

CAPITOLO 25

Hymenoptera

di VIRGILIO CALECA

(Proctotrupoidea, Diaprioidea, Platygastroidea, Ceraphronoidea),

DAVIDE DAL POS e FILIPPO DI GIOVANNI

(Trigonaloidea, Stephanoidea, Ichneumonoidea),

DONATO GRASSO ed ENRICO SCHIFANI (Formicoidea),

ENRICO NEGRISOLO (filogenesi, Spheciformes), MASSIMO OLMI (Chrysoidea),

FAUSTO PESARINI (Symphyta), MARINO QUARANTA (Apiformes),

GIUSEPPE FABRIZIO TURRISI (Evanoidea) e GENNARO VIGGIANI

(Hymenoptera generalità, Apocrita generalità, Chalcidoidea, Cynipoidea, Vespoidea)

Gli Hymenoptera costituiscono un ordine tra i più vasti degli insetti, con circa 153.000 specie descritte. Gli adulti, di lunghezza compresa tra 0,2 mm ed alcuni cm, hanno apparato boccale masticatore o lambente-succhiatore (Apoidea); le ali sono membranose, prive di squame, con venulazione sviluppata, ridotta o mancante, ma esistono anche forme brachittere o attere. Questo gruppo monofiletico è caratterizzato morfologicamente principalmente per avere il complesso maxillo-labiale con il labbro inferiore non direttamente articolato al capo, ma con i lati strettamente addossati alle adiacenti mascelle. Le ali posteriori presentano un sistema di aggancio alle ali anteriori rappresentato da un numero variabile di setole a uncino (amuli), disposte al termine della venulazione alare, che nelle fasi di volo si connettono a un tratto del margine posteriore delle ali anteriori più sclerificato, detto piegatura frenale, costituendo un complesso unico. L'ovopositore è formato da due paia di valvule (1 e 2) in continuità con un valvifero e che, allo stato di riposo, sono mantenute in un altro paio di valvule (3). Dal punto di vista biologico la caratteristica di maggior rilievo è il sistema aplo-diploide di determinazione del sesso per cui dalle uova fecondate si sviluppano femmine (con corredo cromosomico diploide) e dalle uova non fecondate originano maschi (con corredo cromosomico aploide). Negli imenotteri si individuano due linee evolutive: quella, più ricca di caratteri plesiomorfi, con le specie fitofaghe del sottordine Symphyta e quella più avanzata e diversificata, costituita dagli Apocrita, che comprendono forme adattate alla predazione, al parassitismo, alla ricerca di nettare e polline sulle piante in fiore e forme altamente specializzate di vita sociale.

25.1 Morfologia dell'adulto

Gli imenotteri (**Fig. 25.1**) hanno il capo (**Fig. 25.2**) generalmente ipognato e in alcuni gruppi prognato, lateralmente con due occhi composti e dorsalmente con 3 ocelli, in alcune specie ridotti o mancanti. Sulla faccia anteriore sono inserite le antenne pluri-articolate connesse a fossette, dette toruli, situate sul capo in posizione variabile. Il primo antennomero, lo scapo, è più o meno allungato, segue il pedicello, un segmento di forma conica o ad anello, mentre i successivi articoli, variabili per numero e forma, costituiscono il flagello.

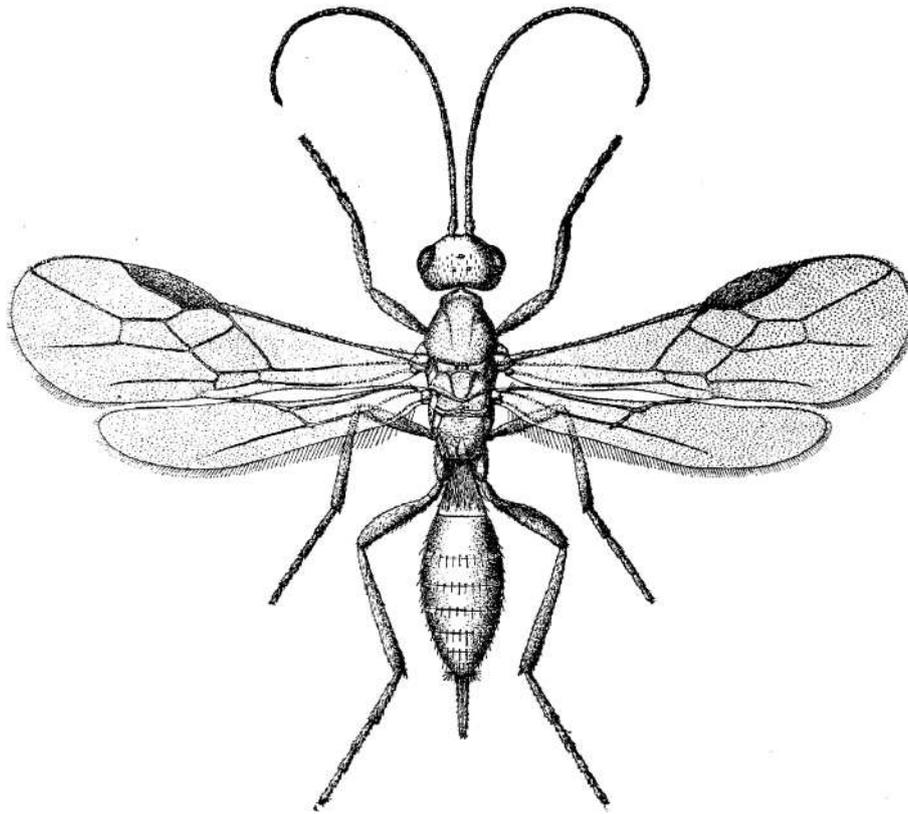


Fig. 25.1 Hymenoptera, habitus di adulto: **Colastes braconius* (Braconidae), femmina.

In quest'ultimo, in numerose specie, gli antennumeri distali sono più appressati dei precedenti e costituiscono la clava; in tal caso, gli articoli del flagello precedenti la clava costituiscono il funicolo (**Fig. 25.2 B**). Sugli articoli antennali sono presenti setole, sensilli e talvolta ghiandole. L'apparato boccale degli imenotteri (**Fig. 25.2 C**) varia dal tipo masticatore presente nei Symphyta e negli Apocrita basali, a quello lambente-succhiatore degli Apoidea.

Il torace è costituito da 3 segmenti nella maggioranza dei sinfiti, che costituiscono rispettivamente il protorace, il mesotorace e il metatorace (**Fig. 25.3**). Negli apocriti, il primo segmento addominale si fonde con il metatorace per formare il propodeo; l'insieme del torace e del propodeo prende nome di mesosoma; i segmenti seguenti dal II, il peziolo, all'ultimo, costituiscono il metasoma. Il più sviluppato segmento toracico è il mesotorace che è costituito dorsalmente da un mesonoto, talvolta suddiviso in un lobo mediano e due lobi laterali delimitati dai solchi parapsidali (notauli); al mesonoto segue posteriormente uno scutello, di forma sovente subtrapezoidale, e che può presentare solchi submediani longitudinali. Completano il mesotorace, le mesopleure laterali e il mesosterno ventrale. Il metatorace, dorsalmente, è rappresentato da un breve sclerite, il metanoto.

Le ali degli imenotteri (**Fig. 25.4 A**) sono membranose e, come detto, durante il volo sono trattenute tra di loro mediante uncini o hamuli, che connettono il margine anteriore delle ali posteriori con quello posteriore delle ali anteriori (**Fig. 25.4 B**). La base di ciascuna ala anteriore (radice) è coperta da uno sclerite del torace detto tegula. La membrana alare è sostenuta da nervature o vene, che possono delimitare o meno delle cellule o aree alari. Non mancano imenotteri brachitteri o atteri. Nelle zampe (**Fig. 25.4 C**), il tarso è generalmente costituito da 3-5 tarsomeri, dei quali il primo è detto basitarso. Le zampe possono essere più o meno profondamente modificate (fossorie, saltatorie) in rapporto al comportamento delle varie specie.

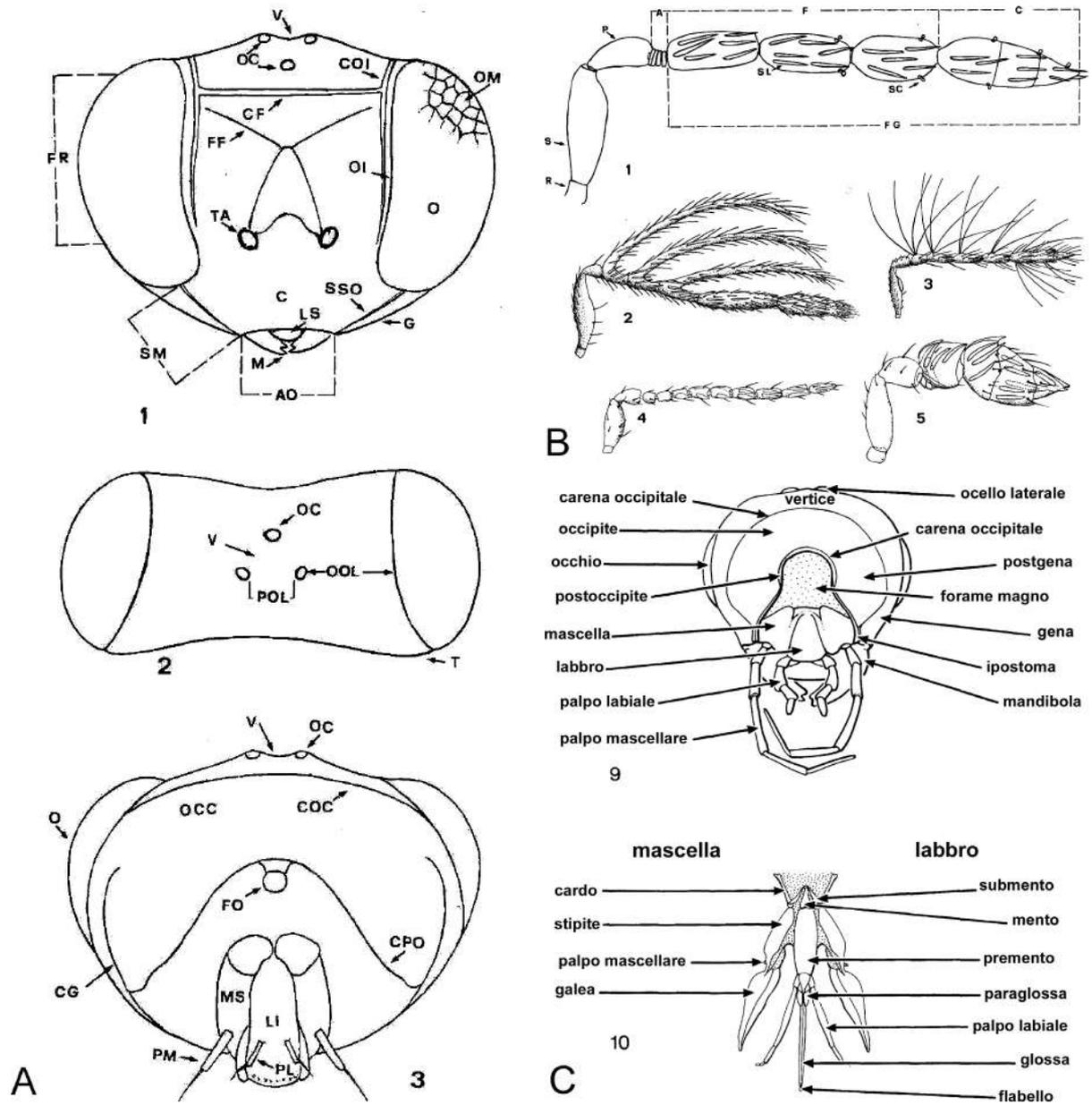


Fig. 25.2 Hymenoptera: (A) capo, faccia anteriore, superiore e posteriore; (B) tipi di antenne; (C) capo con apparato boccale masticatore (in alto) e apparato lambente succhiatore (in basso).

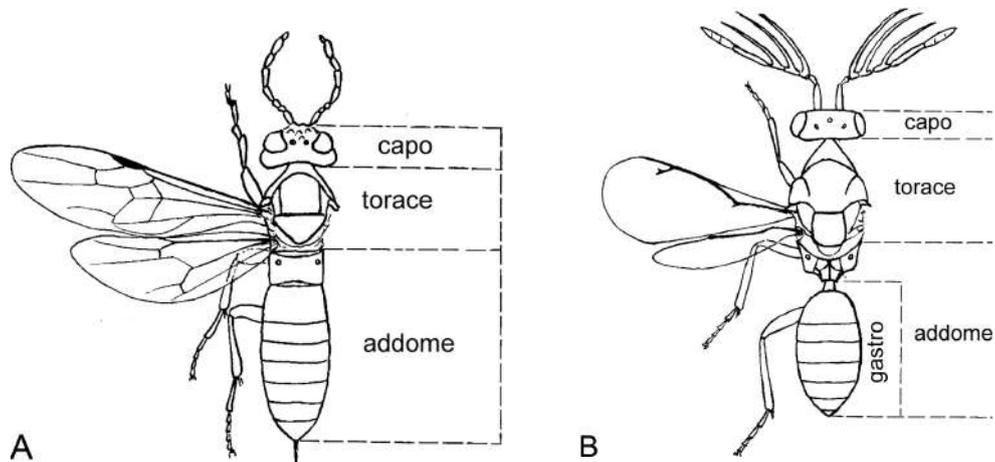


Fig. 25.3 Hymenoptera: (A) Habitus di un rappresentante dei Symphyta, dal dorso; (B) habitus di un rappresentante degli Apocrita.

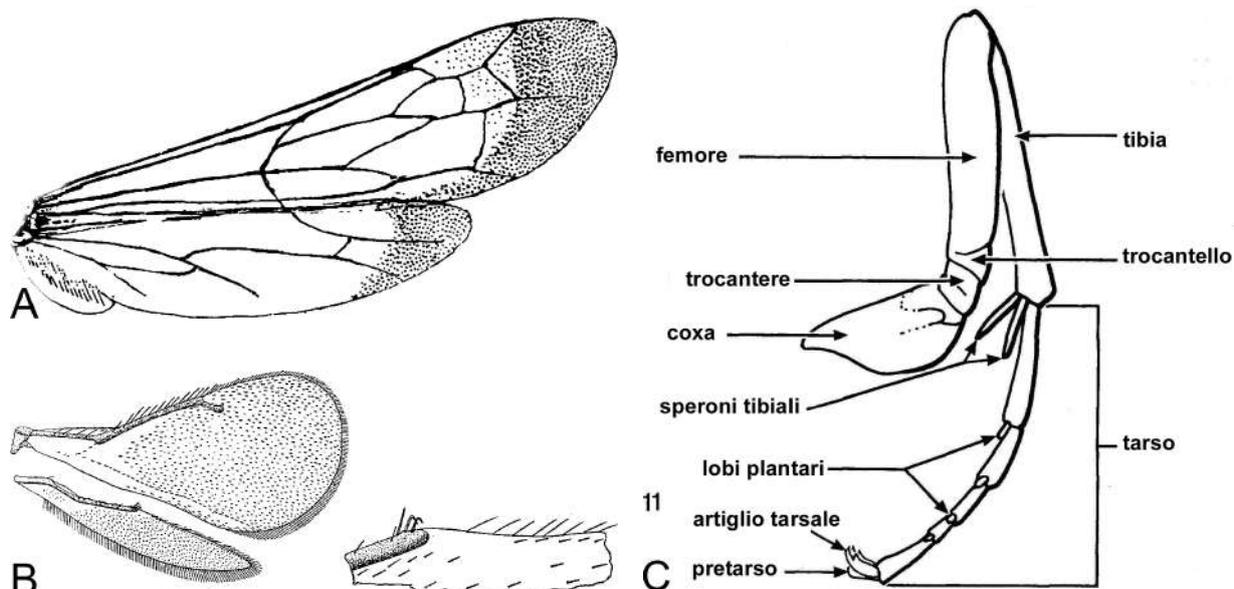


Fig. 25.4 Hymenoptera: (A) ali di Pompilidae; (B) sistema di attacco delle ali di Eulophidae; (C) zampa di tenrecinide.

L'addome è costituito da 10 segmenti o uriti, con gli ultimi più o meno marcatamente modificati. Negli Apocrita il primo urite presenta la parte ventrale (sternite) molto ridotta o mancante; esso è addossato al torace, di cui diviene parte funzionale, e porta un paio di spiracoli tracheali. Il numero dei segmenti visibili nel metasoma degli apocriti è molto variabile nei diversi gruppi. All'estremità ventrale del metasoma femminile è presente l'ovopositore (**Fig. 25.5 A**), che consta di gonapofisi derivate dalla parte ventrale o sternale dei segmenti VIII e IX: dal primo di questi ha origine una coppia di scleriti triangolari o subtrapezoidali (primi valviferi) a cui seguono due "stiletti" allungati (prime valvule), spesso distalmente dentati. Il IX si articola con una coppia di scleriti di forma oblunga o subquadrata (secondi valviferi) che anteriormente danno luogo a due gonapofisi (seconde valvule) solitamente fuse, formanti una guaina nella quale scorrono le prime valvule; le prime e le seconde valvule rappresentano la terebra propriamente detta.

La parte posteriore del secondo valvifero termina con un terzo paio di valvule, di varie forme e dimensioni, che proteggono la terebra allo stato di riposo. L'armatura genitale esterna femminile, oltre alla ovodeposizione, può svolgere diverse funzioni, come il riconoscimento dell'ospite (nei parassitoidi), l'immissione di sostanze paralizzanti o la difesa (negli imenotteri sociali). L'ovopositore ha lunghezza variabile in rapporto all'uso che ne fanno le singole specie. Il metasoma del maschio ha forma distalmente meno appuntita e porta l'organo copulatore, allo stato di riposo non visibile all'esterno. Questa struttura (**Fig. 25.5 B**) è connessa al IX urosteronite e consta in generale di: anello basale (cupula) attraverso il quale passa il dotto eiaculatore collegato ai testicoli; fallobase o guaina del pene, variamente aperta alla base e dorsalmente; parameri (o gonostili), rappresentati da due prolungamenti laterali più o meno sviluppati della cupula; le volselle, che comprendono due scleriti, il gonossiculus prossimale e un parossiculus (digitus) articolato distalmente con il primo edeago (o pene), una formazione tubulare con il corpo talvolta provvisto di sclerificazioni longitudinali laterali, costituito dalle lamine edeagali e da due scleriti prossimali a forma di bastoncino, gli apodemi edeagali. In vari gruppi l'organo copulatore presenta rimarchevoli variazioni e semplificazioni, soprattutto nelle specie più piccole. Tali variazioni sono presenti a livello specifico, generico e di categorie superiori.

Si tratta di variazioni costanti che offrono importanti caratteri diagnostici in molti gruppi. Degna di rilievo è la notevole riduzione e fusione degli elementi fallici che si realizza in diverse specie di microimenotteri, per cui l'organo copulatore risulta rappresentato da un semplice corpo edeagico.

Il corpo degli imenotteri ha colorazioni molto varie, talvolta con riflessi metallici, come nei crisididi, talvolta con alternanza di fasce nere e giallo-arancio. Molto variabile è anche il tipo di microscultura (granulosa, papillata, alutacea, coriacea, rugosa, foveolata, reticolata, striata, acicolata, ecc.).

25.2 Anatomia

Il sistema respiratorio degli adulti è olopneustico, con al massimo 10 paia di stigmi funzionali (2 sul torace e 8 sull'addome). Adattamenti di rilievo sono presenti negli stadi larvali, in cui si trovano tipi pneustici, con un numero variabile di aperture stigmatiche, e tipi apneustici, come in numerose larve di endoparassitoidi, in cui la respirazione è tegumentale. Il canale alimentare degli adulti presenta specializzazioni soprattutto nell'intestino anteriore, dove sono presenti in alcuni gruppi delle appendici sacciformi, come la borsa melaria degli Apoidea. Nelle larve dei parassitoidi l'apertura anale rimane chiusa sino al raggiungimento dell'ultimo stadio. Altre peculiarità riguardano il complesso ghiandolare, tra cui, ad esempio, ghiandole secernenti sostanze alimentari (come la pappa reale secreta dalle ghiandole sopraesofagee nell'ape) o sostanze per la difesa, l'anestesia o la morte degli ospiti o delle prede (ghiandole acida e alcalina dei parassitoidi annesse al sistema riproduttore). La ghiandola di Dufour, che sbocca alla base dell'ovopositore nelle formiche e nella parete vaginale dorsale in api e vespe, è polifunzionale, e secerne sostanze implicate nell'allarme, il reclutamento, l'attrazione sessuale, il riconoscimento delle tracce e la marcatura del territorio.

25.3 Riproduzione e sviluppo

Come accennato in precedenza, negli imenotteri è molto diffusa la partenogenesi (generalmente arrenotoca), mentre in alcuni parassitoidi, come *Copidosoma* (Encyrtidae), si hanno fenomeni di poliembrionia.

Sono noti vari tipi di uova (imenotteriforme, microtipico, pedunculato, encirtiforme, pedicellato ecc.) (**Fig. 25.5 C**), la cui forma è legata alle modalità di ovodeposizione e allo sviluppo embrionale. L'uovo imenotteriforme, cioè allungato, privo di peduncolo o di altre strutture, rappresenta il tipo più generalizzato. Esso non ha particolari rapporti con l'ospite, può essere infatti deposto all'interno, all'esterno o lontano da quest'ultimo.

Negli imenotteri sono fundamentalmente presenti due tipi larvali, quello dei sinfiti, che è eruciforme o polipodo, simile a quello dei lepidotteri, con apparato boccale masticatore e che nelle forme ectofitofaghe presenta zampe e pseudozampe addominali, mentre in quelle endofitofaghe le zampe sono ridotte o mancanti; e quello degli apocriti, le cui larve (**Fig. 25.5 D**) sono apode, di norma con capo poco sclerotizzato e spesso ridotto e con appendici boccali sovente ridotte alle sole mandibole e con le altre parti vestigiali. Il numero degli stadi larvali è variabile, in genere da 3 a 5.

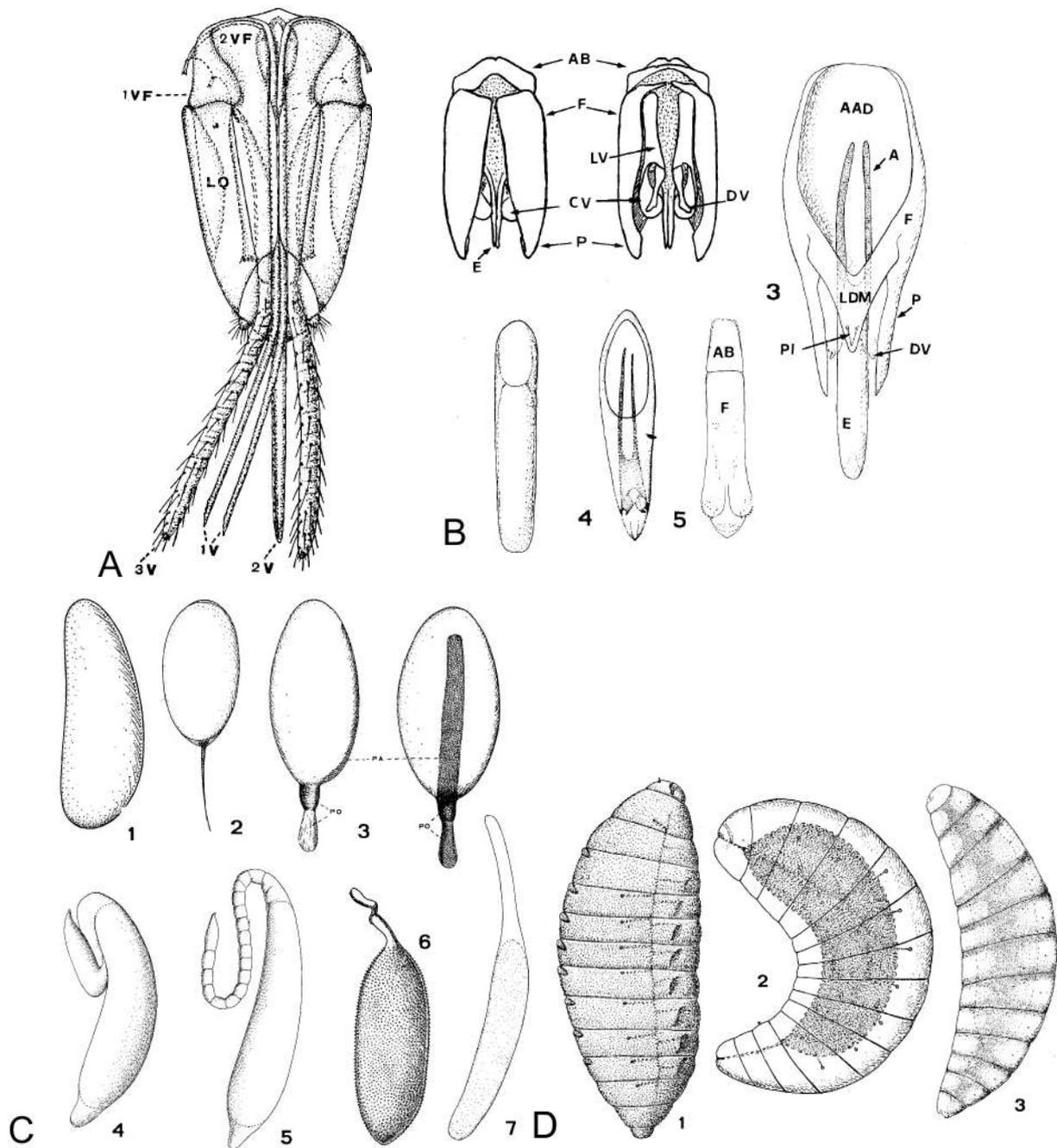


Fig. 25.5 Hymenoptera: (A) ovopositore di *Colastes braconius* (Braconidae); (B) tipi di organi copulatori; (C) tipi di uova; (D) larve mature di Apocrita.

25.4 Biologia

Gli adulti degli imenotteri sono di norma diurni e frequentano l'ambiente aereo, acquatico e terrestre, ove si muovono camminando al suolo e sulla vegetazione o volando. I predatori e i parassitoidi ricercano le loro vittime nei più diversi tipi di ambienti; specie antofaghe frequentano piante che producono polline e nettare. Gli adulti si alimentano principalmente di liquidi quali melata, emolinfa di organismi ospiti o linfa vegetale da incisioni sulle piante. Gli stadi giovanili hanno regime alimentare vegetariano o zoofago, o misto. Molte

specie sono solitarie, ma non mancano specie sociali di notevole importanza ecologica ed economica. Il numero delle generazioni annuali è variabile, alcune specie sono monovoltine e altre polivoltine.

25.5 Sistematica

L'ordine Hymenoptera viene tradizionalmente suddiviso nei due sottordini Symphyta ed Apocrita. Questo inquadramento sistematico viene seguito anche in questo libro. Numerose analisi filogenetiche hanno tuttavia dimostrato che i Symphyta costituiscono un *grade* e non un *clade*, e di conseguenza le varie famiglie incluse in questo sottordine vi sono state raggruppate sulla base della condivisione di simplesiomorfie. I “Symphyta” formano quattro linee filetiche ben distinte che si staccano sempre più lontane dalla radice dell'albero filogenetico degli Hymenoptera. Il *clade* Eusymphyta, formato dalle superfamiglie Xyeloidea, Pamphilioidea e Tenthredinoidea è il *sister taxon* di tutti gli Imenotteri. Un secondo *clade* è quello formato da Siricoidea + Xiphydriidea, mentre Cephoidea ed Orussoidea formano due distinte linee filetiche, con l'ultima superfamiglia che è *sister taxon* degli Apocrita. Il sottordine Apocrita è un *clade* sostenuto da numerose sinapomorfie (morfologiche, etologiche e molecolari) di cui quella di immediata identificazione è rappresentata dalla presenza di un mesosoma (“torace”, alitrinco) ed un metasoma (“addome”, gastro) nettamente separati. Le relazioni filogenetiche all'interno degli Apocrita sono oggetto di numerosi studi, che hanno dato in certi casi risultati contraddittori. Tutte le analisi supportano lo *status* di *clade* per il grande raggruppamento degli Aculeata, mentre il gruppo “Parasitica” che include tradizionalmente tutti gli apocriti non-aculeati risulta essere un *grade* in cui le relazioni filogenetiche tra le diverse superfamiglie non sono state ancora compiutamente risolte. Non è ancora chiaro invece quali di queste superfamiglie formano la linea filetica *sister group* degli Aculeata. Il *clade* degli Aculeata è supportato da numerose sinapomorfie tra le quali citiamo qui la presenza di un aculeo (pungiglione), derivato dalla modificazione dell'ovopositore della femmina. Per lungo tempo gli Aculeata sono stati suddivisi nelle tre superfamiglie Chrysidoidea, Vespoidea, ed Apoidea. Gli Aculeata sono il gruppo di Imenotteri sul quale sono state condotte finora il maggior numero di analisi filogenetiche, che hanno dato risultati che mettono in serio dubbio la ripartizione in tre superfamiglie. Solamente la superfamiglia Apoidea risulta sempre un *clade* in queste analisi, mentre le altre due risultano parafiletiche. Particolarmente complessa appare la situazione dei Vespoidea che sono formati da varie linee filetiche distinte (e.g. Bransletter et al. 2017; Peters et al., 2017). Una riorganizzazione delle superfamiglie di Aculeata verrà sicuramente effettuata prossimamente. La situazione dentro gli Apoidea vede la presenza di un *clade*, ben supportato, che contiene tutte le famiglie di api e che è indicato con il nome di Anthophila. Gli imenotteri sfeciformi, inseriti anch'essi all'interno degli Apoidea, sono ripartiti nelle famiglie Ampulicidae, Heterogynaidae (estranea alla nostra fauna), Sphecidae e Crabronidae. Le prime tre famiglie formano cladi separati. La famiglia Crabronidae è invece parafiletica e formata da diverse linee filetiche. Sarà sicuramente suddivisa in varie famiglie nei prossimi anni. La breve presentazione fatta qui non consente di commentare estesamente i numerosi esempi di taxa para/polifiletici che sono stati individuati negli Hymenoptera quando le analisi filogenetiche sono condotte a livello del rango tassonomico di famiglia o più basso.

Ordine Hymenoptera

Sottordine Symphyta	*Leucospidae	*Scelionidae
Superfamiglia Xyeloidea	*Mymaridae	*Sparasionidae
*Xyelidae	*Ormyridae	Superfamiglia Ceraphronoidea
Superfamiglia Pamphilioidea	*Perilampidae	*Ceraphronidae
*Pamphiliidae	*Pteromalidae	*Megaspilidae
*Megalodontesidae	Rotoitidae	Superfamiglia Evanioidea
Superfamiglia Tenthredinoidea	*Signiphoridae	*Evaniidae
Blasticotomidae	Tanaostigmatidae	*Aulacidae
*Argidae	*Tetracampidae	*Gasteruptiidae
*Pergidae	*Torymidae	Superfamiglia Chrysoidea
Heptamelidae	*Trichogrammatidae	*Bethyidae
*Tenthredinidae	Superfamiglia Mymarommatoidea	*Chrysoidea
*Diprionidae	*Mymaromatidae	*Dryinidae
*Cimbicidae	Superfamiglia Cynipoidea	*Embolemidae
Superfamiglia Cephoidea	Archaeocynipidae	Plumariidae
*Cephidae	Austrocynipidae	*Sclerogibbidae
Superfamiglia Siricoidea	*Cynipidae	Scolebythidae
Anaxyelidae	*Figitidae	Superfamiglia Formicoidea
*Siricidae	*Ibaliidae	*Formicidae
Superfamiglia Xiphydrioidea	*Liopteridae	Superfamiglia Vespoidea
Xiphydriidae	Rasnicynipidae	Bradynobaenidae
Superfamiglia Orussoidea	Superfamiglia Proctotrupoidea	*Mutillidae
*Orussidae	Austroniidae	*Pompilidae
Sottordine Apocrita	Heloridae	Rhopalosomatidae
Superfamiglia Stephanoidea	Pelecinidae	*Sapygidae
*Stephanidae	Peradeniidae	*Scoliidae
Superfamiglia Trigonoidea	*Proctotrupidae	Sieloromorphidae
*Trigonalidae	Proctorenyxidae	*Tiphidae
Superfamiglia Ichneumonoidea	Roproniidae	*Vespidae
*Braconidae	Vanhorniidae	Superfamiglia Apoidea
*Ichneumonidae	Superfamiglia Diaprioidea	*Ampulicidae
Superfamiglia Chalcidoidea	*Diapriidae	*Andrenidae
*Agaonidae	Ismaridae	*Apidae
*Aphelinidae	Maamingidae	*Colletidae
*Azotidae	Monomachidae	*Crabronidae
*Chalcididae	Superfamiglia Platygastroidea	*Halictidae
*Encyrtidae	Geoscelionidae	Heterogynidae
*Eucharitidae	Janzenellidae	*Megachilidae
*Eulophidae	Neuroscelionidae	*Melittidae
*Eupelmidae	Nixoniidae	*Sphecidae
*Eurytomidae	*Platygastridae	Stenotritidae

Sottordine Symphyta

Sottordine che riunisce le linee evolutive ritenute filogeneticamente più arcaiche di imenotteri e comprende circa 8.000 specie in poco meno di 600 generi.

