



Semiokimia dan volatil lain pada *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae) yang memangsa *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) pada tanaman cabai

Semiochemicals and other volatiles on *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius) (Coleoptera: Coccinellidae) that prey on *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) on chili plants

Siska Efendi^{1,2*}, Dadang³, I Wayan Winasa³, Ali Nurmansyah³

¹Program Studi Entomologi, Fakultas Pertanian, IPB University
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

²Departemen Budi Daya Tanaman Perkebunan, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas
Kampus III Dharmasraya, Padang 27573, Indonesia

³Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB University
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

(diterima Januari 2024, disetujui Juni 2024)

ABSTRAK

Cheilomenes sexmaculata (Fabricius) merupakan serangga musuh alami potensial kutudaun. Aspek ekologi dan biologi predator tersebut telah banyak dikaji, namun aspek fisiologi khususnya feromon dan semiokimia lain belum banyak dikaji. Secara alami interaksi interspesifik dan intraspesifik *C. sexmaculata* melibatkan berbagai semiokimia. Informasi tentang semiokimia *C. sexmaculata* khususnya feromon seks, jejak, pertahanan, dan agregasi serta semiokimia lain masih terbatas di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi semiokimia yang dihasilkan imago betina *C. sexmaculata*. Pemerangkapan volatil *C. sexmaculata* menggunakan metode *headspace solid-phase micro extraction* (SPME). Identifikasi dan kuantifikasi masing-masing senyawa volatil dianalisis dengan *chromatography-mass spectrometry* (GC-MS). Sebanyak 47 senyawa volatil teridentifikasi yang sebagian besar senyawa tersebut termasuk golongan hidrokarbon. *Methyl isovalerate* merupakan senyawa dengan proporsi tertinggi, yakni 31,43%. Beberapa senyawa yang teridentifikasi diketahui sebagai komponen feromon *C. sexmaculata*, yakni *methyl isovalerate*, *limonene*, *undecane*, *dodecane*, dan *eicosane*. Senyawa tersebut dilaporkan sebagai komponen penyusun feromon seks, agregasi, dan tanda bahaya. *Limonene* yang teridentifikasi pada penelitian ini sebelumnya juga dilaporkan pada beberapa spesies Coccinellidae sebagai komponen feromon agregasi.

Kata kunci: feromon, kutudaun, *limonene*, *methyl isovalerate*

ABSTRACT

Cheilomenes sexmaculata (Fabricius) is a potential natural enemy of aphids. Various aspects of the ecology and biology of this predator have been studied; however, there is still limited information on its physiology, particularly regarding pheromones and other semivolatiles. Naturally, intraspecific and interspecific interactions of *C. sexmaculata* involve a variety of semiochemicals. The information on the semiochemicals of *C. sexmaculata*, particularly its sex pheromones, footprints, defense mechanisms, aggregation, and other semivolatile characteristics, is still limited in Indonesia. This research was aimed to identify the semiochemical produced by the female of *C. sexmaculata*. The volatile compounds emitted by *C. sexmaculata* were captured using the headspace solid-phase micro

*Penulis korespondensi: Siska Efendi. Program Studi Entomologi, Fakultas Pertanian, IPB University
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia, Tel: (0251) 8629364, Email: siskaefendi@apps.ipb.ac.id

extraction (SPME) method. The identification and quantification of each volatile compound were analyzed using gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). A total of 47 volatile compounds was identified among the semivolatiles. The identified volatiles comprise 47 compounds, mainly from the hydrocarbon compounds. Methyl isovalerate was the compound with the highest proportion, namely 31.43%. Several compounds identified were known to be components of the *C. sexmaculata* pheromone, namely methyl isovalerate, limonene, undecane, dodecane, and eicosane. These compounds were reported as components of sex pheromones, aggregation, and alarm. The limonene identified in this experiment was also previously reported in several Coccinellidae as a component of aggregation pheromone.

Key words: apids, limonene, methyl isovalerate, pheromones

PENDAHULUAN

Coccinellidae secara alami mengemisikan semiokimia untuk berbagai aktifitas ekologi dan biologi. Menurut Hemptinne & Dixon (2000) semiokimia pada Coccinellidae memiliki peran penting pada interaksi sejenis, heterospesifik, dan mangsa. Sebagian besar aktifitas ekologi dan perilaku Coccinellidae terutama pencarian mangsa, kopulasi awal, pencarian pasangan, oviposisi, dan pencegahan oviposisi melibatkan berbagai semiokimia (Omkar & Pervez 2016). Selain itu, menurut Laurent et al. (2004) peran semiokimia berhubungan dengan serangan dan pertahanan. Semiokimia yang diemisikan oleh Coccinellidae untuk memfasilitasi berbagai aktifitas tersebut terdiri atas feromon pertahanan, feromon agregasi, *oviposition-detering pheromone* (ODP), feromon jejak, dan feromon seks. Coccinellidae men-sekresikan feromon seks dan agregasi yang bersifat atraktan terhadap jenisnya sendiri. Verheggen et al. (2020) melaporkan betina *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) menghasilkan feromon seks untuk menarik perhatian pejantan. Coccinellidae betina mengeluarkan feromon seks dalam bentuk campuran senyawa volatil. Fassotte et al. (2014) melaporkan lima jenis senyawa yang merupakan feromon seks *H. axyridis*, yakni (–)- β -caryophyllen, β -elemen, metil eugenol, α -humulen, dan α -bulnesen. (–)- β -caryophyllen juga dilaporkan sebagai komponen utama feromon agregasi untuk melewati musim dingin (Brown et al. 2006). Hal yang menarik, menurut Verheggen et al. (2020) betina Coccinellidae memulai produksi feromon setelah terpapar isyarat volatil yang dikeluarkan oleh kutudaun mangsanya. Betina terus melepaskan feromon seks setelah kawin, mungkin untuk meningkatkan kemungkinan kawin ganda yang diketahui dapat meningkatkan kesuburan telur.

