

フェロモンによる施設害虫の防除

大阪府立農林技術センター たなか ひろし
田 中 寛

は じ め に

農業における環境保全志向の高まりに伴って、微量の処理で標的種のみならず卓効を示す生理活性物質の利用は、害虫防除での重要性の度合いをますます強めている感がある。特に性フェロモン（以下、フェロモンと略す）は害虫防除に比較的応用しやすく、交尾阻害を目的とするフェロモン剤（フェロモンディスペンサー）は多数の成功事例をもたらした。コスカシバやコナガをはじめとする数種については既に市販されて、現場で大きな成果を上げている。

フェロモン剤は一般的に小面積、斜面、強風地帯での処理は効果を上げにくい。小面積処理では周辺からの既交尾雌の飛来侵入、斜面や強風地帯での処理ではフェロモンの流亡による空中濃度の低下（フェロモンは空気より重く、通常条件下では作物上に滞留する）が主な原因であるとされている。一方、今回テーマとするビニルハウスやガラス室などの施設においても、小面積だが閉鎖環境であることを長所として、これまでに多数の試みがなされてきた。しかし、効果にしばしば「ふれ」がみられ、問題となっている。

施設において交尾阻害効果が低くなる原因については、既にいくつかの考察がある。トンネル栽培ダイコンのコナガでは、すそ換気に伴うフェロモンの流亡と外部からの既交尾雌の侵入が原因と考えられ、肩換気または完全密閉にすると交尾阻害率が高くなることが示された（大林ら、1989）。ハウス栽培ネギのシロイチモジヨトウでは、防風ネットにより成虫の侵入防止を図ったにもかかわらず、30%前後の雌が交尾し、フェロモン濃度が希薄な風上側のネットや天井部分が交尾場所になると推察された（高井・若村、1990）。田中・木村（1990）及び河名・清水（1990）はさらに、コナガでは施設内の特定の場所に成虫が集まり、局所的に交尾率が高まる可能性を指摘している。

今回筆者は、大阪府下のハウスで実施した青ジソのハスモンヨトウ及びクレソンのコナガに関する試験結果を踏まえ、施設でのフェロモン剤処理に伴う問題点について、いま少し考察を付け加えてみた。

I 事 例

1 成功事例（青ジソのハスモンヨトウ）

同型・同サイズ（約5a）の青ジソ土耕栽培ハウス2棟を供試し、1991年2～6月及び1991年11月～92年4月の2回（前者を第1試験、後者を第2試験と呼ぶ）、一方のハウス（第1試験と第2試験で異なるハウス）の天井付近に信越化学（株）製ハスモンヨトウ用フェロモン剤を200m/10a処理した（フェロモン剤はヒートシール部で20cm長にカットしたものでなく、100m巻のものを用いた）。殺虫剤散布は試験区、対照区とも試験期間中、ほとんど行われなかった。調査は密度上昇期の3～5月（第2試験では3～4月）の間2週間ごとに、ハウス内で系統的に定めた144地点において15株の上位展開葉（約500葉）中の幼虫被害葉を数えた（柴尾ら、1993）。

各地点における被害程度を被害葉数により0（被害葉なし）、I（被害葉数1～10枚）、II（同11～100枚）、III（同101枚以上）の4段階に分けたときの被害程度別地点率の推移を図-1に示した。第1試験、第2試験とも、処理区では無処理区より顕著に被害が少なかったことがよくわかる。特に第1試験の無処理区では4月後半に被害が激発し、被害多発株の伐採・除去が行われた。なお、青ジソでは収穫作業中にハスモンヨトウの幼虫や卵塊が捕殺されるとともに被害葉が摘除され、防除に役立っているが（草刈・田中、1992）、一方これによって被害葉数が過小評価になるため、実際には処理区と無処理区の差はさらに大きいと推察される。ちなみに、第2試験では処理区、無処理区とも被害程度Iの地点率が高い傾向が認められるが、これは栽培者が体調をくずし、収穫・摘除作業が滞りがちだったためである。

