

Le armi chimiche degli insetti

Guido Campadelli

Nel mondo degli insetti l'offesa e la difesa chimica si sono sviluppate fin da quando questi artropodi fecero la loro prima comparsa sulla Terra. Certi predatori cercano di sopraffare la loro preda emettendo secrezioni tossiche o attirandola con profumi. Di contro, le specie predate emettono sostanze irritanti, caustiche o velenose, rendendosi così inappetibili. Le sostanze prodotte dagli insetti a scopo difensivo sono varie e spesso dotate di forte odore (terpenoidi, benzochinoni, steroidi, composti della serie aromatica e alifatica).

Le ghiandole adibite alla difesa sono comunemente chiamate *repugnatorie* e *odorifere*. I prodotti da esse elaborati talora vengono iniettati nel corpo dell'antagonista, ma, nella maggiore parte dei casi, vengono semplicemente spruzzati sotto forma di liquido, gas e spray.

La sostanza più comunemente sintetizzata dagli insetti è l'acido formico, secreto da apposite ghiandole, dislocate in varie parti del corpo a seconda della specie. Le modalità con cui i prodotti elaborati a scopo difensivo vengono espulsi sono varie. In alcuni insetti il liquido è espulso semplicemente in seguito alla contrazione muscolare del serbatoio contenente la sostanza irritante, come si verifica in *Anisomorpha buprestoides* (Stoll) (Fasmoidea), nel quale le cisterne sono avviluppate da una muscolatura circolare (Eisner: dati non pubblicati). Altre volte, tale espulsione è dovuta sia alla muscolatura che alla pressione idrostatica, come si verifica in *Eurycotis floridana* (Walker) (Blattoideo).

Lo scarico del fluido sembra essere controllato da muscoli longitudinali che da una parte si attaccano alla ghiandola e dall'altra al 6° urosterno (Pavan e Bo, 1953).

Altre volte si ha l'evaginazione del serbatoio, come si verifica nelle larve di *Melasoma lapponica* L. (Col.: Chrysomelidae); in questo caso il liquido può essere lanciato fino 30 cm. di distanza (Garb, 1915).

Passiamo ora in rassegna le principali armi chimiche dei nostri escapodi, seguendo l'ordine sistematico.

Blattodea

Molte Blatte, quando vengono afferrate a livello

del torace, rigurgitano un liquido brunastro proveniente dall'ingluvie.

Negli stadi ninfali e di adulto di *Diploptera punctata* (Eschscholtz), le trachee dipartentesi dagli spiracoli del secondo segmento addominale, posseggono ghiandole odorifere che vengono usate come difesa contro predatori; la sostanza adibita a tale funzione è stata identificata come 2-etil-1,4-benzochinone, 2-metil-1,4-benzochinone e para-benzochinone (Roth e Stay 1958).

In *Eurycotis floridana* (Walker) le ghiandole odorifere sono localizzate ventralmente all'addome ed elaborano una sostanza, il 2-esanale, che è una aldeide (Stay, 1957).

Isoptera

Nelle Termiti si sono differenziati tre metodi principali di difesa chimica:

- a) morsicatura con contemporanea introduzione di materiale tossico nella ferita;
- b) imbrattatura con applicazioni di un veleno per contatto sulla cuticola di un attaccante, servendosi del labbro superiore;
- c) spruzzatura di materiali adesivi: il soldato spruzza contro l'aggressore un agente irritante, viscoso.

Le sostanze chimiche utilizzate come difesa appartengono a vari composti chimici secondo la specie:

- a) terpeni (*Cubitermes*)
- b) chetoni vinilici (*Schedorhinotermes*)
- c) beta-chetoaldeidi (*Prohrhinotermes* e *Acorhinotermes*).

Dermaptera

Gli adulti di *Forficula auricularia* L. posseggono due piccole ghiandole situate dorsalmente all'addome, adibite alla produzione di sostanza di difesa. Il principio attivo di tali sostanze è stato identificato come 2-metil e 2-etil-p-benzochinone (Schildknecht e Weis, 1960).

Rhynchota

Negli adulti dei Rincoti il sistema difensivo,

Tabella I. Distribuzione di alcuni composti organici trovati nelle secrezioni difensive in alcuni Rincoti (da Weatherston e Percy, 1978).

