

## 植物防疫基礎講座

## 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(30)

## 天敵生物：イネ・畑作物のタマゴバチ類

農林水産省農業研究センター 平井 一 男

## はじめに

タマゴバチ類のうちタマゴバチは世界各地に分布し、その利用による害虫防除は多くの国々で関心がもたれ、現在18種が23か国以上でトウモロコシ、サトウキビ、トマト、水稻、綿花、テンサイ、リンゴ、スモモ、ブドウ、牧草、キャベツ、森林などで利用されている(平井, 1990)。作物によっては化学農薬との併用あるいはタマゴバチが利用できない場面も多く、選択性農薬の選定が必要となる。

タマゴバチは1世代が短く、取り扱いも簡単で、容易に供給できることなどから、試験生物に適している。①タマゴバチに対する農薬の初期毒性は室内で成虫を薬剤の乾燥液面にさらすことにより調査する。試験方法はドイツの農薬登録担当者により作成され(HASSAN, 1989), IOBC 試験方法として公表されている(HASSAN, 1988, 1992)。この室内試験で農薬の「影響の有無」を判定でき、「影響あり」と判定されたら、次の試験に移行する。しかし野外試験は時間とコストがかかるので、まず以下の室内試験を行う。②成虫ほど薬剤に感受性でない寄主卵内の蛹や幼虫に対し、農薬を直接接触させる室内・蛹幼虫試験を行う。③そして室内・影響持続試験では作物上に薬剤散布後、定期的に蜂を放し、影響を調査する。④次いで拡大室内試験、⑤半野外試験、⑥野外試験などで影響を調査する(図-1)。本稿では、主に室内試験の方法とその結果について述べる。

## 1 室内・影響試験

## (1) 試験の原則

蜂の成虫をガラス板面に噴霧した薬剤の乾燥膜面に約1週間接触させる。そして処理区と無処理区を比較して処理区の寄生率低下の程度をもって薬剤影響を判定する。

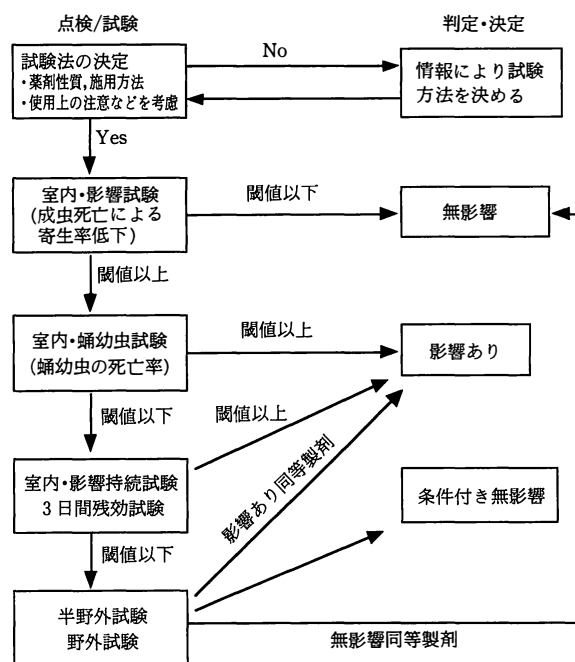


図-1 タマゴバチに対する農薬影響の連続試験流れ図  
(HASSAN, 1992 より改訳) 閾値は50%に設定。

## (2) 試験薬剤

実用濃度で製剤を試験する。

## (3) 試験の有効性の判断基準

無処理区の蜂の寄生能力を有効性の判断基準とする。つまりバクガ(スジコナマダラメイガでもよい)で飼育したタマゴバチ群が、1週間に1雌15卵(普通15~30卵, スジコナマダラメイガの場合は約40卵と多くなる)を産卵する場合を試験生物として有効と判断する。大量増殖中の死亡率は10%未満とする。

