病原微生物の感染を引き起こすことがある。*Ixodes scapularis* の卵巣にはリケッチアが感染しており spotted fever group と呼ばれている紅斑病リケッチアの仲間である。*Rhipicephalus sanguineus* (ワシントンマダニ)、*Haemaphysalis longicornis* (コウバマダニ)、*Ornithodoros moubata* (カサマダニ) などでは、卵巣とマルピーギ管に Q 熱病原体の *Coxiella burnetii* と区別ができない微生物が共生している。*O. moubata* ではさらに、野兎病細菌に極めて似ている *Francisella* 属の微生物が見つかった。これらのマダニの共生微生物はどれもマダニによって媒介される病原微生物と同じ起源のものであろうと考えられる。

節足動物の生殖を制御するウォルバキア

ウォルバキアは、昆虫類を中心に、節足動物に広く感染しているリケッチアの一つである。雌の卵巣を通じて子孫につたわり、おもに生殖巣で増殖している。宿主動物にとって、特に病的な現象は示さず、広い意味での共生関係を保って生活している。同じ動物種でも、ウォルバキアに感染していたり、感染していなかったりする。ところが、ウォルバキアは、以下の例のように感染している宿主動物の性や生殖に影響を与える。

1) 細胞質不和合性

この現象は蚊で最初に見つかり、その後ウンカ、シヨウジョウバエなど現在では10以上の属で見つかっている。ウォルバキアに感染した雄と感染していない雌とが交尾すると卵が发育しない。宿主昆虫にテトラサイクリン系の抗生物質を与えて、ウォルバキアを除去すると、不和合性に変化が起こる。不和合の組み合わせのすべての卵で发育しないとは限らず、发育する卵が高い頻度で混じっている場合もある。

2) 単為生殖

Trichogramma という卵寄生蜂では、ウォルバキアが共生していると雌だけで増える単為生殖（雌性単為生殖）で増殖する。ウォルバキアをなくしてやると、そのようなコロニーからは雄が出現する。雌性単為生殖を起こす個体群と両性生殖個体群の両方が知られている種では、ウォルバキアによって単為生殖が引き起こされている可能性が高い。

3) 雌性化

タンゴムシという虫では、このウォルバキアによって雄が雌になる。最近、鱗翅目昆虫でもこの現象が見つかっている。

共生微生物研究の今後

1) ウォルバキアの利用

細胞質不和合性は、交尾した雌が産んだ卵が发育しないので、害虫個体群を絶滅させるような遺伝的防除に使えるということで、以前に蚊を対照に検討された。今では、重要な病原媒介昆虫を対象にして、病原を媒介しないような別の系統に置き換えることによって、病気に感染するのを防ごうとする研究が行われている（Beard et al, 1993）。寄生蜂では、ウォルバキアに感染

していると単為生殖によって雌だけで増殖するようになり、寄生蜂を天敵として利用する上で、より効率的であると考えられている。

2) 共生微生物の形質転換

生物に遺伝子を導入し、形質を転換させることは応用上も重要なことであるが、これまで昆虫では、シヨウジョウバエなどの一部の双翅目昆虫を除いて良い形質転換系がなかった。共生微生物に遺伝子を導入して、昆虫の体内でその遺伝子を発現させようとする研究が進行している。この研究では、病原微生物を媒介する昆虫の共生微生物に対して、病原微生物の伝搬を阻止する（抗体のような）遺伝子を組み込むことが考えられている（Beard et al., 1993）。

3) 共生菌からの生理活性物質の分離と物質生産

共生微生物のなかには普通の微生物と異なる代謝産物を蓄積していたり、異なる代謝経路を発達させたりしているものがある。以前に、昆虫関連微生物からイネの白葉枯れ病に抗菌作用を持つ物質が取りだされたこともある（杉浦, 1987）。この目的のためには培養法の検討が重要な課題である。

4) 共生ウイルス

昆虫には多くのウイルスが感染している。これらは特に病徴も示すことなく共生的に体内で増殖を繰り返している。共生しているウイルスは昆虫との親和性が極めて高く、容易に昆虫に接種できる反面、共生している宿主以外の生物には感染しにくい。この性質を利用して宿主を殺したり、制御する物質の遺伝子をその共生ウイルスに組み込むことにより、特定の宿主害虫を防除することが考えられる。