Rynchota	alcani	aldeidi saturi	aldeidi insaturi	chetoni saturi	chetoni insaturi	alcoli	esteri saturi	esteri insaturi	composti dicarbonilici	acidi carbossilici	steroidi	composti aromatici	vari composti
Heteroptera													
Belostomatidae								•					
Cimicidae		•	•	•				•					
Coreidae		•	•			•	•		•	•			
Corixidae									•				
Cydnidae	•	•	•					•	•				•
Gelastocoridae									•				
Lygaeidae			•				•		•		•		
Miridae		•	•									•	
Naucoridae												•	
Notonectidae												•	
Pentatomidae	•	•	•	•	•			•	•				
Plataspidae													
Pyrrhocoridae	•	•	•						•				•
Reduviidae										•			
Homoptera													
Aphididae										•			

formato da un paio di ghiandole connesse ad una sorta di cisterna, è localizzato ventralmente in prossimità del metatorace; mentre negli stadi preimmaginali (neanidi e ninfe) tale sistema difensivo è situato nella parte dorsale dei segmenti addominali e precisamente fra il 3°-4° o 4°-5° o 5°-6° urite.

Neuroptera

Alcuni Neurotteri sono dotati di ghiandole repugnatorie protoraciche oppure addominali come i Coniopterygoidea; odorifere alari nei maschi dei Myrmeleonidae; odorifere addominali nei maschi degli Osmylidae.

Lepidoptera

Notodontidae: le larve di *Dicranura vinula* L. elaborano ac. formico (Schildknecht e Schmidt, 1963), e così dicasi per quelle di *Sizura leptinoides* (Grote et alii, dati non pubblicati). *Cossidae*: le larve di *Cossus cossus* L., a livello delle mandibole, sono dotate di ghiandole che secernono una sostanza tossica oleosa di colore giallo, fortemente odorosa e contenente una mistura di idrocarburi, uno dei quali è combinato con un atomo di zolfo (Bordas, 1902). *Thaumetopoeidae*: le larve sono caratterizzate dalla presenza di setole urticanti che venendo a contatto con l'epidermide provocano

irritazioni cutanee, prurito molesto, dovuti alla presenza di ac. formico. Molto comune è, in Italia, la *Thaumetopoea pityocampa* Schiff. o processionaria del Pino.

Lymantriidae: anche in questa famiglia le larve sono dotate di setole urticanti come nella precedente. Le specie più note e diffuse sono la *Lymantria dispar* L. e l'*Euproctis chryorrhoea* L.

Papilionidae: le larve sono provviste, a livello del pronoto, di un organo ghiandolare estroflettibile che emana un odore intenso e sgradevole; tale struttura è stata interpretata o come organo di difesa contro gli aggressori o come organo escretore deputato ad espellere dal corpo sostanze tossiche introdotte con l'ingestione delle foglie di numerose Aristolachiacee di cui si cibano.

Nymphalidae: a questa famiglia appartengono alcune Heliconinae che emanano odori ripugnanti (adulti); anche le larve di *Inachis io* L. quando vengono toccate, emettono una sostanza brunastra a scopo difensivo (Dirnmock, 1882).

Coleoptera

I Coleotteri rappresentano l'ordine ove le sostanze chimiche prodotte a scopo difensivo sono più numerose e varie (Tabella II) (da Weatherston e Percy, 1978).

Tabella II. Sostanze chimiche prodotte a scopo difensivo nei Coleotteri.

Coleoptera	acidi alifatici	aldeidi alifatiche	esteri alifatici	idrocarburi	acidi aromatici	aldeidi aromatiche	esteri aromatici	composti chinonici	composti steroidi	composti terpenici	diciclioidi	composti vari
Alleculidae						•						
Cantharidae	•											
Carabidae	•	•	•	•	•	•		•				•
Cerambycidae				•		•				•		•
Chrysomelidae						•	•					
Coccinellidae											•	
Dytiscidae					•	•	•		•			•
Gyrinidae	•									•		•
Meloidae										•		
Silphidae												•
Staphylinidae	•	•		•				•		•	•	•
Tenebrionidae	•	•		•				•				•

Tabella III. Sostanze tossiche elaborate da alcuni Carabidi (da Weatherston e Percy, 1978)

