

FRANCESCO PORCELLI

DiBCA, Sez. Entomologia e Zoologia - Facoltà di Agraria, Università degli studi di Bari

Studi recenti sugli organi di senso dei Diaspididae (Coccoidea)*

ABSTRACT

SENSE ORGANS IN DIASPIDIDAE, RECENT DATA AND PERSPECTIVES

This paper reports the recent acquisitions on the morphology of sensilla of Diaspididae and their functional interpretation. Mechanoreceptors and chemoreceptors are described and recognized on the basis of the presence, placement and number of wall pores; placement on the insect's body and absolute size of sensilla is considered of interest indeed. The functional interpretation of these specialized sense organs is draft regarding to the peculiar life-style of the Diaspididae.

The morphology, function and importance as experimental system of the antennal sensillum in adult female *Diaspis echinocacti* (Bouché) is stressed. Possible use of the primitive or derivative status of the antennal seta morphology is proposed as a cue to study Diaspididae phylogenesis.

Future researches will report about the nature of the so-called "knobbed seta", still uncertain because of technical difficulties in TEM observation, and confirm the reduction as the major phylogenetic trend of Diaspididae female.

Key words: *Unaspis eunonymi*, *Melanaspis inopinata*, *Aonidia lauri*, *Aonidiella aurantii*, *Aspidiotus nerii*, Diamond, shaped sensilla.

PREMESSA

Fra i molti gruppi di insetti che ci incuriosiscono per le loro particolarità troviamo i Diaspididae. In effetti questi piccoli rincoti esibiscono uno speciale stile di vita che si rispecchia nella loro morfologia, nel loro sviluppo post-embriionale e nel loro comportamento.

Gli organi di senso - o sensilli - attraggono il nostro interesse principalmente perché queste strutture mediano i rapporti intra- ed interspecifici all'interno degli ecosistemi.

Al fine di inquadrare le conoscenze sugli organi di senso dei Diaspididae ed a vantaggio di chi vorrà approfondire lo studio di questo interessante Taxon, ricordo di seguito alcuni particolari argomenti, sottolineando che la

*Studio parzialmente finanziato con contributo P.R.I.N. (ex 40%) 2000-2001.

grandissima parte degli studi verte sulla tassonomia e sul controllo di specie dannose (MORRISON & RENK, 1957; MORRISON & MORRISON, 1965; RUSSEL *et al.*, 1974, KOSZTARAB & KOSZTARAB, 1988; MILLER, 1973-1982; MILLER, 1983-2001; ROSEN, 1990).

La descrizione morfologica dell'esoscheletro delle femmine dei Diaspididae ha trovato e trova ampia applicazione nello studio del Taxon. Le regioni dell'esoscheletro non sono ben definite, sebbene un prosoma ed un postsoma (KAUSSARI, & FARAHBAKHCH, 1968; KOSZTARAB, 1963, 1996; MCKENZIE, 1947; TAKAGI, 1990; TAKAGI & TIPPINS, 1972; WILLIAMS, 1957; WILLIAMS & WATSON, 1993) siano individuati e generalmente riconosciuti dagli autori. Le ghiandole ceripare, le setole, ed i processi del pigidio, sono ampiamente utilizzati nella femmina e nel maschio e per l'identificazione delle specie note e per la descrizione di nuove. In questi studi i sensilli sono stati descritti, in microscopia luce, come "setole", "setole carnose", "cupole" e così via, e talvolta utilizzati per discussioni di sistematica (KOTEJA, 1974, 1980).

La morfologia dell'esoscheletro dei maschi, è stata studiata approfonditamente per un piccolo numero di specie (THERON, 1958; GILIOME, 1990; BULLINGTON *et al.*, 1989; BUSTSHIK, 1958; EL-MINSHAWY & OSMAN, 1973; GHOURI, 1962; NADA & MOHAMMAD, 1984) ma anche dal punto di vista della tassonomia numerica (DAVIES & BORATYNSKI, 1979; DAVIES, 1981, 1983) mentre numerose descrizioni e disegni si trovano in pubblicazioni storiche. I maschi, al contrario delle femmine, non hanno uso generale nella tassonomia perché molto più difficili da raccogliere, montare e studiare opportunamente (KOSZTARAB, 1963). Anche in questo caso gli autori hanno descritto con il microscopio luce numerose setole, ritenendole, spesso non a torto, sensilli.

Gli stadi giovanili, mostrano alcune caratteristiche morfologiche interessanti come i caratteri sessuali secondari (BORATYNSKI, 1953; HABIB *et al.* 1960; HOWELL, 1980; HOWELL & TIPPINS, 1975, 1990; KOMOSINSKA, 1974; STOETZEL & DAVIDSON, 1974; FOLDI, 1990; HANKS & DENNO, 1993b; TAKAGI, 1980, 1983) e l'apparente segmentazione dell'antennomero distale (negli Aspidiotini: BENDOV, 1990b) che meritano ulteriori studi. Per le neanidi abbiamo anche illustrazioni di possibili sensilli all'apice del rostro di alcune specie (AMIN, 1986).

Molto interessante è anche il modello di sviluppo post-embrionale basato su di una precoce e drastica specializzazione che si esprime come riduzione del *soma* nello spazio e nel tempo e che deve ricadere nella categoria del Catametabolismo istituita da GRANDI (1945, 1969) e recentemente ridefinita (PORCELLI, 2001). Tale riduzione, per definizione, risparmia quei sensilli necessari alla vita degli individui. Le differenze fra sensilli prima e dopo la

riduzione catametabolica si offre, quindi, come un aspetto degno di valutazione (PORCELLI & DI PALMA, 2000, 2001).

Ancora più intriganti sono i quesiti che si presentano a chi studi la etoecologia dei Diaspididae. I rapporti intraspecifici si esprimono come competizione anche diretta e violenta per il cibo e lo spazio (McCLURE, 1990a; HUFFAKER & GUTIERREZ, 1990) mentre fra quelli interspecifici dobbiamo ricordare: i predatori soprattutto Coccinellidi del genere *Chilocorus* e la loro associazione foretica con gli acari del genere *Hemisarcoptes* (JI LANZHU *et al.*, 1996, HOUCK, 1989, 1999; GERSON *et al.*, 1990); i parassitoidi con l'importante genere *Aphytis* (ROSEN, 1990; ROSEN & DEBACH, 1979) ed i funghi con la simbiosi elotistica fra le specie del genere *Septobasidium* e numerose specie di diaspini (COUCH, 1938). I rapporti con le piante ospiti governati dalla struttura a *demi* delle popolazioni di diaspini (ALSTAD & EDMUNDS, 1989; ALSTAD & CORBIN, 1990; HANKS & DENNO, 1993a), si esprimono con la polifagia l'oligofagia o la monofagia (McCLURE, 1990b) e regolano la dannosità di quelle specie di diaspini considerate flagelli per l'agricoltura.

Tutti gli aspetti ricordati, siano essi strettamente morfologici o ecologici, coinvolgono in modo essenziale gli organi di senso. Tali organi mediano ogni momento della vita di questi insetti che li veda attivi fitofagi, passivi simbionti o prede di antagonisti.

Riporto, ora, le notizie che abbiamo relativamente alla morfologia e funzione degli organi di senso studiati nelle femmine e nei maschi dei diaspini anche al fine di indicare argomenti meritevoli di prossime ricerche.

Le abbreviazioni utilizzate per individuare nelle tavole quanto descritto si basano sulle proposte di BERLESE (1909), SNODGRASS (1935), SCHNEIDER (1964), ZACHARUK (1980, 1985), ALTNER *et* PRILLINGER (1980), KEIL (1982), STEINBRECHT (1980) e McIVER (1985).

ORGANI DI SENSO DELLE FEMMINE

Il soma delle femmine adulte è fortemente semplificato, rispetto a quello di altri insetti più convenzionali, dallo sviluppo post-embrionale di tipo catametabolico.

La generale riduzione non risparmia gli organi di senso che sono confinati, per quello che sappiamo, sulle antenne e, per quello che possiamo intuire, sul rostro.

