

BT 製剤利用研究の現状と展望

住友化学株式会社 農業化学品研究所

まる やま
丸 山たけし
威

はじめに

2003 年 3 月の農薬取締法の改正以後、にわかにクローズアップされている農薬の一つとして BT 剤が上げられる。本剤は選択性が高く、人畜・環境に対する安全性が確認されていることからマイナー作物への適用拡大の特例措置として作物群登録が認められた農薬となったためである。また、これに先立ち 2001 年 4 月より施行された新 JAS 法においても、BT 剤は天然系農薬として「有機栽培」あるいは「減農薬栽培」での使用が認定されており、生産者から消費者に至るまで広く関心がもたれている。

このような社会的背景を先取りするように、農薬企業各社は BT 剤を製品ラインナップに加えるべく商品開発を進めてきた結果、実に多くの BT 剤が上市するに至っている。

一般的に BT 剤の基礎知識や製品の特徴に関する認知度は必ずしも高いとはいえず、しばしば誤解を招くことがある。本稿ではそれらに関する最新の情報を説明するとともに、利用の現状と研究トピックスを含めた将来展望を紹介する。

I BT 剤 と は

生物農薬は、天敵昆虫（捕食性昆虫・ダニ、寄生性昆虫など）、天敵線虫（昆虫寄生性線虫、微生物捕食線虫など）、天敵微生物（ウイルス、細菌、糸状菌、原生動物など）、および生物産生物質（フェロモン、ホルモン、産生毒素、抽出物など）に大きく分類される。このうち、微生物資材は虫害、病害、霜害制御と様々な場面での研究開発実用化がなされており、特に天敵細菌は最も広く普及している生物的防除資材の一つである。

昆虫病原性細菌の一種である *Bacillus thuringiensis*（バチルス・チューリングエンシス/以下、BT 菌）は、各種の昆虫に対して選択的に殺虫活性を示す結晶毒素（殺虫性タンパク質）を産生する。これを成分とした微生物殺虫剤を「BT 剤」と呼んでいる。

本剤は 1960 年前後にアメリカで市販されて以来、世界各国で野菜、果樹などで広く使用されており、日本で

も 1981 年に初めて農薬登録された。しかし、カイコに対する病原性や品質管理面などの課題によって長年使用が見合わされていた。その後、1994 年に再度新規登録がなされたのを機に多くの商品が上市され、今日に至っている。

1 分類

BT 菌はあらゆる土壌から容易に分離できるとごく普遍的な微生物であり、水中、植物体上、昆虫体、粉塵など様々な環境に生息している。微生物学的には BT 菌は芽胞（孢子）を作る桿菌で、栄養細胞増殖後の芽胞形成期に細胞内に結晶性タンパク（ δ 内毒素）を生産、蓄積する特徴をもつ（図-1）。

BT 菌は 1901 年に日本でカイコの卒倒病病原菌として初めて記載されたが、その後、1911 年にドイツの THURINGIA での再発見に由来して正式な学名として命名された。

現在まで菌体の鞭毛を用いた抗原抗体反応から、69 種類あまりの H 血清型と 82 種類の serovar（菌株）が確認され、分類されている（表-1）（LACADET, 1999）。

また、別に結晶性タンパクにかかわる遺伝子と病原性（殺虫活性）とを基準にした分子生物学的分類が行われている（表-2）。しかし、同一血清型（亜種）でも結晶性タンパクの種類構成や量が異なる場合が多く確認されていることから、亜種名と殺虫活性とは必ずしも一致するわけではなく、H 血清型とタンパク質との相互関係については網羅的に解析できていない。

現在、結晶性タンパク質（Cry タンパク質）は 43 種類あまりが記載されているが、多くの BT 剤の防除対象である鱗翅目昆虫に対して殺虫活性を示す Cry1 あるいは Cry2 グループに属している（BT 菌 δ 内毒素分類委員会ホームページ参照）。

2 殺虫スペクトル

BT 菌の殺虫活性は、個々の菌株が産生する結晶性タ

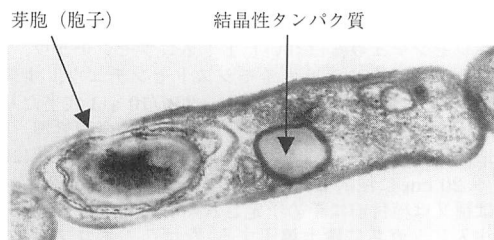


図-1 BT 菌の電子顕微鏡写真 (*B.t.japonensis* strain Buibui)