Coccinellidae juga mengemisikan semiokimia untuk pertahanan. Ketika terjadi gangguan, Coccinellidae melepaskan tetesan kecil hemolimfa dari sendi tibio-femoral tungkainya (Laurent et al. 2004). Menurut Hemptinne & Dixon (2000) tetesan tersebut rasanya pahit, seringkali berbau tajam, beracun bagi burung dan dapat mengusir semut. Senyawa tersebut diketahui sebagai alkaloid yang bersifat penolak dan rasanya pahit. Menurut Daloze et al. (1994) 50 alkaloid telah diidentifikasi dari 43 spesies Coccinellidae sebagai senyawa pertahanan. Steele et al. (2023) melaporkan *Adalia bipunctata* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) mengemisikan senyawa adalin dan adalinin sebagai senyawa pertahanan. Selain itu, menurut Laurent et al. (2002a) *A. bipunctata* juga mengemisikan senyawa coccinelline sebagai pertahanan. Senyawa tersebut juga diemisikan spesies Coccinellidae lain, yakni *Coccinella septempunctata* Linnaeus. Menurut Laurent et al. (2002a) *C. septempunctata* mengemisikan senyawa pertahanan *coccinelline*, *precoccinelline*, dan *myrrhine*. Laurent et al. (2002b) melaporkan *Chilocorus renipustulatus* (Scriba) mengemisikan senyawa *chilocorine* D sebagai pertahanan. Lebrun et al. (1997) menemukan senyawa *2-dehydrococcinelline* sebagai pertahanan pada *Anatis ocellata* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae). Shi et al. (1995) melaporkan *Chilocorus cacti* Linnaeus menghasilkan senyawa *chilocorine* A, *chilocorine* B, dan *chilocorine* C sebagai pertahanan. Menurut Timmermans et al. (1992). *Exochomus quadripustulatus* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) mengemisikan *exochomine* sebagai senyawa pertahanan. Senyawa pertahanan sebagian besar disintesis secara autogenous, pada beberapa kondisi senyawa pertahanan didapat dari mangsa.

Semiokimia berikutnya yang dipencarkan Coccinellidae, yakni *oviposition-detering pheromone* (ODP) berupa feromon jejak. ODP

merupakan semiokimia yang dipencarkan penyerang yang menghalangi imago betina Coccinellidae bertelur di suatu tempat (Růžicka 2003). Hal tersebut sebagai bagian dari strategi imago betina untuk melindungi keturunannya dari musuh. Menurut Kindlmann & Dixon (1993) betina mencari tempat bertelur yang paling sesuai yang dapat mendukung keturunannya. Menurut Magro et al. (2007) jejak larva sebagian besar terdiri atas alkana. Seperti yang dilaporkan Hemptinne et al. (2001), feromon pencegah oviposisi terdiri atas campuran alkana dengan *n-pentacosane* sebagai komponen utamanya (15,1%). Lebih lanjut menurut Hemptinne et al. (2001) alkana tersebut cenderung menyebar dengan mudah pada kutikula hidrofobik tanaman sehingga meninggalkan sinyal yang besar. Selain itu, alkana tidak cepat teroksidasi sehingga memberikan sinyal yang tahan lama.

Coccinellidae merupakan predator penting kutudaun dan dapat dimanfaatkan lebih efektif sebagai agens pengendali hayati. Beberapa semiokimia yang diemisikan Coccinellidae dapat digunakan untuk tujuan tersebut (Pickett et al. 1992), seperti feromon seks yang dihasilkan beberapa spesies Coccinellidae memiliki potensi dalam pengembangan metode pengendalian hayati yang lebih spesifik dan efisien yang ditujukan untuk memanipulasi perilaku kumbang tersebut. Pemanfaatan senyawa tersebut untuk memanipulasi pergerakan Coccinellidae di lapangan. Selain itu, feromon agregasi mungkin berguna dalam meningkatkan waktu retensi musuh alami di suatu area, serta menarik populasi alami dari habitat yang berdekatan. Hanya saja, informasi tentang semiokimia yang dihasilkan Coccinellidae masih terbatas di Indonesia, termasuk *C. sexmaculata*. Padahal spesies tersebut merupakan predator yang potensial sebagai agens pengendali hayati kutudaun (Efendi et al. 2017; Efendi 2023). Beberapa semiokimia yang telah diidentifikasi dari *C. sexmaculata*, antara lain *coccinelline* dan *precoccinelline* sebagai allomon yang berfungsi sebagai senyawa pertahanan (Tursch et al. 1975). *C. sexmaculata* juga diketahui menghasilkan senyawa (*Z*)-12-pentacosen yang berfungsi sebagai feromon pencegah oviposisi (Klewer et al. 2007). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi semiokimia spesifik *C. sexmaculata*, seperti feromon seks, agregasi, dan volatil lain. Penelitian tersebut akan memberikan

pemahaman lebih dalam mengenai komunikasi kimia dan perilaku *C. sexmaculata*, serta dapat membantu dalam pengembangan metode pengendalian hayati yang lebih efektif. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi semiokimia yang diemisikan imago betina *C. sexmaculata* yang berasal dari tanaman cabai dengan mangsa *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae).

BAHAN DAN METODE

Perbanyakkan *C. sexmaculata*

Persiapan tanaman cabai, perbanyakkan *A. gossypii*, dan perbanyakkan *C. sexmaculata* dilakukan di rumah kaca Departemen Proteksi Tanaman, IPB Cikabayan. *C. sexmaculata* dikumpulkan dari pertanaman cabai yang terdapat di Kecamatan Dramaga, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. Imago tersebut dipelihara dalam kurungan serangga (100 cm x 100 cm x 100 cm) yang terbuat dari pipa PVC AW 1/2 inci yang ditutup menggunakan kain organdi. Pada masing-masing kurungan ditempatkan 6 *polybag* tanaman cabai yang sudah diinfestasi *A. gossypii*. Pada kurungan tersebut dipelihara 12 pasang *C. sexmaculata*. Telur yang dihasilkan imago betina dikoleksi setiap hari, dengan cara memotong sebagian daun tempat telur diletakkan. Telur tersebut dipindahkan ke dalam wadah penetasan. Telur yang sudah dikoleksi akan menetas 2–4 hari setelah diletakkan. Larva instar I yang baru menetas dipindahkan ke tempat pemeliharaan berupa botol plastik (diameter 10 cm dan tinggi 15 cm). Selama pemeliharaan larva diberi mangsa *A. gossypii* yang jumlah mangsanya disesuaikan dengan fase perkembangan *C. sexmaculata*. Larva instar I dan II diberikan mangsa sebanyak 20 individu/hari dan larva instar III dan IV sebanyak 50 individu/hari. Larva yang sudah menjadi pupa dipindahkan ke dalam botol plastik baru sampai imago muncul.