Carabidae	Prodotti	Autori
<i>Abax ater</i> Vill.	ac. metacrilico; ac. tiglico	Schildknecht, 1959, 1970; Schildknecht e Weis, 1962
<i>Agonum assimilis</i> Pay Kull	ac. formico	Schildknecht et alii, 1968 b, e
<i>Agonum marginatum</i> L.	ac. formico	Schildknecht e alii, 1968 b, e
<i>Brachynus crepitans</i> L.	p-benzochinone; p-toluochinone	Schildknecht, 1957
<i>Brachynus explodens</i> Duft.	p-benzochinone; p-toluochinone	Schildknecht, 1957
<i>Broscus cephalotes</i> L.	ac. isobutirrico; ac. isovalerianico	Schildknecht et alii, 1968 b,e
<i>Calathus fuscipes</i> Goeze	ac. formico	Schildknecht et alii, 1968, b, e
<i>Calathus melanocephalus</i> L.	ac. formico	Schildknecht, 1964
<i>Calosoma sycophanta</i> L.	ac. metacrilico; aldeide salicilica	Casnati et alii, 1965
<i>Carabus auratus</i> L.	ac. metacrilico; ac. tiglico	Schildknecht, 1970; Schildknecht e Weiss, 1962; Schildknecht et alii, 1968 e
<i>Carabus convexus</i> Fabricius	ac. metacrilico; ac. tiglico	Schildknecht, 1970
<i>Lebia chlorocephala</i> Hoffman	ac. formico	Schildknecht e alii, 1968, b, e
<i>Omopron limbatum</i> F.	ac. isobutirrico; ac. isovalerianico	Schildknecht et alii, 1968 b, e
<i>Panagaeus bipustulatus</i> F.	m-creasolo	Schildknecht et alii, 1968 b, e
<i>Pterostichus metallicus</i> L.	Decano; tridecano; undecano; ac. tiglico; ac. metacrilico	Schildknecht, 1970; Schildknecht et alii, 1968 e
<i>Thermophilum homoplatum</i> Lequien	ac. acetico; ac. formico; ac. tiglico; aldeide isovalerianica	Scott e alii, 1975

Tabella IV. Secreti difensivi nei girinidi (Coleotteri acquatici) (da Weatherstone e Percy, 1978)

Genere e specie	Prodotti	Autori
<i>Dineutes assimilis</i>	girinidale; isogirinidale girinidone; girinidone	Miller et alii, 1975
<i>Dineutes discolor</i>	girinidone	Wheeler et alii, 1972 b
<i>Gyrinus minutus</i> F.	girinidale	Schildknecht et alii, 1976
<i>Gyrinus substriatus</i> Steph.	girinidale	Schildknecht et alii, 1976
<i>Gyrinus ventralis</i> Kirby	girinidale	Meinwald et alii, 1972

Tabella V. Tossine elaborate da alcuni Coccinellidi (da Weatherstone e Percy, 1978)

Specie	Alcaloidi							Autori
	coccinellina	precoccinellina	convergina	ippodamina	mirrina	propiteina	adalina	
<i>Adalia bipunctata</i> L.							●	Tursch et alii, 1973 b
<i>Anisostica 19-punctata</i> L.				●				Tursch et alii, 1973 a
<i>Coccinella 7-punctata</i> L.	●	●						Tursch et alii, 1971, a,b
<i>Coccinella 5-punctata</i>	●	●						Tursch et alii, 1973 a; 1975
<i>Coccinella 11-punctata</i> L.	●							Tursch et alii, 1973 a; 1975
<i>Micraspis 16-punctata</i> L.								Tursch et alii, 1973 a; 1975
<i>Hippodamia convergens</i>			●	●				Tursch et alii, 1972a, 1974
<i>Micraspis 16-punctata</i>		●						Tursch et alii, 1975
<i>Myrrha 18-punctata</i> L.					●			Tursch et alii, 1975
<i>Propylea 14-punctata</i> L.						●		Tursch et alii, 1972 b

Evidenziamo ora le caratteristiche relative ai veleni di alcune specie di coleotteri.

