

天敵類に対する生態毒性的研究の最近の動向

中央農業総合研究センター 小 堀 陽 一

はじめに

IPM 体系を構築するためには、化学合成殺虫剤などの化学物質が標的生物ばかりでなく天敵をはじめとする非標的生物に与える影響を調べる生態毒性的研究が必要不可欠である。EU 諸国では、食料が完全自給の状態になった 1979 年以降から環境に及ぼす農業生産の影響に関心が向けられ、IOBC 欧州支部を中心とした研究者グループが天敵生物に及ぼす農薬の影響評価指針の確立に向けた研究を開始した。この研究グループによる影響評価法策定の経緯や内容は、本誌に掲載された平井 (1996;1999) および平井・森 (1997) に詳細に述べられている。また、AMANO and HASEEB (2001) および天野 (2002) は、基準作りに大きな役割を果たした個々の研究成果の位置づけを明確にするとともに、発展途上国への技術支援という国際的視点を踏まえて基準作成の意義を議論した。これらの総説との内容重複を避けるため、本報では EU における基準案作成の経緯や基準作成に用いられた個々の研究成果の評価、および発展途上国への技術支援問題などには言及しないこととした。

これまでに紹介した総説は、いずれも施設栽培が盛んな EU 諸国の動向を取り上げている。一方、世界最大の作物輸出地域である北米では、作付面積の広い露地作物栽培が中心となっている。正確な農薬の影響評価を行うには、栽培体系ごとに異なるアプローチでの検討が必要になる可能性もある。そこで本報では、これまで紹介されることが少なかった北米における生態毒性的研究の最近の事例・動向を、EU 諸国における研究と比較しながら紹介する。また、両者の研究法を踏まえうえて、日本における今後の展望についても議論したい。

I EU 諸国・北米における評価試験法の比較

天敵昆虫に対する生態毒性的研究が行われた論文を材料とし、EU 諸国と北米における評価試験法の比較を試みた。すなわち、BioControl (1997 年までは Entomophaga) に 1993 ~ 2004 年に掲載された論文 23

報、Journal of Economic Entomology に 1993 ~ 2004 年に掲載された論文 44 報を、EU 諸国で実験が行われた論文と北米で実験が行われた論文に分類した。実験実施地域が不明確な文献は、筆者の所属を参考に集計した。共著の論文には、筆者の所属が上記 2 地域にまたがる論文がみられたが、それは集計から除外した。その後、それぞれの地域別に研究対象植物の栽培体系・試験規模・検討されたパラメータについて両地域の違いを中心に検討した。

1 栽培体系

EU 諸国においては施設栽培の野菜類を対象とした試験例が最も多く、果樹がそれに続いた (表-1)。それに対し、北米では露地栽培の作物を対象とした試験が多くを占めていた。すなわち、EU 諸国ではトマト・キュウリ・イチゴなどを対象とした試験が多く、北米ではトウモロコシ・小麦・綿花などに関する試験が多かった。この違いはその地域の農業の実情をそのまま反映していると考えられるが、このような栽培体系の違いは試験法および試験時に注目するパラメータにも影響を与えると考えられる。そこで、以下に試験法の違いと、どのようなパラメータに注目した研究が行われたかについてまとめた。

2 試験規模と主要なパラメータ

EU 諸国で行われた試験では室内試験が最も多く、野外に設置された網室内などに供試虫を放飼する半野外試験がそれに続き、野外試験は最も実施論文数が少なかった。それに対し、北米では室内試験が最も多く野外試験がそれに続いた (表-2)。このような頻度分布を示した

表-1 EU 諸国・北米でそれぞれ行われた生態毒性的研究の対象作物

実験地域	対象作物	論文数	
EU 諸国	露地	作物	1
	露地	野菜類	3
		果樹	14
	施設	野菜類	49
北米	露地	作物	28
	露地	野菜類	10
		果樹	11
	施設	野菜類	4
	穀物庫	作物	1

Recent Trends of Ecotoxicological Study on Natural Enemies.

