

天敵に対する薬剤の影響評価法について

千葉大学園芸学部応用動物昆虫学研究室 ^{あま}天 ^の野 ^{ひろし}洋

はじめに

近年の作物保護を支える柱の一つが、IPM プログラムをその中心に据えた有害生物防除法の確立であることに疑いの余地はない。一方で、過去50年にわたり殺虫・殺ダニ剤をはじめとする化学農薬（以下、薬剤と呼ぶ）の恩恵を長く受け続けてきた栽培現場では、IPM が志向する哲学や実学と現場で広く受け入れられる防除技術の間に微妙なズレが生じている。

例えば、有効な薬剤をめぐる熾烈な開発競争の結果、新剤の上市に際しても標的種（害虫）への効果は大きく宣伝するものの、カイコや魚などの一部を除き非標的種（non-target species）への影響に関する情報を添えることはまれであった。カイコや魚類、哺乳類や鳥類と比較しても、天敵類はその生活圏の重なりが標的種に最も強い存在である。したがって、害虫に対して使用された薬剤に個体もしくは個体群として最も敏感に反応する非標的種である。このような情報不足をもたらした一因として、天敵類に対する薬剤の影響評価に関する科学研究の欠如と、得られた成果を応用レベルへ適用する際の遅速さが指摘される。この問題にいち早く対応したヨーロッパ諸国では、IOBC 欧州支部を中心とした研究者グループが天敵への影響評価基準案の策定に動き、1990年代前半から EC 通達、EU 通達などを介して統一案の作成を計ってきた。基準作りの経緯とその内容の詳細は、本誌に掲載された平井（1996, 1999）や平井・森（1997）に述べられているので参考にされたい。これらの報告を読めば、1994年にオランダで開催されたワークショップで提案された影響評価基準案の内容や手順がよく理解できる。そこで本報では、内容的な重複をさけるためにできる限り基準案の内容については言及しないこととした。

さて、一方でこの基準案はある意味では研究者が積み重ねてきた研究成果の総括であり、その元となる科学的根拠を経時的に示すものではなかった。そこで、AMANO and HASEEB（2001）は基準作りに重要な役割を果たした個々の研究成果を明確にするとともに、基準案作成の現

代的意味を農業先進国からの視点のみならず、発展途上国の農業支援という国際的な観点を踏まえて論議した。筆者らの力量不足により原著では理解しにくい点も多々あったため、今回本誌のご厚意によりここにその概要を述べる機会をいただいた。ただ、本誌の性格上、引用文献を列挙することはできないため必要最小限のものに限って再録する。

I 評価試験法の手順

選択性の高い薬剤の使用は IPM 体系の確立にとって必須のコンポーネントである。一般的には、害虫に比べて天敵類への影響が低ければその薬剤は選択的といえる。しかし、選択性は現実的には生理的選択性（生物のもつ薬剤浸透性や解毒性、排泄能力の違いに起因）と生態的選択性（生物側の行動の違いや散布された薬剤粒子の不均一な分布などの諸要因がもたらす暴露量の違いに起因）に分けることができる。ヨーロッパ諸国での研究では、その対象（害虫）は主としてハウス内生息性のものが多く、したがって生理的選択性が比較的重視される。一方、アメリカ合衆国での議論には個々の生物が有する生理的能力とともに、生態的要因の重要性を主張するものが多い。これは対象となる作物が作付面積の広い野外条件下で栽培され、対象害虫の移動分散も頻繁に起こるといった環境条件によるものだろう。したがって、評価試験に際しても彼らは野外における大規模試験の実施を強く主張する。

平井（1999）は、近い将来避けられない統一試験法の開発と結果の公表義務を見据えて、「ヨーロッパで採用されている試験法は国内でもほぼ適用できるので」と言及している。我が国の農業立地を考えると、この方針は適切な対応と考えられる。

1994年オランダでのワークショップで提案された影響評価基準案では、試験に当たっては対象作物や害虫と何らかの結びつきをもつ2種の天敵を使うことや、推薦された試験生物名が列挙されている（平井, 1996）。野外での複雑な天敵網に配慮し、それらに対する薬剤の影響を少しでも正確に反映させるための提案であり、それぞれの試験法は HASSAN（1992）により提示されている。試験生物を選抜する際の根拠をたどると、HASSAN（1983）による報告に行き着く。そこでは害虫がアブラ