2 失敗事例（クレソンのコナガ）

同型・同サイズ（約10a）のクレソン水耕栽培ハウス2棟に1988年1～12月の間、信越化学（株）製コナガ用フェロモン剤を250m/10a（天井付近に100m/10a、シュート上30cm高に150m/10a）処理した。殺虫剤散布は農家の慣行により行われたが、BT剤に対する高度な抵抗性が発達しており、殺虫剤による防除効果はきわめて低かった。調査は試験期間中1週間ごとに、ハウス内で系統的に定めた48地点において1シュートを選んで幼虫を数えるとともに、5月下旬以降は食害の有無に

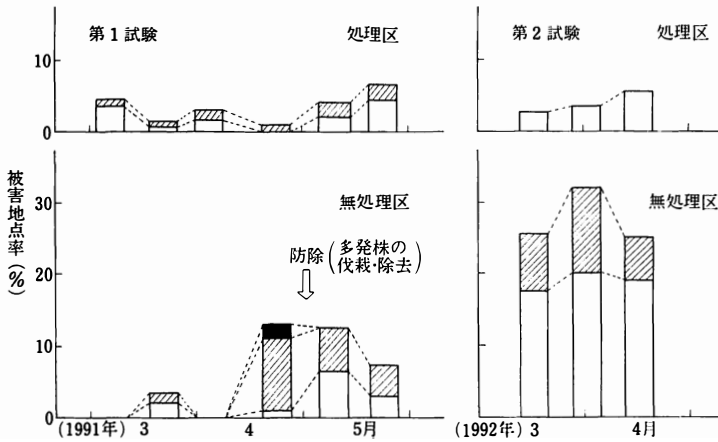


図-1 青ジソのハウスにおけるハスモンヨトウの被害程度別地点率の推移 (柴尾ら, 1993)
被害程度: □…Ⅰ (被害葉数 1~10 枚), ▨…Ⅱ (被害葉数 11~100 枚), ■…Ⅲ (被害葉数 101 枚~)

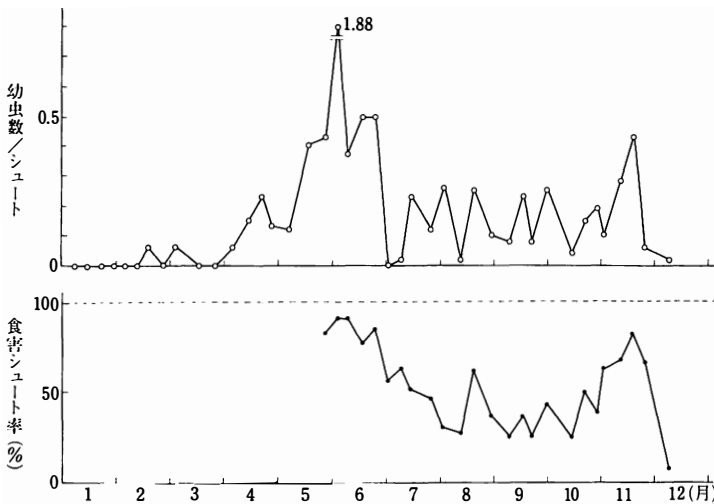


図-2 クレソンのハウスにおける幼虫密度と食害シュート率の推移 (田中ら, 1992)

についても確認した (田中ら, 1992)。

2 棟のハウスの発生状況はほぼ同じであったので、一方のハウスで得られた結果を図-2 に示した。幼虫は 1~3 月は低密度に経過したものの、4 月以降は多発し、特に 5~6 月と 11 月には食害シュート率が 60 % を超える激発となり、フェロモン剤による密度抑制は不十分であった。