Le antenne delle femmine per la loro piccola dimensione sono state descritte di volta in volta come: "ridotte ad un semplice tubercolo, ai lati del quale sorge un lungo pelo semplice" sebbene servito da un nervo antennale

come in *Aonidiella aurantii* (BERLESE, 1896); “reduced to unsegmented tubercle, bearing one or more setae” (KOSZTARAB, 1963); “simple tubercle with 1 or more setae” (WILLIAMS & WATSON, 1988); “a tubercle without joints with setae at the apex” oppure “reduced to the size of a small tubercle” (DANZIG, 1990).

Sebbene vi fosse l'opinione che “the number of setae may have gone on decreasing in further reduction on the antennae, which are finally mere unisetose points” (BROWN & MCKENZIE in: TAKAGI, 1969) tale aspetto non venne approfondito dagli autori.

La piccola dimensione di queste appendici non ha però impedito di utilizzarle per discriminare generi, come fra *Rugaspidotinus* Balachowsky e *Poliaspoides* MacGillivray (= *Natalaspis* MacGillivray, BEN-DOV & TAKAGI, 1974) (TAKAGI, 1969), o tribù (BEN-DOV, 1988, 1990b).

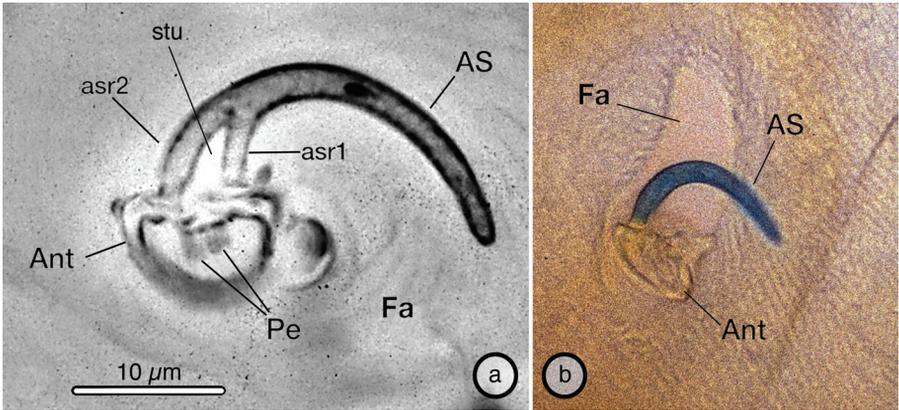
Poche righe sulla funzione sensoriale delle setole antennali vengono scritte da MCKENZIE (1956) che accetta *in toto* l'opinione di FERRIS (1942) secondo cui “(the antennae) bear setae, which at times are somewhat ‘fleshy’ and are perhaps of a sensory nature”. Più di recente la funzione sensoriale delle setole impiantate sull'unico segmento antennale viene accettata da KOTEJA (1980) e ROSCISZEWA (1989); BIELENIN *et al.* (1995) riportano anche la presenza di cellule nervose connesse all'antenna della femmina di *Quadraspidotus ostreaeformis* (Curtis). La natura sensoriale dell'unica setola portata dall'antenna monomera della femmina di *Diaspis echinocacti* (Bouché) 1833 viene, infine, dimostrata da PORCELLI (1999).

Oggi sappiamo (Tav. 1: a) che ogni antenna della femmina di *D. echinocacti* riposa in una *fovea*, minuta retrazione della cuticola ventrale del prosoma, che la salvaguarda dal contatto fisico con il supporto.

La setola antennale mostra, già al microscopio luce (Tav. 1: a), una morfologia particolare per essere, in realtà, il risultato della fusione di due setole che restano indipendenti alla loro base ma presto confluiscono in un asse unico. La base di questa particolare setola presenta quindi una sorta di arco, delimitato dalle regioni prossimali delle setole concorrenti. Occasionalmente alcune antenne mostrano, in vari punti, difetti di fusione fra le due setole.

Oltre alla setola antennale, l'antennomero porta anche due minuti sensilli basiconici, probabilmente termo-igrorecettori (secondo l'interpretazione di tale tipo di organi offerta da ALTNER & PRILLINGER, 1980), che possono essere chiaramente individuati a partire dai 600 ingrandimenti.

La morfologia descritta, ma non sempre chiaramente osservabile per la reciproca disposizione delle parti, è stata confermata dalle osservazioni in microscopia laser confocale (CSLM) (Tav. 2: a) che elimina ogni dubbio anche in quei casi dove l'antenna non è disposta in modo ottimale per le



Tav. 1: Antenna di *Diaspis echinocacti* (Bouché); a): antenna di femmina adulta, microscopio luce con contrasto di fase; b): antenna di femmina di seconda età colorata *in vivo* con violetto cristallo. Ant: antenomero; AS: setola antennale; asr: radici della setola antennale; Fa: fovea antennalis; Pe: sensillo basiconico; stu: varco della setola.

osservazioni convenzionali (PORCELLI *et al.*, 1996).

Un diverso insieme di informazioni viene dall'uso, *in vivo*, del violetto cristallo (SLIFER, 1960), colorante neuroaffine in grado di attraversare i minuti pori della cuticola, presenti sui sensilli chemiorecettori, e di fissarsi sulle cellule e secreti presenti nel lume dei sensilli.

Questa tecnica permette di individuare, già in microscopia luce, i probabili chemiorecettori olfattivi e, con maggiore difficoltà, quelli gustativi. Una volta esposte all'azione del violetto cristallo (PORCELLI, 1995) le antenne di *D. echinocacti* mostrano, senza dubbio, che il colorante raggiunge l'interno del lume della setola (Tav. 1: b); dandoci l'indizio della presenza di pori nella parete cuticolare della setola.

La risoluzione del microscopio elettronico, sia esso a scansione che a trasmissione, ci mostra meglio la morfologia dell'antenna (Tav. 2: b), oltre ai pori provvisti di tubuli (KEIL, 1982) che attraversano la parete della setola coerentemente con l'assorbimento del violetto cristallo (Tav. 2: c, d). Il lume della setola è riempito dalla linfa del recettore, secreta dalle cellule accessorie, nella quale fluttuano numerose branche dendritiche. Seguendo in senso centripeto queste cellule nervose, individuiamo alcuni segmenti esterni di dendrite (Tav. 2: e) ognuno dei quali compete ad un singolo neurone. Queste delicate strutture sono avvolte ed isolate da un complesso di cellule accessorie dedicate alla protezione e nutrimento dei delicati neuroni.

Questa semplicissima antenna - formata da un antennumero, da un chemosensillo e da due probabili termo-igro recettori - sembra essere però perfettamente funzionale.

La funzione dell'unico sensillo è, verosimilmente, chemiorecettiva in particolare per sostanze volatili (ZACHARUK, 1980, 1985) e le ipotesi accreditate ritengono che tale antenna possa far parte di un sistema di retroazione legato alla produzione di feromoni femminili, oppure serva a dialogare con il maschio o con le neanidi percependone i feromoni.

