

性フェロモン防除法の適用条件

農林水産省蚕糸・昆虫農業技術研究所 **若 村 定 男**

はじめに

合成性フェロモンを利用した害虫防除法は、1977年にリトルア誘引剤(商品名：フェロディン SL)がハスモンヨトウの大量誘殺用として、また1983年にテトラデセニルアセテート剤(ハマキコン)がチャノコカクモンハマキとチャハマキの同時交信かく乱剤として農業登録されて以来、徐々にではあるが着実に実用化が進められてきた。合成フェロモン防除法は、必ずしも加害期でない成虫期の生殖行動を制御して次世代の加害期幼虫の密度の低下をねらう手法である。成虫は自由に飛行するので狭い圃場を処理しても、外部から既交尾雌に飛び込まれると交尾抑制に成功してもその効果が消失する。したがって、フェロモンによる防除法の成否は雌の交尾抑制の程度と成虫の飛行能力などの諸特性に深くかかわっている。

本文では、大量捕獲法と交信かく乱法を中心に、フェロモンを利用した防除法の適用条件について考えてみたい。

I 大量捕獲法

合成性フェロモンの強力な誘引性を利用して多数の雄成虫を捕殺して雄密度を下げ、雌の交尾機会を減らして産卵密度を下げ、間接的に次世代加害期幼虫の密度の低下をねらうのが大量捕獲法(雄除去法)である。鱗翅目昆虫の場合は一般に、雌は1回交尾すれば十分な繁殖能力を発揮できるので、雄は複数の雌と繰り返し交尾できるので、十分な防除効果を得るためには大多数の雄を交尾前に捕獲しなければならない。したがって、合成性フェロモントラップの捕獲能力が未交尾雌の誘引力より勝ることが成功の前提条件といえる。

1 処理面積と処理時期

ナシヒメシンクイの場合、1974年から75年にかけて徳島県の実験圃場15aにトラップ117～150個を取り付けたところ、比較的低密度の第1化期には処理区の中心部で幼虫密度の増加抑制が認められたが、周辺部や密度が高まる第2化期以降には防除効果が低下した(根岸ら、1977)。一方、岡山県ではモモ園10aに56個

のトラップ(1樹当たり1個)を取り付けたところ、中央部において被害の減少が認められた(田中、1989)。

ハスモンヨトウについては、1975年愛媛県のサトイモ栽培地帯10haにトラップ30個を設置したところ、発生初期の低密度時には交尾阻害効果が認められたが、密度上昇とともに交尾阻害効果は認められなくなり、幼虫密度も増加した(小山ら、1978)。1977年から78年には性フェロモン利用促進事業の一環として大量捕獲法が各地で試みられた。岡山県では約100haの野菜地帯にトラップ100個(田中、1989)、埼玉県ではサトイモ畑約27haに52個(根本ら、1980)が設置された。その結果、発生初期に中心部で幼虫コロニーの増加抑制が認められたが、発生密度が高まる中後期には認められなくなった。

低密度時には発生密度の抑制が認められるが、成虫密度が高まると効果が顕著に低下する例はこのほかにも多数報告されている。このような大量捕獲効果の密度依存性は交尾確率モデルをもとにしたシミュレーションによっても説明される(NAKASUJI and FUJITA, 1980)。したがって、発生密度が低い時期から開始する必要があるといえる。また、処理区周辺部では交尾率や発生密度の抑制効果が不十分なことが多い。これは、周囲の無処理圃場から成虫が飛来するため、雌の交尾率が上昇したり、既交尾雌が飛び込んで産卵するためと考えられる。したがって、処理面積は成虫の飛行能力を考慮して十分に広くとる必要がある。

2 大量捕獲法のパラドックス

鱗翅目害虫の場合一般に、全体としての捕獲率を高めようとして多数のトラップを取り付けるほど、トラップ間の干渉効果が増大して逆にトラップ当たりの捕獲効率が減少するという現象が認められる。