Tutti i Symphyta sono caratterizzati dall'addome di forma cilindrica, senza alcuna strozzatura tra il primo urite (o propodeo) fuso con il metatorace e i successivi segmenti addominali (**Fig. 25.6A**), strozzatura che si osserva invece in tutti gli Apocrita e che è nota nel linguaggio comune come "vitino di vespa". Tranne i membri di un'unica famiglia (Cephidae), tutti i Symphyta sono inoltre muniti, sul metascuto, di due placchette dalla raffinata ultrastruttura, dette cenci, che assicurano a riposo l'ancoraggio delle ali sul dorso dell'insetto; tali strutture peculiari non si osservano in alcuno degli Apocrita.

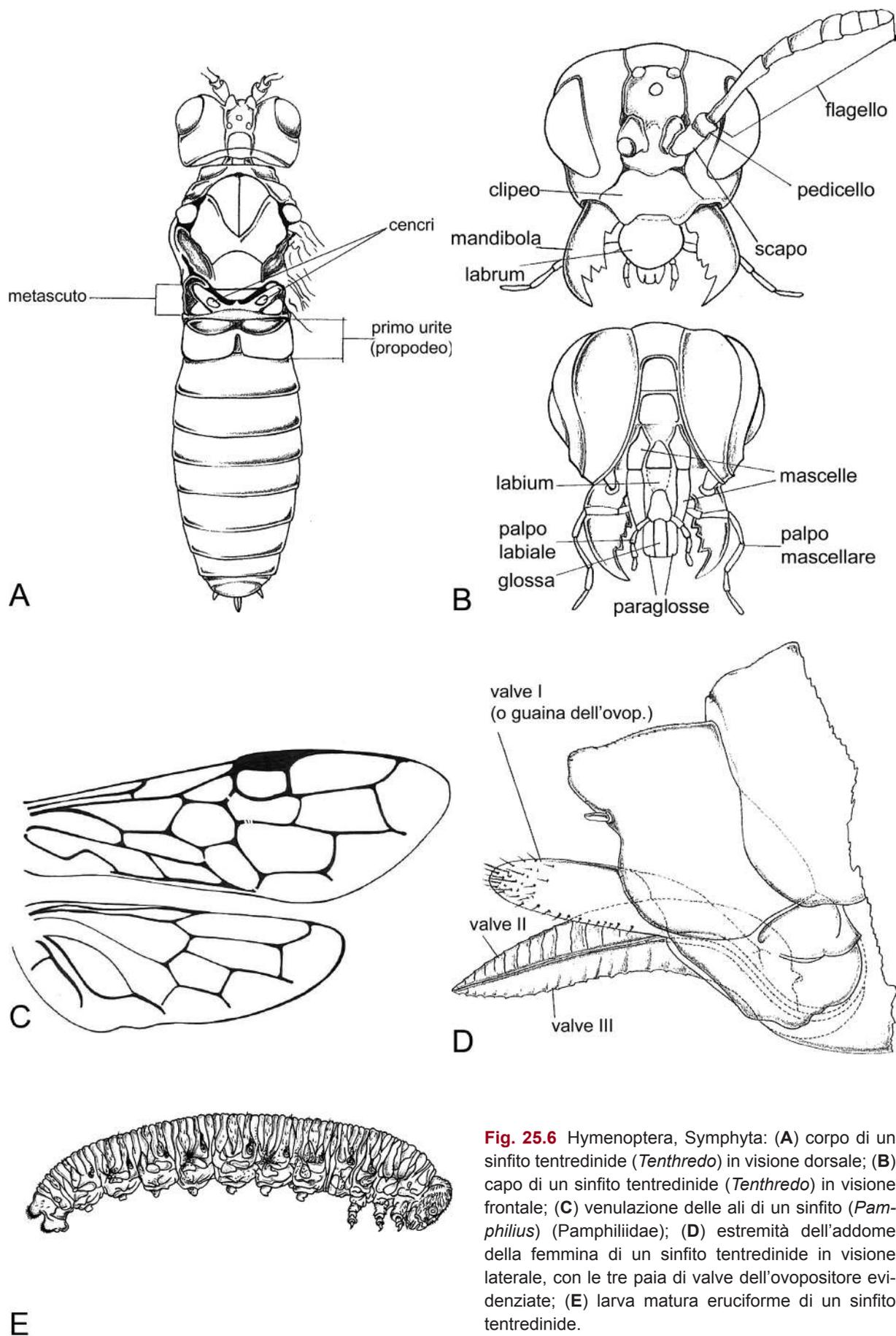


Fig. 25.6 Hymenoptera, Symphyta: (A) corpo di un sinfito tentredinide (*Tenthredo*) in visione dorsale; (B) capo di un sinfito tentredinide (*Tenthredo*) in visione frontale; (C) venulazione delle ali di un sinfito (*Pamphilius*) (Pamphiliidae); (D) estremità dell'addome della femmina di un sinfito tentredinide in visione laterale, con le tre paia di valve dell'ovopositore evidenziate; (E) larva matura eruciforme di un sinfito tentredinide.

Hanno antenne costituite da due antennumeri basali molto corti, lo scapo e il pedicello, e da un flagello più o meno lungo (**Fig. 25.7**) formato da un numero di articoli variabile da uno (negli Argidae) a circa 35 (nei Siricidae). La loro conformazione è alquanto variabile, potendosi avere antenne da setiformi a filiformi a subclavate o clavate, ma anche fusiformi, serrate, ramificate, bipettinate e biforcute.

L'apparato boccale, per contro, è piuttosto uniforme: essenzialmente è masticatore, formato da un paio di mandibole in genere ben sviluppate (in particolare in alcuni Tenthredinidae e Cimbicidae) (un paio di mascelle con i relativi palpi mascellari, nonché un pezzo impari, il labium, anch'esso munito di due palpi e terminante nella glossa accompagnata dalle due paraglosse (**Fig. 25.6 B**)). Mascelle e labium e relative appendici possono essere più o meno modificate per assolvere a funzioni lambenti (diversi sinfiti nutrendosi di nettare), ma non presentano mai le specializzazioni che si osservano tra alcuni Apocrita e in particolare negli Apoidea.

La venulazione delle ali è del tipo più generalizzato tra gli Hymenoptera (**Fig. 25.6 C**). Nei Symphyta riuniti nelle superfamiglie Xyeloidea, Pamphilioidea e Tenthredinoidea, comprendenti la maggioranza delle specie, le protibie hanno due speroni apicali, a differenza degli Apocrita e dei Symphyta delle restanti cinque famiglie, denominate collettivamente 'Unicalcarida' (= con uno sperone).

Distintiva è, almeno nella maggioranza dei casi, la conformazione dall'apparato riproduttore femminile, in particolare per quanto concerne l'ovodeposizione. Delle tre paia di valve di cui è costituito l'ovopositore, del tutto peculiare è il paio più interno (valve prime), conformate a sega (**Fig. 25.6 D**); con esse, infatti, la femmina pratica nei tessuti verdi della pianta ospite delle incisioni, in ciascuna delle quali deporrà poi un singolo uovo, più protetto di quanto non sarebbe se deposto sulla superficie. Tale conformazione delle valve prime si osserva in tutti i membri della superfamiglia dei Tenthredinoidea, dunque nella gran maggioranza dei Symphyta. Del tutto diverso è l'ovopositore dei sinfiti con larve xilofaghe (Siricidae e Xiphydriidae) e in quei pochi che si sviluppano come parassitoidi (Orussidae).

L'apparato copulatore maschile ha un'architettura complessa ma solidale nelle sue parti, formanti una struttura detta capsula genitale. Salvo un pezzo impari, l'anello basale, la capsula conserva una configurazione bilaterale in ogni sua parte; lo stesso edeago è sempre costituito da due valve distinte (*valvae penis*), mai fuse tra loro in una struttura unica.

La quasi totalità dei Symphyta ha costumi alimentari fitofagi allo stadio larvale (fa eccezione, come si è detto, la famiglia degli Orussidae, i cui rappresentanti sono parassitoidi di coleotteri xilofagi), e in ciò si differenziano dalla maggioranza degli Apocrita. La fitofagia si esplica perlopiù all'esterno della pianta, in genere a carico degli apparati fogliari, ma esistono diverse forme larvali endofite: xilofaghe, carpofaghe e principalmente minatrici. Ciò si rispecchia nella morfologia: la grande maggioranza dei Symphyta ha larve eruciformi (**Fig. 25.6 E**), molto simili a quelle dei Lepidoptera, da cui si distinguono per avere l'addome munito di pseudozampe già a partire dal II urite (nei lepidotteri le pseudozampe si osservano solo a partire dal III). Altre larve di Symphyta (principalmente quelle a regime alimentare xilofago) sono invece del tutto prive di pseudozampe e altre ancora, ad esempio quelle delle forme minatrici, hanno pseudozampe più o meno atrofizzate.

Allo stadio adulto i sinfiti sono perlopiù pollinivori e/o nettariifagi, e pertanto visitatori di fiori e infiorescenze; talvolta si nutrono di linfa elaborata, tramite incisioni praticate con le mandibole (come in alcuni Cimbicidae); quasi nessuno è propriamente fillofago. Al contrario, gli adulti di diverse specie di Tenthredinidae hanno una spiccata tendenza ad una dieta carnivora a carico di altri insetti, e in alcuni casi risultano anche predatori piuttosto specializzati.

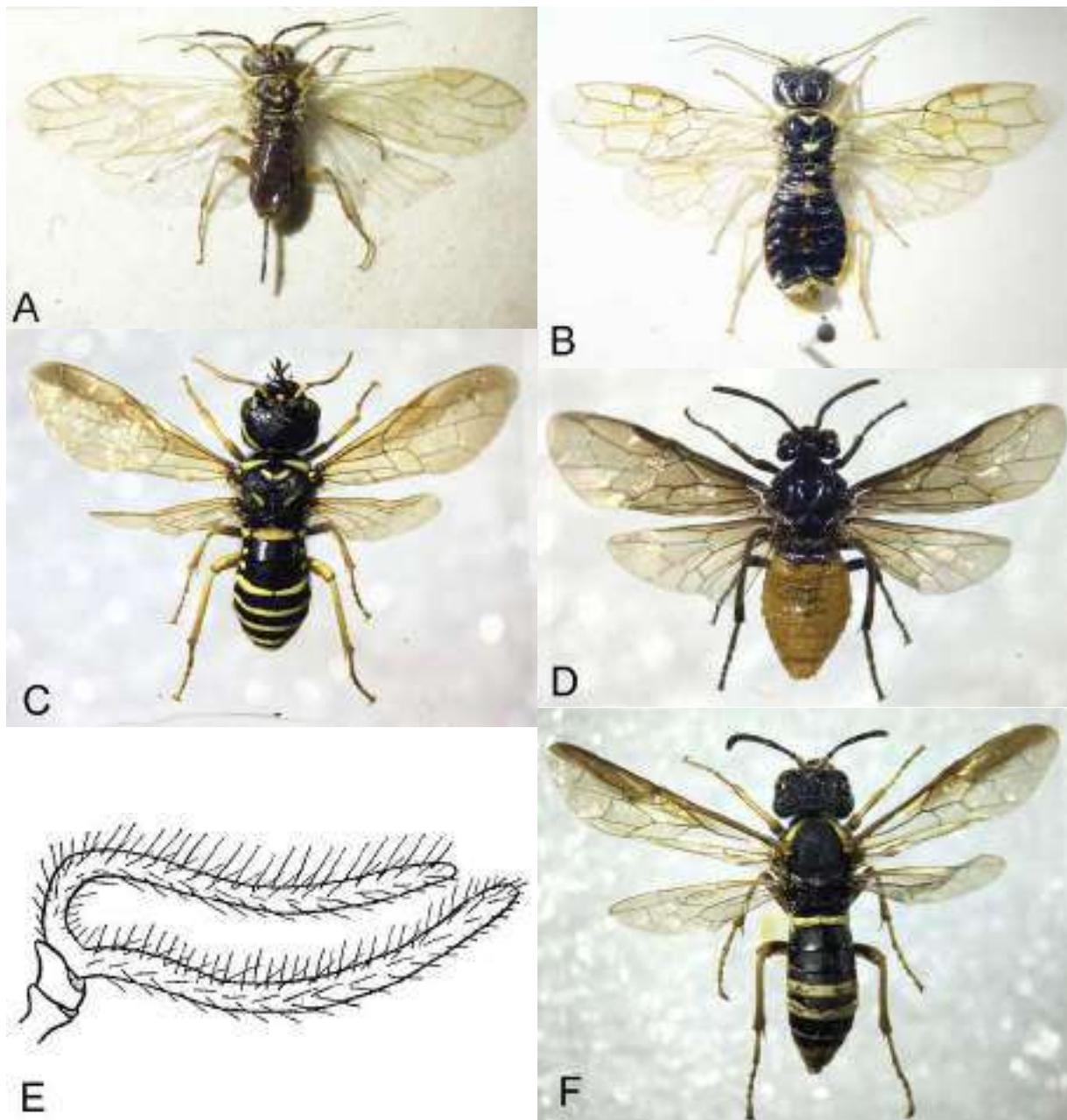


Fig. 25.7 Hymenoptera, Symphyta, adulti: (A) *Xyela curva* (Xyelidae), femmina; (B) *Pamphilius pallipes* (Pamphiliidae), femmina; (C) *Megalodontes panzeri* (Megalodontesidae), femmina; (D) *Arge pagana* (Argidae), femmina; (E) antenna di un maschio di Argidae della sottofamiglia Sterictiphorinae (gen. *Aprosthema*); (F) *Tenthredo vespa* (Tenthredinidae), femmina.

Xyelidae. La famiglia include le forme filogeneticamente più vicine alla radice di tutti gli Hymenoptera. Sono insetti minuti, lunghi in genere 2,5-3 mm, di colore grigio o bruno con parti giallognole. Se ne contano 85 specie in 8 generi, circoscritte alla Macroregione Olearctica. Caratteristica degli Xyelidae (Fig. 25.7 A) è la conformazione delle antenne, con il III antennero molto robusto, derivante dalla fusione di più antenneri (sinantennero) e con i restanti articoli formanti un esile filamento. Le femmine hanno un ovopositore vistosamente sporgente dall'estremità dell'addome. Le larve sono sub-eruciformi (con pseudozampe piuttosto rudimentali); quelle di tutte le specie europee si sviluppano su conifere, nutrendosi del polline dei coni maschili.

Pamphiliidae. Altra famiglia a distribuzione quasi esclusivamente olartica, di discreta consistenza numerica (300 specie in 10 generi), i cui rappresentanti sono di dimensioni medie o medio-grandi (7-18 mm) e variamente colorati, talvolta con livree appariscenti. Caratteristica dei Pamphiliidae (**Fig. 25.7 B**) (e degli affini Megalodontesidae) è la forma del capo, voluminoso e tondeggiante e munito di mandibole poderose, falciformi e con uno o due denti apicali. Le antenne sono filiformi e costituite da molti articoli (da 16 a più di 30). Le femmine hanno un addome piuttosto depresso e sono munite di un ovopositore molto piccolo, non sporgente dall'estremità dell'addome. Le larve hanno zampe toraciche gracili e sono prive di pseudozampe; si nutrono esternamente delle foglie della pianta ospite, che può essere una conifera (sottofamiglia Cephalciinae) o una latifolia (sottofamiglia Pamphiliinae); nel primo caso, specialmente se gregarie, esse si ricoverano all'interno di involucri di seta, nel secondo caso entro una foglia tagliata ad arte e arrotolata. Molte specie, soprattutto delle Cephalciinae, sono temibili defogliatori capaci di arrecare danni disastrosi alle foreste (**Cephalcia arvensis* a carico di *Picea abies*, **Acantholyda posticalis pinivora* a carico di *Pinus* spp.; tra le Pamphiliinae è nota **Neurotoma saltuum* per i danni arrecati ai peri (*Pyrus communis*). Gli adulti sono poco specializzati dal punto di vista alimentare.

Megalodontesidae. Piccola famiglia (37 specie, tutte paleartiche, in un solo genere, *Megalodontes*: **Fig. 25.7 C**) di sinfiti strettamente imparentati con i Pamphiliidae; ne differiscono per le antenne corte e spesse, seppure costituite da molti antennomeri (da 13 a circa 30), e con articoli del flagello muniti di un processo distale da corto e digitiforme a lunghissimo e spatuliforme. Diversi sono anche la colorazione, nera con macchie e bande gialle a somiglianza delle vespe, gli habitat (da aridi a subdesertici nella maggioranza delle specie e, in Europa, esclusivamente montani) e i regimi alimentari delle larve e degli adulti: le prime si nutrono delle foglie di dicotiledoni erbacee, tipicamente Apiacee, senza fabbricare involucri di sorta; i secondi si nutrono avidamente di nettare di dicotiledoni di varie famiglie (Apiacee, ma anche Asteracee, ecc.), avendo un apparato boccale piuttosto specializzato per la suzione.

Argidae. Con gli Argidae inizia la trattazione delle famiglie ascritte ai Tenthredinoidea. La famiglia ha una distribuzione cosmopolita e conta poco meno di 1.000 specie in 60 generi, che ne fanno la seconda del sottordine per grandezza. È suddivisa in 6 o 7 sottofamiglie di cui 2 presenti in Europa e in Italia (Arginae e Sterictiphorinae). Gli Argidae sono sinfiti di dimensioni da medio-piccole a medie (3,5-15 mm) con colori alquanto vari, talora vistosi (frequenti il blu metallico e il rosso corallo). Caratteristica esclusiva di questa famiglia sono le antenne costituite da tre soli antennomeri, i due basali più un unico articolo flagellare, tutt'al più subclavato nelle femmine (**Fig. 25.7 D**), allungato e munito di ciglia nei maschi, e in quelli delle Sterictiphorinae alquanto modificato (a forma di 'diapason') (**Fig. 25.7 E**). L'ovopositore in genere è di forma piuttosto tozza, ma in diverse specie ha forma di forcipe o di tenaglia (così in **Arge berberidis* tra le specie italiane). Le valve prime, in forma di sega, come pure la morfologia delle larve, eruciformi, sono dello stesso tipo comune alla gran parte dei sinfiti e in particolare della superfamiglia Tenthredinoidea. Le larve si nutrono delle foglie di svariate dicotiledoni, sia erbacee sia arbustive ed arboree; alcune specie sono molto comuni (**Arge cyanocrocea*, **A. melanochra*) e anche dannose alle coltivazioni e alle alberature: ad esempio **Arge ochropus* (anticamente *A. rosae*) dannosa ai rosai e **Aproceros leucopoda* agli olmi (*Ulmus* spp.),

Pergidae. I pergidi sono probabilmente i più interessanti tra i sinfiti per quanto riguarda l'etologia e anche per la diversità delle forme, ma sono del tutto estranei alla fauna europea. La famiglia è in sostanza un gruppo gondwaniano circoscritto alle regioni australiana e neo-

tropicale (con un solo genere esteso a quella nearctica) e conta all'incirca 450 specie in 60 generi ripartiti in ben 14 sottofamiglie; molto varie sono le dimensioni (da 3 a 25 mm) come pure la corporatura e le colorazioni, anche molto appariscenti tanto negli adulti come nelle larve. Molte di queste larve conducono vita gregaria e talune, come le uova, sono accudite dalle genitrici. Estremamente varie sono le piante di cui si nutrono. Le larve delle diverse specie di *Perga* (genere esclusivo dell'Australia, che comprende i pergidi di maggiori dimensioni) si nutrono tutte di foglie di *Eucalyptus* spp.

Tenthredinidae. Sono una delle grandi famiglie di Hymenoptera (**Fig. 25.7 F**) e quella di maggior successo tra tutti i Symphyta ed hanno distribuzione cosmopolita (nella regione australiana sono però presenti con pochissime specie) con una diversità particolarmente elevata nella Macroregione Olartica e nella Regione Orientale; in tutto contano poco meno di 6.000 specie in circa 400 generi. Hanno dimensioni da piccole a medio-grandi (2,5-20 mm) con forme e colori quanto mai vari, anche molto vistosi in alcune specie tropicali. La gran maggioranza delle specie ha antenne formate da 9 antennomeri, benché in altre il numero possa variare da 8 a un massimo di 26; le antenne sono da setiformi a filiformi a subclavate, ma non mancano tipi ramificati o a flabello. L'apparato boccale è sempre masticatore talora un poco modificato per la suzione; soprattutto nel grande genere *Tenthredo* si osservano invece vari adattamenti riferibili alla specializzazione alla predazione di altri insetti: occhi composti grandi e sporgenti, mandibole asimmetriche ed eterodonti, cioè con 'dentelli' variamente conformati ed adatti al taglio o ad altre funzioni. L'ovopositore ha le dimensioni e forme più varie, ma quasi sempre sporge di poco dall'estremità dell'addome; anche qui le valve prime hanno sempre la tipica conformazione a 'sega'. Le larve dei tentredinidi si nutrono dei più svariati tipi di vegetali, compresi i muschi, le felci e gli equiseti; molte sono legate alle conifere o alle latifoglie, moltissime alle dicotiledoni erbacee o arbustive o alle monocotiledoni, comprese molte piante velenose. Nella maggioranza dei casi si nutrono esternamente delle foglie, ma esistono molte forme endofite: minatrici, come tutti i minuscoli Fenusini e Heterarthrini, o carpofaghe (soprattutto nei frutticini come le specie del genere *Hoplocampa*) o all'interno delle gemme o ancora in galle prodotte all'atto dell'ovodeposizione come, tipicamente, le specie di *Pontania* (oggi sottogenere di *Euura*); nessuna è xilofaga, anche se alcune per impuparsi possono scavare gallerie nel legno di rametti. Morfologicamente le larve presentano vari adattamenti, ma la gran maggioranza è eruciforme con o senza verruche, 'spine', produzioni cerose ecc.; alcune sono molto colorate. Gli adulti compaiono in primavera, piuttosto precocemente; alcune specie sono bi- o polivoltine. Nella maggioranza dei casi i tentredinidi amano luoghi freschi e umidi e gli adulti sono attivi quasi soltanto con il sole, mentre diverse larve sono attive nelle ore notturne. Negli ambienti disturbati la loro diversità si riduce rapidamente. Tra le specie più comuni e caratteristiche sono da ricordare diverse *Athalia*, tra cui *A. rosae* (già denominata *A. colibri*), molte specie di *Dolerus* (neri o neri e rossi), il verdissimo *Rhogogaster scalaris* (più noto come *R. viridis*), le comunissime *Tenthredo brevicornis* e *T. notha* dei prati di montagna e l'elegante e comunissima *Macrophya montana*. Con l'eccezione delle già ricordate *Athalia*, che sono dannose a colture orticole, le specie di interesse agrario però sono altre e in genere di aspetto poco appariscente: molte sono di interesse propriamente forestale, come *Tomostethus nigrinus* o le specie con larve minatrici, che risultano dannosi a latifoglie, o come diverse *Pristiphora*, che attaccano sia latifoglie sia aghifoglie, o ancora come le citate *Hoplocampa* e alcune *Caliroa*, dannose agli arboreti da frutto.

Diprionidae. Di mediocre entità, con 140 specie in 11 generi, ripartiti in due sottofamiglie, Monocteninae e Diprioninae, e circoscritta alla Macroregione Olartica. I diprionidi sono insetti di piccole-medie dimensioni (5-11 mm), di forma molto tozza nelle femmine e di colore nero

e giallo o aranciato in varie proporzioni. Hanno antenne con numerosi antennomeri (da 17 a 32) diversamente conformate nei due sessi: nelle femmine filiformi, ma molto corte (**Fig. 25.8 A**), nei maschi più lunghe e a pettine (**Fig. 25.8 B**). Per il resto non differiscono molto dai Tenthredinidae. Tutti i diprionidi si sviluppano a spese di conifere, sia cupressacee (le Monocteninae) sia pinacee, soprattutto *Pinus* spp. (le Diprioninae). Le larve delle Diprioninae sono spesso gregarie e risultano talvolta distruttive. Da ricordare in particolare **Neodiprion sertifer*.

Cimbicidae. Interessante famiglia che conta 190 specie in 15 generi, ripartiti in quattro sottofamiglie. Sono sinfiti da piccoli a molto grandi: 4,5-28 mm; alcune specie del genere *Cimbex* sono tra i sinfiti di dimensioni e aspetto più imponente. Hanno anche colori spesso appariscenti, metallici nelle *Abia*, variegati nelle *Cimbex* sia allo stadio adulto che larvale; la forma è sempre piuttosto tozza nelle femmine, robusta e con zampe e mandibole poderose nei maschi di *Cimbex*. Come già accennato, questi insetti sono in grado di nutrirsi di linfa elaborata di piante legnose tramite incisioni praticate con le mandibole. Caratteristica della famiglia è la forma delle antenne, di 6-7 antennomeri e sempre terminanti a forma di clava (**Fig. 25.8 C**). I cimbicidi si sviluppano a spese di varie dicotiledoni sia erbacee (le piccole *Corynis* e alcune *Abia*) che arbustive e arboree; le larve di *Cimbex* e generi affini (sottofamiglia Cimbicinae) si impupano in un bozzolo che rimane attaccato a un rametto della pianta ospite.

Cephalidae. I Cephalidae fanno parte del gruppo di famiglie di Symphyta in cui le protibie hanno un solo sperone apicale, come in quasi tutti gli Apocrita, e che per questo sono denominate collettivamente ‘Unicalcarida’. I Cephalidae hanno una distribuzione sub-cosmopolita (sono assenti dalla Regione Neotropica) e contano 165 specie ripartite in 24 generi. Sono gli unici sinfiti mancanti dei cenci sul metascuto e sono facilmente riconoscibili per la corporatura in genere molto slanciata (**Fig. 25.8 D**), il capo globoso e le antenne molto lunghe di 16-30 articoli, talvolta subclavate. Nelle femmine l’ovopositore è sempre ben sporgente dall’estremità dell’addome senza avere mai, peraltro, l’aspetto di vera e propria “terebra”. Tutte le larve sono endofite entro fusti, rametti o culmi di angiosperme e risultano talvolta dannose alle colture agricole: **Janus compressus* al pero (*Pyrus communis*), **Cephus pygmaeus* e **Trachelus tabidus* a colture cerealicole. Gli adulti sono comuni visitatori di fiori e infiorescenze.

Siricidae. Pur essendo numericamente una famiglia di modesta entità (130 specie in 11 generi, ripartiti in due sottofamiglie, Siricinae e Tremicinae), comprendono alcuni dei sinfiti più conosciuti per le grandi dimensioni (in genere 20-35 mm, ma fino a 45 mm) e le peculiari abitudini di vita. Sono presenti in tutte le regioni zoogeografiche. Hanno corpo cilindrico piuttosto slanciato (**Fig. 25.8 E**), antenne di 12-30 antennomeri, da corte e spesse (nelle *Tremex* spp.) a lunghe e filiformi (nelle Siricinae); le femmine hanno tutte un ovopositore alquanto sporgente dall’estremità dell’addome (“terebra”), talvolta molto lungo e simile a quello di certi icneumonidi, con il quale perforano il legno di conifere (le Siricinae) o di latifoglie (le *Tremex*); in alcune *Sirex* vi sono associate delle ghiandole velenifere. Le larve dei siricidi, apode, si sviluppano nel legno morto di alberi deperenti o caduti o in cataste, ma non sono propriamente xilofaghe quanto, in buona parte, micetofaghe, come risultato di particolarissimi rapporti simbiotici con certi funghi saproxilici. Le femmine di questi imenotteri infatti sono dotate, alla base dell’addome, di speciali “tasche” (micetangi) (**Fig. 25.8 F**) contenenti le spore del fungo simbionte, che introdurranno nel legno all’atto dell’ovodeposizione; il micelio fungino, sviluppandosi nelle gallerie scavate dalla larva, costituirà una parte fondamentale della dieta di quest’ultima. I siricidi più comuni, come **Urocerus gigas* o la blu metallica **Sirex juvencus*, risultano talvolta dannosi al legname in opera; non sono invece dannosi in alcun modo alle foreste, di cui semmai contribuiscono al rinnovamento.

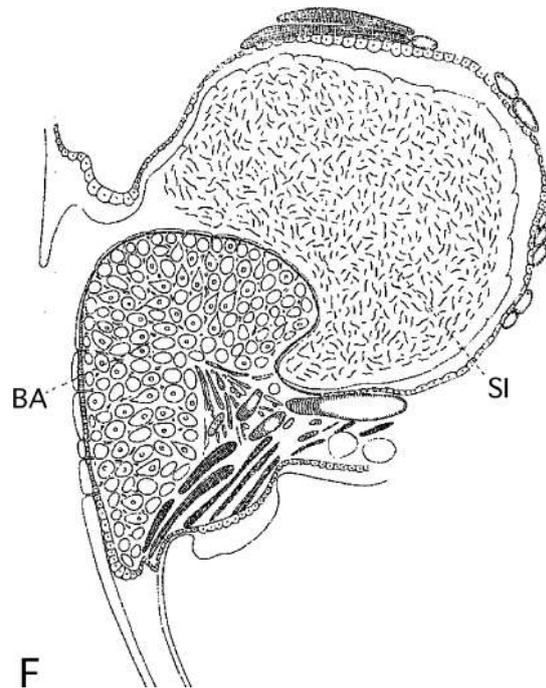
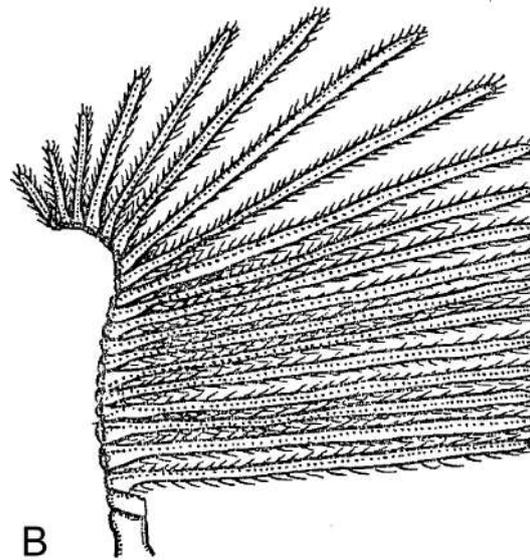
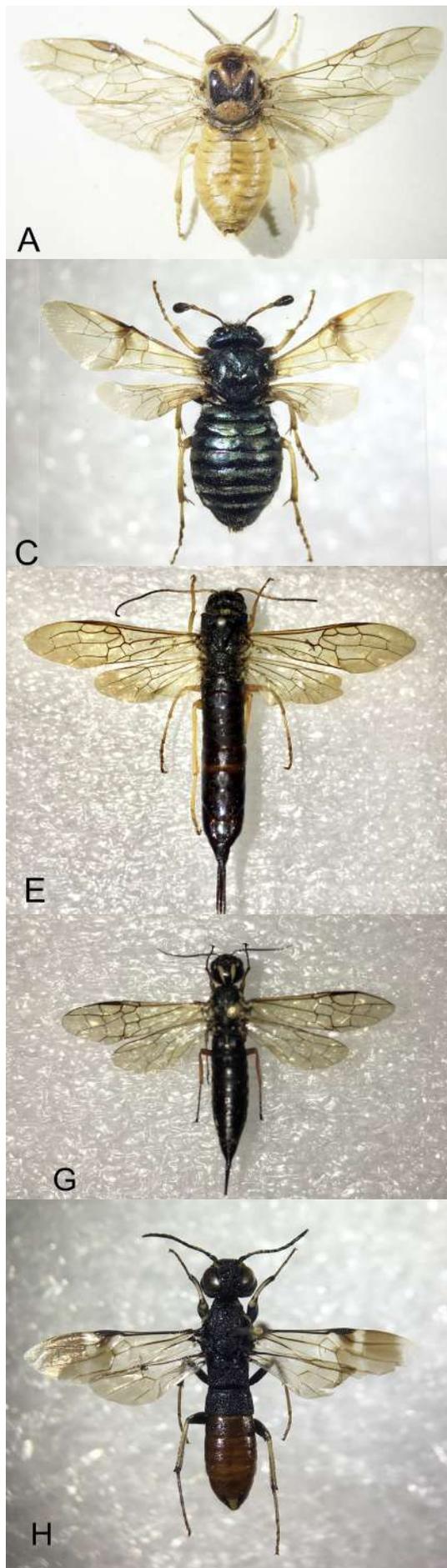


Fig. 25.8 Hymenoptera, Symphyta, adulti: (A) **Gilpinia socia* (Diprionidae), femmina; (B) antenna di un ♂ di Diprionidae della sottofamiglia Monocteninae (**Monoctenus juniperi**); (C) **Abia fulgens* (Cimbicidae), femmina; (D) *Calameuta idolon* (Cephidae), femmina; (E) **Sirex juvencus* (Siricidae), femmina; (F) sezione sagittale di un sacco intersegmentale (micetangio) dell'addome di una femmina di *Sirex* contenente le spore del fungo simbiote (SI sacco intersegmentale; BA base dell'addome); (G) **Xiphydria camelus* (Xiphydriidae), femmina; (H) **Orussus unicolor* (Orussidae), femmina.