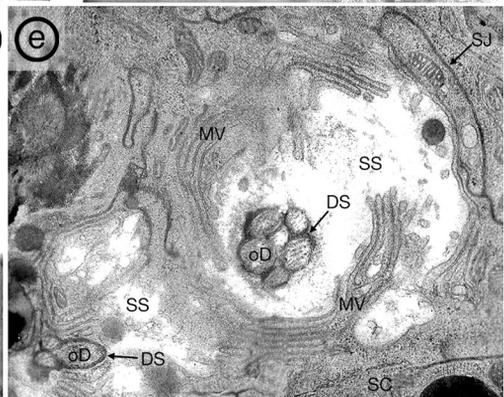
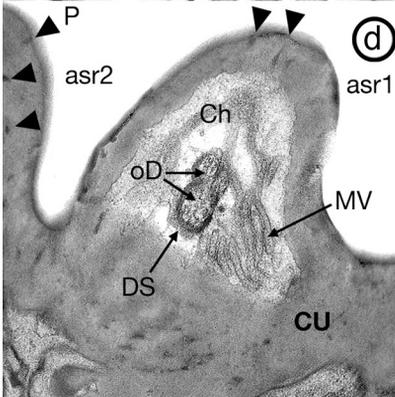
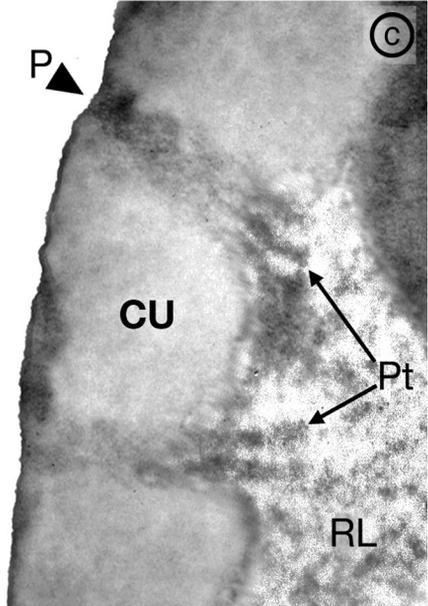
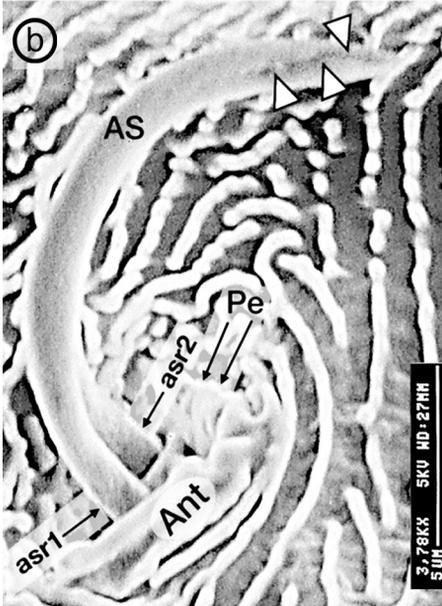
L'antenna monomera della femmina adulta potrebbe derivare dall'antenna esamera della neanide: di certo quest'ultima origina l'antenna monomera della neanide di seconda età (PORCELLI & DI PALMA, 2000, 2001). I risultati ottenuti amputando uno o più antennumeri da neanidi e studiando la morfologia delle antenne risultanti dopo la prima muta (Tav. 3), dimostrano che l'unico articolo dell'antenna della neanide della seconda età deriva dalla fusione dei segmenti distali dell'antenna della neanide. Sono probabilmente gli antennumeri dal terzo in poi a dare il maggiore contributo mentre l'unica setola dell'antenna monomera deriva probabilmente dai sensilli chetici dell'ultimo antennumero dell'antenna esamera della neanide.

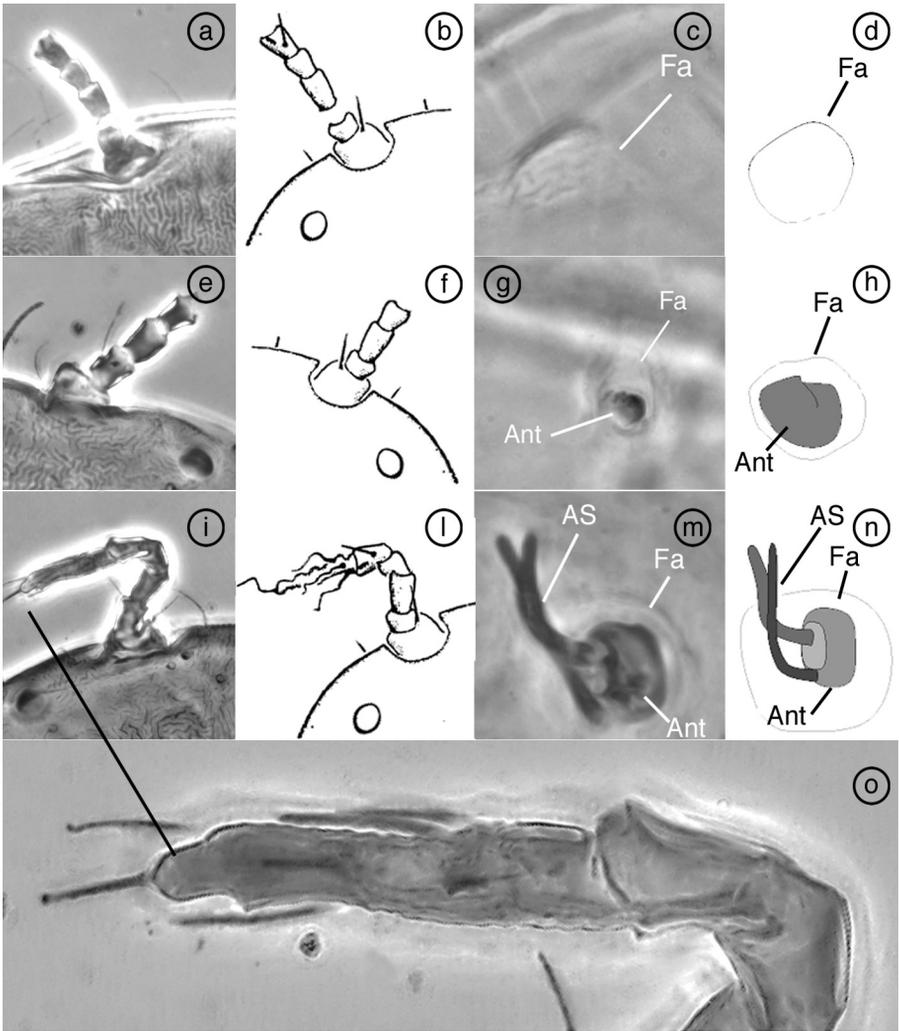
ORGANI DI SENSO DEI MASCHI

I maschi adulti dei diaspini sono, al contrario delle femmine, insetti alati più o meno regolarmente costituiti, e mostrano un numero di sensilli molto maggiore che le femmine.

In particolare secondo GHOURI (1962) sui trocanteri di questi insetti ci sarebbero stati dei sensilli a forma di diamante ("diamond-shaped sensilla"), chiaramente disegnati da tale autore. Indagini condotte con l'uso della microscopia elettronica (PORCELLI, 1992) hanno dimostrato che tali sensilli sono propriorecettori campaniformi (Tav. 4). L'analisi della funzione e della

Tav. 2: Antenna di *Diaspis echinocacti* (Bouché), femmina adulta; a): sezioni ottiche ottenute con microscopio a scansione digitale laser (CLSM); b): aspetto al microscopio elettronico a scansione (SEM); c), d), e): sezioni ottenute al microscopio elettronico a trasmissione, rispettivamente della parete cuticolare della setola (c), di una radice della setola antennale (d), dei tessuti competenti alla setola antennale (e). Ant: antennumero; AS: setola antennale; asr: radici della setola antennale; Ch: vano all'interno della setola; CU: cuticola; DS: guaina dendritica; MV: microvilli/microlamelle; oD: tratto(i) distale del dendrite; P: poro(i); Pe: sensillo basicnico; Pt: tubuli del poro; RL: secreto linfatico; SC: cellula(e) della guaina; Sj: giunzioni settate; SS: seno sensillare.





Tav. 3: Materiali e risultati degli esperimenti di amputazione di antennomeri condotti su neanidi di *Diaspis echinocacti* (Bouché) femmine. Ogni quartetto di immagini orizzontali [es: a),b),c),d)] è relativo ad un esperimento. Amputazione dei quattro antennomeri distali e fovea antennale risultante [a),b),c),d)]; amputazione dei due antennomeri distali con la fovea e l'antennomero risultante [e),f),g),h)]; amputazione incompleta [i),l),m),n)] e antennomero distale spiacciato risultante (o). Quest'ultimo esperimento produce un antennomero quasi normale e la setola antennale chiaramente malformata [m),n)]. Ant: antennomero; AS: setola antennale; Fa: fovea antennalis.

posizione di tali organi di senso, basata sull'interpretazione di McIVER (1985), mostra come questi siano dedicati a regolare la forza muscolare durante gli spostamenti a terra.

Molto più complessa è l'organizzazione dei sensilli presenti sulle antenne dei maschi.