Pemerangkapan volatil *C. sexmaculata*

Pemerangkapan senyawa volatil dan analisis *chromatography-mass spectrometry* (GC-MS) dilakukan di Laboratorium Flavor, Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Padi, Kecamatan Ciasem, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Pemerangkapan senyawa volatil *C. sexmaculata*

mengacu pada metode Brown et al. (2006) dan Fassotte et al. (2014) yang dimodifikasi. Pemerangkapan dilakukan dengan dua seri percobaan, yakni pemerangkapan pada imago betina dan jantan serta imago betina tanpa jantan. Imago jantan dan betina yang digunakan pada percobaan ini berumur 7 hari. Pemerangkapan volatil seri satu menggunakan 8 pasang imago dan 10 individu imago betina untuk seri kedua. Masing-masing serangga uji dimasukkan ke dalam botol *polyethylene terephthalate* (PET) dengan tutup berulir. Serangga uji diisolasi dalam botol PET tersebut selama 6 jam sebelum pemerangkapan dilakukan. Sebelum pemerangkapan dilakukan, tutup botol PET diganti dengan tutup baru yang sudah dilubangi sesuai dengan diameter *septum piercing needle solid-phase micro extraction* (SPME). *Holder* SPME dipasang pada tutup botol plastik PET. *Holder* tersebut kemudian dijempit pada statif SPME. *Plunger holder* SPME ditekan sampai *septum piercing needle* SPME masuk ke dalam ruang bagian atas botol plastik PET. *Plunger holder* SPME kembali ditekan sampai *fiber attachment needle* SPME muncul dari ujung *septum piercing needle* SPME. Fiber SPME tidak boleh bersentuhan *C. sexmaculata*. Pada saat pemerangkapan *C. sexmaculata* dalam keadaan hidup dan berkumpul pada bagian tutup botol plastik PET. Fiber SPME akan menyerap senyawa volatil yang dihasilkan *C. sexmaculata*. Fiber SPME yang digunakan dalam penelitian ini, yakni Supelco. Pemerangkapan senyawa volatil berlangsung selama 30 menit. Fiber SPME yang sudah berisi semiokimia *C. sexmaculata* langsung diinjeksikan ke GC-MS. Percobaan seri kedua dilakukan dengan metode yang sama dengan seri pertama. Pemerangkapan dilakukan pada suhu 24 °C dan kelembapan 42%. Pemerangkapan volatil kontrol menggunakan botol PET yang sama digunakan pada percobaan sebelumnya, namun tanpa serangga uji atau botol kosong.

Semua senyawa yang teridentifikasi dari percobaan seri 1 dianggap diemisikan imago betina. Senyawa juga dibandingkan dengan senyawa yang diemisikan imago jantan pada percobaan seri 2. Jika terdapat senyawa yang sama dianggap senyawa tersebut diemisikan imago jantan. Desain percobaan tersebut untuk memastikan senyawa yang teridentifikasi diemisikan imago betina. Penggunaan imago jantan pada percobaan seri 1

bertujuan untuk memicu betina mengemisikan feromon seks. Target pemerangkapan semiokimia yang dilakukan adalah mengidentifikasi feromon seks dan agregasi yang diemisikan *C. sexmaculata*. Walaupun terdapat kemungkinan imago jantan dan betina mengemisikan senyawa yang sama, akan tetapi metode ini lebih banyak digunakan.

Identifikasi dan kuantifikasi senyawa volatil

Identifikasi dan kuantifikasi senyawa volatil *C. sexmaculata* dianalisis dengan *chromatography-mass spectrometry* (GC-MS). Fiber SPME masing-masing perlakuan diinjeksikan ke perangkat GC-MS (GC 789A, MS 5975C inert XL EI/CI MSD Agilent Technologies Inc., Santa Clara, USA). Setelah diinjeksikan perangkat SPME dibiarkan selama 15 menit untuk melepaskan semua senyawa volatil yang terdapat di dalam fiber ke kolom. Analit dipisahkan dengan menggunakan kolom kapiler DB-5 MS (5% difenil, panjang kolom 30 m x 0,25 mm I.D; ketebalan lapisan film 0,25 mm). Kondisi operasi adalah *splitless*, injektor pada 240 °C dengan gas pembawa helium pada laju aliran konstan 0,8 ml/menit. Selanjutnya waktu *running sample* selama 29,167 menit. Pengaturan suhu oven dimulai pada 40 °C, kemudian dinaikkan 6 °C/menit hingga 155 °C, kemudian dinaikkan 25 °C/menit hingga 280 °C, dan ditahan pada suhu tersebut selama 5 menit. Spektrum massa direkam pada mode tumbukan elektron 70 eV (sumber pada 200 °C, jalur transfer pada 250 °C) dan rentang massa yang dipintai 29 hingga 550 m/z. Puncak yang terdeteksi diidentifikasi dari data retensinya, dengan membandingkan spektrum massa yang diperoleh dengan pustaka spektral NIST 14. Indeks retensi ditentukan dengan menggunakan waktu retensi standar n-alkana (dari C₉ ke C₄₀, 10 µg/ml dalam n-heksana), dan dibandingkan dengan nilai literatur.

HASIL

Senyawa volatil imago betina *C. sexmaculata*

Total senyawa volatil yang teridentifikasi pada imago betina *C. sexmaculata* sebanyak 47 senyawa (Tabel 1, Gambar 1). Senyawa yang teridentifikasi terdiri atas kelompok hidrokarbon, ester, aldehida, keton, alkohol, eter, piperazine, amina, dan hidrokarbon aromatik. Sebagian besar

senyawa yang teridentifikasi termasuk kelompok hidrokarbon, yakni 31 senyawa. Senyawa volatil dengan proporsi tertinggi, yakni *methyl isovalerate* (31,43%); *decane* (9,43%); *nonane* (9,35%); *2,3-epoxyhexane, cis* (6,20); *1,3-butanediol* (6,09%); dan *undecane* (6,05%). Senyawa yang teridentifikasi pada percobaan ini sebagian besar memiliki proporsi yang tergolong rendah. Terdapat 29 senyawa dengan proporsi kurang dari 1% (Tabel 1).