参考文献

- Beard, C. B., O'Neill, S. L., Tesh, R. B.,
Richards, F. F. and Aksoy, S. (1993)
Parasit. Today 9: 179-183.
- 深津武馬 (1993) インセクタリアム 30:
26-33, 66-77.
- 深津武馬 (1998) 蛋白質核酸酵素 43: 1227
-1236.
- 石川 統 (1985) 細胞内共生 UP BIOLOGY
東京大学出版会
- 石川 統 (1994) 昆虫を操るバクテリア平凡

社

- 野田博明 (1998) 遺伝 52(8): 43-47
- 野田博明 (1989) タニの細胞内に共生する微
生物 日本タニ学会誌 7: 83-98.
- 大熊盛也, 守屋重春, 工藤俊章 (1998) 蛋白
質核酸酵素 43: 1237-1245.
- O'Neill, S. L., Hoffmann, A. A. and Werren
, J. H. (1997) "Influential Passengers"
Oxford University Press, New York.
- 植物防疫 (1998) 11月特集号 昆虫の共
生微生物

遺伝子組み換えウイルス殺虫剤の開発の現状

東京農工大学農学部応用遺伝生態学研究室 国見 裕久

はじめに

日本脳炎やインフルエンザなどのウイルス
に起因する病気が人間にあると同じように、
昆虫にも様々なウイルス病が存在する。カイ
コガやミツバチでは、しばしばウイルス病が
大流行し、経済的に大きな被害をもたらす。
また、野外の昆虫個体群においても、高密度
時にウイルス病が流行し、宿主昆虫の大発生
を終息させることが古くから観察されている。
一方、この様な昆虫に病原性のあるウイルス
を用いて害虫を防除する試みが1940年代
から始められ、現在では十数種の昆虫ウイル
スが農業登録され市販されている。ウイルス
殺虫剤の市場規模は、現在約4百万米ドルで
あるが、今後ますます増大すると予想されて
いる。現在上市されているウイルス殺虫剤は、
自然界から分離した野生型ウイルスを製剤化
したものであるが、今後はウイルスを素材と
したものが中心になるという見方もある。本

稿では、遺伝子組み換えウイルス開発の現状
について記述する。

昆虫ウイルスの種類

昆虫ウイルスとしては、これまでに6科の
DNAウイルスと9科のRNAウイルスが確
認されている(Adams, 1991)。1996年現
在で、1270種の宿主-昆虫ウイルスの組
み合わせが存在することが報告されている。
このうちで、約70%がチョウやガの鱗翅目
昆虫から分離されたもので、ついで双翅目昆
虫の14%、膜翅目昆虫の7%が続く。現在
ウイルス殺虫剤として利用されているのは、
核多角体病ウイルス(Nucleopolyhedrovirus
:NPV)と顆粒病ウイルス(Granulovirus :GV)
のBaculoviridaeに属する2種類のウイルス
だけであるが、利用されているウイルスとし
て、細胞質多角体病ウイルス(Cypovirus:CPV)
や昆虫ポックスウイルス(Entomopoxvirus ;

農薬として登録されているウイルス殺虫剤

ウイルス種	商 品 名	会 社 名	標 的 害 虫
GV	Cadex	Andermatt-Biocontrol	リンゴコカクモンハマキ
GV	Agrovir	Saturnia	カブラヤガ
GV	Madex	Andermatt-Biocontrol	コドリング
GV	Carpovirusine	Calliope	コドリング
NPV	Mamestrin	Calliope	ヨトウガ
NPV	Monisarmiovirus	Kermia	マツノキハバチ
NPV	Virox	Microbial Reserch Ltd	マツノキハバチ
NPV	Spod-X	Crop Genetics Int.	シロイチモジヨトウ
NPV	Spodpterin	Calliope	ヨーロッパハスモンヨトウ
NPV	VironH	Sandoz	オオタバコガ
NPV	Gypcheck	USDA	マイマイガ
NPV	Lecontvirus	Canadian Forest Service	カナダハバチ
NPV	Virtuss	Canadian Forest Service	オルギアドクガ
NPV	TM BioControl-1	USDA	オルギアドクガ

EPV)がある。これらのウイルスに共通した特徴は、ウイルス粒子が包埋体と呼ばれるタンパク質結晶体の中に包埋されていることである。包埋されたウイルスは、包埋されていないフリーのウイルスと比べて種々の環境条件に対して極めて安定であることから、ウイルス殺虫剤の素材として適している。現在までのところ、遺伝子組み換えウイルス殺虫剤の素材として利用されているのは、NPVだけである。

ウイルス殺虫剤の特徴

ウイルス殺虫剤には、化学合成殺虫剤と比較して以下のような長短がある。

長所

1. 種特異性が高く、脊椎動物や植物に無害
2. 環境への悪影響がない
3. 抵抗性獲得の可能性が低い
4. 2次性害虫の害虫化が起こらない
5. 長期防除が可能
6. 登録に必要なコストが安い