By Youichi KOBORI

(キーワード: 天敵, 農薬, 生態毒性, 影響評価, IOBC)

表-2 EU諸国・北米でそれぞれ行われた生態毒性的研究の実験規模

実験地域	実験規模	論文数
EU諸国	研究室	15
	半野外 ^{a)}	8
	野外	3
北米	研究室	35
	半野外 ^{a)}	5
	野外	16

^{a)} 野外に設置された網室などを用いた試験。

理由として、EU諸国では供試虫の薬剤からの逃げ場がなく、最も厳しい条件である室内レベルの試験で影響がみられない薬剤に関しては、より規模の大きな試験をせずに効果を判定することが考えられる(平井, 1996)。それに対し、アメリカ型の研究では室内レベルで詳細な影響について検討するとともに、実際の施用規模での試験も行う傾向があるため、このような頻度分布になったと推測される。今回材料とした論文を見直すと、北米において実験が実施されたもののうち野外実験を行っている論文では、その多くが室内試験結果とあわせてデータを解析していた。

試験で注目しているパラメータについて比較すると、EU諸国では常用濃度中最も濃い濃度を用いての死亡率算出が多く、LC₅₀やLD₅₀といった値に関する研究例がみられなかったのに対し、北米では数多く行われていた(表-3)。双方とも亜致死的毒性についても様々なパラメータについて研究されているが、特に生殖能力に注目した研究が多かった。また、天敵昆虫の個体群動態に及ぼす影響評価も両地域で行われていた。

3 方法論の違いと問題点

EU諸国の試験形態は、効率良く有用な薬剤を選抜するのに適した方法であるといえるが、室内試験がどの程度野外を反映したものであるかについては検討の余地がある。そのような批判に対して、IOBC欧州支部では室内試験に際しては厳しい試験基準を設け、それを遵守した試験でのみ評価すること、またより良い試験基準を作成することで対処しようとしている。試験基準の根幹をなすものの一つに、有用生物に対する農薬の影響の程度を段階的に評価する毒性区分がある(HASSAN, 1992; 1994)。しかし天野(2002)にもあるように、この毒性区分の科学的根拠を見いだすことはできなかった。

北米の研究形態は、室内レベルでの詳細な試験と圃場

表-3 EU諸国・北米でそれぞれ行われた生態毒性的研究の測定パラメータ

パラメータ	実験地域		
	EU諸国	北米	
致死毒性	死亡率	33	24
	LD ₅₀	0	5
	LC ₅₀ ^{a)}	0	13
亜致死的毒性	成長速度	0	5
	寿命	2	5
	生殖能力	11	20
	蛹体重	0	2
	性比	1	1
	次世代への影響	1	1
	摂食量	0	2
忌避行動	0	1	
残留毒性	死亡率	4	5
個体群動態 ^{b)}		3	4

^{a)} LC₉₀の算定が行われた論文も含む。^{b)} 天敵に対する個体群動態調査が行われた論文。

における実用レベルでの試験を組み合わせる方法である。そのため、薬剤を一般農家が散布した場合に起こる害虫・天敵個体群の密度増減を推定でき、その増減を解析する際の重要な基礎的知見となる個体レベルでの毒性も定量的に示すことができる。しかし野外試験のほとんどは、ha規模の試験区を反復を設けて設置するもので、すべての薬剤についてこのような試験を行うのは費用および手間がかかりすぎ現実的ではないと考えられる(今回材料とした文献中最大の試験圃場は約420ha、平均でも約0.5haであった)。野外試験のデータ解析において、無処理と比較すると薬剤処理区では有意に天敵昆虫の個体数が少ないことが示せても、その理由についてははっきりとした考察ができない研究例もみられた。また、室内における感受性試験と野外試験の評価に一部矛盾が生じるような例もあった。野外および室内試験の結果から普遍性をもった評価を下すには、室内と野外の中間となる半野外の試験が重要な意味をもつと考えられるが、その実施例は極めて少ない。そのため、室内試験と野外試験のギャップを埋めるものが存在しないという欠点が見られる。さらに、LD₅₀・LC₅₀を天敵に対して求めた研究例が複数みられたが、影響評価という観点からの考察はされていないが多かった。天野(2002)が述べたように、北米においては影響評価に当たって生態的要因(散布された薬剤粒子の不均一な分布などに起因する暴露量の違いなど)の重要性が主張される傾向にある。

植物体への薬剤の付着程度などから天敵への暴露量を推定し、それと照らしあわせながら考察することによりLD₅₀・LC₅₀などの数値も影響評価に大きな役割を果たすと考えられるが、そのような研究例は少ない。

4 EU 諸国における研究傾向の変化

1997年以降に行われた研究を概観するとおおむね上記のような傾向がみられたが、近年、EU諸国においてはこれまでとは違った研究形態もみられるようになってきた。例えば VEIRE et al. (2002) は、エルヒメハナカメムシ *Orius laevigatus* に対する農薬の影響を、室内試験・半野外試験・野外試験（個体群動態）のすべてのレベルで調査し、その結果を比較している。また、MANZANO et al. (2003) は殺虫剤施用がオンシツコナジラミとその寄生蜂の個体群動態に及ぼす影響を野外で調査している。このように、近年では既存の方法論のみでなく、野外試験により多くの比重を置いたと考えられる研究も行われつつある。