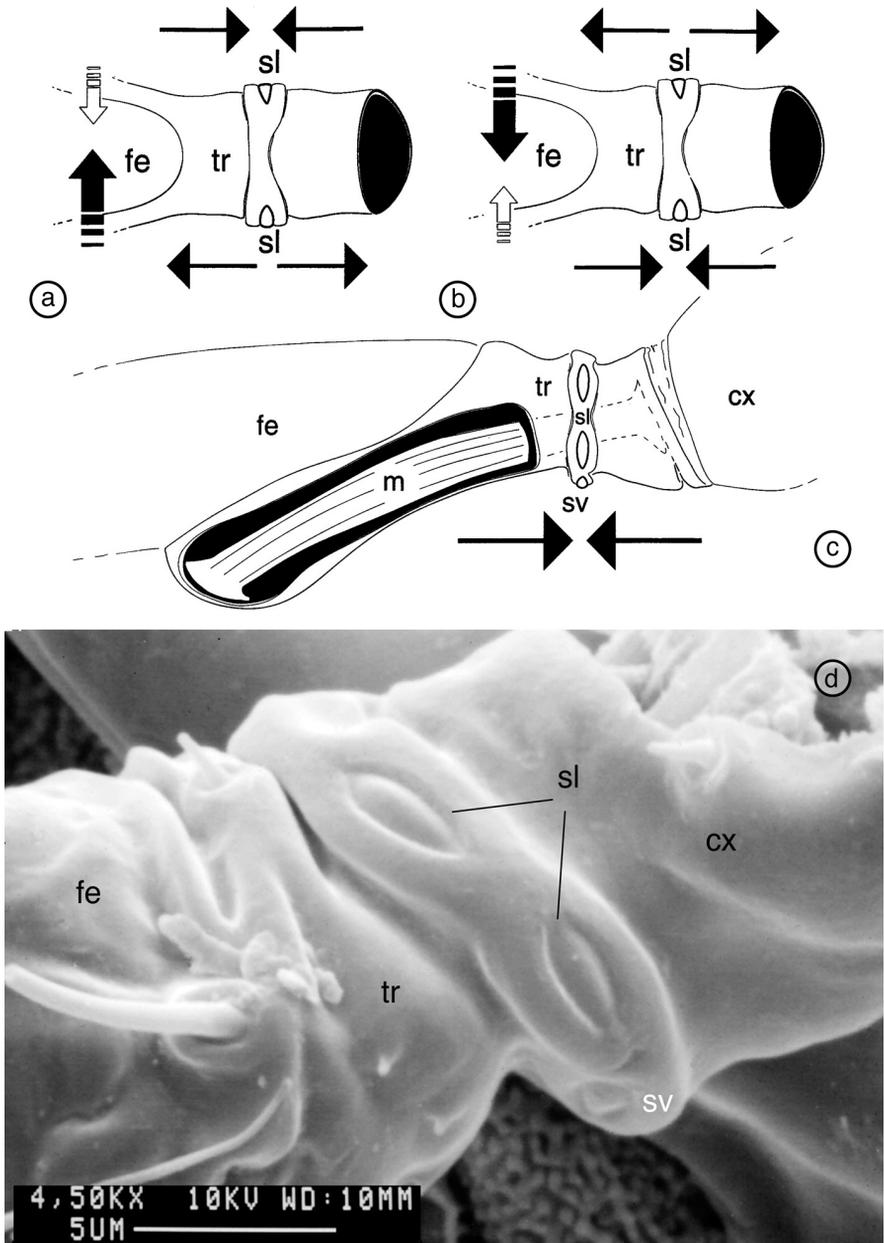
L'analisi è stata condotta in modo approfondito (PORCELLI, 1995) per l'*Unaspis euonymi* (Comstock). In questa specie ogni antenna del maschio è corredata di novanta setole, oltre che di un sensillo campaniforme e alcuni sensilli basicnici (Tav. 5: a). Le setole sono tutte organi di senso, alcune destinate alla propriorecezione, altre alla chemiorecezione. Al microscopio luce possiamo distinguere queste setole per lunghezza, ottenendo tre classi di lunghezza; per aspetto, riconoscendo sensilli tricoidei o chetici o capitati; o per posizione sugli antenomeri.

Rispetto alla loro posizione sull'antenna riconosciamo setole impiantate su scapo e pedicello dalle setole impiantate sul flagello. Possiamo anche calcolare la densità delle setole sugli antenomeri come numero di setole/ μm quadro (Tav. 5: b) riconoscendo che, sebbene l'antenna del maschio sia morfologicamente omomera, la densità delle setole sia molto maggiore sugli antenomeri distali. Lo studio della distribuzione e della densità delle setole sugli antenomeri mostra come, anche con un numero ridotto di sensilli e senza la presenza di una antenna clavata in senso morfologico, i maschi di *U. euonymi* possono avvalersi di una sorta di visione stereochimica del loro ambiente. Questo senso stereochimico, a noi completamente sconosciuto, è particolarmente utile a chi debba seguire sottili tracce di feromoni per raggiungere la propria femmina.

Il violetto cristallo non penetra che nel lume di sei setole, quelle infisse su scapo e pedicello, permeando invece tutte le altre tranne che alla base. Nello stesso modo sensilli basicnici e campaniforme sono assolutamente refrattari alla colorazione (Tav. 6).

La microscopia elettronica (PORCELLI, 1995) mostra che le setole refrattarie alla colorazione sono propriorecettori che, per la loro posizione e direzione, si ritiene riportino informazioni sulla posizione relativa dei flagellomeri rispetto allo scapo ed al pedicello. Il sensillo campaniforme è assai simile a quelli sui trocanteri e, come quelli, viene interpretato come meccanorecettore.

Lo studio con il microscopio elettronico a trasmissione delle setole del flagello (Tav. 7) mostra trattarsi sempre di chemiorecettori quasi tutti di tipo olfattivo. Tale interpretazione (ALTNER & PRILLINGER, 1980) si basa sulla presenza di pori che attraversano la parete cuticolare delle setole, siano esse di tipo tricoideo e solcate (Tav. 7: a) o chetico e lisce (Tav. 7: b). A supporto



Tav. 4: Trocantere di maschio di *Unaspis euonymi* (Comstock); a,b,c, rappresentazione schematica delle forze e dei vettori di deformazione della cuticola (le frecce larghe nere sono forze muscolari e bianche reazioni vincolari, le frecce sottili nere sono vettori); aspetto al microscopio elettronico a scansione del trocantere dal piano mediale. cx: coxa; fe: femore; sl: sensillo laterale; sv: sensillo ventrale; tr: trocantere.

dell'interpretazione chemiorecettiva ed olfattiva di queste setole vi è l'ampia distribuzione dei pori sulle setole ed il lume della setola occupato da branche dendritiche fluttuanti in una secrezione extracellulare. Solo le setole capitate, che potrebbero essere dei chemiorecettori gustativi, sfuggono a chiare dimostrazioni per avere la parete cuticolare priva di pori e molto spessa con un lume particolarmente sottile (Tav. 7: e). Queste caratteristiche ne rendono per ora tecnicamente difficile uno studio conclusivo, anche se in favore dell'interpretazione gustativa c'è un meccano-recettore alla loro base e la particolare conformazione dell'estremità distale (Tav. 7: c, f, g). Le cellule nervose ed accessorie collegate a tutte queste setole sono, fatte le debite differenze di numero e collocazione (Tav. 7: d), comparabili con quelle dell'antenna della femmina adulta alle quali si rimanda.

Ulteriori notizie, sui sensilli antennali di *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni-Tozzetti), sono state pubblicate da MAZZONI (1996).

Quanto è noto sui chemio- e meccano-recettori dei maschi di diaspini è schematizzato in tav. 8.