## (4) 室内試験法

室内試験は、アルミニウム枠(13cm四方, 高さ1.5mm, 幅1cm)の上下にスポンジを置きすき間が生じないようにガラス板(13×13cm, 厚さ2mm)をクランプで固定したケージを用いて行う(図-2)。ガラス板には試験薬剤を噴霧し乾燥薬面を作る。アルミ枠の3辺には直径1cmの排気穴を設ける。枠の内側は黒色布をはり排気穴をふさぐ。第4辺にはやや大きい穴(3.5×1

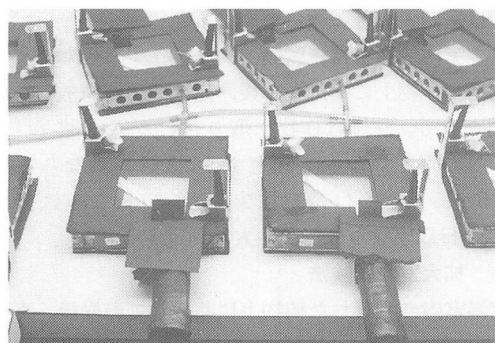


図-2 薬液を噴霧したガラス板で組み立てた調査用ケージ (HASSAN, 1992 より)

黒紙を覆って羽化チューブ内の蜂がケージ内に速やかに入るようにする。各ケージには吸引ポンプで排気するチューブが接続されている。

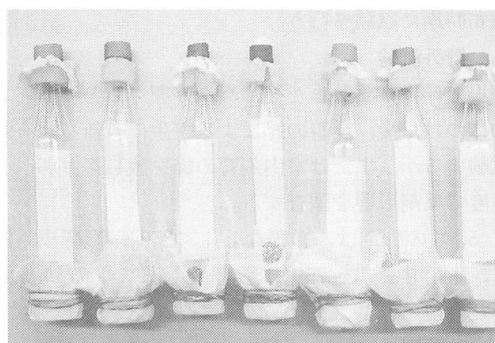


図-3 羽化チューブ

羽化チューブに収容したバクガ被寄生卵と蜂蜜・ゼラチン液を塗った紙カードが見える。

cm)を開け、蜂や卵カード、蜂蜜・ゼラチンの混合液を塗った紙カードなどの出し入れに使う。この穴はテープで外側から開閉ドア式にふさぐ。

ケージ内に入れた蜂が無処理部分に移動するのを防止するためにガラス板の外側四方を黒紙で覆い、ケージ内の周辺に移動しないようにする。排気は1～2分でアルミ枠内の空気が排出するような速度で行う。

バクガ卵の糊付け：

① 開始個体群、産卵後24時間以内の新鮮なバクガ卵を中質紙に水溶性糊で直径1cmの円状に張り付ける(450±100個)。これに蜂を24時間寄生させ、発育させ羽化2日前に羽化チューブに移す(図-3)。羽化チューブは透明のガラス製アンプルで、長さ120mm、一方は外径20mm、片方は先細で外径7mmである。細い先端をアルミ枠に接続し、後方部分を黒紙円筒に入れ、中の蜂をケージ内に速やかに移動させる。ケージ内には中質紙上に蜂蜜・ゼラチン液を注射針で線状に塗った紙カ

ードを入れ餌とする。蜂蜜・ゼラチン液にすると、蜂は接近吸蜜しても脚が取られない。

② ケージ内で薬剤に24時間接触した後、生存した蜂に寄生させる寄主卵の準備：産卵後24時間以内の新鮮な卵を中質紙に直径15mmの円形上に糊付けして、かたわらに蜂蜜・ゼラチン液を線状に塗布する。

#### (5) 試験生物

雌単為生殖のタマゴコバチ *Trichogramma cacoecia* を供試する。雌蜂のみが羽化してくるので寄主卵への寄生程度により産卵した雌数を特定しやすい。両生生殖の蜂を使用する場合には供試個体群の雌率を調査し、雌数を補正・算出する。