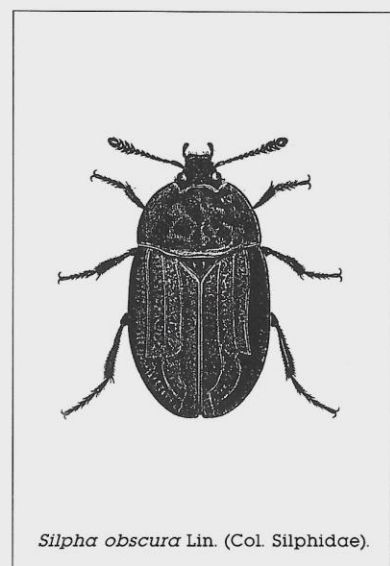
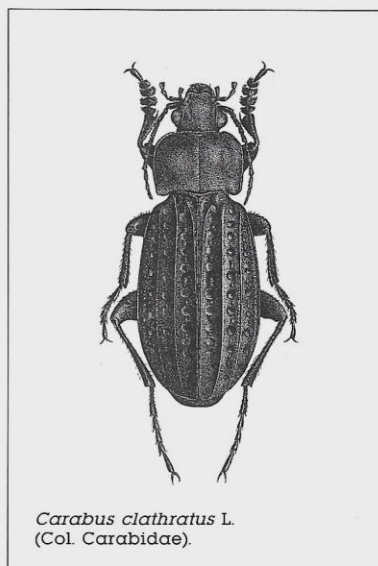
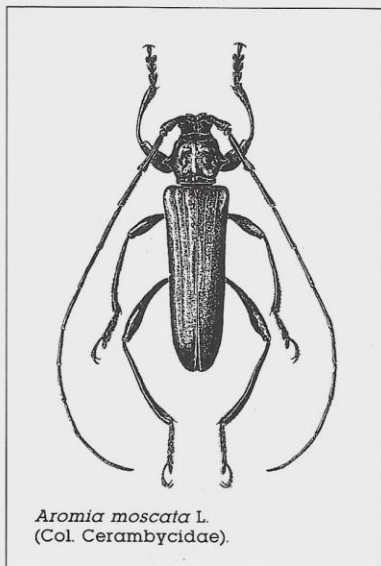
Carabidae: un particolare accenno merita il *Brachynus crepitans* (L.) conosciuto anche con il nome di «bombardiere». Schildknecht e Holoubeck (1961) dimostrarono che l'adulto possiede una ghiandola in grado di elaborare acqua ossigenata ad alta concentrazione (25%) mista ad idrochinone e a toluoidrochinone. Quando l'insetto viene spaventato o provocato, la soluzione passa in una ampolla sclerificata ove si combina con il secreto di numerose ghiandole unicellulari; essa contiene enzimi (catalasi e perossidasi) capaci di determinare la decomposizione esplosiva dell'acqua ossigenata e la violenta espulsione di sostanze

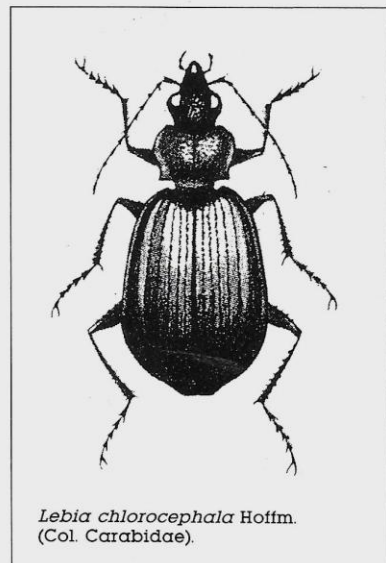
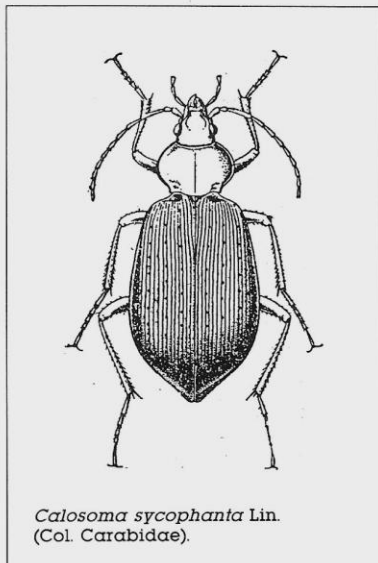
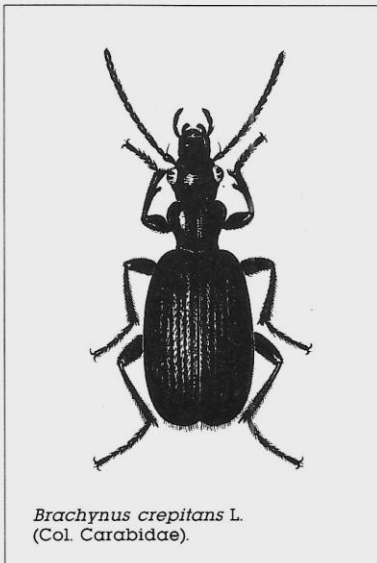
acri e irritanti (benzochinone e toluochinone). Interessante è anche il caso della *Calosoma promineus* Lec.; quando l'adulto viene disturbato emette uno spray dall'addome; il principio attivo secreto è l'aldeide salicilica (Eisner et alii, 1963).

Chrysomelidae. L'aldeide salicilica, come fattore di difesa, viene prodotta da *Melasoma populi* (L.), *Phyllodecta vitellinae* (L.) e *Plagioderma* sp. (Hollande, 1909; Pavan, 1953, 1958; Wain, 1943).

Cerambycidae. Gli adulti di *Aromia moschata* L. eliminano ac. salicilico tramite un paio di ghiandole sfocianti nella parte interna delle coxe (Hollande, 1909).