Xiphydriidae. Per molti aspetti affini ai Siricidae, ma in media di taglia più piccola (10-20 mm), gli Xiphydriidae contano 150 specie in circa 30 generi ripartiti in due sottofamiglie, Derecyrtinae (non rappresentate in Europa) e Xiphydriinae, e sono presenti in tutte le regioni zoogeografiche tranne quella Afrotropicale. Caratteristico è il capo globoso che sembra sorretto su una sorta di “collo” (**Fig. 25.8 G**); le femmine hanno un robusto ovopositore a forma di sciabola, in genere alquanto sporgente dall'estremità dell'addome, con cui perforano il legno di varie latifoglie. Anch'essi, come i siricidi, hanno sviluppato rapporti di simbiosi con funghi saproxilici che farebbero anche parte della dieta delle larve, le quali sono però principalmente xilofaghe.

Orussidae. Del tutto atipici tra i Symphyta per la loro biologia, sono gli unici non fitofagi allo stadio larvale bensì parassitoidi di coleotteri xilofagi o più raramente di siricidi. Studi filogenetici recenti riconoscono a questa famiglia affinità filogenetiche più strette con gli Apocrita e suggeriscono di unirla con quest'ultimi in un taxon Euhymenoptera. Come gli Stephanidae tra gli apocriti, gli Orussidae (**Fig. 25.8 H**) hanno un capo globoso munito sul vertice di una corona di “dentelli”, antenne inserite al di sotto del bordo inferiore degli occhi e, le femmine, un lunghissimo ovopositore che però negli Orussidae, a riposo, è nascosto all'interno dell'addome; in entrambe le famiglie, inoltre, si osserva una notevole riduzione della venulazione alare. Gli Orussidae sono presenti in tutte le regioni zoogeografiche con 90 specie in 17 generi; hanno piccole o medie dimensioni (3-15 mm), colorazioni varie (da nera a nera e rossa a metallica in tutto o in parte), un volo rapido e comportamenti elusivi che li rendono difficilmente osservabili; la specie più frequente in Italia è **Orussus abietinus*.

Sottordine Apocrita

I membri di questo sottordine sono caratterizzati principalmente dall'avere il secondo segmento dell'addome (peziolo), tranne qualche eccezione in alcune minute specie di Chalcidoidea, più ristretto del primo segmento dell'addome (propodeo), ciò che conferisce maggiore mobilità all'addome apparente o metasoma. Il metanoto non porta cenci. L'ovopositore (**Fig. 25.5 A**) è relativamente sottile e di varia lunghezza, in alcune specie anche più lungo del corpo, con ghiandole annesse che secernono liquidi utilizzati per paralizzare gli ospiti o uccidere le prede.

Le larve sono apode, con capo sovente ridotto e con strutture endoscheletriche alle quali sono articolate solo le mandibole. La maggiore diversità nella forma e struttura si registra nelle larve di primo stadio (**Fig. 25.9**), mentre gli stadi larvali intermedi e finali sono meno specializzati. I tipi polipodiforme, allungato, con processi addominali sul ventre detti pseudopodi, presente in alcuni cinipoidei e proctotrupoidei, e il tipo ciclopiforme, con cefalotorace molto più largo dell'addome, che termina con 4 processi spinosi (tipico dei platigastroidei), sono le larve di primo stadio che presentano le peculiarità più vistose. Le larve di ultimo stadio o mature sono in larghissima maggioranza di tipo imenotteriforme, cioè fusiformi od ovoidali, con segmentazione poco differenziata, prive di appendici locomotorie, con sistema respiratorio aperto (pneustico), cioè con sistema tracheale provvisto di 8-10 paia di stigmi, o chiuso (apneustico). La larva matura cessa di alimentarsi e si accinge a subire la trasformazione in pupa (**Fig. 25.10**), stadio immobile o capace di limitati movimenti e afago, che può essere libera o racchiusa in un bozzolo. Le larve sono carnivore, raramente onnivore o fitofaghe. Gli Apocrita includono numerose famiglie di parassitoidi di altri insetti o gruppi affini, ma anche insetti più popolari come formiche, vespe e api, in entrambi i casi raggruppate in alcune superfamiglie.

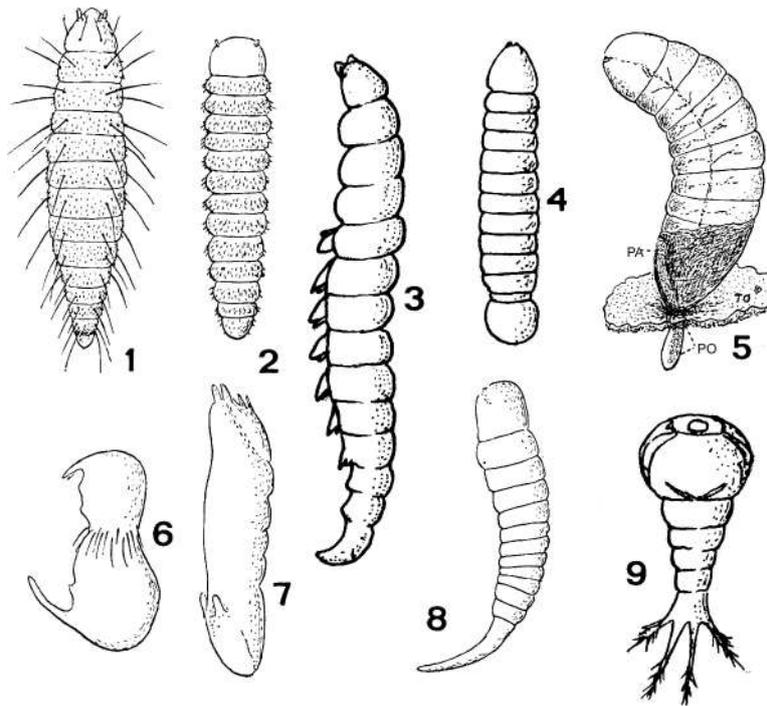


Fig. 25.9 Hymenoptera: tipi di larve di prima età.

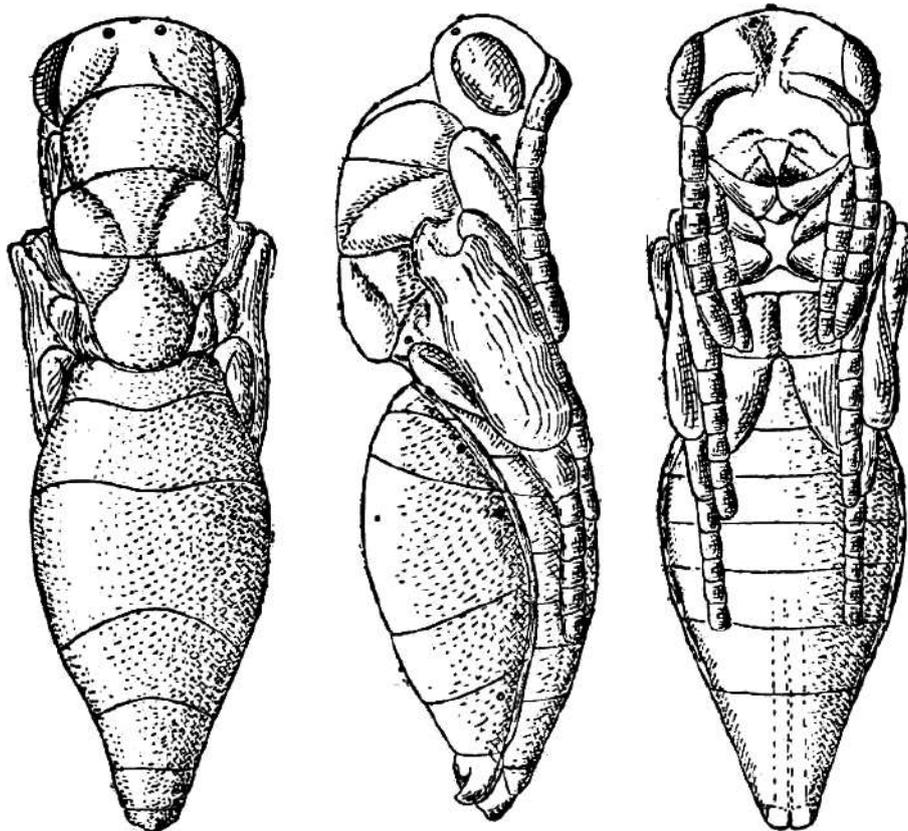


Fig. 25.10 Hymenoptera: pupa di *Eurytoma striolata* (Eurytomidae).

Nel vasto insieme di famiglie di parassitoidi, gli adulti di solito si nutrono di liquidi zuccherini che trovano su vegetali o nell'ambiente; tuttavia, le femmine di alcune specie usano arricchire la loro dieta alimentare praticando con l'ovopositore delle punture, dette di

alimentazione, sugli ospiti e suggerne gli umori che ne fuoriescono (host feeding degli autori anglofoni). Le femmine neosfarfallate possono possedere già tutta la carica ovarica disponibile (preovigeniche) o maturare scolarmente le uova nel corso della loro vita (sinovigeniche). La longevità degli adulti, in genere più breve nei maschi, può essere di pochi giorni o di vari mesi. Lo sviluppo larvale, invece, avviene a spese degli stadi degli ospiti parassitizzati (uova, stadi giovanili, adulti). Le uova sono deposte sull'ospite dagli ectoparassitoidi o negli ospiti dagli endoparassitoidi e le larve sono ectofaghe nel primo caso ed endofaghe nel secondo. Non mancano casi di sviluppo larvale ecto-endofago o endo-ectofago. Il risultato finale della parassitizzazione è il consumo totale o parziale dell'ospite e la sua morte. I parassitoidi sono classificati in termini biologici come:

- primari, se gli stadi larvali si sviluppano in un ospite fitofago
- secondari o iperparassitoidi, se lo sviluppo larvale avviene in uno stadio di un parassitoide primario o di categoria superiore
- solitari, se in un individuo ospite si sviluppa un solo parassitoide
- gregari, se in un individuo ospite si sviluppano più parassitoidi
- poliembrionici, se più individui (anche diverse centinaia) sono originati da un solo uovo deposto nell'uovo dell'ospite
- idiobionti, se si sviluppano e raggiungono la forma adulta nello stesso stadio dell'ospite nel quale hanno ovideposto
- coinobionti, se si sviluppano e raggiungono la forma adulta in stadi diversi dell'ospite nel quale hanno ovideposto
- a ciclo sincrono, se il loro ciclo biologico ha durata simile a quella dell'ospite
- a ciclo asincrono, se il loro ciclo biologico ha diversa durata di quella dell'ospite
- monofagi o specifici, se parassitizzano una sola specie
- oligofagi, se parassitizzano poche specie
- polifagi, se parassitizzano numerose specie
- permanenti, se il rapporto con l'ospite è costante nel corso dell'anno
- temporanei, se il rapporto con l'ospite è limitato ad alcuni periodi dell'anno
- accidentali, se il rapporto con l'ospite è casuale.

Non mancano tra le superfamiglie di parassitoidi anche delle specie fitofaghe, come negli Agaonidae, Eulophidae, Eupelmidae (*Eupelmus spermophilus*), Eurytomidae e Torymidae, alcune delle quali di notevole interesse agrario.

Negli apocriti aculeati sono raggruppate specie con caratteristiche morfologiche, specializzazioni biologiche e comportamenti molto diversi. In alcuni gruppi l'ovopositore si è modificato in un aculeo o pungiglione, usato per immettere nelle vittime sostanze anestetizzanti o di difesa. Rilevante è l'organizzazione sociale di Formicidae, Vespidae ed Apidae.

Superfamiglia Trigonaloida

Trigonalidae (Fig. 25.11 A, B). Piccola famiglia cosmopolita di imenotteri parassitoidi, che comprende circa 120 specie, di cui una, **Pseudogonalos hahnii*, presente in Italia. La lunghezza del corpo varia da 3 a 15 mm. Nell'aspetto generale, alcune specie ricordano gli icneumonidi e altre, più robuste, alcuni crabronidi. Si distinguono per le antenne relativamente lunghe (con più di 18 antennomeri e nella femmina con setole specializzate sui flagellomeri mediani), per la venatura alare caratteristica, per le mandibole tozze e spesso asimmetriche, dotate di 3-5 denti, e per i tarsi lobati e con artigli bidentati. La femmina ovidepone migliaia di piccole

uova sulle foglie di una pianta o in incisioni praticate su organi verdi. Le uova non schiudono fino al momento in cui non vengono accidentalmente ingerite da un bruco di lepidottero o di imenottero sinfita, già precedentemente parassitizzato da un altro endoparassitoide; a quel punto, le larve di trigonalide si fanno strada nel tratto digestivo del bruco in cerca della larva del parassitoide primario, solitamente un imenottero icneumonide o un dittero tachinide. Le larve di trigonalide sono mandibolate e si decimano a vicenda finché non ne sopravvive solamente una; una volta penetrata all'interno dell'endoparassitoide, lo sviluppo della larva si completa quando il parassitoide primario si impupa; l'adulto di trigonalide emerge infine dal bozzolo dell'icneumonide o dal pupario del tachinide. Nel caso in cui il bruco che ha ingerito le uova di trigonalide finisca preda di vespidi solitari o sociali, il trigonalide può svilupparsi come endoparassitoide della larva del vespidi nel suo nido, una volta che questa, nutrendosi del bruco, ingerisce accidentalmente anche la larva del parassitoide. Alcune specie australiane sono note, infine, come parassitoidi primari di larve di imenotteri sinfiti.

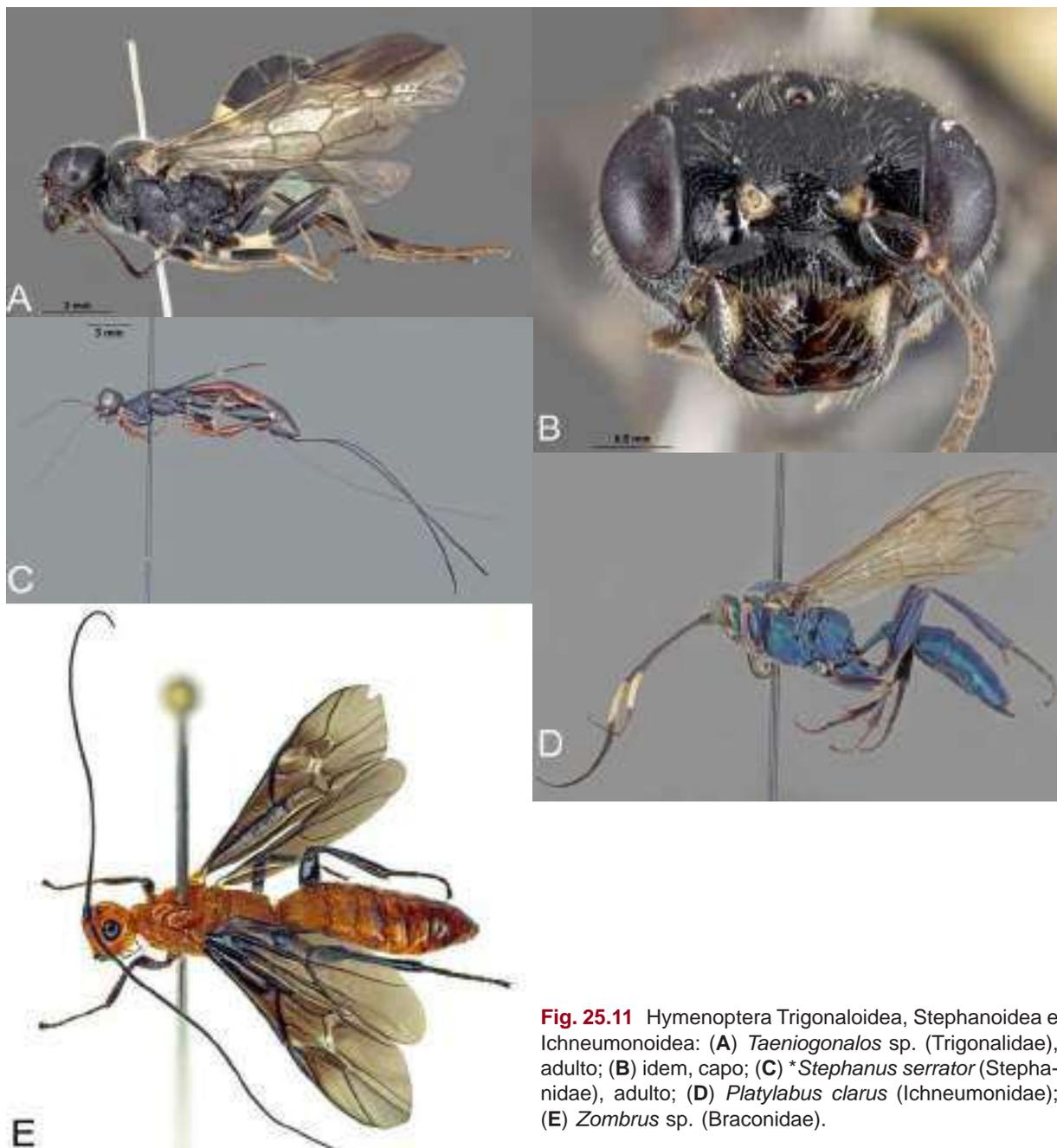


Fig. 25.11 Hymenoptera Trigonaloidea, Stephanoidea e Ichneumonoidea: (A) *Taeniogonalos* sp. (Trigonalidae), adulto; (B) idem, capo; (C) **Stephanus serrator* (Stephanidae), adulto; (D) *Platylabus clarus* (Ichneumonidae); (E) *Zombrus* sp. (Braconidae).

Superfamiglia Stephanoidea

Stephanidae (Fig. 25.11 C). Si tratta di una famiglia relativamente poco numerosa e cosmopolita di imenotteri parassitoidi, che include circa 365 specie descritte. La maggior parte della diversità del gruppo è concentrata nelle aree tropicali e subtropicali. In Italia sono presenti solo due specie, **Stephanus serrator* e **Megischus anomalipes*. Sono di solito di dimensioni medio-grandi, fino a 35-40 mm, ovopositore escluso. Il nome della famiglia (dal termine greco *στέφανος* corona) si riferisce alla presenza di una serie di piccole protuberanze (3-5) disposte a semicerchio o a cerchio attorno all'ocello centrale (caratteristica presente anche negli Orussidae). Gli stefanidi presentano pronoto più o meno modificato, femori posteriori allargati e dotati di denti nella parte ventrale, tibie posteriori allargate all'apice e primo tergite addominale cilindrico e spesso estremamente allungato. Le poche specie di cui si conosce la biologia si sviluppano come parassitoidi idiobionti solitari di larve xilofaghe; gli adulti sono spesso rinvenuti intorno a tronchi o rami di alberi morti, colonizzati da larve di coleotteri xilofagi ma non ancora infestate da funghi; gli ospiti noti appartengono principalmente alle famiglie Buprestidae e Cerambycidae, ma sono riportati casi di parassitismo a spese anche di coleotteri curculionidi, imenotteri sinfiti come i siricidi o api solitarie legnicole.

Superfamiglia Ichneumonoidea

Ichneumonidae (Fig. 25.11 D). Gli icneumonidi sono uno dei gruppi con la maggiore diversità in specie tra gli imenotteri e probabilmente uno dei più grandi tra gli insetti. Sono state descritte più di 25.000 specie, a fronte di una diversità stimata che si aggira tra le 60.000 e le 100.000 specie. Presenti in tutti i continenti, ad eccezione dell'Antartide, la maggior parte della diversità conosciuta si registra nella Regione Palearctica, sebbene indagini recenti abbiano rivelato che la diversità del gruppo nelle zone tropicali sia molto più alta di quanto si ritenesse. La classificazione attuale comprende 42 sottofamiglie. Hanno dimensioni molto varie (lunghezza delle ali da 2 a 30 mm) e possono essere facilmente riconosciuti tra gli Apocrita per le lunghe antenne, solitamente suddivise in numerosi articoli antennali (con un minimo di 11-12 nelle Hybrizontinae e nelle Adelognathinae), le ali anteriori con pterostigma evidente e vene costale e radiale fuse, sterniti addominali membranosi (ad eccezione delle Agriotypinae) e zampe con trocantelli presenti. Possono essere distinti dai braconidi per la presenza, nell'ala anteriore, della seconda vena ricorrente (raramente assente o spettrale), per la prima cella discale e la prima submarginale unite in un'unica cella (tipicamente a forma di "testa di cavallo"), e per il secondo e terzo tergite addominale tipicamente separati e articolati. In alcuni gruppi sono presenti specie attere o brachittere (soprattutto nelle Phygadeuontinae). Sono ecto- o endoparassitoidi idio- o coinobionti di stadi immaturi di altri insetti olometaboli, soprattutto lepidotteri e imenotteri sinfiti, ma anche di coleotteri, ditteri e imenotteri aculeati. Alcuni gruppi presentano specializzazioni interessanti, come le Agriotypinae o gli *Apsilops* (Cryptinae) che parassitizzano larve acquatiche, rispettivamente di tricotteri e di piralidi, ovvero le specie del genere *Orthopelma* (Orthopelmatinae), specializzate su cinipidi galligeni, alcune specie del genere *Nemeritis* (Campopleginae) parassitoidi di rafidiotteri, o infine le specie di *Sphecophaga* (Cryptinae) e le Hybrizontinae, parassitoidi di imenotteri sociali (vespe e formiche rispettivamente). Diverse specie si sono specializzate nel parassitizzare ovature di ragno (Cryptinae, Phygadeuontinae, Pimplinae) o ragni adulti (Pimplinae) ed una specie del genere *Obisiphaga* (Phygadeuontinae) è riportata come parassitoide di ovature di pseudoscorpioni. Il parassitismo gregario è relativamente poco comune, mentre più diffusi sono i casi di iperparassitismo (con alcuni gruppi di iperparas-

sitoidi obbligati come Eucerotinae e Mesochorinae). L'ovodeposizione avviene solitamente nei primi stadi larvali e l'adulto emerge dalla larva o dalla pupa dell'ospite; diversi gruppi, tuttavia, si sono evoluti come parassitoidi pupali. Si conosce un unico caso, nel genere *Gelis* (Phygadeuontinae), di icneumonide parassitoide solitario di uova, a spese di una specie di crisomelidi del genere *Timarcha*.

Braconidae (Fig. 25.11 E). Con più di 20.000 specie attualmente descritte e almeno il doppio stimate, i braconidi sono verosimilmente la seconda più grande famiglia di imenotteri. Diffusi in tutti i continenti, ad eccezione dell'Antartide, la maggior parte della diversità è concentrata nelle regioni ovest Palearctica, Orientale e Neotropica. Il gruppo è suddiviso in 41 sottofamiglie, alcune di discussa valutazione. Dal punto di vista morfologico, i braconidi sono molto simili agli icneumonidi, con i quali vengono spesso confusi, per via delle lunghe antenne, della venatura alare, con la presenza di uno pterostigma evidente e delle vene costale e radiale fuse, degli sterniti addominali membranosi e delle zampe dotate di trocantelli. Le dimensioni sono variabili, da pochi millimetri a 3-4 cm. Possono essere distinti dagli icneumonidi per l'assenza nell'ala anteriore della seconda vena ricorrente (con l'eccezione del genere *Apozyx*), per la prima cella discale e la prima submarginale separate e per il secondo e terzo tergite addominale fusi. Come negli icneumonidi, sono presenti specie attere o brachittere (ad esempio, nelle sottofamiglie Alysini, Doryctini, Hormiini e Rogadiini). La maggior parte dei braconidi parassitizza lepidotteri, mentre, rispetto agli icneumonidi, sono meno numerose le specie che parassitizzano imenotteri sinfiti. Il parassitismo gregario è ampiamente diffuso, mentre non esistono braconidi iperparassitoidi e, più in generale, ad eccezione di alcune Euphorinae, sono rare le specie che attaccano imenotteri apocriti. I braconidi includono specie ecto- ed endoparassitoidi idio- e coinobionti, ma, a differenza degli icneumonidi, non ovidepongono nei bozzoli o negli stadi pupali dei loro ospiti; inoltre, ad eccezione dei rappresentanti delle sottofamiglie Alysini e Opiini, i cui adulti emergono dai pupari dei ditteri loro ospiti, nei braconidi gli adulti emergono dalla larva dell'ospite parassitizzato piuttosto che dalla pupa. Due importanti eccezioni sono rappresentate dalle Aphidiini, specializzate nel parassitizzare forme giovanili o adulti di afidi, e dalle Euphorinae, che includono specie che parassitizzano insetti adulti o stadi ninfali e/o adulti di insetti eterometaboli, come emitteri o psocotteri. Nelle Doryctini alcune specie galligene non sono parassite, ma hanno evoluto fitofagia. Infine, è da menzionare il genere *Cedria* (Lysitermini), che rappresenta uno dei pochi casi conosciuti negli imenotteri parassitoidi a mostrare cure parentali, con la femmina a guardia della progenie fino al completamento dello sviluppo e della fuoriuscita dall'ospite.

Superfamiglia Chalcidoidea

Vasto gruppo di imenotteri, principalmente parassitoidi, comprendente circa 26.000 specie descritte, incluse in 2.140 generi. Sono caratterizzati dall'aver i lobi dorso-laterali del pronoto (Fig. 25.12) che non raggiungono le tegole per la presenza di uno sclerite intermedio, il prepetto, al contrario di quanto avviene nei gruppi filogeneticamente affini dei Proctotrupeoidea e dei Cynipoidea. I Chalcidoidea hanno antenne genicolate, costituite al massimo da 13 articoli. Le ali anteriori (Fig. 25.13) sono prive di cellule alari completamente delimitate da vene, con venulazione ridotta ad un ramo che decorre lungo il margine alare anteriore, sul quale, al massimo, partendo dalla base, si distinguono le seguenti vene: subcostale, premarginale, marginale, postmarginale e stigmatica o radiale. Il disco alare può essere di ampiezza diversa e portare al margine una serie di setole di varia lunghezza, che costituiscono la frangia.

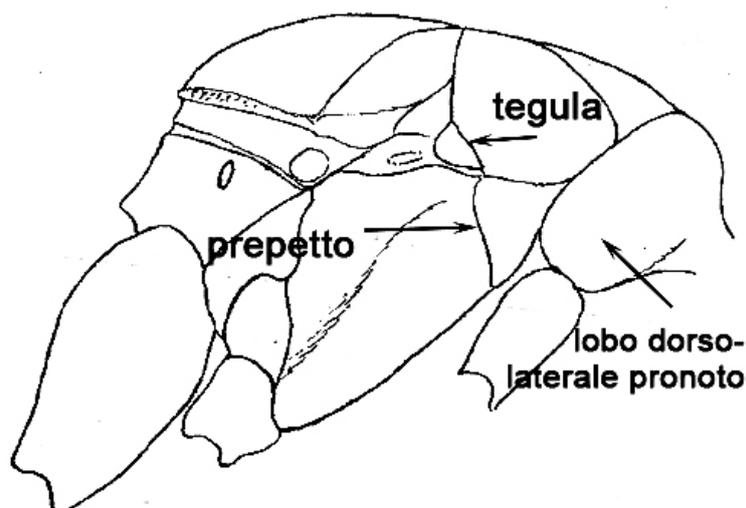


Fig. 25.12 Hymenoptera, Chalcidoidea: torace di *Torymus* sp. (Torymidae) di profilo.

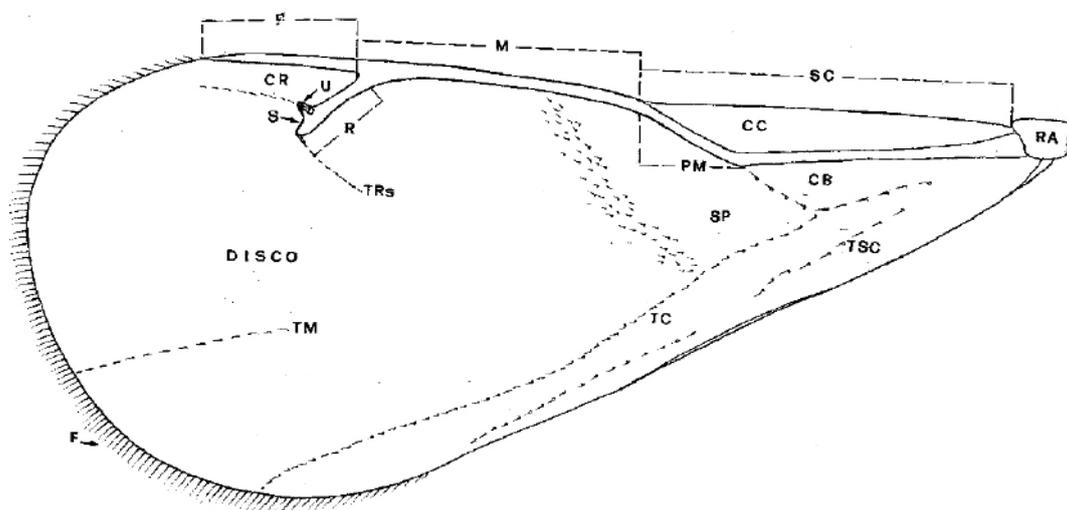


Fig. 25.13 Hymenoptera, Chalcidoidea: ala anteriore di Eulophidae.

Le ali posteriori sono strette, subtriangolari e con venulazione ridotta. Le zampe sono in genere ambulatorie, ma in alcune specie quelle mediane sono adattate al salto. Il metasoma, o gastro, può essere di varia forma, sovente ovoidale, peziolato o sessile, distalmente con piccole protuberanze dette cercoidi sulle quali sono inserite alcune setole spesso più lunghe di quelle presenti sui corrispondenti segmenti addominali, dette vibrisse. L'ovopositore ha varia lunghezza, talvolta è lungamente sporgente dall'ultimo segmento addominale. La colorazione del corpo sovente mostra riflessi metallici. Le dimensioni del corpo sono piccole o medie, variando da 0,2 a 8 mm o poco oltre. La maggioranza delle specie del gruppo è rappresentata da parassitoidi di altri insetti, raramente di aracnidi, ma in diverse famiglie (Agaonidae, Eulophidae, Eupelmidae, Eurytomidae e Torymidae) sono incluse specie fitofaghe. Numerosi Agaonidae si evolvono nei fiori di piante del genere *Ficus*. Ospiti dei calcidoidei sono insetti di quasi tutti gli ordini, principalmente emitteri, lepidotteri, ditteri, coleotteri e imenotteri. In vari gruppi si manifesta un diverso grado di specializzazione agli ospiti o ad un loro particolare stadio.

Agaonidae. Gli Agaonidae includono circa 370 specie, riferite a 21 generi. Sono caratterizzati dall'assenza, sul capo, di una carena occipitale; antenne della femmina con flagellomeri basali asimmetrici e mandibole con un'appendice a raspa, diretta posteriormente. Marcato dimorfismo sessuale, con maschi (**Fig. 25.14 A**) atteri. Le femmine presentano un lungo ovopositore sporgente dall'estremità addominale (**Fig. 25.14 B**). Il corpo è liscio o leggermente sculturato. Sono strettamente associati a piante del genere *Ficus*, sviluppandosi nei loro fiori e fungendo da impollinatori. Si riconoscono le sottofamiglie Agaoninae, Blastophaginae, Kradibiinae e Tetrapusinae. Tra le specie di maggiore interesse economico per il ruolo nella impollinazione di *Ficus carica* (che produce il comune fico commestibile) vi è **Blastophaga psenes* (**Fig. 25.14 A, B**).