II 日本における動向

1 これまでの研究経過

病虫害発生予察資料第57号(1957)には、化学農薬の使用によりニカメイチュウの個体数は減少したが、化学農薬は同時にクモ類へも影響を及ぼし、ウンカ・ヨコバイ類が増加したことが示されており、生物相への影響を考慮した合理的害虫防除の必要性が示されている。近年、日本では環境保全型農業志向の高まりもあり、天敵類・花粉媒介昆虫などの利用促進や環境への悪影響の少ない農薬の選定のため、「天敵と農薬に関する研究」が盛んになっている(平井, 1999)。その流れに伴い、近年まであまりみられなかった亜致死の毒性に着目した研究も行われ始めている。

高篠ら(2001)は、コナガに対する有力な導入天敵、セイヨウコナガチビアメバチに対する農薬の影響を、亜致死の毒性にも着目し室内試験・半野外試験で評価している。その結果、薬剤との接触をほぼ強制される室内試験(ドライフィルム法)では、成虫に対しほぼ100%の死亡率を示した薬剤であっても、半野外試験ではその死亡率が半減する薬剤もみられた。その理由として、①半野外試験ではケージ底面に落ちた個体が薬剤との接触から解放されたため、②行動の自由度が高い網室内では成虫が薬剤を忌避したため、という二つの可能性が指摘されている。この点に関しては今後のさらなる研究が待たれるところであるが、半野外試験の重要性を示す研究例であると考えられる。

また、KOBORI and AMANO (2004) はモモアカアブラム

シなどの土着天敵であるギフアブラバチに対する農薬の影響を、成虫に対する亜致死の毒性や経口投与した場合の毒性・マミー内の蛹に対する毒性に関しても着目して評価した。その結果、メス成虫に接触させた場合の悪影響はほとんどみられない薬剤であっても、経口投与すると死亡率が大きく増加する薬剤がみられた。ギフアブラバチは圃場周辺の草花から吸蜜する可能性もあるため、そのような薬剤を散布する際には圃場周辺へのドリフトに十分注意する必要があることが示された。また、散布後の残余液を圃場周辺に散布することは、周辺環境に生息する天敵類に対して悪影響を及ぼす可能性があることも示唆される。さらに、一般には影響が少ないといわれていたマミー内の蛹に対しても、マミー化直後の表皮が柔らかい状態のマミー内の蛹では比較的大きな影響がある可能性が示された。

2 今後の展望

日本における生態毒性的研究は、端緒についたばかりである。しかし将来は統一試験法の作成とそれによる試験結果の公表が必要となる時期がくると考えられる。日本における統一試験法の確立には、EU諸国の研究の大部分が適用できる可能性が高いことは平井(1999)が既に述べている。しかし、日本はEU諸国と比較すると豊富な生物相をもつことが知られており、EU諸国のような施設栽培のほかに露地栽培による生産も多い。このような状況の日本において今後さらに環境保全型農業を推進するためには、生態毒性的研究のターゲットは生物農薬の利用を目的とする天敵昆虫にとどまらなないと考えられる。すなわち1940年代からIPMの基幹技術の一つであるといわれてきた、土着天敵の保護利用も考慮に入れた研究が必要である(Johnson and TABASHNIK, 1999)。そのためには、土着天敵が害虫密度抑圧にどの程度寄与しているか、またどれだけの潜在的可能性があるのかを定量的に示す必要がある。特に捕食者は害虫を捕食した痕跡を残さないことが多いため、その評価は困難である。DEMPSTER (1960) は、抗原抗体反応を利用してハムシの1種 *Gonioctena olivacea* の捕食者を調査した。この方法を用いた研究例は日本でも多いが、近年では沈降反応と酵素による発色を結び付けた、より感度の高いELISA法が特によく利用されている。このような研究例はあるものの、捕食者が害虫個体群に与える影響を定量的に評価するには至っていない。今後、日本独自の影響評価法を確立するに当たっては、土着天敵への影響評価を行う前にその対象種の選定を科学的に行う方法の開発が必要となる。

おわりに

EU諸国・北米での研究をそれぞれ概観した結果、不十分な点も散見されるが影響評価法の開発が進みつつあると考えられた。しかし現在の研究動向は、影響を定量化する方法論のみに多くの努力が向けられており、本来の目的である害虫・天敵・農薬の系を実用的な観点から評価する試みは極めて少ない。

日本における生態毒性的研究は断片的報告にとどまっているが、本誌に連載された「農業害虫および天敵昆虫等の薬剤感受性検定マニュアル」など、体系的な評価に向けた準備も行われつつある。環境保全型農業をさらに推進させるためには、日本独自の栽培体系・環境条件・生産者の制約条件を考慮に入れた試験法の開発を急ぐ必要がある。また農薬の影響評価に当たっては、害虫による被害・天敵の害虫密度抑制・薬剤の病害虫密度抑制および天敵への影響を経済的な観点も含めて定量的に評価する試みが必要となろう。