In *Phoracanta semipunctata* la secrezione





elaborata da una ghiandola metasternale contiene aldeide salicilica (Moore e Brown, 1977).

Tenebrionidae. Gli adulti di *Tribolium castaneum* Herbst, *T. destructor* e *T. confusum* Duv. sono dotati, a livello dell'addome e del torace, di ghiandole odorifere che emettono una secrezione repellente nei confronti degli altri insetti; tale secrezione è una miscela di metil e etilchinone (Laconti e Roth, 1953).

Silphidae. *Silpha obscura* Lin. Produce ammoniaca come agente difensivo (Schildknecht, 1970).

Staphylinidae. Nella specie *Paederus fuscipes* Curt. sono state isolate varie sostanze a scopo difensivo: pederina; pseudopederina e pederone (Cardani et alii, 1965 a, 1965 b; Pavan, 1975).

Diptera

Fra i Ditteri ricordiamo i Fungivoridae

(Mycetophilidae) che si sviluppano nei funghi; le larve di tali insetti sono dotate di ghiandole repugnatorie ricche di ac. ossalico (*Platyura nigricornis*, *P. fasciata*, *P. discoloria* e *Ceroplatus lineatus*) (Buston, 1933).

Hymenoptera

Il sottordine degli Apocriti comprende specie solitarie e specie sociali.

Apocriti solitari.

I Pompilidi immobilizzano le loro vittime mediante punture con le quali viene inoculato un veleno paralizzante. Essi catturano ragni per alimentare la propria prole.

Anche gli Stecidi (*Sphex*, *Sceliphron*, ecc.) sono insetti che cacciano le loro vittime prima paralizzandole poi trasportandole nei loro nidi pedotrofici per lo sviluppo delle loro larve.

Il veleno dei Pompilidi e degli Stecidi contiene molto probabilmente una neurotossina.

Tabella VI. Composizione del "veleno" in vari Imenotteri Vespoidei.

Specie	Serotonina	Istamina	Tiramina	Dopamina	Noradrenalina	Adrenalina	Autori
<i>Vespa crabro</i> L.	●	●	●	●	●	●	Ishay et alii, 1974; Bhola et alii, 1961
<i>Paravespula vulgaris</i> L.	●	●		●	●	●	Ishay et alii, 1974; Jacques e Scachter, 1954
<i>Paravespula germanica</i> F.	●			●	●	●	Ishay et alii, 1974
<i>Polistes cornis</i>	●	●	●	●		●	Nakajima et alii, 1983
<i>Eumenes arcuatus</i>		●	●	●			Nakajima et alii, 1983
<i>Eumenes latreille</i>		●	●	●			Nakajima et alii, 1983

Tabella VII. Composizione del "veleno" di alcune formiche.

Specie	fostolipasi A	fostolipasi B	jaturonidasi	Autori
<i>Myrmecia pyriformis</i>	+		T	Lewis et alii, 1968; Wanstall e de la Lande, 1974
<i>Dinoponera grandis</i> Forel	T	T	++	Schmidt J.O., Blum M.S. e Overal W.L. (dati non pubblicati)
<i>Pseudomyrmex mexicanus</i> Roger	++	++	+	Schmidt J.O., Blum M.S. e Overal W.L. (dati non pubblicati)
<i>Solenopsis invicta</i>	P	P	P	Baer et alii, 1979
<i>Myrmica ruginodis</i> Mayr			P	Jentsch, 1969
<i>Pogonomyrmex badius</i> Latreille	+++	++	++	Schmidt e Blum, 1978 a e b

Concentrazioni: +++ (molto alta); ++ (alta); + (bassa); T: tracce; P: presente ma non in quantità stimata.

L'inoculazione del veleno nell'uomo da parte di alcune formiche può provocare disturbi. Per es. il veleno delle Ponerine può causare infiammazioni, vesciche, ecc.; la *Sima spininoda* André, della Guinea Spagnola, può provocare febbre; il *Pogonomyrmex malefaciens* Buckl., del Texas, è responsabile di capogiri e svenimenti.

Nei Cinipidi il veleno partecipa alla formazione di galle nelle piante.

Imenotteri sociali.

Vespoidea. Il veleno risulta composto da varie sostanze (vedi tabella VI) (da Edery et alii, 1978).

Formicoidea. L'apparato velenifero nei Formicidi è situato negli ultimi quattro-cinque segmenti addominali che formano il gastro, il quale reca nell'estremità un aculeo connesso alle ghiandole velenigene (una acida e una alcalina). In molte specie della famiglia dei Formicidi si riscontra tale sistema di difesa. Il veleno elaborato è rappresentato, nella maggiore parte dei casi, dall'ac. formico ed è prodotto in grande abbondanza nella *Formica rufa* L.