Current Situation and Possibilities in BT Insecticide Use. By Takeshi MARUYAMA

(キーワード: BT 剤, *Bacillus thuringiensis*, 微生物農薬, 農薬取締法, 有機栽培, 減農薬栽培, 果樹)

表-1 H 血清型による *Bt* 菌の分類

H 血清型	serovar	H 血清型	serovar	H 血清型	serovar
1	<i>thuringiensis</i>	19	<i>tochigiensis</i>	44	<i>higo</i>
2	<i>finitimus</i>	20a, 20b	<i>yunnanensis</i>	45	<i>roskildiensis</i>
3a, 3c	<i>alesti</i>	20a, 20c	<i>pondicheriensis</i>	46	<i>chanpaisis</i>
3a, 3b, 3c	<i>kurstaki</i>	21	<i>colmeri</i>	47	<i>wratislaviensis</i>
3a, 3d	<i>sumiyoshiensis</i>	22	<i>shandongiensis</i>	48	<i>balearica</i>
3a, 3d, 3e	<i>fukuokaensis</i>	23	<i>japonensis</i>	49	<i>muju</i>
4a, 4b	<i>sotto</i>	24a, 24b	<i>neolonensis</i>	50	<i>navarrensensis</i>
4a, 4c	<i>kenyae</i>	24a, 24c	<i>novosibirsk</i>	51	<i>xiaguangiensis</i>
5a, 5b	<i>galleriae</i>	25	<i>coreanensis</i>	52	<i>kim</i>
5a, 5c	<i>canadensis</i>	26	<i>silo</i>	53	<i>asturiensis</i>
6	<i>entomocidus</i>	27	<i>mexicanensis</i>	54	<i>poloniensis</i>
7	<i>aizawai</i>	28a, 28b	<i>monterrey</i>	55	<i>palmanyolensis</i>
8a, 8b	<i>morrisoni</i>	28a, 28c	<i>jegathesan</i>	56	<i>rongseni</i>
8a, 8c	<i>ostrinae</i>	29	<i>amagiensis</i>	57	<i>pirenaica</i>
8b, 8d	<i>nigeriensis</i>	30	<i>medellin</i>	58	<i>argentinensis</i>
9	<i>tolworthi</i>	31	<i>toguchini</i>	59	<i>iberica</i>
10a, 10b	<i>darmstadiensis</i>	32	<i>cameroun</i>	60	<i>pingluonsis</i>
10a, 10c	<i>londrina</i>	33	<i>leesis</i>	61	<i>sylvestriensis</i>
11a, 11b	<i>toumanoffi</i>	34	<i>konkukian</i>	62	<i>zhaodongensis</i>
11a, 11c	<i>kyushuensis</i>	35	<i>seoulensis</i>	63	<i>bolivia</i>
12	<i>thompsoni</i>	36	<i>malaysiensis</i>	64	<i>azorensis</i>
13	<i>pakistani</i>	37	<i>andaluciensis</i>	65	<i>pulsiensis</i>
14	<i>israelensis</i>	38	<i>oswaldocruzi</i>	66	<i>graciosensis</i>
15	<i>dakota</i>	39	<i>brasiliensis</i>	67	<i>vazensis</i>
16	<i>indiana</i>	40	<i>huazhongensis</i>	68	<i>thailandensis</i>
17	<i>tohokuensis</i>	41	<i>sooncheon</i>	69	<i>pahangi</i>
18a, 18b	<i>kumamotoensis</i>	42	<i>jinghongensis</i>		
18a, 18c	<i>yosoo</i>	43	<i>guiyangensis</i>		

