

複合交信かく乱剤を利用した減農薬リンゴ園における害虫発生と被害の動向

果樹研究所リンゴ研究部 豊 島 真 吾

はじめに

複合交信かく乱剤を利用した果樹害虫防除法（交信かく乱法）が一般のリンゴ園に導入されてから、約10年が経過した。交信かく乱法の利点としては、交信かく乱の対象害虫に対する殺虫剤を削減することにある。そのため、減農薬を進めるうえで重要な地位を築いている。一方、交信かく乱法は、当初より「気象条件」、「地形」、「前年度の害虫発生密度」などにより交信かく乱効果が十分発揮されないといった問題が指摘されていた。それに加えて、殺虫剤を削減することにより、これまで問題とならなかった害虫が顕在化するという問題も明らかになってきた。交信かく乱法を利用した減農薬を推進するためには、新たに発生してきた問題を打開する必要がある。そのためには、どのような害虫が発生し、どのような被害をもたらす、そして、果実の商品価値にどのような影響を及ぼすのか明確にしなければならない。

I 果実の商品価値と被害許容の評価基準

果実に対する商品価値としての消費者の評価は、時代・地域・宣伝やニュースなどの影響によるイメージなどによって大きく異なる。「農薬を使っていないのだから外観が悪いのは当然」とか「外観は悪いが美味しい」という価値もあれば、「知人に贈るときは赤くて大きいりんごを選ぶ」という価値もある。殺虫剤を削減すると害虫の加害が増えるので、まず、外観が悪くなることが予想される。減農薬を推進するためには、消費者に外観よりも中身を選んでもらうことを期待する。しかし、害虫による被害は、果実加害性の害虫による直接的な被害だけではなく、食葉性害虫による被害の間接的な影響、つまり「内部品質の低下」を招く場合もある。その場合、「外観は悪いが美味しい」とは言えなくなるのである。残念ながら、交信かく乱法を導入した生産者が、どの程

度まで被害を許容できるか、どのようなタイミングで殺虫剤を散布するのが望ましいかなどの判断基準を設定することは非常に難しい。しかし、客観的に判断できる基準を設定しなければ、交信かく乱を利用した減農薬防除体系を維持・推進することはできない。本稿では、「果実の内部品質が低下しない程度の害虫発生を許容する」ことを一つの判断基準として、交信かく乱剤を利用したリンゴ園における害虫防除を考えてみることにする。

II 交信かく乱リンゴ園における被害の評価

交信かく乱剤を利用しているリンゴ園において害虫被害がリンゴの品質に及ぼす影響を評価するには、二つの問題を解決しなければならない。一つめの問題としては、発生する害虫種が多いことである。リンゴでは200種以上の害虫が記録されており（梅谷・岡田，2003）、複合交信かく乱剤（コンフューザーなど）を利用して殺虫剤を削減することによって、ほとんど見かけたことのない害虫が発生する。これら発生するすべての害虫種において、被害と果実品質の関係を調べることは、そこに投資される費用やかかる時間から考えて現実的ではない。むしろ、発生する害虫の種構成や発生量を定量して被害の傾向をとらえ、全体としての被害が果実品質に及ぼす影響を評価することが現実的な方法であろう。

次の問題としては、比較するためのリンゴ園を設定できないことである。害虫被害の果実品質に及ぼす影響を評価するには、環境条件や栽培管理、品種等が全く同じ隔離された二つのリンゴ園を準備する必要がある。一方には複合交信かく乱剤を設置して殺虫剤無散布で害虫管理し、もう一方には殺虫剤を慣行散布して害虫管理する。そして、二つのリンゴ園で収穫される果実の品質を比較する必要がある。しかし、我が国のような多様な地形に存在する比較的小規模なリンゴ園で、適切な試験区を設定することは不可能である。そこで、複合交信かく乱剤を設置したリンゴ園の一部に殺虫剤を散布して、「複合交信かく乱剤のみで防除するリンゴ樹の果実（交信かく乱園削減区）」と「複合交信かく乱剤と殺虫剤で防除するリンゴ樹の果実（交信かく乱園散布区）」を設定する