Ⅱ 考 察

1 失敗事例の検討

供試したクレソンのハウスは谷あいであり、竹やぶや林、池などに囲まれている。最も近い家庭菜園からでも 300 m 以上離れ、周辺にはアブラナ科雑草もありみられないため、コナガ成虫の飛来侵入はきわめて少ないと考えられる。また、フェロモン剤は天井及びハウス側端付近に合わせて標準の 2.5 倍量进行处理し、換気は肩部分のみで行っているため、フェロモンの流亡や分布のかたよりは最小限に抑えられたと考えられる。これらのことから、防除効果が上がらなかった原因は主にフェロモン剤の交尾阻害作用の特性にあると推察された。

フェロモン剤が他の防除手段と異なる面白い特徴は、防除効率に害虫の密度に依存することである (中村, 1983; 田中, 1992)。クレソンでの試験中、5~10 月の間 15 回にわたって雌成虫を多数採集し、交尾率を求めて成虫密度 (各調査時にライントランゼクト法により調査した成虫飛しょう数) と対比させたところ、成虫密度の増加に伴う交尾阻害率の減少が明らかであった (図-3)。ここで交尾阻害率を y 、成虫密度を x とすると、この関係は Kuno (1978) に基づき、

$$y = e^{-ax} \dots\dots\dots ①$$

で近似的に表すことができる。最小二乗法により a の値を求めると、気温 t が 20℃ 以上では 0.025、20℃ 未満では 0.118 であり、

各調査時における成虫密度をこの式に代入すれば、それぞれの交尾阻害率が計算できる (図-4)。この結果、交尾阻害率は 1 月下旬~3 月上旬、4 月中旬、7 月上旬、11 月下旬では高いが、他の時期にはおおむね 50 % 以下で効果が不十分であることがわかった。

興味深い結果が、①式から導かれる。世代間増殖率を R 、交尾率を $p (=1-y)$ とすると、 $p < 1/R$ ならば害虫は減少して絶滅に向かい、 $p > 1/R$ ならば増加してフェ

ロモン剤の影響からエスケープし、 $p=1/R$ ならば害虫密度は平衡状態になる。図-5に $R=10$ ($t \geq 20^\circ\text{C}$) の場合のシミュレーション結果を示した。平衡状態を生ずるのは $p=0.1$ (初期密度 $x_0=4.2$) であり、絶滅またはエスケープは $p=0.1$ を離れるに従って急激に進行することがよくわかる。この圃場ではおおむね $x > 100$ では多発、 $x > 1,000$ では激発とみてよい。多発に至るために $x_0=5$ では5世代を要するのに対し、 $x_0=10$ ではほぼ2世代で十分である。ついでにいうと、 $R=20$ では $x_0=2.1$ 、 $R=5$ では $x_0=8.9$ の場合に平衡状態となる。なお、図-

5ではハウス内の成虫の分布が均一であると仮定しているが、実際には成虫はかなり偏った分布をしている。このため、全体としては非常に低密度の場合でも局所的に交尾率が高まって次世代の発生源が維持され、また4～5月のように増殖率が高いときには容易にエスケープを起こしてしまうと推察される。

ここで青ジソのハスモンヨトウに戻って、成功の原因を考えてみよう。主な仮説は二つある。第一は、供試ハウスではエスケープ前に収穫を終了してしまい(5～6月)、実被害が発生しにくいことである。第二は、ハスモンヨトウではコナガに比べてフェロモンへの依存度が高く、高密度でもよく交尾が阻害されてエスケープが起こりにくい(もし夏中収穫を続けたとしてもエスケープせず、実被害が発生しにくい)ことである。さて、実のところは両者の違いは質的ではなく量的なものであり、季節や圃場など様々な条件によっても結果が異なるように思われる。基本的な判定に当たっては①式の a が有用である(フェロモンへの依存度が高い場合には a が小さくなる)。今回は残念ながらデータが得られなかったが、機会があれば他圃場や他種も含め、何らかの方法で a を求めて相互に比較すれば量的な説明が可能になるはずだ。なお、筆者としては供試ハウスでは1番目のほうがより大きな原因であると予想している。