Senyawa komponen feromon *C. sexmaculata*

Senyawa yang teridentifikasi sebagai komponen feromon Coccinellidae dan serangga lain sebanyak 5 senyawa. Senyawa yang teridentifikasi sebagai komponen feromon pada Coccinellidae, yakni *methyl isovalerate*, *limonene*, *undecane*, *dodecane*, dan *eicosane* (Tabel 2). Senyawa yang teridentifikasi tersebut memiliki proporsi rendah, yakni *limonene* (0,72%); *dodecane* (0,31); dan *eicosane* (0,19%). Sebaliknya *methyl isovalerate* (31,43%) dan *undecane* (6,05%) memiliki proporsi yang tinggi. Senyawa-senyawa tersebut dilaporkan sebagai komponen feromon seks, alarm, dan agregasi. Hal yang menarik pada hasil penelitian ini bahwa senyawa yang teridentifikasi berbeda dengan semiokimia yang sebelumnya sudah teridentifikasi pada beberapa spesies Coccinellidae, baik sebagai komponen feromon seks, feromon agregasi atau senyawa pertahanan.

PEMBAHASAN

Senyawa yang teridentifikasi pada imago betina *C. sexmaculata* sebagian besar termasuk hidrokarbon. Hal yang sama sebelumnya juga dilaporkan Pattanayak et al. (2015) mengidentifikasi sebanyak 56 hidrokarbon alifatik pada empat spesies Coccinellidae di India. Hidrokarbon pada serangga merupakan kelompok bahan kimia yang paling serbaguna. Secara umum menurut Pattanayak et al. (2014) hidrokarbon berfungsi sebagai lapisan kutikula kedap air dan berfungsi secara luas dalam komunikasi kimia dengan memfasilitasi pengenalan spesies, jenis kelamin, dan koloni. Sebelumnya disampaikan Provost et al. (2008) hidrokarbon memainkan peranan penting sebagai penyusunan kutikula serangga

yang kedap air. Hal yang sama juga dilaporkan Durieux et al. (2012) bahwa hidrokarbon penyusun lipid kutikula. Selain itu, menurut Sonenshine (2004) hidrokarbon membantu dalam komunikasi kimia baik di antara dan di dalam spesies. Khusus pada Coccinellidae menurut Magro et al. (2010) hidrokarbon dilaporkan ditemukan pada *footprints*, dan lipid kutikula. Selain itu hidrokarbon pada Coccinellidae diketahui memengaruhi pencegahan oviposisi (Mishra et al. 2013). Senyawa tersebut juga berfungsi sebagai pengenalan pasangan (Brown et al. 2006). Menurut Durieux et al. (2012) campuran hidrokarbon digunakan *H. axyridis* selama periode agregasi untuk ketertarikan pada situs agregasi dan kohesi agregasi.

Methyl isovalerate merupakan senyawa dengan proporsi tertinggi. Senyawa tersebut banyak dilaporkan dalam komunikasi serangga terutama sebagai feromon seks. Senyawa tersebut terdeteksi pada kelenjer feromon *Abacetus rufipalpis* Chaudoir dan *Agriotes sordidus* (Illiger) (Coleoptera: Elateridae). Mbaluto et al. (2020) melaporkan *methyl isovalerate* ditemukan pada *Drosophila melanogaster* Meigen (Diptera: Drosophilidae), senyawa tersebut berperan sebagai feromon seks. Jirošová et al. (2022) melaporkan *methyl isovalerate* sebagai salah satu senyawa penyusun feromon agregasi *Ips typographus* (Linnaeus) (Coleoptera: Curculionidae). Hanya saja pada imago betina *C. sexmaculata* fungsi senyawa tersebut belum dilaporkan. Senyawa tersebut ditemukan pada imago betina maka diduga senyawa tersebut berperan sebagai komponen feromon seks dan agregasi. Senyawa tersebut teridentifikasi pada percobaan seri 1 (betina+jantan).

Undecane dan *eicosane* diduga sebagai senyawa penyusun komponen feromon seks *C. sexmaculata*. Selama ini, *undecane* diketahui sebagai senyawa penyusun feromon seks pada serangga. Sama dengan *methyl isovalerate*, senyawa *undecane* dan *eicosane* juga teridentifikasi pada percobaan seri 1 (betina+jantan). Walter et al. (1993) melaporkan bahwa *undecane* merupakan feromon seks *Formica lugubris* (Hymenoptera: Formicidae). Naoki et al. (1995) menemukan *undecane* sebagai feromon seks tungau *Caloglyphus rodriguezii* Samsinák (Acarina: Acaridae). Menurut Francke & Schulz

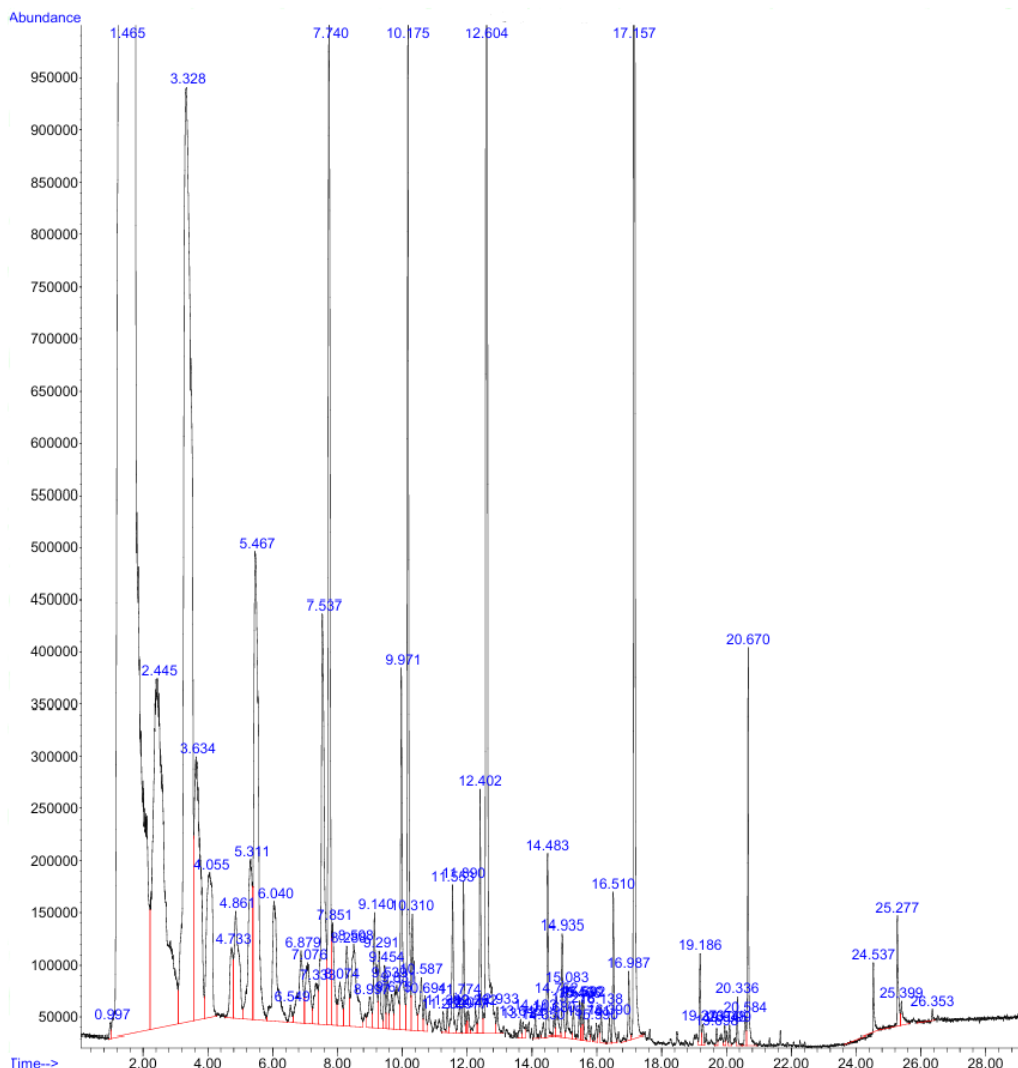
Tabel 1. Senyawa yang teridentifikasi dan luas puncak relatif (%) pada kromatogram GC-MS yang terdeteksi pada imago betina *Cheilomenes sexmaculata*

