

昆虫生育制御剤の次世代増殖に及ぼす影響

名古屋大学大学院生命農学研究科環境昆虫学教室 ^{みやた}宮田 ^{ただし}正・^{よしだ}吉田 ^{かずし}和史

昆虫は卵から幼虫、蛹を経て成虫となる完全変態昆虫と蛹の段階を経ない不完全変態昆虫に分けられるが、すべての昆虫は、幼虫脱皮、変態という成長過程を経て成長する。この脱皮、変態は、脳ホルモン、幼若ホルモン、脱皮ホルモンなどにより制御されることが明らかとなっており、昆虫生理に基づいた害虫防除剤の研究、開発が行われるようになった。一般に幼虫脱皮や変態など昆虫に特有な成長過程に作用し、正常な発育を阻害するような化合物を昆虫生育制御剤 (Insect Growth Regulator, IGR) と呼んでいる。IGRには幼若ホルモン様活性物質、幼若ホルモン代謝阻害剤、脱皮ホルモン関連物質、脱皮ホルモン阻害剤などが挙げられる (桑野, 1985)。すでに幼若ホルモン関連物質、キチン合成阻害剤など多くの IGR 剤が実用化され、高い選択性を示すことから、総合的害虫管理に組み込まれ得る化合物として注目されている。

IGR 剤は、昆虫の脱皮、変態過程などに作用し、正常な発育を阻害し、処理された世代の昆虫に対する殺虫効果のほかに、産卵数の減少、ふ化率の減少などにより、次世代にも影響を及ぼすことが知られている (RETNAKARAN et al., 1985)。

I 成虫処理による次世代への影響

ブプロフェジンをトビイロウンカおよびオンシツコナジラミ成虫に処理したところ、産卵数の減少および産下卵のふ化率の減少が見られた。また、この効果は羽化直後の成虫に処理した時に高かった (安井, 1991)。

幼若ホルモン様活性物質のピリプロキシフェンをイエバエおよびチャバネゴキブリ成虫に処理したところ、いずれの場合においても、産卵数の低下、あるいは幼虫数の減少が観察された。また、雄成虫にピリプロキシフェンを処理することにより、これと交尾した雌成虫に不妊性が伝播されることが確認された。ただ、雌成虫に直接処理する場合に比べ、約10倍の薬量を必要とした (KAWADA et al., 1992)。ベンゾイルフェニルウレア系のキチン合成阻害剤では、ジフルベンズロンを甲虫目や双

翅目昆虫の成虫に処理したところ、産卵数の減少やふ化率の減少が認められた。この場合、胚発育は見られるものの、ふ化直前に死亡した (MOORE and TAFT, 1975; WRIGHT and SPATES, 1976; WRIGHT and HARRIS, 1976)。ワタノミゾウムシの雄成虫にジフルベンズロンを処理した場合は、ジフルベンズロンが交尾の際に雌成虫に渡されることが確認された。ただ、精子を通してというよりは、交尾時の接触によるものと考えられた (MOORE et al., 1978)。古味 (2000) は、ジフルベンズロンやルフェヌロンを処理したインゲン葉にミカンキイロアザミウマ成虫を接種し、その後4日間の産下卵のふ化率を調べたところ、それぞれ12%、5%以下になったと報告している。また、無処理葉に移した後も、2~3日程度はふ化率が抑制された。

II 幼虫処理による次世代への影響

KOHYAMA (1986) はテフルベンズロンをコナガ幼虫に処理し、その後羽化した成虫の繁殖を調べ、幼虫期のテフルベンズロン処理が産卵数の低下やふ化率の減少を引き起こすことを報告した。同様の減少は、クロルフルアズロンでも認められた (宮田ら, 1993)。これらの影響は、雄幼虫に処理した場合顕著であった。

吉田・宮田 (1993) は、ハスモンヨトウ5齢0日目の幼虫に致死量以下 (LD10 およびその半量, 31.2 および 15.6 ng/頭) のクロルフルアズロンを処理し、その後の羽化成虫の産卵数およびふ化率を調べた (表-1)。いずれの処理区においても、幼虫期処理個体の産卵数は無処理と比べ有意に減少していることがわかった。また、15.6 ng および 31.2 ng の薬剤処理間では、処理量及び処理の組み合わせに関係なく産卵数に有意な違いは見られなかった。また、いずれの処理区についても産下卵のふ化率は、無処理個体に比べ有意に低下していた。また、雄個体および雌個体に対するクロルフルアズロンの影響を見た時、15.6 ng の薬量を処理した時には、雄のみ処理と雌のみ処理については、その後の処理成虫の産下卵数については有意な違いは見られなかったが、産下卵のふ化率については、雄のみ処理区の方が雌のみ処理区に比べて有意に低下しており、雄のみ処理区では両性処理区と同程度のふ化抑制が認められた。一方、一個体当たり LD10 に相当する 31.2 ng の薬量のクロルフ

Effects of insect growth regulators on the reproduction in insects. By Tadashi MIYATA and Kazushi YOSHIDA