2 効果的なフェロモン剤処理のための方策

これまで述べてきたように、周年栽培では通常、増殖率の高い季節にはエスケープが起これと予想されるの

で、他の防除手段との併用が不可欠である。殺虫剤の効果的な使用はもちろんであるが、ほかにもライトトラップによる誘殺(高井・若村, 1990)、黄色灯による忌避(矢野, 1992)、真空ポンプによる吸引(田中, 1992)などが提案されている。この場合、あらかじめ併用する防除手段の効果を的確に評価し、害虫密度との関係も明らかにしておくことが望ましい(田中, 1992)。

施設栽培ではふつう集約的管理が行われており、栽培者は虫の発生時期や多発場所をおおむねよく把握し、生態や防除について解説したときの理解力も優れている。適期散布やスポット散布が理想論でなく現実として実施でき、場合によっては青ジソのハウスでみられたように多発

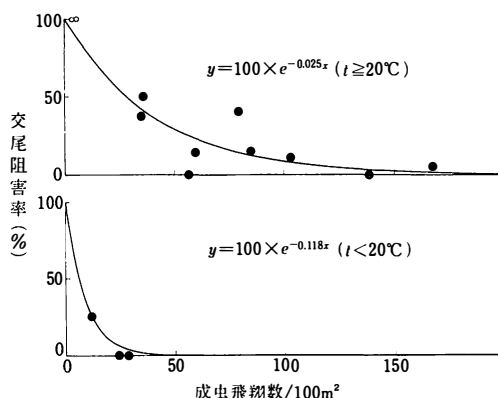


図-3 クレソンのハウスにおける成虫密度とフェロモン剤による交尾阻害率の関係(田中・木村, 1990)

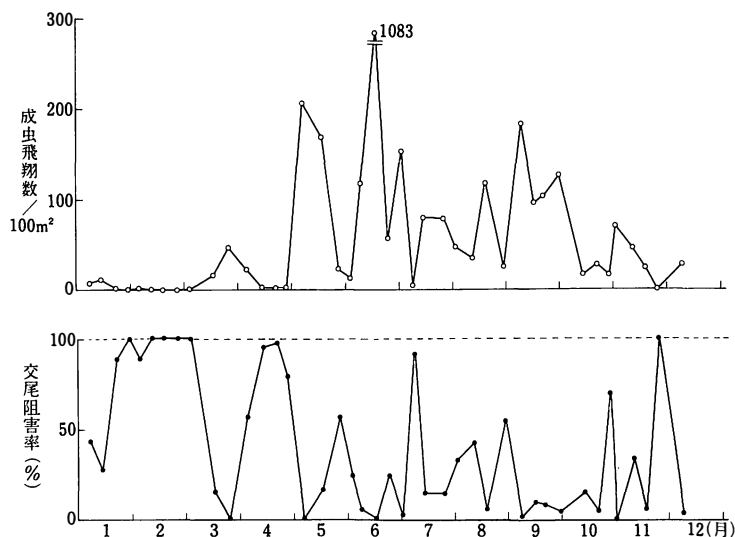


図-4 クレソンのハウスにおけるコナガの成虫密度とフェロモン剤による交尾阻害率(計算値)の推移
成虫密度のデータは田中ら(1992)による。

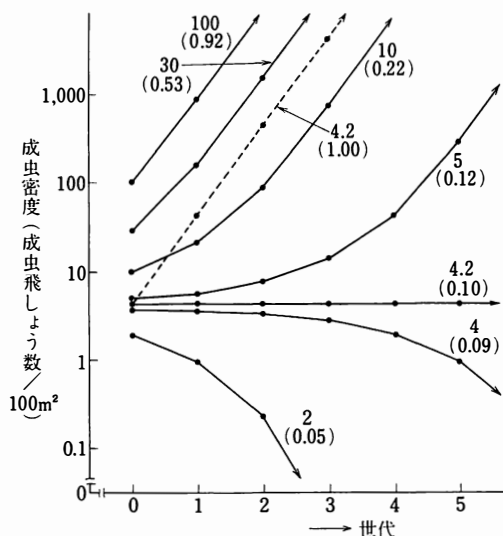


図-5 クレソンのハウスにおけるフェロモン剤処理条件下の成虫密度の推移 (計算値, 世代間増殖率 $R=10$)
点線は無処理条件下のもの, 図中の数字は処理開始時の成虫密度 (カッコ内は交尾率 ρ)。