#### (6) 試験生物の飼育

バクガ卵によるタマゴコバチの飼育 (HASSAN, 1981) またはスジコナメグラメイガ卵による飼育でもよい (平井, 1997)。

#### (7) 蜂の餌

蜂蜜・ゼラチン液は3gのゼラチン、100mlの水、200gの蜂蜜を混合して作る。この液を20ml程度の注射器に入れて冷蔵庫で保存する。必要時に注射針をつけて紙上(3×1cm)に線状に塗りつけて給餌する。

#### (8) 試験設計

処理：試験薬剤(液剤)、無処理：水道水噴霧、試験規模：ケージ当たり200～400蜂を供試する。反復：最低4回。

#### (9) 薬剤の散布方法

ガラス板上の10×10cm、厚さ3mmの片面に噴霧器で1枚ずつ噴霧する。噴霧した薬液は1.5～2.0mg/cm<sup>2</sup>±10%になるようにし、液滴の直径は50～200μmとする。散布後室内で2～3時間かけて風乾する。散布濃度は実用濃度とする。

#### (10) 試験手順

試験の手順(日程)を図-4に示した。第1週の火曜日に中質紙に張り付けたバクガ卵400個を紫外線照射し殺卵した後(15Wの殺菌灯下20cmに置き30分間)、蜂に24時間寄生させる。これを27°C70%RH恒温条件で培養し、第2週の金曜日に羽化チューブに入れる(図-3)。バクガ卵の横には羽化した蜂が吸蜜できるように蜂蜜・ゼラチン液を塗布し、日曜日に羽化するようにする。第3週の月曜日にガラス面に試験薬剤を噴霧する。風乾後、アルミ枠の上下に薬剤噴霧ガラス面が内側になるようにガラス板をクランプで組み合わせる。組み立てたケージを平面上に置き、吸引ポンプをつないで排気する(図-2)。そして枠内に蜂蜜・ゼラチン液を塗布した中質紙を1枚入れ蜜源とする。その後、枠内に蜂を



表-1 タマゴバチに対する農薬の影響例(HASSAN, 1994)抜粋

| 試験薬剤名          | 試験濃度<br>% | 対象・調査項目 |   |     |
|----------------|-----------|---------|---|-----|
|                |           | 成虫      | 蛹 | 持続性 |
| ダイボール          | 0.10      | 1       | — | —   |
| インセガー          | 0.06      | 1       | — | —   |
| アブロード          | 0.03      | 1       | — | —   |
| ノーモルト          | 0.10      | 1       | 1 | —   |
| ケルセン           | 0.15      | 3       | 1 | 2   |
| エビセクト S        | 0.03      | 3       | 3 | 2   |
| ピリマー粒剤         | 0.10      | 4       | 1 | 1   |
| テデオ V-18       | 0.20      | 4       | 1 | 2   |
| ディブテレックス WP 80 | 0.10      | 4       | 2 | 3   |
| アディオ           | 0.02      | 4       | 1 | 4   |
| オルトラン          | 0.15      | 4       | 2 | 4   |
| ランネート          | 0.10      | 4       | 4 | 4   |
| スミサイジン         | 0.075     | 4       | 4 | 4   |
| ダコニール 500      | 0.30      | 1       | — | —   |
| スボルタック         | 0.187     | 4       | 1 | 3   |
| 石灰硫黄合剤         | 3.00      | 4       | 2 | 3   |
| アフガン           | 0.05      | 4       | 1 | 4   |
| サルファー          | 0.40      | 4       | 1 | 4   |
| モレスタン          | 0.10      | 4       | 1 | 4   |
| マンネブダイセン M-22  | 0.50      | 4       | 1 | 4   |
| シマジ            | 0.375     | 1       | — | —   |
| アトラジン          | 0.67      | 2       | — | —   |
| ラウンドアップ        | 1.00      | 2       | — | —   |
| プリマー           | 1.25      | 4       | 4 | 4   |