ハスモンヨトウでは、佐賀県の有明海干拓地のダイズ圃場において大量捕獲法と交信かく乱法の比較実験が行われた(KITAMURA and KOBAYASHI, 1985; 北村ら、1985)。各3.2haの圃場に性フェロモントラップをそれぞれ1, 4, 16, 64及び320個取り付けたところトラップ数が増えるに従ってつなぎ雌の交尾率は低下したが、それらの交尾率は性フェロモン誘引源だけを同数取り付けた場合とほとんど同程度であった。したがって、大量捕獲法における交尾抑制効果は、トラップによる雄捕殺の効果ではなくトラップに誘引源として取り付けたゴムキャップから

揮散する合成フェロモンによる交信かく乱効果によるものと解釈された(北村ら, 1985)。

チャノコカクモンハマキの場合には, 5a 程度の茶園を対象とした大量捕獲実験で殺虫剤散布に匹敵する防除効果が得られた(NEGISHI et al., 1980)。実験圃場は他の茶園と隔離されていなかったが, 性フェロモン源に強力な協力物質(NEGISHI et al., 1979)を添加したことと, 雌の移動能力が小さいとみられることが成功に結び付いたのではなかろうか。しかし, 茶園ではトラップが摘採作業の邪魔になるし, 同時に発生するチャハマキも防除する必要があるため, 現在は両種を対象とした同時交信かく乱剤が実用化されている。

このような事情から, 鱗翅目害虫では大量捕獲法から交信かく乱法へと手法開発の中心が移ってきた。

3 大量捕獲法が成功する条件

サトウキビ害虫のオキナワカンシャクシコメツキの大量捕獲実験では, 約 25ha のサトウキビ畑に合計 120 個のトラップを設置して, 1985 年から実施された(長嶺・金城, 1990)。本種は 1 世代に 2 年を要するので, 2 年目ごとの捕獲データが比較された。その結果, 処理区外の捕獲数の年次変動は小さかったが, 処理区内の捕獲数は 30~40% ずつ着実に減少し, 密度抑制効果が認められた。

鱗翅目では一般に, 誘引源の合成性フェロモンが適量を超えると逆に誘引性が低下するという誘引阻害現象が認められる。オキナワカンシャクシコメツキの場合, 合成フェロモン供試量に伴って捕獲数が増加し, 著しく増しても誘引阻害は認められない。その結果, 合成性フェロモン剤の誘引性は未交尾雌の 50~200 倍にも達する。成虫は早春に出現し, 雌が性フェロモンを放出する時期より早期に, 雄は合成フェロモンに誘引されるようになるという。トラップの捕獲率はマーク雄の回収率から 40% 程度と見積もられている(長嶺・金城, 1990)が, 密度抑制効果からみて, 実際にはもっと高い捕獲率が達成されているのではなかろうか。

ミカンコミバエは, 主に雄に対する誘引剤メチルオイゲノールと殺虫剤を組み合わせた雄除去法により, 沖縄及び小笠原諸島から根絶された。ミカンコミバエの雄は自分自身が交尾可能になる以前からメチルオイゲノールに誘引され(梅谷, 1973), その誘引性は著しく強力であるとされる。

大量捕獲法が成功した場合はいずれも, 合成フェロモンや誘引剤が雌をはるかに上回る誘引性を持ち, しかも交尾前の捕獲が可能という特徴があるように思われる。

II 交信かく乱法

合成性フェロモンを処女雌の周囲の空气中に揮散させ, 雌雄間の性フェロモンによる交信をかく乱して交尾率を下げ, 次世代加害期幼虫の密度を制御しようというのが交信かく乱法である。交信かく乱法には, 複数系性フェロモンの全成分を使う場合, 一部の成分だけを使う場合, 交信かく乱活性を有する非フェロモン物質を使う場合があり, それぞれ作用機構は異なると考えられる(MINKS and CARDÉ, 1988)が, その詳細はほとんど解明されていない。そこで, 本文ではすべて「合成フェロモン」と表現する。

1 空中濃度

交信かく乱法においては, 成虫発生期全体にわたり合成フェロモンを持続的に揮散させ, 交信かく乱を起こすために必要な空中濃度を安定して維持できるかどうか成否の鍵を握っている。夜間の風が強い場所や斜面の上部など, フェロモンが失われやすい場所では防除効果が得られにくい。逆に, 周囲を防風林や小高い地形に囲まれた場所や大面積処理の場合など, フェロモン濃度が安定すると考えられる場合は, 安定した防除効果が得られている。