Some Aspects on Testing the Effects of Pesticides on Natural Enemies. By Hiroshi AMANO

(キーワード: 天敵, 薬剤, 毒性, IOBC, 発展途上国)

ムシ、チョウ目幼虫、ハダニなど個々のケースにそれぞれ対応した試験生物（天敵）の選定が具体的に示唆されている（詳細は AMANO and HASEBE, 2001 を参照）。

試験法は連続階層的（Tier-test）に組まれる。これは室内試験/拡大室内試験/半野外試験/野外試験と段階的に試験規模を大きくし、例えば室内試験（最高量の薬剤暴露が想定される条件）の結果が選択性（天敵の死亡や産卵抑制が少ない）であれば、特別な理由がない限り以降の試験は免除される仕組みである。室内試験は実験条件も整えやすく再現性も高いが、薬剤が実際に使用される野外の条件がもつ複雑性・現実性の再現に欠ける。一方、規模が大きくなるにつれて試験がもつ属性は逆方向のベクトルに傾く。これらの階層的試験法の策定を支えた基本的な考え方は、JEPSON (1989) や後に発表された RÖMBKE and MOLTSMANN (1996) などに明確に示されている。例えば後者は、野外での有用節足動物に対する薬剤の影響を時間的/空間的に解析し、それぞれの時空間的断面における影響を測るために最適な調査法を個体と個体群レベルの両面から検討した結果、micro（室内実験）、meso（半野外実験）、macro（野外実験）レベルでの試験を提案している。

より具体的な例としては、天敵チリカブリダニを標的種とした OOMEN et al. (1991) の質問形式に構成された評価システム（図-1）がある。これに加えて、同著者によるセイヨウミツバチ（OOMEN, 1986）やオンシツツヤ

コバチ（OOMEN et al., 1994）での階層的試験法の提示は統一の評価基準案作りに大きく貢献し、その影響はヨーロッパのみならずほかの地域にも広く及んだ。

II 試験結果の解釈と評価

EU が策定しようとする基準案の一つの特徴は、天敵類の生死のみならず亜致死状態における行動の変化が重要な形質として含まれている点である。例えば捕食者であれば捕食量の、捕食寄生者であれば寄生率の低下である。一般的に beneficial performance と呼ばれるこれら行動的形質の変化を、単なる死亡率調査に付け加えることにより薬剤の影響はより顕著に見えてくる（FRANZ, 1974）。また、亜致死状態での薬剤の影響は害虫に対する反応として表れるとは限らず、天敵自身の発育遅延や生理的/遺伝的傷害をもたらすことも多々ある。

一方で、簡易な指標として死亡率のみが利用されてきた現実があり、現在でもその状況は大きくは変わっていない。栽培現場における使用薬剤の選択性判定に際しても、その指標として局所施用法により求められた（天敵の LD₅₀）/（害虫の LD₅₀）の比率（selective ratio）が長く使われてきた。このようにして得られる生理的選択性に関するデータはもちろん価値のあるものといえるが、このデータをそのまま野外条件下へ適用することには難色を示す声も多い（STARR et al., 1995）。

薬剤の影響評価に関して、観点をやや変えて考案された危険率（hazard ratio）と呼ばれる指標があり、上記した selective ratio よりも利用性に優れたものと考えられている（SMART and STEVENSON, 1982）。根本（1995）は著書の中で、危険率 = (暴露量) / (真の毒性値) と表現し、分子は環境に投入される 1 ha 当たりの原体薬量 (g ai/ha)、分母は非標的種の LD₅₀ (μg ai/insect) であることと、EU がこの指標によって薬剤の非標的種に対するリスクを推定していると述べている。この式に従ってリスクを小さくする（選択性を高める）には、分母を大きくする（非標的種への影響を軽減する）か、分子を小さくする（面積当たりの薬剤投入量を軽減する）必要が生じる。イギリスでは、この危険率を使ってミツバチに対する薬剤評価を行い、50 未満は無影響、50～2,500 を影響少から中、2,500 以上のものを影響大としている（FELTON et al., 1986）。

さて、IOBC 欧州支部のワーキンググループ（HASSAN, 1992, 1994）は、各レベルで得られた薬剤の影響を数値化し総合的に判定する際の指標としている（表-1）。ただ、気になる問題としてカテゴリーの数の適切性（高い分散性をもった平均値が多い）やカテゴリー