表-2 *Bt* 菌の結晶タンパクの遺伝子と殺虫活性

遺伝子グループ名	亜 種 名 (主要)	殺虫活性のある昆虫群
Cry1(-Aa1 ~-Ia1)	<i>kurstaki</i> , <i>aizawai</i> , <i>sotto</i> , <i>thuringiensis</i> , <i>entomocidus</i> , <i>tolworthi</i> , <i>galleriae</i>	鱗翅目 (チョウ, ガ) ※一部, カ・ハムシ
Cry2(-Aa1 ~-Ae1)	<i>kurstaki</i> , <i>sotto</i> , <i>kenyae</i>	双翅目 + 鱗翅目
Cry3(-Aa1 ~-Ca1)	<i>tenebrionis</i> , <i>tolworthi</i> , <i>morisoni</i> ,	甲虫目 (ハムシなど)
Cry4(-Aa1 ~-Ba5)	<i>israelensis</i>	双翅目 (カ・ブユ)
Cry5Aa1 ~ 6Ba1	<i>darmstadiensis</i> ,	(線虫)
その他 (Cry7 ~ 43, Cyt)	<i>japonensis</i> , <i>israelensis</i> , <i>morrisoni</i> , <i>kyushuensis</i> , et al.	甲虫目 / 双翅目 / ほか

http://www.biols.susx.ac.uk/Home/Neil_Crickmore/Bt/toxins.html 参照.

ンパクの種類と生産量とによって大きく異なる。多くの菌株は Cry1 トキシンを産生するため、鱗翅目昆虫に病原性をもっているが、それ以外にも異なったグループのトキシンを産生する菌株では、双翅目や甲虫目昆虫を特異的に殺虫することが知られている (表-1)。さらに別の目に対して有効な菌株が見つかる可能性もあるとされている (佐藤, 2000)。

例えば, Cry4 トキシンを産生するイスラエレンシス株 (*israelensis*) は, 世界的な衛生害虫である蚊に対し

て高い殺虫活性を有している。また, 鱗翅目とともに食業性害虫として知られているハムシ類に対する活性を有する Cry3 トキシンも非常に特徴的な殺虫活性を示す。ハムシ同様の甲虫目に属するコガネムシ類に対して特異的に活性を示すヤポネンシス・ブイブイ株 (*japonensis* strain Buibui) が国内で発見され (OHBA et al., 1992; SUZUKI et al., 1992) これが Cry8 トキシンを含むことが明らかとなった。

また, 各種の害虫に対して *Bt* 菌株のスクリーニング

が行われた結果、さらに広範な殺虫スペクトルが明らかとなっており、ミバエ、イエバエ、チョウバエ、ダニあるいは線虫などに対して活性をもつ菌株も発見されている(佐藤, 2000)。

3 殺虫機構

Bt 菌が増殖後期に芽胞(孢子)とともに形成する結晶性タンパク質は、そのままの状態では 130 kda 程度の殺虫活性を示さないプロトキシンである。この結晶性タンパクが昆虫(例えば鱗翅目幼虫)に摂食されると、まず中腸内の高アルカリ性消化液によって溶解し単分子化、さらにプロテアーゼ(タンパク質分解酵素)によって代謝されることで初めて活性化されたトキシンの状態になる。

この活性化されたタンパク質は、昆虫の中腸上皮細胞の特定部位(レセプター)に結合する。その際、トキシンの一部が細胞膜に挿入して穴を開け、それによってイオンバランスが崩されて最終的に細胞が破壊される。これによって、腸内物質が体内に流入し、体液中の細菌の繁殖などによって敗血症を呈して昆虫を死に至らしめる。

このようなトキシンの活性化、レセプターへの結合、さらに細胞膜への挿入へ至る一連の過程にはいまだに不明な点も多く、*Bt* 菌の殺虫機構の全容は解明されているとはいえない。しかしながら、トキシンの種類によって明らかにされている殺虫活性の種特異性は、これらの過程における種それぞれの体内条件が異なっているためであると考えられている。特に、昆虫によるトキシンレセプターの種類の違いと存在の有無が大きく感受性にかかわっているのはほぼ間違いない。

II *BT* 剤利用の現状

1 開発の歴史

先に記したように、*BT* 剤の実用化は 1960 年前後にアメリカで農薬登録され、市販されたのが初めてである。具体的には 1957 年に *Thuricide* (チューリサイド) が市販され、1961 年に初めて EPA (環境省) の認可を受けた。当初は、鱗翅目幼虫のみを防除対象とした製品開発が中心であったが、その後、1977 年に蚊やブユに対して殺虫活性を有する菌株、1983 年にハムシ類に対して殺虫活性を有する菌株が次々発見されたのを機に衛生害虫防除用の製品や甲虫向けの新規な製品も商品化された。