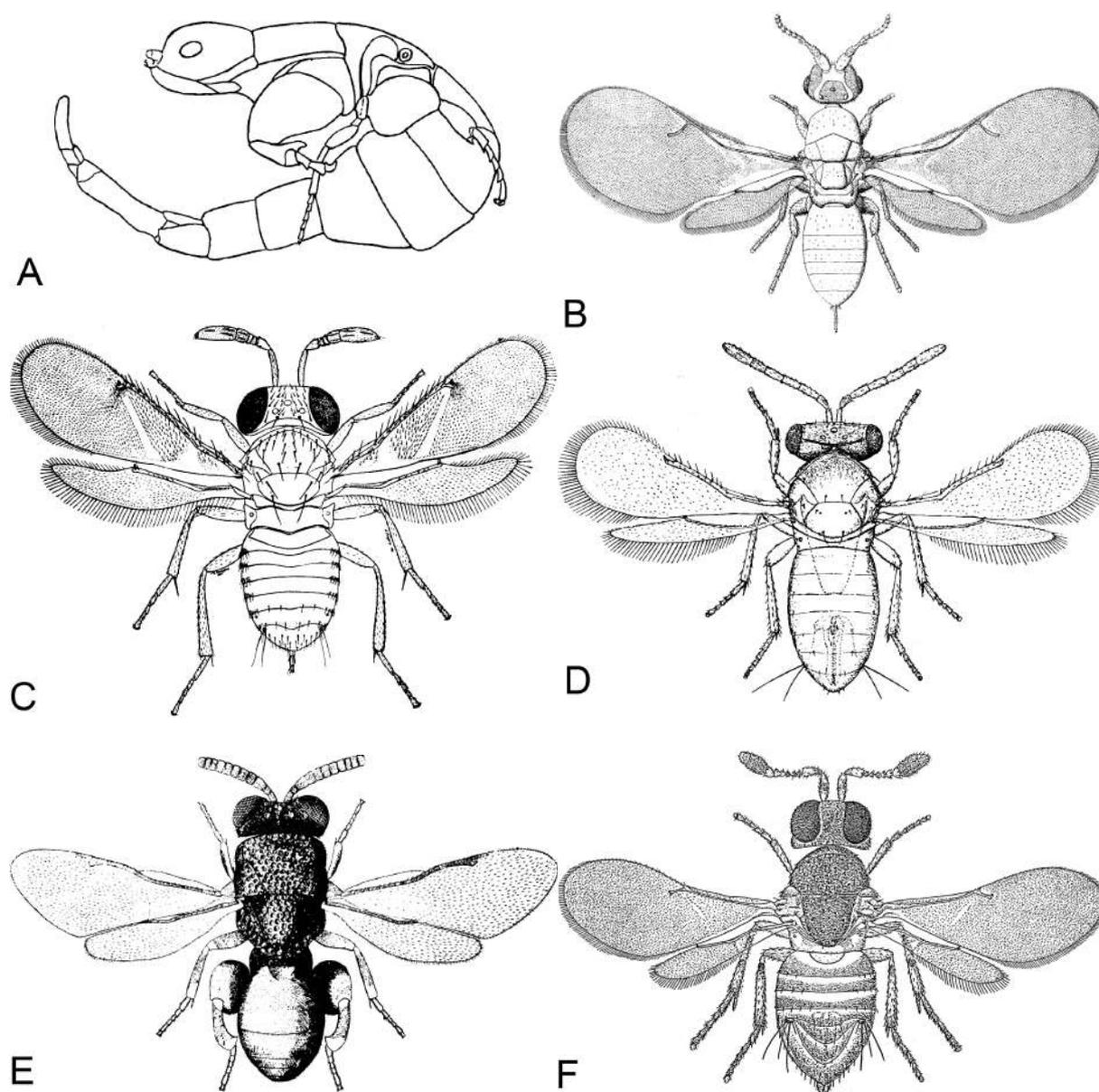


Fig. 25.14 Hymenoptera, Chalcidoidea, adulti: (A) **Blastophaga psenes* (Agaonidae), maschio; (B) idem, femmina; (C) **Aphytis diaspidis* (Aphelinidae), femmina; (D) **Encarsia lahorensis* (Aphelinidae), femmina; (E) **Brachymeria vitripennis* (Chalcididae), femmina; (F) **Metaphycus delucchii* (Encyrtidae), femmina.

Aphelinidae. La famiglia include circa 1.400 specie, mediamente lunghe 1-3 mm, e 45 generi. La non agevole distinzione di questo gruppo da Eulophidae e Pteromalidae si basa essenzialmente sulle ali anteriori che hanno vena postmarginale indistinta o appena accennata, lunga vena marginale e breve vena stigmatica (**Fig. 25.14 C**). Le antenne sono al massimo costituite da 9 antennomeri, in genere 6-8; i tarsi sono di 4 o 5 articoli; il mesoscuto porta solchi parapsidali; il corpo non presenta mai colorazioni metalliche. Gli afelinidi sono in larga maggioranza parassitoidi primari di Hemiptera Homoptera (Aleyrodidae, Coccoidea, Aphididae), ma diverse specie sono iperparassitoidi. In alcuni generi (*Coccophagus*, *Encarsia*, *Coccobius*) le larve destinate a svilupparsi come femmine sono parassiti endofagi primari, mentre quelle che si svilupperanno in maschi sono iperparassitoidi delle larve femminili della propria specie o di altre. Il loro ruolo è molto importante nel contenimento di numerose specie dannose a piante di notevole interesse economico. Numerosi sono i casi di un loro impiego in progetti di lotta biologica classica di successo, come l'introduzione di **Encarsia berlesei* per il controllo di *Pseudaulacaspis pentagona*, di **Aphelinus mali* per il controllo di *Eriosoma lanigerum* e di *Aphytis* spp. per il controllo di vari Diaspididae. Negli afelinidi sono riconosciute le seguenti sottofamiglie: Aphelininae, Calesinae, Coccophaginae, Eretmocerinae ed Eriaporinae. Nelle Aphelininae i generi più rappresentativi sono *Aphytis* e *Aphelinus*, nei Coccophaginae *Encarsia* (**Fig. 25.14 D**) e *Coccophagus*, nelle Calesinae *Cales*, e nelle Eretmocerinae *Eretmocerus*.

Chalcididae. I calcididi (**Fig. 25.14 E**) comprendono poco più di 1.550 specie in 85 generi. Hanno corpo lungo 1,5-16 mm, compatto, nero, raramente con parti gialle o con colorazioni metalliche e marcata scultura sul torace. Caratterizzano i membri di questo gruppo le zampe con i femori posteriori larghi e ventralmente dentati e le tibie arcuate (**Fig. 25.15 A**). Molte specie sono ectoparassitoidi solitari di larve e pupe di una vasta gamma di insetti appartenenti principalmente a Lepidoptera, Diptera, Coleoptera e Hymenoptera. Non mancano specie oofaghe e iperparassite. Le sottofamiglie riconosciute sono le seguenti: Chalcidinae, Dirhininae, Epitraninae, Haltichellinae e Smicromorphinae. I generi più numerosi nelle Chalcidinae sono *Brachymeria* e *Chalcis*, e nelle Dirhininae *Dirhinus*, comprendente specie parassite di pupari di Ditteri.

Encyrtidae. È una delle più vaste famiglie di Chalcidoidea, con circa 4.800 specie in circa 490 generi. Si tratta di specie di dimensioni medie di 1-2 mm (**Fig. 25.14 F**), con mesopleure ampie e convesse, senza solco mediano (**Fig. 25.15 B**), coxe medie inserite prima del livello mediano delle mesopleure, ali anteriori con area glabra (linea calva) estesa dai pressi del loro margine posteriore, trasversalmente, in direzione della vena stigmatica, generalmente vena marginale corta e zampe medie saltatorie (**Fig. 25.15 C**). Il corpo ha colorazioni varie, sovente metalliche. Gli encirtidi sono endoparassitoidi di altri insetti (principalmente Hemiptera Homoptera: Coccoidea, Aphidoidea, Psylloidea), ma alcuni anche di acari, zecche e ragni. Varie specie sono state usate in progetti di lotta biologica. Sono riconosciute due sottofamiglie, Tetracneminae ed Encyrtinae; nella prima sono inclusi parassitoidi di Pseudococcidae, nella seconda parassitoidi di ospiti diversi. In quest'ultimo gruppo, in alcuni generi (*Ageniaspis*, *Copidosoma*) vi sono parassitoidi ovo-larvali poliembrionici di lepidotteri.

Eulophidae. È la più vasta famiglia dei Chalcidoidea, con circa 6.000 specie incluse in circa 330 generi. Il loro corpo (**Fig. 25.16 A**), di 0,5-6 mm, è poco sclerificato, sovente con colorazioni metalliche. Le zampe hanno tarsi di 4 segmenti, tibie con sperone breve e diritto, mesoscuto con solchi parapsidali completi o incompleti, antenne con il funicolo al massimo

costituito da 4 antennomeri; nel maschio di alcune specie (*Eulophus*, *Pnigalio*, ecc.) questi portano delle ramificazioni (**Fig. 25.16 B**). Le specie di questa famiglia sono in larghissima maggioranza parassitoidi primari, solitari o gregari, o iperparassitoidi di insetti di vari ordini; alcune sono fitofaghe e galligene. Le sottofamiglie riconosciute nel gruppo dai vari autori sono le seguenti: Eulophinae, Entiinae (già chiamate Euderinae), Entodoninae, Tetrastichinae e Ophelininae. Le specie del genere *Euplectrus*, parassitoidi ectofagi gregari di larve di lepidotteri, tessono un bozzolo di seta per proteggere le loro larve mature. Tale bozzolo è prodotto da seta fuoriuscente dall'ano e secreta dai tubi malpighiani modificati.

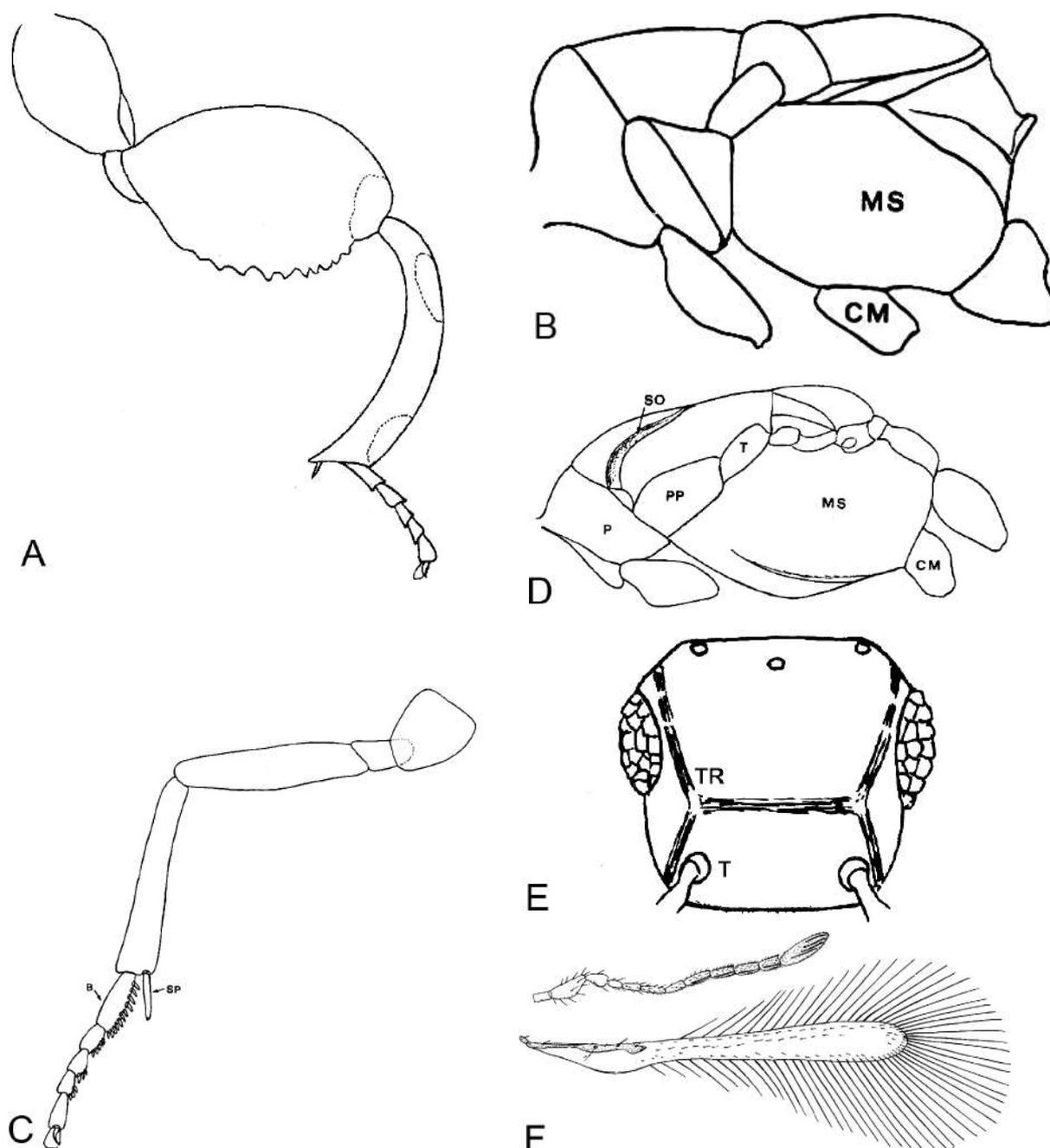


Fig. 25.15 Hymenoptera Chalcidoidea: (A) zampa posteriore di *Brachymeria walkeri* (Chalcididae); (B) Encyrtidae: torace di profilo; (C) Encyrtidae: zampa media; (D) Eupelmidae: Torace di profilo; (E) capo, di fronte, di *Cleruchus subterraneus* (Mymaridae), femmina; (F) antenna e ala anteriore di *Gonatocerus ovicenetus* (Mymaridae), femmina.

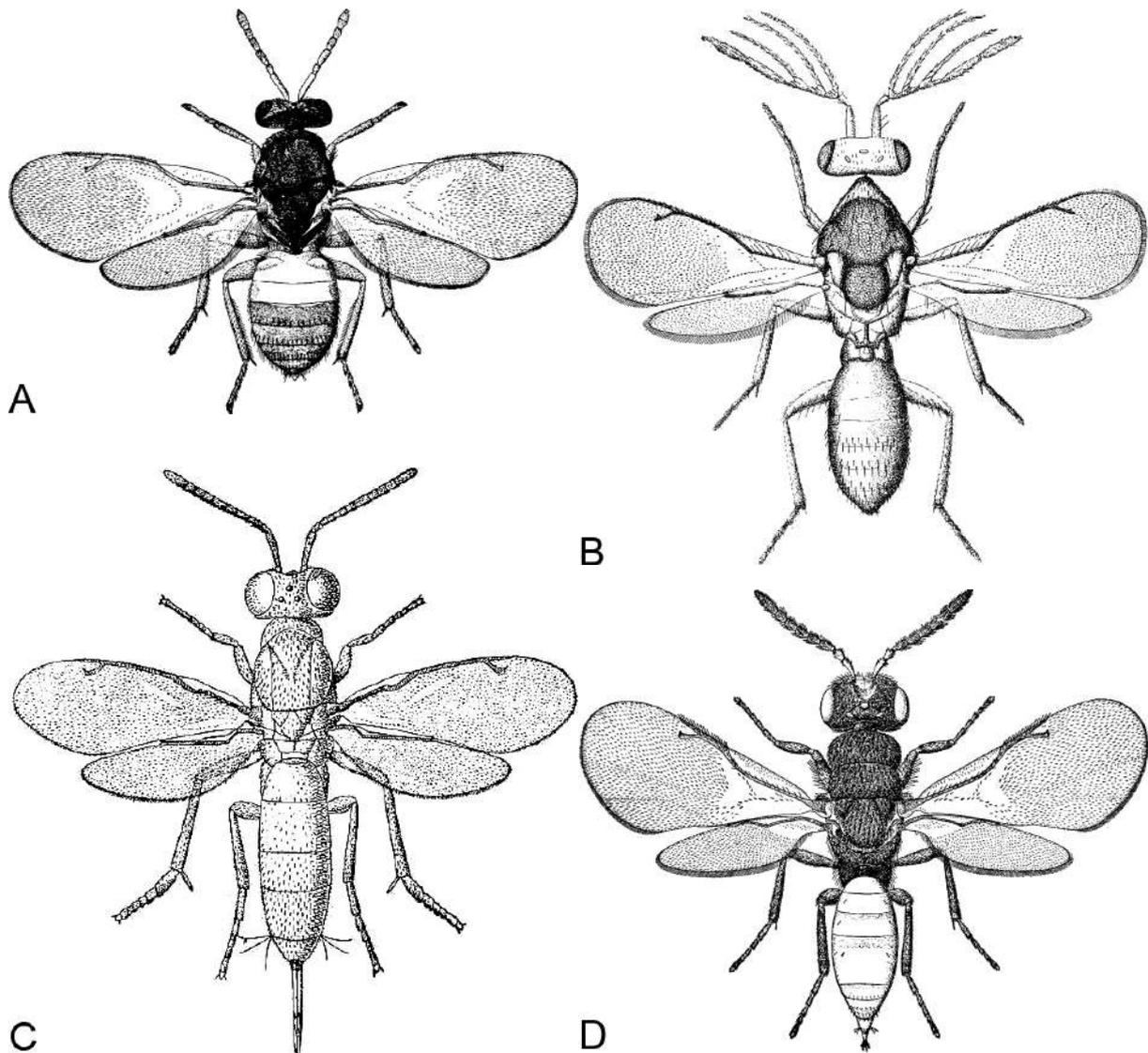


Fig. 25.16 Hymenoptera Chalcidoidea, adulti: (A) **Eulophus larvarum** (Eulophidae), femmina; (B) **Pnigalio mediterraneus** (Eulophidae), maschio; (C) **Eupelmus urozonus** (Eupelmidae), femmina, (D) **Eurytoma oophaga** (Eurytomidae), femmina.

Eupelmidae. Comprendono oltre 750 specie, attribuite a circa 50 generi (**Fig. 25.16 C**), con corpo in genere snello, colorazioni metalliche, di lunghezza di 2-5 mm, caratterizzate da mesopleure ampie, come negli encirtidi, ma con coxe medie inserite in prossimità delle coxe posteriori (**Fig. 25.15 D**), zampe medie saltatorie con sperone tibiale relativamente lungo e robusto e basitarso breve. I maschi sono spesso morfologicamente molto diversi dalle femmine. Gli eupelmidi sono parassitoidi primari ectofagi o endofagi, o secondari, di larve, pupe e uova d'insetti una sola specie, *Eupelmus spermophilus*, è nota come fitofaga. Nella famiglia sono riconosciute le sottofamiglie Calosotinae, Eupelminae e Neanastatinae, con le seconde che rappresentano il gruppo più numeroso, comprendente il genere tipico *Eupelmus* (**Fig. 25.16 C**). Alla stessa sottofamiglia appartiene *Anastatus bifasciatus*, endoparassitoide oofago di vari eterotteri d'importanza agraria, ma anche iperparassitoide ectofago.

Eurytomidae. Includono circa 1.600 specie in 70 generi, di colore nero o giallo, raramente di colori metallici, lunghe 1-6 mm, con capo e torace comunemente con profonda scultura e fossette pilifere. Gli eurytomidi (**Fig. 25.16 D**) sono inoltre caratterizzati da pronoto a profilo

subquadrato, mesoscuto con profondi solchi parapsidali, mesosoma sovente compresso e superficialmente sculturato. I maschi hanno in molti casi antenne con flagellomeri con lunghe setole a verticilli e metasoma con lungo peziolo. Comprendono specie fitofaghe che si sviluppano in semi (*Bruchophagus*, *Systole*), in steli o in galle, ma anche parassitoidi primari, raramente secondari, che attaccano stadi giovanili o anche uova di vari ordini d'insetti. Sono riconosciute le seguenti sottofamiglie: Eudecatominae, Eurytominae, Harmolitinae e Rileyinae. Il genere *Eurytoma* (Fig. 25.16 D), con oltre 450 specie, è il più vasto del gruppo e il più diverso, comprendendo specie fitofaghe, fito-zoofaghe ed entomofaghe.

Mymaridae. Vasta famiglia comprendente ca. 120 generi e 1.500 specie, piccole (0,5-2,0 mm) e piccolissime, intorno a 0,2 mm, di colore nero, bruno o giallastro. Il loro capo (Fig. 25.15 E) presenta una carena trasversale frontale e due carene orbitali interne (*trabeculae*). Le antenne, connesse ai toruli molto distanziati, sono piuttosto lunghe e sottili, senza anelli e costituite di 8-13 antennomeri; quelle delle femmine sono generalmente clavate (Fig. 25.15 F). Le ali anteriori (Fig. 25.15 F) sono strette, peziolate, con venulazione ridotta, generalmente estesa nel loro terzo basale, con vena postmarginale indistinta e vena stigmatica molto breve; alla base della vena marginale, ventralmente, è presente una lunga setola (*hypochaeta*), diretta posteriormente. Non mancano forme microtere e attere, soprattutto tra i parassitoidi di insetti di vari ordini legati al suolo. Il metasoma è sessile o peziolato, con ovopositore di dimensioni molto variabili, talvolta prominente dall'estremità addominale posteriore o esteso in avanti anche sino all'altezza delle coxe anteriori. L'organo copulatore è una struttura molto differenziata, sovente con marcate differenze tra i generi e le specie. Le larve, soprattutto quelle di primo stadio, presentano caratteristiche morfologiche spesso molto diverse da quelle di tipo calcidoide. I mimaridi sono parassitoidi endofagi di uova di insetti e molti attaccano Homoptera Auchenorrhyncha. Varie specie sono state utilizzate in progetti di lotta biologica. Nell'ambito della famiglia sono riconosciute le sottofamiglie Alaptinae (specie con metasoma sessile e mesofragma esteso nel suo interno) e Mymarinae (specie con metasoma peziolato). Nella prima è compreso il vasto genere *Anagrus* (Fig. 25.17 A) che include parassitoidi di uova di Cicadellidae, anche d'interesse economico. Altri generi tra i più rappresentati della famiglia sono: *Gonatocerus*, parassitoidi di cicadellidi; *Anaphes*, parassitoidi di coleotteri crisomelidi e curculionidi, e *Polynema*, parassitoidi di membracidi e altri Homoptera Auchenorrhyncha.

Pteromalidae. Tra le più vaste famiglie dei Chalcidoidea, con ca 4.300 specie incluse in 650 generi. Il gruppo ha difficile caratterizzazione morfologica e rappresenta una sorta di "deposito" di ciò che non può essere incluso nelle restanti famiglie dei calcidoidi. Le specie di questa famiglia (Fig. 25.17 B) presentano tarsi di 5 tarsomeri, sperone delle zampe anteriori curvo e distalmente biforcuto, mesopleure non ampie, ali anteriori con vene postmarginale e stigmatica bene sviluppate, metasoma generalmente con ovopositore non sporgente dalla sua estremità posteriore. Il corpo, lungo 1-7 mm, ha colorazioni varie, sovente metalliche. Dal punto di vista biologico hanno quasi tutte le specializzazioni biologiche evidenziate negli altri calcidoidei. Molte specie sono parassitoidi primari o secondari, ectofagi o endofagi, solitari o gregari d'insetti di vari ordini, soprattutto coleotteri, ditteri, lepidotteri e imenotteri; alcune (es. *Scutellista cyanea*) (cf. Fig. 25.17 C) predano uova deposte da Hemiptera Coccoidea, sotto il corpo della femmina ospite. La eterogeneità morfo-biologica degli pteromalidi è dimostrata dalle 34 sottofamiglie riconosciute. Tra di esse le più rappresentative sono: Spalangiinae (parassitoidi di pupari di ditteri), Cerocephalinae (parassitoidi di coleotteri corticicoli e lignicoli o delle derrate alimentari), Eunotinae (predatori di coccoidei pseudococcidi e coccidi) e Pteromalinae (vasto gruppo di parassitoidi con ospiti in ordini diversi di insetti).

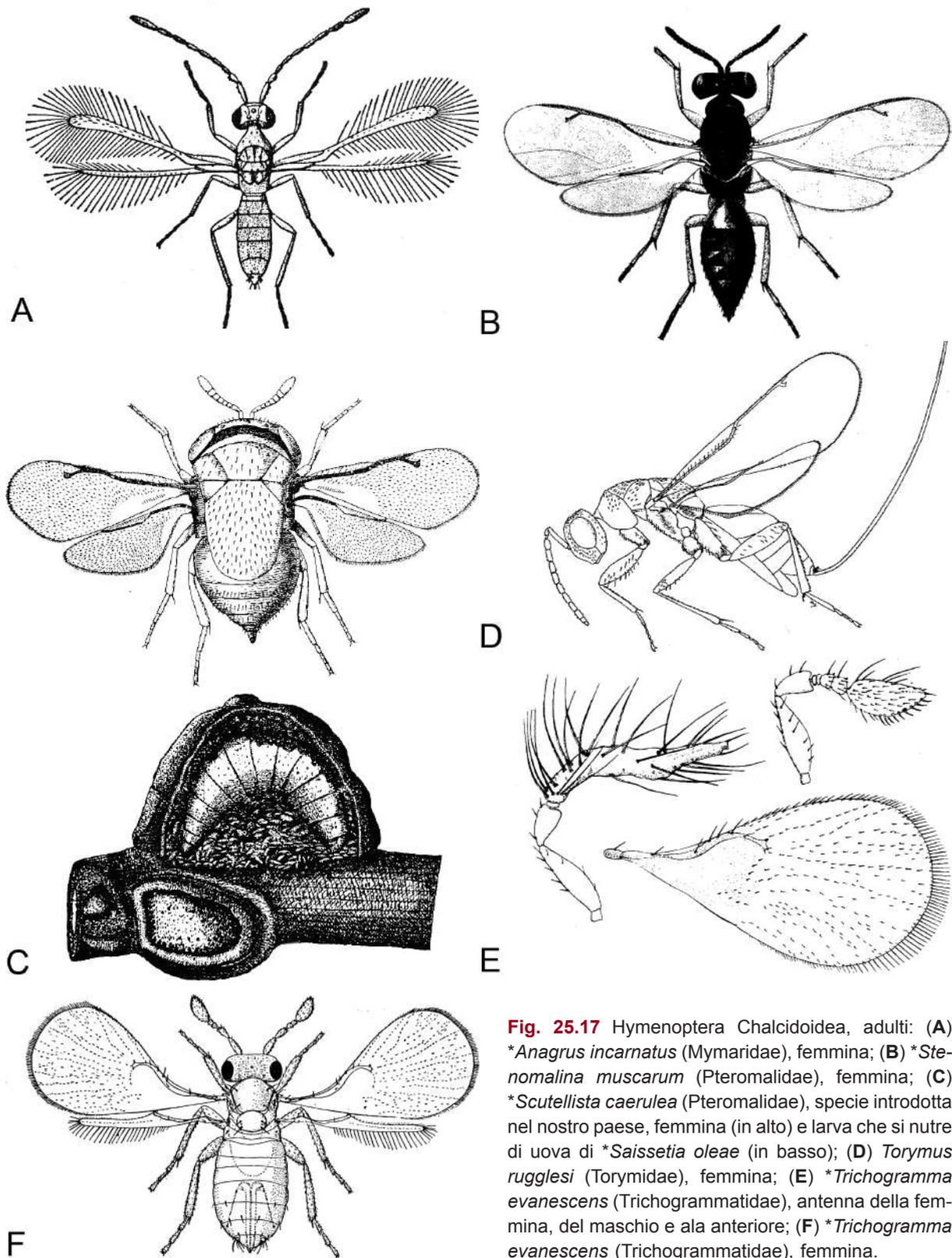


Fig. 25.17 Hymenoptera Chalcidoidea, adulti: (A) *Anagrus incarnatus* (Mymaridae), femmina; (B) *Stenomalina muscarum* (Pteromalidae), femmina; (C) *Scutellista caerulea* (Pteromalidae), specie introdotta nel nostro paese, femmina (in alto) e larva che si nutre di uova di *Saissetia oleae* (in basso); (D) *Torymus rugglesi* (Torymidae), femmina; (E) *Trichogramma evanescens* (Trichogrammatidae), antenna della femmina, del maschio e ala anteriore; (F) *Trichogramma evanescens* (Trichogrammatidae), femmina.

Torymidae. Gruppo costituito da un migliaio di specie, riferite a 60 generi, con il corpo variamente colorato, spesso con riflessi metallici, lungo 2-10 mm. I torimidi (Fig. 25.17 D) presentano antenne di 13 articoli con almeno un anello, mesoscuto con profondi solchi parapsidali, ali anteriori con vena stigmatica relativamente breve, zampe posteriori con coxe

molto più sviluppate di quelle medie (almeno il doppio), femori posteriori talvolta con denti lungo il margine ventrale, ovopositore sovente molto sporgente dall'estremità addominale posteriore. Sono note specie fitofaghe, fito-zoofaghe e parassite e sono riconosciute le seguenti sottofamiglie: Chalcimerinae, Erimerinae, Glyphomerinae (parassitoidi di imenotteri cinipidi), Megastigminae (oggi spesso trattati come famiglia distinta; specie con stigma della vena stigmatica espanso e subrotondeggiante, numerose fitofaghe e alcune parassite), Monodontomerinae (parassitoidi primari, principalmente di lepidotteri), Podagrioninae (specie con femori delle zampe posteriori espansi e ventralmente dentati, inclusi i *Podagrion* che parassitizzano uova di mantidi) e Toryminae (specie fitofaghe e parassite in galle di imenotteri cinipidi e in frutti di varie piante, principalmente Rosaceae). **Torymus sinensis*, originario della Cina, negli ultimi decenni è stato introdotto in altri continenti per il controllo biologico del cinipide del castagno *Dryocosmus kuriphilus*.

Trichogrammatidae. Famiglia che include circa 1.000 specie in 95 generi, di piccole e piccolissime dimensioni (da poco meno di 0,2 a poco più di un mm), con il corpo variamente colorato (bruno scuro, giallo, arancione o con una combinazione di questi colori), 3 tarsomeri, metasoma sessile, antenne (**Fig. 25.17 E**) brevi con flagello di 2-9 segmenti, funicolo in molte specie non distinto, dimorfiche in diversi generi, e con funicolo in molti generi non distinto, ali di forma varia, con vena marginale mancante o appena accennata, setole sul disco spesso disposte in righe. Nei maschi, a differenza di quanto si verifica in altri gruppi di calcidoidei, vi è una notevole diversificazione nella forma e struttura degli organi genitali esterni. I trichogrammatidi, con qualche eccezione, sono parassitoidi endofagi di uova d'insetti di vari ordini, principalmente emitteri, lepidotteri e coleotteri. Le sottofamiglie riconosciute sono le Trichogrammatinae (edeago protetto da una guaina detta fallobase) e Oligositinae (edeago non racchiuso in una fallobase). Nel primo gruppo, il genere più numeroso, con circa 250 specie, è *Trichogramma* (**Fig. 25.17 F**) e comprende in grande maggioranza parassitoidi di uova di lepidotteri, ampiamente utilizzati in progetti di lotta biologica.

Superfamiglia Cynipoidea

Gruppo comprendente oltre 20.000 specie di piccole e medie dimensioni, fino a 30 mm, con il corpo di colore nero o rosso o giallo o con una combinazione di questi colori e senza riflessi metallici. Presentano pronoto esteso lateralmente sino alle tegule, antenne non genicolate, nella femmina costituite da 11 flagellomeri e nel maschio in genere da 12 o 13; ali anteriori con cellula radiale subtriangolare più o meno completa, zampe con tarsi di 5 segmenti e metasoma generalmente compresso e privo di cercoidi. Il gruppo comprende specie galligene, nonché endoparassitoidi e iperparassitoidi. I primi stadi larvali sono di vario tipo (polipodiforme, eucoiliforme), ma la larva matura è imenotteriforme o apodo-terebrante e, in genere, non tesse un bozzolo protettivo per la pupa.

Ibaliidae. Piccola famiglia con specie di dimensioni in genere superiori a 20 mm di lunghezza, aventi ali anteriori con cellula radiale molto stretta e lunga, intorno a 9 volte più lunga che larga, primo tarsomero delle zampe posteriori più lungo dell'insieme dei rimanenti segmenti e con metasoma allungato e lateralmente molto compresso (**Fig. 25.18 A**). Il loro corpo presenta di frequente colori brillanti. Il genere *Ibalia* comprende specie che parassitizzano imenotteri siricidi, tra cui **I. leucospoides* si evolve da endo-ectoparassitoide nel grande imenottero **Urocerus gigas*, svolgendo un ciclo di sviluppo triennale, iniziato con la parassitizzazione dell'uovo o della larva neonata dell'ospite.