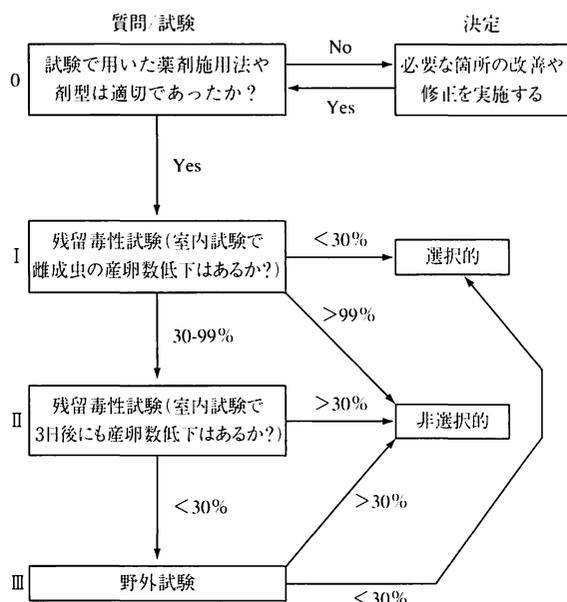


図-1 チリカブリダニに対する薬剤の影響を評価する方法 (OOMEN et al. 1991 を改変)

表-1 IOBC 欧州支部が策定した薬剤評価基準

カテゴリー	死亡率またはRBC* (%)
室内試験	
無影響	< 30
影響少	30~79
影響中	80~99
影響大	> 99
半野外試験 (残留)	
短期残留	< 5 11
残留少	5~15 11
残留中	16~30 11
残留大	> 30 11
半野外/野外試験	
無影響	< 25
影響少	25~50
影響中	51~75
影響大	> 75

* Reduction in Beneficial Capacity.

分けの根拠となる科学的証拠が、今回の調査では筆者には見いだせないままであった。また、カイコやミツバチへの影響や魚毒性に比べて、天敵に対する影響に関する資料提出の義務は世界的に見ても法的に弱い。これらの現状をまず改善する努力が今後必要となる。

III 発展途上国における問題

多くの発展途上国にとって農産物の輸出は重要な位置付けをもっている。質の高い作物を収穫するために使われる薬剤は増加の一途をたどっているが、一方では輸入国側から厳しい薬剤削減を求められるという現実がすぐにも訪れようとしている。経済的のみならず、技術的にも施設的にも苦しい状況にある途上国にとって、現在基準作りが進む薬剤の影響評価法は現状では高いハードルになり、自国での実施には困難が伴うであろう。これらの国々における農業の継続的発展には、薬剤影響評価の面においても先進国による支援が必要である。

まず考慮すべきは、多くの発展途上国が熱帯もしくは亜熱帯地域に位置することである。つまり、多くの先進国にはない固有な気候条件が存在するため、天敵相の果たす役割や薬剤の挙動も異なることが容易に想像できる。先進国で得られた精緻なデータはそのままで適用できない可能性が高い。このような状況下で我が国を含む先進国が果たすべき役割は、影響評価の基準作りを通して得られた概念や方法を、人的にも経済的にも脆弱な体制下においても実施が可能なレベルまで適合(修正)させる努力を惜しまないことである(RÖMBKE and MOLTSMANN, 1996)。例えば、室内条件下での薬剤毒性試験に関しては、熱帯/亜熱帯条件をも加味した形のもの

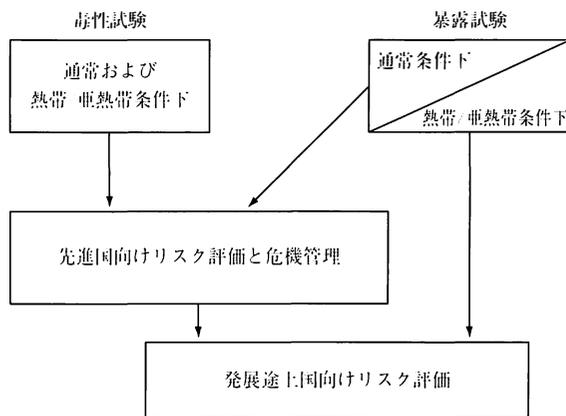


図-2 薬剤によるリスク評価の概念図 (RÖMBKE and MOLTSMANN, 1996 を改変)