Table 1. Compounds were identified, and their relative peak areas (%) in the GC-MS chromatogram were detected in the female of *Cheilomenes sexmaculata*.

RT (min) (Retention time (min))	Senyawa (Compound)	Area puncak relatif (%) (Relative peak area (%))
1,792	1,3-Butanediol	6,09
1,913	Butanal, 3-hidroksi	4,51
2,079	Isobutenilkarbinol	3,68
2,846	1,5-Pentanediol	3,26
3,3281	Methyl isovalerat	31,43
3,6313	2,3-Epoksiheksana, cis	6,20
5,3081	1-Nonena	3,14
5,4686	Nonana	9,35
5,894	Anisole	0,21
6,0395	Metil kaproat	2,41
6,5508	Kamfena	0,19
7,074	Nonana, 3-metil-	1,28
7,74	Dekana	9,43
8,073	Bensena, 1,3-dikloro-	0,74
8,478	Limonen	0,72
8,59	n-Butilsiklopentana	0,30
8,666	2-Butiloktanol	0,25
8,9946	E-8-Hidroksilinalol	0,46
9,4524	3-Metildekan	0,44
9,6724	m-Xilena, 2-etil	0,44
9,774	9-Oktadekenal	0,25
9,833	p-Cymen	0,46
9,9697	5-Undecena	2,86
10,1778	Undekana	6,05
10,221	Oktana, 5-etil-2-metil-	0,43
10,361	Undekana, 2,8-dimetil-	0,56
11,26	5-Etildekana	0,14
11,3908	Dekana, 4-etil-	0,17
11,7714	Dodekana	0,31
11,9795	Isovaleraldehida	0,13
12,728	3-Oktena, (E)-	0,26
12,9308	1-Dekanol, 2-etil-	0,23
13,6443	Heptana, 2,4-dimetil-	0,13
13,7216	3-Piperidinol	0,13
14,1022	Undekana, 2,4-dimetil-	0,14
14,7503	3-Tetradecena, (Z)-	0,38
15,0833	2-Undekena, 4-metil-	0,38
15,5292	3-Etil-3-metilheptana	0,21
19,186	Dekana, 2,3,6-trimetil-	0,50
19,2752	Undekana, 2,6-dimetil-	0,15
19,369	Piperazina, 2-metil-	0,06
19,6973	2-Propilheptanol	0,09
20,1017	Undekana, 2,7-dimetil-	0,10
20,5833	Metil 8-metil-nonanoat	0,21
24,5374	Eikosana	0,19
25,2747	1-Nonadekena	0,68
25,3995	2-Etilakridin	0,26

Tabel 2. Fungsi senyawa yang teridentifikasi pada imago betina *Cheilomenes sexmaculata*
Table 2. Functions of the identified compounds in the female of *Cheilomenes sexmaculata*

Senyawa (Compound)	Sumber dari serangga lain (Sources from other insects)	Fungsi (Functions)	Pustaka (References)
<i>Methyl isovalerat</i>	<i>Abacetus rufipalpis</i> ; <i>Abacetus sordidus</i> ; <i>Drosophila melanogaster</i> ; <i>Ips typographus</i>	Feromon seks, feromon agregasi	Mbaluto et al. (2020); Jirošová et al. (2022)
<i>Limonene</i>	<i>H. axyridis</i>	Kairomon, feromon agregasi	Alhmedi et al. (2010)
<i>Undecane</i>	<i>Formica lugubris</i> ; <i>Caloglyphus rodriguezii</i> ; <i>Camponotus pennsylvanicus</i> ; <i>Blatella craniifer</i>	Feromon seks, alarm, agregasi	Fletcher & Bellas (1988); Walter et al. (1993); Naoki et al. (1995); Francke & Schulz (1999); Pareja et al. (2007)
<i>Dodecane</i>	<i>Paranthrene diaphana</i> ; <i>Uroleucon jaceae</i>	Feromon seks	Pareja et al. (2007); Minaeimoghdam et al. (2017);
<i>Eicosane</i>	<i>Acrolepiopsis assectella</i> ; <i>Amauris niavius</i> ; <i>Orgyia leucostigma</i>	Feromon seks	Meinwald et al. (1974); Renou et al. (1981); Grant et al. (2003); Minaeimoghdam et al. (2017)



Gambar 1. Kromatogram senyawa pada imago betina *Cheilomenes sexmaculatus*.
Figure 1. Chromatographic of the female of *Cheilomenes sexmaculatus*.