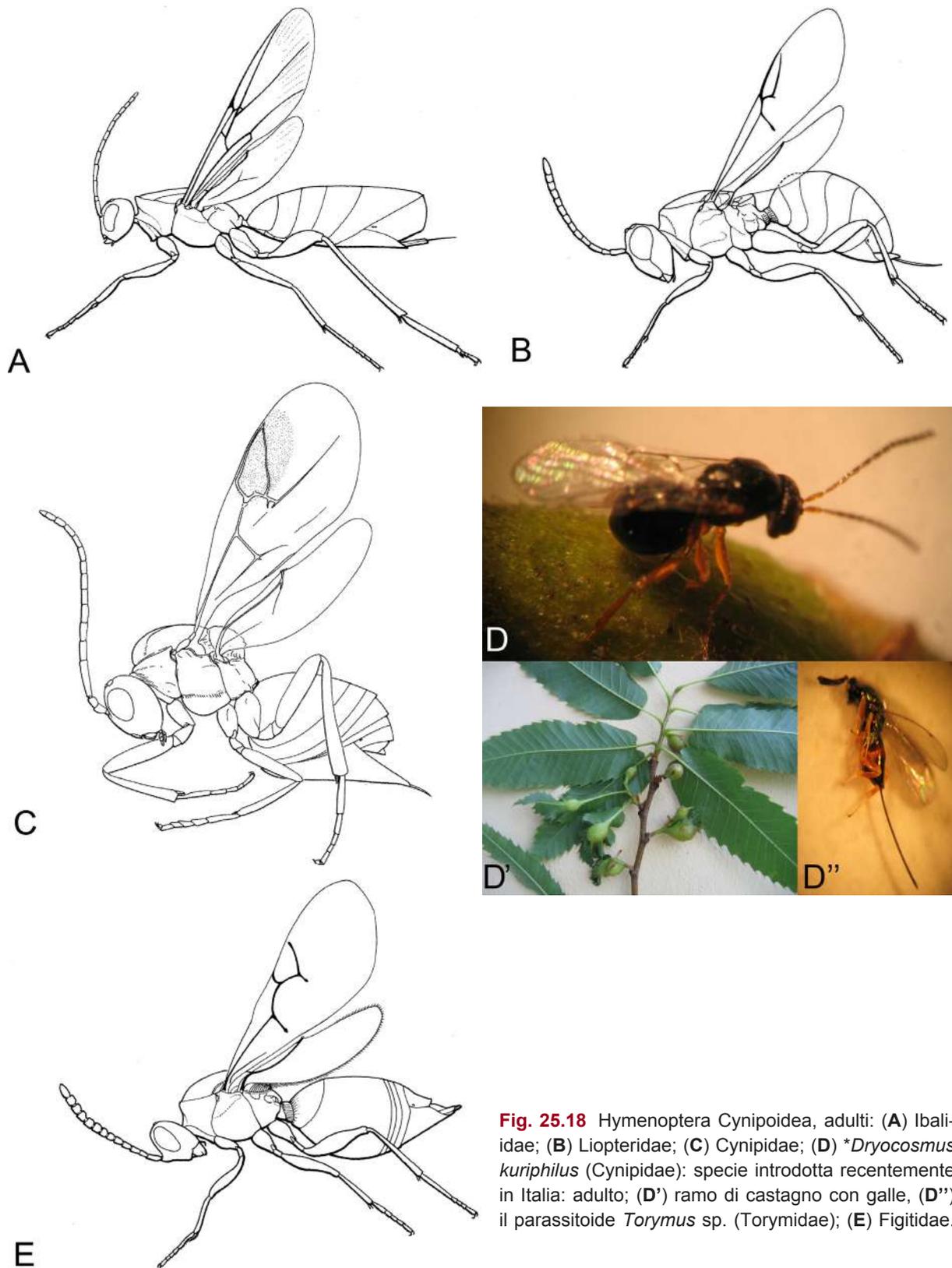


Fig. 25.18 Hymenoptera Cynipoidea, adulti: (A) Ibalidae; (B) Liopteridae; (C) Cynipidae; (D) *Dryocosmus kuriphilus* (Cynipidae): specie introdotta recentemente in Italia: adulto; (D') ramo di castagno con galle, (D'') il parassitoide *Torymus* sp. (Torymidae); (E) Figitidae.

Liopteridae. I membri di questo gruppo (Fig. 25.18 B) sono molto simili a quelli degli Ibalidae, per dimensioni del corpo (in genere inferiori a 20 mm), colorazioni vivaci e cellula radiale delle ali anteriori 3-4 volte più lunga che larga e metasoma ovoidale. I pochi dati biologici noti indicano che anche questo gruppo annovera parassitoidi di insetti lignicoli.

Cynipidae. Include oltre 1.200 specie in circa 100 generi. (Fig. 25.18 C). Hanno il metasoma lateralmente compresso, con il secondo tergite più ampio o il II e III fusi. Le specie delle tribù Aulacideini e Phanacidini causano galle su asteracee, lamiacee e valerianacee, quelle degli Aylacini su piante del genere *Papaver*. Nella tribù Cynipini numerose specie sono galligene su Fagaceae (*Castanea*, *Quercus*, ecc.). Il loro ciclo biologico può essere caratterizzato da partenogenesi ciclica con una generazione a riproduzione sessuata nella quale maschi e femmine danno origine a una discendenza di sole femmine; quest'ultime si riproducono partenogeneticamente e la loro discendenza sviluppa una nuova generazione sessuata. Le specie che alternano generazioni partenogenetiche e anfigoniche presentano differenze anche marcate che riguardano forma e dimensioni del corpo, nonché la forma delle galle prodotte. Si riproduce solo per partenogenesi il cinipide del castagno **Dryocosmus kuriphilus* (Fig. 25.18 D) specie di notevole interesse economico introdotta accidentalmente dalla Cina in Europa e in altre aree del mondo, che compie solo una generazione annuale. Nei Diastrophini sono incluse specie galligene su rosacee (*Rosa*, *Rubus*), come nei Diplolepidini; i Synergini sono inquilini in galle prodotte da Cynipini.

Figitidae. La famiglia comprende più di 1.700 specie suddivise in circa 160 generi (Fig. 25.18 E), tutte caratterizzate dal III tergite del metasoma più ampio di tutti gli altri, con scutello che frequentemente porta spine, fossette o rilievi, capo e mesosoma fortemente sculturati. Le specie delle quali sono noti aspetti biologici sono endoparassitidi di Diptera e Neuroptera o iperparassitoidi di Homoptera Aphididae. Sono riconosciute le sottofamiglie Anacharitinae (endoparassitoidi di larve di Hemerobiidae e di Chrysopidae), Aspicerinae (endoparassitoidi di Syrphidae e Chamaemyiidae) e Charipinae (iperparassitoidi di Aphididae e Psyllidae).

Superfamiglia Proctotrupoidea (Fig. 25.19 A)

In questo volume è trattata solo la famiglia Proctotrupidae, ricca di specie e diffusa nella regione Palearctica, mentre le restanti famiglie hanno poche specie, tutte con tegumenti fortemente sclerificati e senza riflessi metallici; le antenne, senza sensilli placoidei longitudinali, a livello di specie e genere hanno un numero costante di flagellomeri; il secondo segmento del metasoma (vero o apparente) è spesso il segmento più grande. L'ovopositore è solitamente interno, racchiuso in guaine fortemente sclerificate e solo nei Vanhorniidae è esterno, alloggiato in un solco ventrale del metasoma. Le specie della maggior parte delle famiglie sono parassitoidi di coleotteri, raramente di sinfiti o di neurotteri. Sono state descritte circa 2.500 specie.

Proctotrupidae (Fig. 25.19 A). La famiglia contiene 310 specie descritte, ma se ne stimano fino a 1.200 per la fauna mondiale; le Proctotrupinae sono la sottofamiglia più grande, con 21 generi ad habitus molto uniformi in tutto il mondo. Corpo lungo 3-10 mm, relativamente robusto, solitamente nero, con scultura prevalentemente liscia tranne sul propodeo. Mandibole di solito unidentate; antenne filiformi, con 11 flagellomeri in entrambi i sessi; ali anteriori con distinto stigma, cellula costale chiusa relativamente ampia e cellula radiale chiusa formata da nervature tubolari e altre vene nebulose; sutura transscutale (tra le tegulae) assente; metasoma in vista laterale più o meno curvo, con apice nettamente incurvato verso il basso nelle femmine; tergite e sternite I del metasoma fusi a formare il peziolo, e peziolo fuso posteriormente con lo sternite II; tergiti II-IV fusi in un syntergum; in visione laterale tutti i tergiti si sovrappongono agli sterniti da considerevolmente a interamente. Sono per lo più endoparassitoidi solitari delle larve di coleotteri che vivono nella lettiera del suolo o nel legno in decomposizione; alcuni parassitizzano larve di ditteri micetofili. Sono noti anche casi di parassitismo gregario, considerato un'evoluzione secondaria. In tutte le specie vi è una pecu-

liare modalità di sfarfallamento dall'ospite: la larva s'impupa al di fuori della larva ospite, ma rimane collegata con la sua estremità posteriore alla superficie ventrale dell'ospite; una sottile membrana, ma nessun bozzolo, ricopre la pupa del parassitoide. Gli adulti sono comuni negli habitat umidi e ombreggiati.

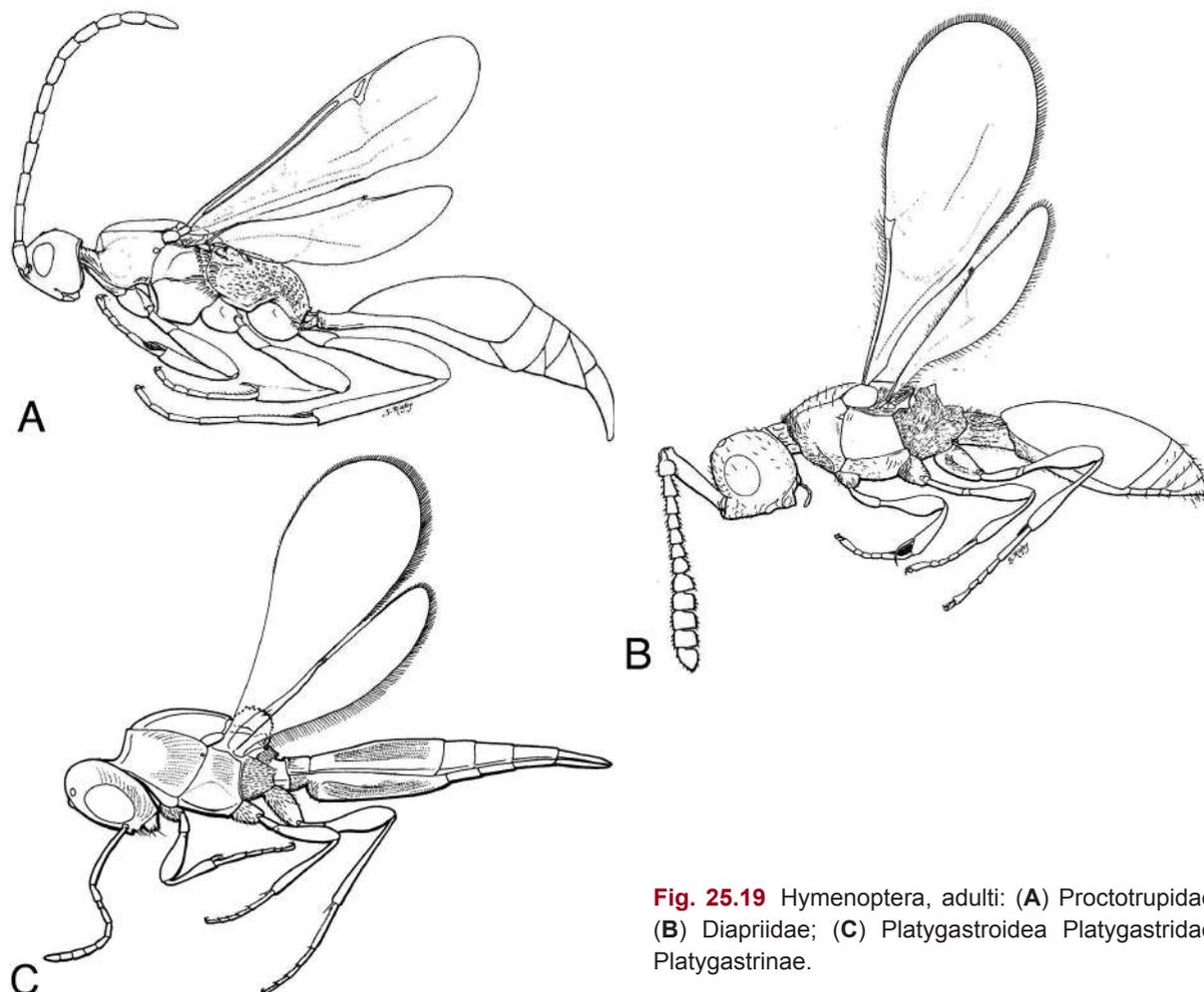


Fig. 25.19 Hymenoptera, adulti: (A) Proctotrupidae; (B) Diapriidae; (C) Platygastroidea Platygastriidae, Platygastriinae.

Superfamiglia Diaprioidea (Fig. 25.19 B)

Diapriidae (Fig. 25.19 B). Corpo liscio e molto lucido, di 1-8 mm, più spesso 2-4 mm; antenne più o meno distintamente genicolate, con scapo da moderatamente a fortemente allungato inserito sopra il clipeo, di solito su una caratteristica sporgenza trasversale prominente; ali anteriori senza stigma, ma talvolta con vena marginale leggermente ispessita; metasoma distintamente peduncolato con il vero o apparente tergite II più lungo di tutti gli altri; ovopositore quasi del tutto retratto. Gli adulti dei Diapriidae si trovano generalmente in ambienti umidi e ombreggiati come foreste e paludi, vicino o nell'acqua, e nel suolo. La famiglia contiene circa 150 generi e circa 2.300 specie. La loro biologia più comune prevede l'endoparassitismo primario su ditteri (parassitoidi larvo-pupali o pupali), e secondariamente su altri ordini. Le quattro sottofamiglie riconosciute (Belytinae, Ismarinae, Ambositrinae, Diapriinae) sono ben caratterizzate sia morfologicamente che biologicamente. Le Belytinae sembrano parassitizzare solo Mycetophilidae e Sciaridae; le Ismarinae sono iperparassitoidi di Cicadellidae attraverso

il parassitismo di larve di Dryinidae. La biologia delle Ambositrinae, nota di una sola specie, e presunta per tutta la sottofamiglia, vede la parassitizzazione di Mycetophilidae e altri ditteri nematoceri. Gli ospiti delle Diapriinae sono principalmente ditteri ortorafi (Tabanidae, Stratiomyidae, Syrphidae) e ciclorafi (Muscidae, Anthomyiidae, Tachinidae, Calliphoridae, Sarcophagidae, Chloropidae, Tephritidae ecc.), ma alcune specie parassitizzano coleotteri (Staphylinidae, Psephenidae) e altre sembrano parassitizzare larve di formicidi.

Superfamiglia Platygastroidea (Figg. 25.19 C, 25.20 A-C, 25.21 A)

Caratteristica della superfamiglia sono i sensilli gustatori multipori (o sensilli papillari) presenti sulla superficie ventrale dei clavomeri dell'antenna femminile. L'ovopositore è debolmente sclerificato e, quando non è utilizzato, è completamente represso all'interno del metasoma, dove è alloggiato in un tubo di tessuto molle. A seconda del gruppo, il metasoma femminile ha solo 7 o 6 tergiti visibili; alcuni Platygastriidae altamente derivati hanno solo 3 o 2 tergiti visibili. Sono state descritte circa 4.000 specie.

Platygastriidae (Fig. 25.19 C). La famiglia contiene circa 1.100 specie e 20 generi. Corpo lungo in genere 1-2 mm, raramente fino a 4 mm, slanciato, generalmente nero, raramente giallastro, senza colori metallici. Antenne di solito con 8 flagellomeri, raramente 5-7; nel maschio il II (o raramente il I), è il "sex segment"; ala anteriore solitamente priva di nervature o se la nervatura submarginale si è sviluppata, raggiungendo solo molto raramente il margine anteriore dell'ala, le nervature stigmalie e postmarginali sono assenti; ala posteriore al massimo con breve moncone di nervatura submarginale; segmento metasomiale II sempre il più lungo e il più largo; femmina quasi sempre con solo 6 tergiti apparenti, eccezionalmente meno numerosi; VII tergite del metasoma (apicale) interno, notevolmente ridotto e depigmentato, nascosto sotto il VI tergite, e non estruso con ovopositore. Sono note due sottofamiglie: Sceliotrachelinae e Platygastriinae. Le prime includono specie principalmente di aspetto compatto con laterotergiti relativamente larghi e la struttura generale del metasoma simile a quella degli Scelionidae Telenominae. I membri di cui si conosce la biologia sono idiobionti e parassitizzano uova di vari insetti come Curculionidae e Cerambycidae (Coleoptera), e Flatidae (Homoptera), oppure parassitizzano ospiti simili a uova come giovani neanidi di Pseudococcidae o Aleyrodidae (omotteri). Le Platygastriinae (Fig. 25.19 C) includono specie, suddivise in 40 generi, per lo più esili o molto allungate con laterotergiti generalmente stretti e strettamente appressati contro gli sterniti, che rendono il metasoma più compatto che nelle Sceliotrachelinae. Sono biologicamente molto uniformi, coinobionti associati ai Cecidomyiidae (Diptera): la femmina parassitizza l'uovo o larva di prima età, e l'adulto sfarfalla dalla prepupa o pupa dell'ospite; alcune specie sono poliembrionali, con due o più individui che si sviluppano da un uovo fecondato.

Scelionidae (Figg. 25.20 A-C). La famiglia contiene ca. 150 generi e 3.000 specie. Il corpo è solitamente lungo 1-2,5 mm, con estremi da 0,5 mm a 10 mm, prevalentemente nero, a volte giallo o multicolore, spesso distintamente sculturato. Antenna di solito con 9 o 10 flagellomeri, talvolta fino a 4, e maschio con sex segment al III; metasoma nella maggior parte dei generi depresso dorso-ventralmente; nella femmina, segmento metasomiale apparente VII esterno o interno, con cerci o placche sensoriali, che può essere estruso con l'ovopositore durante l'ovodeposizione o attaccato al tergite VI apparente. Sono in prevalenza endoparassiti solitari di uova di insetti e ragni, con iperparassitismo e superparassitismo molto rari. Le larve di prima età sono teleaformi e non segmentate; tutto lo sviluppo è completato all'interno del singolo uovo ospite (idiobionte). Si riconoscono tre sottofamiglie: Scelioninae, Telesinae e Telenominae. Le Scelioninae comprendono più del 90% dei generi della famiglia, suddivisi in una quindicina

di tribù. Lo stato primitivo del metasoma con i segmenti subuguali in lunghezza è presente nei Mantibariini, negli Scelionini e nella maggior parte dei Calliscelionini. La condizione derivata, con segmento II o III nettamente il più lungo, si verifica in Gryonini, Baeini e Embidobiini. Le femmine delle Scelioninae parassitizzano le uova di vari insetti e ragni (Araneae) e quelle di specie più derivate parassitizzano Tettigonioidea o Grylloidea; nella tribù Scelionini sono parassitoidi di Acrididae. Le specie di alcune tribù altamente derivate parassitizzano ospiti non ortotteroidi come eterotteri o embiotteri. La tribù Baeini è apparentemente specializzata nel parassitizzare ragni araneomorfi (Araneae), quella dei Thoronini uova di eterotteri sott'acqua, ed altre tribù Grylloidea cavernicoli. Diverse specie nelle tribù Mantibariini, Scelionini e Gryonini sono foretiche altamente specializzate associate rispettivamente a Mantidae (Dictyoptera: Mantodea), Acrididae (Orthoptera) o Hemiptera. La massima diversità e numero di specie in tutti i gruppi di questa sottofamiglia si riscontrano ai tropici, ma i membri delle Scelioninae sono comuni anche in habitat aridi, compresi i deserti. Le Teleasinae (Fig. 25.20 A) si distinguono per la lunga nervatura marginale nell'ala anteriore e perché il più grande tergite metasomiale è il III; tutti i membri della sottofamiglia molto probabilmente parassitizzano uova di coleotteri carabidi. Le Telenominae (Fig. 25.20 C) si distinguono per l'assenza di laterosterniti e quindi per l'intera struttura del metasoma, che non è tenuta così rigidamente insieme come nelle altre sottofamiglie; i larghi laterotergiti si sovrappongono allo sterno in modo relativamente lasco e il segmento metasomiale II è il più grande. Nelle femmine, il tergite VII apparente è esterno, non estruso con l'ovopositore durante l'ovodeposizione, e i cerci si sono trasformati in placche sensoriali con lunghe setole; i maschi hanno solitamente l'antenna di 10 flagellomeri e le femmine di 9. Nell'evoluzione della sottofamiglia si è verificato uno spostamento dell'ospite dagli eterotteri (generi più primitivi) ai lepidotteri (la maggior parte dei *Telenomus*), con solo poche specie che parassitizzano ospiti diversi come neurotteri, ditteri e omotteri. Le specie dei generi *Telenomus* e *Trissolcus* (Fig. 25.20 C) sono importanti nel controllo biologico dei fitofagi.

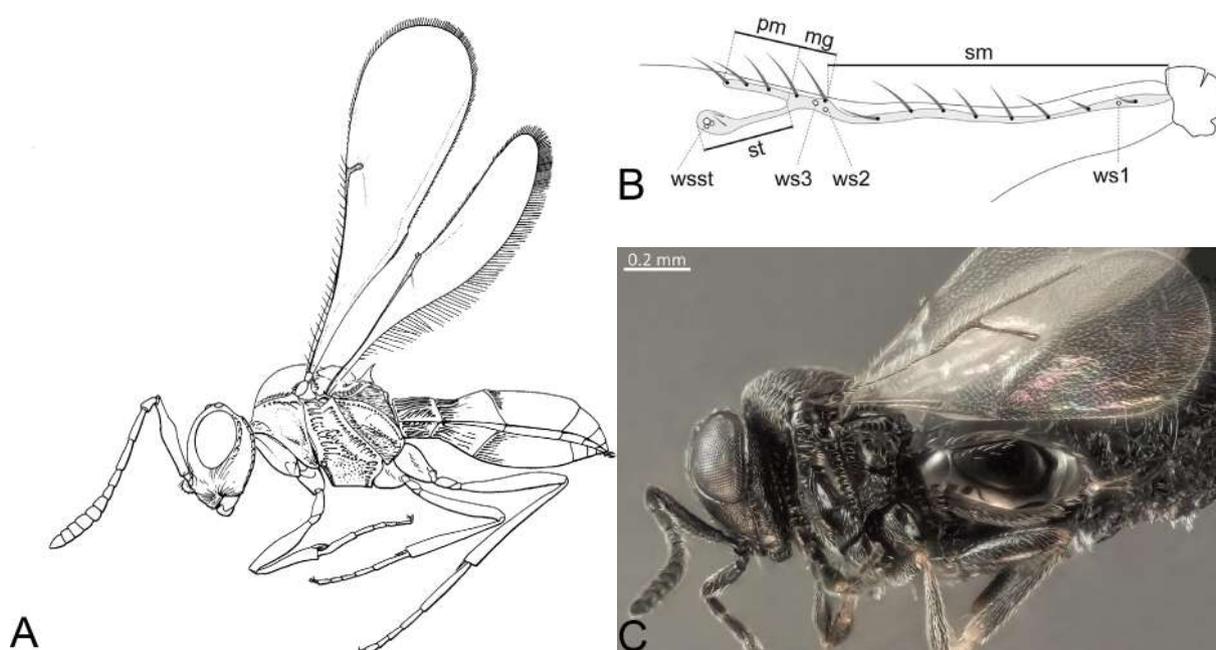
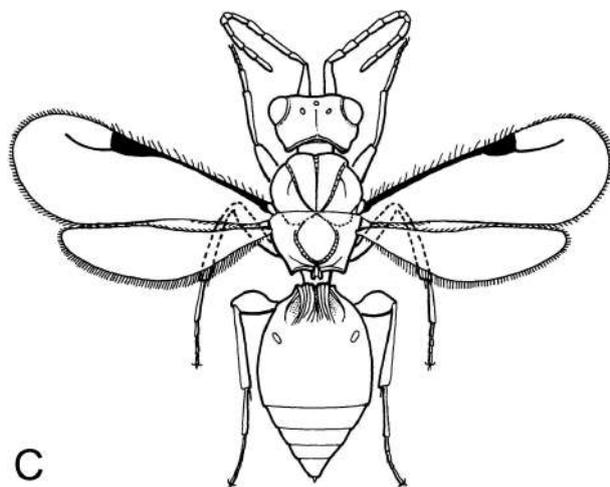
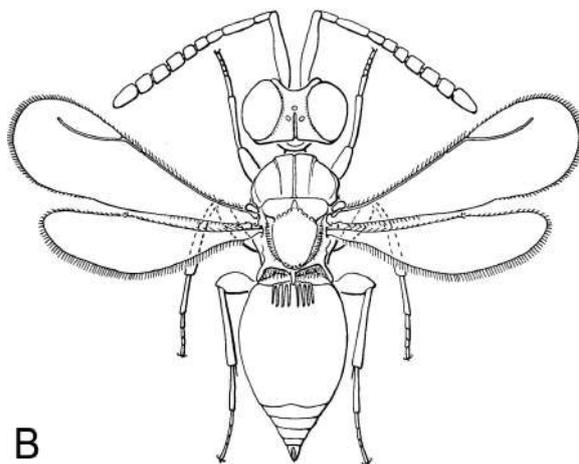


Fig. 25.20 Hymenoptera Platygastroidea: (A) Scelionidae, Teleasinae; (B) Scelioninae: nervature e sensilli alari nell'ala anteriore di *Dyscritobaeus comitans*; (C) Scelionidae, Telenominae: femmina di **Trissolcus semistriatus*. mg: nervatura marginale; pm: nervatura postmarginale; sm: nervatura submarginale; st: nervatura stigmale; ws1: sensillo alare alla base della n. submarginale; ws2: sensillo alare alla fine della n. submarginale/base della n. marginale; ws3: sensillo alare sulla n. marginale; wsst: tre sensilli alari della n. stigmale

Sparasionidae (Fig. 25.21 A). Famiglia cosmopolita, ad esclusione dell’Australia; in Italia sono state segnalate 11 specie di *Sparasion*. Di più grandi dimensioni rispetto alle due precedenti famiglie (4-5 mm, fino a 12 mm), hanno sempre una formula degli speroni tibiali 1-2-2, antenne in entrambi i sessi di 12 segmenti, e palpi mascellari allungati e facilmente visibili, con 5 palpomeri; l’ala anteriore ha una bulla, cioè uno spazio tra l’apice della nervatura submarginale e la parte distale delle nervature (Fig. 25.21 A). Parassitizzano uova di ortotteri Tettigoniidae, Gryllacrididae e Stenopelmatidae.



B

C

Fig. 25.21 Hymenoptera, adulti: (A) Platygastroidea Sparasionidae: olotipo di *Sparasion arnoldi*; (B) Ceraphronoidea Ceraphronidae; (C) Ceraphronoidea Megaspilidae.

Superfamiglia Ceraphronoidea (Fig. 25.21 B, C)

Sono state descritte più di 800 specie, tutte di piccole dimensioni. La superfamiglia è definita da una combinazione dei seguenti attributi: presenza di 2 speroni all’apice della protibia; ala anteriore con vena C+R fusa in una barra solida; segmento metasomico II molto grande, apparentemente collegato direttamente al propodeo. Antenne distintamente genicolate, con lunghissimo scapo inserito proprio sopra il clipeo; mesoscuto diviso in tre parti; mancano spiracoli metasomali.

Ceraphronidae (Fig. 25.21 B). La famiglia include ca. 360 specie. Corpo lungo 1-3 mm, solitamente nero o marrone, ma a volte giallo, arancione o rossastro; individui macroterri, brachitteri o quasi atteri; se alati, ala anteriore con stigma lineare stretto e metasoma con base larga. Antenna con 7 o 8 flagellomeri nella femmina, 8 o 9 nel maschio. Poco si sa su ospiti e abitudini, ma alcune specie sono state allevate come endoparassitoidi di Cecidomyiidae (Diptera), tisanotteri, lepidotteri, neurotteri, pupari di ditteri brachiceri, o come iperparassitoidi da bozzoli di Braconidae. Gli adulti si incontrano frequentemente nel suolo; alcuni sono associati a Formicidae.

Megaspilidae (Fig. 25.21 C). Famiglia che comprende ca. 450 specie. Corpo solitamente lungo 2-3 mm (eccezionalmente fino a 4 mm), nero o giallo; individui macroterri, brachitteri

o atteri; ala anteriore con grande stigma (tranne nei maschi delle Lagynodinae); antenna con 9 flagellomeri in entrambi i sessi; metasoma con margine anteriore del tergite più grande ristretto. Il vero tergite II è quello che appare come tergite I. Poco si sa su ospiti e abitudini, ma alcuni membri sono parassitoidi primari di Coccoidea (Homoptera), Neuroptera e pupari di vari ditteri, o sono iperparassitoidi di Aphididae (Homoptera) attraverso le Aphidiinae (Braconidae); una specie della California parassitizza Boreidae (Mecoptera). Si riconoscono due sottofamiglie: Megaspilinae e Lagynodinae, la prima, con distribuzione mondiale, comprende 12 generi e la seconda due, con sessi generalmente estremamente dimorfici.

Superfamiglia Evanioidea

Imenotteri parassitoidi comprendenti circa 1.300 specie in 30 generi (**Fig. 25.22**), definito da due sinapomorfie: 1) foramen propodeale ben separato dai foramina metacoxali, che determina l'inserzione del metasoma in posizione dorsale sul mesosoma (**Fig. 25.23 A**); 2) oblitterazione delle aperture spiracolari del metasoma, eccetto che per l'ottavo segmento. Sono generalmente di dimensioni medie, ma alcuni rappresentanti possono essere minuti, con lunghezza del corpo variabile da poco più di 2 a quasi 30 mm in certi aulacidi e gasteruptidi tropicali. Gli Evanioidea sono tutti parassitoidi di altri insetti, con tratti della loro biologia nettamente differenziati nelle tre famiglie.

Evaniidae (**Figg. 25.22 A, 25.24 A, 25.25 A**) Questa famiglia comprende circa 500 specie descritte in 21 generi. Corpo tozzo con lunghezza variabile da meno di 2 e fino a circa 15 mm, solitamente 4-10 mm e colorazione prevalentemente nera, sebbene nelle zone tropicali siano diffusi pattern cromatici molto diversificati e talora appariscenti. Capo ben sviluppato, con propleure corte e tozze; antenne relativamente robuste, solitamente con 13 antennomeri in entrambi i sessi (10 nel genere *Decevania*). Mesosoma ben sviluppato, fortemente sclerificato, compatto, robusto, con carene e areole; ali ben sviluppate, con piega e lobo jugale ben distinti; sono noti generi con specie brachittere (*Brachevania*) o attere (*Decevania* e *Papatuka*); ali posteriori generalmente con una o due venature longitudinali. Metasoma di forma ovoidale o tondeggiante, fortemente compresso lateralmente, notevolmente più piccolo rispetto al resto del corpo, con il primo segmento differenziato in un peziolo subcilindrico di lunghezza variabile. Ovipositore quasi sempre molto breve e non visibile dall'esterno o soltanto lievemente sporgente, relativamente più lungo e visibile in alcuni generi dell'Australasia. Gli Evaniidae si sviluppano come parassitoidi solitari in ooteche di blattari: le femmine depongono un solo uovo per ciascuna ooteca e la larva comincia a nutrirsi delle uova dell'ospite compiendo almeno cinque stadi larvali fino al completo sviluppo come prepupa e poi pupa, sempre nella stessa ooteca. Alcune specie, come la ben nota *Evania appendigaster*, sono legate a specie sinantropiche di blattari come *Periplaneta* e *Blatta* e sono diventate anch'esse cosmopolite come i loro ospiti.

Aulacidae (**Figg. 25.22 B, 25.23 A, B, D, E, 23.24 B**). Questa famiglia comprende oltre 300 specie riunite in due sottofamiglie: Hyptiogastritinae (estinta) con le due tribù Hyptiogastritini e Archeofoenini e Aulacinae con le due tribù, Electrofoenini (estinta) e Aulacini, l'unica vivente con due soli generi, *Aulacus* e *Pristaulacus*. Corpo più o meno allungato di dimensioni variabili, generalmente lungo 9-12 mm (ovipositore escluso), con alcune specie piccole (circa 4 mm) ed altre delle zone tropicali talora fino a 29 mm; colorazione prevalentemente nerastra, assai spesso con metasoma più o meno rossastro, ma in alcune specie tropicali e neartiche il corpo può essere uniformemente o estesamente rosso arancio; ali ialine, spesso con macchie brune più o meno ampie o estesamente addirittura interamente imbrunite, talora iridescenti.