短所

1. 標的害虫にしか効果がない
2. 散布時期が限定される
3. 遅効性である

4. 野外での生残期間が短い
5. 大量増殖が困難
6. 製品の価格が高い

遺伝子組み換えウイルスの開発目標

遺伝子組み換え技術は、前述したウイルス殺虫剤の短所を補うために利用されている。現在とられている組み換えウイルス作出の戦略としては、

- 1) 遅効性の改善、
- 2) 宿主域の拡大、
- 3) 病原力の増強

があげられるが、実用レベルに到達しているのは、遅効性を改善するために作出された組み換えウイルス殺虫剤だけである。

昆虫は植物に付着しているウイルス包埋体を経口的に取り込むことにより感染し、体内に侵入したウイルスが増殖することにより致死する。感染致死までに要する日数は、ウイルスの種類や濃度、昆虫種、温度条件などによって異なるが、最も短い場合でも3日である。感染幼虫は感染後も摂食を続けることから、作物に対する被害が継続する。このような遅効性を改善するために、遺伝子組み換え技術が利用されている。

遅効性改善のための遺伝子組み換え技術としては、野生型ウイルスゲノム中の特定遺伝子の削除と野生型ウイルスゲノム中への特定遺伝子の挿入の2つに大別される。前者としては、エクシステロイドUDP-グルコシルトランスフェラーゼ (EGT) の遺伝子 (*egt*) の削除の例がある。EGTは宿主昆虫体液中のエクダイソンに糖を修飾させる働きがあり、その結果、エクダイソンは不活性化されることにより、宿主の脱皮・変態が阻止される。*egt*が削除された*Autographa californica* NPV (AcNPV) を接種されたヨトウムシの一種 (*Spodoptera frugiperda*) は、野生型ウイルスを接種された場合と比較して、生存期間が20%短縮する。その原因としては、エクダイソンの働きにより、宿主昆虫体内でのウイルスの複製が早まったことが想定されている。

これまでに様々な外来遺伝子を組み込んだNPVが作出されているが、挿入した外来遺伝子は、その機能から以下の3つのグループに分けることができる。

- (1) 昆虫に特異的に作用する毒素遺伝子
- (2) 昆虫が保持している酵素遺伝子
- (3) 昆虫のホルモン遺伝子

(1) のグループの遺伝子の導入は、毒素遺伝子の働きにより、感染初期に昆虫に麻痺を起こさせ、摂食を早く停止させるとともに、致死時間の短縮を図ろうとするものである。

(1) のグループの遺伝子としては、昆虫病原細菌の *Bacillus thuringiensis* が産生する δ 内毒素遺伝子、無脊椎動物に特異的に作用するサソリ (*Buthus eupeus* と *Androctonus australis*) 毒素遺伝子、シラミダニ (*Pyemotes tricornis*) 毒素遺伝子、クモ (*Diguetia canities*, *Tegebaria agretis*, *Agelenopsis aperta*, *Anemonia sulcata*, *Stichodactyla*

helianthus) 毒素遺伝子があげられる。(2) のグループの遺伝子の導入は、摂食期の幼虫から蛹への変態を促進させ、摂食を早く停止させることを念頭に開発された。(2) のグループの遺伝子としては、幼若ホルモンの分解に関与している酵素 (juvenile hormone esterase; JHE) 遺伝子がある。(3) のグループの遺伝子の導入は、昆虫の水分生理や変態を制御しているホルモンの働きにより、ホメオスタシスを攪乱し、致死時間の短縮を図ることを念頭に開発された。(3) のグループの遺伝子としては、利尿ホルモン遺伝子、羽化ホルモン遺伝子、前胸腺刺激ホルモン遺伝子がある。

これらの外来遺伝子は、ウイルス遺伝子の中で感染後期に大量に転写されるP10遺伝子あるいは多角体遺伝子の部位に挿入されている。後者の方法で作製された組み換えウイルスは、ウイルス包埋体である多角体が産生されないので、環境での生残性が低い。

遺伝子組み換えウイルスの効果

1) 毒素遺伝子組み換えウイルス

δ 内毒素遺伝子を組み込んだウイルスを接種された幼虫では、体内で δ 内毒素が産生されたにもかかわらず、生存期間の短縮が認められなかった。この原因は δ 内毒素の殺虫機構と関係している。 δ 内毒素の殺虫機構は、中腸上皮細胞上に存在するレセプターに活性型毒素が結合し、上皮細胞が破壊されることであると考えられている。すなわち、組み換えウイルスで産生された毒素が標的組織で発現されなかったことが、効果が認められなかった要因である。