本報の原稿を鈴木芳人博士にご査読いただき、大変有益なコメントをいただいた。最後になったが、ここに記し厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 1) 天野 洋 (2002) : 植物防疫 56 : 22 ~ 25.
- 2) AMANO, H. and M. HASEEB (2001) : Appl. Entomol. Zool. 36 : 1 ~ 11.
- 3) DEMPSTER J. P. (1960) : J. Anim. Ecol. 4 : 485 ~ 500.
- 4) HASSAN, S. A. (1992) : Bull. IOBC/WPRS 15 : 18 ~ 39.
- 5) ——— (1994) : ibid. 17 : 1 ~ 5.
- 6) 平井一男 (1999) : 植物防疫 53 : 197 ~ 200.
- 7) ——— (1996) : 同上 50 : 285 ~ 289.
- 8) ———・森 克彦 (1997) : 同上 51 : 72 ~ 73.
- 9) JOHNSON, M. W. and B. E. TABASHNIK (1999) : Enhanced biological control through pesticide selectivity, BELLOWS, T. S. and T. W. FISHER eds. Handbook of Biological Control, Academic Press, San Diego, USA, p. 297 ~ 317.
- 10) KOBORI, Y. and H. AMANO (2004) : Appl. Entomol. Zool. 39 : 255 ~ 261.
- 11) MANZANO, M. R. et al. (2003) : BioControl 48 : 685 ~ 693.
- 12) 植物防疫課 (1957) : 病害虫発生予察資料 第57号 : 560.
- 13) 高篠賢二ら (2001) : 北日本病虫研報 52 : 194 ~ 197.
- 14) VAN DE VEIRE, M. et al. (2002) : BioControl 47 : 101 ~ 113.

新しく登録された農薬 (18 ページからの続き)

- ピラゾスルフロンエチル・フェントラザミド・ベンゾピシクロン粒剤
- 21371 : ダブルスター SB ジャンボ (日産化学工業) 2004/10/13
- 21372 : バイエルダブルスター SB ジャンボ (バイエルクロップサイエンス) 同
- ピラゾスルフロンエチル 0.70%, フェントラザミド 6.7%, ベンゾピシクロン粒剤 6.7%
- 移植水稻 : 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ (北海道を除く), ヘラオモダカ (北海道, 東北), ヒルムシロ, セリ, アオミドロ (北陸を除く), 藻類による表層はく離 (北陸を除く)
- ピラゾスルフロンエチル・フェントラザミド・ベンゾピシクロン粒剤
- 21373 : ダブルスター SB1 キロ粒剤 (日産化学工業) 2004/10/13
- 21374 : バイエルダブルスター SB1 キロ粒剤 (バイエルクロップサイエンス) 同
- ピラゾスルフロンエチル 0.30%, フェントラザミド 3.0%, ベンゾピシクロン 2.0%
- 移植水稻 : 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ (北海道を除く), ヘラオモダカ (北海道, 東北), ヒルムシロ, セリ (北陸を除く), アオミドロ, 藻類による表層はく離

●ピリミノバックメチル・プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン粒剤

- 21375 : トップガン GT1 キロ粒剤 75 (クミアイ化学工業) 2004/10/13
- 21376 : 科研トップガン GT1 キロ粒剤 75 (科研製薬) 同
- 21377 : デュボントップガン GT1 キロ粒剤 75 (デュボン) 同
- ピリミノバックメチル 0.45%, プロモブチド 9.0%, ベンスルフロンメチル 0.75%, ペントキサゾン 2.0%
- 移植水稻 : 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ (東北), ヒルムシロ, セリ, ヘラオモダカ, アオミドロ, 藻類による表層はく離
- ピリミノバックメチル・プロモブチド・ベンスルフロンメチル・ペントキサゾン粒剤
- 21378 : トップガン GT1 キロ粒剤 51 (クミアイ化学工業) 2004/10/13
- 21379 : 科研トップガン GT1 キロ粒剤 51 (科研製薬) 同
- 21380 : デュボントップガン GT1 キロ粒剤 51 (デュボン) 同
- ピリミノバックメチル 0.45%, プロモブチド 9.0%, ベンスルフロンメチル 0.51%, ペントキサゾン 2.0%
- 移植水稻, 水田一年生雑草, マツバイ, ホタルイ, ウリカワ, ミズガヤツリ, ヒルムシロ, セリ, アオミドロ, 藻類による表層はく離

(28 ページに続く)