短 報

ウコンノメイガ（ツトガ科：ノメイガ亜科）の
性誘引物質望月 文昭^{1,*}・青木 由美^{2,†}・杉江 元³田端 純³・高橋 明彦⁴・樋口 博也⁴¹ 信越化学工業株式会社合成技術研究所² 富山県農林水産総合技術センター農業研究所³ 農業環境技術研究所⁴ 農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター
北陸研究センター

Sex Attractant of the Bean Webworm, *Pleuroptya ruralis* (Crambidae: Pyraustinae). Fumiaki MOCHIZUKI,^{1,*} Yumi AOKI,^{2,†} Hajime SUGIE,³ Jun TABATA,³ Akihiko TAKAHASHI⁴ and Hiroya HIGUCHI⁴ ¹Specialty Chemical Research Center, Shin-Etsu Chemical, Co. Ltd.; Nishifukushima 28-1, Kubiki, Joetsu, Niigata 942-8601, Japan. ²Agricultural Research Institute Toyama Prefectural Agricultural, Forestry & Fisheries Research Center; Yoshioka 1124-1, Toyama, Toyama 939-8153, Japan. ³National Institute for Agro-Environmental Sciences; 3-1-3 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-0856, Japan. ⁴National Agriculture and Bio-oriented Research Organization National Agricultural Research Center, Hokuriku Research Center; Inada 1-2-1, Joetsu, Niigata 943-0193, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 53: 53-56 (2009)

Abstract: Pupae of the bean webworm, *Pleuroptya ruralis*, were collected from soybean fields in Toyama and Niigata, and the sex pheromone glands were removed from 24 virgin females that emerged from the pupae. The extract from sex pheromone glands was analyzed by GC-EAD and GC-MS, and then (E)- and (Z)-10-hexadecenal were realized as candidates of the sex pheromones. Forty-five feral males were captured with a white sticky trap baited with an 84:16 mixture of (E)- and (Z)-10-hexadecenal from 14 to 29 July 2005 in Toyama. These results suggest that the mixture of aldehydes is a sex attractant of the bean webworm.

Key words: Trap; monitoring; sex pheromone; *Pleuroptya ruralis*

ウコンノメイガ *Pleuroptya ruralis* は、日本列島を含む極東地域および東南アジアからインド、ヨーロッパにかけて分布し、日本ではダイズ *Glycine max* の葉を加害する害虫である（成瀬・新田，1985）。富山県では、9月から翌年の6月にかけてアカソ *Boehmeria sylvestris* やカラムシ *Boehmeria nivea* 等のイラクサ科植物で過す越冬世代と、7月から8月にかけて幼虫がダイズを加害する夏世代の年2回の発生がある（成瀬・新田，1987；青木，2008）。

越冬世代は羽化後、夏場も生育が旺盛なイラクサ科植物に産卵することなく、大部分がダイズ圃場に飛来すると考えられている（成瀬・新田，1987；青木，2008）。この侵入時期を見誤り防除が遅れると、ほぼ全てのダイズ小葉に葉巻が形成され、葉脈のみを残して食い尽くされるほどの激しい被害となる（青木，2008）。幼虫は子実そのものを加害しないが、子実肥大期に株当りの被害葉率が80%を超えると、子実粒の減少と屑粒の増加を招き収量が半減する（樋口，2005）。そのため、発生予察による防除適期の把握が本種の防除には重要となる。

害虫の発生予察にはライトトラップが広く利用されている。しかし、ウコンノメイガ成虫は、60 W 白熱灯に飛来するものの誘殺数が少なく、特に発生予察上重要である7月の消長が不明瞭であり（成瀬・新田，1985）、ライトトラップは発生予察資材として不適と考えられている。成瀬・新田（1985）は、本種のモニタリング法として、ダイズ圃場中の成虫を直接カウントする「成虫たたき出し調査」を確立した。この方法は、草冠部を棒で軽く叩きながら圃場を歩きまわるといった調査であり、予察精度が高い点で優れているが、労力という点で問題が残る。