これに対して、サソリ毒素遺伝子を組み込んだウイルスでは、摂食停止効果と生存期間の短縮効果が認められている。例えば、*A.*

遺伝子組み換えウイルス殺虫剤

標的昆虫	NPV種	挿入遺伝子	挿入部位	結果	報告者
<i>Galleria mellonella</i>	AcMNPV	<i>Buthus eupeus</i> toxin	polyhedrin	効果なし	Carbonell et al., 1988
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	<i>Buthus eupeus</i> toxin	polyhedrin	効果なし	Carbonell et al., 1988
<i>Sarcophaga sp.</i>	AcMNPV	<i>Buthus eupeus</i> toxin	polyhedrin	効果なし	Carbonell et al., 1988
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	<i>Androctonus australis</i> toxin	p10	ST ₅₀ 25%減少 (経口投与)	Stewart et al., 1991
<i>Pseudaulius incidens</i>	AcMNPV	<i>Androctonus australis</i> toxin	p10	致死時間 30%減少 (経口)	Kunimi et al., 1997
<i>Manduca sexta</i>	AcMNPV	<i>Androctonus australis</i> toxin	p10	致死時間 30%減少 (注射)	McCutchen et al., 1991
<i>Heliothis virescens</i>	AcMNPV	<i>Androctonus australis</i> toxin	p10	ST ₅₀ 30%減少 (経口投与)	McCutchen et al., 1991
<i>Bombyx mori</i>	BmNPV	<i>Androctonus australis</i> toxin	polyhedrin	致死時間 40%減少 (注射)	Maeda et al., 1991
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	<i>Pymotes tricitii</i> toxin	polyhedrin	致死時間 40%減少 (注射)	Tamalski & Miller, 1991
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	<i>Pymotes tricitii</i> toxin	p10	致死時間 40%減少 (経口)	Tamalski & Miller, 1992
<i>Pieris brassicae</i>	AcMNPV	<i>B. t. aizawai</i> endotoxin	polyhedrin	生物活性あり	Martens et al., 1990
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	<i>B. t. kurstaki</i> endotoxin	polyhedrin	摂食阻害	Merryweather et al., 1990
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	<i>B. t. kurstaki</i> endotoxin	p10	ST ₅₀ の減少認められず (経口)	Merryweather et al., 1990
<i>Bombyx mori</i>	BmNPV	<i>Manduca sexta</i> diuretic hormon gene	polyhedrin	致死時間 20%減少 (注射)	Maeda, 1989
<i>Spodoptera frugiperda</i>	AcMNPV	<i>B. mori</i> PTTH gene	polyhedrin	病原力の低下	O'Reilly et al., 1995
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	<i>H. virescens</i> JHE	polyhedrin	1齢幼虫で経口投与した時に摂食阻害(拒食)	Hammock et al., 1990
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	<i>H. virescens</i> JHE	p10	ST ₅₀ の減少認められず (注射)	Bonning et al., 1992
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	<i>H. virescens</i> modified JHE	p10	致死時間 8%減少 (経口)	Kunimi et al., 1996
<i>Heliothis virescens</i>	AcMNPV	<i>H. virescens</i> modified JHE	p10	致死時間 30%減少 (経口)	Bonning & Hammock, 1994
<i>Spodoptera frugiperda</i>	AcMNPV	Ecdysteroid UDP-glucosyl transferase	Deletion	ST ₅₀ 20%減少 (経口投与)	O'Reilly & Miller, 1991
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	egt deletion & JHE gene	polyhedrin & p10	ST ₅₀ の減少認められず (注射)	Eldridge et al., 1992
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	polyhedrin deletion	Deletion	ST ₅₀ 20%増大 (経口投与)	Wood et al., 1993
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	lac Z	polyhedrin	ST ₅₀ 40%増大 (経口投与)	Wood et al., 1993
<i>Spodoptera frugiperda</i>	AcMNPV	egt deletion	Deletion	ST ₅₀ 27%減少 (注射)	Eldridge et al., 1992
<i>Spodoptera frugiperda</i>	AcMNPV	egt deletion & eclosion hormone gene of <i>M. sexta</i>	polyhedrin	ST ₅₀ 29%減少 (注射)	Eldridge et al., 1992
<i>Trichoplusia ni</i>	AcMNPV	URF13 protein from maize	polyhedrin	致死時間 40%減少 (注射)	Korth & Levings, 1993
<i>Spodoptera frugiperda</i>	AcMNPV	egt deletion & <i>P. tricitii</i> toxin	p6.9 & DA-26	ET ₅₀ 60%減少 (経口投与)	Lu et al., 1996