Trends of Occurrence of Insect Pests and Their Infestation in an Insecticide-unsprayed Apple Orchard with the Mating Disruption Technique. By Shingo TOYOSHIMA

（キーワード：複合交信かく乱剤，性フェロモン，リンゴ，被害許容水準）

ことにした。

二つの問題を上述のように解決して、害虫による被害と果実品質の関係について、次章に述べるような方法で調べた。

III 調 査 方 法

岩手県盛岡市の果樹研究所リンゴ研究部の試験圃場の一部にアリマルア・オリフルア・テトラデセニルアセート・ピーチフルア剤（コンフューザー A、信越化学工業(株)製）を設置し、殺虫剤を散布せずに害虫管理を行い、その一部の樹に殺虫剤を散布して前章のような試験区（「削減区」と「散布区」）を設けた。

リンゴでは、リンゴ葉面の 10% の喪失で光合成速度に影響が生じることが明らかとなっている（HALL and FERREE, 1976）ので、食葉性害虫によって 10% 以上加害された葉を被害葉として計数した。果実被害については、害虫による被害と特定できる果実すべてを計数し、被害から害虫種が特定できる場合は種ごとに、特定できない場合には科ごとに計数した。

果実品質を比較するため、収穫後、ファンテック社製フルーツファイトで糖度を測定し、(株)マキ製作所製カラーソーターで重量、赤道面における平均直径、着色度および熟度を測定した。

この試験圃場では 1994 年からコンフューザー A を設置しており、試験は 2001 年から 03 年まで実施した（豊島ら, 2004）。

IV 食葉性害虫による被害

交信かく乱園内の散布区および削減区の葉の被害形態から、昆虫類としては、アブラムシ科 (Aphididae)、マメコガネ *Popillia japonica* NEWMAN、ハマキガ科 (Tortricidae)、キンモンホソガ *Phyllonorycter ringoniella* (MATSUMURA)、ギンモンハモグリガ *Lyonetia prunifoliella* (HUBNER)、シャクガ科 (Geometridae) が発生し、葉を加害したことが明らかとなった（図-1）。

2001 年に観察されたアブラムシ類の被害は、リンゴゴブアブラムシ *Ovatus malisuctus* (MATSUMURA) による被害と確認された。本種が寄生すると葉全体が変色して細く巻き込むので、葉の光合成能力は著しく低下すると考えられるが、寄生は樹の一部分に見られ樹全体に拡大することはなかった。2002 年にはリンゴゴブアブラムシ以外の複数種による新梢葉被害が観察されたが、被害率は低く、03 年にはアブラムシ類による被害は観察