を先進国内で実施し、その野外試験は発展途上国内で(できれば先進国の援助をもって)実施する。これにより、先進国内で通用する薬剤のリスク評価と危険管理の整備ができるとともに、これとは別個の、発展途上国内で有効な薬剤のリスク評価法が開発されることとなる(図-2)。

おわりに

1995年3月にIIBC/IOBC共催の影響評価トレーニングコースがマレーシアで実施された。『経済的先進国』である日本は、皮肉にもトレーニングされる側としての参加を余儀なくされ、『天敵後進国』としての名を広めた。しかし、屈辱感に沈んでいる余裕は私達には与えられていない。発展途上国は急速に天敵利用の道を模索し始め、安全で品質の良い農作物を作り始めている。我が国も世界的基準を見据えながら薬剤の影響評価法を一刻も早く確立し、天敵利用の道を少しでも押し広げることが急務である。

引用文献

- 1) AMANO, H. and M. HASEEB (2001): Appl. Entomol. Zool. 36: 1~11.
- 2) FELTON, J. C. et al. (1986): Bee World 67: 114~124.
- 3) FRANZ, J. M. (1974): Z. Pflkrankh. Pflschutz. 81: 141~174.
- 4) HASSAN, S. A. (1983): Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Entomol. 4: 85~88.
- 5) ——— (1992): Bull. IOBC/WPRS 15: 18~39.
- 6) ——— (1994): ibid. 17: 1~5.
- 7) 平井一男 (1996): 植物防疫 50: 285~289.
- 8) ——— (1999): 同上 53: 197~200.
- 9) ———・森 克彦 (1997): 同上 51: 72~73.
- 10) JEPSON, P. C. (1989): Pesticides and non-target invertebrates, Intercept, Dorset, pp. 97~127.
- 11) 根本 久 (1995): 天敵利用と害虫管理, 農文協, 東京, p. 181.
- 12) OOMEN, P. A. (1986): Med. Landbouww. Rijksuni. Gent. 51/3 b: 1205~1213.

- 13) ———— et al. (1991): Bull. OEPP/EPPO 21: 701~712.
 14) ———— et al. (1994): ibid. 24: 89~107.
 15) RÖMKE, J. and F. MOLTSMANN (1996): Applied Ecotoxicology. CRC Press, Florida, p. 282.
 16) SMART, L. E. and J. H. STEVENSON (1982): Bee World 63: 150~152.
 17) STARK, J. D. et al. (1995): J. Econ. Entomol. 88: 1081~1088.

新しく登録された農薬 (13.11.1~11.30)

掲載は、種類名、商品名 (登録番号: 製造業者又は輸入業者) 登録年月日、有効成分および含有量、対象作物: 対象病害虫: 使用時期および回数など。ただし、除草剤については、適用雑草: 使用方法を記載 (…日…回は収穫何日前まで、何回以内散布又は摘採何日前まで何回以内の散布の略)。(登録番号 20703~20721)

「殺虫殺菌剤」

フィプロニル・プロベナゾール粒剤

ビルダープリンス粒剤 (20711: 明治製菓, 20712: 北興化学工業, 20713: アベンティス クロップサイエンス シオノギ) 13.11.19

フィプロニル 1.0%

プロベナゾール 10.0%

稲 (箱育苗): いもち病・ウンカ類・ニカメイチュウ・コブノメイガ・イネミズゾウムシ: 移植3日前~移植当日: 育苗箱の苗の上から均一に散布する: 1回

「除草剤」

インダノファン・ピラゾスルフロンエチル・プロモブチド粒剤

クリフダエースジャンボ (20718: 日産化学工業, 20719: 三菱化学, 20720: 八洲化学工業) 13.11.19

インダノファン 4.0%

ピラゾスルフロンエチル 0.70%

プロモブチド 20.0%

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 (北陸, 近畿・中国・四国を除く)・セリ (北陸を除く)・アオミドロ・藻類による表層はく離 (北海道, 関東・東山・東海, 九州): [北海道, 東北: 移植後5日~15日 (ノビエ2葉期まで)], [北陸, 関東・東山・東海, 近畿・中国・四国, 九州の普通期栽培地帯: 移植後5日~12日 (ノビエ2葉期まで)]: [北海道: 植壊土~植土 (減水深1cm/日以下)], [東北: 壊土~植土 (減水深1cm/日以下)], [北陸, 関東・東山・東海の普通期栽培地帯: 壊土~植土 (減水深2cm/日以下)], [近畿・中国・四国の普通期栽培地帯: 壊土~植土 (減水深1cm/日以下)], [九州の普通期栽培地帯: 砂壊土~植土 (減水深1.5cm/日以下)]: 水田に小包装 (バック) のまま投げ入れる: 1回