—：調査なし。表中の数字は前ページ②寄生率を参照。

のズイムシアカタマゴバチ (*T. japonicum*) (1993年8月に茨城県谷和原村の農業研究センター水田圃場に発生したニカメイガの卵から採集) であり、ヨトウガ (*Mamestra brassicae*) の卵を寄主に 12 L 12 D (12 時間点灯 12 時間消灯), 20°C の恒温室内において飼育した。ヨトウガの幼虫は簡易人工飼料を与えて飼育し、西洋紙に産卵させた新鮮な卵を蜂の寄主卵として使用した (平井, 1991; HIRAI, 1993)。寄主卵として使用するヨトウガ卵は殺菌灯 15 W を上方 15 cm から 30 分間点灯して殺卵し、蜂接種後に寄生もれのふ化幼虫が、被寄生卵を摂食するのを防止した。

### (3) 試験方法

卵寄生蜂をヨトウガ卵に接種した後, 14 L 10 D, 25°C の恒温室内で飼育し, 接種後 1 日 (卵期), 3 日 (幼虫期), 8 日 (蛹期) に被寄生卵を以下のように薬液に浸漬処理した。供試薬剤は蒸留水で 6 段階の濃度 (250~8,000 倍) に希釈した。被寄生卵は 5 秒間薬液に浸漬, 風乾後, ガラス管 (外径 2 cm, 長さ 10 cm) に収容し 14 L 10 D, 25°C の恒温室内で培養した。無処理区は蒸留水に浸漬処理した。試験は 3~4 反復行った。

蜂をヨトウガ卵に接種してから 10 日以降に, 各処理

区の成蜂が脱出したのを確認し, 各区の成蜂数と卵内の死亡態を調査した。各殺虫剤の実用濃度 (1,000 倍) の毒性指数は補正死亡率  $\left[ \frac{((\text{無処理区生存率} - \text{処理区生存率}) \div \text{無処理区生存率}) \times 100}{1} \right]$  により, 以下のように区分した。1: 0 < 補正死亡率 ≤ 25%, 2: 25 < 補正死亡率 ≤ 50%, 3: 50 < 補正死亡率 ≤ 75%, 4: 75% < 補正死亡率。

成虫に対する影響は, ガラス試験管 (外径 2 cm, 長さ 10 cm) 内に試験薬剤の実用濃度の乾燥葉面を作り, 蜂を導入し, 一定時間後の生死を観察した。試験条件は上記のとおり。

## 9 結果および考察

結果は図-5 のようになった。処理薬剤および処理時の発育態により補正死亡率に差が認められた。

### (1) 卵への影響

供試薬剤の中で, 補正死亡率が最も高かったのは MEP 処理区で, 82~28% (希釈倍数 250~8,000 倍) であった。次いでカルタップ処理区で 66~13% (250~2,000 倍) であった。イミダクロプリドとブプロフェジン区の死亡率は低かった (図-5 卵)。蜂接種後 10 日以上経過しても, 次世代の蜂の成虫が脱出しなかった被寄生卵を解剖した結果, MEP 処理区の未脱出蜂 618 頭の死亡時の発育態は幼虫が 43%, 成虫が 33% であった。ブプロフェジン処理区は, 幼虫が 52% であった。

### (2) 幼虫への影響

希釈倍数 250 倍と 500 倍区では MEP 処理が最も高い補正死亡率を示し, 順に 93% と 51% であった。次いでカルタップ処理区が高く, 58% と 48% であった。1,000~8,000 倍では MEP とカルタップ処理区はほぼ同じであった。イミダクロプリドとブプロフェジンの 250 倍液処理区はそれぞれ 17%, 12% と低率で, それより低濃度でも死亡率は少なかった (図-4 幼虫)。

薬剤浸漬した寄主卵内で死にgomっていた蜂の発育態は, MEP 処理区は 16% が幼虫, 60% が成虫であった。カルタップ処理区は 19% が前蛹, 81% が成虫であった。ブプロフェジン処理区は 16% が幼虫, 43% が前蛹, 41% が成虫であった。