チャノコカクモンハマキでは, 大気中のフェロモン濃度の対数と交尾率の対数との間には高い相関関係が認められていて, 一晩当たりの交尾率を防除効果が期待できる約 30% 程度に低下させるためには, $20\text{ng}/\text{m}^3$ の濃度が必要とされている(大森司, 1991)。そのほか, コスカシバでは $1\text{ng}/\text{m}^3$, 茶のハマキ類では $15\sim 20\text{ng}/\text{m}^3$, ワタアカミムシでは $2\sim 5\text{ng}/\text{m}^3$ 程度の空中濃度が達成されると, 十分な防除効果が得られるという(小川, 1990)。

合成フェロモンの空中濃度は, 風(気流)の影響を大きく受ける。また, 風の強さは地形と関係が深い。例えば, 海岸付近の台地上の圃場ではコナガに対する防除効果が低かった(大林ら, 1989)。モモシンクイガの場合は, 急傾斜地や圃場周囲では防除効果が劣る傾向が認められた(佐藤, 1986)。これらのような地形では, 風が強いためにフェロモンが流されて希釈されたためと考えられている。斜面に位置して周囲を防風林で囲まれていた圃場における防除効果は優れていたが, 防風林の伐採後に著しく効果が低下した(奥ら, 1989)ことによっても, 風の影響が大きいことがうかがえる。風や地形の影響を詳細に調べるためには, フェロモンの空中濃度の簡易な測定手法の開発が必要である。

チャハマキとチャノコカクモンハマキとの同時交信かく乱においては, 後者に対する効果が前者に対する場合

より劣る傾向が認められている(大泰司, 1986)。チャノコカクモンハマキはチャハマキの場合に比べると、雄では合成性フェロモンにさらされていったん反応性が低下してもさらに高濃度のフェロモンに反応する能力が大きいこと(野口, 1991)、雌では交尾遅延の影響を受けにくいこと(加納ら, 1983; 大泰司, 1988)など、交信かく乱効果が現れにくい特性を持つために、同一の交信かく乱条件下で防除効果に差が生ずると考えられている。

2 処理面積

フェロモンによる交信かく乱法では、処理面積によって防除効果が大きな影響を受ける。例えば、シロイチモジヨトウの場合、処理面積を大きくとるにしたがって被害程度が減少し、処理面積が5ha以上で防除効果は安定する(四国農試, 1991)。また、コナガでは最低3haの処理が必要とされている(大林ら, 1989)。

一般に処理面積を大きくすると防除効果が安定する傾向が認められる。小面積では風の影響によりフェロモンが失われやすいが、処理面積が大きくなるにつれ風による損失分が風上から補われるという累積効果の増大によって、フェロモンの空中濃度が安定すると考えられる。また、周囲の無処理圃場からの成虫、特に既交尾雌成虫の飛び込みが著しいと、フェロモンによる防除効果は消失する。その影響は小面積であるほど著しい。

ニカメイガの第1回成虫に対する交信かく乱効果が防除効果に結び付かなかったのは、越冬場所から既交尾雌が飛来して産卵したためと考えられている(田付, 1986; 田中ら 1987)。ハスモンヨトウの場合、露地におけるつなぎ雌の交尾阻害効果は顕著であっても、それに見合った産卵密度の抑制効果が得られないのは、周囲の無処理圃場からの既交尾雌が飛び込むためと考えられている(小山ら, 1978; 北村ら, 1985)。ハスモンヨトウのマーク雄放飼実験により雄の1夜当たりの平均飛行距離は3.5~5.9kmと推定され(WAKAMURA et al., 1990b)、また、成虫の室内飛行実験によって雌は雄に匹敵する飛行能力を持つと示唆されている(野田・釜野, 1988)。したがって、処理面積を決定する際に成虫の飛行能力も考慮する必要があるといえる。

このため、処理面積が日本農家の平均的な圃場面積をはるかに超えることが起こる。特に移動分散能力が高い害虫の場合、複数の農家あるいは地域単位でまとまった面積を処理することが重要であろう。