(1999) beberapa spesies semut menggunakan *undecane* sebagai bagian dari feromon alarm. Menurut Jackson & Morgan (1993) *undecane* merupakan komponen feromon agregasi semut *Camponotus pennsylvanicus* (De Geer) (Hymenoptera: Formicidae). Fletcher & Bellas (1988) juga melaporkan *undecane* sebagai komponen feromon agregasi pada *Blattella craniifer* (Blattodea: Blaberidae) dan *Eublaberus distantis* (Kirby) (Blattodea: Blaberidae). Senyawa *undecane* teridentifikasi pada imago betina *C. sexmaculata*. Hal tersebut dapat memberikan indikasi awal kalau senyawa tersebut merupakan komponen feromon seks. Selain itu, senyawa *undecane* juga ditemukan pada tanaman cabai. Feromon seks selama ini dilaporkan berhubungan dengan sumber makanan dari serangga. Diduga senyawa tersebut disintesis betina *C. sexmaculata* dari tanaman cabai yang menjadi sumber makanan mangsanya. Menurut Reddy & Guerrero (2004) beberapa serangga menyerap atau memperoleh senyawa tanaman inang dan menggunakannya sebagai feromon seks atau prekursor feromon seks.

Eicosane juga diduga sebagai senyawa penyusun feromon seks pada imago betina *C. sexmaculata*. Sebelumnya senyawa tersebut juga dilaporkan sebagai komponen feromon seks pada beberapa spesies Lepidoptera. *Eicosane* dilaporkan sebagai sebagai komponen feromon seks imago jantan dan betina *Acrolepiopsis assectella* (Zeller) (Lepidoptera: Acrolepiidae) (Renou et al. 1981), imago betina *Amauris niavius* (Linnaeus) (Lepidoptera: Danaidae) (Meinwald et al. 1974), dan imago betina *Orgyia leucostigma* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Lymantriidae) (Grant et al. 2003).

Dodecane dilaporkan pada berbagai ordo serangga dan tungau sebagai feromon pada ordo Astigmata (Winterschmitiidae), Heteroptera (Cydnidae), Homoptera (Aphididae, Aphidinae), Coleoptera (Carabidae, Pterostichinae, Morionini), Hymenoptera (Apidae, Apinae, Bombini), Thysanoptera (Phlaeothripidae, Phlaeothripinae, Leeuweniini) (Minaeimoghadam et al. 2017). Minaeimoghadam et al. (2017) juga melaporkan senyawa *dodecane* pada volatil imago betina *Paranthrene diaphana* Dalla Torre & Strand (Lepidoptera: Sesiidae) sebagai feromon seks. Pareja et al. (2007) melaporkan *dodecan* dan

nonane pada kutudaun *Uroleucon jaceae* (Linnaeus) yang menyerang tanaman *Centaurea nigra*. Keberadaan senyawa *dodecane* pada imago betina *C. sexmaculata* diduga diperoleh dari mangsanya, yakni *A. gossypii*. Yi et al. (2023) melaporkan senyawa tersebut pada *A. gossypii* yang menyerang tanaman kapas.

Senyawa yang teridentifikasi pada penelitian ini juga diemisikan spesies Coccinellidae yang lain, yakni *limonene* yang termasuk golongan monoterpenoid. Alhmedi et al. (2010) mengidentifikasi *limonene* pada *H. axyridis* dan imago betina lebih mengemisikan *limonene*. Menurut Michaud (2002) hal tersebut diduga menjadi penyebab kumbang tersebut banyak berkeliaran di kebun jeruk yang kaya akan sumber *limonene*. Senyawa tersebut merupakan senyawa penyusun feromon agregasi sehingga bersifat atraktan terhadap jenisnya sendiri. Hal tersebut telah dibuktikan Kemp & Cottrell (2015) penggunaan *limonene* sebagai sumber aroma pada perangkap kuning dapat menarik *H. axyridis*, bahkan beberapa spesies Coccinellidae yang lain ikut tertangkap, yakni *C. septempunctata*, *Chilocorus stigma* (Say), *Coleomegilla maculata* (De Geer), *Cycloneda munda* (Say), *Hippodamia convergen* Guérin-Méneville, *Hyperaspis* spp., *Olla v-nigrum* (Mulsant), dan *Scymnus* spp. Hal ini memberikan indikasi bahwa senyawa *limonene* juga dapat dideteksi Coccinellidae selain *H. axyridis*. Kemungkinan senyawa tersebut juga dihasilkan spesies Coccinellidae lain, termasuk *C. sexmaculata* yang digunakan pada percobaan ini. Hal ini tidak hanya karena terdeteksinya senyawa *limonene* pada imago betina *C. sexmaculata*. Pada saat perbanyakan di rumah kaca kumbang tersebut sering berkumpul membentuk agregasi pada sisi tertentu dari kurungan. Perilaku membentuk agregasi tersebut juga terlihat pada saat pemerangkapan volatil, dimana kumbang tersebut berkumpul di bagian tutup botol PET.

Identifikasi feromon dan semiovolatil merupakan langkah awal untuk menyusun strategi meningkatkan peluang keberhasilan pemanfaatan *C. sexmaculata* sebagai agens pengendali hayati. Menurut Weatherston & Minks (1995) bahwa semiokimia memainkan peran penting pada pengendalian hayati karena terlibat dalam komunikasi kimia interspesies antara tanaman,

serangga hama, predator dan parasitoid. Feromon agregasi mungkin berguna dalam meningkatkan waktu retensi musuh alami di suatu area, serta menarik populasi alami dari habitat yang berdekatan. Artinya, terdapat peluang untuk memanfaatkan semiokimia tersebut sebagai antraktan *C. sexmaculata*. Senyawa tersebut dapat menarik lebih banyak *C. sexmaculata* ke tanaman budi daya lebih awal selama musim tanam. Selain itu, atraktan dapat mengarahkan *C. sexmaculata* ke tempat yang dipenuhi mangsanya, sambil menjauhkan dari area yang tidak diinginkan. Dengan demikian, identifikasi semiokimia dapat membantu pengembangan strategi pengendalian hama tepat sasaran, dimana agens pengendali hayati diarahkan ke pertanaman yang diinginkan.