PROSPETTIVE

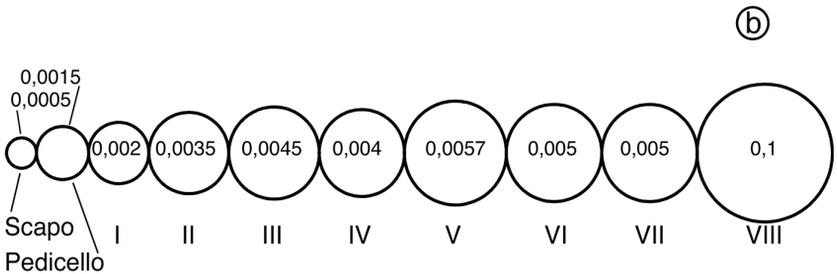
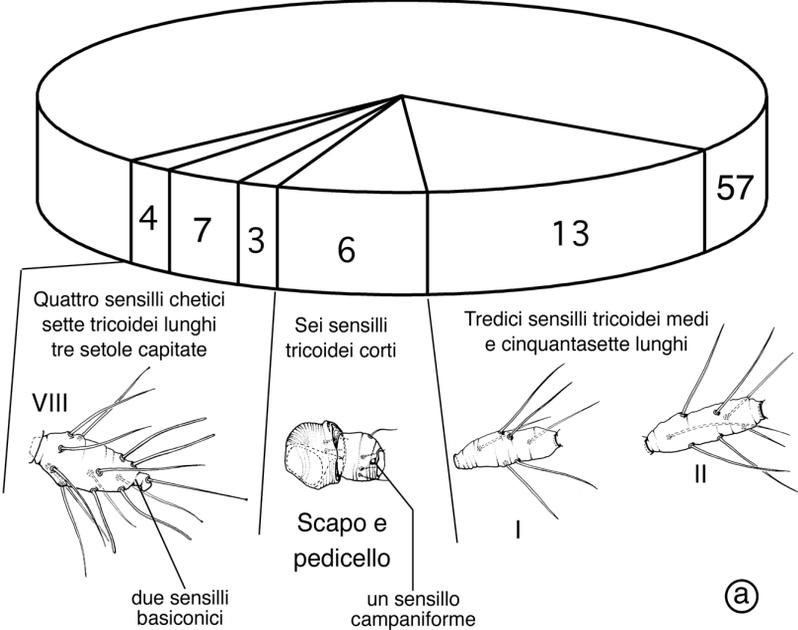
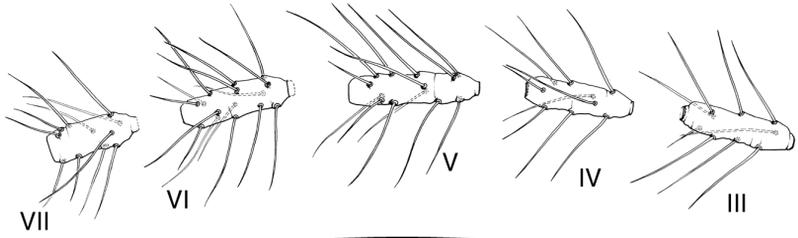
Sebbene sia stata dimostrata la natura di numerosi sensilli sia per le femmine che per i maschi adulti di diaspini, non possiamo ritenere completo il quadro delle nostre conoscenze.

In generale sarebbe assai interessante condurre esperimenti con metodi elettrofisiologici, sia per la ricerca di base sia per le applicazioni in agricoltura. Dal punto di vista della ricerca di base noto che il sistema sperimentale costituito dalle antenne delle femmine è idoneo a dimostrare se la selettività del sensillo risieda nel liquido recettolinfatico o direttamente nel neurone, e quindi a chiarire la questione della ridondanza dei neuroni nei sensilli.

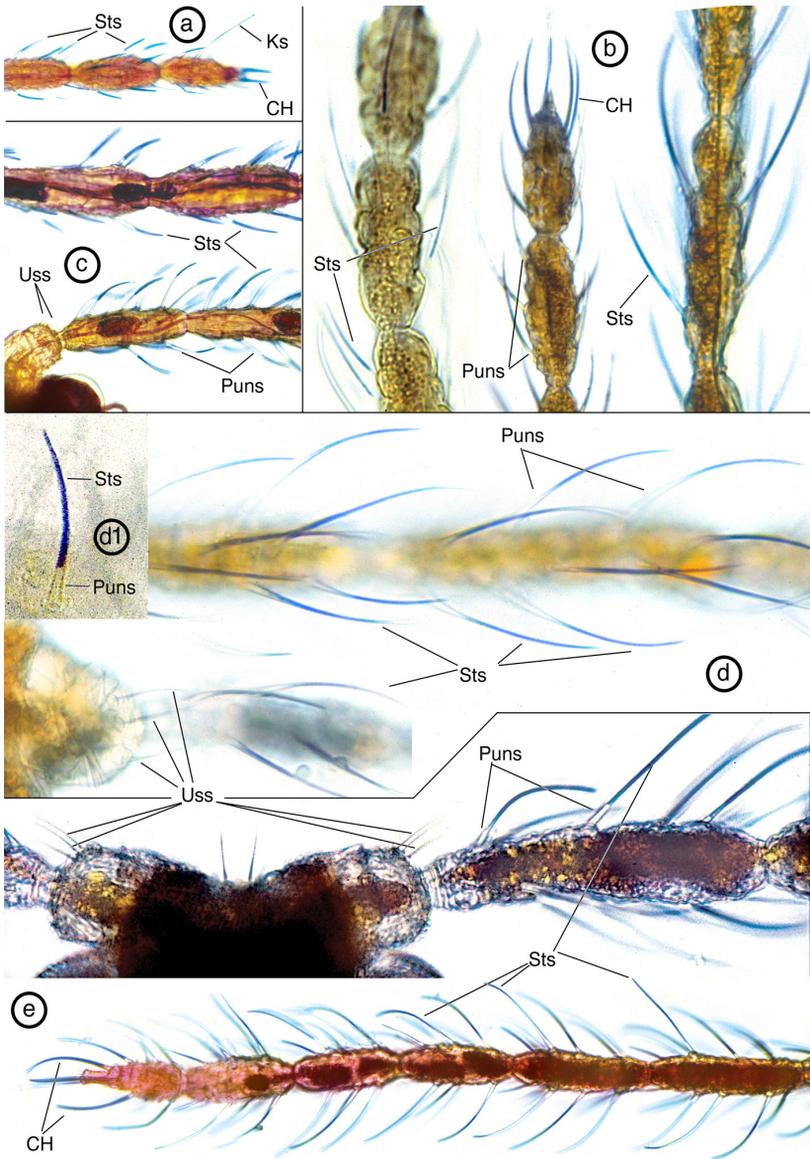
Le applicazioni nel controllo integrato delle popolazioni di fitofagi, potrebbero venire dalla nostra capacità di confondere in modo mirato, ed interrompere, la catena di stimoli e risposte, mediate da semiochimici, che guidano ogni evento della vita di questi piccoli insetti.

Da un punto di vista speciale molte strutture probabilmente sensoriali nascondono completamente o parzialmente il loro significato funzionale e biologico, come nel caso delle setole capitate presenti sui tarsi dei maschi adulti. Certo una comparazione è possibile, almeno in via di ipotesi di lavoro, ma lo studio delle setole capitate resterà incompleto fino a quando non verranno superate le difficoltà della preparazione per la microscopia elettronica.