株の伐採・除去も可能である。また, 要防除水準も設定しやすい。しかしながら, たとえ同じ作物であっても, これらはいずれも圃場ごとの様々な条件によって差異が著しい。したがって, これらの普及にあたっては単一のマニュアルを押しつけるのではなく, 複数の成功モデルを提示するほうがよいと思われる。

既交尾雌の侵入防止やフェロモンの流亡抑制が重要なことは今さらいうまでもない。施設開口部のネット被覆が最も効果が高いが, 栽培上の問題があって実施できないこともある。その場合は, 施設周囲におけるフェロモン剤, 忌避灯, 障壁などの設置, 施設周辺の雑草防除や家庭菜園の除去, 地区単位での広域的なフェロモン剤処理等の工夫を行い, これらによる改善効果も評価しておくべきであろう。この点, 周囲をビルや工場, 家屋などに囲まれた市街地の施設はたいへん有利であり, またこの意味では, 市街地の露地圃場を一種の施設と考えることも可能である。両者ともフェロモン剤によって顕著な効果が得られる場合が珍しくない。

周年栽培でなく, 栽培休止期間がある場合はもっと有

利である。図-5 で示したように, 密度が低い場合にはフェロモン剤を処理すれば多発までに長時間を要する。前作の収穫終了後に施設内の除草や清掃を徹底し, 定植するものでは育苗圃での防除をしっかり行って, 栽培開始時における虫の発生を最小限にしておけば, フェロモン剤の処理によって収穫終了後まで虫の多発を防ぎきることはさほど難しくはないはずだ。また, 周年栽培でも施設内でべたがけ, トンネルがけを併用したり, 状況によっては施設内をネットでいくつかの区画に仕切ったりすることにより, 栽培開始時の虫の発生やその後の虫の侵入を抑制し, 同様の効果を上げることも可能である。

おわりに

筆者ら都道府県農試のスタッフは, モグラ叩きゲームのように続々発生する待ったなしの問題に追われ, どうしても防除効果の評価が質的・不連続的なものになりがちである。しかし, フェロモンや天敵のように防除効果が害虫の密度や温度など様々な要因の影響を受けやすい防除手段においては, いくつかの次元にわたる量的・連続的な評価が必要で, そうでないや情報不足に陥って的確な防除がなされにくくなる。施設でのフェロモン剤処理の効果にふれが生じやすいのは, 多分にこれに起因するように思われる。もちろん, 言うはやすく, 行うはきわめて難しいのであるが, 今後ともこのような問題意識を持ち, 的確な防除を目指して地道な評価を重ねてゆきたい。なお, 最後に本報告を行うにあたって有益なご助言をいただいた農林水産省農業研究センター中村和雄室長, ならびに京都大学農学部久野英二教授に対し, 厚くお礼申し上げる。

引用文献

- 1) 河名利幸・清水喜一(1990): 植物防疫 44: 358~361.
- 2) KUNO, E. (1978): Res. Popul. Ecol. 20: 50~60.
- 3) 草刈真一・田中 寛(1992): 植物防疫 46: 71~74.
- 4) 中村和雄(1983): フェロモン利用に関するシンポジウム (日植防), pp.21~26.
- 5) 大林延夫ら(1989): 植物防疫 43: 35~38.
- 6) 高井幹夫・若村定男(1990): 応動昆 34: 115~120.
- 7) 柴尾 学ら(1993): 関西病虫研報 35: 65~66.
- 8) 田中 寛・木村 裕(1990): 同上 32: 84.
- 9) ———(1992): 植物防疫 46: 300~303.
- 10) ———ら(1992): 大阪農技研報 28: 19~22.
- 11) 矢野貞彦(1992): 関西病虫研報 34: 97.