Ci sono alcuni casi in cui l'apparato velenifero ha una localizzazione diversa da quella descritta precedentemente.

Le operaie della specie *Acanthomiops claviger* infatti hanno ghiandole velenifere a livello delle mandibole. Tale sistema difensivo elabora prodotti che sono stati identificati come citronellale e citrale; nel genere *Lasius* invece emette dendrolisina. Nella specie *Iridomyrmex humilis* Mayr viene elaborata una sostanza, l'iridomirmicina, che viene schizzata contro l'aggressore a scopo difensivo e offensivo; tale sostanza ha sempre un'azione irritante, bruciante.

Il veleno delle Formiche contiene anche vari enzimi, a funzione tossica (vedi tabella VII) (da Schmidt, 1986).

Conclusioni

Appare evidente come molti insetti abbiano mirabilmente perfezionato i loro mezzi chimici naturali di difesa nei confronti dei predatori coi quali spartiscono il mondo.

I prodotti elaborati a scopo difensivo da parte degli insetti (adulti o stadi preimmaginali) vengono sintetizzati da particolari complessi ghiandolari (repugnatori o odoriferi veleniferi) dislocati nelle varie parti del corpo.

I prodotti sintetizzati appartengono a vari gruppi di composti chimici: terpenoidi, benzochinoni, steroidi, composti della serie alifatica e aromatica; il composto più diffuso è rappresentato dall'acido formico.

Per quanto riguarda le proprietà fisiche i suddetti prodotti si presentano sotto forma di liquido, gas e spray.

Fra le varie sostanze sintetizzate a scopo di difesa alcune vengono utilizzate in campo farmacologico, es. la cantaridina prodotta dalla *Lytta vesicatoria* L. (Col.: Meloidae).

Poichè gli effetti prodotti da alcune di queste sostanze si sono rivelati utili in campo medico, l'Uomo sta intensificando i propri studi in questo senso, prevedendosi una sempre più larga possibilità di applicazioni pratiche. Comunque gli esempi riportati rappresentano solo la minima parte rispetto a quelli che effettivamente possiamo riscontrare in natura.