数多くの蛾類において、性フェロモンや性誘引物質が明らかにされ（El-Sayed, A. M., <http://www.pherobase.com/>）、国内だけでも27種の鱗翅目害虫のフェロモンが発生予察資材として販売されている（日本植物防疫協会，<http://www.sp.jppa.or.jp/shuppan/yosokuzai.html>）。フェロモントラップは、取扱いや調査が簡便なため、予察灯にかわって発生予察に利用されるケースが増えている（望月，1992）。しかし、*Pleuroptya* 属に限れば、ホソミスジノメイガ *Pleuroptya choropahanta* の性誘引物質が明らかになっているに過ぎず（本田・木村，2004）、ウコンノメイガの性フェロモンおよび性誘引物質に関する知見は皆無である。

ウコンノメイガによる被害が多い北陸地方では、本種の被害を恐れて予防的に不要な殺虫剤が撒布されているケースが散見される。簡便なモニタリング方法により、要防除水準や防除適期を誰でも策定できれば、このような現状を変えることが可能となろう。本研究では、その第一段階として、本種の性フェロモンの同定を試みた。

本文に入るに先立ち、実験に使用した虫を同定して頂いた農業環境技術研究所昆虫分類研究室の安田耕司博士に厚く御礼申し上げます。

材料および方法

供飼虫とフェロモン抽出

2004年8月、富山県農業技術センター（現 富山県農林水産総

日本応用動物昆虫学会誌（応動昆）第53巻 第2号：53-56 (2009)

<http://odokon.org/>

* E-mail: mochizuki_f@shinetsu.jp

† 現在 富山県高岡農林振興センター

†† Present address: Takaoka Agriculture Forestry Promotion Center, Takaoka, Toyama 933-0806, Japan.

2008年9月11日受領 (Received 11 September 2008)

2008年11月16日登載決定 (Accepted 16 November 2008)

DOI: 10.1303/jjaez.2009.53

第1図 ウコンノメイガの雌フェロモン腺抽出液に対する GC-EAD チャート

EAD: 雄成虫の触角を利用した電気生理的検出器 (electro-antennographic detector), TCD: thermal conductivity detector. ↓: 再現性が認められた雄触角の反応。

合技術センター、富山県富山市) および北陸研究センター (新潟県上越市) のダイズ圃場から蛹を採集した。それらは、雌雄に分別した後、恒温室 (20°C, 15L9D) で飼育した。羽化個体は、水で湿らせた脱脂綿とともに雌雄別にシール容器 (直径 15 cm, 高さ 9 cm) に移し、同じ条件に置いた。

消灯後 5 時間から 6 時間に、2 日齢から 5 日齢の雌成虫を二酸化炭素で麻酔した後、性フェロモン腺を含む腹部末端を摘出し、それらをまとめて 100 マイクロリットルの *n*-ヘキサンに浸漬した。冷蔵庫で約 24 時間抽出した後、組織片をろ過し、これをウコンノメイガフェロモン腺抽出液とした。抽出液は、計 24 頭の雌より得た。

ガスクロマトグラフ-触角電位検出器 (GC-EAD)

抽出液は極性キャピラリーカラム (TC-FFAP, 長さ 30 m, 内径 0.25 mm, 膜厚 0.25 μ m; GL サイエンス社) を用いたガスクロマトグラフ装置 (gas chromatography, GC; アジレント社製, 型番 5890) により分析した。ガスクロマトグラフ装置には、TCD 検出器 (thermal conductivity detector) と性フェロモン成分を検出できるウコンノメイガの雄成虫の触角を利用した電気生理的検出器 (electro-antennographic detector, EAD) を設置した (Struble and Arn, 1984)。カラムオープン内の温度は、初期温度 60°C (1 分間保持) から毎分 7°C ずつ 220°C まで昇温させた。ヘリウムをキャリアガスとして使用し、カラム入口圧 0.1 MPa, 注入口の温度を 210°C とし、スプリットレスモードにより試料注入を行った。

合成性フェロモンに対する EAD 反応を調べる際は、カラムオープン内の温度を 200°C 一定に保った。

ガスクロマトグラフ質量分析計 (GC-MS)