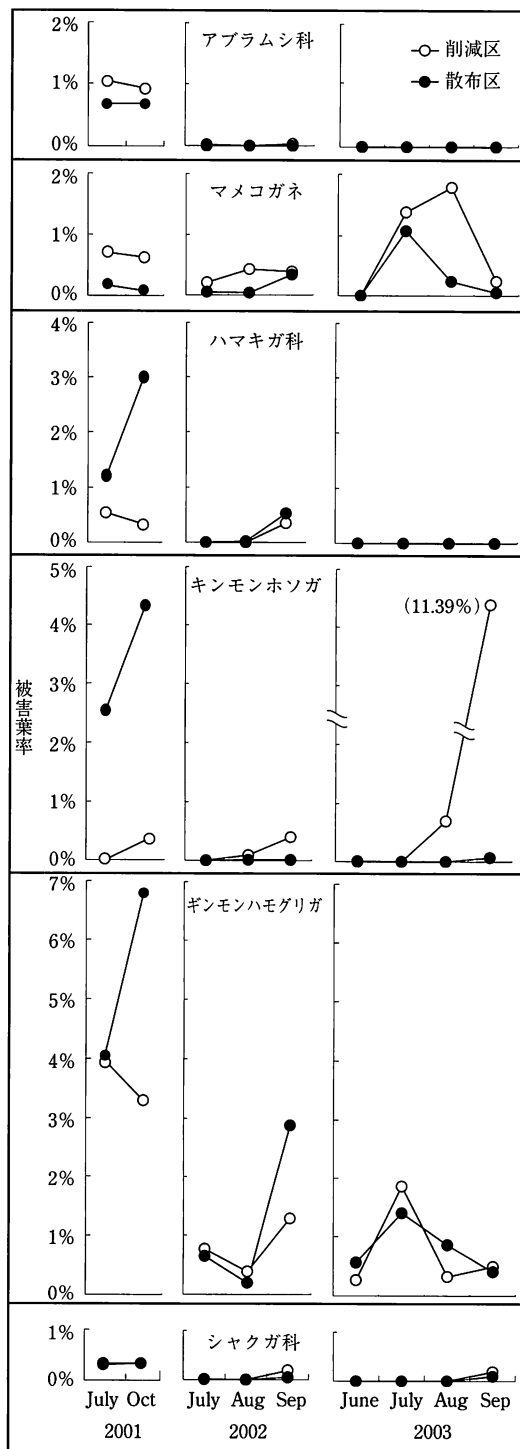


図-1 削減区および散布区における被害率の年次変動
ミツバ約 40 年生「ふじ」を調査対象として、1 樹当たり 400 ～ 800 葉において被害葉を計数した（6 ～ 12 樹/区）。葉の被害形態から害虫種または害虫グループ（科）を特定した。

されなかった。

マメコガネは、散布区・削減区とも被害葉率が2%を超えることはなかった。葉巻状の葉についてはハマキガ類による被害としたが、種を特定することはできなかった。ハマキガ類による被害葉率は、2001年10月に散布区で3.3%であったが、同月の削減区および02年の両試験区では1%以下であり、03年には被害葉が観察されなかった。本試験圃場では、交信かく乱対象害虫のハマキガ類であるリンゴモンハマキ *Archips breviplicanus* WALSINGHAM, リンゴコカクモンハマキ *Adoxophyes orana* (FISCHER VON ROSLERSTAMM), ミダレカクモンハマキ *Archips fuscocupreanus* WALSINGHAM の発生は比較的少なく、対象外であるトビハマキ *Pandemis heparana* (DENIS et SCHIFFERMULLER) が多く採集されるので、観察されたハマキガ類による被害はトビハマキによる可能性が高いと考えられる。

キンモンホソガによる被害葉は、2001年10月に散布区で4.3%観察された。2003年9月には削減区で11.4%と高い被害葉率となった。本種に対する複合交信かく乱効果は十分であったと推定されており、2003年秋の被害は、交信かく乱効果が設置期間の後半まで持続しなかったためではなく、8月後半に周辺のリンゴ園で発生した既交尾雌が交信かく乱園へ侵入し、産卵したことによると考えられる。

ギンモンハモグリガは新梢葉に産卵し、葉の展開とともに被害が線状から斑状または面状に拡大する。本種による被害は、散布区で2001年10月に6.79%と高かったが、2002年と03年には両試験区で3%以下であった。シャクガ類の被害葉は各年とも1%以下となり、顕著な被害とはならなかった。

V 食葉性害虫による被害の果実品質への影響

交信かく乱園の散布区と削減区から収穫された果実の品質を表-1に示した。2001年の果実品質では、削減区の着色度が散布区のそれよりも高かったが、それ以外の品質には両区で差が検出されなかった。2002年の調査では、各品質とも試験区間に差が検出されなかった。2003年は、熟度に差が検出され、削減区の果実は散布区に比べて成熟が低かった (t 検定, $p < 0.05$)。3年間を通して、両区間で糖度、重量、直径、着色度および熟度に一貫した傾向は観察されなかった。むしろ、年次による変動が観察され、2002年の果実は、2001年と03年