3 成虫発生密度と処理開始時期

一般に成虫密度が高まると交信かく乱効果が低下する傾向がある。密度が高まると性フェロモンによらない交信すなわち接触や視覚刺激などによる交信によって交尾

する機会が増加するためと考えられている。チャハマキとチャノコカクモンハマキでは、処理前の老齢幼虫発生密度と処理後の交尾阻害率及び防除率との関係が多数の実験例について調べられた(大泰司, 1986, 1988)。その結果、チャノコカクモンハマキでは処理直前の老齢幼虫密度が10頭/m²を超えると、交尾阻害効果が低下したが、チャハマキの場合は16頭/m²という高密度下でも高い交尾阻害効果を示す場合があった。モモシンクイガの場合にも、発生密度が高まると防除効果の低下が認められている(奥ら, 1989)。

したがって、できるだけ密度が低い時期に処理を開始することが重要といえる。しかし、コナガのように、初期密度よりむしろフェロモンの空中濃度や周囲の無処理圃場からの飛び込みの影響のほうが大きいと考えられる(大林ら, 1989)場合もある。

4 施設栽培

密閉すると風によるフェロモンの損失と施設外からの成虫の飛び込みを防ぐことができる点で、施設栽培は交信かく乱法に有利と考えられる。コナガでは、交信かく乱効果はハウスの密閉の程度と関連があり、夜間密閉できる条件で実用的な防除効果を期待できるとされている(大林ら, 1989)。しかし、トンネル栽培やビニルハウスなどで換気、特に常時すそ換気が行われている場合は、風によってフェロモンが流失したり、外部からの既交尾雌の進入の機会が多いために、防除効果が低下すると推察されている(大林ら, 1989)。

施設における合成フェロモンの単位面積当たり施用量は、露地の場合に比べるとより多く必要とする場合がある。シロイチモジヨトウの場合、露地ではha当たり約1,000本のディスペンサー処理で顕著な防除効果が得られた(WAKAMURA et al., 1989; 1990a)のに対し、側面を網張りとした施設では10a当たり500本と約5倍の処理量が必要であった(高井・若村, 1990)。コナガの場合は露地の場合と同じ処理量で密閉ハウスにおいて防除効果が得られているので(大林ら, 1989)、処理量はハウスの風通しと関係があると思われる。

5 交尾遅延効果

1夜当たりの交尾率の低下は、雌の側からみると交尾と産卵が遅れることに相当する。すると、産卵前に天敵などの様々な死亡要因にさらされる機会が増すことになる。その結果、産卵時期の遅れと産卵前の死亡率の増加は個体群の増殖率を引き下げると考えられる。さらに、雌の「老化」によって交尾率や産卵数、ふ化率が顕著に低下するという現象がチャハマキ(加納・桐谷, 1983)やシロイチモジヨトウ(若村, 1990)などにおいて報告され

ている。したがって、交尾遅延による繁殖能力の低下が速やかに起こる種ほどフェロモンの効果は高いと考えられる。

III 性フェロモン防除の展開

1 他の防除法との組み合わせ

これまでに製剤化されたフェロモン剤は、基本的にそれぞれが単独で防除効果を発揮することをねらって開発が進められてきた。フェロモン剤は人畜毒性や天敵類に対する悪影響は認められず、微生物によって容易に分解されるという特徴を持っている。このような特徴は天敵利用による防除法と組み合わせることが容易と考えられる。それによって、単独では防除効果が現れにくい手法同士の組み合わせによって、効果的な防除法が可能になるかもしれない。

施設においては、ライトトラップと併用することによってフェロモンの防除効果が顕著に高まることが、シロイチモジヨトウやハスモンヨトウで見られている。シロイチモジヨトウでは、フェロモンによる交信かく乱効果とライトトラップによる雄除去効果、さらに雌成虫の捕獲効果の複合によって顕著な防除効果が得られたと考えられている(高井・若村, 1990)。ハスモンヨトウの場合、フェロモン処理だけでは妻部や天井部に成虫が集中して交尾する現象が認められたが、ライトトラップを併用することによって集中傾向が大幅に減少して交尾率が下がり、防除効果が高まったと考えられている(高井, 1993)。

フェロモン剤の使用によって、二次害虫の発生がなくなった例が報告されている。北米では果樹害虫コドリガの防除に交信かく乱剤を使ったところ、防除効果は殺虫剤散布にやや劣ったが(MOFFIT and WESTIGARD, 1984), 捕食性天敵が殺虫剤の影響を免れたので、二次害虫として重要なキジラミの一種に対する殺虫剤散布が不要になったという(WESTIGARD and MOFFIT, 1984)。