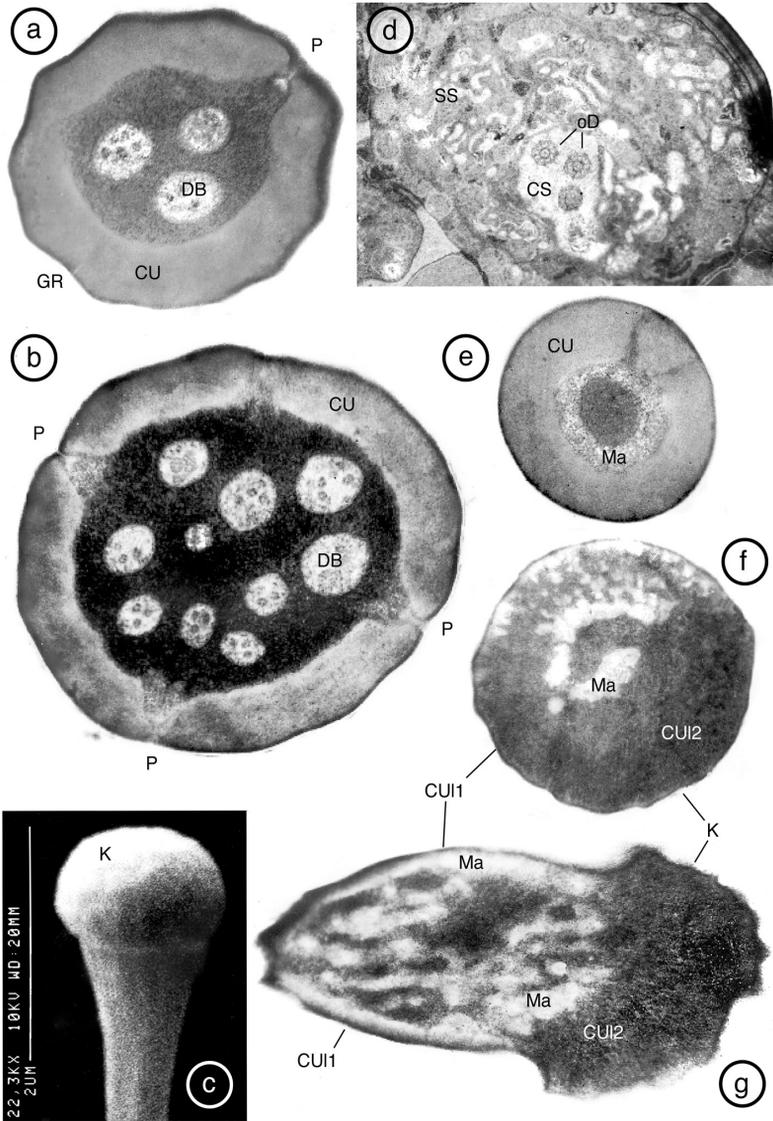
Anche l'origine dell'antenna della femmina adulta resta da dimostrare,



Tav. 5: Antenna di maschio di *Unaspis euonymi* (Comstock); a): schema riassuntivo di: numero; tipo; lunghezza e collocazione dei sensilli sugli antennomeri; b) rappresentazione della densità (in setole/ μm^2) delle setole su ciascuno dei dieci antennomeri. I: primo flagellomero; II: secondo flagellomero; III: terzo flagellomero; IV: quarto flagellomero; V: quinto flagellomero; VI: sesto flagellomero; VII: settimo flagellomero; VIII: ottavo flagellomero.



Tav. 6: Risultati dell'esposizione al violetto cristallo, *in vivo*, di antenne di cinque specie di diaspini; a) *Melanaspis inopinata* (Leonardi) maschio; b) *Unaspis euonymi* (Comstock) maschio; c) *Aonidia lauri* (Bouché) maschio; d) *Aonidiella aurantii* maschio e (d1) femmina; e) *Aspidiotus nerii* (Bouché) maschio. CH: sensillo chetico; Ks: setola capitata; Puns: segmento prossimale non colorato della setola; Sts: setola colorata; Uss: setola non colorata.



Tav. 7: Antenna di *Unaspis euonymi* (Comstock), maschio adulto; c): aspetto al microscopio elettronico a scansione (SEM) dell'estremità distale di una setola capitata; sezioni ottenute al microscopio elettronico a trasmissione, rispettivamente: a) di un sensillo tricoideo; b) di un sensillo chetico; d) dei tessuti pertinenti ad un sensillo tricoideo; e) dello stelo della setola capitata, dell'estremità distale in sezione trasversale (f) e longitudinale (g). CS: seno ciliare; CU: cuticola; CUI1: strato cuticolare esterno; CUI2: strato cuticolare medio; DB: branche dendritiche; GR: solco/solchi; k: capitulum; Ma: matrice; oD: tratto(i) distale del dendrite; P: poro(i); SS: seno sensillare.

Tav. 8: Disegno semischematico di un maschio di Diaspididae per riassumere tipo e posizione degli organi di senso proprio- e chemiorecettori in base a quanto noto per *Unaspis enonymi* (Comstock); a) propriorecettori campaniformi; b) propriorecettori tricoidei corti; c) chemiorecettori olfattivi tricoidei medi; d) chemiorecettori olfattivi tricoidei lunghi; e) chemiorecettori olfattivi chetici; f) setole capitate; g) sensilli basiconici. CS: seno ciliare; CUL1: strato cuticolare esterno; CUL2: strato cuticolare medio; CUL3: strato cuticolare interno; DS: guaina dendritica; k: capitulum; MC: canale della muta; MV: microvilli/microlamelle; NC: cellula nervosa; NU: nucleo; SC: cellula(e) della guaina; SH: setola; SS: seno sensillare; tb: corpo tubulare.

sebbene lo studio condotto sulle neanidi offra una buona ipotesi di lavoro.

Dal punto di vista della sistematica e tassonomia appare interessante la comparazione possibile fra diverse specie con l'uso del violetto cristallo. Come mostrato in tav. 6, i sensilli sulle antenne dei maschi di molte specie si colorano. Questi preparati mostrano come, dal punto di vista della morfologia dei sensilli antennali, i Diaspididae-Aspidiotinae, siano particolari per la presenza di sensilli chetici anche sugli antennumeri prossimali. Il valore di tale carattere non è noto, ma meritevole d'indagine.

Oltre agli argomenti appena indicati ve ne sono altri anche interessanti come: gli organi di senso dei tarsi, delle antenne e del rostro nelle neanidi; gli organi di senso all'apice degli stiletti; gli organi scolopali delle antenne e delle zampe dei maschi adulti, ugualmente meritevoli di studio.

RIASSUNTO

STUDI RECENTI SUGLI ORGANI DI SENSO DEI DIASPIDIDAE (COCCOIDEA)

Questa pubblicazione, dopo aver ricordato gli argomenti di maggiore interesse nello studio dei Diaspididae, riporta quanto noto sugli organi di senso di questo taxon.

Nel corso della trattazione vengono illustrate prima le caratteristiche dei sensilli delle femmine per poi passare a quelli dei maschi. Il lettore troverà nel testo osservazioni ricavate con l'ausilio della microscopia luce, elettronica a scansione ed a trasmissione oltre che con l'ausilio di coloranti neuroaffini.

Nel complesso viene riportata la presenza di sensilli chemiorecettori: chetici, tricoidei e capitati; oltre che di meccanorecettori: tricoidei e campaniformi.

L'interpretazione morfo-funzionale offerta tiene conto del tipo, delle dimensioni e della posizione dei singoli sensilli oltre che del particolare stile di vita di questi piccoli interessanti insetti.

Parole chiave: *Unaspis enonymi*, *Melanaspis inopinata*, *Aonidia lauri*, *Aonidiella aurantii*, *Aspidiotus nerii*.