表-1 削減区および散布区におけるリンゴ果実品質の比較

年次	試験区	糖度 (Brix)	果実重 (g)	等価円径 (mm)	着色度 ^{a)}	熟度 ^{b)} (%)
2001	削減区	15.2	288.1	87.5	176.6 *	38.2
	散布区	15.0	280.7	86.8	160.4	37.1
2002	削減区	13.6	337.1	91.1	151.5	37.0
	散布区	13.5	368.5	94.0	165.7	37.1
2003	削減区	14.9	282.9	86.6	170.2	27.1 *
	散布区	15.1	284.9	84.5	169.9	36.6

^{a)} 測定機独自の無次元値で、0 (白色) ~ 255 (赤色) までの範囲で示され、赤い果実ほど大きい値を示す。 ^{b)} 測定機独自の値で、果実の成熟が進行しているほど大きい値を示す。右肩に*が付いている削減区の値は、散布区よりも有意に異なる (t 検定, $p < 0.05$)。

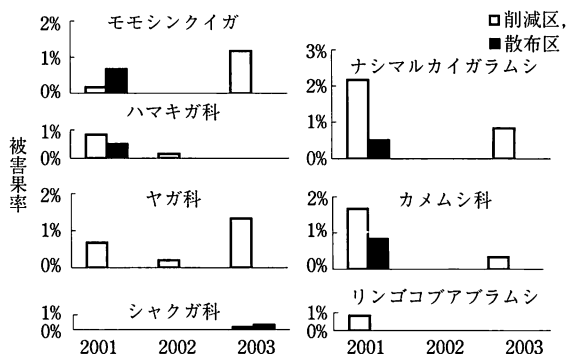


図-2 削減区および散布区における被害果率の年次変動
ミツバ台約40年生‘ふじ’を調査対象として、1樹当たり120～400果において被害果を計数した(6～12樹/区)。果実の被害形態から害虫種または害虫グループ(科)を特定した。

に比べて低糖度で、重量と直径が大きく、着色度が小さい傾向が見られた。

VI 果実加害性害虫による被害

果実を加害する害虫種として、モモシクイガ *Carposina sasakii* MATSUMURA, ハマキガ科, ヤガ科 (Noctuidae), シャクガ科, ナシマルカイガラムシ *Comstockaspis perniciosus* (COMSTOCK), カメムシ科 (Pentatomidae) およびリンゴコブアブラムシが確認された(図-2)。モモシクイガは、交信かく乱剤の対象害虫であるが、2001年には散布区で0.67%, 03年には削減区で1.17%の被害果が観察された。ハマキガ類は果実の近くの葉に寄生しているときに果実表面をかじり、その部分がコルク状となって果実肥大とともに被害部が拡大する場合が多い。2001年に散布区で0.50%, 削減

区で 0.83%, 02 年には削減区で 0.15%の被害果が発生したが 03 年には被害果は観察されなかった。ヤガ類による被害は果実表面に直径 1 mm 程度の吸汁痕とその周縁部分の変色として識別される。被害果率は、削減区において 3 か年とも観察され、2001 年には 0.67%, 02 年には 0.20%, 03 年には 1.33%であった。シャクガ類は、果実表面に卵塊を産下するので、卵塊部分の果皮が着色しなくなる。このような被害は、2003 年に散布区で 0.33%, 削減区で 0.17%観察された。

ナシマルカイガラムシは主に枝幹部に生息するが、多発する場合には果実にも寄生する。本種の寄生により果肉が変質することはないが、寄生個体の周辺が輪状に赤変するので外観上問題となる。1 個体以上が寄生した果実は、2001 年には削減区で 2.17%, 散布区で 0.50%観察され、03 年には削減区で 0.83%であった。カメムシ類による被害は吸汁された部分から果肉がスポンジ状に変化し果実肥大にともなって吸汁された部分がくぼんだ。2001 年には削減区で 1.67%, 散布区で 0.83%の被害果が観察され、03 年には削減区で 0.33%の被害果が認められた。リンゴコブアブラムシの被害が確認された 2001 年には、同種による果実への被害も観察された。被害葉の近くの着色前の果実が加害され、果実の肥大・着色とともに表面にさび症状を呈するようになったが、果肉変化は確認されなかった。