KESIMPULAN

C. sexmaculata mengemisikan sebanyak 47 senyawa semiokimia yang sebagian besar merupakan hidrokarbon. *Methyl isovalerate* merupakan senyawa ester dengan proporsi tertinggi, yakni 31,43%. Senyawa lain yang teridentifikasi diketahui sebagai komponen feromon *C. sexmaculata*, yakni *limonene*, *undecane*, *dodecane*, dan *eicosane*. Senyawa tersebut merupakan komponen penyusun feromon seks, agregasi, dan tanda bahaya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Pembiayaan Pendidikan Tinggi (BPPT) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi (Kemendikbudristek) serta Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) atas bantuan studi melalui Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI) tahun 2021. Ucapan terima kasih kepada Ibu Desi dari Laboratorium Flavor, Balai Besar Pengujian Standar Instrumen Tanaman Padi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alhmedi A, Haubruge E, Francis F. 2010. Identification of limonene as a potential kairomone of the harlequin ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology*. 107:541–548. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2010.062>.
- Brown AE, Riddick EW, Aldrich JR, Holmes WE. 2006. Identification of (-)- β -Caryophyllene as a gender-specific terpene produced by the multicolored asian lady beetle. *Journal of Chemical Ecology*. 32:2489–2499. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-006-9158-0>.
- Daloz D, Braekman JC, Pasteels JM. 1994. Ladybird defence alkaloids: structural, chemotaxonomic and biosynthetic aspects (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemoecology*. 5:173–183. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01240602>.
- Durieux D, Fischer C, Brostaux Y, Sloggett JJ, Deneubourg JL, Vandereycken A, Joie E, Wathelet JP, Lognay G, Haubruge E, et al. 2012. Role of long-chain hydrocarbons in the aggregation behaviour of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Insect Physiology*. 58:801–807. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2012.03.006>.
- Efendi S. 2023. Rekayasa tanaman cabai dengan refugia dan tanaman pinggir sebagai strategi meningkatkan keanekaragaman dan mempercepat kehadiran Coccinellidae predator. *AGRIKA: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*. 17:232–247. DOI: <https://doi.org/10.31328/ja.v17i2.4968>.
- Efendi S, Yaherwandi, Nelly N. 2017. Biologi dan statistik demografi *Menochilus sexmaculatus fabricius* (Coleoptera: Coccinellidae) predator *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae). *Floritek*. 12:75–89. DOI: <https://doi.org/10.22146/jpti.28409>.
- Fassotte B, Fischer C, Durieux D, Lognay G, Haubruge E, Francis F, Verheggen FJ. 2014. First evidence of a volatile sex pheromone in lady beetles. *PLoS One*. 9:1–16. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115011>.
- Fletcher B, Bellas T. 1988. *CRC Handbook of Natural Pesticides: Pheromones Part B*. Ed ke-4. Boca Raton: Cambridge University Press.
- Francke W, Schulz S. 1999. Pheromones. In: Barton SD, Nakanishi K, Meth-Cohn O (Eds.), *Comprehensive Natural Products Chemistry*. pp. 197–261. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-091283-7.00052-7>.
- Grant GG, Slessor KN, Liu W, Abou-Zaid MM. 2003. (Z,Z)-6,9-heneicosadien-11-one, labile sex pheromone of the whitemarked tussock moth, *Orgyia leucostigma*. *Journal of Chemical Ecology*. 29:589–601. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1022802821338>.

- Hemptinne J, Dixon AF. 2000. Defence, oviposition and sex: semiochemical parsimony in two species of ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae)? A short review. *European Journal of Entomology*. 97:443–447. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2000.068>.
- Hemptinne JL, Lognay G, Doumbia M, Dixon AFG. 2001. Chemical nature and persistence of the oviposition deterring pheromone in the tracks of the larvae of the two spot ladybird, *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemoecology*. 11:43–47. DOI: <https://doi.org/10.1007/PL00001831>.
- Jackson BD, Morgan ED. 1993. Insect chemical communication: Pheromones and exocrine glands of ants. *Chemoecology*. 4:125–144. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01256548>.
- Jirošová A, Modlinger R, Hradecký J, Ramakrishnan R, Beránková K, Kandasamy D. 2022. Ophiostomatoid fungi synergize attraction of the Eurasian spruce bark beetle, *Ips typographus* to its aggregation pheromone in field traps. *Front. Microbiology*. 13:1–11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.980251>.
- Kemp EA, Cottrell TE. 2015. Effect of lures and colors on capture of lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) in tedders pyramidal traps. *Environmental Entomology*. 44:1395–1406. DOI: <https://doi.org/10.1093/ee/nvv108>.
- Kindlmann P, Dixon AFG. 1993. Optimal foraging in ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae) and its consequences for their use in biological control. *European Journal of Entomology* 90:443–450.
- Klewer N, Růžička Z, Schulz S. 2007. (Z)-Pentacos-12-ene, an oviposition-detering pheromone of *Cheilomenes sexmaculata*. *Journal of Chemical Ecology*. 33:2167–2170. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9372-4>.
- Laurent P, Braekman J-C, Daloze D. 2004. Insect chemical defense. *Topics in Current Chemistry*. 240:167–229. DOI: <https://doi.org/10.1007/b98317>.
- Laurent P, Braekman JC, Daloze D, Pasteels JM. 2002a. In vitro production of adaline and coccinelline, two defensive alkaloids from ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae). *Insect Biochemistry and Insect Molecular Biology*. 32:1017–1023. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0965-1748\(02\)00038-3](https://doi.org/10.1016/S0965-1748(02)00038-3).
- Laurent P, Braekman JC, Daloze D, Pasteels JM. 2002b. Chilocorine D, a novel heptacyclic alkaloid from a coccinellid beetle (*Chilocorus renipustulatus*). *Tetrahedron Letters*. 43:7465–7467. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-4039\(02\)01794-X](https://doi.org/10.1016/S0040-4039(02)01794-X).
- Lebrun B, Braekman JC, Daloze D, Pasteels JM. 1997. 2-Dehydrococcinelline, a new defensive alkaloid from the ladybird beetle *Anatis ocellata* (Coccinellidae). *Journal of Natural Products*. 60:1148–1149. DOI: <https://doi.org/10.1021/np9702695>.
- Magro A, Ducamp C, Ramon-Portugal F, Lecompte E, Crouau-Roy B, Dixon AFG, Hemptinne JL. 2010. Oviposition deterring infochemicals in ladybirds: The role of phylogeny. *Evolutionary Ecology*. 24:251–271. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10682-009-9304-6>.
- Magro A, Téné JN, Bastin N, Dixon AFG, Hemptinne JL. 2007. Assessment of patch quality by ladybirds: Relative response to conspecific and heterospecific larval tracks a consequence of habitat similarity? *Chemoecology*. 17:37–45. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00049-006-0357-5>.
- Mbaluto CM, Ayelo PM, Duffy AG, Erdei AL, Tallon AK, Xia S, Caballero-Vidal G, Spitaler U, Szelényi MO, Duarte GA, et al. 2020. Insect chemical ecology: chemically mediated interactions and novel applications in agriculture. *Arthropod Plant Interactions* 14:671–684. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11829-020-09791-4>.
- Meinwald J, Boriack C, Schneider D, Boppre M, Wood W, Eisner T. 1974. Volatile ketones in the hair pencil secretion of danaid butterflies (*Amauris* and *Danaus*). *Experientia*. 32:721–723. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01924148>.
- Michaud JP. 2002. Invasion of the Florida citrus ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and asymmetric competition with a native species, *Cycloneda sanguinea*. *Environmental Entomology*. 31:827–835. DOI: <https://doi.org/10.1603/0046-225X-31.5.827>.
- Minaeimoghdam M, Askarianzadeh A, Imani S, Shojaei M, Larijani K, Abbasipour H. 2017. Identification of chemical compounds of the pheromone in different ages of female adults of the clearwing moth, *Paranthrene diaphana* Dalla Torre & Strand. *Arch. Phytopathology and Plant Protection*. 50:1019–1033. DOI: <https://doi.org/10.1080/03235408.2017.1411174>.
- Mishra G, Singh N, Shahid M. 2013. The effects of three sympatric ladybird species on oviposition by *Menochilus sexmaculatus* (Coleoptera: Coccinellidae). *Chemoecology*. 23:103–111. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00049-012-0124-8>.
- Naoki M, Ritsuo N, Yasumasa K, Tsuyoshi F, Kazuyoshi K. 1995. Chemical ecology of