これまで世界各地で精力的に新規な *Bt* 菌株の探索が続けられており、数年ほど前の時点ですでに 6 万種類の菌株がライブラリーとなっていてと言われている。これらの菌株の中には鱗翅目、双翅目(カなど)、甲虫目(ハムシなど)以外のグループに殺虫活性を示すものも多く発見されているが、実際に製品化された品目は極め

て少なく、現状では前記の 3 グループがほとんどの製品の防除対象となっている。

日本では 1981 年に第 1 号商品としてトアロー水和剤 CT (死菌剤) が登録、上市された。一方、生菌剤の開発企業を中心とした *BT* 研究会による登録作業の結果、翌 1982 年に数種類の *BT* 水和剤(セレクトジン、セルスタート、ムシサイド(以上登録失効済み)およびバシレックス、ダイポール)が登録されるに至った。しかしながら、これらの製品のほとんどがクルスターキ系の菌株を成分としており、いずれも鱗翅目幼虫を防除対象としていたため、同じ鱗翅目に属するカイコにも毒性が高いことが明らかであった。野外での *BT* 剤の散布が桑畑へのドリフトなどにより蚕産業へ悪影響を及ぼす可能性が指摘された。一方、*Bt* 菌は微生物学的には食中毒の病原菌の一つとされているバチルス・セレウス菌と類縁関係にあることから、人体そのものに対する安全性について疑問視する声が高まり、食用作物への適用が遅れた。現在でも蚕産業に対する配慮が取られている地域があり、*BT* 剤が使用できる地域を限定している県もある。また、安全性に関しても長期に及ぶ調査の結果、1993 年から解禁されるに至った。

1994 年より第 2 次の *BT* 剤登録が再開され、ガードジェット水和剤をはじめとして現在まで各社から新剤が上市されてきた。なお、これらの新剤はごく一部の製品を除いて生菌剤として商品化された。これは生菌剤の方が死菌剤に比べ開発、製造が容易であったためと推測される。最近の話題としては、2002 年にコガネムシ類に対して殺虫活性をもつ菌株が国内外を問わず初めて上市されたことである(ブイハンター)。

2 製品

BT 剤は有効成分である結晶毒素のみを利用する製剤(死菌剤)と、結晶毒素と *Bt* 菌の孢子との混合で利用する製剤(生菌剤)があり、日本においては両製剤が主に鱗翅目害虫の防除剤として利用されている。

2004 年 8 月 13 日現在登録されている *BT* 剤は 27 品目あり(子登録を含む)、それらのほとんどがクルスターキ系(*kurstaki*)かアイザワイ系(*aizawai*)の菌株を成分として(表-3)、鱗翅目害虫を防除対象としている。

BT 剤の多くが防除対象としてきたのは、アブラナ科作物のコナガ、アオムシ、ヨトウムシ類や果菜類のオオタバコガである。また、果樹類、茶などの害虫に対しても登録しているが、前者ほど普及していないのが現状である。

非食用分野では、サクラなどの街路樹のアメリカシロヒトリや芝草害虫に対して登録されている。

なお、2003 年 3 月の農薬取締法の改正に沿って、マイナー作物対応を目的として多くの *BT* 剤は適用拡大を

表-3 既登録 BT 剤一覧表

製 剤	商品名	登録企業	菌株由来
死 菌	トアロー水和剤 CT トアローフロアブル CT	東亜合成	クルスターキ
	ガードジェット水和剤	クボタ/クミアイ化学工業/ シンジェンタジャパン	
	ガードジェットフロアブル	クボタ	
	レビタームフロアブル	日本曹達	アイザワイ
生 菌	ダイポール水和剤	住友化学工業/八洲化学工業	クルスターキ
	チューリサイド水和剤	セルティス ジャパン	
	エスマルク DF	住友化学工業	
	バイオマックス DF	日本グリーンアンドガーデン	
	デルフィン顆粒水和剤	セルティス ジャパン	
	ファイブスター顆粒水和剤	アグロ カネショウ	
	チューンアップ顆粒水和剤	エス・ディー・エス バイオテック	アイザワイ
	ゼンターリ顆粒水和剤	アリスタ ライフサイエンス/ 住化武田農薬/北興化学工業	
	クオークフロアブル	アリスタ ライフサイエンス	
	フローバック DF	住友化学工業	
	バシレックス水和剤 ツープット DF	バイエルクロップサイエンス	クルスターキ +アイザワイ
	ブイハンター粒剤 ブイハンターフロアブル	住友化学工業	ヤボネンシス (ブイブイ)