australis の毒素遺伝子を組み込んだAcNPV (AcAaI) をイラクサキンウワバ幼虫に接種すると、野生型ウイルスを接種した場合と比べて、生存期間が30~40%短縮する。また、摂食停止までの期間は、野生型ウイルスと比べて50%以上も短縮される。現在、AcAaIの農業登録を目的とした野外効果試験がアメリカにおいて行われている。同様にシラミダニやクモの毒素遺伝子を組み込んだAcNPVにおいても、摂食停止期間や生存期間の短縮効果が認められているが、その効果は供試したウイルスと標的昆虫の種類によって異なっている。

2) JHE遺伝子組み換えウイルス

カリフォルニア州立大学のHammock 博士らにより、JHE遺伝子を組み込んだAcMNPVが発表されたのが1990年のことである。この時に作製された組み換えウイルス (AcUW2 (B) JHE) では、宿主昆虫体内でJHEの発現がみられたものの、生存期間の短縮を引き起こすことはできなかった。その後、Hammock 博士らのグループは、その原因を探るために

様々な組み換えウイルスを作出して検討した。

まず、彼らは、宿主昆虫で産生されたJHEの働きにより、体内から幼若ホルモンがクリアランスされたとしても、AcMNPVのゲノム中にあるEGT遺伝子の働きにより蛹への変態が阻止されている可能性があると考え、egtを削除したAcMNPVにJHE遺伝子を組み込んだウイルスを作出した。しかし、このウイルスでも標的昆虫の生存期間を短縮させることはできなかった。その後の検討で、宿主昆虫で産生されたJHEが囲心細胞のリソソームで分解されていることが明らかとなり、リソソームでの分解の標的となっているアミノ酸を別のアミノ酸に置換することにより、この問題を解決することに成功した。新たに作出された組み換えウイルス (AcJHE. KK) を接種されたイラクサキンウワバの幼虫は、野生型ウイルスを接種した幼虫と比べて、生存期間が30~40%短縮した。

3) ホルモン遺伝子組み換えウイルス

カリフォルニア大学の故前田博士は、カイコのNPV (BmNPV) に *Manduca sexta* の利

尿ホルモン遺伝子を組み込んだウイルスを作出した。組み換えウイルスのカイコガ幼虫に対する生物活性を調査したところ、野生型ウイルスを接種した幼虫と比べて、感染幼虫の体液量が減少し、致死までの期間も20%短縮した。Eldridgeらは、*egt*を削除したAcNPVに*M. sexta*の羽化ホルモン遺伝子を組み込んだウイルスを作出し、*S. frugiperda*に対する生物活性を調査したところ、生存期間が野生型ウイルスと比べて、30%減少したと報告している。さらに、O'Reillyらは、カイコガの前胸腺刺激ホルモン遺伝子を組み込んだAcNPVを作出し、*S. frugiperda*幼虫に対する生物活性を調査したが、生存期間の短縮は認められなかった。さらに、原因は不明であるが、作出されたウイルスの病原性が低下したと報告している。

おわりに

作出された組み換えウイルスの中で実用化が最も近いのは、サソリ毒素遺伝子を組み込んだAcAaITであるが、農業登録され、販売されるまでには多くの解決しなければならない

課題がある。遺伝子組み換えウイルスの野外放出には、昆虫ウイルス学者の中にも反対する人がいる現状では、一般市民の理解を得ることは困難である。今後、遺伝子組み換えウイルス殺虫剤の安全性のあり方について、議論を深めると同時に、放出されたウイルスの野外での動態や標的外生物への影響について調査していく必要がある。

参考文献

- Adams, J. R. and Bonami, J. R. eds. (1991)
Atlas of Invertebrate Viruses,
CRC Press 84p.
- Hedin, P. A. et al. eds. (1994)
Natural and Engineered Pest Management Agents, ACS Press, 552p.
- Hunter-Fujita, F. R. et al. eds. (1998)
Insect Viruses and Pest Management,
Wiley, 620p.
- Oakshott, J. and Whitten, M. J. eds. (1993)
Molecular Approaches to Fundamental & Applied Entomology, Springer-Verlag 48p.

発行 東京農業大学総合研究所研究会
生物的防除部会(代表 内藤 篤)
〒156-0054
東京都世田谷区桜丘1丁目1番1号
TEL 03-5477-2565
FAX 03-5477-2634