Fig. 25.22 Hymenoptera Evanioidea, adulti: (A) *Prosevania fuscipes* (Evaniidae); (B) *Pristaulacus insularis* (Aulacidae); (C) *Gasteruption merceti* (Gasteruptionidae).

Il corpo può eccezionalmente avere riflessi metallici come in *Pristaulacus superbus* presente in Giappone. Capo ben sviluppato, robusto globoso; antenne filiformi, inserite poco sopra la sutura fronto-clipeale, con 13 antenomeri nel maschio e 14 nella femmina; mandibole molto robuste e sviluppate, ampiamente sovrapposte in posizione di riposo. Mesosoma ben sviluppato, robusto e compatto, densamente scolpito con carene e areole, a forma di subparallelepipedo, spesso con processi dentiformi sul margine anteriore e lateroventrale del pronoto; propleure piuttosto allungate formanti una sorta di “collo”; mesonoto con i notauli completi, a forma di Y; propodeo di forma sub-conica; zampe con coxe ben sviluppate, soprattutto quelle posteriori che portano un solco mediale formanti un canale utilizzato come guida per l’ovopositore; tale solco è secondariamente assente in molte specie di *Aulacus* Neotropicali e Australasiani.

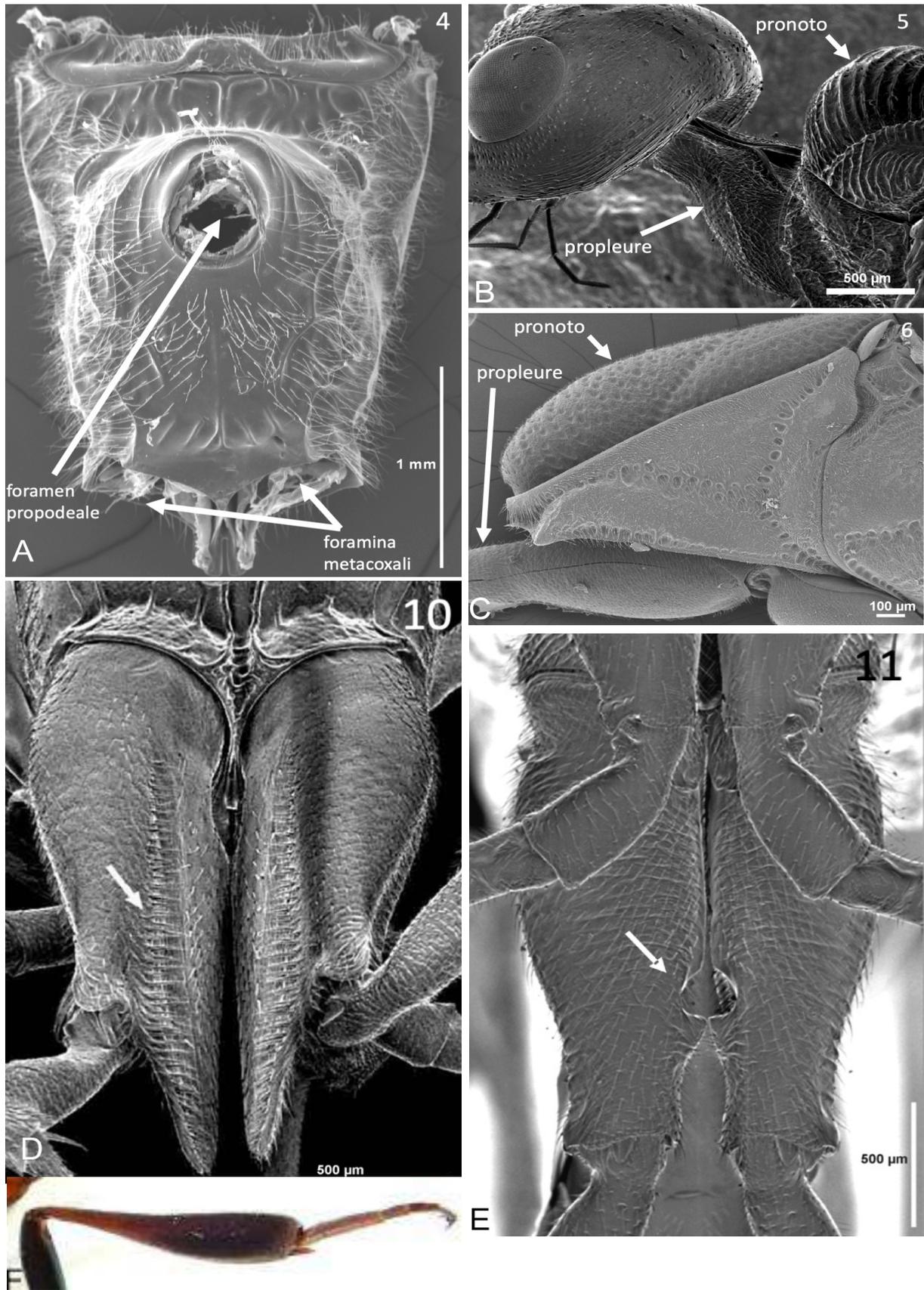


Fig. 25.23 Hymenoptera Evanioidea: (A) propodeo di *Pristaulacus* (Aulacidae), in visione posteriore; (B) capo di *Aulacus striatus* (Aulacidae), in visione latero-posteriore; (C) parte anteriore del mesosoma di *Gasteruption* (Gasteruptionidae), in visione laterale; (D) coxe posteriori di *Aulacus*, in visione ventrale, con guida coxale longitudinale (freccia); (E) coxe posteriori di *Pristaulacus*, in visione ventrale, con guida coxale trasversale (freccia); (F) tibia posteriore di *Gasteruption*.

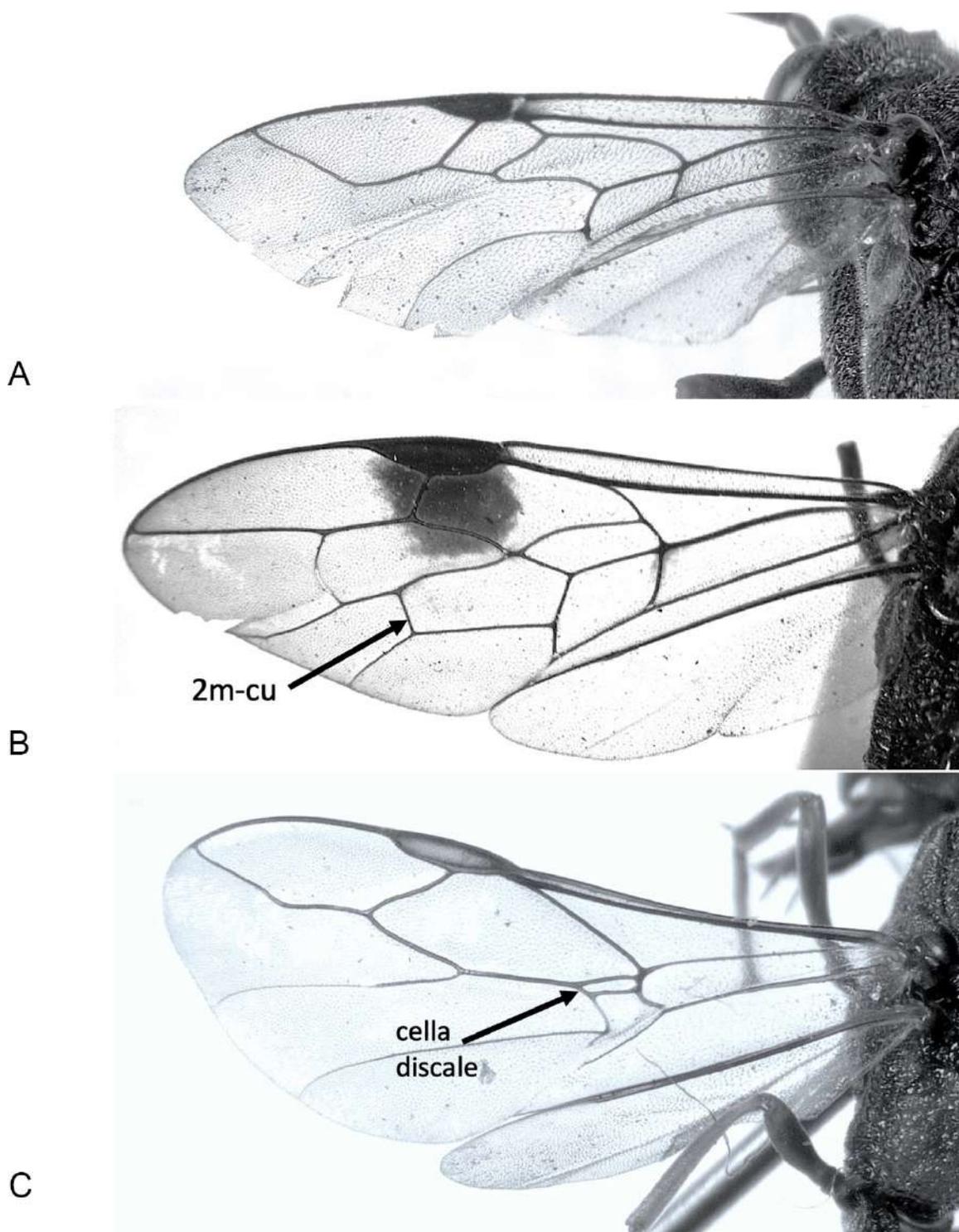


Fig. 25.24 Hymenoptera Evanioidea: (A) ali di Evaniidae: *Prosevania*; (B) ali di Aulacidae: *Pristaulacus*; (C) ali di Gasteruptionidae: *Gasteruption*.

Il metasoma più o meno elongato, subvoidale o più frequentemente subpiriforme articolato apicalmente sul propodeo, con i segmenti I e II ampiamente fusi a formare una sorta di peziolo; ovopositore sempre estroflesso, dotato di un meccanismo esclusivo di bloccaggio delle valve superiori e inferiori, simile ma distinto a quello dei Gasteruptionidae, utilizzato per orientare l'ovopositore durante l'ovodeposizione all'interno delle gallerie o fenditure nel legno. Gli Aulacidae sono parassitoidi coinobionti endofagi di larve xilofaghe di imenotteri (Xiphydriidae e Siricidae) e più spesso di coleotteri (soprattutto Buprestidae e Cerambycidae).

La biologia comunque è nota soltanto per pochissime specie, in particolare per *Aulacus striatus*, parassitoide di *Xiphydria camelus* (Hymenoptera, Xiphydriidae).

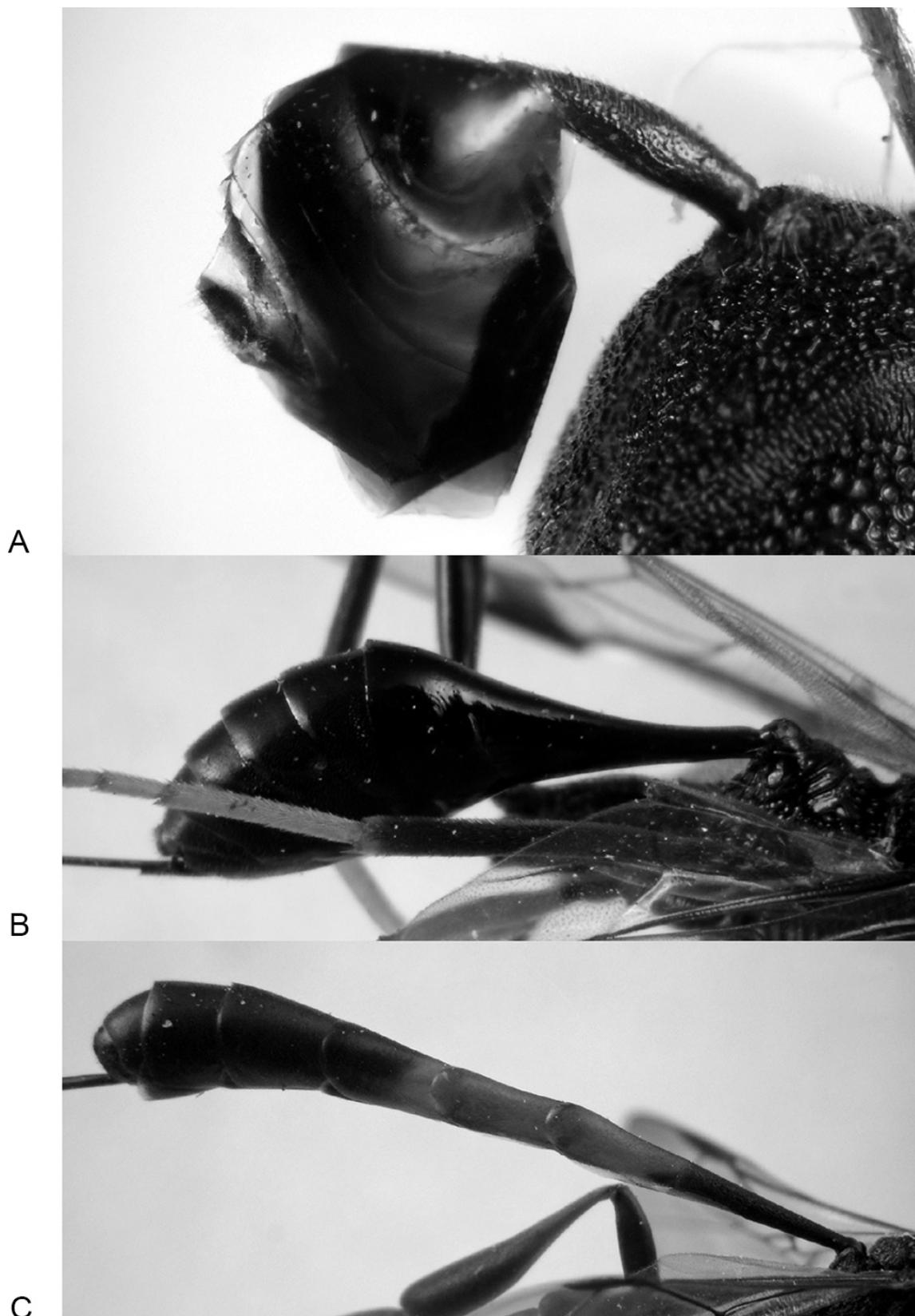


Fig. 25.25 Hymenoptera Evanioidea: (A) metasoma di *Evania* (Evaniidae); (B) metasoma di *Pristaulacus* (Aulacidae); (C) metasoma di *Gasteruption* (Gasteruptionidae).

Gasteruptiidae (Figg. 25.22 C, 25.23 C, F, 25.24 C, 25.25 C). Questa famiglia comprende oltre 600 specie in due sottofamiglie: Hyptiogastrinae, con due generi ristretti all'emisfero australe e 90 specie; Gasteruptiinae, cosmopolita, con quattro generi e oltre 500 specie, quasi tutte appartenenti al genere *Gasteruption*. Corpo piuttosto allungato e compresso lateralmente, talora “filiforme”, con dimensioni da 5 a 20 mm (ovopositore escluso) e colorazione uniformemente nerastra o rossastra o mesosoma nerastro e metasoma con la parte basale più o meno rossastra e ovopositore nerastro o bruno talora con la parte apicale o subapicale biancastra. Capo moderatamente sviluppato, di forma variabile, spesso allungato e affusolato, lucido o punteggiato talora con fine rugosità; occhi ben sviluppati, allungati, quasi in contatto con le mandibole dato che lo spazio malare è ridottissimo o quasi assente; antenne filiformi o moderatamente robuste, con 14 antennomeri nel maschio e 13 nella femmina; mandibole corte e tozze, non ampiamente sovrapposte in posizione di riposo. Mesosoma (Fig. 25.23 C) ben sviluppato e allungato; propleure, estremamente allungate e affusolate, formanti una sorta di lungo “collo”; mesonoto con notauli completi, a forma di V; caratteristica distintiva (Fig. 25.23 F) è la presenza di tibie posteriori subclavate e fortemente dilatate, per la presenza di un organo subgenuale avente funzione acustico-sensoriale, utilizzato verosimilmente nella ricerca degli ospiti all'interno dei nidi. Metasoma piuttosto elongato, subclavato, con segmenti I e II ampiamente fusi a formare una sorta di peziolo non nettamente definito e sterniti ben sclerificati; ovopositore assai corto e in gran parte introflesso (*Pseudofoenus*) ma assai spesso estroflesso e variabile da breve a oltre 2 volte la lunghezza del corpo, dotato di un meccanismo esclusivo di bloccaggio delle valve superiori e inferiori che consente di orientare l'ovopositore durante l'ovodeposizione all'interno dei siti di nidificazione degli ospiti. I Gasteruptiidae sono parassitoidi di apoidei (Anthophila, Spheciformes) e vespidi, definiti più propriamente come predatori-inquilini poiché le loro larve si nutrono delle uova o delle larve degli ospiti.

Superfamiglia Chryridoidea

I crisidoidei si riconoscono morfologicamente per le antenne dotate dello stesso numero di flagellomeri (8-11) in entrambi i sessi. Fanno eccezione gli sclerogibbidi, caratterizzati da polimorfismo antennale (14-39 flagellomeri). Tutti i crisidoidei si sviluppano come parassitoidi di altri insetti o meno frequentemente come cleptoparassiti nei nidi di altri imenotteri aculeati. La biologia dei Plumariidae è sconosciuta.

Bethylidae. Famiglia che comprende nel mondo quasi 3.000 specie, più di 100 generi e 8 sottofamiglie. Lunghezza del corpo variabile da 0,9 a 15 mm; colore in genere bruno o nero. Maschio (Fig. 25.26 B) in genere macroterro; femmina (Fig. 25.26 A) macroterra o attera e dimorfismo sessuale da moderato a pronunciato. Antenna composta da 10-13 antennomeri. Ala anteriore in genere con 3 cellule basali chiuse, Metasoma con 6-7 tergiti esposti. La biologia dei bethylidi è ancora poco conosciuta. Sono ectoparassitoidi idiobionti di larve di coleotteri e lepidotteri viventi in ambienti criptici. Le femmine paralizzano l'ospite con il veleno emesso dal pungiglione e depongono le uova sul tegumento esterno dell'ospite. Le larve si nutrono attraverso una lesione del tegumento dell'ospite. Al termine dello sviluppo l'ospite muore e la larva tesse un bozzolo di seta bianca nelle vicinanze dell'ospite morto. Molte specie si sviluppano all'interno di case o magazzini, in cui possono pungere gli abitanti causando punture piuttosto dolorose, come nel genere *Sclerodermus*. Alcune specie sono state introdotte in vari paesi del mondo per lotta biologica contro insetti dannosi.



Fig. 25.26 Hymenoptera Chrysoidea, adulti: (A) *Sclerodermus domesticus* (Bethyloidea), femmina; (B) *Holeyris* sp. (Bethyloidea), maschio.

Chrysoidea. Famiglia che comprende nel mondo circa 2.500 specie, oltre 80 generi e 4 sottofamiglie. Lunghezza del corpo variabile da 2 a 15 mm. Colore per lo più azzurro o verde metallico (**Fig. 25.27**). Dimorfismo sessuale minimo o inesistente. Antenna di 13 antennomeri in entrambi i sessi. Ala anteriore con al massimo 5 cellule chiuse. Metasoma con 3-5 tergiti esposti nei maschi, 3-4 nelle femmine, a seconda della sottofamiglia; uriti restanti infilati telescopicamente nel metasoma, formando nelle femmine un tubo (ovopositore) che serve per deporre le uova e nei maschi un tubo genitale. Il pungiglione è ridotto, funzionando più come una guida per le uova che come una struttura per difendersi (caratteristica unica fra gli imenotteri aculeati). I crisididi possono essere ectoparassitoidi di prepupe di imenotteri sinfiti, endoparassitoidi di uova di fasmatodei o ectoparassitoidi e cleptoparassiti di imenotteri costruttori di nidi. Sono per lo più idiobionti solitari. L'impupamento dei crisididi avviene all'interno dell'uovo, bozzolo o nido dell'ospite.

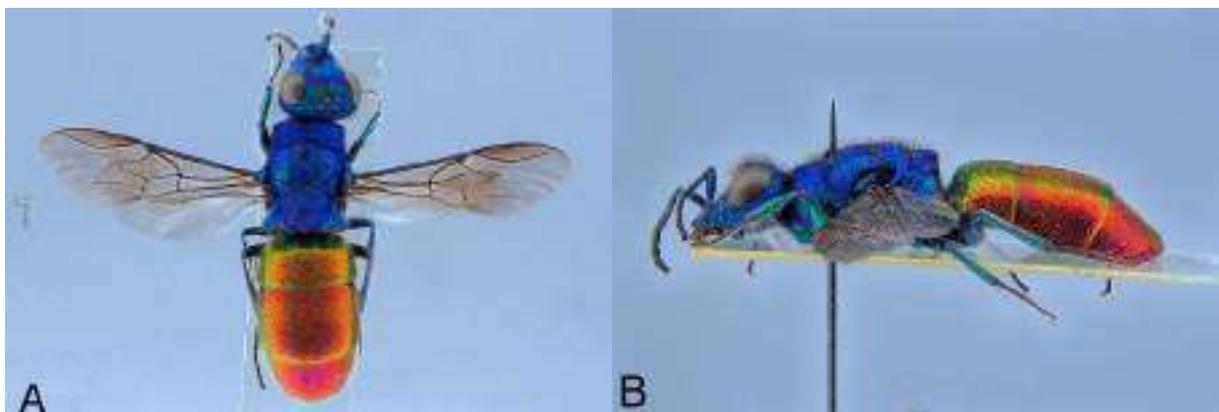


Fig. 25.27 Hymenoptera Chrysoidea, adulti: (A) *Chrysis refulgens* (Chrysoidea), femmina dal dorso; (B) idem, femmina di profilo.

Dryinidae. Famiglia che comprende nel mondo circa 2.000 specie, 53 generi e 17 sottofamiglie. Lunghezza del corpo variabile da 0,9 a 13 mm. Colore dei maschi in genere nero; femmine nere o variamente colorate; dimorfismo sessuale in genere molto pronunciato (**Fig. 25.28 A, B**). Antenna composta da 10 antennomeri in entrambi i sessi. Ala anteriore con 1-3 cellule chiuse. Femmine in genere dotate di una caratteristica chela formata dal quinto protarsomero e da una delle due unghie allungata in modo anormale. La chela (**Fig. 25.28 D**), usata per catturare gli ospiti, manca soltanto nelle Aphelopinae. I driinidi sono quasi tutti ectoparassitoidi coinobionti di achenorinchi (**Fig. 25.28 C**), salvo pochi casi di endoparassitoidi. Il pungiglione è usato sia per paralizzare l'ospite, sia per introdurre le uova nel corpo dell'ospite.

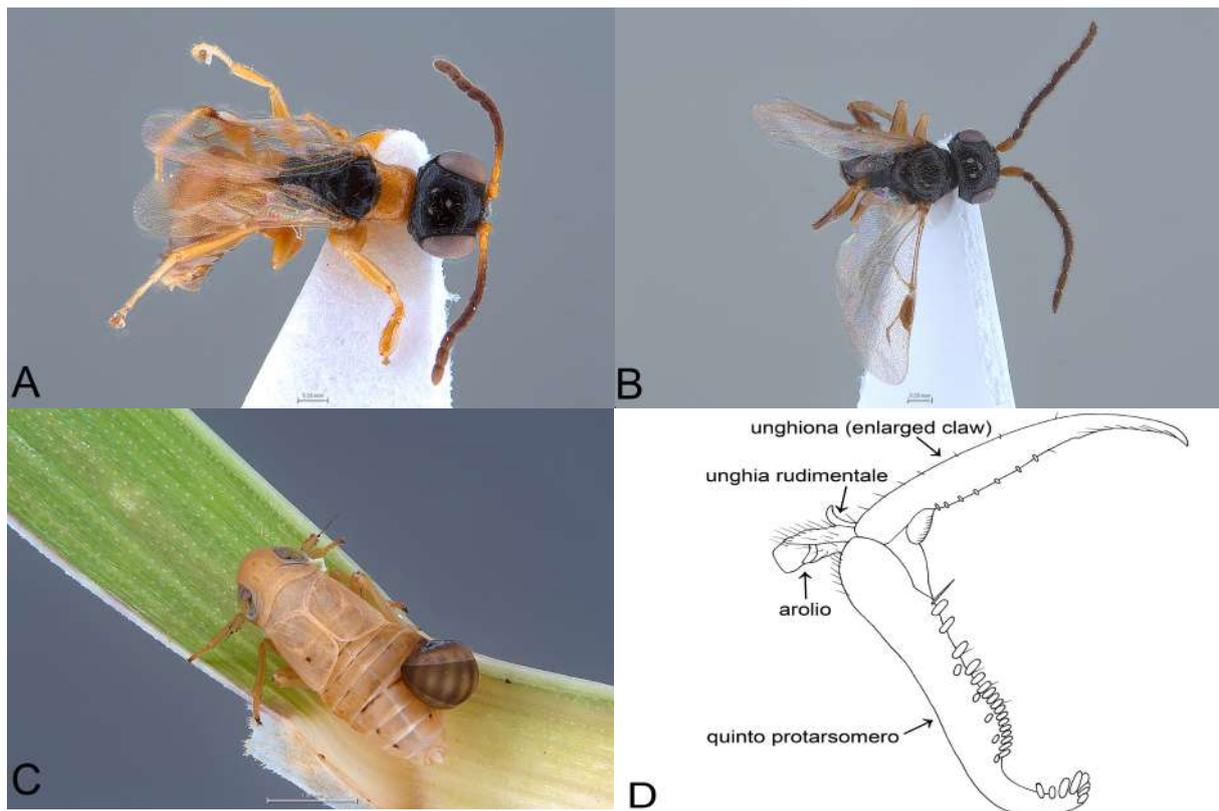


Fig. 25.28 Hymenoptera Chrysoidea: (A) *Anteon gaullei* (Dryinidae), femmina; (B) *Anteon gaullei* (Dryinidae), maschio; (C) ninfa di Auchenorrhynchi parassitata da Dryinidae; (D) chela di Dryinidae.

L'uovo in genere è introdotto nel tegumento esterno dell'ospite. La larva vive sul corpo dell'ospite, chiusa dentro le esuvie delle mute successive, che si accumulano intorno al suo corpo e formano un sacco, chiamato thylacium, e si nutre dell'emolinfa dell'ospite, che viene paralizzato solo per permettere l'ovodeposizione del driinide, e poi riprende la sua vita normale. Al termine del suo sviluppo, la larva matura del driinide svuota del tutto l'emocele dell'ospite, che muore. L'impupamento del driinide avviene all'interno di un bozzolo di seta tessuto nel suolo o sulla pianta ospite. Alcune specie di driinidi sono utilizzate in lotta biologica contro auchenorrhynchi dannosi alle piante.

Embolemidae. Famiglia che comprende nel mondo 90 specie e 7 generi. Lunghezza del corpo variabile da 1,2 a 6,9 mm. Maschi sempre macroterri, di colore nero; a seconda del genere, le femmine (**Fig. 25.29 A-C**) possono essere macroterre, di colore nero o bruno, oppure microterre o più di rado brachittere, per lo più giallo-testacee o ferruginee. Dimorfismo sessuale molto pronunciato. Antenne composte da 10 antennomeri in entrambi i sessi e inserite su protuberanze coniche accostate. Clipeo molto distante dai toruli antennali. Ala anteriore con 4-5 cellule basali chiuse. Ala posteriore senza cellule chiuse. Femmine prive di chele. Biologia simile a quella dei Dryinidae: gli embolemidi sono ectoparassitoidi coinobionti di auchenorrhynchi (**Fig. 25.29 D**) e la larva vive all'esterno del corpo dell'ospite, chiusa dentro un thylacium simile a quello dei Dryinidae.

Sclerogibbidae. Famiglia che comprende nel mondo 2 sottofamiglie, 32 specie e 10 generi. Lunghezza del corpo variabile da 1,2 a 7,0 mm. Maschi di colore nero e femmine per lo più variamente colorate di giallo, testaceo o ferrugineo; dimorfismo sessuale molto pronunciato (**Fig. 25.29 E, F**). Antenne composte da 14-39 antennomeri in entrambi i sessi ed inserite al di sotto di una protuberanza frontale. Il numero di antennomeri può variare nella stessa specie. Ala anteriore con 5 cellule chiuse. Gli sclerogibbidi sono ectoparassitoidi coinobionti di embiotteri (**Fig. 25.29 G**). Il pungiglione è usato sia per paralizzare l'ospite, sia per introdurre le uova nel corpo dell'ospite.

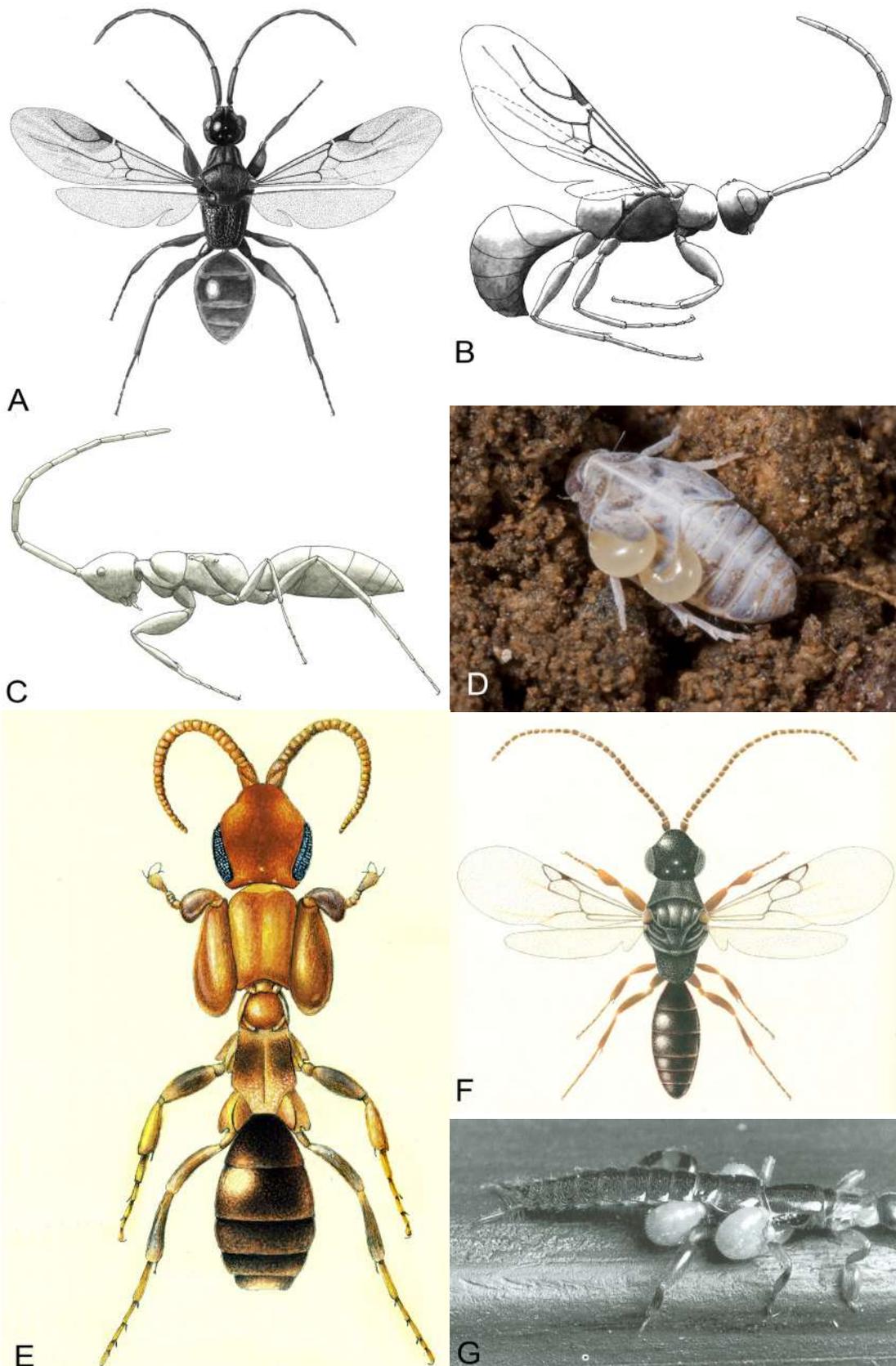


Fig. 25.29 Hymenoptera Chrysoidea: (A) *Ampulicomorpha confusa* (Embolemidae), femmina dal dorso; (B) *Ampulicomorpha confusa* (Embolemidae), femmina di profilo; (C) *Embolemus ruddii* (Embolemidae), femmina di profilo; (D) Ninfa di Cixiidae (Auchenorrhyncha) parassitata da *Embolemus ruddii* (Embolemidae); (E) *Sclerogibba magrettii* (Sclerogibbidae), femmina; (F) *Sclerogibba magrettii* (Sclerogibbidae), maschio; (G) Ninfa di embiottero parassitata da larve di Sclerogibbidae.