性フェロモンを用いて天敵微生物を個体群に導入する方法も試みられたことがある。カツオブシムシの雄を性フェロモンで誘引し、あらかじめフェロモン源に処理しておいた天敵原生動物の胞子に接触させ、元の個体群に戻してやることにより、病原体を個体群に導入することに成功した(SHAPAS et al., 1977)。

2 フェロモン防除の評価

フェロモン処理の直接効果である雌の交尾抑制効果

は、成虫の移動分散や産卵、幼虫のふ化、摂食、成長という一連の過程において、天敵や気象、殺虫剤などによる様々な死亡要因の影響を受けて、防除効果として現れる。また、大量捕獲法では多数の雄成虫がトラップに捕獲されるので、実際の防除効果以上に過大評価される傾向にあるのに対し、交信かく乱法では直接効果が目に見えないので、逆に過小評価されがちである。したがって、フェロモン剤の効果は綿密に評価する必要がある。フェロモンによる防除法の特徴と適用条件について、現場の指導者や利用者の理解を促すことも大切なことであろう。

引 用 文 献

- 1) 加納昌彦・桐谷圭治(1983): 応動昆 27: 40~45.
- 2) KITAMURA, C. and M. KOBAYASHI (1985): Appl. Entomol. Zool. 20: 222~224.
- 3) 北村寅彬ら(1985): 九州農試年報, p. 54~57.
- 4) 長嶺将昭・金城美恵子(1990): オキナワカンシャクシメツキ(ハリガネムシ)の防除技術確立試験報告書, 沖縄県糖業振興協会, 31pp.
- 5) MINKS, A. K. and R. T. CARDÉ (1988): Entomol. Exp. Appl. 49: 25~36.
- 6) MOFFIT, H.R. and P.H. WESTIGARD (1984): J. Econ. Entomol. 77: 1513~1519.
- 7) NAKASUJI, F. and K. FUJITA (1980): Appl. Entomol. Zool. 15: 27~35.
- 8) 根岸 務ら(1977): 応動昆 21: 210~215.
- 9) NEGISHI, T. et al. (1979): Appl. Entomol. Zool. 14: 478~483.
- 10) ——— et al. (1980): ibid. 15: 113~114.
- 11) 根本 久ら(1980): 応動昆 24: 211~216.
- 12) 野田隆志・釜野静也(1988): 同上 32: 227~229.
- 13) 野口 浩(1991): 農環研報 No. 7: 73~138.
- 14) 小川欽也(1990): 化学と生物 28: 295~303.
- 15) 大林延夫ら(1989): 植物防疫 43: 325~328.
- 16) 大森 誠(1986): 同上 40: 51~54.
- 17) ——— (1988): 同上 42: 535~538.
- 18) ———ら(1991): 応動昆 35: 207~211.
- 19) 奥 俊夫ら(1989): 果樹試報 C 16: 63~81.
- 20) 小山光男ら(1978): 応動昆 22: 269~280.
- 21) 佐藤力郎(1986): 植物防疫 40: 63~66.
- 22) SHAPAS, T.J. et al. (1977): J. Econ. Entomol. 70: 469~474.
- 23) 四国農試(1991): 平成2年版「シロイチモジヨトウの防除に関する研究」推進会議資料, p. 30~34.
- 24) 高井幹夫(1993): 植物防疫 47: 29~33.
- 25) ———・若村定男(1990): 応動昆 34: 115~120.
- 26) 田中福三郎ら(1987): 同上 31: 125~133.
- 27) ——— (1989): 岡山農試臨報 No. 79: 83~147.
- 28) 田村貞洋(1986): 植物防疫 40: 67~72.
- 29) 梅谷献二ら(1973): 応動昆 17: 63~70.
- 30) WAKAMURA et al. (1989): Appl. Entomol. Zool. 24: 387~397.
- 31) ——— et al. (1990a): ibid. 25: 320~323.
- 32) ——— et al. (1990b): ibid. 25: 447~456.
- 33) 若村定男(1990): 応動昆 34: 43~48.
- 34) WESTIGARD, P.H. and H.R. MOFFIT (1984): J. Econ. Entomol. 77: 1520~1523.