2004 年 8 月 13 日現在。

行い、作物群登録（野菜類，果樹類，樹木類（木本植物））をされた。

3 出荷推移

BT 剤の年間出荷量は 1995（平成 7）農年度の 240 t をピークに減少傾向にあり，ここ数年は 100 ～ 120 t のレベルで推移している。製品分類別に出荷量を比較すると，最も顕著な傾向がみられるのは顆粒水和剤に属する製品が 2001（平成 13）農年度より急増していることである。2002（平成 14）農年度では，全体の約 44%がこのグループの製品を占めている。これを地域別に分析すると，青森県において顕著に出荷量が増大したことが大きく影響していることが明らかであり，果樹向けの商品の普及が貢献していることが示唆された。

次いで，出荷量が多いグループは比較的最近の剤型である DF 剤であるが，それらも全体の 18%あまりである。従来は BT 水和剤の死菌剤と生菌剤との出荷が主流であったが，これらは年々減少傾向にあり，全体的には新剤が属している剤型のグループが維持あるいは増加し

ている。

BT 剤の年間出荷金額はおおよそ 10 億円（9.4 ～ 12.4 億円）であるが，出荷量と並行して剤型ごとに変動傾向が異なっている。なお，2002 年農年度の総出荷額は 10.7 億円であった（農業要覧 2003 年版）。

4 果樹市場

現在，果樹害虫に登録のある BT 剤は表-4 に示す通りである。特に，作物群登録として「果樹類」に適用拡大した製剤は 8 剤であり，すべての製品が適用害虫としてハマキムシ類を採用している。希釈倍数は 400 ～ 3,000 倍と製品による幅が大きい。これらの薬剤は表欄外に示すように広範な果樹に対して使用することができるとは，当然，対象害虫が発生しないものに対しては使用することができないので，実質的には害虫種がかなり異なる樹種（カンキツなど）では使うことができない。

一方，個別の作物として登録を維持している製品も多く残されており，最も普及が見込まれるリンゴなどに対して使用を限定しているものも少なくない。

表-4 果樹害虫に登録のある BT 剤一覧

作物名	適用病害虫	商品名
果樹類 ^{a)}	ハマキムシ類	エスマルク ガードジェット (WP) クオーク ゼンターリ デルフィン トアロー CT (WP) バイオマックス ファイブスター
	シャクトリムシ類	エスマルク バイオマックス
	ケムシ類	デルフィン ファイブスター
リンゴ	ヒメシロモンドクガ	ガードジェット (WP) ダイボール チューリサイド トアロー CT (WP) バシレックス
	ハマキムシ類	ガードジェット (WP) ダイボール チューリサイド デルフィン バシレックス ファイブスター
	シャクトリムシ類	デルフィン ファイブスター
	アメリカシロヒトリ	ダイボール チューリサイド バシレックス
カ キ	カキノヘタムシガ	ガードジェット (WP) ダイボール チューリサイド バシレックス
	イラガ類	ガードジェット (WP) ダイボール チューリサイド バシレックス
ナ シ	ハマキムシ類	ガードジェット (WP)
	ケムシ類	デルフィン ファイブスター
オウトウ	ハマキムシ類	ガードジェット (WP)
モモ	ハマキムシ類	ガードジェット (WP)
ブルーベリー	イラガ類	デルフィン