### (3) 蛹への影響

カルタップ処理区の補正死亡率が最も高く, 希釈倍数 250~4,000 倍で 93~30% であった。被寄生卵からの成蜂の脱出は無処理区に比べ 1 日遅れた。MEP 処理区は 250~1,000 倍のとき 56~25% であり, 羽化した蜂も 3 時間以内にすべて死亡した。2,000~8,000 倍の影響は少なく 8~3% であった。ブプロフェジンとイミダクロプリドはともに低率であった。

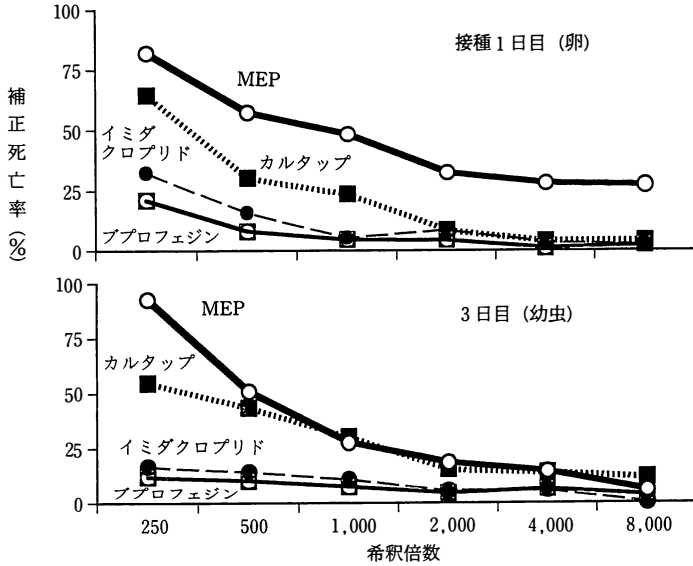


図-5 殺虫剤浸漬日別のズイムシアカタマゴバチの補正死亡率

表-2 ズイムシアカタマゴバチに対する殺虫剤実用濃度の毒性指数

| 薬剤/浸漬時期  | 卵 | 幼虫 | 前蛹 | 蛹 | 平均  | 成虫* |
|----------|---|----|----|---|-----|-----|
| MEP      | 3 | 3  | 3  | 2 | 2.5 | 4   |
| カルタップ    | 2 | 2  | 1  | 4 | 2.3 | 4   |
| イミダクロプリド | 1 | 1  | 1  | 1 | 1.0 | 4   |
| ブプロフェジン  | 1 | 1  | 1  | 1 | 1.0 | 1   |

\*：ガラス管瓶に農業を入れ廃棄し、乾燥させた後、蜂を導入し1時間後の影響。指数4：死亡率75%以上、3：75未満～50%、2：50未満～25%、1：25%未満。

ズイムシアカタマゴバチの各発育態に対する薬剤の実用濃度 (1,000 倍希釈) の補正死亡率を見ると、MEP 処理区は常に高死亡率で 25～50% であった。カルタップの 6 日目処理 (前蛹期) の死亡率は 7% であったが、8 日目処理 (蛹期) の死亡率は 90% であった。ブプロフェジンとイミダクロプリドの各処理は各処理時期において死亡数は少なかった。

いずれの試験薬剤も、被寄生卵を浸漬処理したところ被寄生卵内の蜂に影響があったことから、試験薬剤はヨトウガの卵殻を浸透したと考えられた。卵期浸漬区の死亡発育態の結果から判断すると、MEP とブプロフェジンは卵内に浸透しやすく、カルタップは卵内に浸透しにくいと考えられる。

ズイムシアカタマゴバチに対する影響は薬剤の種類により異なり、実用濃度 (1,000 倍) では、ブプロフェジンとイミダクロプリド処理の影響は小さく (表-2)、脱

出成虫はすべて産卵した。一方、カルタップと MEP 処理の影響は大きかった。特に MEP を蛹期、幼虫期に処理した区の脱出成虫は脱出後 2 時間以内に死亡し産卵しなかった。また前蛹期に処理した区の羽化雌蜂の 80% は産卵できず、残りの雌蜂による産卵数もわずかであった。しかし、卵期に MEP に浸漬処理した世代の雌蜂による産卵数は他区に比べ半減したが、その子世代の成虫による産卵数は無処理区の成虫と同様になり、影響はなくなったようである (張・平井, 1997 a)。