Bibliografia

- Baer H., Liu T. - Y. Anderson M.C., Blum M., Schmid W.H. e James F.J., 1979, *Protein components of fire ant venom (Solenopsis invicta)*. *Toxicon*, 17: 397-405.
- Bhoola K.D., Calle J.D. e Schachter M., 1961, *Identification of acetylcholine, 5-hydroxytryptamine, histamine and a new kinin in hornet venom*. *J. Physiol.*, 159: 167-182.
- Bordas M., 1902, *Glandes mandibulaires et glandes labiales de Cossus ligniperda Fabr.* *Reum. Biol. de Marseille*, Nov. 1902.
- Buston H.W., 1933, *Note on the chemical nature of the fluid from the webs of larvae of Platyura and Cero-platus*. *Trans. Roy. Ent. Soc. London*, 81: 90-92.
- Cardani C., Ghiringhelli D., Mondelli R. e Quilico A., 1965, *The structure of pederin*. *Tetra lett.* n. 29: 2537-2545.
- Cardani C., Ghiringhelli D., Mondelli R., Pavan M. e Quilico A., 1965, *Proprietés biologiques et composition chimique de la pederine*. *Ann. Soc. ent. Fr.* I: 813-816.
- Cardani C., Ghiringhelli D., Quilico A. e Selva A., 1967, *The structure of pederone, a novel substance from Paederus spp. (Coleoptera: Staphylinidae)*. *Tetra. Lett.* n. 41: 4023-4025.
- Casnati G., Pavan M. e Ricca A., 1965, *Sulla costituzione del veleno dell'insetto Calosoma sycophanta L. (Coleoptera: Carabidae)*. *Ann. Soc. ent. Fr.* I: 705-710.
- Chadha M.S., Eisner T., Monro A. e Meinwald J., 1962, *Defence mechanism of arthropods. VII. Citronellal and citral in the mandibular gland secretion of the Acanthomyops claviger (Roger)*. *J. Insect Physiol.* 8: 175-179.
- Dirmock G., 1982, *Organs, probably defensive in function in the larva Hyperchiria varia Walk.*, *Saturnia* io *Harris. Psyche*, 3.
- Edery H., Ishay J., Gitter S. e Joshua H., 1978, *Venoms of Vespidae. In Bettini S. Ed. Arthropod Venoms*, Springer, Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp.: I-977, cfr. 691-771.
- Eisner T., Swithenbank C. e Meinwald J., 1963, *Defense mechanism of arthropods. VIII. Secretion of salicylaldehyde by a carabid beetle*. *Ann. Ent. Soc. Am.*, 56: 37-41.
- Eisner T.: dati non pubblicati.
- Garb G., 1915, *The eversible glands of chrysomelid larva Melasoma lapponica*. *J. Ent. Zool.*, 7: 87-97.
- Hollande M.A., 1909, *Sur la fonction d'excretion chez les insectes salicicoles et en particulier sur l'existence des derives salicyles*. *Ann. Univ. Grenoble Sci. Seci. med.*, 21: 459-517.
- Ishay J.S., Abraham Z., Grunfeld Y. e Gitter S., 1974, *Catecholemines in social wasps*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 48: 369-373.
- Jaques R. e Schachter M., 1954, *The presence of histamine, 5-hydroxytryptamine and a potent slow contracting substance in wasp venom*. *Br. J. Pharmacol.* 9: 53-57.
- Jenstsch J., 1969, *A procedure for purification of Myrmica venom: the isolation of the convulsive component*. *Proc. Int. Congr. IUISSI, Bern*. 6: 69-75.
- Lewis J., Day A.J. e De la Lande I.S., 1968, *Phospholipase A in the venom of the Australian bulldog ant Myrmecia pyriformis*. *Toxicon*, 6: 109-112.
- Loconti J.D. e Roth L.M., 1953, *Composition of the odorous secretion of Tribolium castaneum*. *Ann. Ent. Soc. Am.*, 46: 281-289.
- Meinwald J., Opheim K. e Eisner T., 1972, *Gyrinidal: a sesquiterpenoid aldehyde from the defensive glands of gyridid beetles (Coleoptera)*. *Proc. nat. Acad. Sci.*, 69: 1208;1210.
- Miller J.R., Hendry L.B. e Mumma R.O., 1975, *Norse-queic terpenes as defensive toxins of whirligig beetles (Coleoptera: Gyrinidae)*. *J. Chem. Ecol.*, I: 59-82.
- Monro A., Meinwald J. e Eisner T.: dati non pubblicati.
- Nakajima T., Yasuhara T., Yoshida N., Takemoto Y., Shinonaga S., Kano R. e Yoshida H., *The pattern analysis of biologically active in some Hymenopteran venoms by high performance liquid chromatography*. *Jpn. J. Sanit. Zool.*, 34: 67-71.
- Pavan M., 1953, *Studi sugli antibiotici e insetticidi di origine animale. I. Sul principio attivo della larva di Melasoma populi L. (Col. Chrysomelidae)*. *Arch. Zool. Italiano*, 38: 157-184, 1953.
- Pavan M., *Significato chimico e biologico di alcuni veleni di insetti*. *Tipografia Artigianelli, Pavia*, I: 1-75.
- Pavan M., 1975, *Sunto delle attuali conoscenze sulla pederina*. *Publ. Ist. Ent. agr. Univ. Pavia*, 1-35.
- Pavan M. e BO G., 1953, *Pederin, toxic principle obtained in the crystalline state from the beetle Paederus fuscipes Curt.* *Physiol. Comparata et Oecol.*, 3: 307-312.
- Roth L.M. e Stay B., 1958, *The occurrence of para-quinones in some arthropods, with emphasis on the quinone secreting tracheal glands of Diptera punctata (Blattaria)*. *J. Insect Physiol.* I: 305-318.
- Schildknecht H., 1957, *Zur Chemie des Bombardierkafers*. *Angew. Chemie*, 69:62.
- Schildknecht H., 1959, *Über das fluchtige Sekret gemeinen Melkafer*. *Angew. Chemie*, 17: 524.
- Schildknecht H. e Weis K.H., 1960, *VI. Mitteilung Über Insektenabwehrstoffe Zur Kenntnis des Pygidialdrusensekretes vom gemeinen Ohrwurm, Forficula auricularia* *Zeitschr. f. Naturforsch.*, 15: 755-757.
- Schildknecht H. e Holoubek K., 1961, *Die Bombardierkafer und ihre Explosionschemie. V. Mitteilung über Insektenabwehrstoffe*. *Angew. Chemie*, 73: 1-7.
- Schildknecht H. e Weis K.H., 1962, *Die Abwehrstoffe einiger Carabiden, insbesondere von Abax ater. XII. Mitteilung über Insektenabwehrstoffe*. *Z. Naturforsch.* 17: 439-447.
- Schildknecht H. e Schmidt H., 1963, *Die chemische Zusammensetzung des Wehrsekretes von Dicranura vinnula*. *Z. Naturforsch.*, 186: 585-587.
- Schildknecht H., 1964, *Defensive substances of the arthropods, their isolation and identification*. *Angew. Chemie*, 3: 73-84.
- Schildknecht H., Winkler H. e Maschwitz U., 1968 b, *Über Arthropodenabwehrstoffe. XXXI. Vergleichend chemische Untersuchungen der Inhaltsstoffe der Pygidialwehrblasen von Carabiden*. *Z. Naturforsch.* 23: 637-644.
- Schildknecht H., Maschwitz U. e Winkler H., 1968, *Zur Evolution der Carabiden-Wehrdrüseensekret*. *Naturwissenschaften*, 55: 112-117.
- Schildknecht H., 1970, *The defensive chemistry of land and water beetles*. *Angew. Chemie*, 9: 1-9.
- Schmidt J.O. e Blum M.S., 1978 a, *A harvester ant venom: chemistry and pharmacology*. *Science*, 200: 1064-1066.
- Schmidt J.O. e Blum M.S., 1978 b, *The biochemical constituents of the venom of the harvester ant, Pogonomyrmex badius*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 61: 239-247.
- Schmidt J.O., 1986, *Chemistry, Pharmacology, and Chemical Ecology of Ant Venoms*. In *Piek T. Ed. Ve-*