^{a)} 作物群登録：リンゴ・オウトウ・モモ・ナシ・ミカン・カキ・ウメ・ベリー類等（2003 年 3 月改正農薬取締法施行後適用）。

^{*}使用時期：発生初期，ただし収穫前日まで，本剤の使用回数：4 回，BT を含む農薬の総使用回数：4 回以内。

出荷推移にもみられるように，地域は限定されているが果樹分野での BT 剤の出荷量が急増した。特に青森県では，リンゴの花粉媒介用にマメコバチが広く普及しており，従来，開花期のハマキムシ防除にはこれらに影響の少ない薬剤を採用していた。近年，県の防除基準に BT 剤が採用されたのを機会に，特定の品目の製品が一気に使われるようになった。その背景には，ハマキムシ類以外にシャクトリムシ類に対して適用拡大がなされ使用場面が拡大したことで，低濃度希釈液での防除効果が確認され防除コストの削減が可能となったことが挙げられる。

一方，他県においても既に防除基準に採用されている BT 剤は増加する傾向にあるが，マメコバチの普及率の低さや害虫相の違いなどから，現場での急速な普及はみられていない。

III BT 剤の将来展望

1 有機栽培・特別栽培への対応

1995 年に BT 剤の出荷量がピークとなった原因としては，初期に登録された BT 剤（主に生菌剤）を対象に検討されていた安全性が確認され，公的な使用が解禁となった直後であることが一因ではあるが，同時にアブラナ科作物での重要な害虫であったコナガの発生量が非常に多く，その有効な防除剤として採用されたことが大きな要因である。これは BT 剤の作用機構が従来の合成農薬と大きく異なっており，それらに抵抗性を発達させたコナガにも非常に高い殺虫活性を保有していたためであるが，BT 剤そのものの本来の特徴である微生物農薬としてメリットはあまり表面化されていなかった。その後も同様の視点で BT 剤が普及されたことから，後発の化学農薬との競合の中で様々なデメリットが指摘され，出荷は右肩下がりの減少傾向をたどった。

そのような状況の中で，新 JAS 法（2000 年施行）では有機栽培の基準が明確に示され，作物生産時に使用が認められている防除資材として BT 剤が採用された。また，2004 年 4 月，減農薬を含む特別栽培農産物にかかわる表示ガイドラインが施行され，ここでも BT 剤は農薬としては扱われないことが定められている。

今後，このような有機栽培あるいは特別栽培に対する関心が高まることが十分予想されるため，あらためて BT 剤の微生物農薬としての本来の特徴を生かした普及体制を取ることで需要は伸びると考える。

2 新規活性菌株の実用化

日本での BT 剤の防除対象はごく一部を除いて鱗翅目害虫（幼虫）に限られているが，海外では双翅目や甲虫目害虫に対する製品が多く上市されているばかりでなく，それ以外のグループに属する昆虫に対して殺虫活性を有する菌株も多く発見されている。

まず、鱗翅目害虫を対象とした場合でも、より多くの種に対して活性をもち、しかも基礎活性の高い菌株あるいはトキシンを探索し、実用化することによってこれまでと同じ市場においてもより普及を広げることが可能である。特に、基礎活性の高いものを選抜することは生産から販売までのコストの削減ができるため、これまでの普及上の課題となっていた防除単価の問題を解決することが可能である。

次に鱗翅目以外の害虫に対しては経済的な市場性を十分に検討する必要はあるが、近年、上市されたコガネムシ向けの製品のように、将来的に様々な作物への適用拡大が望める製剤の開発を促進することによって、栽培現場での多様な要望に対応することが可能となる。

また、衛生害虫分野における実用化は農業分野と異なった視点で検討されているが、研究現場では積極的にカなどの双翅目活性をもつ菌株の探索や作用機構の解明が行われている。現実的に北米を中心に深刻な問題となっている西ナイルウイルス病対策として、その媒介昆虫であるカの防除に一部で既に BT 剤が使用されており、国内への波及を想定した対策も必要であると考えられる。

3 新規作物への普及拡大

今後、最も普及が期待されているのは果樹市場である。先にも記したように、ここ数年の需要の増加は地域限定での防除層採用が後押しをしているものの、BT 剤の製品性能が現場で受け入れられていることを裏付けている。その他の地域においても環境負荷の少ない栽培方法として様々な試みが行われており、フェロモン（交信攪乱剤）や天敵昆虫などの普及にも積極的な活動が行われている。BT 剤とこれらの資材と併用することで、より総合的な防除体系が確立できると思われる。より多くの地域での普及拡大を目指すためには、BT 剤に対する正確な知識を栽培現場に浸透させることが必要であり、本剤に対する認知度を上げることが必要である。