成虫に対する影響は、試験管内の乾燥薬面に接触後、MEP、カルタップ、イミダクロプリドは 1 時間以内に死亡した。ブプロフェジンは影響がなかった (表-2)。ブプロフェジンと MEP の結果は IOBC で試験された結果と同じである。成虫に対する

影響調査でケージ内から排気操作をする必要があるのか否か今後調査する必要がある。

## 10 試験例

本節ではズイムシアカタマゴバチの個体群増殖に及ぼす影響を調査するために、殺虫剤処理後の産卵数と寿命について調査した結果を述べる。

1. 供試薬剤：試験例 2 に同じ
2. 供試卵寄生蜂と寄主卵：試験例 2 に同じ
3. 試験方法

健全な蜂を供試するために、殺卵処理したヨトウガ卵 (50 粒) に卵寄生蜂雌 1 頭を 24 時間接種した。その後、14 L 10 D、25℃ の恒温槽で培養し、接種後 1 日 (卵期)、3 日 (幼虫期)、6 日 (前蛹期) にイミダクロプリド、ブプロフェジン、MEP の 1,000 倍液 (実用濃度) に被寄生卵を 5 秒間浸漬した。風乾後、ガラス管 (外径 2 cm 長さ 10 cm) に入れ培養した。無処理区は被寄生卵を蒸留水に浸漬し培養した。接種後 9 日以降、各処理区の被寄生卵から蜂が脱出した後、健全な雌雄 1 対とヨトウガ卵 (50 粒) をガラス管に入れ寄生させた。給餌用として 10% 蜂蜜液をしみこませた沱紙片をガラス管に入れた。ヨトウガ卵と蜂蜜は、蜂が死亡するまで毎日交換した。取り出したヨトウガ卵は先述の条件で培養し、寄生により黒色化した被寄生卵数を調査した。

上記の被寄生卵は培養を続け、脱出成虫にも同様にヨトウガ卵を与え、処理次世代の被寄生卵数を調査した。

表-3 ズイムシアカタマゴバチの発育態別に殺虫剤浸漬処理したときの個体群増殖母数

| 処理時の<br>発育態 | 増殖<br>母数  | イミダクロプリド | プロフェジン | MEP   | 蒸留水   |
|-------------|-----------|----------|--------|-------|-------|
| 卵           | $R_0$     | 26.12    | 28.10  | 10.20 | 28.55 |
|             | T         | 9.23     | 10.07  | 9.90  | 9.29  |
|             | $r_m$     | 0.35     | 0.33   | 0.24  | 0.36  |
|             | $\lambda$ | 1.42     | 1.39   | 1.27  | 1.43  |
|             | t         | 1.98     | 2.10   | 2.89  | 1.93  |
| 幼虫          | $R_0$     | 21.20    | 22.60  | —     | 25.23 |
|             | T         | 9.32     | 9.82   | —     | 9.38  |
|             | $r_m$     | 0.33     | 0.32   | —     | 0.34  |
|             | $\lambda$ | 1.39     | 1.37   | —     | 1.41  |
|             | t         | 2.11     | 2.18   | —     | 2.04  |
| 前蛹          | $R_0$     | 35.16    | 31.62  | 0.16  | 32.80 |
|             | T         | 9.88     | 9.80   | 9.00  | 9.62  |
|             | $r_m$     | 0.36     | 0.35   | -0.20 | 0.36  |
|             | $\lambda$ | 1.43     | 1.42   | 0.82  | 1.43  |
|             | t         | 1.93     | 1.98   | —     | 1.93  |