Paralizzano l'ospite col pungiglione e depongono 1-12 uova nel suo corpo. Le larve sono apode e succhiano l'emolinfa dell'ospite dopo aver causato con le mandibole una ferita nel tegumento esterno. Dopo aver completato il loro sviluppo, le larve mature svuotano il corpo dell'ospite, che muore, e tessono un bozzolo di seta.

Superfamiglia Formicoidea

Formicidae. Si contano circa 14.000 specie e 350 generi riuniti in 16 sottofamiglie (**Fig. 25.30**). Fra queste ultime, Martialinae e Leptanillinae rappresentano il gruppo più ancestrale, mentre le restanti si dividono in due cladi, quello poneroide (Agroecomyrmecinae, Amblyoponinae, Apomyrminae, Paraponerinae, Ponerinae e Proceratiinae) e quello formicoide all'interno del quale troviamo diffusi alcuni tratti evolutivi più derivati (Aneuretinae, Dolichoderinae, Dorylinae, Ectatomminae, Formicinae, Myrmeciinae, Myrmicinae, Pseudomyrmecinae). Alcune sottofamiglie sono molto povere di specie (ad es. le Martialinae e Aneuretinae contano una sola specie ciascuna), mentre altre sono particolarmente numerose: le Myrmicinae contano circa 7.000 specie e ben 150 generi, seguite dalle Formicinae (3.200 specie) e dalle Ponerinae (1.200 specie). In Italia sono presenti Amblyoponinae, Dolichoderinae, Formicinae, Leptanillinae, Myrmicinae, Ponerinae e Proceratiinae, per un totale di circa 270 specie e 38 generi nativi.

Al dimorfismo sessuale si somma nella maggior parte dei casi una netta suddivisione morfologica in caste (solo nelle femmine), fra individui riproduttori (regine) e sterili o con limitate capacità riproduttive (operaie) (**Fig. 25.30**). Le operaie possono essere polimorfiche e non posseggono ali, che sono generalmente presenti nei maschi e presenti ma decidue nelle regine.

Il capo è prognato, le mandibole sono fortemente sviluppate e talvolta si presentano con forme molto specializzate. Le antenne sono sempre genicolate nelle femmine e nella maggior parte dei gruppi lo sono anche nei maschi. Gli occhi composti sono ben sviluppati e accompagnati da tre ocelli nei sessuati, generalmente meno sviluppati nelle operaie e a volte assenti. Nel torace, il metanoto è spesso poco sviluppato e può essere addirittura assente. Il I urite, il propodeo, forma col torace un corpo unico, detto mesosoma (torace apparente); il II, detto peziolo, è legato al mesosoma da una sottile articolazione e ben distinto dal III; il III può presentarsi in una forma simile, e in tal caso viene detto postpeziolo. I segmenti addominali successivi al peziolo, o, se presente, al postpeziolo, formano il gastro (addome apparente) ad esclusione degli uriti VIII-X (femmine) o IX-X (maschi) che sono interni. In alcuni gruppi formicoidi, il pungiglione non è funzionale o è integralmente sostituito da sistemi di difesa che impiegano il rilascio di sostanze velenose o repellenti.

Le formiche sono il più grande gruppo di animali eusociali esistente. Le loro società, dette colonie, sono stabili, contano da alcune decine a diversi milioni di membri, prevalentemente operaie, e possono contenere una o più regine. In alcuni gruppi le regine non sono morfologicamente differenziate dalle operaie, ma divengono riproduttrici scalando la gerarchia del gruppo mediante combattimenti ritualizzati.

I membri di una colonia si riconoscono fra loro soprattutto tramite specifici idrocarburi cuticolari e comunicano prevalentemente con segnali chimici, sebbene la segnalazione per stridulazione sia presente, ma non in tutti i gruppi. Le colonie vivono in uno o più nidi (polidomia) ricavati generalmente scavando il suolo, il legno morto, altre strutture vegetali o in fessure delle rocce. Le operaie si occupano di costruire e pulire il nido, accudire la prole e la regina, procurarsi il cibo, difendere la colonia, mentre le regine e i maschi sono deputati essenzialmente alla riproduzione. Le regine, in ogni caso, hanno anche un'importante funzione coesiva per la società sebbene non siano responsabili dell'organizzazione delle attività collettive, il più delle volte effettuate in modo decentralizzato.



Fig. 25.30 Hymenoptera Formicoidea: visione frontale del capo di formiche operaie (Formicidae) di varie sottofamiglie: (A) **Formica rufa* (Formicinae), la prima specie di formica ad essere descritta con un binomio linneano nel 1761; (B) Agroecomyrmecinae, *Ankylomyrma coronacantha*; (C) Amblyoponinae, *Mystrium leonie*; (D) Aneuretinae, *Aneuretus simoni*; (E) Apomyrminae, *Apomyrma stygia*; (F) Dolichoderinae, **Linepithema humile*; (G) Dorylinae, *Ectiton burchellii*; (H) Ectatomminae, *Gnampitogenys scalpta*; (I) Formicinae, *Dinomyrmex gigas*; (J) Heteroponerinae, *Heteroponera flava*; (K) Leptanillinae, *Protanilla beijingensis*; (L) Martialinae, *Martialis heureka*; (M) Myrmeciinae, *Myrmecia gulosa*; (N) Myrmicinae, *Atta saltensis*; (O) Paraponerinae, *Paraponera clavata*; (P) Ponerinae, *Brachyponera chinensis*; (Q) Proceratiinae, *Proceratium politum*; (R) Pseudomyrmecinae, *Pseudomyrmex alustratus*.

Immagine tratte dall'archivio fotografico disponibile su www.antweb.com. Per ciascuna immagine, l'autore della foto e il codice del campione corrispondente sono riportati nei Crediti.

Le operaie spesso svolgono i loro compiti in stretta cooperazione, sia fuori che dentro il nido, ma in alcune linee evolutive le operaie foraggiano essenzialmente come cacciatrici solitarie. La difesa territoriale è presente in molte specie e spesso si riscontra una struttura ecologicamente gerarchizzata dei nidi sociali. Le regine sono in genere molto longeve (anche alcuni decenni) e utilizzano gli spermatozoi accumulati nella spermateca per fecondare le proprie uova dopo essersi accoppiate il più delle volte in una sola occasione. Le operaie hanno una vita di pochi mesi, uno o pochi anni, mentre quella dei maschi è di settimane o mesi e limitata alla funzione riproduttiva. La fondazione di nuove società può avvenire tramite “gemmazione” della colonia madre o tramite dispersione di singole regine che utilizzano voli nuziali per accoppiarsi ed allontanarsi. Nelle specie parassite sociali, la fondazione delle nuove società avviene sfruttando la forza lavoro già esistente in colonie ospiti conspecifiche o eterospecifiche.

Le formiche sono presenti in tutte le terre emerse ad eccezione delle regioni polari o di isole lontane dai continenti. In questi ambienti costituiscono circa il 10-15% della biomassa animale. La loro storia evolutiva ha origine probabilmente in ambienti simili alle attuali foreste equatoriali, dove tutt’oggi raggiungono la maggiore biomassa, ma hanno poi colonizzato quasi ogni genere di habitat, sviluppando adattamenti per vivere anche in ambienti estremi (freddi, caldi o aridi) e insediandosi con successo negli ambienti antropizzati come quelli agricoli o urbani. Le articolate comunità di specie che formano possono essere usate come indicatori per monitorare le condizioni degli habitat e le loro trasformazioni.

La diversità filogenetica è decisamente maggiore ai tropici. Sono interamente relegate a queste aree le Martialinae, gran parte delle poneroidi e molte formicoidi. I gruppi più ancestrali sono esclusivamente predatori e saprofiti, e spesso si tratta di formiche esclusivamente endogee o che formano colonie non molto popolose, ad eccezione di alcune Dorylinae (formiche legionarie). Tanti gruppi più derivati hanno progressivamente diversificato la loro dieta, passaggio fondamentale per raggiungere il successo a latitudini maggiori. L’utilizzo dei semi è significativo per esempio nelle Myrmicinae, dove troviamo anche generi integralmente granivori. Queste formiche svolgono un ruolo importante nella predazione ma anche nella dispersione dei semi (mirmecocoria), che a volte le piante favoriscono mediante la produzione di appendici annessi al seme e ricche di nutrienti proprio per attrarre le formiche (elaiosomi). Infine, alcuni generi hanno sviluppato un importante interesse per le sostanze zuccherine, per lo più ottenute dal metabolismo delle piante: indirettamente, mediante la melata di insetti fitomizi quali afidi e cocciniglie; direttamente tramite i nettari, soprattutto quelli extraflorali. Le formiche in genere hanno un ruolo di poco rilievo come impollinatori, ma la loro presenza sulle piante può contribuire a scacciare i fitofagi e a ridurre l’incidenza di funghi e batteri grazie alle sostanze antibiotiche che esse secernono: in cambio, alcune piante offrono loro cibo e luoghi dove costruire il nido (domazi). Per questo tipo di servizi alcune specie sono considerate utili nella lotta biologica in ambito agricolo almeno dal IV secolo d.C. La trofobiosi con afidi o cocciniglie può tuttavia comportare dei costi. La predazione dei semi può provocare danni a certe colture, ma recare vantaggi contro specie infestanti. La costruzione dei nidi tende invece a movimentare il suolo e arricchirlo di nutrienti.

Superfamiglia Vespoidea

Vasto e variegato gruppo d’imenotteri, probabilmente parafiletico, comprendente alcune decine di migliaia di specie di piccole e grandi dimensioni. Hanno antenne con 12 flagellomeri nella femmina e 11 nel maschio, lobi laterali del pronoto raggiungenti le tegole, ali anteriori generalmente con 9-10 cellule chiuse, 2 nelle ali posteriori, ovopositore trasformato in pungiglione, corpo generalmente senza setole piumose. Dimorfismo sessuale da poco a molto pronunciato. I Vespoidea comprendono specie solitarie e altre che manifestano diversi gradi di socialità, anche molto elevati, predatori, parassitoidi e fitofagi specializzati.

Mutillidae. Oltre 5.000 specie nel mondo, di dimensioni variabili da pochi mm ad alcuni cm, diffusi soprattutto nelle regioni tropicali e subtropicali. Manifestano un marcato dimorfismo sessuale (**Figg. 25.31 A, B**) che rende difficile l'associazione maschio-femmina della stessa specie: i maschi sono generalmente alati, talvolta brachitteri o atteri, come le femmine; il torace di queste ultime non presenta distinta segmentazione dorsale. Il secondo segmento del metasoma presenta generalmente due solchi longitudinali. Il corpo è di vario colore (sovente combinazioni di nero, grigio, bianco, rosso ferruginoso) è molto sclerificato e riccamente peloso. I mutillidi sono parassitoidi ectofagi solitari di larve e pupe di altri imenotteri aculeati che generalmente nidificano nel suolo, ma anche di ditteri, coleotteri, lepidotteri e altri insetti. La famiglia è suddivisa in 7 sottofamiglie: Mutillinae, Myrmillinae, Myrmosinae, Pseudophotopsidinae, Rhopalomutillinae, Sphaerophthalminae e Ticopliinae; Mutillinae e Myrmosinae sono le più numerose e cosmopolite, la prima con circa 2.000 specie.

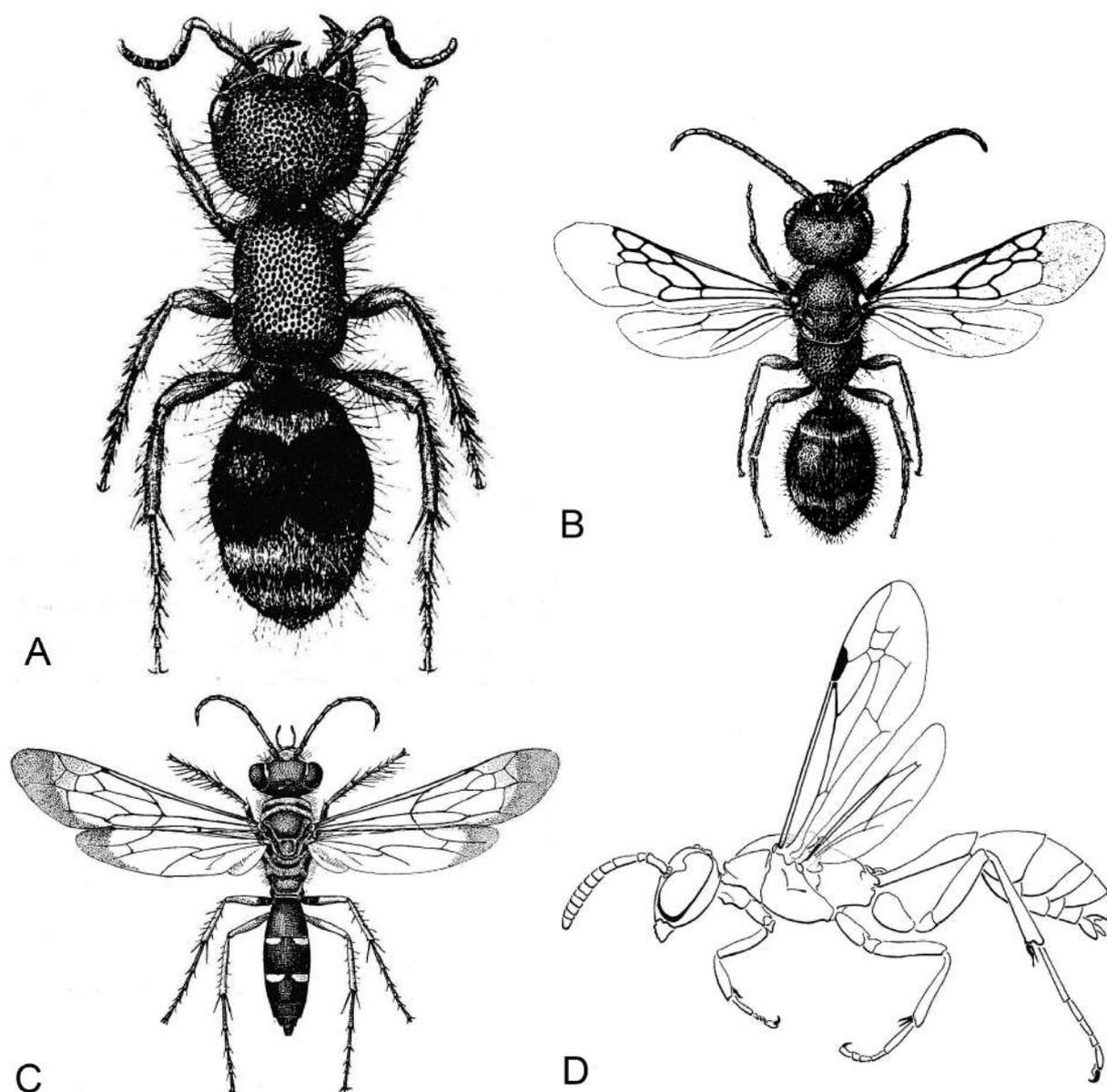


Fig. 25.31 Hymenoptera Vespoidea, adulti: (A) **Myrmilla erythrocephala* (Mutillidae), femmina; (B) idem, maschio; (C) **Episyron rufipes* (Pompiliidae); (D) Scoliidae Scoliinae.

Pompilidae. Oltre 4.000 specie raggruppate nelle seguenti sottofamiglie: Ceropalinae, Pepsinae e Pompilinae. Caratterizzati (Fig. 25.31 C) da zampe lunghe e robuste, sovente con lunghe setole sui tarsi anteriori e doppia serie sui femori posteriori, in corrispondenza dell'articolazione femoro-tibiale; pronoto ottuso inferiormente e che copre liberamente le mesopleure; ali normalmente sviluppate, ma in alcune specie ridotte o mancanti; mesopleure divise da un solco che parte dall'angolo dorsale posteriore e decorre diritto anteriormente. Il corpo è in genere nero, ma sovente con aree rossastre, bianche o gialle. Si tratta di parassitoidi o cleptoparassitoidi solitari di ragni (Araneae). Di solito una singola larva si sviluppa su una vittima paralizzata e disposta in una cella.

Scoliidae. Piccola famiglia di circa 300 specie, incluse nelle sottofamiglie Scoliinae e Proscoliinae, prevalentemente rappresentata nelle regioni tropicali (Fig. 25.31 D). Zampe relativamente corte e robuste, con mesotibie e metatibie provviste di numerose spine; pronoto con lobi acuti e appressati alle mesopleure; ali anteriori distalmente con fitta rugosità. Il corpo è di medie e grandi dimensioni, spesso maggiormente nero, ma con macchie gialle, bianche o rosse. Specie solitarie, ectoparassitoidi di larve di coleotteri, soprattutto scarabeoidi.

Tiphiidae. La famiglia comprende oltre 1.500 specie raggruppate nelle sottofamiglie Anthoboscinae, Brachycistidinae, Diamminae, Methochinae, Myzininae, Thynninae e Tiphiinae. Tutte le specie sono ectoparassitoidi larvali di insetti terricoli; quelle della sottofamiglia Tiphiinae si sviluppano a spese di larve di Scarabeoidea (Coleoptera), alcune specie di *Tiphia*, come *T. popilliavora*, sono state impiegate in progetti di lotta biologica. Insetti (Fig. 25.32 A) di medie e grandi dimensioni, con espansioni laminari ad ogni lato della linea mediana coprenti le basi delle contigue metacoxe (Fig. 25.32 B), ali posteriori con distinti lobi clavali e iugali dietro le rispettive piegature del disco alare, femmine generalmente con tibie medie e posteriori robuste e ricche di spine, metasoma sessile o brevemente peziolato, sterno del I segmento metasomale generalmente separato dal II segmento da una profonda costrizione, dimorfismo sessuale anche molto pronunciato, maschio alato e femmina generalmente macroterea, ma talvolta microterea o attera. Il corpo è nero o con macchie gialle o rosse.

Vespidae. Adulti generalmente con ali piegate longitudinalmente in posizione di riposo, glosse e paraglosse terminanti con aree pigmentate, occhi con margine interno concavo (Fig. 25.32 C). Il corpo è in gran parte nero o bruno, ma può presentare ampie macchie gialle o bianche. Molte specie sono solitarie, ma tante sono anche le specie sociali. Le larve delle specie solitarie si sviluppano nutrendosi di larve di lepidotteri, coleotteri o imenotteri sinfiti, in celle costruite dalle madri. Nelle specie sociali le larve sono alimentate dalle madri con insetti catturati e masticati o con secreti ghiandolari nelle celle dei nidi preparati dalle stesse. Alcune specie sono cleptoparassitoidi nei nidi di specie sociali. L'impupamento avviene nelle celle dei nidi. La famiglia comprende oltre 4.000 specie raggruppate nelle sottofamiglie Eumeninae, Euparagiinae, Masarinae, Polistinae (Fig. 25.32 D), Stenogastrinae e Vespinae. La sottofamiglia Eumeninae è la più vasta dei Vespidae, con oltre 3.000 specie solitarie o subsociali che hanno generalmente il corpo allungato e il metasoma peziolato. Vespinae e Polistinae comprendono specie eusociali, in società annuali o pluriennali, che costruiscono nidi di carta e nutrono le larve con insetti masticati o carne di vertebrati morti.

Le società o colonie dei vespidi comprendono una o più femmine fertili o regine, femmine sterili od operaie e maschi. Nelle specie del genere *Vespa*, come in *V. crabro*, la sede della società è un nido che la regina, dopo lo svernamento, inizia a costruire in primavera e nel quale vengono preparate le prime celle per la deposizione delle uova. In ognuna di tali celle la regina depone un uovo. Le larve vengono alimentate con materiale derivato da insetti catturati, tra cui api. Al termine dello sviluppo degli stadi giovanili si hanno i primi adulti.

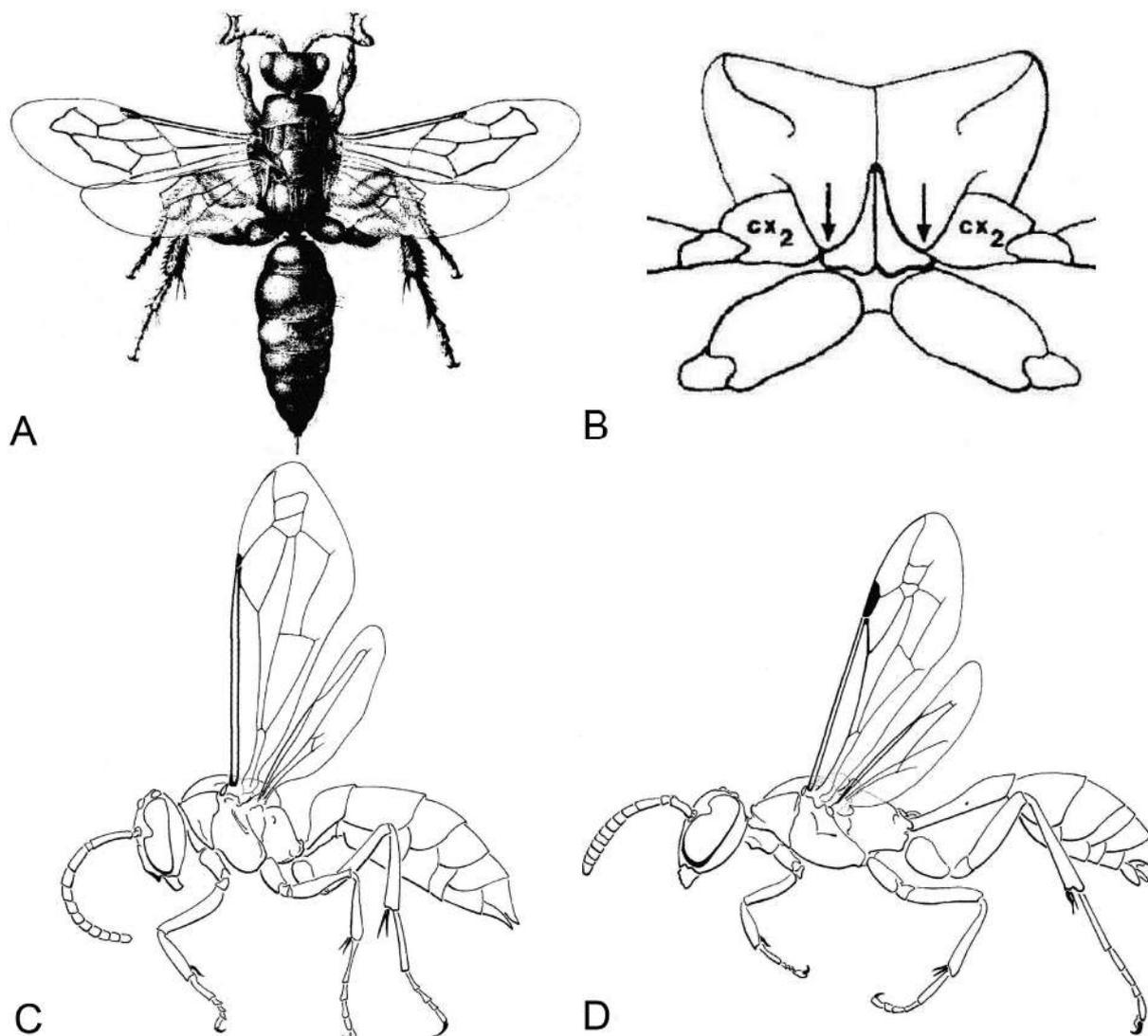


Fig. 25.32 Hymenoptera Vespoidea, adulti: (A) *Tiphia morio* (Tiphidae), femmina; (B) Mesosterno di Tiphidae; (C) Vespidae Vespinae; (D) Vespidae Polistinae.

Essi sono femmine fertili e femmine sterili; quest'ultime, le operaie, assumeranno il compito di gestire l'ampliamento e la difesa della colonia, lasciando alla regina il solo compito di deporre le uova. Il nido presenterà alla fine della costruzione uno strato protettivo esterno e all'interno, vari piani con celle. Alla comparsa dei maschi, a fine estate, segue quella delle femmine fertili che, dopo essere state fecondate, lasciano il nido per nutrirsi abbondantemente e prepararsi allo svernamento. **V. velutina*, introdotta negli ultimi decenni accidentalmente in Italia, è divenuto un serio ostacolo per l'apicoltura.

Le specie del genere *Polistes* costruiscono il nido con una sorta di cartone derivato dalla masticazione di legno, da cui il nome volgare di vespe della carta. Il nido, privo di strato protettivo esterno e con celle aperte, è fissato con un peduncolo a muri, pietre o altri supporti fissi. In esso possono convivere più femmine fertili.

Nel sottogenere *Sulcopolistes* sono incluse parassitoidi sociali (cleptoparassiti) di altre *Polistes*. Le regine di tali specie s'introducono nel nido della specie ospite, ove non sono riconosciute come aliene. Conseguentemente esse depongono le loro uova e le larve sono alimentate e accudite dalle operaie della specie ospite presenti nel nido. La specie parassita manca di femmine sterili e quindi rappresentata solo da femmine fertili e maschi.

Superfamiglia Apoidea

Oltre al gruppo naturale degli Anthophila, che raggruppa le diverse famiglie di api (solitarie o con forme diverse di socialità), gli Apoidea comprendono gli imenotteri conosciuti come sfecidi, oggi ripartiti in quattro famiglie, delle quali le tre seguenti sono presenti anche in Italia.

Gli sfecidi in senso lato (Spheciformes) possono variare in lunghezza da pochi millimetri a circa 3-4 centimetri; hanno spesso colorazione nera, nera e rossa o nera e gialla, ma non mancano le specie con livrea più variegata. Le recenti analisi molecolari hanno evidenziato che i Crabronidae sono un gruppo parafiletico formato da diverse linee filetiche separate. Non è ancora chiaro in quante famiglie debba essere suddiviso questo gruppo e quindi lo si tratta qui come un'unica famiglia. Nel loro insieme costituiscono un gruppo molto diversificato per morfologia e biologia. In Italia si conoscono oltre 60 generi e circa 400 specie.

Ampulicidae. Questa famiglia conta più di 200 specie a livello mondiale. Questo gruppo di sfecidi è caratterizzato dalle antenne inserite su una prominente del capo. Presentano inoltre un protorace allungato. Per allevare le proprie larve utilizzano blatte. Per quanto noto non costruiscono nidi.

Sphecidae (Fig. 25.33 A, B). Famiglia che contiene più di 800 specie a livello mondiale. È suddivisa nelle sottofamiglie Ammophilinae, Chloriontinae, Sceliphrinae, Sphecinae e Stangeellinae. Sono chiamate anche vespe scavatrici perché spesso costruiscono nidi pedotrofici nel suolo ove portano le prede per le larve e con queste prede riforniscono le celle prima di deporre l'uovo. Si tratta in larga parte di specie solitarie, sebbene alcune specie di scelifrini e di sfecini abbiano forme di protosocialità, allevando più larve in un'unica grande cellula di covata. Molti nidificano in cavità preesistenti, ma alcune specie costruiscono nidi di fango o di resina. Tutti sono predatori che paralizzano la vittima iniettando un veleno con il pungiglione e la trasportano nel nido. Il tipo di preda varia dai ragni (*Sceliphron spirifex*) a vari ortotteri (*Sphex funerarius*) e larve di lepidotteri o altri imenotteri. Gli adulti si alimentano sui fiori.

Crabronidae (Fig. 25.33 C, D). Famiglia con più di 9.100 specie a livello mondiale, che viene suddivisa nelle 8 sottofamiglie: Astatinae, Bembicinae, Crabroninae, Dinetinae, Eremiasphecinae, Mellininae, Pemphredoninae e Philanthinae. I Crabronidae, così come definiti qui, sono un taxon para/polifiletico. All'interno della famiglia si trovano specie molto diverse per morfologia e per taglia. Il comportamento riproduttivo è variegato con molte specie che nidificano nel terreno e costruiscono nidi con livelli di complessità variabile. Numerose specie usano cavità preesistenti o scavano nidi nel legno o altro materiale vegetale, altre costruiscono nidi col fango. Ci sono poi forme cleptoparassite che utilizzano nidi di altri imenotteri per allevare le proprie larve. Le prede utilizzate per le larve sono molto varie e includono i ragni e insetti di numerosi ordini. La gran parte delle specie sono solitarie per quanto concerne la strategia di nidificazione. Sono note però anche specie gregarie nelle quali più esemplari nidificano nello stesso sito (in Italia, ad esempio, alcune specie di *Bembix*). Alcuni crabronidi presentano una primitiva socialità e alcuni taxa tropicali raggiungono la eusocialità. In Italia, tra i generi che contengono almeno dieci specie *Astata*, *Bembix*, *Cerceris*, *Crossocerus*, *Ectemnius*, *Gorytes*, *Harpactus*, *Miscophus*, *Nysson*, *Oxybelus*, *Tachysphex*, *Trypoxylon*. **Philanthus triangulum* caccia le api del miele.

La linea evolutiva dei cosiddetti Apiformes si caratterizza come gruppo monofiletico nell'ambito degli Apoidea per una serie di caratteri biologici e morfologici esclusivi, tra i quali i principali sono la dieta proteica delle larve, costituita unicamente da polline; il basitarso delle zampe posteriori, più largo dei tarsi successivi; le setole almeno in parte piumose o ramificate. Tutto il gruppo riveste una rilevante portata economica, in quanto essi costituiscono i più importanti organismi impollinatori. Vengono attualmente riconosciute 7 famiglie, delle quali 6 rappresentate in Italia, e sono state descritte oltre 20.000 specie.



Fig. 25.33 Hymenoptera Apoidea Spheciformes, adulti: (A) **Sceliphron caementarium* (Sphecidae); (B) **Philanthus triangulum*, femmina (Sphecidae); (C) **Cerceris arenaria* (Crabronidae); (D) **Bembix rostrata* (Crabronidae).

Colletidae. Caratterizzate dalla glossa (ligula) bilobata delle femmine, sono presenti in tutti i continenti, ma in Europa riuniscono specie morfologicamente alquanto differenziate, ad esempio piccole api glabre (gen. *Hylaeus*) e api pelose di dimensioni medie (gen. *Colletes*), mentre in Oceania presentano la maggiore differenziazione di forme e numerosità di taxa. Quasi tutte le specie italiane di *Hylaeus* si distinguono dalle altre piccole api per le macchie gialle ai lati del clipeo nelle femmine, estese all'intero clipeo nei maschi. La famiglia comprende specie solitarie che nidificano nel terreno (*Colletes*) o in fori preesistenti nel legno, in steli di piante o in cavità di rocce (*Hylaeus*) che producono un rivestimento della celletta simile al cellofan, ottenuto da secrezioni delle ghiandole salivari e della ghiandola di Dufour.

Andrenidae. Gli Andrenidae costituiscono la più vasta famiglia di specie di api a ligula corta (caratteristica condivisa con Halictidae e Melittidae), diffusa in tutti i continenti eccetto l'Oceania, maggiormente diversificata nell'emisfero boreale. Il carattere distintivo è costituito dalla doppia sutura subantennale. Un altro carattere è la presenza delle foveae facciali, due aree lungo il lato interno degli occhi composti, ricoperte di corta tomentosità vellutata nelle Andreninae e glabre nelle Panurginae. Le dimensioni del corpo sono piccole o medie (circa come quelle di un'ape domestica), raramente grandi. La maggior parte delle specie presenta tegumento nero, talvolta con zone rosse sul gastero. Rare sono le specie blu o verde metallico, mentre è frequente il giallo nelle Panurginae e sul clipeo dei maschi di alcune *Andrena*. La pubescenza in media è lunga e densa, in particolare nelle specie primaverili, e può interessare tutto il corpo, anche se di solito è più folla sul mesosoma; il suo colore può variare dal grigio al bianco, al rosso, al marrone o al nero, talora con sfumature intermedie. In Europa sono presenti le sottofamiglie Andreninae e Panurginae. Nelle Andreninae le zampe posteriori presentano lunghe setole, adatte a trattenere il polline, non solo sulle tibie, ma anche su coxe,

trocanteri e femori. *Andrena* è il più numeroso genere degli Apiformes, con oltre 1.500 specie a livello mondiale, in Italia 193, rappresentando circa il 20% della fauna apidica italiana. Notevole la grande varietà di caratteristiche ecologiche che lo contraddistinguono e qualche rappresentante può essere considerato come bioindicatore ambientale. Nelle Panurginae la scopa, struttura atta alla raccolta del polline e variamente conformata negli Apoidea, si trova confinata alle sole tibie posteriori. Nella Regione Palearctica sono presenti con le tribù Panurgini e Melitturagini. Tutte le specie di questa famiglia nidificano nel suolo, in cui scavano gallerie ramificate lateralmente e terminanti con celle singole o a grappolo, in genere a orientamento verticale. Non si conoscono specie sociali, ma possono verificarsi aggregazioni di nidi. La maggior parte delle specie è monovoltina; molte superano la stagione avversa come adulto e talvolta come prepupa. Riguardo ai costumi alimentari, sono stati riportati casi di specie sia poliletiche, che bottinano su specie diverse di piante, sia oligolettiche, che ne prediligono solo alcune. Nei panurgini, le specie studiate dal punto di vista dei costumi alimentari risultano per la maggior parte oligolettiche su Asteraceae, specialmente su *Hieracium*.