noms of Hymenoptera (Biochemical, Pharmacological and Behavioural aspects). Academic Press Harcourt Brace Javanovich, Publishers London, Orlando, San Diego, New York, Austin, Montreal, Sydney, Tokyo, Toronto, pp. 1-570, cfr. 425-508.

Scott P.D., Hepburn H.R. e Crewe R.M., 1975, *Pygidial defensive secretions of some carabid beetles*. Insect Biochem., 5: 805-811.

Stay B., 1957, *The sternal scent gland of Eurycotis floridana (Blattaria: Blattidae)*. Ann. Ent. Soc. Am., 50: 514-519.

Tursch B., Dalozé D., Dupont M. e Pasteels J.M., 1971 a, *A defensive alkaloid in a carnivorous beetle*. Experimentia, 27: 1380-1381.

Tursch B., Dalozé D., Dupont M., Kaisin M. e Pasteels J.M., 1971 a, *Zimmermann, D: Coccinellin, the defensive alkaloid of the beetle, Coccinella septempunctata*. Chimica, 25: 307.

Tursch B., Chome C., Braekman J.C. e Dalozé D., 1973 a, *Chemical ecology of arthropods. VIII. Synthesis and absolute configuration of adaline*. Bull. Soc. chim. Belg., 82: 699-703.

Tursch B., Braekman J.C., Dalozé C., Hootelé C., Lomsman D., Karlsson R. e Pasteels J.M., 1973 b, *Chemical ecology of arthropods. VI. Adaline, a novel alkaloid Adalia bipunctata L. (Col.: Coccinellidae)*. Tetra. Lett. N° 3, 201-202.

Tursch B., Dalozé D., Brakman J.C., Hootelé C. e Pasteels J.M., 1975, *Chemical ecology of arthropods. X. The structure of myrrhine and biosynthesis of coccinelline*. Tetrahedron, 31: 1541-1543.

Wain R.L., 1943, *The secretion of salicylaldehyde by the larva of the brassy willow beetle (Phylodecta vittellinae L.)*. Ann. Rept. Agric. and Hort. Res. Sta. Bristol, England Univ., 108-110.

Wanstall J.C. e De La Lande I.S., 1974, *Fractionation of bulldog ant venom*. Toxicon, 12: 649-655.

Weatherston J. e Percy E., 1978, *Venoms of Rhyncota (Hemiptera)*. In Bettini S. Ed., Arthropod Venoms, Springer, Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 1-977, cfr. 498-509.

Weatherston J. e Percy E., 1978, *Venoms of Coleoptera*. In Bettini S. Ed., Arthropod venoms. Springer, Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, pp. 1-977, cfr. 511-554.

Wheeler J.W., Oh S.K., Benfield E.F. e Neff S.E., 1972 b, *Cyclopentanoid norsesquiterpenes from gyrid beetle (Coleoptera)*. J. A. Mer. chem. Soc., 94: 7589-7590.

L'Autore:

Guido Campadelli è ricercatore presso l'Istituto di Entomologia Agraria dell'Università di Bologna.
Indirizzo: Istituto di Entomologia Agraria, Via Filippo Re, 6 - 40126 Bologna.