一方、果樹以外では既に果菜類などで積極的に使用されている天敵昆虫を有効利用するうえで BT 剤が利用されている。現在、普及されている天敵製剤は鱗翅目以外であるために BT 剤はほとんど影響しない。さらに、天敵を取り入れた防除体系において鱗翅目（ヨトウムシ類、タバコガ類など）に対する効果が十分に期待できるために、補完薬剤としては最適である。これら天敵製剤の普及が進めば、BT 剤の需要も連動することが予想される。

当初より茶の鱗翅目害虫に対しても BT 剤は登録されており、ハマキムシ類など果樹と同様の害虫を対象としているが、効果面などの問題から広く普及されていない。これらの問題を解決するために、例えば防除効果を増強させる工夫を行うなどの対策が望まれる。

IV トピックス

1 BT 剤抵抗性

BT 剤を極端に連用した場合、害虫が抵抗性を発達する可能性はある。実際に国内でコナガの感受性低下が報告されたことがあり、室内実験でコナガに BT 剤で淘汰を行うと抵抗性を獲得することも確認されている（丸山, 1999）。しかしながら、BT 剤抵抗性コナガは遺伝的に非常に不安定であり（劣性遺伝）、薬剤処理を中断すると短期間で感受性が回復することが明らかとなっている（浜, 1991; TABASHNIK, 1994）。現在、国内でコナガの BT 剤に対する顕著な抵抗性が問題となっている地域はほとんどなく、しかも、コナガ以外の害虫ではほとんど問題化されていない。

2 Bt 遺伝子組換え作物

アメリカを中心に食用作物に耐虫性を獲得させる目的で、*Bt* 菌の殺虫性タンパク遺伝子を組み換えた作物（GMO）の開発が盛んに行われてきた。トウモロコシにはシンクイムシ用に Cry1Ab を、ジャガイモにはコロラドハムシ用に Cry3A を組み換えて効果の発現に成功している。また、非食用ではワタ、タバコなどの鱗翅目用に類似した遺伝子を導入している。特定の除草剤に対する抵抗性遺伝子を組み換えた大豆などとともに現地での栽培面積が急速に拡大しているが、既に国内でも話題となっているように消費者の立場からは決して歓迎されていない。*Bt* 遺伝子組換え作物の場合は、特に防除対象外の昆虫に対する影響あるいは抵抗性害虫の促進が危惧されており、様々な観点から環境影響性が評価されている（松井, 2000）。

3 ガン抑制効果

驚くべきことに、殺虫活性をもたない *Bt* 菌株の結晶性タンパク質にガン細胞を選択的に破壊できるものがあることが国内の研究グループから報告された。その遺伝子構造は既に明らかとされ、パラスポリンという名称が提案されている（MIZUKI, 2000）。*Bt* 菌の結晶性タンパク質には、殺虫活性をもたない菌株も数多くみられており、それらの作用特性を研究することで未知なる分野への *Bt* 菌の利用が広がるのではないかと期待している。

引用文献

- 1) 浜 弘司 (1991) : 植物防疫 45(12) : 10 ~ 13.
- 2) LACADET, M.-M. et al. (1999) : J. Appl. Microbiol. 86 : 660 ~ 672.
- 3) 丸山 威ら (1999) : 応動昆 43(1) : 7 ~ 12.
- 4) 松井正春 (2000) : 植物防疫 54(6) : 42 ~ 45.
- 5) MIZUKI, E. et al. (2000) : Clin. Diagn. Lab. Immunol. 7(4) : 625 ~ 634.
- 6) OHBA, M. et al. (1992) : Lett. Appl. Microbiol. 14 : 54 ~ 57.
- 7) 佐藤令一 (2000) : 微生物の資材化, ソフトサイエンス社, 東京, p.194 ~ 214.
- 8) SUZUKI, N. et al. (1992) : Biological Control 2 : 138 ~ 142.
- 9) TABASHNIK, B. E. et al. (1994) : Proc. Natl. Acad. Sci. USA 91 : 4120 ~ 4124.