Halictidae. Gli Halictidae sono una delle maggiori famiglie di Apoidea, largamente diffusa in tutto il mondo e vi appartengono quasi 4.500 specie. Carattere comune all'intera famiglia è la curvatura della vena basale dell'ala anteriore. Si tratta per lo più di specie di piccola dimensione, al di sotto di 10 mm, quasi glabre poiché possono essere presenti bande di corte setole sul metasoma, ma per lo più queste mancano del tutto. La cuticola è di solito nera, ma possono essere presenti aree di colore rossastro nel metasoma dei maschi del genere *Lasioglossum* e aree gialle sulle zampe e sul clipeo in *Lasioglossum* e *Halictus*; alcune specie sono verde metallico. Le femmine di questi due generi presentano un solco longitudinale visibile nell'ultimo tergite, detto *rima*. Le specie del genere cleptoparassita *Sphcodes* presentano la cuticola del metasoma di colore rosso scuro. Si riconoscono 4 sottofamiglie (Halictinae, Nomioidinae, Nomiinae e Rophitinae). Molte specie sono bottinatrici generaliste e solo la sottofamiglia Rophitinae include primariamente specie oligolettiche. Gli Halictidae scavano nidi nel terreno; sono spesso presenti comportamenti di cleptoparassitismo, che si pensa essersi evoluto indipendentemente fino a 12 volte all'interno di questo clade, e vari gradi di socialità: da specie solitarie a comunitarie e proto-sociali, a vere e proprie forme di eusocialità. Statisticamente, un qualsiasi campionamento di api selvatiche raccolte in Italia, può contenere fra il 40% ed il 60% di individui appartenenti a questa famiglia, proprio perché molte specie sono sociali a vario grado. Ciò li rende il gruppo di maggiore rilevanza economica, dopo l'ape mellifera, per l'impollinazione delle colture agricole e della flora spontanea.

Melittidae. La famiglia Melittidae è una delle più piccole famiglie di antofili, a cui appartengono appena circa 200 specie descritte, ripartite in 3 sottofamiglie. Si tratta di api a ligula corta tipiche delle aree carsiche di buona parte del vecchio e del nuovo mondo rappresentate in Italia da una quindicina di specie. Si tratta per lo più di specie oligolettiche su cistacee e dipsacacee (*Dasygoda*), leguminose e campanulacee (*Melitta*), e *Lysimachia* (*Macropis*). Le femmine di *Dasygoda* presentano come apparato di raccolta del polline delle scope molto sviluppate, in caratteristiche lunghe setole, sulle zampe posteriori.

Megachilidae. Nel gruppo delle api a ligula lunga, la famiglia Megachilidae si caratterizza per l'apparato di raccolta del polline portato nella parte inferiore del gastro (api gastrilegidi) anziché sulle zampe (api podilegidi). Alla famiglia Megachilidae appartengono circa 4.000 specie, tutte solitarie o al più comunitarie, e sono presenti in quasi tutti gli ecosistemi, dalle foreste tropicali ad habitat aridi. Gli adulti presentano in generale un capo più tozzo e robusto rispetto alle altre api, e mandibole robuste. Le specie del genere *Anthidium* e generi affini hanno poche setole, ma risultano variamente colorate per la presenza nel tegumento di striature e chiazze gialle.

I generi di Osmiini *Osmia* e *Hoplitis* sono i più diversificati della famiglia per dimensione e colori delle setole, che possono variare molto in lunghezza. Le specie del genere *Megachile*, anche se di dimensioni variabili, si presentano piuttosto uniformi nella morfologia e sono facilmente riconoscibili per l'addome terminante a triangolo e la presenza di sottili bande uniformi di setole in ogni tergite. Il genere cleptoparassita *Coelioxys* è caratteristico per il gastro terminante in una forma appuntita. Sono suddivisi in 4 sottofamiglie: Megachilinae, Fideliinae, Lithurginae e Pararhophitinae. Le Megachilinae, più numerose, sono presenti in tutti i continenti e le specie italiane rientrano quasi tutte in questa sottofamiglia, nelle tre tribù principali degli Anthidiini, Megachilini e Osmiini. Tutte le specie di questo gruppo nidificano in cavità preformate sopra la superficie del suolo, come steli e rametti cavi di piante erbacee, graminacee e arbusti e ogni cavità offerta dalla natura, persino gusci vuoti di chiocchie e galle secche, e manufatti costruiti dall'uomo come incannucciate o tubi e trapanature nei muri. Hanno tendenza a trasportare nei propri nidi materiali da costruzione esogeni, come foglie ritagliate in dischetti con le mandibole (le megachili tagliafoglie), petali (*Hoplitis papaveris*), fango (*Osmia cornuta*), polpa di foglie masticate (*Osmia latreillei*), setole di piante (*Anthidium manicatum*), resina, ciottoli e varie combinazioni di questi materiali, che lavorano con le mandibole robuste, per formare celle, pareti delle celle, partizioni, ecc. Le specie che trasportano materiali da costruzione lo fanno usando la scopa o corbiculae delle tibie posteriori, mentre le Megachilinae trasportano materiali con le mandibole o trattenuti per le zampe. Per la loro versatilità nell'accettare varie cavità per nidificare e manipolare materiali esterni, appartengono a questo gruppo le poche specie di api selvatiche che l'uomo è riuscito a moltiplicare offrendo loro nidi artificiali, per favorire l'impollinazione delle colture, come *Osmia bicornis*, *O. cornuta*. (**Fig. 25.34 A**), *Heriades truncorum*, *Megachile rotundata*.



Fig. 25.34 Hymenoptera Apoidea Apiformes: (A) *Osmia cornuta*, maschio (Megachilidae); (B) *Xylocopa* sp. (Apidae); (C) *Amegilla quadrifasciata* (Apidae); (D) *Apis mellifera* (Apidae).

Apidae. Gruppo probabilmente parafiletico che, in via provvisoria, include le sottofamiglie Apinae, Xylocopinae e Nomadinae. È utile dividere le Apinae in: (1) Apinae corbicolate per le tribù Euglossini, Bombini, Meliponini, e Apini, e (2) Apinae non corbicolate, per tutte le altre. La sottofamiglia Xylocopinae comprende api a diffusione prevalentemente tropicale o subtropicale, ed è rappresentata in Italia da 3 specie del genere *Xylocopa*, di grandi dimensioni, da 13 a 30 mm (**Xylocopa violacea*. (Fig. 25.34 B), e dal genere *Ceratina* di piccole dimensioni, da 3 a 12 mm, e di colore variabile dal nero (**Ceratina cucurbitina*) al verde o azzurro metallico. Quasi tutte le specie italiane di *Ceratina* si distinguono in campo dalle altre piccole api, per la tipica macchia chiara presente sul clipeo a forma di I nelle femmine e a forma di T rovesciata nei maschi. La sottofamiglia Nomadinae è il più grande e diversificato taxon di api cleptoparassite, con molte tribù, spesso simili a vespe piuttosto che ad api, che per lo più esibiscono livree dai colori accesi rossi, gialli e arancio. Contrariamente agli altri gruppi di api cleptoparassite, non mostra relazione chiare con uno specifico altro gruppo di api non parassite e pertanto non si sa nulla della sua evoluzione, se non che sembra essere monofiletico, dimostrando probabilmente un'unica origine del comportamento parassitario. In Italia si contano oltre 100 specie di *Nomada* e specie di altri generi quali *Epeolus*, *Ammobates*, *Ammobatoides*, *Biastes*, *Pasites*, *Triepeolus*. Le Apinae corbicolate sono rappresentate in Italia da 41 specie del genere *Bombus* che nei rilievi montuosi dell'Appennino e nelle Alpi raggiungono la maggior ricchezza di specie, e da *Apis mellifera* (Fig. 25.34 D). Per le restanti Apinae non corbicolate i generi maggiormente rappresentati, *Anthophora* ed *Eucera*, delle tribù Anthophorini (Fig. 25.34 C) ed Eucerini, sono maggiormente legati ad un clima caldo e arido e più diversificati al sud e nelle isole. Si tratta di specie per lo più di dimensioni medie, dal volo rapido, efficienti raccoglitrice di polline grazie alla cospicua peluria di cui sono rivestite, in grado di visitare le specie di fiori dalla corolla lunga, in particolare Lamiaceae e Leguminosae. Dell'ape da miele (*Apis mellifera*) si tratta in un volume dedicato all'Apicoltura di questa serie entomologica.

Bibliografia essenziale

Generalità

- BRANSLY M.G., DANFORTH B.N., PITTS J.P., FAIRCLOTH B.C., WARD P.S., BUFFINGTON M.L., GATES M.W., KULA R.R., BRADY S.G., 2017. Phylogenomic Insights into the evolution of stinging wasps and the origins of ants and bees. *Current Biology* 27: 1019-1025.
- BROTHERS D.J., 1975. Phylogeny and classification of the aculeate Hymenoptera, with special reference to the Mutillidae. *University of Kansas Science Bulletin* 50: 483-648.
- DEBEVEC A.H., CARDINAL S., DANFORTH B.N., 2012. Identifying the sister group to the bees: a molecular phylogeny of Aculeata with an emphasis on the superfamily Apoidea. *Zoologica Scripta* 41: 527-535.
- GAULD I., BOLTON B. (ed.), 1996. *The Hymenoptera*. Oxford University Press.
- GOULET H., HUBER T. J. (ed.), 1993. *Hymenoptera of the world: An identification guide to families*. Centre for land and biological resources research, Ottawa.
- PETERS R.S., KROGMANN L., MAYER C., DONATH A., GUNKEL S., MEUSEMANN K., KOZLOV A., PODSIADLOWSKI L., PETERSEN M., LANFEAR R., DIEZ P.A., 2017. Evolutionary history of the Hymenoptera. *Current Biology* 27: 1013-1018.
- PILGRIM E. M., VON DOHLEN C. D., PITTS J. P., 2008. Molecular phylogenetics of Vespoidea indicate paraphyly of the superfamily and novel relationships of its component families and subfamilies. *Zoologica Scripta* 37: 539-560.
- SHARKEY M. J., 2007. Phylogeny and classification of Hymenoptera. *Zootaxa* 1668: 521-548.
- SHARKEY M.J., CARPENTER J.M., VILHELMSSEN L., 2012. Phylogenetic relationships among superfamilies of Hymenoptera. *Cladistics* 28: 80-112.

Symphyta

- BERLAND L., 1947. *Hyménoptères Tenthredoïdes*. Faune de France, vol. 47, Ed. Lechevalier, Paris.
- BLANK S.M., SCHMIDT S., TAEGER A., 2006. *Recent Sawfly Research: Synthesis and Prospects*. Goecke & Evers, Kelttern.
- LACOURT J., 2020. *Sawflies of Europe*. Ed. NAP, Verrières-le-Buisson (F) (ed. in inglese di LACOURT J., 2020. *Symphytes d'Europe*. Ed. NAP, Verrières-le-Buisson (F)).
- PESARINI F., 2019. *Hymenoptera Symphyta I*. Fauna d'Italia, LII. Calderini-Edagricole, Bologna.
- VIITASAARI M. (Ed.), 2002. *Sawflies I*. Tremex Press, Helsinki.

Trigonaloidea, Stephanoidea, Ichneumonoidea

- ACHTERBERG C. VAN, 2002. A revision of the Old World species of *Megischus* Brullé, *Stephanus* Jurine and *Pseudomegischus* gen. nov., with a key to the genera of the family Stephanidae (Hymenoptera: Stephanoidea). *Zoologische Verhandelingen* 339: 1-206.
- BENNETT A.M.R., CARDINAL S., GAULD I.D., WAHL D.B., 2019. Phylogeny of the subfamilies of Ichneumonidae (Hymenoptera). *Journal of Hymenoptera Research* 71: 1-156.
- BROAD G.R., SHAW M.R., FITTON M.G., 2018. *Ichneumonid Wasps (Hymenoptera, Ichneumonidae): Their Classification and Biology*. *Handbooks for the Identification of British Insects, vol. 7, part 12*. Royal Entomological Society, London, UK.
- JASSO-MARTÍNEZ J.M., SANTOS B.F., ZALDÍVAR-RIVERÓN A., FERNÁNDEZ-TRIANA J., SHARANOWSKI B.J., RICHTER R., DETTMAN J.R., BLAIMER B.B., BRADY S.G., KULA R.R., 2022. Phylogenomics of braconid wasps (Hymenoptera, Braconidae) sheds light on classification and the evolution of parasitoid life history traits. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, DOI: 10.1016/j.ympev.2022.107452 in press.
- QUICKE D.L.J. 2015. *The braconid and ichneumonid parasitoid wasps: biology, systematics, evolution and ecology*. John Wiley & Sons, Oxford, UK.

Chalcidoidea

- MUNRO B. J., HERATY M. J., BURKS A. R., HAWKS D., MOTTERN J., CRUAUD A., RASPLUS J.Y., JANSTA P., 2011. A Molecular Phylogeny of the Chalcidoidea (Hymenoptera). *PLoS ONE* / 6(11):| e27023

Cynipoidea

- BUFFINGTON L. M., FORSHAGE M., LILJEBLAD J., TANG C. T., VAN NOORT S., 2020. World Cynipoidea (Hymenoptera): A key to higher-level groups. *Insect Systematics and Diversity* 4 (4): 1-69.

Proctotrupoidea, Diaprioidea, Platygastroidea, Ceraphronoidea

- AUSTIN A.D., FIELD S.A., 1997. The ovipositor system of scelionid and platygastriid wasps (Hymenoptera: Platygastroidea): comparative morphology and phylogenetic implications. *Invertebrate Taxonomy* 11: 1-87.
- BIN F., CALECA V., MINEO G., 1995. Hymenoptera, Proctotrupoidea, Scelionidae. In: Minelli A., Ruffo S. & La Posta S. (Eds.) *Checklist delle specie della fauna italiana*, Calderini, Bologna. 19 pp.
- CALECA V., TORTORICI F., 2020. Scelionidae (Hymenoptera: Platygastroidea) recorded in Italy and their known hosts. In: La Mantia T., Badalamenti E., Carapezza A., Lo Cascio P., Troia A. (Eds.), *Life on islands. I. Biodiversity in Sicily and surrounding islands. Studies dedicated to Bruno Massa*. Edizioni Danaus, Palermo, pp. 239-255.
- CHEN H., LAHEY Z., TALAMAS E.J., VALERIO A.A., POPOVICI O.A., MUSETTI L., KLOMPEN H., POLASZEK A., MASNER L., AUSTIN A.D., JOHNSON N.F., 2021. An integrated phylogenetic reassessment of the parasitoid superfamily Platygastroidea (Hymenoptera: Proctotrupomorpha) results in a revised familial classification. *Systematic Entomology* 46: 1088-1113.

- DESSART P., CANCEMI P., 1986. Tableau dichotomique des genres de Ceraphronoidea (Hymenoptera) avec commentaires et nouvelles especes. *Frustula entomologica* Nuova Serie 7-8: 307-372.
- ISIDORO N., BIN F., COLAZZA S., VINSON S.D., 1996. Morphology of antennal gustatory sensilla and glands in some parasitoids Hymenoptera with hypothesis on their role in sex and host recognition. *Journal of Hymenoptera Research* 5: 206-239.
- KONONOVA S.V., KOZLOV M.A., 2001. Scelionidae (Hymenoptera) of Palaearctics. Subfamilies Teleasinae, Baeinae. Akademperiodika, Kiev, Ukraine.
- KOZLOV M.A., 1987. Superfamily Proctotrupeoidea (Proctotrupoids). In: Medvedev G.S. (Ed.) Keys to the insects of the European part of the USSR III, Part 2. Amerind Publishing, New Delhi, India. pp. 983-1212
- MASNER L., 1976. Revisionary notes and keys to world genera of Scelionidae (Hymenoptera; Proctotrupeoidea). *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 97: 1-87.
- MASNER L., 1980. Key to the Holarctic genera of Scelionidae, with descriptions of new genera and species (Hymenoptera: Proctotrupeoidea). *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 113: 1-54.
- MASNER L., 1993. Superfamily Proctotrupeoidea. Superfamily Platygastroidea. Superfamily Ceraphronoidea (Chapters 13-15). In: Goulet H. & Huber J.T. (Eds.), *Hymenoptera of the world: An identification guide to families*. Centre for Land and Biological Resources Research, Ottawa, pp. 537-569.
- MASNER L., DESSART P., 1967. La reclassification des categories taxonomiques superieures des Ceraphronoidea (Hymenoptera). *Institut Royale des Sciences Naturelles de Belgique* 43/22: 1-33.
- MASNER L., HUGGERT L., 1989. World review and keys to genera of the subfamily Inostemmatinae with reassignment of the taxa to the Platygastriinae and Sceliotrachelinae (Hymenoptera: Platygastriidae). *Memoirs of the Entomological Society of Canada* 147: 1-214.
- MURPHY N.P., CAREY D., CASTRO L.R., DOWTON M., AUSTIN A.D., 2007. Phylogeny of the platygastroid wasps (Hymenoptera) based on sequences from the 18S rRNA, 28S rRNA and cytochrome oxidase I genes: implications for the evolution of the ovipositor system and host relationships. *Biological Journal of the Linnean Society* 91: 653-669.
- Ohio State University's Museum of Biological Diversity database https://mbd-db.osu.edu/hol/taxon_name/323e0d14-2fa1-4b42-98cf-f4f422668e24?filters%5Bfilter_options%5D%5B%5D=56410721-bba5-4281-90fd-d273d4dd281e

Chrysidioidea

- AZEVEDO C.O., ALENCAR I.D.C.C., RAMOS M.S., BARBOSA D.N., COLOMBO W.D., VARGAS J.M.R., LIM J., 2018. Global guide of the flat wasps (Hymenoptera, Bethyridae). *Zootaxa* 4489: 1-294.
- GUGLIELMINO A., OLMI M., MARLETTA A., BÜCKLE C., 2017. Larval morphology of three species of Anteoninae (Hymenoptera, Dryinidae). *Zootaxa* 4320: 470-486.
- KIMSEY L.S., BOHART R., 1991. *The Chrysidid wasps of the World*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- OLMI M., 1984. A revision of the Dryinidae (Hymenoptera). *Memoirs of the American Entomological Institute* 37: I-XXXI + 1-1913.
- OLMI M., 1994. *The Dryinidae and Embolemidae (Hymenoptera: Chrysidioidea) of Fennoscandia and Denmark (Fauna Entomologica Scandinavica 30)*. E.J. Brill, Leiden, Netherlands.
- OLMI M., 1996. A revision of the world Embolemidae (Hymenoptera Chrysidioidea). *Frustula entomologica* (N. S.) 18 (1995), 85-146.
- OLMI M., 1999. *Hymenoptera Dryinidae – Embolemidae*. Fauna d'Italia, XXXV. Calderini, Bologna
- OLMI M., 2005. A revision of the world Sclerogibbidae (Hymenoptera Chrysidioidea). *Frustula entomologica* (N. S.) 26-27 (2003-2004): 46-193.
- PERKOVSKY E.E., MARTYNOVA K.V., MITA T., OLMI M., ZHENG Y., MÜLLER P., ZHANG Q., GANTIER F., PERRICHOT V., 2020. A golden age for ectoparasitoids of Embiodea: Cretaceous Sclerogibbidae (Hymenoptera, Chrysidioidea) from Kachin (Myanmar), Charentes (France) and Choshi (Japan) ambers. *Gondwana Research* 87: 1-22.

Evanioidea

- ACHTERBERG, C. VAN, TALEBI, A.A. 2014. Review of *Gasteruption* Latreille (Hymenoptera, Gasteruptionidae) from Iran and Turkey, with the description of 15 new species. *ZooKeys* 458: 1-188.
- DEANS, A.R. 2005. Annotated catalog of the world's ensign wasp species (Hymenoptera: Evaniidae). *Contributions of the American Entomological Institute*, 34: 1-165.
- TURRISI G.F., 2007. Revision of the Palearctic species of *Pristaulacus* Kieffer, 1900 (Hymenoptera: Aulacidae). *Zootaxa*, 1433: 1-76.
- TURRISI G.F., 2011. Systematic revision of the sibling species belonging to the *Pristaulacus compressus* group (Hymenoptera: Aulacidae). *Insect Systematics & Evolution* 42: 1-27.
- TURRISI G.F., ELLENBERGER S., 2019. New aulacid wasps from the mid-Cretaceous of Myanmar (Hymenoptera: Evanioidea). *Cretaceous Research* 99: 334-346.
- TURRISI G.F., JENNINGS J.T., VILHELMSSEN L., 2009. Phylogeny and generic concepts of the parasitoid wasp family Aulacidae (Hymenoptera: Evanioidea). *Invertebrate Systematics* 23: 27-59.
- TURRISI G.F., SMITH D.R., 2011. Systematic revision and phylogeny of the endemic southeastern Asian *Pristaulacus comptipennis* species group (Hymenoptera: Aulacidae). *Zootaxa* 2959: 1-72.
- TURRISI G.F., VILHELMSSEN L., 2010. Into the wood and back: morphological adaptations to the wood-boring parasitoid lifestyle in adult aulacid wasps (Hymenoptera: Aulacidae). *Journal of Hymenoptera Research* 19: 244-258.

Formicoidea

- BOLTON B., 2022. An online catalog of the ants of the world. Available from <https://antcat.org>.
- BRANSTETTER M.G., DANFORTH B.N., PITTS J.P., FAIRCLOTH B.C., WARD P.S., BUFFINGTON M.L., GATES M.W., KULA R.R., BRADY S.G., 2017. Phylogenomic insights into the evolution of stinging wasps and the origins of ants and bees. *Current Biology* 27: 1019-1025.
- CAMACHO G.P., FRANCO W., BRANSTETTER M.G., PIE M.R., LONGINO J.T., SCHULTZ T.R., FEITOSA R.M., 2022. UCE phylogenomics resolves major relationships among Ectaheteromorph ants (Hymenoptera: Formicidae: Ectatomminae, Heteroponerinae): a new classification for the subfamilies and the description of a new genus. *Insect Systematics and Diversity* 6(1), 5.
- GUÉNARD B., WEISER M.D., GOMEZ K., NARULA N., ECONOMO E.P., 2017. The Global Ant Biodiversity Informatics (GABI) database: synthesizing data on the geographic distribution of ant species (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News* 24: 83-89.
- HÖLDOBLER B., WILSON E.O., 1990. *The ants*. Harvard University Press, Cambridge, USA.
- HÖLDOBLER B., WILSON, E.O., 2008. *The superorganism: the beauty, elegance, and strangeness of insect societies*. WW Norton & Co, New York, USA.
- LACH L., PARR C., ABBOTT, K. (Eds.), 2010. *Ant ecology*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- OFFENBERG J. 2015. Ants as tools in sustainable agriculture. *Journal of Applied Ecology* 52: 1197-1205.
- PARKER J., KRONAUER, D.J., 2021. How ants shape biodiversity. *Current Biology* 31: R1208-R1214.
- RICO-GRAY V., OLIVEIRA, P.S., 2008. *The ecology and evolution of ant-plant interactions*. The University of Chicago Press, Chicago, USA.
- WARD P.S., 2007. Phylogeny, classification, and species-level taxonomy of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Zootaxa* 1668: 549-563.
- WARD P.S., 2014. The phylogeny and evolution of ants. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 45: 23-43.
- WARD P.S., BRADY S.G., FISHER B.L., SCHULTZ T.R., 2015. The evolution of myrmicine ants: phylogeny and biogeography of a hyperdiverse ant clade (Hymenoptera: Formicidae). *Systematic Entomology* 40: 61-81.
- WARD P.S., BLAIMER B.B., FISHER, B.L., 2016. A revised phylogenetic classification of the ant subfamily Formicinae (Hymenoptera: Formicidae), with resurrection of the genera *Colobopsis* and *Dinomyrmex*. *Zootaxa* 4072: 343-357.

Vespoidea

PILGRIM E. M., VON DOHLEN C. D., PITTS J. P., 2008. Molecular phylogenetics of Vespoidea indicate paraphyly of the superfamily and novel relationships of its component families and subfamilies. *Zoologica Scripta* 37: 539-560.

Apoidea

ENGEL M., 2005. Family-Group Names for Bees (Hymenoptera: Apoidea). *American Museum Novitates* 2005(3476): 1-33.

LOMHOLDT O., 1982. On the origin of the bees (Hymenoptera: Apidae, Sphecidae). *Insect Systematics & Evolution* 13: 185-190.

BITSCH J., BARBIER Y., GAYUBO S.F., JACOBS H.S., LECLERCQ J., SCHMIDT K. 2020. *Hyménoptères sphéciformes d'Europe*, vol. 1. Faune de France, vol. 101. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, Paris.

BITSCH J., ANTROPOV V., BARBIER Y., GAYUBO S.F., LECLERCQ J., SCHMID-EGGER C., SCHMIDT K., STRAKA J. 2021. *Hyménoptères sphéciformes d'Europe*, vol. 2. Faune de France, vol. 102. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, Paris.

BITSCH J., ANTROPOV V., BOUCEK Z., DOLFUSS H., GAYUBO S.F., SCHMIDT K. 2022. *Hyménoptères sphéciformes d'Europe*, vol. 3. Faune de France, vol. 103. Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, Paris.

DANFORTH B.N., MINCKLEY R.L., NEFF J.L. 2019. *The solitary bees*. Princeton University Press, Princeton.

ENGEL M., 2005. Family-group names for bees (Hymenoptera: Apoidea). *American Museum Novitates* 2005(3476): 1-33.

LOMHOLDT O., 1982. On the origin of the bees (Hymenoptera: Apidae, Sphecidae). *Insect Systematics & Evolution* 13: 185-190.

MICHENER C.D., 2007. *The bees of the world*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, ed. 2.

PAGLIANO G., NEGRISOLO E. 2005. *Hymenoptera Sphecidae*. Fauna d'Italia XL. Calderini-Edagricole, Bologna.

Crediti

Fig. 25.1 da G. Viggiani, 1962, Boll. Lab. Entom. F. Sivistri, 30: 190; Figg. 25.4 A, 25.5 B, 25.18 A-C, E, 25.31 D, 25.32 B-D da H. Goulet e J.T. Huber (eds.), 1993, *Hymenoptera of the world: an identification guide to families*. Research Branch, Agriculture Canada Publication 1894/E. Ottawa: Canada Communications Group; Fig. 25.4 C modificata da G. Grandi, 1951, *Introduzione allo studio dell'entomologia*, Edagricole, Bologna; Figg. 25.5 A, 25.18 D per gentile concessione di Gennaro Viggiani; Figg. 25.6 A-F, 25.7 A-D, F, 25.8 A, C-E, G, H per gentile concessione di Fausto Pesarini; Figg. 25.7 E, 25.8 B ridisegnate da V. M. Ermolenko; Fig. 25.8 F ridisegnate da G. Grandi, 1951 (vedi sopra); Fig. 25.10 da G. Russo, in: G. Viggiani, 1994. *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*, 1: 152; Figg. 25.11 A-E per gentile concessione di Davide Dal Pos; Figg. 25.14 A, B ridisegnate da G. Grandi, (vedi sopra); Fig. 25.14 C da H. Compere, in: Viggiani, 1994. *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*, 1: 328; Fig. 25.14 D da G. Viggiani e P. Mazzone, in: Viggiani, 1994. *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*, 1: 335; Fig. 25.14 E da C. Menozzi, in: Viggiani, 1994. *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*, 1: 245; Fig. 25.15 A da G. Viggiani, 1990, Bull. Soc. Entom. Suisse 63: 281; Figg. 25.15 D, F, 25.16 B, 25.17 A da F. Silvestri, in: Viggiani, 1994, *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*, 1; Fig. 25.17 B da E. Tremblay, in: Viggiani, 1994, *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*, 1; Fig. 25.17 C da F. Silvestri e M. Martelli, in: Viggiani, 1994, *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*, 1: 263; Fig. 25.17 D da E.E. Grissell, 1995, *Toryminae (Hymenoptera: Chalcidoidea: Torymidae): a redefinition, generic classification, and annotated world catalog of species*. Mem. Entomol. Int. 2, 1-470; Fig. 25.17 E da R.L. Doutt e G. Viggiani, 1968, *The classification of the Trichogrammatidae (Hymenoptera: Chalcidoidea)*. Proc. Calif. Acad. Sciences 35: 477-586; Fig. 25.17 F da G. Viggiani e S. Laudonia, in: Viggiani, 1994, *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*, 1: 366; Figg. 25.19 A-C, 25.20 A, 25.21 B, C da L. Masner in: H. Goulet e J.T. Huber (eds.), 1993 (vedi sopra); Figg. 25.2, 25.3, 25.4 B, 25.5 C, D, 25.9, 25.11 A, 25.12, 25.13, 25.14 F, 25.15 B, C, E, 25.16 A, C, D da G. Viggiani, 1994. *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*, 1: 375; "Fig. 25.20B da F. Tortorici et al., 2016. Zootaxa 4178 (1): 1-59; Fig. 25.20 C da F. Tortorici et al., 2019. Journal Research of Hymenoptera 93: 153-200, Fig. 25.21 A © Simon van Noort, Iziko Museums of South Africa, fotografia utilizzata su autorizzazione (van Noort, 2021); Figg. 25.22 A-C, 25.23 A-F, 25.24 A-C, 25.25 A-C per gentile concessione di Giuseppe Fabrizio Turrisi;

Figg. 25.26 A, B, 25.27 A, B, 25.28 A-D per gentile concessione di Massimo Olmi; Figg. 25.29 A-C da M. Olmi, 1996, *A revision of the world Embolemidae (Hymenoptera Chrysidoidea)*. *Frustula entomologica* (N.S.) 18: 85-146; Fig. 25.29 D da R. Varrone e M. Olmi M., 2012, *First record of host of Embolemus ruddii Westwood (Hymenoptera Embolemidae)*. *Frustula entomologica* (N.S.) 33: 91-95; Figg. 25.29 E-G da M. Olmi, 2005, *A revision of the world Sclerogibbidae (Hymenoptera Chrysidoidea)*. *Frustula entomologica* (N.S.) 26-27: 46-193; Fig. 25.30 A da E. Prado www.antweb.com casent0179909; Figg. 25.30 B da A. Nobile www.antweb.com casent0005904; Figg. 25.30 C da A. Nobile www.antweb.com casent0178198; Fig. 25.30 D da A. Nobile www.antweb.com casent0007014; Fig. 25.30 E da B. Reynolds www.antweb.com casent0815622; Fig. 25.30 F da A. Nobile www.antweb.com casent0006020; Fig. 25.30 G da A. Nobile www.antweb.com casent0009221; Fig. 25.30 H da S. Hartman www.antweb.com casent0281845; Fig. 25.30 I da M. Branstetter www.antweb.com casent0106240; Fig. 25.30 J da A. Nobile www.antweb.com casent0173541; Fig. 25.30 K da Z. Griebenow www.antweb.com casent0842639; Fig. 25.30 L da M. Branstetter www.antweb.com casent0106181; Fig. 25.30 M da A. Nobile www.antweb.com casent0914014; Fig. 25.30 N da A. Nobile www.antweb.com casent0173814; Fig. 25.30 O da M. Branstetter www.antweb.com casent0106092; Figg. 25.30 P da D. Monie www.antweb.com casent0914511; Fig. 25.30 Q da A. Nobile www.antweb.com casent0172113; Fig. 25.30 R da A. Nobile www.antweb.com casent0005868; Fig. 25.31 A, B, da F. Invrea, in: G. Viggiani, 1994, *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*, 1; Fig. 25.31 C da G. Grandi, in: G. Viggiani, 1994, *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*, 1: 374; Fig. 25.32 A da M. Ceballos, in G. Viggiani, 1994, *Lotta biologica e integrata nella difesa fitosanitaria*, 1: 375; Fig. 25.33 A-D per gentile concessione di Filippo Calore; Fig. 25.34 A, B, D per gentile concessione di Maria Pia Mannucci; Fig. 25.34 C per gentile concessione di Maurizio Censini