(キーワード: 昆虫生育制御剤, 精巢, 精子, エクジステロイド, ふ化阻害, ハスモンヨトウ)

表-1 ハスモンヨトウ5齢0日目の幼虫に処理したクロルフルアズロンがその後の羽化成虫の産卵数およびふ化率に及ぼす影響

交尾対 ¹⁾		交尾対数	産卵数 ²⁾		ふ化率 ³⁾	
雄	雌		平均±SD	平均±SD	平均±SD	平均±SD
無処理	無処理	48	863	110 a	70.4	4.5 a
15.6	15.6	42	517	162 b	42.5	13.0 b
15.6	無処理	41	502	140 b	43.7	7.7 b
無処理	15.6	48	536	105 b	56.3	5.8 c
31.2	31.2	37	464	111 b	30.4	15.3 d
31.2	無処理	39	470	140 b	28.6	16.9 d
無処理	31.2	45	500	123 b	54.4	5.7 c

¹⁾ 数値は、1個体当たりの薬剤施用量 ng を示している、²⁾ 産卵数の有意差の検定は Scheffe F-test で行い、異なるアルファベット間は5%の危険率で有意差があることを示す、³⁾ ふ化率における統計解析には、arcsine root 変換した値を用いた。有意差の検定は、Aspine-Welch 法で行った。異なるアルファベット間は1%の危険率で有意差があることを示す。

ルアズロンを処理した場合においても、雄のみ処理と雌のみ処理について、その後の処理成虫の産下卵数には有意な違いは認められなかった。しかし、産下卵のふ化率については、雄のみ処理の方が雌のみ処理に比べ有意に低下し、両性に処理した時と同程度の産下卵のふ化抑制が認められた。ハスモンヨトウの繁殖能力に及ぼすクロルフルアズロンの影響については、雄個体の方が強くあらわれることがわかったが、この傾向は前述のコナガと同様であった。

1 クロルフルアズロンによるハスモンヨトウの繁殖率低下の機構

鱗翅目昆虫では、精巣は幼虫後期に発達することが報告されている (SLAMA et al., 1976)。そこで、幼虫期へのクロルフルアズロン処理がどのように精巣発育に影響を与えているかを調べた (吉田・宮田, 1993; MIYATA and YOSHIDA, 1996)。

5齢0日目のハスモンヨトウ幼虫に15.6 ng および31.2 ng の薬量のクロルフルアズロンを処理し、その後羽化当日に無処理個体と処理個体の精巣体積を比較したところ、処理個体では70%および50%に減少していた。さらに、羽化前日、羽化当日、羽化1日後の精巣体積を無処理個体と比較したところ、いずれの調査時点でも薬剤処理個体の方が無処理個体と比べ精巣体積が減少し、さらに羽化前日から羽化1日後へと時間の経過とともに、精巣体積が減少することが明らかとなった。そこで、この精巣発育に及ぼす影響がどの段階で起こっているかを調べるため、5齢0日目の幼虫に31.2 ng のクロルフルアズロンを処理し、その後の6齢期間から蛹化時までの精巣発育に及ぼす影響を調べたところ、6齢2日

目から蛹化時まで無処理個体と比べて処理個体の精巣体積は有意に減少した。また、この時期は精母細胞から有核精子束に変態しはじめる時期に相当することがわかった。

精子形成に及ぼすクロルフルアズロンの影響を見るため、5齢0日目の幼虫に31.2 ng を処理し、羽化当日に精巣を摘出し、精巣内部の精子束を数えたところ、無処理個体に比べて、薬剤処理個体の方が有核精子束および無核精子束のいずれも多かった。この結果は、クロルフルアズロン処理個体の精巣体積が無処理個体と比べ有意に減少することと矛盾しているように思われた。カイコにおいては、羽化前日に有核精子の大部分が精巣から輸精管に移動する (KATUNO, 1977 a) ことが報告されている。そこで、羽化前日に輸精管の基部である vas deference の部分の精子を調べたところ、無処理個体ではすでに、無核精子と有核精子束の存在が認められたが、処理個体ではいずれも認められなかった。

鱗翅目昆虫の雄成虫は交尾の際、精包と呼ばれるカプセル状の収容器を作製し、その中に精子を入れ雌個体に渡している。精包内部に存在している精子の状態について、有核精子は束の状態で存在し、無核精子は1本の精子として存在している (KATSUNO, 1977 b)。そこで、交尾開始70分後の交尾中の雌から精包を取り出して、精液中の有核精子束を数えることにより精子移送量を調査した。また、ハスモンヨトウ成虫は平均2回交尾することがわかったので、すでに1度交尾させた雄を用い、この雄個体と未交尾雌とを交尾させ、精液中の有核精子束を数えた。その結果、1回目の交尾でも2回目の交尾でも、幼虫処理個体と比べ無処理雄個体では精包内に核精子束が約3倍多く存在していた (表-2)。