日本電子社製の質量分析計 (SX102) を使用した。ガスクロマトグラフ (アジレント社製, 型番 5890) には、上述と同型のキャピラリーカラムを装着し、カラムオープン内の温度を含む諸条件は既述と同条件とした。イオン化電圧 70 eV により、電子衝撃イオン化モードで測定した。

化合物と誘引源

(E)-10-hexadecenal (E10-16:Ald), および, (Z)-10-hexadecenal (Z10-16:Ald) は、信越化学工業 (株) が合成し、純度を 99% 以上に精製したものをを用いた。そして、目的により適切な濃度に *n*-ヘキサンで希釈して使用した。

長さ 18.3 mm 外径 8.7 mm の灰色ゴムキャップ (ウェスト社, シンガポール) に、E10-16:Ald と Z10-16:Ald の 84:16 混合液 1 mg を含浸させ誘引源とした。酸化防止剤として 2% のブチルヒドロキソトルエンを添加した。

野外誘引試験

野外試験では、蛾類の誘引試験に通常用いられる白色の粘着式トラップ (SE トラップ, サンケイ化学製) (望月, 1992) に加え、同形で緑色の粘着式トラップ (SE トラップ, サンケイ化学製) を併用した。これら二色のトラップを各 1 個、常法通りに粘着板を上向きに設置、あるいは、常法とは異なり粘着板を下向きに設置し、計 4 トラップ間でウコンノメイガ捕獲数を比較した。これは、ウコンノメイガ成虫が濃い葉色を示す圃場で顕著に集中する (成瀬, 2000) こと、飛翔後は必ず葉の裏側にとまる (成瀬・新田, 1985) ことを考慮したためである。2005 年 7 月 13 日、これら 4 種のトラップを、富山県農業技術センター (現 富山県農林水産総合技術センター) のダイズ圃場 (品種エンレイ, 播種日 2005 年 5 月 25 日) の四隅に約 60 cm の高さに設置した。なお、トラップの設置高 60 cm は、試験開始日のダイズ株草冠高である。トラップ間の距離は 16~50 m であった。各トラップに誘殺された雄数を毎日記録し、記録後、トラップ位置をローテーションした。4 日間で一巡した後、粘着板を交換した。7 月 22 日から 4 日間は都合により野外トラップを中断した。その後、粘着板とともに誘引源も新しいものに交換して試験を再開した。

結果と考察

約 2 雌等量のウコンノメイガの性フェロモン腺抽出液を、GC-EAD にて分析したチャートを第 1 図に示した。TCD で検出された幾つかのピークのなかで、保持時間 21.87 分のピークにウコンノメイガの雄触角が明瞭に反応した。触角を取り替え、7 回の反復を行ったが、いずれも同じ保持時間に溶出した成分に雄触角が反応し、再現性が確認された。その際の電位変化の平均値 ($\pm$ 標準誤差) は、 0.71 ± 0.14 mV ($n=7$) であった。

次に、GC-MS で抽出液を分析したところ、第 1 図のチャート上はひとつに見えた TCD のピークが、*m/z* 220 の SIM (selected ion monitoring) によって二つに分離した。それぞれを溶出順に Peak A と Peak B とした。これらのマスペクトルを第 2 図①および第 2

第2図 ウコンノメイガ雌フェロモン腺抽出液中に存在した Peak A (①) および Peak B (②), そして, 合成品 (*E*)-10-hexadecenal (③) と (*Z*)-10-hexadecenal (④) のマススペクトルパターン
R.T.: ガスクロマトグラムの保持時間.

図②に示した. Peak A には, M-18 と M^+ として m/z 220 と m/z 238 が, また, Peak B にも m/z 220 が認められた. これに加え, 全体のマススペクトルパターンから, これら二成分は, 二重結合を一つ持つ炭素数 16 のアルデヒドの可能性が考えられた.