BIBLIOGRAFIA

- ALSTAD D.N., CORBIN K.W., 1990 - Scale insect allozyme differentiation within and between host trees. *Evolutionary Ecology*, 4(1): 43-56.
- ALSTAD, D.N., EDMUNDS, G.F.JR., 1989 - Haploid and diploid survival differences demonstrate selection in scale insect demes. *Evolutionary Ecology*, 3: 253-263.
- ALTNER, H., PRILLINGER, L., 1980 - Ultrastructure of invertebrate chemo-, thermo-, and hygroreceptors and its functional significance. *International Review of Cytology*, 67: 69-139.
- AMIN, A.R.N., 1986 - Surface morphology of certain structures in the first instar of a Diaspididae (Coccoidea: Homoptera). *Bollettino del laboratorio di Entomologia Agraria "Filippo Silvestri" Portici*, XLIII: 51-55.
- BEN-DOV, Y., 1988 - A taxonomic Analysis of the Armored Scale Tribe Odonaspidinae of the World (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae). *USDA, Agricultural Research Service, Tech. Bull.*, n. 1723: 142 pp.
- BEN-DOV, Y., 1990a - Diagnosis and phylogenetic relationships. In: Rosen D. (ed), "Armored scale insects their biology, natural enemies and control"; World Crop Pest, Elsevier, Amsterdam, 4A: 3-4.
- BEN-DOV, Y.; 1990b - Taxonomic characters. In: Rosen D. (ed), "Armored scale insects their biology, natural enemies and control"; World Crop Pest, Elsevier, Amsterdam, 4A: 85-90.
- BEN-DOV, Y., TAKAGI, S., 1974 - Resurrection of *Natalaspis* MacGillivray, with notes on the identity and on the larvae of the type-species (Homoptera: Coccoidea). *Insecta Matsumurana*, 3: 43-53.
- BERLESE, A., 1896 - Le cocciniglie italiane viventi sugli agrumi parte III. I Diaspiti. *Rivista di Patologia Vegetale*, IV(1-12), V(1-4).
- BERLESE, A., 1909 - Gli insetti. Soc. Editrice Libraria, Milano. Vol. I: 1004 pp.
- BIELININ, I., ROSCISZEWSKA, M., PETRYSZAK, A., 1995 - Post-embryonic morphogenesis of antennae and their sensilla in *Quadraspidiotus ostreaeformis* (Curt.) (Insecta, Homoptera, Coccinae). *Acta Biologica Cracoviensia. Series Zoologia*, 37: 17-26.
- BORATYNSKI, K.L., 1953 - Sexual dimorphism in the second instar of some Diaspididae (Homoptera: Coccoidea). *Transactions of the Royal Entomological Society (London)*, 104: 451-479.
- BULLINGTON, S., KOSZTARAB M., JIANG G.Z., 1989 - Adult males of the genus *Chionaspis* (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae) in North America. *Virginia Agricultural Experimental Station Bulletin*, 88(2): 127-195.
- BUSTSHIK, N.T.; 1958 - A contribution to the comparative morphology of the males of the scale insects (Homoptera, Coccoidea, Diaspididae). *Horae Societatis Entomologicae Unionis Sovieticae*, 46: 162-269.
- COUCH, J.N., 1938 - The Genus *Septobasidium*. University of North Carolina Press, Chapel Hill, 479 pp.
- DANZIG, E.M., 1990 - Coccids of the Far-Eastern USSR (Homoptera, Coccinea) Phylogenetic Analysis of Coccid in the Wold Fauna. Oxonian Press Pvt. Ltd., New Delhi, 450 pp.
- DAVIES, R.G., 1981 - Information theory and character selection in the numerical taxonomy of some male Diaspididae (Hemiptera: Coccoidea). *Systematic Entomology*, 6: 149-178.
- DAVIES, R.G.; 1983 - Character diversity and taxonomic weighting in the numerical taxonomy of two insect groups (Hemiptera: Diaspididae, and Lepidoptera: Drepanidae). *Systematic Entomology*, 8(2): 143-165.
- DAVIES, R.G., BORATYNSKI, K.L., 1979 - Character selection in relation to the numerical

- taxonomy of some male diaspididae. *Biological Journal of the Linnean Society*, 12(2): 95-165.
- EL-MINSHAWY, A.M., OSMAN, M., 1973 - The morphology of the male scale Insect *Mycetaspis personata* (Comstock) (Coccoidea: Diaspididae). *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria "Filippo Silvestri"*, 30: 169-173.
- FERRIS, G.F., 1942 - Atlas of the Scale Insects of North America. Ser. IV. Stanford University Press, Calif.: 385-448.
- FOLDI, I., 1990 - The scale cover. In: Rosen D. (ed), "Armored scale insects their biology, natural enemies and control". World Crop Pest, Elsevier, Amsterdam, 4A: 43-54.
- GERSON, U., O'CONNOR., HOUCK, M.A.; 1990 - Acari. In: "Armored scale insects their biology, natural enemies and control"; World Crop Pest, Elsevier, Amsterdam, 4B: 77-95.
- GHAURI, M.S.K., 1962 - The Morphology and Taxonomy of Male Scale Insects (Homoptera: Coccoidea). *British Museum (Natural History)*, London, 221 pp.
- GILIOME, J.H.; 1990 - The adult male. In: World Crop Pest, Elsevier, Amsterdam, 4A: 21-28.
- GRANDI, G.; 1945 - Nuove proposte nella terminologia zoologica. *Memorie della R. Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna: Classe di Scienze Fisiche: Sezione delle Scienze Naturali*, Ser. X, t. II: 3-7.
- GRANDI, G.; 1969 - Nuove proposte nella terminologia zoologica II. *Bollettino dell'Istituto di Entomologia dell'Università degli Studi di Bologna*, XXIX: 241-254.
- HABIB, A., EZZAT, Y.M., ATALLAH, Y.H.; 1960 - Sexual dimorphism in the second instar of *Chrysomphalus ficus* Ashmead (Homoptera: Coccoidea-Diaspididae). *Bulletin de la Société Entomologique d'Egypte*, 44: 329-336.
- HANKS, L.M., DENNO, R.F., 1993 - The role of demic adaptation in colonization and spread of scale insect populations. In: Kim, K.C., McPheron, B.A. (eds.) "Evolution of Insect Pests: Patterns of Variation". New York: Wiley. pp. 393-422.
- HANKS, L.M., DENNO, R.F., 1993 - The white peach scale, *Pseudaulacaspis pentagona*, (Targioni-Tozzetti) (Homoptera: Diaspididae): life history in Maryland, host plants and natural enemies. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 95(1): 79-98.
- HOUCK, M.A., 1989 - Isozyme analysis of *Hemisarcoptes* and its beetle associate *Chilocorus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 52(2): 167-172.
- HOUCK, M.A.; 1999 - Phoresy by *Hemisarcoptes* (Acari: Hemisarcoptidae) on *Chilocorus* (Coleoptera: Coccinellidae): Influence of subelytral ultrastructure. In: Bruin, J., van der Geest L.P.S., Sabelis, M.W. (eds.), "Ecology and Evolution of the Acari" Kluwer Acad. Publ.: 303-321.
- HOWELL, J.O., 1980 - The value of second stage males in armored scale insects (Diaspididae) phyletics. *Israel Journal of Entomology*, 14: 87-96.
- HOWELL, J.O., TIPPINS, H.H., 1975 - Descriptions of first and second instars of *Praecocaspis diversa* Ferris (Homoptera: Diaspididae). *Annals of the Entomological Society of America*, 68: 1028-1032.
- HOWELL, J.O., TIPPINS, H.H.; 1990 - The immature stages. In: "Armored scale insects their biology, natural enemies and control"; World Crop Pest, Elsevier, Amsterdam, 4A: 29-42.
- HUFFAKER, C.B., GUTIERREZ, A.P., 1990 - Natural enemies and prey population regulation. In: "Armored scale insects their biology, natural enemies and control"; World Crop Pest, Elsevier, Amsterdam, 4B: 185-193.
- Ji LANZHU., IZRAYLEVICH, S., GAZIT, S., GERSON, U., 1996 - A sex-specific tri-trophic-level