LOBE et al. (1982) によって、オオタバコガ幼虫の精巣がエクジステロイドを合成していることが報告されて以来、精巣組織におけるエクジステロイドの合成が多く昆虫で報告されている。そこで、5齢0日目のハスモンヨトウ幼虫に31.2 ng のクロルフルアズロンを処理し、その後、6齢期間中、8時間ごとに精巣を摘出し、精巣エクジステロイド量を測定した。6齢2日目のエクジステロイド量について、処理個体と無処理個体で有意な違いは認められなかったが、精母細胞から有核精子に変態しはじめる6齢3日目には無処理個体と薬剤処理個体間で有意な違いが認められた。

また、クロルフルアズロン処理により産下卵のふ化率が低下する原因について、産下卵の胚発育を詳細に調べたところ、未ふ化卵では胚発育が認められなかった。したがって、ふ化失敗の原因は、卵に伝えられたクロルフル

表-2 ハスモンヨトウ5齢0日目にLD10に相当する薬量のクロルフルアズロン(31.2 ng/頭)を処理した処理雄成虫および無処理雄成虫から雌成虫に渡される精包内含有核精子束数¹⁾

	供試個体数	1回目の交尾 ²⁾ (平均±SD)		2回目の交尾 ³⁾ (平均±SD)	
対照区	10	988	85 a	935	62 a
処理区	10	282	46 b	283	55 b

¹⁾有意差の検定は Scheffe F-test で行い、異なるアルファベット間には1%の危険率で有意差があることを示す、²⁾交尾対についての組み合わせは、無処理雄および幼虫期薬剤処理雄に無処理の未交尾雌を組み合わせ、³⁾すでに、1度交尾させた後で無処理未交尾雌個体と交尾させた。

ルアズロンの直接的な作用ではなく、未受精によるものと考えられた (FARZANA and MIYATA, 1998)。

IGRの次世代増殖への影響については、IGRの種類、昆虫種、昆虫の発育時期などにより影響が大きく変化することや、評価方法が煩雑であることから、時として見

過ごされてきたきらいがあるが、今後さらなる研究の進展により、これらが正しく評価されることを期待したい。

引用文献

- 1) KATSUNO S. (1977 a): Appl. Entomol. Zool. **12**, 142~153.
- 2) ——— (1977 b): ibid. **12**, 241~247.
- 3) KAWADA H. et al. (1992): Jpn. J. Sanit. Zool. **43**, 169~175.
- 4) KOHYAMA Y. (1986): Diamondback Moth Management, AVRDC, Taiwan, 265~269.
- 5) MIYATA T. and K. YOSHIDA (1996): XX International Congress of Entomology, Abstract 608.
- 6) MOORE R. et al. (1978): J. Econ. Entomol. **71**, 587~590.
- 7) RETNAKARAN A. et al. (1985): Comprehensiv Insect Physiology, Biochemistry and Pharmacology, Pergamon Press, New York, 529~601.
- 8) WRIGHT J. and R.L. HARRIS (1976): J. Econ. Entomol. **69**, 728~730.
- 9) 安井通宏 (1991): 昆虫成長制御剤プロフェジンの作用特性と害虫防除剤開発に関する研究, 京都大学博士論文, pp. 170.
- 10) 吉田和史・宮田正 (1993): 第37回応動昆大会講演要旨 201.

学 界 だ よ り

○日本植物病理学会第11回殺菌剤耐性菌研究会シンポジウム開催のお知らせ

■日時: 2000年4月5日(木)9:30~17:00

■場所: 東北大学川内キャンパス講義棟 B, B200 講義室 (仙台駅より乗り場9番のバス: 仙台国際センター前下車徒歩約10分)

■参加申し込みと参加費: 当日会場にて受付。3,000円 (講演要旨集のみ2,000円)

■プログラム:

9:30~9:40 開会挨拶

9:40~11:10

東北地方における耐性菌関連の試験研究事例

リング褐斑病 佐藤 裕氏 (秋田県果試)

ブドウ晩腐病 深谷雅子氏 (秋田県果試天王)

花卉類灰色かび病

杉山 悟氏 (フラワーセンター21 あおもり)

11:10~12:00

フェンヘキサミド (パスワード®) 感受性の検定法とベースラインデータ 沢田治子氏 (日本バイエル)

13:00~13:50

疫病菌のシアゾファミド (ランマン®) に対する感受性検定法 三谷 滋氏 (石原産業)

13:50~14:50

DMI 剤耐性菌問題の経過と現状

イネ, ムギ, 野菜 武田敏幸氏 (JA 全農)

果樹 富田恭範氏 (茨城県園芸研)

15:10~16:00

Resistance in apple scab to DMI and strobilurin fungicides

Wolfram Köller (Cornell University: USA)

16:00~16:50

耐性菌検定を現場に生かすには

外側正之氏 (静岡県防除所)

富田恭範氏 (茨城県園芸研)

16:50~17:00

閉会挨拶

■問い合わせ先: 〒305-8604 つくば市観音台3-1-1

農林水産省農業環境技術研究所

殺菌剤動態研究室 石井英夫氏

TEL & FAX: (0298) 38-8326

E-mail: hideo@niaes.affrc.go.jp