ウコンノメイガと同属のホソミスジノメイガの性誘引物質が, E10-16:Ald と報告されている (本田・木村, 2004). 蛾類の場合, 同属のフェロモン組成は共通するケースが多い (El-Sayed, A. M., <http://www.pherobase.com/>). そこで, 99% 以上に精製した E10-16:Ald, および, その幾何異性体 Z10-16:Ald を, 同じ条件で GC-MS にて分析した (第2図③, 第2図④). E10-16:Ald のマススペクトルパターンは, Peak A に酷似していた. また, 両者の保持時間は, 18.54 分 (Peak A) と, 18.56 分 (合成 E10-16:Ald) と近い値となった. Peak B からは十分なマススペクトルパターンは得られなかったが, 保持時間 18.61 分は, 合成 Z10-16:Ald と一致した. 以上の結果から, Peak A と B は, それぞれ E10-16:Ald と Z10-16:Ald と推定された. また, 抽出液中の両者の割合は 84:16 であることが分かった.

次に, 合成品に対する雄触角の反応を GC-EAD 装置により調べた. 約 10 ng の E10-16:Ald と Z10-16:Ald に対して雄触角は明瞭な反応を示し, その際の電位変化の平均値 ($\pm$ 標準誤差) は, それぞれ 0.97 ± 0.13 mV ($n=12$) と 0.43 ± 0.10 mV ($n=8$) であった. *F* 検

定をおこなったところ, *E* 体に対する雄の反応は *Z* 体に対するものよりも有意に大きく ($p < 0.01$), 雄にとって E10-16:Ald がより重要な成分であることが示唆された.

E10-16:Ald と Z10-16:Ald を 84:16 に混合し, その混合物 1 mg をゴムキャップに含浸させた誘引源に対する反応をダイズ圃場で調べたところ (第1表), 粘着面を下に向けたトラップには全く誘殺されなかったが, 通常的使用方法では, 12 日間の総計で, 白色に 45 頭, 緑色に 12 頭のウコンノメイガ雄成虫が誘殺された. 4 箇所のトラップ位置ごとの総誘殺数は, 16 頭, 32 頭, 1 頭, 8 頭と, 偏りが認められた (第1表). 偏りの原因は不明であるが, ローテーションの効果により上記結果には影響しない.

以上述べた, 機器分析, GC-EAD および野外誘引試験の結果から, E10-16:Ald と Z10-16:Ald の 84:16 混合物は, ウコンノメイガの性フェロモンの可能性が高く, 少なくとも性誘引物質として活性を持つことが示された.

本野外試験では, モモノゴマダラノメイガ *Conogethes punctiferalis* が緑色と白色トラップに 1 頭ずつ捕獲されている (第1表). また, 別の試験では, マツノゴマダラノメイガ *Conogethes pinicolalis* が捕獲され, 使用時期によってはウコンノメイガの誘殺数より多いことがあった (樋口・望月, 未発表). マツノゴマダラノメイガの性フェロモンは未同定であるが, モモノゴマダラノメイガ

第1表 白色と緑色のSEトラップの粘着面を上下に設置した際の、(E)-10-hexadecenal と (Z)-10-hexadecenal の84:16混合物 1mg におけるウコンノメイガ雄成虫の誘殺数（ダイズ圃場，2005年7月13日から7月29日，富山県農業技術センター（現 富山県農林水産総合技術センター））

トラップの種類		誘殺数					誘殺数					誘殺数					総計
色	粘着面	7/14	7/15	7/16	7/17	合計	7/18	7/19	7/20	7/21	合計	7/26	7/27	7/28	7/29	合計	
白	上	1 (A)	0 (D)	0 (C)	4 (B)	5	1 (A)	0 (D)	0 (C)	0 (B)	1	12 (A)	1 (D)	0 (C)	26 (B)	39 ^a	45
白	下	0 (B)	0 (A)	0 (D)	0 (C)	0	0 (B)	0 (A)	0 (D)	0 (C)	0	0 (B)	0 (A)	0 (D)	0 (C)	0	0
緑	上	1 (C)	0 (B)	0 (A)	2 (D)	3	0 (C)	1 (B)	2 (A)	2 (D)	5	0 (C)	1 (B)	0 (A)	3 (D)	4 ^a	12
緑	下	0 (D)	0 (C)	0 (B)	0 (A)	0	0 (D)	0 (C)	0 (B)	0 (A)	0	0 (D)	0 (C)	0 (B)	0 (A)	0	0