- effect in a phoretic association. *Experimental & Applied Acarology*, 20(9): 503-509.
- KAUSSARI, M., FARAHBAKHCH, G., 1968 - Monographie des Coccoidea Tribu Aspidiotini, Sous-tribu Aspidiotina au rang de Famille Diaspididae. Bulletin de la Recherche Agronomique, Ministère de l'Agriculture, Iran. 154 pp in Persian plus 10 pp in French.
- KEIL, T.A., 1982 - Contact of pore tubules and sensory dendrites in antennal chemosensilla of a silkworm: demonstration of a possible pathway for olfactory molecules. *Tissue and Cell*, 14(3): 451-462.
- KOMOSINSKA, H., 1974 - Studies on the morphology of *Mytilaspis conchiformis* forma *conchiformis* (Gmelin) (Homoptera, Coccoidea, Diaspididae). *Annales Zoologici (Warsaw)*, 31(3): 343-371.
- KOSZTARAB M., 1996 - Scale Insects of Northeastern North America (Identification, Biology and Distribution). Virginia Museum of Natural History, Special Publication Number 3, Martinsville. 650 pp.
- KOSZTARAB, M., 1963 - The armored scale insects of Ohio (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae). *Bulletin of the Ohio Biological Survey n.s.* II(2): 120 pp.
- KOSZTARAB, M.; KOSZTARAB, M.P., 1988 - A selected bibliography of the coccoidea third supplement (1970-1985). *Virginia Polytechnic Institute and State University Blacksburg, Virginia. Agricultural Experimental Station Bulletin*, 88-1: 252 pp.
- KOTEJA, J., 1974 - Comparative studies on the labium in the Coccinea. *Scientific papers of the Agricultural University in Krakow*, 89: 1-162.
- KOTEJA, J.; 1980 - Campaniform, basiconic, coeloconic, and intersegmental sensilla on the antennae in the Coccinea (Homoptera). *Acta biologica cracoviensia*, XXII: 73-88.
- MAZZONI, E., 1996 - Antennal sensilla of *Pseudaulacaspis pentagona* male (Targioni-Tozzetti) (Homoptera: Diaspididae). *Bollettino del Laboratorio di Entomologia agraria "Filippo Silvestri"*, 52: 43-55.
- MCCLURE, M.S.; 1990a - Competition between exotic species: scale insects on hemlock. *Ecology*. 61(6): 1391-1401.
- MCCLURE, M.S.; 1990b - Patterns of host specificity. In: "Armored scale insects their biology, natural enemies and control"; World Crop Pest 4A, Rosen, D.; Ed. Elsevier, Amsterdam. 301-303.
- MCIVER, S.B.; 1985 - Mechanoreception. In: Kerkut G.A., Gilbert L.I. (eds.), "Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology", Pergamon Press, 6: 71-132.
- MCKENZIE, H.L., 1947 - Miscellaneous Diaspid scale studies part V (Homoptera; Coccoidea; Diaspididae). *The Bulletin Department of Agriculture State of California*, XXXVI(3): 107-114.
- MCKENZIE, H.L., 1956 - The Armored Scale Insects of California. Bulletin of the California Insect Survey, 5. University of California Press, Berkeley: 209 pp.
- MILLER, D. (Ed.), 1973-1982 - Coccidologists' Newsletter. SEL USDA.
- MILLER, D., MILLER, G., (Eds.), 1983- 2001 - The Scale. SEL USDA.
- MORRISON, H., MORRISON, E.R., 1965 - A selected bibliography of the Coccoidea First supplement. United States Department of Agriculture. Miscellaneous Publication, 987: 44 pp.
- MORRISON, H., RENK, A.V., 1957 - A selected bibliography of the coccoidea. U.S. Department of Agriculture, Miscellaneous Publication, 734: 222 pp.
- NADA S.M.A., MOHAMMAD, Z.K., 1984 - Description of male stages of *Leucaspis riccae* Targioni (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae). *Bulletin de la Société Entomologique d'Égypte*, 65: 251-258.

- PORCELLI, F. 1992 - Ultrastruttura e funzione dei "diamond-shaped sensilla" nei maschi di *Unaspis euonymi* (Comstock) (Coccoidea: Diaspididae). *Entomologica*, XXVII: 19-28.
- PORCELLI, F. 1995 - Antennal sensilla of male Diaspididae (Homoptera): comparative morphology and functional interpretation. *Israel Journal of Entomology*, 29: 25-45.
- PORCELLI, F.; 1999 - Fine morphology of antennae of *Diaspis echinocacti* (Bouché) 1833 (Homoptera, Diaspididae). *Entomologica*, XXXIII: 141-152.
- PORCELLI, F., 2001 - On the term describing the post-embryonic development of Diaspididae (Sternorrhyncha Coccoidea). Proceedings IX ISSIS September 2001 Padova. In press.
- PORCELLI, F., DE MARZO, L., FRIGERI, A., 1996 - Proposed techniques for detection of chemosensilla on the antennae of adult Diaspididae (Homoptera, Diaspidoidea). Atti XX Congresso Internazionale di Entomologia, Firenze, 03-07: 125.
- PORCELLI, F., DI PALMA, A., 2000 - On the reduction of the antenna of *Diaspis echinocacti* (Bouché) during ontogenesis. Proceedings International Entomology Congress, 20-26 August, Iguassu, Brasil n. 3175, II: 801.
- PORCELLI, F., DI PALMA, A., 2001 - Formation of the monomerous female antenna in *Diaspis echinocacti* (Bouché) 1833 (Rhynchota Diaspididae). I. The second instar antenna. Proceedings IX ISSIS September 2001 Padova. In press.
- ROSCISZEWSKA, M., 1989 - Budowa i narzady zmyslow czulkow samic Coccoidea (Homoptera, Coccinea). *Zeszyty naukowe akademii rolniczej im. H. Kollataja w Krakowie, Rozprawa habilitacyjna*: 129.
- ROSEN, D. (Ed.), 1990 - World Crop Pests, Armored Scale Insects. Elsevier, 4A, 4B.
- ROSEN, D., DEBACH, P., 1979 - Species of Aphytis of the World (Hymenoptera: Aphelinidae). Israel Universities Press, Jerusalem, and Junk, The Hague: 801 pp.
- RUSSEL, L.M., KOSZTARAB, M., KOSZTARAB, M.P., 1974 - A selected bibliography of the Coccoidea second supplement. United States Department of Agriculture, Miscellaneous Publication, 1281: 122 pp.
- SCHNEIDER, D., 1964 - Insect antennae. *Annual Review of Entomology*, 9: 103-122.
- SLIFER, E.H., 1960 - A Rapid and Sensitive Method for Identifying Permeable Areas in the body Wall of Insects. *Entomological News*, 70: 179-182.
- SNODGRASS, R.E., 1935 - Principles of insect morphology. McGraw-Hill: 667 pp.
- STEINBRECHT, R.A., 1980 - Cryofixation without cryoprotectants. Freeze substitution and freeze etching of an insect olfactory receptor. *Tissue and Cell*, 12(1): 73-100.
- STOETZEL, M.B., DAVIDSON, J.A., 1974 - Sexual dimorphism in all stages of the Aspidiotini (Homoptera: Diaspididae). *Annals of the Entomological Society of America*, 67: 138-140.
- TAKAGI, S., 1969 - Diaspididae of taiwan based on material collected in connection with the Japan-U.S. co-operative science programme, 1965 (Homoptera: Coccoidea). *Insecta Matsumurana*, 32(I): 1-111.
- TAKAGI, S., 1980 - An interpretation of second instar male characters in the systematics of the Diaspididae. *Israel Journal of Entomology*, XIV: 99-104.
- TAKAGI, S.; 1983 - The scale insect genus *Smilacicola*, with particular reference to atavistic polymorphism in the second instar (Homoptera: Coccoidea: Diaspididae). *Insecta Matsumurana*. 27: 1-36.
- TAKAGI, S., 1990 - The adult female. In: Rosen D. (ed), "Armored scale insects their biology, natural enemies and control"; World Crop Pest, Elsevier, Amsterdam, 4A: 5-20.
- TAKAGI, S., TIPPINS, H.H., 1972 - Two new species of the diaspididae occurring on spanish moss in North America (Homoptera: Coccoidea). *Kontyu*, 40(3): 180-186.
- THERON, J.G., 1958 - Comparative studies on the morphology of male scale insects (Hemiptera: Coccoidea). *Annals of the University of Stellenbosch*, 34(1): 1-67.

- WILLIAMS, D.J., 1957 - The genus *Semelaspilus* Mac Gillivray (Aspidiotini: Hemiptera: Coccoidea). *Proceedings of the R. Entomological Society of London*, (B), 26(3-4): 33-42.
- WILLIAMS, D.J., WATSON, G.W., 1988 - The Scale Insects of the Tropical South Pacific Region. 1. The Armoured Scales (Diaspididae). C.A.B. International, Wallingford, UK: 290 pp.
- WILLIAMS, D.J., WATSON, G.W., 1993 - *Aulacaspis* (Homoptera: Diaspididae) on sugarcane and other *Saccharum*, spp. (Gramineae). *Bulletin of Entomological Research*, 83: 649-654.
- ZACHARUK, R.Y., 1980 - Ultrastructure and function of insect chemosensilla. *Annual Review of Entomology*, 25: 27-47.
- ZACHARUK, R.Y., 1985 - Antennae and sensilla. In: Kerkut G.A., Gilbert L.I. (eds), "Comprehensive insect physiology biochemistry and pharmacology", Pergamon Press, 6: 1-69.