オキサジクロメホン・クロメプロップ・ピラゾスルフロンエチル水和剤

トレディプラス顆粒 (20703: 日産化学工業, 20704: アベンティス クロップサイエンス シオノギ, 20705: 全農) 13.11.7

オキサジクロメホン 7.5%

クロメプロップ 44.0%

ピラゾスルフロンエチル 2.6%

移植水稻: 水田一年生雑草及びマツバイ・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 (近畿・中国・四国を除く)・セリ・アオミドロ・藻類による表層はく離 (九州を除く): [北海道: 移植後5日~20日 (ノビエ2.5葉期まで): 壊土~植土 (減水深2cm/日以下, 但し, 壊土は1.5cm/日以下)], 移植後5日~15日 (ノビエ2.5葉期まで): [東北: 植壊土~植土 (減水深1cm/日以下)], [関東・東山・東海の普通期栽培地帯: 植壊土~植土 (減水深1.5cm/日以

下)], [関東・東山・東海の早期栽培地帯: 植壊土~植土 (減水深1cm/日以下)], [近畿・中国・四国の普通期栽培地帯: 壊土~植土 (減水深1cm/日以下)], [九州の普通期栽培地帯: 砂壊土~植土 (減水深1.5cm/日以下, 但し砂壊土は1cm/日以下)]: 湛水散布: 1回

オキサジクロメホン・クロメプロップ・ピラゾスルフロンエチル粒剤

トレディプラス顆粒 (20708: 日産化学工業, 20709: アベンティス クロップサイエンス シオノギ, 20710: 全農) 13.11.19

オキサジクロメホン 0.80%

クロメプロップ 3.5%

ピラゾスルフロンエチル 0.30%

移植水稻: 水田一年生雑草及びマツバイ・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 (近畿・中国・四国を除く)・セリ・アオミドロ・藻類による表層はく離 (関東・東山・東海を除く): [北海道: 移植後5日~20日 (ノビエ2.5葉期まで): 壊土~植土 (減水深2cm/日以下, 但し壊土は1.5cm/日以下)], 移植後5日~15日 (ノビエ2.5葉期まで): [東北: 植壊土~植土 (減水深2cm/日以下)], [関東・東山・東海の普通期栽培地帯: 壊土~植土 (減水深1.5cm/日以下)], [近畿・中国・四国の普通期栽培地帯: 壊土~植土 (減水深1cm/日以下)]: 湛水散布: 1回

オキサジクロメホン・クロメプロップ・シハロホップブチル・ピラゾスルフロンエチル粒剤

トレディワイド1キログラム粒剤 (20714: 日産化学工業, 20715: アベンティス クロップサイエンス シオノギ, 20716: 全農, 20717: ダウケミカル) 13.11.19

オキサジクロメホン 0.60%

クロメプロップ 3.5%

シハロホップブチル 1.5%

ピラゾスルフロンエチル 0.30%

移植水稻: 水田一年生雑草及びマツバイ・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 (近畿・中国・四国を除く)・セリ・アオミドロ・藻類による表層はく離 (九州を除く): [北海道: 移植後5日~20日 (ノビエ3葉期まで): 植壊土~植土 (減水深2cm/日以下)], 移植後5日~20日 (ノビエ3葉期まで): [東北: 植壊土~植土 (減水深1cm/日以下)], [北陸, 関東・東山・東海の普通期栽培地帯: 壊土~植土 (減水深1.5cm/日以下)], [近畿・中国・四国の普通期栽培地帯: 壊土~植土 (減水深1cm/日以下)], [九州の普通期栽培地帯: 砂壊土~植土 (減水深1.5cm/日以下, 但し砂壊土は1cm/日以下)]: 湛水散布: 1回

グリホサートイソプロピルアミン塩液剤

フリーパス除草スプレー (20706: マルゼン化工) 13.11.19

クサトローゼ除草スプレー (20707: ニューファム) 13.11.19

(29 ページに続く)