() はトラップのローテーション。

アルファベットが同じ場合，同一のトラップ位置を示す。

場所における誘殺総数は，(A) 16 頭，(B) 32 頭，(C) 1 頭，(D) 8 頭であった。

^a 7/29 にモモノゴマダラノメイガが1頭捕獲された。

の性フェロモン成分はE10-16:AldとZ10-16:Aldの混合物であり(Konno et al, 1982)，これが本試験のトラップに混入した原因と考えられる。混入した両種の斑紋は，ウコンノメイガとは全く異なり識別は容易である。しかし，鱗粉が剥げてしまうほど長く粘着板に放置すると，体や翅の形状が似ているので，区別が難しくなる。モモノ園やクリ園，または松林が近くに無いダイズ圃場でもトラップされており，今後，モニタリング資料として検討する際には留意すべき事項であろう。

ウコンノメイガの成虫は，飛翔後必ず葉裏にとまる行動が観察されているが(成瀬・新田，1985)，第1表に示した通り，粘着面を下に向けたトラップには誘殺されなかった。昼間に葉裏に隠れる行動は，おそらく捕食天敵からの逃避であり，フェロモンへの定位行動はこれとは異なると考えられる。また，ウコンノメイガ成虫が葉色の濃い圃場に集まる傾向を踏まえ(成瀬，2000)，蛾類で常用する白色トラップに加え緑色を試したが，12日間の総誘殺数は白色の約1/4であり，緑色の優位性は認められなかった。以上の結果から，発生予察に利用する際には，白色の粘着式トラップを通常の使い方を用いれば良いと考えられた。

富山県では，越冬世代成虫の飛来が7月上旬から確認され7月20日ごろにピークとなる(青木，2008)。しかし，今回の性誘引物質を用いたトラップにおける7月14日から7月21日までの日当たり誘殺数は0頭～4頭と少なく，7月26日以降，誘殺引数が急増した(第1表)。ウコンノメイガの被害を予測する際，侵入して間もない時期のデータにより要防除の診断が可能となることが望ましく，侵入後しばらく経ってからでは防除適期を逃してしまう恐れがある。実際，トラップのピーク時期には，すでに幼虫の被

害が散見されており，殺虫剤散布にはぎりぎりのタイミングであった。トラップを設置してから8日間も誘殺数が少なかった原因は不明であるが，今後は，本種の生態を含めてこの原因を追究し，さらに，トラップの設置方法なども検討し，発生予察に使用可能な資料を提供する予定である。

引用文献

- 青木由美 (2008) 植物防疫 62: 453–456. [Aoki, Y. (2008) *Plant Prot.* 62: 453–456.]
- 樋口博也 (2005) 応動昆 49: 259–261. [Higuchi, H. (2005) *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 49: 259–261.]
- 本田 洋・木村貴好 (2004) 応動昆 48: 57–60. [Honda, H. and T. Kimura (2004) *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 48: 57–60.]
- Konno, Y., K. Arai, K. Sekiguchi and Y. Matsumoto (1982) *Appl. Entomol. Zool.* 17: 207–217.
- 望月文昭 (1992) 植物防疫 46: 17–23. [Mochizuki, F. (1992) *Plant Prot.* 46: 17–23.]
- 成瀬博行 (2000) 富山県農技セ研報 19: 31–40. [Naruse, H. (2000) *Bull. Toyama Agric. Res. Ctr.* 19: 31–40.]
- 成瀬博行・新田 朗 (1985) 富山県農試研報 16: 27–33. [Naruse, H. and A. Nitta (1985) *Bull. Toyama Agric. Exp. Stn.* 16: 27–33.]
- 成瀬博行・新田 朗 (1987) 富山県農技セ研報 1: 8–16. [Naruse, H. and A. Nitta (1985) *Bull. Toyama Agric. Res. Ctr.* 1: 8–16.]
- Struble, D. L. and H. Arn (1984) In *Techniques in Pheromone Research: Combined Gas Chromatography and Electroantennogram Recording of Insect Olfactory Responses* (H. E. Hummel and T. A. Miller, eds.). Springer-Verlag, Tokyo, pp. 161–178.