$R_0$ ：純増殖率， $r_m$ ：内的自然増加率，T：世代期間， $\lambda$ ：期間自然増加率，t：倍加期間。

## 11 結果および考察

### (1) 薬剤処理世代の成虫寿命と産卵数

MEP とプロフェジン、イミダクロプリド剤の実用濃度へのズイムシアカタマゴバチの浸漬処理は MEP を除いて寿命と産卵数に大きな影響はなかった。

MEP を卵期に処理した区では、羽化蜂の寿命に対する影響は少なかったが、産卵数は他区が 33～38 卵であったのに比べ、約 19 個と少なかった。幼虫期処理区の羽化蜂は羽化後 2 時間ですべて死亡し、産卵しなかった。前蛹期処理区の雌蜂の寿命は 1.2 日、産卵数は 0.4 個で、他の殺虫剤および無処理区の蜂が 4～5 日間に 41～47 卵産下したのに比べ有意に少なかった。プロフェジンとイミダクロプリド区から羽化した雌蜂は無処理区と同等であった。

### (2) 薬剤処理世代の内的自然増加率への影響

処理世代各区の個体群増殖母数を表-3 に示した。MEP の前蛹期処理区の純増殖率は 1 より小さく、内的自然増加率  $r_m$  は負になった。卵期処理の個体群倍加期間 ( $t$ ) は処理間で最も大きくなった。これらから MEP が個体群増殖に与える負の影響は大きいと考えられた。イミダクロプリドとプロフェジンを処理した区の増殖母数は無処理区と大差なく、これらの薬剤処理が個体群に及ぼす影響はわずかであると考えられた。

### (3) 処理次世代への影響

MEP の幼虫期処理区と前蛹期処理区は処理世代の産卵数は僅少であったので、次世代の成虫は得られなかった。イミダクロプリドとプロフェジン処理世代の次世代の成虫寿命と産卵数は無処理区と有意差はなかった。

MEP を卵期に処理した区とイミダクロプリドを幼虫期に処理した区の次世代の  $R_0$  と  $r_m$  は無処理区より大きく、 $t$  値は小さかった。このことから、MEP の卵期処理は処理世代の成虫への影響は大きいですが、次世代への影響は少ないと考えられる (張・平井, 1997b)。

## おわりに

IOBC 欧州で公表されている室内影響試験法はかなり複雑である。バクガヤスジコナメダメイガを大量に飼育し試験する必要がある。被寄生卵の薬液浸漬や薬剤のドライフィルムへの接触試験で代行できるか否か検討する必要がある。

また、試験生物にされている *Trichogramma cacoecia* は国内には生息が確認されていないので、これに代わる土着種キロタマゴバチ、ズイムシアカタマゴバチ、ヨトウタマゴバチなどから試験生物を選定することが必要であろう。貯穀害虫の卵に寄生しにくいタマゴバチでも、ヨトウガの卵に寄主することから、ヨトウガ卵を寄主卵に利用することを検討してもよい。ヨトウガ卵を採用することにより、IOBC 欧州の基準では注目していない薬剤処理の個体群増殖への影響を詳細に調べることはできると思う。ただしヨトウガ卵の場合、貯穀害虫の卵の生産に比べコスト高になるので注意する。いずれにしても国内ではタマゴバチに対する影響試験は始まったばかりであり、今後試験法の策定を含め、評価法についても十分検討する必要がある。

## 引用文献

- 1) HASSAN, S. A. (1981): Entomophaga 26: 339～348.
- 2) ——— (1989): Testing methodology and the concept of the IOBC/WPRS working group. in Pesticides and Non-target invertebrates (edited by P. C. JEPSON), Intercept, England., pp. 1～18.
- 3) ——— (1992): IOBC/WPRS Bull. 15: 186.
- 4) ——— (1994): ibid. 17: 133～141.
- 5) 平井一男 (1990): 蚕糸昆虫研資料 5: 37～51.
- 6) ——— (1991): 平成3年度研究成果情報—総合農業: 61～62.
- 7) ——— (1997): 植物防疫 51: 506～509.
- 8) HIRAI, K. (1993): Farming Japan 27: 10～17.
- 9) 張 桂芬・平井一男 (1997 a): 関東病虫研報 44: 197～200.
- 10) ———・——— (1997 b): 同上 44: 201～204.