- astigmatid mites XLI. Undecane: The sex pheromone of the acarid mite *Caloglyphus rodriguezii* Samsinák (Acarina: Acaridae). *Applied Entomology and Zoology*. 30:415–423. DOI: <https://doi.org/10.1303/aez.30.415>.
- Omkar, Pervez A. 2016. Ladybird beetles. In: Omkar (Ed.), *Ecofriendly Pest Management for Food Security*. Elsevier Inc. pp. 281–310. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803265-7.00009-9>.
- Pareja M, Moraes MCB, Clark SJ, Birkett MA, Powell W. 2007. Response of the aphid parasitoid *Aphidius funebris* to volatiles from undamaged and aphid-infested *Centaurea nigra*. *Journal of Chemical Ecology*. 33:695–710. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-007-9260-y>.
- Pattanayak R, Mishra G, Chanotiya CS, Rout PK, Mohanty CS, Omkar. 2015. Semiochemical profile of four aphidophagous Indian Coccinellidae (Coleoptera). *Canadian Entomologist*. 148:171–186. DOI: <https://doi.org/10.4039/tce.2015.45>.
- Pattanayak R, Mishra G, Omkar, Chanotiya C, Rout P, Mohanty C. 2014. Does the volatile hydrocarbon profile differ between the sexes: a case study on five aphidophagous ladybirds. *Insect Biochemistry and Physiology*. 87:105–125. DOI: <https://doi.org/10.1002/arch.21184>.
- Pickett JA, Wadhams LJ, Woodcock CM, Hardie J. 1992. The chemical ecology of aphids. *Annual Review of Entomology*. 37:67–90. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.en.37.010192.000435>.
- Provost E, Blight O, Tirard A, Renucci M. 2008. Hydrocarbons and insects' social physiology. In: Maes RP (Ed.), *Insect Physiology: New Research*. pp. 19–72. New York: Nova Science Publishers.
- Reddy GVP, Guerrero A. 2004. Interactions of insect pheromones and plant semiochemicals. *Trends in Plant Science*. 9:253–261. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2004.03.009>.
- Renou M, Descoins C, Priesner E, Gallois M, Lettere M. 1981. A study of the sex pheromone of the leek moth, *Acrolepiopsis assectella* (Lepidoptera: Acrolepiidae). *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 29:198–208. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1981.tb03059.x>.
- Růžička Z. 2003. Perception for oviposition-detering larval tracks in aphidophagous coccinellids *Cycloneda limbifer* and *Ceratomegilla undecimnotata* (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology*. 100:345–350. DOI: <https://doi.org/10.14411/eje.2003.055>.
- Shi X, Attygalle AB, Meinwald J, Houck MA, Eisner T. 1995. Spirocyclic defensive alkaloid from a coccinellid beetle. *Tetrahedron*. 51:8711–8718. DOI: [https://doi.org/10.1016/0040-4020\(95\)00484-P](https://doi.org/10.1016/0040-4020(95)00484-P).
- Sonenshine DE. 2004. Pheromones and other semiochemicals of ticks and their use in tick control. *Parasitology*. 129:405–424. doi:10.1017/S003118200400486X.
- Steele T, Singer RD, Bjørnson S. 2023. Alkaloid content in microsporidia-infected *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) life stages, and pathogen spore load in adults after exposure to physical stress. *Journal of Invertebrate Pathology* 200:107969. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jip.2023.107969>.
- Timmermans M, Braekman JC, Daloz D, Pasteels JM, Merlin J, Declercq JP. 1992. Exochomine, a dimeric ladybird alkaloid, isolated from *Exochomus quadripustulatus* (Coleoptera: Coccinellidae). *Tetrahedron Lett*. 33:1281–1284. doi:10.1016/S0040-4039(00)91601-0.
- Tursch B, Daloz D, Braekman JC, Hootele C, Pasteels JM. 1975. Chemical ecology of arthropods. X. The structure of myrrhine and the biosynthesis of coccinelline. *Tetrahedron*. 31:1541–1543. DOI: [https://doi.org/10.1016/0040-4020\(75\)87008-6](https://doi.org/10.1016/0040-4020(75)87008-6).
- Verheggen F, Cherif A, Martin C. 2020. The production of sex pheromone in lady beetles is conditioned by presence of aphids and not by mating status. *Journal of Chemical Ecology*. 46:590–596. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10886-020-01197-z>.
- Walter F, Fletcher DJC, Chautems D, Cherix D, Keller L, Francke W, Fortelius W, Rosengren R, Vargo EL. 1993. Identification of the sex pheromone of an ant, *Formica lugubris* (Hymenoptera, Formicidae). *Naturwissenschaften*. 80:30–34. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF01139755>.
- Weatherston I, Minks AK. 1995. Regulation of semiochemicals - global aspects. *Integrated Pest Management Reviews*. 1:1–13. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00140330>.
- Yi C, Teng D, Xie J, Tang H, Zhao D, Liu X, Liu T, Ding W, Khashaveh A. 2023. Volatiles from cotton aphid (*Aphis gossypii*) infested plants attract the natural enemy *Hippodamia variegata*. *Frontiers in Plant Science Plant Pathogen Interaction*. 14:1–12. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1326630>.