VII 試験のまとめ

今回の試験では、複合交信かく乱剤を設置して殺虫剤を無散布にしたリンゴ園において、複合交信かく乱剤の対象害虫による加害は完全に抑えられなかった。ただし、モモシンクイガを除いて「削減区」における対象害虫による被害は軽微なものであり、発生した食葉性害虫による被害が果実品質を低下させることはなかった。つまり、約 1 割の葉に被害が見られても殺虫剤を散布する必要はないと考えられた。

一方、果実加害性害虫による被害は判断が難しい。今回の試験では、果実を加害する害虫としてヤガ類、カメムシ類、リンゴコブアブラムシ、ナシマルカイガラムシ、モモシンクイガが観察された。そのうち、ナシマルカイガラムシ、ヤガ類、カメムシ類による被害果率は 1%を超える場合があった。数年をかけて徐々に個体数を増加させるナシマルカイガラムシの場合、1 回の殺虫剤散布で数年間密度を抑制することが期待される。ヤガ類や果

樹園周辺の針葉樹林などから飛来するカメムシ類による被害については、殺虫剤削減の影響によるものかは不明である。いずれも、表面または表面近くの果肉の一部が痛んでいるだけなので、「農薬を使っていないのだから外観が悪いのは当然」と思って食されることを期待したい。

しかし、モモシンクイガによる被害果は許容されないだろう。「削減区」におけるモモシンクイガによる被害は、2001 年と 02 年にもそれぞれ 1%以下ではあったが、03 年に 1.17%の被害果が発生した。果実の内部に侵入し、果肉、果芯部分を食入する本種による被害は、商品価値を喪失させる（成田, 1987; 奥ら, 1989）。商品への混入を回避するために、通常、経済的被害許容水準（EIL）は 0.1%以下に設定されている。福島県では、慣行防除で被害果が発生しないリンゴ園において、交信かく乱剤を設置してさらに殺虫剤による 3～4 回の補完防除を行った場合、被害果率は 0.4%であるが、交信かく乱剤を設置し、殺虫剤無散布で管理すると 0.8%に倍増した（佐藤, 1992）。広域的な調査においても、0～0.8%の被害果率に抑えるために補完防除は不可欠であった（岡崎, 2000）。以上より、モモシンクイガについては基本的に補完防除が必要であり、防除の要否を合理的に決めるためには、交信かく乱剤を設置した場合においても、被害発生量を正確に推定できる技術の開発が求められる。

お わ り に

上述の調査結果は、1 箇所のリンゴ園での事象にすぎないので、今後、多くの事例を収集する必要があることは言うまでもない。地域によって発生する害虫相も異なり、加害が重大な種も異なるだろう。現在、交信かく乱剤を利用した防除体系がリンゴ園に普及しつつあり、発生する害虫種とその被害を細かく記録しておくことは重要である。このような地道な努力の積み重ねが、多様な栽培環境にある我が国の果樹園における減農薬を推進するだろう。

引 用 文 献

- 1) HALL, F. R. and D. C. FERREE (1976): J. Econ. Entomol. 69: 245～248.
- 2) 成田 弘 (1987): 植物防疫 41: 271～275.
- 3) 岡崎一博 (2000): 農業技術 55: 409～413.
- 4) 奥 俊夫ら (1989): 果樹試報 C 16: 63～81.
- 5) 佐藤力郎 (1992): 福島県試報 15: 27～91.
- 6) 豊島真吾ら (2004): 果樹研報 4: 71～81.
- 7) 梅谷献二・岡田利承 (2003): 日本農業害虫大辞典, 全農協, 東京, 1203 pp.